С-741

СПРАВОЧНИК
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ПОРТОВЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Под общей редакцией *Г. Н. Николаева*

БИБЛИОТЕКА
Новосибирского института
инженеров водного транспорта

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТРАНСПОРТ»
МОСКВА — 1972

УДК 627.2:624.1(03)

Справочник по строительству портовых гидротехнических сооружений. Под общ. ред. Николаева Г. Н. М., «Транспорт», 1972. Стр. 1—474.

В справочнике содержатся материалы по организации и технологии строительства морских и речных причальных, оградительных, судоподъемных и берегоукрепительных сооружений. В нем даны краткие описания основных методов производства свайных, бетонных, подводно-технических и земляных работ, выполняемых способом гидромеханизации и землечерпания, а также работ по сооружению перемычек и водоотливу из котлованов. Изложены основные положения по организации строительства и технические данные по временным сооружениям, устройствам, оборудованию и плавсредствам, применяемым при строительстве. Приведены характеристики и объемы работ при постройке причальных набережных из унифицированных железобетонных элементов и других типов набережных, оградительных, судоподъемных и берегоукрепительных сооружений, выполняемых по типовым проектам.

Справочник предназначен для широкого круга инженерно-технических работников, строительных и проектно-конструкторских организаций транспортного гидротехнического строительства. Рис. 160, табл. 373, библ. 19, прилож. 8.

Авторы-составители: инж. *Г. Н. Николаев* (главы I, II, VI, VIII, XVIII), канд. техн. наук *А. С. Бутов* (III и IV), инж. *Ю. С. Лучников* (V, X), инж. *Л. Н. Юдин* (VII), канд. техн. наук *К. Д. Ладыченко* (IX), канд. техн. наук *С. Н. Левачев* (XII), канд. техн. наук *Л. Н. Лосев* (XI), инж. *Г. И. Шендерей* (XIII), инж. *Л. Н. Галлер* (XIX, приложения), канд. техн. наук *А. Н. Котц* (XV, XX), канд. техн. наук *А. Ф. Высоцкий* и инж. *Л. Н. Юдин* (XVI). Глава XIV написана совместно инж. *Л. Н. Галлером* и канд. техн. наук *К. Д. Ладыченко,* глава XVII — инж. *Ю. С. Лучниковым,* инж. *Г. Н. Николаевым* и канд. техн. наук *А. Ф. Высоцким.*

3-18-5
338—71

Глава I. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОРТОВЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Строительные организации

Возведением портовых гидротехнических сооружений занимаются специальные строительные организации: строительные тресты — строительством (реконструкцией) крупного порта или нескольких средних портов одного бассейна (участка побережья, реки); строительные управления (СУ) — строительством (реконструкцией) порта небольших размеров; плавучие строительные отряды — выполнением только гидротехнических работ в портах и на побережьях.

Тресты и СУ ведут в порту, кроме гидротехнических, также работы по промышленному и жилищному строительству.

В состав строительных трестов входят подсобные предприятия: управление технического флота, заводы по изготовлению железобетонных изделий (полигоны, парки массивов), ремонтно-прокатные базы (РПБ) или управления механизации и транспортные управления.

В зависимости от годового плана работ строительные организации Министерства транспортного строительства СССР (Минтрансстроя), осуществляющие портовое строительство, подразделяются на четыре категории (табл. 1. 1).

Таблица 1.1

Категории строительных организаций Минтрансстроя, в зависимости от годового объема работ в млн. руб.

Строительные организации	Категории			
	I	II	III	IV
Тресты	20—30	12—20	7—12	5—7
Строительные управления (СУ)	4—7	2,5—4	1,5—2,5	1—1,5
Плавстройотряды	1,2—2,2	0,9—1,2	0,7—0,9	0,5—0,7
Хозрасчетные участки старшего производителя работ	0,8—1,0	0,6—0,8	0,4—0,6	

Права, обязанности и производственно-хозяйственная деятельность строительных организаций осуществляются в соответствии с «Положением о социалистическом государственном производственном предприятии».

На причалах и портовых территориях работы по укладке железнодорожных и подкрановых путей и строительству автодорог, а также по устройству инженерных сетей и монтажу оборудования ведут специализированные организации Минтрансстроя или других министерств на условиях субподрядных договоров.

Разработаны следующие документы по технике безопасности и производственной санитарии, которыми необходимо руководствоваться при производстве работ:

«Техника безопасности в строительстве», СНиП III-А. II-70;

«Правила техники безопасности и производственной санитарии при производстве строительно-монтажных работ по постройке портовых гидротехнических сооружений» (изд. Минтрансстроя, 1967);

«Правила техники безопасности и производственной санитарии при производстве земляных работ способом гидромеханизации» (изд. Минтрансстроя, 1969);

«Правила техники безопасности на морских судах Министерства транспортного строительства» (изд. Минтрансстроя, 1969);

«Единые правила охраны труда на водолазных работах» (М., «Транспорт», 1965);

«Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (Днепропетровск, «Проминь», 1971);

«Инструкция о мерах предосторожности при производстве дноуглубительных работ в условиях предполагаемой засоренности грунта взрывоопасными предметами». Утверждена Министерством морского флота 20 сентября 1967 г.

Проектно-сметная документация

Проектирование портовых гидротехнических сооружений может осуществляться в две стадии — составление технического проекта и разработка рабочих чертежей или в одну стадию — разработка техно-рабочего проекта (технический проект, совмещенный с рабочими чертежами).

Решение о разработке проектов в одну или в две стадии принимается министерствами и ведомствами СССР и советами министров союзных республик или в порядке, ими устанавливаемом. Технические проекты составляются обычно на новые или реконструируемые порты, судостроительные заводы, крупные доки; техно-рабочие проекты — на отдельные причалы, пирсы, молы и т. п.

Технический проект включает:

техно-экономическую часть — обоснование строительства предприятия;

генеральный план и транспорт проектируемого предприятия;

технологическую часть — производство на новом предприятии;

организацию труда и систему управления предприятием;

строительную часть — основные строительные решения и конструкции;

организацию строительства, предусматривающую основные методы строительства, сроки выполнения работ (график), потребность в основных строительных машинах и рабочей силе, создание подсобных предприятий и коммуникаций, транспортную схему получаемых материалов;

сметную часть;

жилищно-гражданское строительство;

пояснительную записку.

Технический проект и вся сметная документация передаются подрядчику в двух экземплярах.

Рабочие чертежи разрабатываются после утверждения технического проекта. В отдельных случаях с разрешения министров СССР и советов министров союзных республик рабочие чертежи и сметы только на подготовительные работы (строительные базы, жилые дома, внеплощадочные сооружения и коммуникации и т. п.) могут разрабатываться до утверждения технического проекта.

В состав рабочих чертежей входят:

подробный генеральный план с подземными коммуникациями;

привязанные к местным условиям чертежи типовых и повторно применяемых проектов;

чертежи индивидуальных сооружений;

схемы и чертежи инженерных сетей;

антикоррозионная защита сооружения;

заказные спецификации оборудования, ведомости конструкций, полуфабрикатов и деталей заводского изготовления и материалов;

пообъектные ведомости объемов строительных и монтажных работ.

По решению организаций, утвердивших проект, составляются также чертежи сложных нетиповых временных сооружений, необходимых для обеспечения строительства (причалы, дороги, энергоснабжение, водоснабжение, сложные опалубки и т. п.).

На чертежах несущих конструкций должны быть приведены расчетные схемы, нагрузки и усилия, принятые при проектировании.

Рабочие чертежи на объем работ будущего года выдаются в трех экземплярах подрядчику и в двух — субподрядчику с визой заказчика «к производству работ» до 1 сентября предыдущего года.

Техно-рабочий проект включает:

технико-экономические показатели сооружения;

схему генерального плана;

перечень примененных типовых проектов и изменений к ним;

сводную смету, объектные сметы, сметы на отдельные виды работ и затрат, каталог дополнительных расценок;

рабочие чертежи.

Техно-рабочий проект выдается подрядчику в трех экземплярах.

Стоимость строительства определяется по сметам на отдельные объекты, виды работ и затрат, которые объединяются в сводную смету. Смета на строительство является основным и неизменным документом на весь период строительства, на основе которого осуществляется планирование капитальных вложений, финансирование строительства и расчеты между заказчиком и подрядчиком за выполненные работы.

Сметы на строительство до утверждения предварительно согласовываются с генеральными подрядчиками — строительно-монтажными организациями или строительными министерствами и принимаются ими до начала строительства. Рассмотрение и согласование подрядными организациями смет к техническому (техно-рабочему) проекту производится в течение не более 30 дней и по особо крупным и сложным сооружениям — не более 45 дней. Проектная организация участвует в согласовании и представляет необходимые материалы, подтверждающие объем и стоимость работ. После приемки подрядными организациями этих смет стоимость строительства объектов в составе технического (техно-рабочего) проекта является окончательной.

Составляется следующая сметная документация:

сводная смета к техническому (техно-рабочему) проекту;

сметы на отдельные объекты;

сметы на отдельные виды работ;

сметы на приобретение и монтаж оборудования;

сметные расчеты на дополнительные виды затрат;

каталог единичных расценок на работы, отсутствующие в сборниках единых районных единичных расценок (ЕРЕР);

калькуляции стоимости материалов и изделий франко приобъектный склад;

калькуляция транспортных расходов;

сметы на проектно-изыскательские и сметные расчеты на научно-технические и экспериментальные работы. Сметная документация передается подрядчикам в двух экземплярах и по одному экземпляру каждой субподрядной организации.

При строительстве портовых гидротехнических сооружений, когда объемы, характер и методы выполнения работ уточняются, как правило, в процессе строительства, расчеты с подрядчиком могут производиться за фактически выполненные объемы работ по единичным расценкам, составленным проектной организацией, согласованным с подрядчиком и утвержденным в составе технического проекта.

Если в процессе работ возникает потребность в дополнительных единичных расценках, они составляются проектной организацией и утверждаются на срок до трех месяцев директором строящегося (или действующего) предприятия по согласованию со строительной организацией. Дополнительные единичные расценки должны быть утверждены в трехмесячный срок инстанцией, утвердившей технический (техно-рабочий) проект.

В сводной смете предусматривается резерв на непредвиденные работы и затраты в процентах от стоимости строительства: при составлении технического

проекта — 10%, техно-рабочего проекта — 5%. Резерв может расходоваться с разрешения дирекции строящегося предприятия (заказчика).

При переводе строительной организации на новые условия планирования и экономического стимулирования расчеты между заказчиками и подрядчиками ведутся за полностью законченные объекты или этапы работ.

Разбивка объекта на этапы работ с определением сметной стоимости каждого этапа производится проектной организацией по согласованию с заказчиком и подрядчиком.

Экономия против сметы по строительно-монтажным работам (включая резерв), выполняемым подрядными организациями, после окончания строительства и принятия готового объекта заказчиком остается у подрядчика.

Если подрядчик после получения рабочих чертежей осуществляет мероприятия, удешевляющие строительство (изменение метода производства работ, а также замена с согласия заказчика материалов, изменение конструкции и других технических решений) против сметы без снижения прочности и эксплуатационных качеств сооружения, то вся полученная экономия также остается у подрядчика и засчитывается в выполнение плана (постановление Совета Министров СССР № 973 от 24/XII 1969 г.).

Технические (техно-рабочие) проекты и согласованные к ним сметы утверждаются по стройкам сметной стоимостью 2,5 млн. руб. и выше министерствами и ведомствами СССР и советами министров союзных республик.

Технические проекты наиболее крупных предприятий и сооружений утверждаются Советом Министров СССР по представлению министерств и ведомств СССР и советов министров союзных республик. Госплан СССР совместно с Госстроем СССР ежегодно представляет в Совет Министров СССР перечни указанных строек.

Проекты, в которые внесены изменения, обеспечивающие повышение эффективности производства и улучшение технико-экономических показателей, переутверждаются в порядке, установленном для утверждения вновь разработанных проектов.

При несоблюдении указанных условий переутверждение технических (техно-рабочих) проектов и ранее утвержденных проектных заданий производится министерствами и ведомствами СССР и советами министров союзных республик по согласованию с Госпланом СССР и Госстроем СССР.

Порядок утверждения и переутверждения проектов по стройкам сметной стоимостью до 2,5 млн. руб. и согласование смет устанавливается министерствами и ведомствами СССР и советами министров союзных республик. Вопросы разработки проектов и смет подробно изложены в Инструкции Госстроя СН 202-69.

Строительные организации на основе рабочих чертежей и смет составляют на каждое сооружение проект производства работ (ППР), который должен содержать:

календарный план строительства, обычно в виде сетевого графика с затратой рабочей силы и применением основных строительных механизмов;

график поступления на объект строительных конструкций, материалов и оборудования с указанием поставщиков и приложением комплектовочных ведомостей;

уточненный строительный генеральный план объекта с расположением причалов, постоянных и временных транспортных путей, сетей электроснабжения, крановых путей и зон действия кранов, площадок укрупненной сборки, складов и других временных сооружений и устройств, необходимых для нужд строительства;

рабочие чертежи различных устройств и приспособлений при отсутствии инвентарных;

решения по технике безопасности в соответствии с требованиями СНиП-А, II—70 и указанных выше «Правил по технике безопасности»;

пояснительную записку с обоснованием принятых решений и технико-экономическими показателями.

При строительстве небольших и технически простых объектов объем проекта производства работ может быть сокращен, но при всех условиях составля-

ются календарный план (график), стройгенплан и пояснительная записка (см. Инструкцию Госстроя СН 47—67).

При составлении проекта производства работ от ближайшей гидрометстанции должны быть получены данные многолетних наблюдений за температурой, силой и направлением ветров (роза ветров) и балльностью волнения моря в месте строительства. При балльности волнения свыше установленных величин производство некоторых видов работ не разрешается (табл. 1. 2).

Таблица 1.2

Наибольшее волнение, при котором разрешается производство отдельных видов работ

Наименование работ	Наибольшее волнение, баллы
Отсыпка камня из шаланд	4
Работы, производимые плавучими кранами грузоподъемностью не более 100 *т*	2
Погрузка и разгрузка сборных элементов на суда	3
Погружение свай и оболочек плавкранами и плавкопрами	2
Водолазные работы	3
То же, в зоне прибоя на глубине не более 3 *м*	2

Работа береговых и плавучих кранов допускается при ветре не более 6 баллов, а монтажные работы — не более 4 баллов.

Затраты на составление проектов организации работ относятся за счет накладных расходов строительной организации. Специализированные проектные организации обязаны разрабатывать проекты производства работ и рабочие чертежи к ним по заказу строительных организаций и за счет последних. При применении новых типов сооружений или сложных условиях работ (например, на открытой акватории) проекты производства работ и рабочие чертежи временных сооружений и обустройств разрабатываются по решению организации, утвердившей проект, проектной организацией за счет средств на проектные работы (СНиП III—А6—62, пп. 2, 13).

Проекты производства работ утверждаются главным инженером стройорганизации и передаются на строительство не позднее чем за месяц до начала работ. Если работы ведутся в действующих портах, цехах заводов или на территории действующих предприятий, то проекты производства работ до их утверждения согласовываются с предприятиями, а на судоходных внутренних водных путях — с бассейновыми управлениями пути Министерства речного флота. Приступать к строительству без утвержденных проектов производства работ запрещается.

Материально-техническое снабжение

По способу получения материальные ресурсы разделяются на две группы — централизованного распределения (фондируемые или планируемые) и местные — децентрализованного распределения.

Номенклатура материалов централизованного распределения устанавливается Госпланом СССР. Заявки на них подаются трестами в главные управления министерств не позднее мая года, предшествующего планируемому. К материалам децентрализованного снабжения относятся местные материалы — камень, щебень, песок и т. п., а также мелкие металлические изделия, инструмент, спецодежда. Заявки на эти материалы подаются в плановые органы местной промышленности в те же сроки (первое полугодие).

Процесс материально-технического снабжения состоит из четырех основных стадий: определения (планирования) потребности в материальных ресурсах;

организации получения и доставки; хранения запасов; отпуска материалов на строительство и контроль расхода.

Годовую потребность в материально-технических ресурсах строительной организации рассчитывают на основании спецификаций, составленных проектными организациями, подсчетов по рабочим чертежам, а при их отсутствии по физическим объемам предполагаемого годового строительства и данным на укрупненный измеритель (1 *пог. м* причала, 1 $м^3$ склада и т. д.). Годовая потребность разбивается поквартально. После получения рабочих чертежей заявки уточняются. Заявки на сборный железобетон, изготовляемый заводами министерства, передаются трестами в главные управления министерств до 1 октября года, предшествующего планируемому. Заявки составляются по форме, утвержденной министерством.

При заказе сборного железобетона на предприятиях местной промышленности заявки передаются предприятиям на месте с одновременной передачей фондов на цемент и арматурную сталь. При планировании сборного железобетона необходимо учитывать, чтобы предельная дальность перевозки не превышала 1000 *км*.

Для обеспечения планомерного выполнения работ строительным организациям выделяются производственные запасы материальных ресурсов, которые состоят: из текущих запасов — количества материалов, необходимого для обеспечения бесперебойного строительства в период между двумя смежными поставками; подготовительного запаса, компенсирующего потребность в период приемки, и лабораторного анализа прибывающих материалов; гарантийного (страхового) запаса, который создается для устранения последствий возможных отклонений в периодичности и величине партий поставок от установленных норм. Общий производственный запас составляет обычно от 5 до 10% годовой потребности.

Если поставки выполняются водным транспортом, то гарантийный запас учитывает сезонность поставок и возможные перебои по метеорологическим условиям.

Образование производственных (переходящих) запасов на конец планируемого периода учитывается в расчетах потребности в материалах, конструкциях и полуфабрикатах.

После получения фондов (нарядов) на материальные ресурсы от Главснаба СССР министерства и ведомства распределяют их по стройорганизациям и сообщают распределение поставщикам и получателям. Поставщик обязан в 10-дневный срок после получения распределения направить получателю договор на поставку, а получатель в тот же срок подписать его, в необходимых случаях со своими замечаниями.

Поставщик по получении договора от получателя в 10-дневный срок обязан рассмотреть его и принять замечания получателя или передать договор в Государственный арбитраж для разрешения разногласий, что не отменяет поставки материалов.

Если поставщик и получатель подчинены одному министерству или главку, то все споры решаются ведомственным арбитражем или руководителем главка, которому подчиняется поставщик и получатель.

Аналогично оформляются договоры и на материальные ресурсы децентрализованной поставки.

Материалы могут поставляться транзитом непосредственно с предприятий-изготовителей в повагонной норме (60 *т*) или с ближайших базисных складов территориальных сбытовых организаций Госснаба СССР. С базисных складов их можно доставлять малыми партиями и, как правило, автотранспортом. Контроль качества получаемых материалов должен производиться в порядке, изложенном в § 5 настоящей главы.

Центральные базы материально-технического снабжения создаются в узле сосредоточенного строительства и оснащаются машинами для механизации погрузочно-разгрузочных и транспортных работ. С центральных базовых складов производится также снабжение отдельно расположенных строек (участки берегоукрепления, отдельные причалы и т. п.), где материалы требуются в небольших количествах и получение их непосредственно от поставщиков или постройка складов экономически нецелесообразны.

Электроматериалы, гвозди, метизы, фитинги, краски, войлок, резино-технические материалы, приборы, мелкие механизмы, а также спецодежда, инструменты и т. п. хранятся в закрытых складах, крупные машины — под навесами, арматурная сталь — на стеллажах и в бухтах под навесами, остальные материалы — на открытых площадках. Все материалы должны быть рассортированы по маркам и размерам.

Для обеспечения бесперебойного ведения работ и правильного расхода материалов их следует отпускать на производство по графику и в пределах, устанавливаемых лимитными картами. Склад имеет право выдать на производство материал лишь в количестве, не превышающем указанного в лимите. Ниже приведены формы плана-графика завоза материалов и лимитно-заборной карты:

УТВЕРЖДАЮ

Начальник строительной организации

ПЛАН-ГРАФИК

завоза основных материалов, конструкций и полуфабрикатов

№ п/п	Наименование материалов и конструкций	Единица измерения	Количество завоза основных материалов по неделям			
			1	2	3	4

Начальник производственного отдела

Согласовано:

Начальник отдела снабжения

Производитель работ (мастер)

Бригадир хозрасчетной бригады

ЛИМИТНО-ЗАБОРНАЯ КАРТА №____

на_____197__г.

Участок № _____ Объект_____

I. Лимит на весь объем работ по объекту

Наименование материалов, деталей и конструкций	Номенклатурный номер	Единица измерения	Цена	Лимит по производственным нормам	Шифр объекта или заказа

Нач. производственного отдела **Производитель работ**

Материалы выдать через	Возврат материалов		
	Дата	Количество	Подпись зав. складом (кладовщика)
Подпись			

II. Получение материалов

Получено с начала строительства (за вычетом возврата)

до начала отчетного месяца _____

Дата	Количество	Подпись зав. складом (кладовщика)	Подпись получателя	Остаток лимита

Механизация строительных работ

Все строительные процессы при возведении портовых гидротехнических сооружений выполняются механизированным способом. Земляные, бетонные, свайные и монтажные работы ведутся комплексно-механизированным способом, т. е. с механизацией не только основных, но и вспомогательных работ.

Темп работ при комплексной механизации определяется производительностью ведущей машины; остальные машины, входящие в состав комплекса, должны иметь производительность не менее производительности ведущей машины.

При подборе комплекта машин необходимо предусмотреть машины для механизации вспомогательных работ, а также резервные для механизации случайно возникающих работ. Например, при погружении оболочек, помимо основного оборудования (вибропогружатель, плавучий кран), необходимо предусматривать гидроэлеваторы и грейферы для извлечения твердых включений из полости оболочек.

Подробные характеристики и рекомендации по оборудованию приведены в соответствующих главах справочника. Потребность в автотранспортных средствах можно ориентировочно определить исходя из годового объема работ по данным, приведенным в табл. 1. 3.

Необходимое количество машин M для выполнения заданного объема работ определяется по формуле

$$M = \frac{Q}{П_{э.\,час} K T}, \qquad (1.1)$$

где Q — объем работ в физических измерителях (*пог. м, м*^{3}, *т* и т. п.);

$П_{э.\,час}$ — часовая производительность машины;

T — рабочее время, *ч*, обычно исходя из двух смен, а на море с учетом рабочих дней при допустимой балльности волнения;

K — коэффициент, учитывающий технологические перерывы и перерывы на обслуживание машины, принимаемый 0,5—0,8.

Все основные береговые машины сосредоточиваются в ремонтно-прокатных базах (РПБ) или управлениях механизации, которые передают строительным управлениям (СУ) и плавстройотрядам машины на условиях аренды.

Таблица 1.3

Потребность в автотранспорте на 1 млн. рублей годовой программы строительно-монтажных работ

Характер строительства	Количество грузов в тыс. *т* в год	Всего грузоподъемность, *т*	В том числе, в % от списочного количества		Примечания
			самосвалов	бортовых и прочих специальных машин	
Гидротехническое . .	200	90	60	40	
Судостроительные и судоремонтные заводы .	120	76	55	45	
Заводы железобетонных конструкций и базы стройорганизаций	220	90	65	35	
Жилищное строительство	153	75	50	50	В том числе 15% панелевозов

Примечание. В таблице приняты коэффициенты использования: автопарка 0,5, грузоподъемности—0,98, пробега—0,48. Среднее расстояние перевозки 6—8 *км*.

Сложные машины (краны, экскаваторы) передаются с обслуживающим персоналом. Плавучие средства находятся в ведении управлений технического флота. Суда технического флота выполняют работы или на условиях аренды, или по договорам на определенный объем работ (дноуглубление, устройство подводных котлованов, намыв территорий). Команды судов укомплектовываются управлениями технического флота и находятся в их подчинении.

Автомобили, тракторы, автокраны и т. п. находятся в ведении автотранспортных контор трестов (АТК) и работают на условиях оплаты за перевозку грузов за тонно-километр) или машино-смену. Личный состав (шоферы, крановщики, трактористы) находится в подчинении АТК.

Капитальный ремонт всех машин производится на ремонтно-механических заводах, средний и текущий ремонт — на РПБ или в управлениях механизации и АТК.

Текущие ремонты машин, удаленных от РПБ и АТК, осуществляются обычно самим обслуживающим персоналом и механическими мастерскими СУ и плавстройотрядов.

Вопросы ремонта машин подробно изложены в «Справочнике механика транспортного строительства» (М., «Транспорт», 1966).

§ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

Территория стройплощадки и размещение производственных сооружений

Инженерная подготовка строительной площадки включает следующие работы: планировку территории, устройство стоков поверхностных вод, перенос существующих подземных и надземных сетей, устройство постоянных или временных подъездных железнодорожных и автомобильных дорог, приспособление или постройку причалов для судов технического флота, устройство временных или постоянных источников и сетей водо-, тепло- и энергоснабжения, устройство канализации, телефонной связи и радиосвязи.

Размеры стройплощадки следует принимать минимальными, но достаточными для размещения зданий и сооружений без излишней скученности и для обеспечения свободного фронта производства работ

Площадки, как правило, выбираются на не затопляемых высокими водами (волнами) участках, на 0,5 *м* выше расчетного горизонта высоких вод при 10%-ной обеспеченности. Поверхность площадки планируется с уклонами в пределах 0,003—0,03, при более пологих площадках создается сеть водоотводных каналов.

Для определения размеров стройплощадки в табл. 1. 4 приведены ориентировочные данные о потребной площади некоторых обслуживающих строительство предприятий.

Таблица 1.4

Размеры площадей, занимаемых подсобными строительными предприятиями

Наименование предприятия	Годовая производительность	Площадь, *га*
Бетонный завод со складом инертных материалов	30 тыс. $м^3$	1,3
Полигон для изготовления железобетонных конструкций	10 » »	1,0—1,5
То же для центрифугированных оболочек	4 » »	0,5
Деревообрабатывающий цех	1 » »	0,5
Гараж с открытыми площадками для стоянки автомобилей	50—100 шт.	0,4—0,7
Базы механизации с механическими мастерскими:		
1-го разряда	Свыше 40 тыс. руб.	0,3—0,4
2-го разряда	До 40 » »	0,2—0,3

Примечания: 1. Площади складов определяются по действительной потребности в хранимых материалах и приведены в табл. 1.22 и 1.23.

2. Для устройства железнодорожных и автомобильных проездов, различного рода площадок и т. п. необходимо предусматривать дополнительную площадь в размере 20—30 % площади размещаемых предприятий.

Размещаемые на стройплощадках и полигонах производственные и жилые здания, как постоянные, так и временные, в соответствии с требованиями СНиП II-А. 5—70 по степени огнестойкости разделяются на 5 групп, основные характеристики которых приведены в табл. 1. 5.

Противопожарные разрывы между производственными зданиями и складами на стройплощадке должны быть не менее указанных в табл. 1. 6 (СНиП II-М. 1—62).

С целью уменьшения объема перевозок ближе всего к зоне строительства размещают бетонные заводы, полигоны для изготовления железобетонных конструкций и парки массивов. Котельные следует располагать как можно ближе к пропарочным камерам и с подветренной стороны к производственным зданиям.

Ремонтные механические мастерские, гаражи и материальные склады желательно размещать комплексно и ограждать участки заборами или временными оградами. Деревообделочные предприятия располагают на обособленных площадках. Столовые должны находиться не далее 600 *м* от места работы.

Если на территории строительства имеется растительность, ее сохраняют в возможно большей степени.

Временные сооружения располагают так, чтобы они не мешали строительным работам. Их не следует переносить во время строительства. При постройке портов эти сооружения должны оставаться для обеспечения ими последующих строительных работ II и III очереди по развитию порта.

Генеральный план стройплощадки со всеми подсобными хозяйствами и противопожарными мероприятиями согласовывается с местными санитарными учреждениями (СЭС) и местными органами Госпожнадзора.

Таблица 1.5

Группы возгораемости и минимальные пределы огнестойкости, *ч*

Степень огнестойкости	Основные строительные конструкции				
	Стены несущие, лестничных клеток, колонны	Наружные стены из навесных панелей и фахверковые	Плиты и настилы междуэтажных и чердачных перекрытий	Плиты, настилы и несущие конструкции покрытий	Внутренние не несущие стенки (перегородки)
I	Несгораемые 2,5	Несгораемые 0,5	Несгораемые 1,0	Несгораемые 0,5	Несгораемые 0,5
II	Несгораемые 2	Несгораемые 0,25 Трудносгораемые 0,5	Несгораемые 0,75	Несгораемые 0,25	Трудносгораемые 0,25
III	Несгораемые 2	Несгораемые 0,25 Трудносгораемые 0,5	Трудносгораемые 0,75	Сгораемые	Трудносгораемые 0,25
IV	Трудносгораемые 0,5	Трудносгораемые 0,25	Трудносгораемые 0,25	»	Трудносгораемые 0,25
V	Сгораемые	Сгораемые	Сгораемые	»	Сгораемые

Примечание. Брандмауеры при всех степенях огнестойкости выполняются несгораемыми с пределом огнестойкости не менее 2,5. Отнесение материалов к группам возгораемости и пределы огнестойкости см. СНиП II—А. 5—70 приложения 1 и 2.

Таблица 1.6

Противопожарные разрывы между зданиями и сооружениями, *м*

Степень огнестойкости зданий и сооружений	Степень огнестойкости зданий и сооружений			Склады лесоматериалов объемом, тыс. $м^3$		Открытые склады горючесмазочных материалов (ГСМ) объемом, $м^3$		Раздаточные колонки
	I и II	III	IV и V	10—1	менее 1	250—10	менее 10	
I и II	10	12	16	15	10	20	16	10
III	12	16	18	24	16	24	20	10
IV и V	16	18	20	30	20	30	24	20

Примечания: 1. Для местностей за Северным полярным кругом, Сахалина, Камчатки, побережья Охотского и Баренцева морей, Курильских и Командорских островов на береговой полосе шириной 100 *км*, но не далее чем до ближайшего горного хребта разрывы до зданий и сооружений IV и V степени огнестойкости увеличиваются на 25%.

2. При подземном хранении ГСМ разрывы уменьшаются на 50%, при полуподземном—на 25 %.

Подъездные железнодорожные пути

Для обслуживания стройплощадок и полигонов пользуются подъездными путями III категории (с маневровым характером движения) и внутренними путями на стройплощадках, железными дорогами колеи 1524 *мм*. Эти пути должны соответствовать требованиям СНиП ПД-2—62 и «Правилам технической эксплуатации железных дорог Союза ССР». Основные характеристики железнодорожных путей приведены в табл. 1.7—1.10.

Таблица 1.7

Основные характеристики плана и профиля пути

Наименование путей	Наименьшая длина элементов профиля, *м*	Наибольшие уклоны, ‰	Наименьшие радиусы кривых, *м*			Длина прямых вставок между обратными кривыми, *м*
			в нормальных условиях	в трудных условиях	в особо трудных условиях	
Подъездные III категории	200	30	300	200	150	20
Внутренние на стройплощадке . .	100—50	2,5	200	150**—120	80***	Могут не устраиваться

* На кривых участках величина уклона снижается на величину $i = \frac{750}{R}$ ‰, где R — радиус кривой, *м*.

** С устройством контррельса.

*** Только при применении тепловозов с колесной формулой 2—2 и 0—3—0 и вагонов не более четырехосных.

Расстояние между осями смежных путей на прямой должно быть не менее 4100 *мм* на перегоне и 4800 *мм* на станциях (стройплощадке). При заезде в здание (цех) перед воротами должен быть прямой участок пути длиной не менее 2 *м*. При погрузке (разгрузке) вагона краном крюк крана должен заходить за ось пути не менее чем на 0,6 *м*. Все сооружения располагаются от оси железнодорожного пути и уровня головки рельса на расстоянии габарита приближения строений $C_п$ (рис. 1.1).

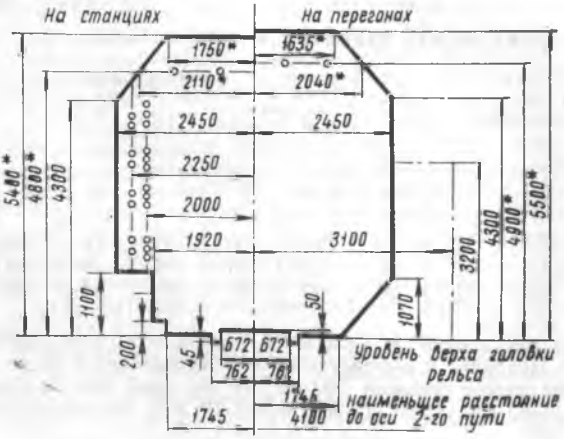


Рис. 1.1. Габарит приближения строений $C_п$ на прямой:

*— для неэлектрифицированных путей;

—·—·— для подкрановых балок, ворот и т. п. сооружений;

—··—··— для отдельно стоящих колонн, стоек, ворот и т. п. при длине вдоль пути 1000 *мм*;

—···—··· для погрузочно-разгрузочных устройств, лотков, люков, транспортеров и т. п. в нерабочем положении, размеры в *мм*;

—·—·— линия приближения вновь строящихся заборов, зданий, опор путепроводов, воздушных линий связи и электрических, трубопроводов. В трудных условиях заборы и опоры могут размещаться на расстоянии 2450 *мм* от оси пути

На кривых участках пути горизонтальные расстояния габарита $C_п$ увеличиваются в зависимости от радиуса кривой согласно табл. 1. 8.

Таблица 1.8

Увеличение горизонтальных размеров габарита $C_п$ в кривых на станциях (стройплощадках) без возвышения наружного рельса, *мм*

Сторона пути	Радиус кривой, *м*										
	1000	800	600	500	400	300	200	150	120	100	80
Внутренняя	40	50	60	70	90	120	180	240	300	360	450
Наружная	50	60	70	90	110	140	210	270	330	390	480

Таблица 1.9

Данные по верхнему строению в зависимости от скорости движения

Скорость движения, *км/ч*	Тип рельсов	Число шпал на 1 *км*	Толщина балласта под шпалой, *см*	Марка крестовины стрелочных приводов
50—25	Р-38	1600	25	1/9
До 25	Р-33	1440	25	1/7

Примечание. На станционных (стройплощадке) путях допускается укладка старогодних рельсов III группы.

Таблица 1.10

Расход материалов верхнего строения на 1 *км* пути, *т*

Наименование материалов	Тип рельсов и количество шпал на 1 *км*			
	Р-50 1840 шпал	Р-43 (Iа) 1600 шпал	Р-38 (IIа) 1600 шпал	Р-33 (IIIа) 1440 шпал
Рельсы	103	89,2	76,8	67,0
Накладки	6	5	5	4,5
Подкладки	21,3	16,8	16,8	8,8
Костыли	5,7	3,65	3,65	3,12
Болты путевые	0,68	0,57	0,57	0,57

Автомобильные дороги

Подъездные и внутренние автодороги на стройплощадках и полигонах должны соответствовать требованиям СНиП II-Д. 6—62 к дорогам II и III категорий и «Правилам движения по улицам и дорогам СССР».

Основные параметры и данные подъездных автодорог приведены в табл. 1. 11—1. 15.

Продольные уклоны автодорог принимаются в пределах до 60‰ при движении одиночных автомобилей и 40‰ с прицепами. В особо трудных условиях они могут увеличиваться на 20‰ при обосновании тяговыми расчетами.

Внутренние дороги стройплощадок следует устраивать прямолинейными по кольцевой схеме с наименьшим количеством пересечений друг с другом и с железными дорогами. При тупиковой схеме в конце должны предусматриваться площадки для поворота шириной $B=2R+8$ *м*, где R — конструктивный радиус поворота автомобиля (автопоезда) или площадки размером не менее 12×12 *м*.

При пересечении автодороги другими надземными коммуникациями высота от ее поверхности должна быть до проводов линии электропередач с напряжением до 100 *кв* не менее 7 *м*, до телеграфно-телефонных линий — 5,5 *м*, до низа конструкций мостов и т. п. — 4,5 *м*.

Обязательные габаритные расстояния от автодорог до различных зданий и сооружений приведены в табл. 1.12.

Пешеходные тротуары устраиваются на обочине шириной не менее 0,75 *м* при расположении с двух сторон дороги и 1 *м* при расположении с одной стороны. Тротуары должны быть подняты над дорогой не менее 15 *см* и отделены бордюром или между кромками дороги и тротуара устраивается раздельная полоса шириной не менее 0,8 *м*.

Применяемые дорожные одежды приведены в табл. 1.13.

Временные дороги, обслуживающие строительство, целесообразно строить сборными из железобетонных плит, укладываемых непосредственно на спланированный грунт или на песчаное основание толщиной 10—16 *см*.

Дороги из железобетонных плит могут быть сплошные и колейные. Размеры плит для сплошных дорог приведены в табл. 1.14.

Поперечные профили одно- и двухколейных дорог приведены на рис. 1.2.

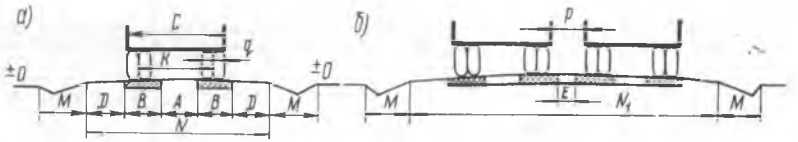


Рис. 1.2. Поперечные профили колейных дорог:
а — однопутные; *б* — двухпутные

Для наиболее распространенных марок автомобилей размеры поперечного профиля дорог приведены в табл. 1.15.

Таблица 1.11

Основные плановые характеристики подъездных автодорог

Категория дороги	Число полос движения	Расчетная скорость, *км/ч*, в обычных / стесненных условиях*			Наименьший радиус кривой, *м*, при перевозке обычных/длинномерных грузов при скорости, *км/ч*					Ширина проезжей части, *м*, при ширине автомобилей, *м*		Наименьшая ширина обочины, *м*	Уширение проезжей части, *м*, при длине автопоезда** $\frac{7}{15}$ *м* и радиусе кривой, *м*					
		Подъездные дороги	Внутренние дороги	Пересечения и примыкания	80	60	30	20	15	до 2,5	до 3,0		15	20	30	60	125	250
II	2	80/40	60/30	30/15	250	125	30/50	20/40	15/30	6	8	1,5	3,5/—	2,6/—	2,0/4,3	1,1/2,4	0,8/1,4	0,6/0,9
III	1	80/30	60/20	30/10	250	125	30/50	20/40	15/30	3,5	4,25	0,5	1,7/—	1,3/—	1,0/2,2	0,6/1,2	0,4/0,7	0,3/0,5

* Для особо стесненных участков автодорог допускается снижение скорости: на подъездных дорогах до 20 *км/ч*, на внутренних—до 15 *км/ч*.

** За длину автопоезда принимается расстояние от задней оси прицепа (автомобиля) до переднего бампера автомобиля.

Таблица 1.12

Наименьшие расстояния от кромки дороги до зданий и сооружений

Наименование зданий и сооружений	Расстояние в свету, *м*	Наименование зданий и сооружений	Расстояние в свету, *м*
Наружные стены при отсутствии въездов и длине здания до 20 *м* . . .	1,5	Ограждение территории предприятия (забор)	1,5
То же, более 20 *м* . .	3,0	Опоры эстакады, мачты и столбы	1,0
При наличии въезда в здание	8,0		
Оси параллельного железнодорожного пути . .	3,75	Погрузочные эстакады при продольном расположении автомашин . . .	3,5
		То же, при поперечном	12

Таблица 1.13

Дорожные одежды и расход основных материалов

Тип покрытия	Наименование	Поперечный уклон, ‰	Толщина, *см*	Расход основных материалов на 1000 $м^2$		
				Наименование материалов	Единица измерения	Количество
I. Усовершенствованные: а) капитальные	Цементнобетонные армированные дороги монолитные	15—20	18	Бетон М-300	$м^3$	184
				Битум	*т*	0,31
				Сталь арматурная	*т*	3,2
	Сборные бетонные сплошные	15—20	13—18	См. табл. 1.14		
	Асфальтобетонные (без оснований): однослойные	20—25	6	Щебень фракционированный	$м^3$	90
	двухслойные 3,5+5 *см*	20—25	8,5	Битум	*т*	12
				Щебень фракционированный	$м^3$	120
				Битум	*т*	16
б) облегченные	Щебеночные обработанные вяжущими (вместе с основанием)	20—25	14—20	Щебень	$м^3$	150—210
				Битум	*т*	14—18
II. Переходные	Щебеночные и гравийные с подбором фракций и укаткой (вместе с основанием)	25—30	14	Щебень	$м^3$	200
	Сборные бетонные колейные	25—30	14—22	См. табл. 1.15		
III. Низшие	Грунтовые, укрепленные добавками щебня, гравийными материалами, шлаком и т. п.	30—40	25—30	Добавки	$м^3$	100—150

БИБЛИОТЕКА
Ленинградского института
инженеров водного транспорта

Таблица 1.14

Прямолинейные сплошные плиты сборных дорожных покрытий

Тип плит	Размер, *м*	Вес плиты, *т*	Расход материалов на 1 $м^2$		Расчетная нагрузка на спаренное колесо, *т*, при		Примечание
			бетона, $м^3$	стали, *кг*	искусственном основании	естественном основании	
I	2,0×2,0×0,17	1,6	0,17	16,5	16	10	Плиты сверху и снизу армируются сеткой $d=10\div14$ *мм*
II	3,0×1,75×0,15	1,9	0,15	14,5	10	5	
III	1,75×1,5×0,13	0,85	0,13	11,0	4	3	

Таблица 1.15

Размеры элементов колейных дорог

Характеристики расчетного автомобиля					Элементы поперечного профиля дорог, *м*							
Марка автомобиля	Грузоподъемность, *т*	$C_м$	$K_м$	$q_м$	*A*	*B*	*E*	*P*	*D*	*N*	N_1	*M*
ЗИЛ-150, МАЗ-205, МАЗ-200	4, 6, 7	2,5	1,74	0,56	0,8	1,0	0,7	1,0	0,8	4,4	7,9	1,4
КрАЗ-219	12	2,65	1,92	0,74	0,9	1,0	0,8	1,1	1,0	4,9	8,6	1,4
БАЗ-525	25	3,22	2,20	1,0	0,9	1,25	0,9	1,2	1,2	5,8	10,1	1,4

Водоснабжение

Строительные площадки (полигоны и т. п.) оборудуются водопроводом. Водоснабжение на строительстве необходимо для производственных и бытовых целей, а также для обеспечения противопожарных мероприятий. Нормы расхода воды на отдельные операции приведены в табл. 1.16.

Для тушения пожара по согласованию с местными органами Госпожнадзора можно устраивать водоемы типа котлованов с водонепроницаемой обделкой или использовать естественные водоемы, к которым устраивают подъезды для пожарных автомашин. У водоемов в специальных будках устанавливаются мотопомпы. Расстояние от водоемов до обслуживаемых ими зданий и сооружений не должно превышать 150 *м*.

Общий расход воды $B_{расч}$ можно определять по формуле

$$B_{расч} = \frac{\sum (B_п + B_б) K_у K_1 1000}{8 \cdot 3600} \text{ л/сек}, \qquad (1.2)$$

где $B_п$ — расход воды на производственные нужды за 8-часовую смену, $м^3$;
$B_б$ — то же, на бытовые нужды за 8-часовую смену, $м^3$;
$K_у$ — коэффициент неучтенных потерь, равный 1,15—1,25;
K_1 — коэффициент сменной неравномерности, равный 1,3—1,5.

Таблица 1.16

Расход воды при строительстве, *л*

Потребитель воды	Измеритель	Расход воды	Примечание
Приготовление бетона	*м*³	250	
Уход за бетоном в северной полосе СССР	1 *м*² поверхности бетона	10	На все время ухода
То же, в средней	То же	25	То же
То же, в южной	»	40	»
Промывка гравия (щебня)	*м*³	1500	
Автомобиль грузовой (автокран)	Сутки	600	
Трактор	»	350	
Экскаватор, кран на гусеничном ходу	Смена	150	
Бытовой расход на предприятии	На 1 рабочего в смену	25	
Столовые	На 1 посетителя	20	
Душевые	То же	40	
Строительный городок	На 1 жителя в сутки	140—170	
Для пожаротушения производственных предприятий при объеме здания до 3 тыс. *м*³ при степени огнестойкости:			
I, II, III	*ч*	36000	Время тушения пожара принимается 3 *ч*
IV и V	»	54000	
То же, для городка с числом жителей до 500 человек	»	18000	

При тушении пожара всех остальных потребителей можно отключить.

В качестве источника водоснабжения используют существующие водопроводы (портовые, городские), открытые водоемы или артезианские колодцы, оборудованные центробежными и поршневыми насосами. Место забора воды для питья согласовывается с санитарной инспекцией.

Мощность насосов и диаметр труб определяются расчетом по формулам гидравлики (см. СНиП II-Г.3—62); при этом напор в конце водопровода не должен быть менее 1,5 *атм*, а диаметр труб менее 75 *мм*. Наименьшая глубина заложения труб указана в табл. 1.17.

Таблица 1.17

Глубина заложения водопроводных труб

Расположение водопровода	Глубина заложения
Стройплощадка	Ниже глубины промерзания + диаметр трубы + 0,2 *м*
Пересечение с железной дорогой	1 *м* от подошвы рельса до верха трубы
» с автодорогой	1 *м* от низа основания до верха трубы
» с канализацией	0,4 *м* в свету между трубами
» с электрокабелем и » кабелем связи	0,5 *м* в свету между трубой и кабелем

При поверхностной укладке кратковременных водопроводов трубы укладывают в коробах размером 0,5×0,5 *м* рядом с паровой трубой теплосети или отдельной трубой диаметром 25—19 *мм* и утепляют опилками или шлаковатой. Горизонтальные расстояния между водопроводами и другими инженерными сетями см. в табл. 1.18.

Канализация

Отвод поверхностных вод, как правило, осуществляется сетью водоотводных канав непосредственно в водоем. Наименьшие размеры водоотводных канав: глубина 0,4 *м*, ширина по дну 0,3 *м*, крутизна откосов 1:1,5÷1:1,25, уклон по дну не менее 0,003. При устройстве ливневой канализации и применении асбоцементных и керамических труб диаметром 200—250 *мм* уклоны допускаются не менее 0,004—0,005.

Производственные и фекальные воды отводятся в действующую канализацию портов и предприятий (городскую), а при их отсутствии — в выгребные ямы или, при количестве сточных вод до 25 $м^3$ в сутки, в септики (отстойные очистные сооружения). Количество сточных вод может приниматься также по нормам, указанным в табл. 1.16.

Канализационные коллекторы прокладываются из асбоцементных и керамических труб диаметром 150 *мм* с наименьшим уклоном 0,007 и диаметром 200 *мм* с наименьшим уклоном 0,005—0,004. Наполнение канализационных труб принимается 0,6—0,7 диаметра.

Наименьшая глубина заложения низа канализационных труб на 0,3 *м* выше глубины промерзания, но верх трубы должен быть не менее 0,7 *м* от поверхности и 1,0 *м* от подошвы рельса железнодорожного пути или покрытия автодороги.

На всех углах поворота, в местах присоединения и изменения уклонов и на прямых участках через 50 *м* устанавливаются смотровые колодцы. Горизонтальные расстояния между канализацией и другими инженерными сетями приведены в табл. 1.18.

Проект канализации должен выполняться в соответствии с требованиями СНиП II-Г.6—62 и согласовываться с местными органами санинспекции.

Таблица 1.18

Горизонтальные расстояния между подземными сетями и сооружениями, *м*

Подземные сети	Подземные и наземные сооружения и сети							
	Водопроводы	Канализации	Теплопроводы	Кабели		До фундаментов	Железная дорога до оси пути*	Автодорога до наружной бровки кювета или подошвы насыпи
				силовые	связи			
Водопровод . . .	1,5	1,5	0,2	0,5	0,5	5	4	1
Канализация . . .	1,5	0,4	1,0	0,5	1,0	3	4	1
Теплопроводы . .	0,2	1	—	2	2	5	4	1
Кабели силовые .	0,5	0,5	2	0,1	0,5	0,6	3	1
Кабели связи . . .	0,5	1,0	2	0,5	—	0,6	3	1

* Но не менее чем на глубину траншеи от подошвы насыпи.

Теплофикация

В качестве теплоносителя на строительстве применяется главным образом пар с давлением, сниженным до 0,7 *атм*, и исходной температурой 150—170°С. Для получения пара используются котлы типа котлов Шухова, устанавливаемые в передвижных или стационарных котельных.

Для определения мощности котельной определяется расход тепла для различных нужд по следующей методике.

1. Часовой расход тепла для отопительных целей:

$$Q = q_0 (t_{вн} - t_{нр}) V_н \text{ ккал/ч}, \quad (1.3)$$

где q_0 — удельная отопительная характеристика зданий в *ккал/м³·ч·град*, принимается по табл. 1.19 или проектным данным;

$t_{вн}$ — усредненная расчетная температура зданий (табл. 1.20);

Таблица 1.19

Удельная отопительная характеристика q_0, *ккал/м³·ч·град*

Этажность	Наружная температура				Примечания
	—10°С	—20°С	—30°С	—40°С	
1 этаж	0,8	0,7	0,65	0,6	При наличии приточно-вытяжной вентиляции q_0 увеличивается на 0,2 — 0,5 *ккал/м³·ч·град* в зависимости от интенсивности вентиляции
2—3 этажа	0,55	0,5	0,45	0,4	

Таблица 1.20

Усредненные расчетые температуры внутреннего воздуха $t_{вн}$

Назначения зданий	$t_{вн}$, °С
Мастерские, гаражи, заводы бетонных изделий и т. п.	+16
Помещения теплого хранения автомобилей	+ 5
Жилые здания, конторы, лаборатории	+18
Детские сады и ясли	+20
Бани	+25

$t_{нр}$ — расчетная температура наружного воздуха, принимается по данным гидрометслужбы или СНиП IIА. 6—62;

$V_н$ — наружный объем здания (без подвалов), *м³*.

2. Расход пара на производственные нужды может приниматься:

а) для прогрева железобетонных изделий после формовки 300—400 *кг* на 1 *м³* изделия в час;

б) для прогрева 1 *м³* мерзлого песка или щебня в бункерах бетонных заводов

$$Q = \left(\gamma \frac{p}{100} 1000\right) c (t_к - t_н) + \frac{p}{100} \cdot 1000(-0,5 t_н + 80 + t_к) \text{ ккал}, \quad (1.4)$$

где γ — объемный вес песка или щебня, *кг/м³*;

p — объемная влажность, %;

c — теплоемкость песка (щебня), принимаемая 0,2 *ккал/кг·град*;

$t_н$ и $t_к$ — начальная и конечная температура песка (щебня), °С.

Полная потребность тепла рассчитывается по формуле

$$\sum Q = (Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n) K_з K_п \text{ ккал/ч}, \quad (1.5)$$

где $Q_1, Q_2, \ldots, Q_n$ — отдельные расходы тепла, приведенные к часовым;

$K_з$ — коэффициент запаса на неравномерность потребления, равный 1,15—1,2;

$K_п$ — коэффициент потерь пара в паропроводах, равный 1,2—1,3.

По ΣQ подбирают необходимое количество котлов, при этом удельную теплоту парообразования следует принимать 540 *ккал/кг*.

При устройстве внешних паропроводов применяются трубы диаметром от 40 до 100 *мм*, а внутренних — 25 *мм*. Поверхности труб внешних трубопроводов на толщину 80—100 *мм* изолируются шлаковатой.

По стройплощадке (полигону) паропроводы прокладываются в бетонных заглубленных под уровень площадки каналах с перекрытием съемными бетонными плитами, что позволяет быстро их открывать при необходимости ремонта. Каналам придается уклон в 0,002 для стока попадающей в них воды. Ширина каналов должна быть на 0,2 *м* больше диаметра трубы с изоляцией.

Компенсаторные ниши устраиваются на расстоянии 30—50 *м*. Трубы в канале укладывают на скользящих металлических опорах, благодаря чему они свободно перемещаются. Временные паропроводы укладывают в деревянных коробах со съемными крышками и изолируют опилками с защитным слоем не менее 0,2 *м*.

Расчет трубопроводов производится в соответствии с СНиП II-Г.10—62 и специальной литературой. При пересечении с железными дорогами тепловые сети углубляют не менее чем на 1,0 *м* ниже подошвы рельса. При пересечении с силовыми и телефонными кабелями вертикальное расстояние в свету между ними должно быть не менее 0,5 *м*.

Минимальные горизонтальные расстояния между инженерными подземными сетями и сооружениями приведены в табл. 1.18.

Временные производственные здания

К этим зданиям относятся: ремонтно-механические мастерские, гаражи, котельные, предприятия по деревообработке, склады, конторы, лаборатории и некоторые другие вспомогательные здания. Для временных зданий производственного назначения рекомендуются (данные Гипропромтрансстроя Минтрансстроя) следующие типовые решения.

1. При сроке строительства 2—3 года—сборно-разборные панельные здания серии 420-12. Здания деревянные, однопролетные рамного типа шириной 9 *м* при длине от 12 до 48 *м* (кратная 6), высота стен 4,2 и 3,0 *м;* возводятся на деревянных или блочных бетонных фундаментах (рис. 1.3), стены и кровля утеплены минераловатной плитой на расчетную температуру — 50°С; полы, в зависимости от назначения помещения, сборные деревянные щитовые, глинобитные или из сборных бетонных плит. Отопление от центральной котельной. Санузлы теплые с отводом в канализацию или с выгребом.

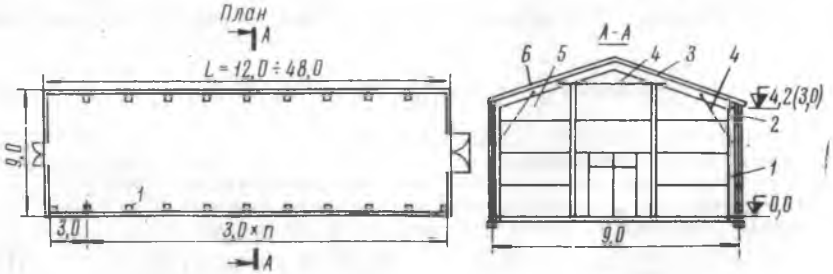


Рис. 1.3. Временные здания панельного типа серии 420-12:

1 — несущая рама; *2* — стеновые панели; *3* — кровельные утепленные панели; *4* — стальные затяжки рамы; *5* — торцевые стеновые панели; *6* — кровля из рулонных материалов

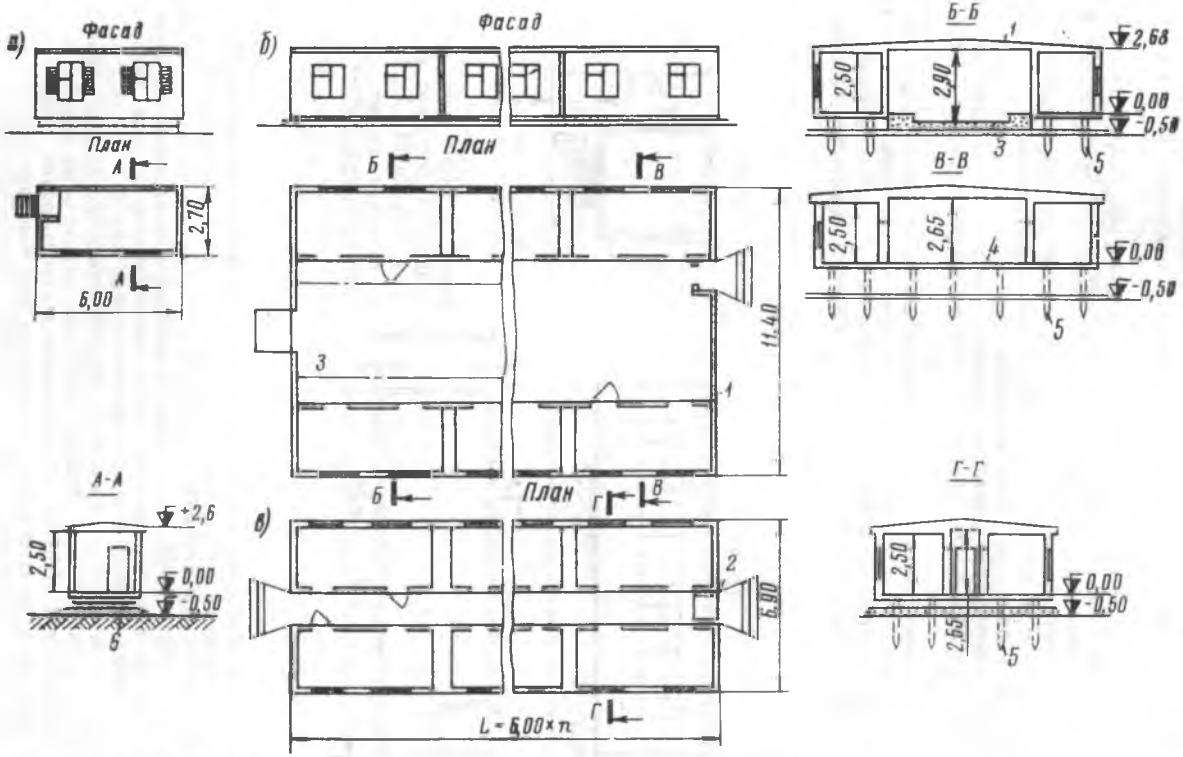


Рис. 1.4. Временные здания контейнерного типа серии 420-04:

а — одиночные; *б* — сблокированные из нескольких контейнеров производственного, складского и культурного назначения; *в* — жилого, административного и бытового назначения; *1* — вставки длиной 6 *м*; *2* — вставки длиной 1,5 *м*; *3* — бетонный пол; *4* — деревянный пол; *5* — сваи или стойки; *6* — лежни

Срок службы зданий 10 лет при 3—4-кратной оборачиваемости. Огнестойкость V степени.

2. При сроке строительства 1—2 года — здания контейнерного типа серии 420-04. Размер одиночного контейнера 6×2,7 *м*, внутренняя высота 2,5 *м*. Конструкция — деревянный каркас, обшитый вагонкой с утеплением древесноволокнистыми плитами, полы деревянные, покрытые линолеумом, основание — стальная несущая рама. Вес контейнера 4,5—5 *т*. Из контейнеров с применением внутренних вставок (стены, кровля, пол) могут быть сблокированы здания шириной 6,9 и 11,4 *м* и длиной, кратной 6 *м* (рис. 1.4), различного назначения.

Фундаменты под одиночные контейнеры — деревянные лежни на песчаной подготовке, при блочных вариантах — короткие деревянные сваи или при плотных грунтах — стойки на лежнях.

Расчетная температура — минус 40°С с отоплением от центральной котельной. При эксплуатации зданий контейнерного типа предусматривается наличие водопровода и канализации или выгребов.

Перевозка контейнеров — автотранспортом, монтаж — 5—7-тонными автокранами. Срок службы 20 лет при 12—15-кратной оборачиваемости. Огнестойкость V степени.

3. При сооружении отдельных небольших объектов со сроком строительства до 1 года — перевозимые на автомобильных осях контейнерные здания серии 420-01. Контейнер имеет стальной каркас и обшивку из гофрированной стали. Полы дощатые, стены отделаны линкрустом. Размеры приведены на рис. 1.5.

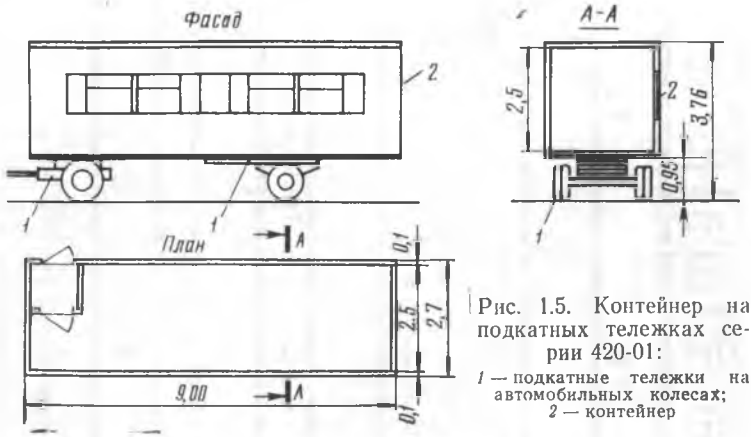


Рис. 1.5. Контейнер на подкатных тележках серии 420-01:

1 — подкатные тележки на автомобильных колесах; *2* — контейнер

На месте стоянки контейнер снимается с осей и устанавливается на два деревянных лежня, уложенных на спланированный грунт. Вес контейнера 4,3 *т*. Расчетная температура — минус 40°С. Отопление от внешних сетей и собственное электрическое. Срок службы 15 лет при 30-кратной оборачиваемости. При наличии на объекте железнодорожных путей под временные здания можно использовать специально оборудованные вагоны (серии 420-20).

Основные характеристики временных производственных зданий приведены в табл. 1.21, а планировочные решения некоторых зданий — на рис. 1.6.

Для хранения автомобилей, обслуживающих строительство, предусматриваются, как правило, открытые площадки, навесы или холодные гаражи (сараи), имеющие бетонные покрытия (полы). Покрытию следует придавать уклон до 0,01 в направлении продольной оси устанавливаемых автомобилей. Размеры площадок и навесов определяются из расчета 25—30 *м*² на автомобиль и необходимых разрывов для проезда шириной не менее 3 *м*. Разрешается в продоль-

Таблица 1.21

Технические характеристики временных зданий производственного назначения

Тип и назначение зданий	№ типового проекта	Строительный объем, $м^3$	Полезная площадь, $м^2$	Длина, $м$	Ширина, $м$	Сметная стоимость, тыс. руб.
Сборно-разборные панельные						
Ремонтно-механическая мастерская СУ с программой строительно-монтажных работ 2 млн. руб. в год (рис. 1.6, *а*)	420—12—17	1970	366	42	9	31,6
То же, кузнечно-сварочное отделение (цех) (рис. 1.6, *б*)	420—12—17	439	102	12	9	10,1
Авторемонтная мастерская автобазы на 100 автомобилей (рис. 1.6, *в*)	420—12—18	1574	302	36	9	30,2
Профилакторий автобазы на 100 автомобилей	420—12—19	1400	250	30	9	22,7
Столярно-плотничная мастерская производительностью 3000 $м^3$ древесины в год (рис. 1.6,*г*)	420—12—21	1882	342	42	9	26,4
Котельная на 3 котла (рис. 1.6, *д*)	420—12—16	566	105	12	9	21,4
Материально-технический склад площадью 270 $м^2$ (холодный)	420—12—2	1077	268	30	9	9,1
То же, площадью 160 $м^2$	420—12—3	646	160	18	9	6,0
Контора на 30 мест с медпунктом	420—12—13	1292	309	36	9	20,5
То же, на 10 мест с медпунктом	420—11—5	453	155	18	9	6,0
Контейнерные одиночные и сблокированные						
Производственные помещения односекционные: конторы, склады и т. п. (рис. 1.4,*а*)	420—04—29; 30; 38; 40	48	14,5	6,0	2,7	1,75
То же, двухсекционные того же назначения	420—04—10; 11; 31	123,6	37,7	6,0	6,9	4,7
То же, двухсекционные: ремонтно-механическая мастерская, электростанция с бетонным полом	420—04—2; 24	203	63,4	6,0	11,4	—
Инструментальная кладовая двухсекционная	420—04—6	207	63,4	6,0	11,4	5,8
Мастерские механические и деревообделочные 6-секционные (1.4,*б*)	420—04—3	621	194,0	18,0	11,4	—
Контора начальника строительства (СУ, плавстройотряда) 10-секционная (рис. 1.4,*в*)	420—04—37	618	189,0	30,0	6,9	21,6
Контора прораба односекционная деревянная (рис. 1.6,*е*)	ПСБ треста Балтморгидрострой	77	18,3	5,5	4,0	1,05
Контейнер на автомобильных осях						
Контора прораба, медпункт	420—01—3;9	68	22,0	9,0	2,7	3,7
Складские помещения	420—03—3	70	22,0	9,0	2,7	2,6

Тип и назначение	№ типового проекта	Строительный объем $м^3$	Полезная площадь, $м^2$	Длина, м	Ширина, м	Сметная стоимость тыс. руб.
Железнодорожные вагоны						
Механическая мастерская — четырехосный вагон	420—20	101	27	13,5	2,8	5,7
Слесарная мастерская — двухосный вагон	420—20	58	16,7	6,7	2,8	1,7
Кладовая—двухосный вагон . .	420—20	58	16,7	6,7	2,8	0,7
Электростанция—двухосный вагон	420—20—9	58	16,9	6,7	2,8	5,4

Примечание. Здания серий 420-12 и 420-11 изготовляются заводами Минтрансстроя, серии 420-04 и 420-01—заводами Министерства строительства электростанций и Министерства газовой промышленности СССР. Вагоны по типовым проектам 420-20 оборудуются на заводах МПС.

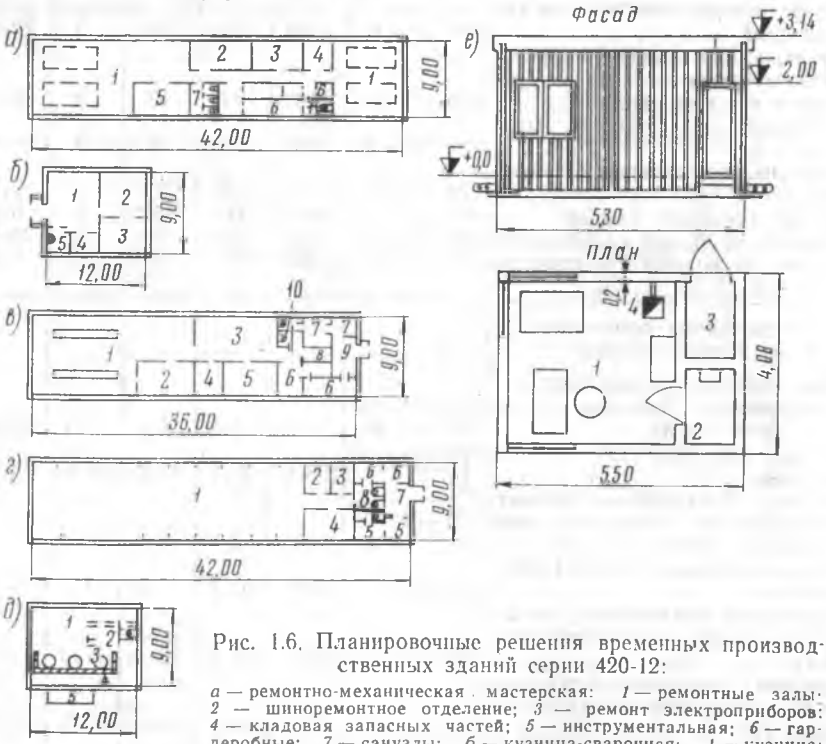


Рис. 1.6. Планировочные решения временных производственных зданий серии 420-12:

а — ремонтно-механическая мастерская: *1* — ремонтные залы; *2* — шиноремонтное отделение; *3* — ремонт электроприборов; *4* — кладовая запасных частей; *5* — инструментальная; *6* — гардеробные; *7* — санузлы; *б* — кузница-сварочная; *1* — кузница; *2* — электросварочная; *3* — медницкая; *4* — гардеробная; *5* — санузел; *в* — авторемонтная мастерская; *1* — ремонтный зал; *2* — столярное отделение; *3* — механическое отделение; *4* — инструментальная; *5* — ремонт аппаратуры; *6* — гардеробная мужская; *7* — гардеробная женская; *8* — кладовая; *9* — вестибюль; *10* — санузлы; *г* — столярно-плотничная мастерская: *1* — раскроечно-сборочное отделение (станки); *2* — клееварка; *3* — комната отдыха; *4* — заточное отделение; *5* — гардеробная мужская; *6* — гардеробная женская; *7* — вестибюль; *8* — санузел; *д* — котельная: *1* — помещение котлов; *2* — санузел с душевой; *3* — котлы; *4* — площадка для обслуживания котлов; *5* — бункер для угля; *е* — контора прораба типа Балтморгидростроя: *1* — комната прораба, *2* — тамбур; *3* — кладовая инструмента; *4* — временная печь

Примечание. Деревянный каркас утеплен шлаковатой.

ном направлении устанавливать не более 8 машин с разрывами 0,7 *м* между ними и в поперечном — 4 машин с разрывами 0,7—0,9 *м*. Высота навесов и сараев должна быть не менее 2,8 *м*. Ворота делаются на 0,2 *м* выше самого высокого и на 1,0 м шире самого широкого автомобиля. Вокруг площадок (навесов, сараев) создается свободная от застройки 10-метровая противопожарная зона.

Временные складские помещения

При определении площади складских помещений и территорий следует руководствоваться нормами производственного запаса материалов и нормами складских площадей, приведенными в табл. 1.22 и 1.23. Характеристики типовых временных складов приведены в табл. 1.21.

Таблица 1.22

Нормы складских площадей для закрытого хранения материалов и оборудования (ориентировочные)

Наименование материалов и оборудования	Единица измерения	Расчетная площадь склада на единицу измерения с учетом проходов и проездов, $м^2$	Вид склада
Краски, олифа, химикаты, спецодежда, постельные принадлежности и т. п.	1 млн. руб. годового объема строительно-монтажных работ	32	Закрытый отапливаемый
Войлок, минеральная вата, провода, тросы, кровельная сталь, метизы, инструмент	То же	39	Закрытый холодный
Цемент	»	12	То же
Рубероид, толь, гидроизоляционные материалы, облицовочные плитки, асбоцементные плиты, гипсовые перегородки	»	64	Навес
Столярные изделия	»	15	»
Битумная мастика	»	15	»
Подъемно-транспортное оборудование:			
тяжелое	*т*	0,8	»
среднее	»	1,5	»
легкое	»	2,8	»
Производственное оборудование:			
тяжелое	»	0,7	»
среднее	»	1,3	»
легкое	»	2,5	Закрытый холодный
Электродвигатели	»	0,5	То же
Бензин	1 млн. руб. годового объема строительно-монтажных работ	12	Склад ГСМ
Дизельное топливо		10	То же
Керосин		2	»
Масла, кислоты и т. п. огнеопасные материалы		2	»

Таблица 1.23

Нормы складских площадей для открытого хранения материалов и изделий

Наименование материалов и изделий	Единица измерения	Расчетная площадь склада на единицу измерения с учетом проходов и проездов, $м^2$	Порядок укладки
Лес круглый	$м^3$	1,5—1,3	В штабелях с прокладками
» пиленый	»	1,7—1,25	В клетках
Кирпич	тыс. шт.	2,5	»
Камень бутовый и булыжник	$м^3$	0,5—0,3	Навалом
Щебень и гравий	»	0,5—0,4	В механизированных складах
Песок	»	0,5—0,4	
Сталь прокат и сортовая	т	1,8—1,3	В стеллажах и штабелях
Рельсы	»	2,0—1,5	То же
Листовая сталь	»	5—3	»
Трубы стальные диаметром до 50 *мм*	»	2,1—1,7	В стеллажах
То же, диаметром свыше 50 *мм*	»	1,0—0,8	В штабелях с прокладками
Кабель	»	5,5—4,1	В катушках
Арматура готовая	»	1,4—1,2	В штабелях
Опалубка готовая	$м^2$	0,1	
Металлоконструкции	т	3,3	
Железобетонные элементы гидротехнических конструкций:			
шпунт тавровый	$м^3$	1,0	В два ряда с прокладкой
плиты ребристые	»	0,4	То же
бортовые балки	»	0,6	»
плиты плоские	»	0,6—0,4	В 4 ряда с прокладкой
сваи и плоский шпунт	»	1,3—0,7	То же
оболочки $d=1,2$ *м*	»	4,0	В один ряд горизонтально
то же, $d=1,6$ *м*	»	3,0	То же
массивы	»	0,3	В два ряда
Сборный железобетон промышленных и гражданских конструкций	»	3—2	

Таблица 1.24

Расстояние от складов ГСМ до автомобильных и железных дорог, *м*

Дороги	Склады ГСМ (емкости и в таре)			Раздаточные колонки
	наземные	полуподземные	подземные	
Внутрипостроечные железные до оси пути	30	23	15	10
Автомобильные до краев проезжей части:				
подъездные	15	12	8	—
внутриплощадочные	10	8	5	—

При расчете складских площадей можно также исходить из того, что соотношение полезных площадей складов (занятых материалами) и общей площади составляет:

Закрытые универсальные склады со стеллажами	0,4
Закрытые неотапливаемые склады (построечные)	0,5—0,7
Навесы	0,5—0,6
Открытые склады лесоматериалов	0,4—0,5
То же, металла	0,5—0,6
То же, щебня и песка	0,6—0,7

Склады горючих и смазочных материалов (ГСМ) сооружаются в том случае, когда невозможна заправка машин от общегородских заправочных пунктов. Они располагаются на обособленных огражденных площадках с соблюдением противопожарных разрывов (см. табл. 1.6).

Склады ГСМ и раздаточные колонки должны быть удалены от железнодорожных путей и автодорог на расстояния, указанные в табл. 1.24.

Временные жилые и культурно-бытовые здания

Жилые здания располагаются на расстоянии не более 2—3 *км* от места работ. Потребная жилая площадь определяется по следующим нормам: на одного работающего одиночку (в общежитии) — 6 $м^2$, на каждого работающего и члена семьи семейных рабочих — 6 $м^2$.

Количество семейных работников может приниматься 70%, а одиночных — 30%. Коэффициент семейности принимается в подготовительный период 1,8, во время основного строительства — 2,2.

Площадь культурно-бытовых учреждений может быть определена по данным табл. 1.25 в зависимости от количества жителей в городке.

При сроках строительства 2—3 года рекомендуется возводить сборно-разборные панельные деревянные здания серии 420-11.

Здания серии 420-11 имеют габариты: по длине от 18 до 36 *м* (кратное 6 *м*), пролеты 2×4,5 *м* и высоту помещений 2,5 *м*. Стены из несущих панелей, полы и потолки панельные, кровля щитовая, холодная с покрытием рулонными материалами (рис. 1.7). Утепление древесно-волокнистыми или минераловатными щитами. Фундаменты — деревянные стойки (сваики) или бетонные блоки. Отопление предусматривается водяное от встроенных топочных секций с котлами ВНИИСТО площадью нагрева 3,74 $м^2$ или от общеплощадочных котельных. Расчетная температура —50°С. Имеются теплые санузлы, канализация или выгребы.

Срок службы зданий типа 420-11 — 7—8 лет при 3—4-кратной оборачиваемости; огнестойкость V степени.

При меньших сроках строительства следует использовать здания контейнерного типа, серии 420-04; 420-01, оборудованные железнодорожные вагоны серии 420-20 и автоприцепы.

Основные характеристики временных зданий приведены в табл. 1.26, а планировочные решения — на рис. 1.8. Противопожарные разрывы между зданиями должны быть не менее указанных в табл. 1.6.

Для размещения личного состава плавстройотрядов, особенно при кратковременном строительстве и частых переездах, используются брандвахты — двухпалубные железобетонные суда, приспособленные для жилья (характеристики см. в главе XIX).

Таблица 1.25

Площадь культурно-бытовых зданий на 100 жителей

Здания	Площадь, $м^2$	Здания	Площадь, $м^2$
Столовые	35	Бани и прачечные	25
Детские сады и ясли	40	Амбулатории	12
Школы	100	Магазины	20
Клубы, кино	35	Пошивочные мастерские	5

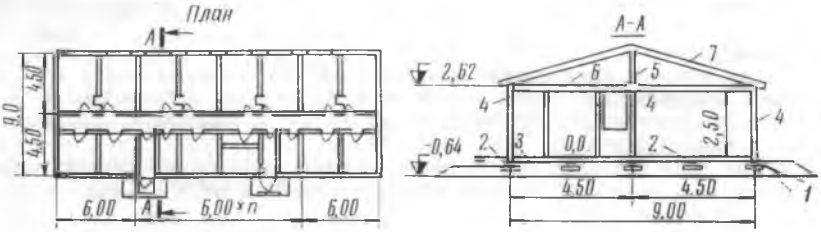


Рис. 1.7. Временные здания жилого и коммунально-бытового назначения серии 420-11:

1 — фундамент-стойки или лежни; *2* — прогоны; *3* — панель пола, *4*—стеновая несущая панель; *5* — подстропильная рама; *6* — потолочная панель; *7* — панель кровли

Таблица 1.26

Технические характеристики временных зданий жилого, культурного и бытового назначения

Тип и назначение	№ типового проекта	Строительный объем, $м^3$	Жилая площадь (рабочая), $м^2$	Длина, *м*	Ширина, *м*	Сметная стоимость, тыс. руб.
Сборно-разборные панельные						
Общежитие на 20 человек одиночек или на 7 семей (см. рис. 1.8,*а*)	420—11—1;2	453	97	18	9,0	6,5
То же, на 10 квартир	420—11—4	900	171	36	9,0	12,2
Столовая на 25 мест (см. рис. 1. 8, *б*)	420—11—6	453	142	18	9,0	6,5
То же, на 75 мест	420—12—12	1727	362	48	9,0	37,3
Бытовые ремонтные мастерские на 8 рабочих мест	420—12—10	431	94	12	9,0	8,3
Магазин на 4 рабочих места	420—12—13	1086	224	30	9,0	23,1
Детский сад или ясли на 25 мест (см. рис.1.8,*в*)	420—11—8	602	192	24	9,0	12,4
То же, на 50 мест	420—11—9	900	276	36	9,0	19,0
Школа на 40 мест	420—11—10	453	143	18	9,0	7,4
Клуб на 150 мест (см. рис. 1. 8, *г*)	420—12—15	1812	344	42	9,0	26,0
Бытовые помещения на 120 человек, мужские и женские	420—12—1	1086	264	30	9,0	16,4

Тип и назначение	№ типового проекта	Строительный объем, $м^3$	Жилая площадь, (рабочая), $м^2$	Длина $м$	Ширина, $м$	Сметная стоимость, тыс. руб.
Контейнерные одиночные и сблокированные						
Общежитие на 24 человека восьмисекционные	400—04—13	495	87	24	6,9	11,6
Жилой двухквартирный дом четырехсекционный	420—04—14	249	44	12	6,9	10,8
Столовая на 20 мест двухсекционная	420—04—34	371	80	18	6,9	15,4
То же, на 50 мест восьмисекционная . . .	420—04—16	822	255	24	11,4	31,8
Клуб на 50 мест шестисекционный	420—04—17	616	169	18	11,4	17,5
Бытовые помещения на 25 мест (мужских или женских) четырехсекционные	420—04—33	249	51	12	6,9	8,6
То же, на 60 мест (30 мужских и 30 женских) четырехсекционные . . .	420—04—36	411	127	12	11,4	18,7
Гардеробная на 10 человек, душевая 8 $м$, уборная 2 очка односекционная	420—04—21 22; 23	48	—	6	2,7	2,1
Контейнерные на тележках						
Общежитие на 5 человек (см. рис. 1.8, *д*) . .	420—01—1	68	22	9	2,7	3,6
Буфет на 10 мест, красный уголок на 15—20 человек, продовольственный магазин (1 продавец) (см. рис. 1.8, *е*)	420—01—5; 7	68	22	9	2,7	3, 7; 3,0
Гардеробные-душевые на 7—9 человек, мужские и женские с котельной .	420—01—6; 8	68	22	9	2,7	4,3
Баня на 4 места с котельной	420—01—10	68	22	9	2,7	4,3
Автоприцепы						
Общежитие на 12 человек	Завод № 26 Минтрансстроя	73	17	10,17	2,98	2,0
Столовая на 20 мест .	То же	75	30	10,55	2,98	4,6
Душевая на 5 мест с котельной	Луганский автосборный завод	—	29,5	11,1	3,16	—

Тип и назначение	№ типового проекта	Строительный объем, $м^3$	Жилая площадь (рабочая), $м^2$	Длина, *м*	Ширина, *м*	Сметная стоимость, тыс. руб.
Железнодорожные вагоны						
Общежитие на 4 человека—двухосный товарный	420—20—19	42,1	16	6,44	2,79	2,35
То же, на 13 человек пассажирский	420—20—18	173	53	20,2	3,14	4,27
Столовая на 16 мест и кухня в двухосных вагонах	420—20—11; 12	50+58	16,7+ +16,6	2× ×6,68	2,79	3,04+ +2,24
Баня с котельной . .	420—20—10	50	16,4	6,68	2,79	3,5
Котельные для отопления вагонов	420—20—6;7	57,8	—	6,68	2,79	3,2

Примечания: 1. Данные по изготовителям см. в примечании к табл. 1.21. 2. Общежития запланированы по старым нормам. По СНиП 1970 г. на одного человека, проживающего в общежитии, полагается 6 $м^2$ жилой площади.

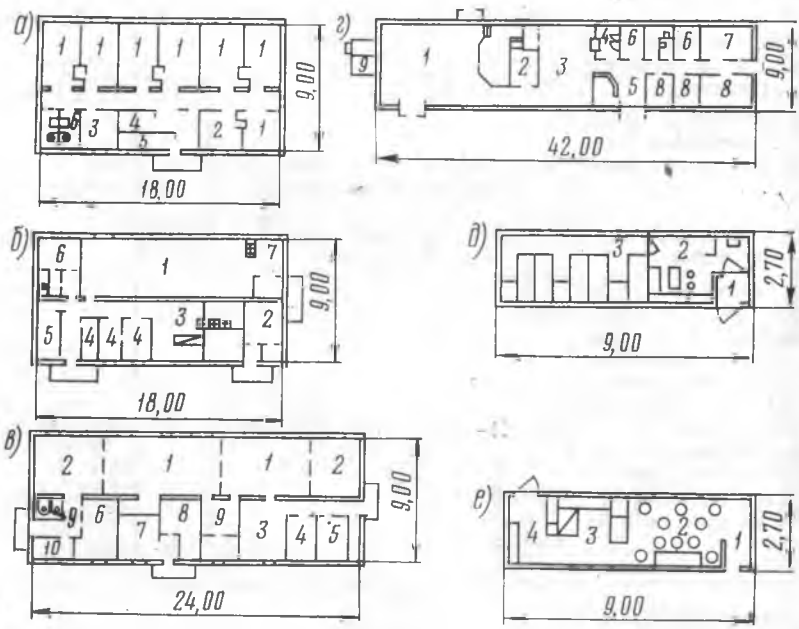


Рис. 1.8. Планировочные решения временных жилых и культурно-бытовых зданий серии 420-11 и контейнерных:

а — общежитие на 20 человек или 7 семей: *1* — жилые комнаты: *2* — комната дневного пребывания; *3* — кухня; *4* — сушильная; *5* — топочная; *6* — санузел; *б* — столовая на 25 мест: *1* — обеденный зал; *2* — буфет; *3* — кухня; *4* — заготовочные; *5* — кладовая; *6* — контора с санузлом; *7* — гардероб посетителей; *в* — детские ясли на 25 мест: *1* — групповые; *2* — веранды; *3* — приемная; *4* — медицинская комната; *5* — кабинет заведующей; *6* — кухня; *7* — топочная; *8* — прачечная; *9* — туалет; *10* — кладовая; *г* — клуб на 150 мест: *1* — зрительный зал; *2* — артистическая; *3* — фойе; *4* — буфет; *5* — вестибюль: *6* — администрация; *7* — библиотека; *8* — клубные комнаты; *9* — киноаппаратная; *д* — общежитие на 5 чел., в контейнере: *1* — тамбур; *2* — общая комната; *3* — спальня; *е* — буфет на 10 мест, в контейнере: *1* — тамбур; *2* — обеденный зал; *3* — кухня; *4* — мойка

§ 3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Организация электроснабжения

Электроснабжение строительства осуществляется обычно от действующих сетей энергетических систем или действующих предприятий с применением инвентарных комплектных передвижных и столбовых трансформаторных подстанций (КТП), а также комплектных распределительных устройств (КРУ).

Временные источники электроснабжения используются или в начальный период строительства, до ввода в эксплуатацию трансформаторных подстанций, или когда условия работ делают постройку их нерентабельной. В качестве временных источников электроснабжения служат передвижные электростанции мощностью до 200 *квт*, плавучие электростанции до 800 *квт* и энергопоезда до 4000 *квт*. Основные данные по передвижным электростанциям приведены в главе XVIII.

Разрешение на получение электроэнергии для строительной площадки дает электроснабжающая организация — Энергосбыт или городская энергосеть на основании заявки, в которой указываются нагрузки по годам строительства, требования по надежности электроснабжения (бесперебойности) и другие данные.

Энергоуправление, рассмотрев заявку, выдает технические условия на присоединение электроустановок стройки, в которых указываются: пункт питания, напряжение и технические мероприятия, подлежащие выполнению строительством для получения электроэнергии от действующих сетей. В эти мероприятия могут входить и работы по реконструкции действующих сетей энергоснабжения в связи с присоединением новой мощности. На основании технических условий составляется проект внешнего электроснабжения строительства, который согласовывается Энергоуправлением.

Учитывая значительный период времени на получение технических условий, составление проектов и их согласование, заявку на присоединение к действующим сетям энергосистемы следует подавать за год до начала строительства.

Определение потребной мощности

Необходимая для строительства электрическая мощность определяется по пиковой нагрузке на каждый месяц. Составляется помесячный график расчетной нагрузки, исходя из чего подбирается соответствующий источник получения энергии. Расчет необходимой электрической мощности ориентировочно может быть определен по табл. 1.27.

Таблица 1.27

Необходимая электрическая мощность на 1 млн. руб. строительно-монтажных работ, *ква*

Годовой объем работ млн. руб.	Виды строительства			
	Гидротехническое	Судоремонтные заводы	Полигоны и заводы железобетонных конструкций	Жилищное строительство
1,0	400	230	370	230
2,0	350	190	240	120
3,0	300	170	170	90
5,0	240	145	130	90
10,0	190	130	125	—

Примечание. Для отдельных местностей применяются коэффициенты: для Кавказа—0,86, Амурской области и Приморского края—1,2, Сибири—1,38.

Более точно расчетную мощность можно определить по установленной мощности электроприемников строительства по формулам:

расчетная активная мощность

$$P = K_c P_y \text{ квт}, \tag{1.6}$$

полная мощность

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} \text{ ква}, \tag{1.7}$$

где P_y — установленная мощность, *квт*;

K_c — коэффициент спроса, учитывающий неполную и неодновременную работу электродвигателей;

$\cos\varphi$ — коэффициент мощности.

Указанные величины для строительных машин определяются по табл. 1.28.

Таблица 1.28

Значения коэффициентов спроса K_c и мощности $\cos\varphi$ для потребителей электроэнергии

Потребители электроэнергии	K_c	$\cos\varphi$
Краны башенные, стреловые, козловые и мостовые	0,2	0,5
Лебедки, подъемники и другие мелкие механизмы и инструмент	0,15	0,5
Вибропогружатели	0,6	0,7
Механизмы непрерывного транспорта	0,6	0,7
Компрессоры, насосы, вентиляторы	0,7	0,8
Сварочные аппараты	0,35	0,6
Бетонные заводы	0,45	0,65
Пилорамы	0,65	0,75
Ремонтно-механические мастерские	0,3	0,65
Освещение	1,0	1,0

Полную расчетную мощность S следует уменьшать за счет несовпадения максимумов нагрузок по отдельным группам потребителей на коэффициент $K_м = 0{,}85$.

Линии электропередач

Высоковольтные линии электропередач напряжением более 1000 *в* сооружаются главным образом для подачи электроэнергии от энергосистемы до трансформаторной подстанции строительства. Величины мощности, передаваемой воздушной ЛЭП, в зависимости от расстояния и напряжения приведены в табл. 1.29

Таблица 1.29

Мощность линий электропередач

Передаваемая мощность, тыс. *квт*	Напряжение, *кв*	Расстояние, *км*	Расстояние между опорами, *м*
1,0	6	4—6	50—80
2,0	6	2—3	
1,0	10	12—18	80—100
3,0	10	4—6	
3,0	35	40—60	130—160
10,0	35	12—18	

Поступающая на строительство электроэнергия распределяется комплектными распределительными устройствами (КРУ) по трансформаторным подстанциям (КТП). Технические данные КРУ и КТП мощностью 360 и 640 *ква* на напряжение 10/0,4 *кв*, а также высоковольтной аппаратуры, различного электрического оборудования и кабелей приведены в «Справочнике механика транспортного строительства» (М., «Транспорт», 1966).

Низковольтные линии электропередач напряжением ниже 1000 *в* выполняются в виде воздушных или кабельных линий. Для проведения воздушных линий используют обычно голые провода, данные по которым приведены в табл. 1.30. Во избежание чрезмерных потерь длина низковольтных линий не превышает 0,5 *км*.

Таблица 1.30

Основные технические характеристики голых проводов

Сечение, *мм*²	Марка	Диаметр, *мм*	Вес 1000 *м*, *кг*	Марка	Диаметр, *мм*	Вес 1000 *м*, *кг*
7,1				ПСО-3	3	56
9,6				ПСО-3,5	3,5	75
12,6				ПСО-4	4	99
19,6				ПСО-5	5	154
16	А-16	5,1	44	—	—	—
25	А-25	6,4	68	ПС-25	5,6	194
35	А-35	7,5	95	ПС-35	7,8	296
50	А-50	9,0	137	ПС-50	9,2	396
70	А-70	10,7	190	ПС-70	11,5	632
95	А-95	12,4	266	ПС-95	12,6	755
120	А-120	14,0	323			
150	А-150	15,8	407			

Примечание. А—алюминиевые многопроволочные;
ПС—стальные многопроволочные;
ПСО—стальные однопроволочные

Для электропроводки в местах работы кранов, а также подводки электроэнергии к строительным машинам и механизмам используются установочные провода и кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией и, как правило, алюминиевыми жилами. Для подключения передвижных механизмов и электроинструмента применяются шланговые кабели и провода, имеющие медные жилы и резиновую изоляцию.

Расчет электросетей на стройплощадках

Сечение проводников определяется по двум признакам:

1) по пропускной способности проводов — допустимому нагреву их током, определяемому по табл. 1.31;

2) по допустимой потере напряжения, принимаемой: для электродвигателей не более 5% и как максимум до 10%, для освещения соответственно 2,5 и 5%, для высоковольтных электрических двигателей напряжением 6—10 *кв* — не более 6%.

Потери напряжения в трехфазной линии при силовой и смешанной нагрузке определяются в зависимости от передаваемой мощности по формуле

$$\Delta V = 1{,}73 I l \zeta, \qquad (1.8)$$

где ΔV — потери напряжения, *в*;

I — сила тока, *а*, определяется по формуле (1.9);

l — длина линии, *км*;

Таблица 1.31

Допустимые длительные токовые нагрузки на провода и кабели, *а*

Сечение, *мм²*	Голые провода воздушных линий		Установочные провода АПР, АПВ, ПРГ, АППВ, АПН			Кабели ВРГ, НРГ трехжильные	Шланговые кабели и провода с медными жилами			
	Марка А, алюминиевые	Марка ПС, стальные	Открытая прокладка		Скрытая прокладка или 3 провода в трубе алюминиевые	Открытая прокладка, медные жилы	КРПТ, ГРШ, ШРПС		КШВГ	ГТШ
			Алюминиевые жилы	Медные жилы			Двухжильные	Трехжильные	Трехжильные 6 *кв*	
2,5			24	30	19	25	33	28		
4			32	41	28	35	43	36		
6			39	50	32	42	55	45		47
10			60	80	47	55	75	60		65
16	105		75	100	60	75	95	80	90	85
25	135	60	105	140	80	95	125	105	120	105
35	170	75	130	170	95	120	150	130	145	130
50	215	90	165	215	130	145	185	160	180	160
70	265	125	210	270	165	180	235	200	220	
95	320	135	255	330	200	220			265	
120	375		295	385	220	260			310	

Примечания: 1. Допустимые нагрузки на провода ПСО-3-23а; ПСО-3,5-26а; ПСО4-30а; ПСО5-35а.

2. При прокладке нескольких кабелей в общей траншее и расстоянии между кабелями 100—200 *мм* токовые нагрузки, указанные в таблице, умножаются: при двух кабелях на 0,9; при трех — на 0,85; при пяти — на 0,78.

$$I = \frac{1000P}{1,73V_н \cos\varphi}, \qquad (1.9)$$

P — передаваемая мощность, *квт*;

$V_н$ — номинальное напряжение, *в*.

Коэффициент ζ определяется по табл. 1.32 в зависимости от марки и сечения проводов, напряжения в линии и коэффициента мощности ($\cos\varphi$).

Таблица 1.32

Величина коэффициента ζ

Марка провода	Линии 380/220 *в*			Линии 6—10 *кв*		
	$\cos\varphi$			$\cos\varphi$		
	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9
А-16	1,64	1,80	1,94	—	—	—
А-25	1,15	1,23	1,30	1,19	1,26	1,32
А-35	0,89	0,94	0,98	0,92	0,97	1,00
А-50	0,68	0,71	0,72	0,72	0,74	0,74
А-70	0,55	0,56	0,55	0,59	0,59	0,57
А-95	0,46	0,46	0,44	0,50	0,49	0,46
А-120	0,40	0,40	0,37	0,44	0,43	0,40
А-150	0,34	0,34	0,31	0,39	0,38	0,34

Пример. На строительстве причала мощность одновременно работающих электроприемников $P=80$ *квт*, расстояние от ТП до потребителей тока 300 *м*.

Определить потерю напряжения при сечении воздушных голых алюминиевых проводов 150 *мм*², напряжении в сети $V_н = 380$ *в* и $\cos \varphi = 0{,}7$.

$$I = \frac{1000 \cdot 80}{1{,}73 \cdot 380 \cdot 0{,}7} = 174 \text{ а}.$$

По табл. 1.32 $\zeta = 0{,}34$, откуда $\Delta V = 1{,}73 \cdot 174 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}34 = 30{,}6$ *в*, или $30{,}6 : 380 \approx 8\%$. По нагреву сечение 150 *мм*² вполне допустимо (см. табл. 1.31).

Определение сечения проводов линии (в *мм*²) с безындуктивной нагрузкой (освещение) производится по формуле

$$q = \frac{Pl}{\Delta V\%} \cdot \frac{10^5 \rho}{V_н^2}, \tag{1.10}$$

где ΔV — допустимая потеря напряжения, %;
ρ — удельное активное сопротивление проводов, для алюминия $\rho = 31{,}5$ *мм*²/*км*.

Определение сечения (в *мм*²) кабельных линий и изолированных электропроводок производится по формуле

$$q = N \frac{Pl}{\Delta V}, \tag{1.11}$$

где N — численный коэффициент, равный при $V = 380$ *в* для изолированных проводов и жил кабелей алюминиевых — 0,022, медных — 0,012;
l — расстояние, *м*.

§ 4. ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Порядок планирования и сроки строительства

Строительные тресты должны получать от министерств годовые планы и планы по труду с поквартальной разбивкой до 1 октября года, предшествующего планируемому. Квартальные планы уточняются за 45 дней до начала квартала.

Тресты в декадный срок после получения годового и квартальных планов с помесячной разбивкой от министерства выдают планы по всем показателям и планы по труду СУ и плавстройотрядам. Поправки в годовые планы разрешается вносить только на основании данных фактического выполнения плана предыдущего года и до 15 февраля планируемого года.

Поправки в квартальные планы могут быть внесены только на основании п. 51 «Положения о социалистическом государственном производственном предприятии». Изменение месячных планов после начала месяца не допускается.

Каждому старшему производителю работ и мастеру по его участку устанавливаются месячные планы — задания по объему строительно-монтажных работ, расходу материалов, производительности труда, выработке на одного рабочего в ценностном выражении и фонду заработной платы всех работников. Эти планы доводятся до исполнителя за 3 дня до начала месяца. Поправки в планы можно вносить в исключительных случаях и только при изменении плана стройорганизации в целом.

При необходимости выполнения работ субподрядными организациями тресты подают заявки на эти работы в министерство. На работы, выполняемые организациями других министерств, заявки подаются до 1 июля, а своего министерства — до 1 августа года, предшествующего планируемому.

Предельные сроки строительства гидротехнических сооружений, а также отдельных объектов, которые приходится выполнять в комплексе портового строительства (СНиП III-А.3—66), приведены в табл. 1.33.

Таблица 1.33

Нормы продолжительности строительства портовых сооружений

Наименование сооружений	Характеристика	Продолжительность строительства в месяцах
Речные порты с комплексом зданий	С причалами длиной 100 *м*, высотой 6—14 *м* из сборных железобетонных конструкций на 2, 4 и 8 причалов соответственно	18, 24, 36
Отдельный речной причал	Длина 100 *м*, высота 6—10 *м* из железобетонных элементов уголкового профиля или таврового шпунта и высотой 10—14 *м* из массивов-гигантов	12
Морские причалы	Длина $L=175$ *м* и $L=200$ *м*, глубина у причала $H=9{,}75$ *м* и $H=11{,}5$ *м* соответственно:	
	1) из обыкновенных массивов	15, 17
	2) из сборных железобетонных элементов уголкового типа	14, 16
	3) больверки из железобетонных оболочек $d=1{,}6$ *м*	11, 14
	4) эстакады железобетонные на призматических сваях	14, 14
	5) то же, на колоннах-оболочках $d=1{,}0 \div 1{,}6$ *м*	15, 16
	6) больверки из железобетонного шпунта $L=175$ *м*, $H=9{,}75$ *м*	11 —
	7) то же, из стального шпунта	8 —
Пирс нефтеналивной	Длина 500 *м*, глубина 13 *м* эстакадного типа на железобетонных колоннах-оболочках	10
Достроечные или судоремонтные набережные	Длина 400, 300 и 200 *м*, глубина у причала соответственно 11; 8 и 6 *м*	29, 20, 17
Наливная камера или док-камера	Двухместная длиной до 200 *м*, глубиной на пороге 7—10,5 *м*	36
	То же, одноместная длиной до 160 *м*, глубиной на пороге 5—5,6 *м*	32
Судоподъемные слипы	Грузоподъемность 3000—5000, 1000 и 600 *т* соответственно	30, 18, 17
Склады морских портов	Одноэтажные площадью 7,5 тыс. $м^2$, объемом 80 тыс. $м^3$	10
	Многоэтажные площадью 17,5 тыс. $м^2$, объемом 180 тыс. $м^3$	20
То же, речные	Одноэтажные крытые, пролет 12—36 *м*	6

Примечания: 1. Продолжительность строительства объектов, отличающихся от приведенных в таблице, определяется по интерполяции или устанавливается проектом организации строительства.

2. Строительство морских причалов предусматривается на защищенных акваториях, высота волны менее 1 *м*.

3. При строительстве в северных районах применяются поправочные коэффициенты, изложенные в Сборнике изменений, поправок и дополнений к I, II и III частям СНиП (по состоянию на 1 июля 1970 г.) М., Стройиздат, 1971.

Графики выполнения строительных работ

Для организации планирования и контроля строительства на каждый объект разрабатывают линейные и сетевые графики. Линейные графики составляют на

несложные объекты при небольшом количестве работ. Форма линейного графика имеет следующий вид:

№ пункта	Состав работы	Единица измерения	Объем работ	Трудоемкость в человеко-днях	Состав звена рабочих	Основные машины	Календарные сроки в днях (сменах)	Примечание

Всего по объекту

При изменении сроков выполнения отдельных работ требуется полная переделка линейного графика, что является основным его недостатком.

Сетевые графики, являясь графической моделью процесса строительства, отражают взаимосвязь между работами, и при изменении сроков отдельных работ не требуется переделка графиков. Они определяют работы, от которых зависит срок окончания объекта, так называемый *критический путь.*

Сетевые графики составляются одноцелевые — на один объект и многоцелевые — на ряд взаимосвязанных друг с другом объектов.

Для управления строительством на основе сетевого планирования создается оперативная группа из инженерно-технических работников. Количественный состав группы определяется числом *событий,* заложенных в сетевых графиках и частотой информации. При двух информациях в месяц и расчете графиков на ЭВМ на одного сотрудника можно полагать 1000 событий. Если график имеет не более 200 событий, то его рассчитывают без применения ЭВМ. В этом случае количество обрабатываемых одним сотрудником событий сокращается в 2—3 раза.

Сетевой график состоит из следующих элементов:

работа — производственный процесс, требует времени и ресурсов и изображается стрелкой с числом, где число означает продолжительность работы;

событие — факт окончания одной и начала другой работы, не требует ни времени, ни ресурсов и изображается числом, обведенным кружком, где число — номер события;

ожидание — процесс требует только времени и изображается так же, как работа;

зависимость — технологическая или организационная связь между работами, не требует ни времени, ни ресурсов, изображается пунктирной стрелкой (фиктивная работа);

поставка — указывает, когда должна быть сделана поставка и какого количества материалов или конструкций, изображается числом, обведенным двойным кружком, где число — объем поставки.

События нумеруются в порядке очередности, начиная с нулевого, время работ в ожидании дается в сутках (сменах, часах), иногда под стрелками работ и ожиданий пишутся их наименования. Непрерывная последовательность работ называется *путем,* длина которого определяется суммой продолжительностей лежащих на нем работ. Работа обозначается (шифруется) номерами двух событий: предшествующего и последующего и записывается в виде «1-2». Путь наибольшей длины называется *критическим,* он определяет полный срок строительства объекта (или его частей).

Сокращение срока строительства может быть достигнуто только за счет сокращения критического пути, т. е. уменьшения сроков работ, лежащих на нем.

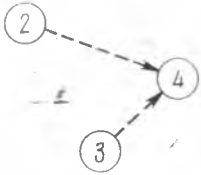
Остальные работы (не лежащие на критическом пути) имеют для выполнения запасы времени, однако если их выполнение будет отставать, они могут оказаться на критическом пути.

Основные правила построения сетевых графиков следующие.

Работы следует изображать преимущественно горизонтальными линиями, график должен иметь простой вид с минимальным количеством пересечений, направление стрелок (работ) — слева направо.

Если начало работы зависит от окончания двух и более работ (напри-

мер, установка анкерных тяг зависит от забивки шпунта и установки анкерных плит), то это изображается так:



Здесь *2* — окончание забивки шпунта I секции, *3* — окончание установки анкерных плит I секции, *4* — начало установки тяг I секции.

На сетевом графике не может быть замкнутых циклов. Контуры свидетельствуют о неправильном построении графика.

Перед разработкой сетевого графика на объекте должна быть подготовлена «Ведомость исходных данных для составления сетевого графика производства работ» по рекомендуемой ниже форме.

Для расчета сетевого графика необходимо определить следующие величины:

раннее начало работы $t^{рн}_{i\text{-}j}$ — определяется как время, необходимое для окончания предшествующих работ до исходного события данной работы и обозначается

$$t^{рн}_{i\text{-}j} = \max t^{ро}_{h\text{-}i} ;$$

раннее окончание работы $t^{ро}_{i\text{-}j}$ — определяется как раннее начало плюс продолжительность работы и обозначается

$$t^{ро}_{i\text{-}j} = t^{рн}_{i\text{-}j} + t_{i\text{-}j} ;$$

позднее окончание работы $t^{по}_{i\text{-}j}$ — является самым поздним окончанием

Ведомость исходных сетевого

Наименование объекта

Наименование организации

№ п/п	Наименование работ	Наименование предшествующей работы и ее порядковый номер в графе 1	Объем работ		Стоимость, руб.	Трудоемкость, чел.-дни	Исполнители		
			Единица измерения	Количество			Наименование строительной организации	Бригада рабочих	Количество рабочих в смену
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

работы, при котором не меняется критический путь; оно определяется как наименьшее время от завершающего события (n) до завершающего события данной работы и обозначается

$$t^{по}_{i-j} = \min t^{пн}_{j-k};$$

позднее начало работы $t^{пн}_{i-j}$ — является самым поздним началом данной работы, при котором не изменяется критический путь и обозначается

$$t^{пн}_{i-j} = t^{по}_{i-j} - t_{i-j}.$$

Поздние начала и окончания всех работ определяются от завершающего события, причем для последнего события (n) $t^{по}_{n} = t^{ро}_{n}$. Для работ, лежащих на критическом пути, соблюдается условие

$$t^{рн}_{i-j} = t^{ро}_{h-i} \text{ и } t^{по}_{i-j} = t^{пн}_{j-k}.$$

Позднее начало работ равно позднему окончанию предшествующей работы:

$$t^{пн}_{i-j} = t^{по}_{h-i}.$$

Общий резерв времени работы R_{i-j} — максимальное время, на которое можно перенести начало работы или ее продолжительность без увеличения продолжительности строительства;

$$R_{i-j} = t^{пн}_{i-j} - t^{рн}_{i-j} \text{ и } R_{i-j} = t^{по}_{i-j} - t^{ро}_{i-j}.$$

Частный резерв времени работы r_{i-j} — максимальное время, на которое можно перенести начало работы или ее продолжительность, не изменяя ранних начал последующих работ;

$$r_{i-j} = t^{рн}_{j-k} - t^{ро}_{i-j}.$$

данных для составления графика

Дата заполнения

Количество смен	Основные машины			Материалы и конструкции				Продолжительность работы, дни	Шифр работы	Примечания
	Наименование	Количество	Сменность	Наименование	Единица измерения	Количество	Поставщик			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Пример. Составить сетевой график строительства небольшого причала из стального шпунта и произвести его расчет. Для сокращения примера не составляем исходных данных, а названия работ, их последовательность и время в днях наносим на сетевой график, который будет иметь вид, изображенный на рис. 1.9.

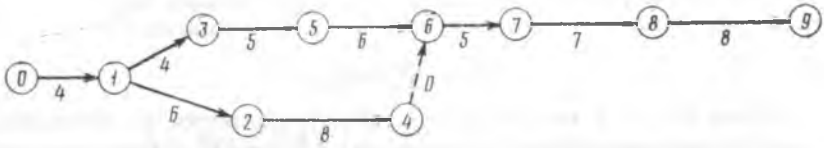


Рис. 1.9. Сетевой график строительства причала:

0-1 — землечерпательные работы; *1-2* — устройство направляющих; *1-3* — устройство оснований под анкерные плиты; *2-4* — погружение шпунта; *3-5* — установка анкерных плит; *5-6* — сооружение подмостей для монтажа анкерных тяг; *4-6* — зависимость между окончанием забивки шпунта и монтажом анкерных тяг; *6-7* — монтаж анкерных тяг; *7-8* — устройство оголовка; *8-9* — отсыпка территории

Расчет графика ведем ручным способом и определяем:
раннее начало работ $t^{рн}$, например, для работы 3-5 оно равно

$$t^{рн}_{3-5} = t_{0-1} + t_{1-3} = 8 \text{ дням;}$$

раннее окончание $t^{ро}$ для той же работы

$$t^{ро}_{3-5} = 8 + t_{3-5} = 13 \text{ дням.}$$

Результаты расчетов заносим в следующую таблицу (в графу I):

Таблица для расчета сетевого графика вручную (в днях)

№ п/п	Шифр работ	Продолжительность работ, дни		Раннее начало $t^{рн}$		Раннее окончание $t^{ро}$		Позднее начало $t^{пн}$		Позднее окончание $t^{по}$		Общий резерв R		Частный резерв r	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	0-1	4	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0
2	1-2	6	0	4	0	10	0	5	0	11	0	1	0	0	0
3	1-3	4	0	4	0	8	0	4	0	8	0	0	0	0	0
4	2-4	8	7	10	0	18	7	11	0	19	7	1	0	0	0
5	3-5	5	0	8	0	13	0	8	0	13	0	0	0	0	0
6	5-6	6	4	13	0	19	4	13	3	19	7	0	3	0	3
7	4-6	0	0	18	7	18	7	19	7	19	7	1	0	1	0
8	6-7	5	5	19	7	24	12	19	7	24	12	0	0	0	0
9	7-8	7	7	24	12	31	19	24	12	31	19	0	0	0	0
10	8-9	8	8	31	19	39	27	31	19	39	27	0	0	0	0

Поздние начала и окончания определяют снизу вверх от завершающего события, для которого $t^{ро}_{п} = t^{по}_{н}$, т. е. для работы $t^{ро}_{8-9} = t^{по}_{8-9} = 39$ дням. Позднее начало $t^{пн}_{8-9} = 39-8=31$ дням. В свою очередь позднее окончание работы $t^{по}_{7-8} = t^{пн}_{8-9} = 31$ дню, а ее позднее начало $t^{пн}_{7-8} = t^{по}_{7-8} - t_{7-8} = 31 - 7 = 24$ дням и т. д.

Все поздние начала и окончания записываем в графу I. Общий и частный резервы определяются по вышеприведенным формулам и заносятся в графу I. Критический путь определяется работами, не имеющими резервов времени (подчеркнуты в таблице).

Через 15 дней получена информация, по которой 0-1, 1-2, 1-3, 3-5 выполнены полностью. Оставшаяся продолжительность работы 5-6 — 4 дня, а работы 2-4 — 7 дней. При новом расчете графика (графа II) продолжительность выполненных работ принимается равной нулю, работ 5-6 и 2-4 соответственно 4 и 7 дней, остальных — без изменения.

Расчет производится по приведенным выше формулам, полученные данные представлены в графе II таблицы.

Работы на критическом пути подчеркнуты в графе II общего резерва времени. Длина критического пути получилась 27 дней, т. е. на 27+15—39=3 дня больше, чем первоначально было установлено. Следовательно, для выполнения графика время работы 2-4 или последующие, лежащие на критическом пути, следует сократить на 3 дня.

Расчет сетевых графиков на ЭВМ изложен в специальной литературе.

§ 5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ И ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Прибывающие на строительство материалы и изделия должны иметь паспорта, сертификаты или другие документы, подтверждающие соответствие их требованиям государственных стандартов или технических условий, а также товарные знаки (заводские марки) на изделиях.

Изделия из бетона или железобетона освидетельствуются с целью обнаружения возможных повреждений при транспортировке и сверяются с заводскими паспортами и рабочими чертежами. На строительстве необходимо иметь альбом рабочих чертежей.

Таблица 1.34

Журналы, которые ведутся при строительстве портовых гидротехнических сооружений

Журналы	Основное содержание
Производство работ (общий)	Ежедневная запись работ и обстоятельств в хронологическом порядке
Бетонные работы	Фиксируются все бетонные работы, выполненные на строительстве, со схемами бетонируемых участков
Погружение свай (шпунта, оболочек)	Фиксируются глубина погружения, отказы, обстоятельства погружения и т. п.
Операции с массивами	Заносятся данные по транспортировке, установке, перекладке массивов
Наблюдения за осадками	Запись наблюдений преимущественно на сооружениях гравитационного типа. Заносятся данные нивелировок, наклонов и других деформаций сооружения в период строительства
Статические испытания свай	Проведение статического испытания, кривая нагрузок, осадок, рекомендации

Получение паспортов, сертификатов и других документов, фиксирующих качество, относится к обязанности отдела снабжения.

Применение в дело материалов и изделий, не имеющих указанных выше документов, запрещается. В отдельных случаях строительные лаборатории могут произвести испытание этих материалов (если имеют соответствующее оборудование) по правилам соответствующих ГОСТов и выдать разрешение на их использование. Строительные лаборатории систематически проверяют и испытывают материалы для бетонных и железобетонных работ, вне зависимости от наличия паспортов, камень и песок для устройства подводных постелей и отсыпок, изготовленные на строительстве и полигонах монолитные и сборные бетонные и железобетонные конструкции.

Испытания производятся в соответствии с требованиями ГОСТов, СНиП, технических условий (указаний) и проектов.

На конструктивные элементы сооружения, закрываемые последующими, возводимыми на них частями сооружения, по мере их готовности составляется акт как на скрытые работы, с обязательным указанием качества выполненных работ. Основная документация, которая ведется на строительстве и предъявляется при сдаче сооружений приемочной комиссии, приведена в табл. 1.34.

§ 6. СДАЧА СООРУЖЕНИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Сдача сооружений в эксплуатацию производится в соответствии с требованиями СНиП III-А.10 — 70. Перед сдачей составляются и комплектуются следующие документы:

1. Список организаций, участвовавших в строительстве с указанием выполненных ими работ, и список ИТР, непосредственно ответственных за каждый вид работ.
2. Рабочие чертежи с нанесением всех отступлений от проекта и ведомости фактически выполненных объемов работ.
3. Акты приемки скрытых работ.
4. Акты разбивки осей сооружения, ведомость реперов и створных знаков.
5. Акты об осадках сооружений в процессе строительства.
6. Заводские паспорта всех конструкций и паспорта на все применяемые материалы.
7. Лабораторные данные по бетону, арматуре и грунтам засыпки с определением фактических величин угла внутреннего трения и объемного веса засыпки.
8. Журналы производства работ, в том числе журналы погружения свай шпунта и оболочек и данные по их испытаниям.
9. Акты испытания всех инженерных сетей (электросети, водопровод, канализация, телефонизация, радиофикация и т. п.).
10. Акты испытания производственного оборудования.
11. Акты испытания противопожарного оборудования и молниезащиты.

Для приемки сооружения в эксплуатацию предварительно заказчик организует рабочую комиссию, которая создается в пятидневный срок после получения письменного извещения генерального подрядчика о готовности объекта к приемке в эксплуатацию. Генеральный подрядчик представляет рабочей комиссии перечисленную выше документацию, которая после окончания работы комиссии передается заказчику по акту.

Приемка в эксплуатацию производится государственными приемочными комиссиями, назначаемыми в порядке, установленном Советом Министров СССР, советами министров союзных республик, министерствами и ведомствами СССР (см. СНиП III—А. 10—70 пп. 5.1—5.3).

Приемка в эксплуатацию жилых домов, а также общественных зданий производится независимо от их сметной стоимости и ведомственной принадлежности государственными приемочными комиссиями, назначаемыми исполкомами городских (районных) Советов депутатов трудящихся.

Приемка в эксплуатацию объектов при наличии недоделок и дефектов не допускается. В исключительных случаях по решению государственной приемочной комиссии объект может быть принят в эксплуатацию при наличии несущественных недоделок, не препятствующих его нормальной эксплуатации.

В этих случаях к акту приемки прилагается ведомость недоделок, их сметная стоимость, сроки устранения и организации, обязанные выполнить недоделки.

Оценка качества построенного сооружения определяется в соответствии с временными указаниями Госстроя СССР СН 378—67 на основе качества отдельных видов работ или оценки конструктивных элементов сооружения рабочей комиссией, которая:

а) проверяет качество работ на основании натурного осмотра и водолазного освидетельствования и предъявленной документации на скрытые работы, соответствие примененных изделий и материалов ГОСТам и техническим условиям;

б) устанавливает перечень наиболее ответственных конструктивных элементов, от которых зависит долговечность и бесперебойная эксплуатация сооружений;

в) дает оценку качества выполненных работ по средневзвешенной оценке всех конструктивных элементов или видов работ, установленных комиссией. Оценка не может быть выше минимальной оценки наиболее ответственного элемента (вида работ).

Качество выполненных работ оценивается следующим образом:

если работа выполнена в соответствии с рабочими чертежами, нормами СНиП и «Техническими указаниями производства и приемки работ по возведению морских и речных портовых сооружений» и отклонения в размерах и качестве максимально допустимые (по этим нормам), оценка считается удовлетворительной (3 балла);

то же, но если отклонения находятся в пределах средних допусков — «хорошо» (4 балла);

то же, но при отклонениях минимально допустимых — «отлично» (5 баллов).

Оценка качества (балл) сооружения определяется по средневзвешенной оценке работ по формуле

$$K = \frac{3M_1 + 4M_2 + 5M_3}{M_1 + M_2 + M_3}, \qquad (1.12)$$

где M_1, M_2, M_3 — количество видов работ или конструктивных элементов, получивших оценки «3», «4», «5».

Пример. При строительстве причала типа больверк из железобетонного таврового шпунта шесть работ или конструктивных элементов выполнено с оценкой «3», три с оценкой «4» и две с оценкой «5».

$$K = \frac{3\cdot 6+4\cdot 3+5\cdot 2}{6+3+2} = 3{,}64, \text{ т. е. «4», или «хорошо».}$$

Если бы оценка была менее «3,5», то балл ставится «3», т. е. «удовлетворительно».

Глава II. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Точность выполнения геодезических работ имеет решающее значение для качественного строительства сооружения в целом. Для обеспечения высокой точности работ требуется хорошая подготовка технического персонала, четкость и аккуратность в их выполнении, полная исправность геодезических инструментов и систематический контроль за производством этих работ.

Точность выполнения работ зависит также от наличия надежной геодезической плановой и высотной основы, выполненной при изыскании.

До начала строительства заказчик передает строительной организации:

1) генеральный разбивочный план для всего комплекса строительства (порта) или отдельного сооружения (причала, мола и т. п.) с нанесенными пунктами плановой и высотной опорной сети — базисными и магистральными осевыми линиями сооружений и реперами. На плане даются координаты начал и концов базисных, магистральных и осевых линий, а также углы направлений осевых линий относительно базисных и магистральных линий и координаты высотных реперов;

2) все знаки, закрепляющие базисные, магистральные, осевые линии и реперы в натуре.

Разбивочный план и знаки закрепления принимаются от заказчика по акту. На осевые знаки и реперы составляется ведомость, примерная форма которой приведена ниже:

№ п/п	№ знака	Место расположения знака (координаты)	Тип знака	Отметка абсолютная или относительная	Примечания

В случае сложных разбивок с большим объемом работ в акте передачи участвует представитель проектной организации.

К обязанностям строительной организации относятся:

1) разбивка и закрепление основных линий возводимого сооружения (кордон, ось свайного ряда), а также в необходимых случаях дополнительное закрепление осевых линий;

2) разбивка и закрепление осевых линий для возведения отдельных элементов сооружения;

3) установка дополнительных реперов;

4) установка мареографов и водомерных реек с привязкой их к реперам и наблюдение за колебанием уровня воды во время строительства;

5) геодезический контроль в процессе строительства;

6) наблюдения за деформациями сооружений в период их возведения;

7) разбивка временных сооружений и дорог;

8) натурные съемки для составления исполнительных чертежей.

При строительстве крупных объектов геодезические и основные разбивочные работы выполняются специальными геодезическими группами, в остальных случаях техниками-геодезистами, прорабами и мастерами.

Базисные магистральные и основные (створные) линии, а также реперы разбивают и закрепляют на берегу в местах, не подверженных оползням, осадкам и смещениям и не застраиваемых зданиями и сооружениями. Основные линии разбивки на берегу закрепляют с каждого конца не менее чем в двух точках, а при закреплении только с одного конца (молы, пирсы) — не менее чем в трех точках. В этом случае в целях уменьшения ошибки при провешивании линии теодолитом длина створа на берегу, между крайними точками закрепления, должна быть возможно большей, не менее половины длины сооружения.

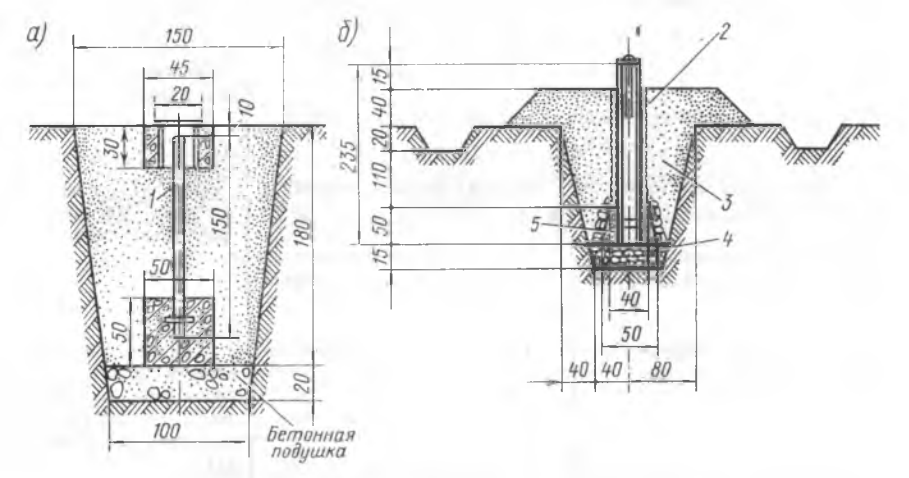


Рис. 2.1. Столбы для закрепления базисных, магистральных и основных линий на местности:

а — закрытый стальной штырь; *б* — открытая стальная труба; *1* — марка со штырем; *2* — металлическая труба; *3* — насыпной грунт; *4* — утрамбованный слой крупной гальки; *5* — бетонная заделка. (Размеры в *см*).

Для закрепления указанных линий разбивки и реперов используются столбы из стальных труб со штырями (рис. 2.1). Осевые знаки могут одновременно быть и реперами.

В качестве основных линий при разбивке следует принимать: для молов, волноломов, бун и пирсов — продольную осевую линию; для голов молов и причалов островного типа — центры голов и их продольные и поперечные оси; для причалов типа набережных — линии кордона.

Вспомогательные разбивочные линии, закрепляемые при постройке различных сооружений, приведены в табл. 2.1.

Линии вспомогательной разбивки закрепляются створными знаками, вехами, столбами, натянутыми проволоками и тросами и т. п.

Временные реперы выносятся рядом с сооружением или на его готовой части так, чтобы контролировать строительные работы с одной установки нивелира. Реперные знаки устанавливают путем заделки в бетон сооружений штырей с округлой головкой (заклепки, болты), уголков и т. п. Рядом с репером несмываемой краской наносится его абсолютная отметка.

Таблица 2.

Линии вспомогательных разбивок причальных и оградительных сооружений

Виды сооружений и работ	Закрепляемая линия	Примечания
Котлованы надводные и подводные	Ось котлована, грани котлована по подошве	При больших котлованах с откосными стенками закрепляются также верхние бровки
Отсыпка каменных постелей	Ось и верхние и нижние бровки	
Установка обыкновенных массивов	Фасадная нижняя (боевая) линия первого курса и фасадная верхняя линия последнего (верхнего) курса	При скошенной передней грани массивов «боевая» линия разбивается с береговой стороны
Установка массивов-гигантов	Верхняя фасадная линия	
Наброска из массивов тетраэдров, глыб и т. п.	Осевая линия, нижняя и верхняя бровки	При установке бордюрных массивов — и фасадные линии
Отдельные опоры и головы оградительных сооружений	Продольные и поперечные оси опор и грани их на уровне подошвы	
Погружение колонн оболочек, свайных кустов и рядов	Продольные и поперечные оси рядов	При погружении кондукторами, фиксирующими поперечные ряды, закрепляются только продольные ряды
Больверки из оболочек, шпунта и сплошные свайные ряды	Продольная ось ряда или параллельная ей линия	
Уголковые стенки при установке под воду	Фасадная линия торца нижней плиты и фасадная линия верха стенки	
Верхние строения причалов всех типов	Оси основных элементов (ригелей, плит и т. п.)	
Устройство подпричального откоса	Нижняя и верхняя бровки, линии изменения уклонов и берм	
Швартовные тумбы	Продольная и поперечная оси тумбы	

§ 2. РАЗБИВКА СООРУЖЕНИЙ НА МЕСТНОСТИ

Наибольшую трудность представляет разбивка молов, волноломов, причалов островного типа, а также сооружений, где приходится переносить и закреплять разбивочные оси и отметки под водой.

Для геодезических работ при постройке мола (рис. 2.2, *а*) от базисной линии I—II путем триангуляции устанавливают и закрепляют дополнительные точки *III, IV, V, VI*. Разбивку точек мола *1—7* ведут методом засечек при по-

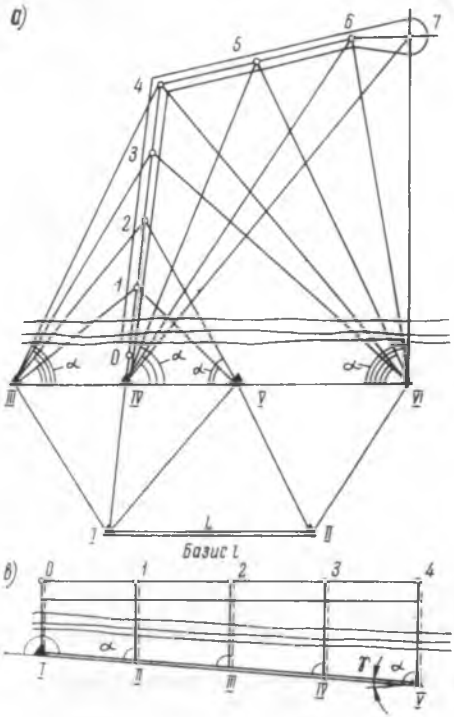


Рис. 2.2. Схемы разбивки:

а — мола; *б* — пирса; *в* — причала вдоль берега. Условные обозначения: ▲ — пункт портовой триангуляции; α — угол засечки; ═══ измеренное расстояние (лентой, дальномером); γ — угол между магистралью и линией кордона; ——— ось мола, пирса, линии кордона

мощи двух теодолитов, устанавливаемых в точках *III, IV, V* и *VI*. При этом углы α следует назначать не менее 30°.

Разбивочные точки *1—7* в начале фиксируют буйками, а по мере возведения мола выше уровня воды закрепляют на нем. Точки следует систематически проверять в процессе постройки и после штормов, поэтому теодолиты устанавливают в специальных будках постоянно на все время строительства.

Аналогично производится разбивка пирсов. Если пирс (причал) строится внутри закрытой акватории, то осевая линия (створ) закрепляется как на берегу, так и на молу (рис. 2.2, *б*).

Разбивка причальных набережных, расположенных вдоль берега, ведется от магистральной линии, разбитой и закрепленной на берегу, с выносом точек причала (кордона) теодолитом с дальномерной насадкой или промером лентой, с устройством промерных мостиков (рис. 2.2, *в*). Основные разбивочные знаки, как принятые от заказчика, так и установленные во время строительства, сохраняют до конца работ и передают заказчику одновременно со сдачей сооружения в эксплуатацию. Разбивочные работы фиксируют в геодезических журналах и оформляют актом, который утверждает главный инженер стройорганизации.

Перенос точек разбивки под воду, например для закрепления «боевой» линии первого курса массивов, выполняется в следующем порядке.

С обоих концов первой секции, но вне ее укладывают на каменную постель так называемые разбивочные массивы, которые несколько выдаются за «боевую» линию в сторону акватории.

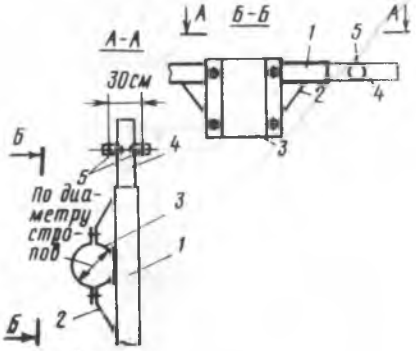


Рис. 2.3. Разбивочная рейка с муфтой:

1 — труба ∅ 50 *мм*; *l* = 1,5 *м*; **2 — упоры**; *3* — разъемная муфта; *4* — выдвижная круглая, трубчатая крестообразная рейка; *5* — визирные штыри

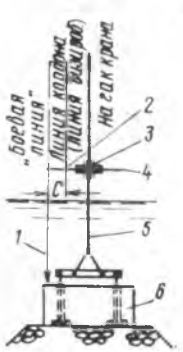


Рис. 2.4. Перенос боевой линии на разбивочный массив:

1 — разбивочный лот; *2* — визирный штырь; *3* — разъемная муфта; *4* — разбивочная рейка; *5* — строп; *6* — разбивочный массив

На стропе крана, с помощью которого укладывают массивы, крепят на расстоянии примерно 1 *м* от уровня воды муфту с горизонтальной трубой, которую устанавливают перпендикулярно линии кордона. В трубу вводят разбивочную крестообразную рейку с визирными штырями, устанавливаемыми по линии кордона теодолитом (рис. 2.3).

С рейки спускают лот (отвес) весом 8—10 *кг*, и водолаз закрепляет точки «боевой» линии на верху обоих разбивочных массивов (рис. 2.4). Через оба массива по закрепленным точкам перебрасывают разбивочный трос с натяжными грузами по концам (30—40 *кг*), по которому устанавливают массивы.

После укладки первого курса массивов первой секции передний (по ходу укладки) разбивочный массив переносят вперед, а задний конец разбивочного троса закрепляют на клине, забитом в вертикальный шов между установленными в проектное положение массивами.

Для обеспечения правильной укладки массивов расстояние между визирным штырем разбивочной рейки и отвесом определяют по формуле

$$c = a \mp ih + 0{,}05 \text{ м}, \qquad (2.1)$$

где a — проектное расстояние от линии кордона до «боевой» линии, *м*;

i — уклон постели, %;

h — высота разбивочного массива, *м*;

0,05 — зазор между разбивочным тросом и гранью массива. Знаки: «минус» — при разбивке «боевой» линии со стороны акватории; «плюс» — то же, со стороны берега.

При разработке подводных траншей и котлованов, отсыпке каменных постелей и молов и т. п., выполняемых земснарядами и шаландами, для правиль-

ной установки судов створы на берегу закрепляют створными знаками или вехами с флажками разного цвета для правой и левой бровки.

§ 3. ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ И ОШИБКИ

Допуски при разбивочных работах не должны превышать величин, указанных в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Допустимые ошибки геодезических измерений

Тип сооружений	Концы разбивочных линий в плане, *мм*	Направление разбивочных линий	Относительная ошибка измерений при длине, *м*				
			200	400	600	800	1000
Причалы	±50	±1′	1:2000	1:4000	1:6000	1:8000	1:10000
Оградительные сооружения . . .	±250	±2′	1:800	1:1600	1:2400	1:3200	1:4000

Точность отметок реперов: основных ± 1 *мм*, дополнительных ± 8 *мм*, вспомогательной разбивки ±10 *мм*.

Абсолютную точность измерений определяют по среднеквадратичной ошибке (СКО), которая вычисляется по формуле

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \qquad (2.2)$$

где $[\Delta^2] = \Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \ldots + \Delta_n^2$;

$\Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_n$ — истинные ошибки, т. е. отклонения от истинного значения величины, полученные непосредственными измерениями;

n — количество измерений.

При помощи формулы (2.2) определяется СКО, когда известна истинная величина, например сумма углов треугольника и т. п.

Если измеряемая величина y является функцией от других измеряемых величин, то СКО ее вычисляется по формулам, приведенным в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Формулы определения среднеквадратичных ошибок

Вид функции	Формула СКО функции	№ формулы	Пояснения
$y = x_1 + x_2 + \ldots + x_n$	$\pm \sqrt{m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2 + \ldots + m_{x_n}^2}$	(2.3)	m_{x_1} СКО величины x_1 и т. д.
$y = x_1 + x_2 + \ldots + x_n$	$\pm m\sqrt{n}$	(2.4)	При $m_{x_1} = m_{x_2} = m_{x_n} = m$
$y = kx$	$\pm k m_x$	(2.5)	k — постоянное число
$y = k_1x_1 + k_2x_2 + \ldots + k_n x_n$	$\pm \sqrt{k_1^2 m_{x_1}^2 + k_2^2 m_{x_2}^2 + \ldots + k_n^2 m_{x_n}^2}$	(2.6)	
$y = x_1 x_2$	$\pm \sqrt{x_1^2 m_{x_1}^2 + x_2^2 m_{x_2}^2}$	(2.7)	

В большинстве случаев *истинное* значение измеряемой величины неизвестно, поэтому неизвестна и *истинная* ошибка. В этом случае СКО определяют по *вероятнейшим* ошибкам. Предварительно определяют так называемую арифметическую середину по формуле

$$S = \frac{l_1 + l_2 + \ldots + l_n}{n}, \tag{2.8}$$

где $l_1, l_2, \ldots, l_n$ — измеренные значения величины S.

Затем определяют вероятнейшие ошибки по формулам:

$$\sigma_1 = S - l_1; \quad \sigma_2 = S - l_2; \quad \sigma_n = S - l_n; \quad [\sigma^2] = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \ldots + \sigma_n^2.$$

СКО одного измерения, выраженная через вероятнейшие ошибки, вычисляется по формуле

$$m_S = \sqrt{\frac{[\sigma^2]}{n-1}}, \tag{2.9}$$

а СКО арифметической середины вычисляется по формуле

$$M_S = \pm \frac{m_S}{\sqrt{n}}. \tag{2.10}$$

Отношение СКО m_S или M_S к измеряемой величине S является относительной ошибкой, характеризующей точность измерения, т. е. $\frac{M_S}{S} = \frac{1}{T}$.

Пример. Определить СКО и точность измерения магистральной линии для разбивки причала.

№ измерений	Результаты измерений, *см*	Вероятнейшие ошибки σ, *см*	σ^2	СКО и точность измерений
l_1	20015	—5	25	$m_S = \pm\sqrt{\frac{298}{4}} = \pm 8{,}63$ *см*
l_2	20012	—2	4	
l_3	20020	—10	100	$M_S = \pm\frac{8{,}63}{\sqrt{5}} = \pm 3{,}86$ *см*
l_4	19998	+12	144	$\frac{1}{T} = \frac{3 \cdot 8}{20010} = \frac{1}{5200}$
l_5	20005	+5	25	
$S = 20010$		$[\sigma^2] = 298$		

Вышеприведенные формулы (2.2) — (2.10) предполагают, что все измерения сделаны с одинаковой точностью (равноточные), т. е. одним инструментом (лентой, теодолитом, нивелиром и т. п.).

При измерениях допустимая ошибка принимается в пределах 3 m (тройной СКО). Измерения, разнящиеся от истинной (или арифметической середины) величины больше чем на 3 m, бракуются.

§ 4. ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ

Данные по линейным измерениям приведены в табл. 2.4.

Точность измерения лентой достигается при одинаковом натяжении ее с поправками на изменения температуры и неровность местности. Измерения следует производить при ветре не более 4 *м/сек*, желательно в пасмурную погоду.

Расстояние L, измеренное лентой, определяется по формуле

$$L = nl + 0{,}0000125\,(t - t_0)\,nl - \frac{\Sigma h^2}{2l} + d, \tag{2.11}$$

где n — число полных лент;
l — длина компарированной ленты;
t — температура при компарировании;
t_0 — то же, при измерении;
h — превышение расстояния между концами ленты (по нивелиру) при каждом промере;
d — длина остатка — неполной ленты в горизонтальном положении.

С особой тщательностью следует выполнять промеры базисных линий. Базисы разбиваются на ровной местности с уклоном не более 1—2°. Концы базиса, с которых производится измерение углов, должны располагаться на твердых, устойчивых грунтах. Длина базиса обычно принимается не менее $^1/_4$ длины сооружения. Относительная ошибка при измерении базиса допускается в два раза меньшая, чем при разбивочных работах (см. табл. 2.2).

Таблица 2.4

Линейные измерения

Инструмент или способ измерения	Расстояние, *км*	Относительная ошибка
Стальная лента	Не ограничено	1:1000—1:2000
То же, компарированная	»	1:5000—1:10 000
Базисные приборы типа БП-1; БП-2; БП-3	—	1:20 000—1:1 000 000
Дальномерные насадки к теодолитам	До 0,6	1:1500—1:5000
Свето и радиодальномеры	0,2—7	1:10 000—1:300 000
С помощью базиса и углов (косвенный способ)	До 1,0	1:2000—1:10 000

Измерение базисов приборами БП-1; БП-2; БП-3 дальномерными насадками и свето- и радиодальномерами производится по специальным инструкциям. Типы дальномеров приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Технические характеристики дальномеров

Наименование и тип	Измеряемое расстояние, *м*	Среднеквадратичная ошибка	Примечания
Дальномерная насадка ДД-3 (СССР)	20—250	1:2000	Применяется к теодолитам типа ТТ5, ОТШ, ТН
То же, «Клин Димесс» 002 (ГДР)	1,8—172	2 *см* на 100 *м*	ТНеО—020
То же, Lotakiel 004 (ГДР)	4—600	4 *см* на 100 *м*	Для тех же типов теодолитов
Светодальномер «Кристалл» (СССР)	1,0—2000 2000—5000	2 *см* 5 *см*	Геодезические и инженерные работы. Измерение свыше 2 *км* производится только ночью
Светодальномер СТ-62 (СССР)	200—5000	2 *см*	Высокоточный дальномер для геодезических и инженерных работ. Вес 70 *кг*
Радиодальномер РДГ (СССР)	200 *м*—30 *км*	$5\ см+3\times10^{-6}L$	Для геодезических работ. Вес 278 *кг*
Электронно-оптический дальномер EOS (ГДР)	200 *м*—7 *км*	$0{,}5\ см+2\times\times10^{-6}L$	Геодезические и инженерные работы. Вес 30 *кг*

Примечание. L—длина измеряемой линии.

При измерении расстояний с помощью базиса и угломерных инструментов рекомендуется так называемый параллактический метод. При этом базис разбивают перпендикулярно измеряемой величине (см. рис. 2.2б). В этом случае расстояние от базиса до конца пирса будет $L=\frac{l}{2}\operatorname{ctg}\beta$.

§ 5. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ

Требуемая точность измерения углов в зависимости от типа и размеров разбиваемых сооружений может быть определена по табл. 2.6.

Для исключения ошибки от эксцентриситета алидады и влияния коллимационной ошибки инструмента горизонтальные углы измеряют при двух положениях вертикального круга — вправо (КП) и влево (КЛ) и принимают среднее значение из них. Если отсчеты при КП и КЛ разнятся больше, чем на двойную точность верньера (—2t), измерение угла повторяется. Для точного измерения углов необходимо выполнять следующие условия:

теодолит над знаком должен центрироваться с точностью 1—2 *мм*;

отвесы следует защищать от ветра экранами;

желательно применение оптических отвесов (без нитки и груза);

визирный луч должен проходить над поверхностью на высоте не менее 1—1,5 *м;*

визировочные вешки должны стоять строго отвесно;

рекомендуется визировать на низ вешки;

заменять вешки стальными стержнями ∅19 *мм,* длиной 1 *м* или марками, укрепленными на теодолитной треноге и центрированными над точкой отвесом (стержни и марки окрашиваются в белый и красный цвета — полосами).

Таблица 2.6

Точность измерения углов

Длина, *м*		Необходимая точность измерения углов, ″	Предельная допустимая невязка, в треугольнике, ″
Причал	Мол		
200	500	30	50
500	1000	20	35
Свыше 500	Свыше 1000	10	18

Типы наиболее применяемых для разбивочных работ теодолитов приведены в табл. 2.7.

Прокладываемые теодолитные ходы могут иметь вид замкнутого полигона или ломаной линии.

Угловая невязка замкнутого полигона вычисляется по формуле

$$f_\beta = [\beta] - 180\,(n-2), \qquad (2.12)$$

где $[\beta]$ — сумма измеренных углов;

n — количество сторон (ходов) полигона.

Предельная допустимая ошибка $\Delta[\beta]$ при измерении углов одним теодолитом с квадратичной ошибкой m (например, Т-10, m-10″) составит $\Delta_{(\beta)}=3m\sqrt{n}$.

Таблица 2.7.

Технические характеристики теодолитов

Тип теодолита	Кратность увеличения трубы	Наименьшее расстояние визирования, *м*	Средняя квадратичная ошибка при измерении углов, ″	Вес инструмента, *кг*	Страна-изготовитель	Основное назначение
Т-2	25	1,5	±2	5,2	СССР	Триангуляция III и IV кл. Точные инженерные работы
Т-5	27	2,0	±5—6	3,6	»	Теодолитные ходы. Точные инженерные работы
ОТШ	27,5	2,0	±5	3,2	»	То же
Т-10	25	—	±10	3,0	»	»
ОТМ-30	18	1,0	±10	3,2	»	Инженерные и маркшейдерские работы
ТТ-5	25	2,0	±15	3,3	»	То же
Т-15	25	—	±10	3,0	»	»
Т-20	25	—	±20	2,7	»	»
ТН	25	2,0	±15	3,0	»	»
ТН-30	25	—	±30	2	»	Инженерные работы
ТОМ	18	2,0	Горизонтальные ±30 Вертикальные ±1	1,9	»	» »
ТНе0-020	25	1,9	±7	4,3	ГДР	Теодолитные ходы. Точные инженерные работы
ТНе0-120	16,2	0,9	±30	2,8	»	Инженерные работы

Примечание. Вес указан без тары и треноги.

Угловая невязка ломаной линии (разомкнутый полигон), проложенной между твердыми геодезическими пунктами, для суммы правых углов

$$f_\beta = [\beta] - [\alpha_{нач} - \alpha_{кон} + 180(n+1)], \qquad (2.13)$$

То же, для левых углов

$$f_\beta = [\beta] - [\alpha_{кон} - \alpha_{нач} + 180(n+1)], \qquad (2.14)$$

где $\alpha_{нач}$ и $\alpha_{кон}$ — дирекционные углы предшествующего (начального) и конечного направлений.

Допустимая предельная ошибка выражается формулой

$$\Delta_{[\beta]} = 3m\sqrt{n+1}. \qquad (2.15)$$

Для увязки углов вводят на каждый угол поправку $V_\beta = \frac{f_\beta}{n}$ для замкнутых и $V_\beta = \frac{f_\beta}{n+1}$ для разомкнутых полигонов. Знак поправки, обратный знаку ошибки.

§ 6. НИВЕЛИРОВАНИЕ

В зависимости от назначения работ геометрическое нивелирование выполняется с различными степенями точности, требования к которым приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Точность нивелирования при производстве геодезических работ

Класс нивелирования	Допускаемая абсолютная ошибка, *мм*	Длина визирования, *м*	Средняя квадратичная ошибка, *мм*		Примерные виды работ
			на 1 *км*	на станции	
I	$3\sqrt{L}$	50	±0,5	±0,15	Нивелирная сеть I класса, установка механизмов (валов, подшипников и т. п.)
II	$5\sqrt{L}$	65	±1,0	±0,3	Нивелирная сеть II класса, выноска основных реперов, наблюдение за осадками
III	$10\sqrt{L}$	75	±4,0	±1,5	Нивелирная сеть III класса, выноска дополнительных реперов, наблюдение за осадками
IV	$20\sqrt{L}$	100	±8,0	±3,0	Нивелирная сеть IV класса, монтаж железобетонных конструкций
Техническое	$30\sqrt{L}$	до 150	±15	±6,0	Земляные работы, берегоукрепление и прочие работы, не требующие большой точности

Примечание. L—периметр замкнутого полигона или длина хода в километрах.

Для нивелирования I и II классов и высокоточного инженерно-технического нивелирования (определение осадок, установка механизмов) применяются цельные трехметровые инварные рейки с ценой деления 0,5 *см*, а для нивелирования III и IV классов — цельные деревянные трехметровые рейки с ценой деления 1 *см*. Для технического нивелирования можно применять складные четырехметровые рейки.

Для обеспечения точности нивелирования необходимо:

применять инструмент в соответствии с требуемой точностью работ (см. табл. 2.9);

Таблица 2.9

Технические характеристики нивелиров

Тип инструмента	Кратность увеличения трубы	Наименьшее расстояние до рейки, *м*	Точность нивелирования, *мм/км*	Вес инструмента, *кг*	Страна-изготовитель	Основное назначение
НА-1	41,8	2,0	±1,0	5,8	СССР	Нивелирование I и II класса и высокоточное
НБ-2	49	4,2	—	6,0	»	Инженерное нивелирование
НЛ-3	31	2,0	±5,0	2,2	»	То же
НГ	31	3,0	—	2,25	»	»
НВ-1	31	3,0	±3,0	1,8	»	Нивелирование III и IV классов и инженерные
Ni 025	20	1,5	±2,5	1,7	ГДР	То же
Ni 030	25	1,8	±3,0	1,9	»	»
Ni B	31	2,5	—	2,7	»	»
Ni 060	19	1,5	10	0,9	»	Инженерное нивелирование

производить нивелирование из середины при расстоянии от инструмента до реек в соответствии с требованиями табл. 2.8. В зависимости от класса нивелирования отклонения в установке нивелира от середины допускаются в пределах 1—5 *м;*

обеспечить абсолютную неизменяемость рейки по высоте (твердость точек) при взгляде «вперед» и «назад»;

устанавливать высоту визирного луча над поверхностью не менее 0,5 *м*;

производить нивелирование в тихую пасмурную погоду.

Рекомендуемые типы нивелиров приведены в табл. 2.9.

Тригонометрическое нивелирование применяется при тахеометрической съемке и производится теодолитами-тахометрами типа ТТ-5, ОТМ-30, ТОМ и др.

Превышение h вычисляется по формуле

$$h = L \operatorname{tg} \alpha + i - V + f, \tag{2.16}$$

где L — горизонтальное расстояние до рейки;

α — вертикальный угол;

i — высота от точки до оси инструмента;

V — отсчет по рейке (средняя нить);

f — поправка на кривизну земли и дифракцию, определяемая по таблицам.

При $L<300$ *м* величина $f<1$ *см*, и ею можно пренебречь.

Если отсчет по рейке V взять одинаковым с высотой инструмента над точкой i, то формула (2.16) упрощается:

$$h = L \operatorname{tg} \alpha. \tag{2.17}$$

При определении горизонтального расстояния L по дальномеру теодолита и при $V=i$

$$h = \frac{1}{2}(Kl + c) \sin 2\alpha, \tag{2.18}$$

где K — коэффициент дальномера (обычно 100);

l — разница в отсчете по рейке между крайними нитями сетки, *м*;

c — расстояние между осью вращения инструмента и фокусом зрительной трубы, *м*; так как $c=0,1 \div 0,3$ *м*, то при измерении расстояния более 100 *м* ею можно пренебречь.

Подсчеты можно производить с помощью «тахеометрических таблиц» (М., «Недра», 1967).

СКО m_h при определении отметок тригонометрическим нивелированием вычисляется по формуле

$$m_h = \frac{L m_v}{\rho''}, \tag{2.19}$$

где L — расстояние до рейки, *м*;

m_v — СКО вертикального угла, *сек*;

ρ'' — число секунд в радиане — 206 265.

Практически СКО составляет порядка 1—2 *см* на 100 *м* расстояния L.

Глава III. ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННЫМ СПОСОБОМ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Гидромеханизация является одним из передовых методов механизации трудоемких земляных работ, при котором разработка, транспортирование и укладка грунта представляют непрерывный технологический процесс. Гидромеханизация применяется при разработке карьеров, выемок, котлованов, каналов и акваторий, для намыва территорий за причальными стенками, насыпей, регуляционных сооружений, плотин и т. п. Возможность и целесообразность выполнения земляных работ средствами гидромеханизации определяются следующими условиями:

а) наличием грунтов, годных для возведения земляных сооружений и поддающихся разработке, транспортированию и укладке средствами гидромеханизации;

б) наличием источника воды с дебетом, достаточным для обеспечения потребности машин и установок гидромеханизации;

в) местными условиями — наличием энергии, целесообразной дальности транспортирования пульпы и воды, сосредоточенностью объемов земляных работ, соотношением вскрыши и полезной толщи и др.

При проектировании и нормировании производства земляных работ руководствуются классификацией грунтов при разработке их гидромониторами и плавучими землесосными снарядами (табл. 3.1 и 3.2).

§ 2. РАЗРАБОТКА И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ГРУНТА

Разработке грунта должны предшествовать следующие подготовительные и вспомогательные работы:

топографическая съемка местности и разбивка основных линий сооружения;

вырубка леса, кустарника и корчевка пней;

ограждение территории проектируемых выемок с надводными забоями знаками и предупреждающими надписями, а акватории проектируемых подводных отвалов грунта — обстановочными знаками;

прокладка трубопроводов, устройство линий энергоснабжения и связи, строительство сооружений для водоснабжения и сбросных систем;

вскрыша (при разработке карьеров).

При приемке оснований под сооружение объем и качество выполненных работ фиксируется актом.

Таблица 3.1

Распределение грунтов по группам при разработке их гидромониторами

Группа грунтов	Наименование грунтов	Гранулометрическая характеристика грунтов (размер частиц, мм, и количество их по весу, %)						
		глинистых менее 0,005	пылеватых 0,005—0,05	песчаных			гравийных 2,0—40	галечных 40—60
				мелких 0,05—0,25	средних 0,25—0,5	крупных 0,5—2		
I	Грунты предварительно разрыхленные неслежавшиеся	До 40	Не регламентируется			До 50	—	—
II	Пески мелкозернистые	До 3	До 15	Более 50	До 50		До 1	—
	Пески пылеватые		Не регламентируется					—
	Супеси легкие	3—6						—
	Лесс рыхлый	До 8	До 70	Не регламентируется				—
	Торф разложившийся	Не регламентируется					—	—
III	Пески среднезернистые	До 3	Не регламентируется		Более 50	До 50	До 5	До 1
	Пески разнозернистые		15—50	До 50	До 50			
	Супеси средние	8—10	Не регламентируется					
	Суглинки легкие	До 15						
	Лесс плотный	До 15	До 70	Не регламентируется				

Продолжение табл. 3.1

Группа грунтов	Наименование грунтов	Гранулометрическая характеристика грунтов (размер частиц, *мм*, и количество их по весу, %)						
		глинистых менее 0,005	пылеватых 0,005—0,05	песчаных			гравийных 2,0—40	галечных 40—60
				мелких 0,05—0,25	средних 0,25—0,5	крупных 0,5—2		
IV	Пески крупнозернистые	До 3	Не регламентируется			Более 50	5—15	
	Супеси тяжелые	6—10						
	Суглинки средние и тяжелые	15—30	Не регламентируется				До 10	До 1
	Глины тощие	До 40						
V	Песчано-гравийные грунты	До 5					До 25	
	Глины полужирные	40—50					До 15	
VI	Песчано-гравийные грунты	До 5					До 40	
	Глины полужирные	50—60					До 15	

Примечания: 1. К группе I относятся предварительно разрыхленные грунты, предусмотренные настоящей таблицей, кроме грунтов с содержанием гравия более 1% и полужирных глин. Грунты с содержанием гравия и гальки более 1% и полужирные глины, предварительно разрыхленные, относятся к ближайшей низшей по трудности разработки группе; например, предварительно разрыхленные грунты V группы относятся к IV группе.

2. При разработке карьера группа грунта определяется по среднему гранулометрическому составу всего карьера. При разработке грунтов в полезных выемках (каналы, котлованы и т. п.), имеющих участки с разными грунтами, группы грунтов следует назначать для каждого участка отдельно. Наличие глинистых прослоек при определении среднего гранулометрического состава (в карьерах и полезных выемках) не учитывается.

3. В случаях, когда проектом предусмотрена послойная (уступами) разработка, группа грунтов устанавливается для каждого слоя однородного грунта отдельно.

4. При разработке грунтов II—III групп в ранее намытых резервах или сооружениях группу грунтов следует относить к ближайшей низшей. При разработке ранее намытых грунтов I группы проектную производительность следует увеличивать на 10%.

5. При разработке грунтов в забоях, засоренных пнями, корнями деревьев, топляками, болотной и водной растительностью, а также валунами и камнями, производительность следует уменьшать на 5—10%.

Таблица 3.2

Распределение грунтов по группам при разработке их плавучими землесосными снарядами

Группа грунтов	Расход воды, $м^3$, на разработку и транспортировку 1 $м^3$ грунта	Наименование грунтов	Гранулометрическая характеристика грунтов (размер частиц, *мм*, и количество их по весу, %)					гравийно-галечных фракций в зависимости от производительности землесосных снарядов (по пульпе), $м^3/ч$								
			глинистых менее 0,005	пылеватых 0,005—0,05	песчаных: мелких 0,05—0,25	песчаных: средних 0,25—0,5	песчаных: крупных 0,5—2,0	до 1000			до 2000			более 2000		
								2—20	2—40	2—60	2—20	2—60	2—80	2—20	2—60	2—120
I	7	Пески мелкозернистые	—	—	Более 50	До 50	До 15	3	2	1	4	2	1	5	3	1
		Пески среднезернистые	—	До 15	До 50	Более 50										
		Разнозернистые	До 3	—	—	До 50										
		Пески пылеватые	—	До 20	Не регламентируется											
		Илы текучие	—	Не регламентируется												
II	9	Пески разнозернистые, крупнозернистые и гравелистые	До 3	До 15	До 50	До 50	Более 15	6	5	3	8	6	3	10	7	5
		Пески пылеватые	—	20—50	Не регламентируется											
		Супеси легкие	3—6	До 50												

Продолжение табл. 3.2

Группа грунтов	Расход воды, $м^3$, на разработку и транспортировку 1 $м^3$ грунта	Наименование грунтов	Гранулометрическая характеристика грунтов (размер частиц, *мм*, и количество их по весу, %)													
			глинистых менее 0,005	пылеватых 0,005—0,05	песчаных			гравийно-галечных фракций в зависимости от производительности землесосных снарядов (по пульпе), $м^3/ч$								
					мелких 0,05—0,25	средних 0,25—0,5	крупных 0,5—2,0	до 1000			до 2000			более 2000		
								2—20	2—40	2—60	2—20	2—60	2—80	2—20	2—60	2—120
III	11	Пески разнозернистые	До 3	Не регламентируется				12	10	8	12	11	10	15	12	10
		Супеси тяжелые	6—10	До 50	Не регламентируется			8	6	5	10	8	6	12	10	8
IV	14	Песчано-гравийные грунты	До 3	Не регламентируется				25	22	20	30	25	20	30	27	25
		Суглинки легкие	10—19					12	8	6	14	10	8	15	12	10
V	18	Песчано-гравийные грунты	До 5	То же				35	30	25	35	30	25	40	35	30
		Суглинки средние	15—20													
VI	22	Песчано-гравийные грунты	До 5	»				45	40	35	45	40	35	50	45	40
		Суглинки тяжелые	20—30					15	12	10	15	12	10	20	15	10
		Глины тощие	До 40													

Примечание. Песчаные грунты I, II и III групп с прослойками связных грунтов толщиной 0,2—0,6 *м* (не более одной прослойки на каждые 2 *м* высоты забоя) относятся соответственно ко II, III и IV группам. При этом отнесение грунтов к более высоким группам распространяется только на площадь карьера или выемки, занятую этими прослойками.

Разработка грунта осуществляется насосными установками с гидромониторами и плавучими землесосными снарядами, основные характеристики которых приведены в табл. 3.3, 3.4 и 3.5.

Разработка грунта гидромониторами

При разработке грунта гидромониторами применяются следующие способы производства работ:

а) с самотечным транспортированием пульпы, при котором грунт к месту укладки перемещается самотеком. Этот способ следует применять при наличии уклона подошвы забоя, позволяющего создать требуемую скорость потока для транспорта грунта к месту укладки (рис. 3.1). Наименьшие допустимые уклоны, высота разрабатываемого забоя и удельные расходы воды приведены в табл. 3.6;

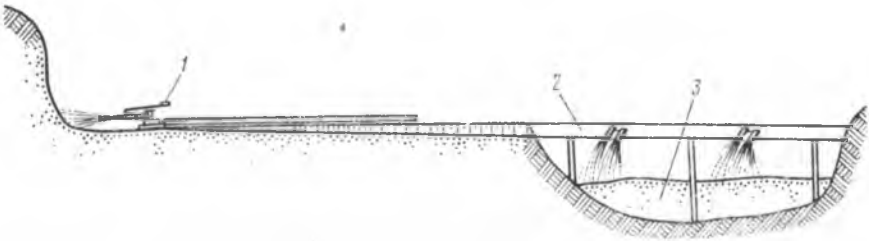


Рис. 3.1. Гидромониторный способ с самотечным транспортом пульпы:
1 — гидромонитор; *2* — лоток; *3* — намываемая насыпь

б) с принудительным перемещением пульпы, при котором транспортирование грунта производится землесосом под напором (рис. 3.2).

Грунт разрабатывается гидромониторами в карьерах и выемках встречным или попутным забоем. При размыве встречным забоем (рис. 3.3, *а*) гидромонитор устанавливают на нижней площадке уступа, струю воды направляют почти

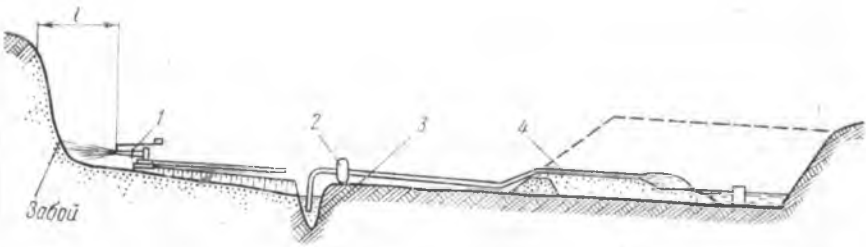


Рис. 3.2. Гидромониторный способ с принудительным транспортом пульпы:
1 — гидромонитор; *2* — землесосная установка; *3* — зумпф; *4* — намываемая насыпь

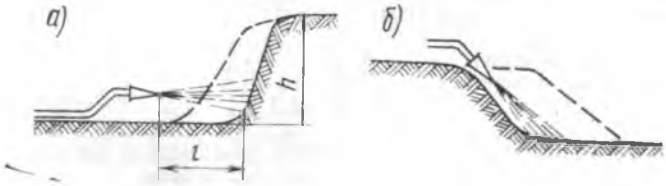


Рис. 3.3. Схема разработки выемок (карьеров) гидромониторами:
а — встречным забоем; *б* — попутным забоем

Показатель	Типы насосных станций				
	6К-8	5НДВ	6НДВ	8НДВ	12НДС
Производительность станции, $м^3/ч$	110	250	432	540	1100
Осадка, *м*	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6
Общая мощность электродвигателей, *квт*	28	40	80	156,7	252,3
Габаритные размеры станции, *м*					
длина	5,0	5,0	5,5	6,0	6,9
ширина	4,6	4,5	5,0	5,6	3,2
высота (от горизонта воды)	3,0	3,0	3,7	3,8	3,0
Вес станции, *т*	7,5	7,7	7,5	11,3	11,1
Корпус:					
понтон	Неразборный	Неразборный	На поплавках	Разборный	Сварной неразборный
длина, *м*	4,2	4,2	5,48	6,0	6,0
ширина, *м*	3,0	3,0	4,99	4,2	3,2
Высота борта, *м*	1,2	1,2	0,79	1,2	0,9
Вес, *т*	4,8	4,65	1,5	5,15	2,3
Насос:					
количество, шт.	1	1	2	1	1
напор, *м вод. ст*	36,5	31	42	74	60
вес, *т*	0,166	0,27	0,3	0,95	1,18
Электродвигатель насоса:					
марка	АО-73-4	АО-82-4	АО-82-4	А-102-4	А-113-4м
мощность, *квт*	28	40	40	155	250
скорость вращения, *об/мин*	1450	1470	1470	1470	1480
напряжение, *в*	220/380	220/380	220/380	220/380	6000
Диаметр трубопровода, *мм*:					
всасывающего	200	200	200	300	400
напорного	150	150	200	250	300
Вес наиболее тяжелой транспортабельной части станции (корпуса), *т*	4,8	4,7	1,2	2,3	2,3
Заливочный насос, марка	Заливка насоса производится от вспомогательного бачка			КВН-4	КВН-4

Таблица 33.

насосных станций

(насосов)

12Д-19	3В-200×2	14НДС	18НДС	20Д-6	22НДС
1240—1860	750—1350	3240	2600	1450—2300	3600
0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5
167	475	807,6	645,7	797	1216,7
—	13,0	14,0	10,6	—	23,4
—	9,2	8,8	6,5	—	8,9
5,9	4,0	4,6	4,4	4,8	4,5
18,4	26,6	32,0	30,7	24,7	80
На поплавках	На поплавках	Разборный	Разборный	На поплавках	Понтон бустера землесосной станции 300—40
9,55	13,0	14,0	10,6	9,55	19,5
6,8	9,2	8,8	6,51	6,8	8,85
1,1	1,25	1,35	1,2	1,1	1,41
6,22	5,92	17,27	10,5	6,75	22,34
2	3	2	1	1	2
24—17,8	92,5—64	68	60	107,5—89	52
0,542	1,5	1,8	3,4	2,15	5,75
А-91-4	ДАМ-6-1 16-4	АК-121-4м	АЗ-13-37-6	ДАМСО-1512-6	ДАМСО-1512-8
75	155	400	630	780	570
1460	1470	1480	685	985	740
380	380	6000	6000	6000	6000
300	250	450	500	350	700
300	200	400	400	350	500
2,1	1,6	2,3	5,3	2,3	5,8
ЗКМ-6	ЗК-6а	КВН-8	ЗК-6	ЗКМ-6	4НДВ

Показатель	Типы землесосных						
	Дизельные	Электри					
	8НЗДМ-3а	8НЗ-Гр-6	8ПЗУ-3М	ЗРС-1	ЗРС-2	ЗГМ-1-350А	12А-4
Условная производительность по грунту, $м^3/ч$ . .	80	67	67	67	103	178	205
Марка землесоса	8НЗУ	8НЗМ с трехлопастным колесом	8НЗМ	8НЗМ	12ГР-8Т	ЗГМ-1-350А	12НЗУ
Производительность землесоса по воде, $м^3/ч$ . . .	850	720	720	720	1100	1900	2200
Напор, *м вод. ст*	28	26	26	26	44	44	54
Скорость вращения рабочего колеса, *об/мин* . . .	750	730	750	730	740	590	600
Установленная мощность, *квт* .	110	110	110	110	220	610	650
Габаритные размеры корпуса земснаряда, *м*							
длина	16,2	18	15	13	13	19,8	19,3
ширина . . .	9,1	6,7	4,5	3,2	3,2	8,8	9,1
высота борта .	1,2	1,6	1,0	1,1	1,1	1,6	1,2
Вес землесосного снаряда без плавучего пульповода, *т*	64,1	60,9	30	37	37,5	109	87

перпендикулярно к забою, производят подрезку уступа, а обрушенный грунт смывают в зумпф. При попутном способе (рис. 3,3,*б*) гидромонитор устанавливают на верхней площадке уступа, грунт обрушают путем размыва сверху вниз и затем смывают в зумпф.

Для безопасного ведения работ расстояние *l* гидромониторов от бровки разрабатываемого уступа по горизонтали при встречной разработке забоя принимается: для песка, суглинков и глин — 1,0 *h*; для лессовидных грунтов — 1,2 *h*, где *h* — высота уступа. Максимальная высота уступа не должна превышать 20 *м*

При разработке грунтов, трудно поддающихся размыву, рекомендуется предварительно разрыхлять их взрывами.

Уклоны пульпоприемных канав в зависимости от грунтов и водопроизводительности гидромониторов приведены в табл. 3.7.

Разработка грунта плавучими землесосными снарядами

Землесосные снаряды применяются для подводной разработки грунтов и транспортирования их к сооружениям или в отвал.

При разработке землесосными снарядами подводная часть забоя должна

Таблица 3.4

землесосных снарядов

снарядов									
ческие									
12А-5	12Р-7	100-40К	200-60КС	300-40	350-50Л	350-50Т	500-60	1000-80	ТЗР-25А
140 ЗГМ-1М	150 12Р-7	178 ЗГМ-2М	205 16Гру-8Т	375 20Р-11	375 20Р-11	375 20Р-11	525 500-60	940 1000-80	220 120МЛ-325-24
1500 37	1600 58	1900 43	2200 58	4000 50	4000 50	4000 50	5600 60	10000 80	2200 14
750	580	730	585	490	490	490	500	297	222
425	480	490	880	1225	1450	2300	2970	5130	500
19,3 9,1 1,2	19,8 8,6 1,6	22,2 8,1 1,6	26,5 8,1 1,6	30 9,5 2,0	31 9,5 2,0	38 10,4 2,7	37 10 2,3	45 12,2 2,85	26,8 9,3 1,8
82	109,4	112	158,2	212	230	470	400	650	167,7

соответствовать данным табл. 3.8. Грунт в зависимости от его свойств разрабатывается либо с механическим рыхлением, либо путем свободного всасывания. В случае особо плотных и связных илов и суглинков следует применять черпаковые снаряды.

Несвязные грунты (пески, легкие супеси) разрабатываются на всю высоту забоя методом обрушения грунта под действием собственного веса, связные грунты (тяжелые супеси и суглинки) — послойно землесосными снарядами с механическими рыхлителями.

Разработка профильных и непрофильных выемок

Профильными являются такие выемки, для которых проектом заданы: расположение, размеры в плане и отметки дна (каналы: судоходные, отводящие, технического водоснабжения и др; котлованы под гидротехнические сооружения и т. п.). К непрофильным выемкам относятся карьеры грунта, нерудных материалов и вскрыша, если нет ограничений по контурам и заданной глубине разработки.

Подводные откосы выемок, разработанных плавучими землесосными снарядами, образуются в результате естественного уположения (оползания) краев прорези от первоначального вертикального положения до крутизны естественного

Таблица 3.5

Основные характеристики гидромониторов

№ п/п	Показатель	Типы гидромониторов					
		ГМН-250С	ГДУ-250	ГМДУЭГ-250	ГУЦ-4	ГУЦ-6	ГМСД-300
1	Диаметр входного отверстия, *мм*	250	250	250	250	250	300
2	Расход воды, $м^3/ч$	380—1530	300—1600	520—2340	200—2000	250—800	До 2920 при насадке диаметром 140 *мм* и напоре 16 *ат*
3	Допустимый напор, *ати*	15	10	16	12	16	16
4	Угол поворота ствола в горизонтальной плоскости, °	360	90	360	360	360	360
5	Угол поворота ствола в вертикальной плоскости, °:						
	вверх	27	32	30	30	35	35
	вниз	27	18	30	31	30	12
6	Диаметр сменных насадок, *мм*	50, 70, 90 100	51; 63,5; 76,5; 89	75, 90, 100 110, 125	51, 63, 76 89, 100	51, 63, 76 89, 100	100, 115, 125, 140
7	Габаритные размеры, *мм*:						
	длина	3200	4175	4480	2800	3460	7000
	ширина	570	1500	1250	1750	1875	2105
	высота	1460	1100	1600	1350	1400	2200
8	Управление	Ручное	Электрогидравлическое	Дистанционно-гидравлическое	Дистанционно-гидравлическое	Дистанционно-гидравлическое	Дистанционно-гидравлическое
9	Вес, *кг*	187	930	1080	880	658	7650

Таблица 3.6

Основные данные по расходу и напору воды, а также уклонам при разработке грунтов гидромониторами

Группа грунта	Грунт	Высота забоя, м: 3—5			3—15			более 15		
		Удельный расход воды, $м^3$, на разработку и транспортирование 1 $м^3$ грунта	Напор, м вод. ст	Наименьший допустимый уклон подошвы забоя, %	Удельный расход воды, $м^3$ на разработку и транспортирование 1 $м^3$ грунта	Напор, м вод. ст	Наименьший допустимый уклон подошвы забоя, %	Удельный расход воды, $м^3$, на разработку и транспортирование 1 $м^3$ грунта	Напор, м вод. ст	Наименьший допустимый уклон подошвы забоя, %
I	Грунт, предварительно разрыхленный, неслежавшийся	5	30	2,5	4,5	40	3,5	3,5	50	4,5
II	Песок мелкозернистый	6	30	2,5	5,4	40	3,5	4	50	4,5
	Песок пылеватый		30	2,5		40	3,5		50	4,5
	Супесь легкая		30	1,5		40	2,5		50	3,0
	Лёсс рыхлый		40	2,0		50	3,0		60	4,0
	Торф разложившийся		40	1,5		50	2,5		60	2,5
III	Песок среднезернистый	7	30	3,0	6,3	40	4,0	5	50	5,0
	Песок разнозернистый		30	3,0		40	4,0		50	5,0
	Супесь средняя		40	1,5		50	2,5		60	3,0
	Суглинок легкий		50	1,5		60	2,5		70	3,0
	Лёсс плотный		60	2,0		70	3,0		80	4,0
IV	Песок крупнозернистый	9	30	4,0	8,1	40	5,0	7	50	6,0
	Супесь тяжелая		50	1,5		60	2,5		70	3,0
	Суглинок средний и тяжелый		70	1,5		80	2,5		90	3,0
	Глина текучая тощая		70	1,5		80	2,5		90	3,0
V	Песчано-гравийный грунт	12	40	5,0	10,8	50	6,0	9	60	7,0
	Глина полужирная		80	2,0		100	3,0		120	4,0
VI	Песчано-гравийный грунт	14	50	5,0	12,6	60	6,0	10	70	7,0
	Глина полужирная		100	2,5		120	3,5		140	4,5

Таблица 3.7

Наименьшие уклоны пульпоприемных канав h/l

Грунт	Водопроизводительность гидромониторов, *л/сек*		
	100	200	300
Песок мелкозернистый	—	0,048	0,035
Суглинок легкий	0,036	0,030	0,022
Глина песчаная	0,038	0,033	0,026
Глина полужирная	0,033	0,028	0,022

Таблица 3.8

Глубина разработки грунта землесосными снарядами

Типы земснарядов	Минимальная ширина намываемого сооружения, *м*	Минимальная глубина разработки ниже уровня воды, *м*	Наибольшая глубина разработки, *м*	
			с механическим рыхлителем	со свободным всасыванием
1000-80	60	6	11	12—25
500-60	40	5	11	12—25
300-40	30	3,5	7	12—20
12НЗУ	20	2,5	7	12—20
ЗГМ-1М	10	1,8	6	10—15
8НЗУ	10	1,5	6	10—15

Примечание. При опускании всаса на глубину менее указанной в таблице возможен срыв вакуума.

Таблица 3.9

Крутизна откосов в несвязных грунтах

Грунт	Крутизна откосов	
	в стоячей воде	в текущей воде
Песчано-гравелистый	1:1,5—1:2,0	1:2—1:2,5
Мелко- и среднезернистый песок	1:3—1:3,5	1:4—1:6
Тонкозернистый песок	1:5—1:6	1:5—1:6

Таблица 3.10

Допуски при разработке грунтов плавучими земснарядами

Типы земснарядов	Допускаемый перебор по глубине, *м*
1000-80	0,90
500-60	0,60
300-40	0,50
12НЗУ	0,25
ЗГМ-1М	0,20

Примечание. При наличии в грунте крупных включений допускаемые переборы по глубине увеличиваются: при размере валунов до 60 *см* — на 0,2 *м* до 80 *см* — на 0,4 *м*.

откоса, характерного для каждого грунта. Ориентировочную крутизну подводных откосов в несвязных грунтах можно принимать по табл. 3.9.

При разработке профильных выемок, подлежащих креплению, перебор грунта по откосам не допускается. Недобор может быть в пределах от + 0,7 до +0,3 *м*.

При разработке профильных выемок, не подлежащих креплению, допускается перебор грунта по глубине и ширине. Величины переборов по глубине приведены в табл. 3.10.

Переборы по ширине в каждую сторону за линию границ выемки допускаются: при ремонтных работах—до 2,0 *м*, при капитальном строительстве—до 3,0 *м*.

Гидравлическое транспортирование грунта

Гидравлическое транспортирование грунта осуществляется по пульпопроводу, диаметр которого устанавливается в зависимости от расхода и требующейся скорости транспортирования грунта.

Ориентировочные значения средней скорости движения пульпы следует принимать по табл. 3.11. Расчет потерь напора производится по формуле

$$i = i_0 \gamma_{см} \text{ м вод. ст}, \qquad (3.1)$$

где i_0 — удельные потери напора (на 1 *м* трубопровода) при движении чистой воды, приведенные в табл. 3.12;

$\gamma_{см}$ — удельный вес гидросмеси, *г/см*³; определяется в производственных условиях.

Таблица 3.11

Средняя скорость движения пульпы $V_{ср}$, *м/сек*

Диаметр пульпопровода	Глина и суглинок, не дающие при разработке комков диаметром частиц 0,005—0,05 *мм*	Супесь и песок мелкий и средний диаметром частиц 0,05—1,0 *мм*	Песок крупный с небольшим количеством гравия диаметром частиц 1,0—5,0 *мм*	Песок крупный с большим количеством гравия диаметром частиц 5,0—20,0 *мм*
200	1,4	1,7	2,1	2,4
250	1,6	2,0	2,4	2,7
300	1,8	2,1	2,6	3,0
350	2,0	2,2	2,8	3,0
400	2,1	2,4	3,0	3,5
450	2,2	2,6	3,2	3,7
500	2,3	2,7	3,3	3,8
600	2,5	3,0	3,6	4,2
700	2,7	3,2	4,0	4,5

Таблица 3.12

Потери напора на 100 *пог. м* в водоводах в зависимости от диаметра труб, расхода и скорости воды

Расход воды, *м*³/*ч*	*d*=200 *мм*		*d*=250 *мм*		*d*=300 *мм*		*d*=400 *мм*		*d*=500 *мм*		*d*=600 *мм*	
	м/сек	*м вод. ст*	*м/сек*	*м вод. ст.*	*м/сек*	*м вод. ст.*	*м/сек*	*м вод. ст.*	*м/сек*	*м вод. ст.*	*м/сек*	*м вод. ст.*
250	2,21	2,55	1,42	0,84	1,00	0,36	0,55	0,09	—	—	—	—
360	3,18	5,07	2,04	1,74	1,42	0,71	0,80	0,17	—	—	—	—
400	3,50	6,03	2,24	2,02	1,56	0,86	0,88	0,21	—	—	—	—
450	3,98	7,76	2,55	2,70	1,77	1,09	1,00	0,26	—	—	—	—
500	4,45	9,60	2,85	3,28	1,98	1,34	1,13	0,34	—	—	—	—
540	4,77	10,92	3,05	3,72	2,12	1,52	1,19	0,37	—	—	—	—

Расход воды, $м^3/ч$	d=200 мм		d=250 мм		d=300 мм		d=400 мм		d=500 мм		d=600 мм	
	м/сек	м. вод. ст	м/сек	м. вод. ст.	м/сек	м вод ст.	м/сек	м вод ст	м/сек	м вод ст	м/сек	м вод ст
600	—	—	3,36	4,46	2,33	1,83	1,31	0,44	—	—	—	—
720	—	—	4,07	6,30	2,83	2,64	1,59	0,65	—	—	—	—
800	—	—	4,48	7,75	3,12	3,19	1,75	0,77	—	—	—	—
900	—	—	5,09	9,70	3,54	4,05	1,99	0,98	—	—	—	—
1000	—	—	5,70	12,50	3,96	5,03	2,23	1,20	—	—	—	—
1080	—	—	—	—	4,25	5,70	2,39	1,40	1,53	0,51	1,06	0,19
1115	—	—	—	—	4,40	6,10	2,47	1,49	1,58	0,54	1,10	0,20
1190	—	—	—	—	4,67	6,81	2,63	1,67	1,68	0,60	1,17	0,23
1260	—	—	—	—	4,95	7,64	2,79	1,87	1,78	0,68	1,24	0,26
1295	—	—	—	—	5,10	8,10	2,87	1,96	1,83	0,71	1,28	0,29
1440	—	—	—	—	5,67	9,90	3,19	2,42	2,08	0,88	1,42	0,33
1510	—	—	—	—	5,95	10,80	3,34	2,64	2,14	0,96	1,49	0,36
1580	—	—	—	—	—	—	3,50	2,89	2,24	1,04	1,56	0,40
1620	—	—	—	—	—	—	3,58	3,00	2,29	1,09	1,59	0,41
1800	—	—	—	—	—	—	3,98	3,68	2,53	1,32	1,77	0,50
2020	—	—	—	—	—	—	4,46	4,56	2,86	1,66	2,00	0,64
2160	—	—	—	—	—	—	4,78	5,22	3,06	1,90	2,12	0,71
2230	—	—	—	—	—	—	4,94	5,56	3,16	2,01	2,20	0,76
2380	—	—	—	—	—	—	5,25	6,21	3,37	2,28	2,34	0,86
2520	—	—	—	—	—	—	5,58	7,01	3,55	2,53	2,48	0,96
2590	—	—	—	—	—	—	5,74	7,36	3,68	2,68	2,55	1,05
2880	—	—	—	—	—	—	6,38	9,02	4,08	3,28	2,83	1,23
3020	—	—	—	—	—	—	6,69	9,85	4,28	3,60	2,98	1,35
3240	—	—	—	—	—	—	7,16	11,22	4,58	4,06	3,19	1,55
3600	—	—	—	—	—	—	—	—	5,10	5,00	3,54	1,89

§ 3. НАМЫВ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Подготовительные и вспомогательные работы

Перед началом намыва необходимо выполнить разбивочные работы. Намыв грунта в сооружение разрешается вести только на основание, подготовленное в соответствии с техническими условиями на возводимое сооружение.

При подготовке основания под земляные сооружения выполняются следующие работы:

на всем протяжении основания вырубают лес, кустарник и выкорчевывают пни;

удаляют почвенный слой, илистые и торфянистые грунты, а также грунты, засоренные строительным мусором;

при наличии большого числа кротовых, сусликовых и других нор и ходов в основании сооружения производят вспашку.

При намыве сооружений должен быть организован отвод (сброс) воды с помощью водосбросных устройств.

Поддержание проектного горизонта воды в прудках-отстойниках и отвод воды из них, как правило, осуществляется с помощью сбросных колодцев. В зависимости от несущей способности сбросные колодцы устанавливают либо непосредственно на грунте, либо на искусственном основании.

Технология намыва сооружений

Применяются следующие способы намыва грунта:

а) безэстакадно-тонкослойный, при котором пульпа выпускается сосредоточенно из торцов труб, укладываемых непосредственно на намытый грунт. Намыв производится слоями 0,15—0,6 *м* (рис. 3.4, *а*);

б) безэстакадно-торцовый, при котором пульпа также выпускается сосредоточенно из торца трубы, укладываемой непосредственно на намытый грунт. Намыв производится слоями от 0,6 до 1,5 *м*, а в отдельных случаях — на полную проектную высоту (рис. 3.4, *б*);

в) низкоопорный — с укладкой разводящего пульпопровода на инвентарных опорах высотой до 1,5 *м*. При этом пульпа выпускается из торца пульпопровода (рис. 3.4, *в*);

г) эстакадный — с укладкой разводящего пульпопровода на эстакаде высотой 2 *м* (рис. 3.4 *г*). Пульпа выпускается рассредоточенно из ряда выпусков разводящего пульпопровода и подается по лоткам к основанию обвалования карты намыва. Намыв под воду рекомендуется производить сосредоточенно из торца пульповода (см. рис. 3.4,*б*).

Уклон намываемой поверхности зависит от крупности частиц грунта и приведен в табл. 3.13.

Таблица 3.13

Уклон поверхности намыва h/l

Грунт	Поверхность намыва	
	над водой	под водой
Гравий с песком	0,70—0,50	1,0 —0,70
Песок крупнозернистый	0,20—0,10	0,30—0,20
Песок среднезернистый	0,07—0,06	0,20—0,15
Песок мелкозернистый	0,04—0,03	0,15—0,10
Супесь легкая	0,03—0,01	0,07—0,015
Глина	0,015—0,007	—

Обвалование в процессе намыва

После подготовки основания намываемого сооружения по контуру карт намыва возводятся дамбы первичного обвалования, высота которых обычно не превышает 2,0 *м*. Дамбы следует возводить из песчано-гравелистых грунтов. При отсутствии указанных грунтов в основании сооружения их следует предварительно намыть.

Допускается возводить дамбы первичного обвалования из супесчаных, суглинистых и глинистых грунтов, лежащих в основании сооружения, при обязательном условии возведения дамб вне контура сооружения и последующего их удаления.

Обвалование в процессе намыва поддерживается непрерывно и выполняется из грунта пляжа намыва.

Сооружения для сброса воды

Отработанная вода с карт намыва сбрасывается через деревянные водосбросные колодцы шандорного типа, в основании которых заложена труба (коллектор), отводящая воду за пределы карт намыва. Водосбросные колодцы делаются квадратного или треугольного сечения. Размеры колодца зависят от пропускаемого расхода отработанной воды.

Гидравлический расчет колодца производится по формуле

$$b = \frac{Q}{mH\sqrt{2gH}}, \qquad (3.2)$$

где Q — расход воды, поступающей в колодец, *м*³/ *сек;*

m — коэффициент расхода, принимаемый по справочным данным как для водослива с тонкой стенкой; для условий работы гидромеханизации значения коэффициента m принимаются от 0,42 до 0,46;

b — рабочая длина (периметр) шандорных стенок колодца, *м;*

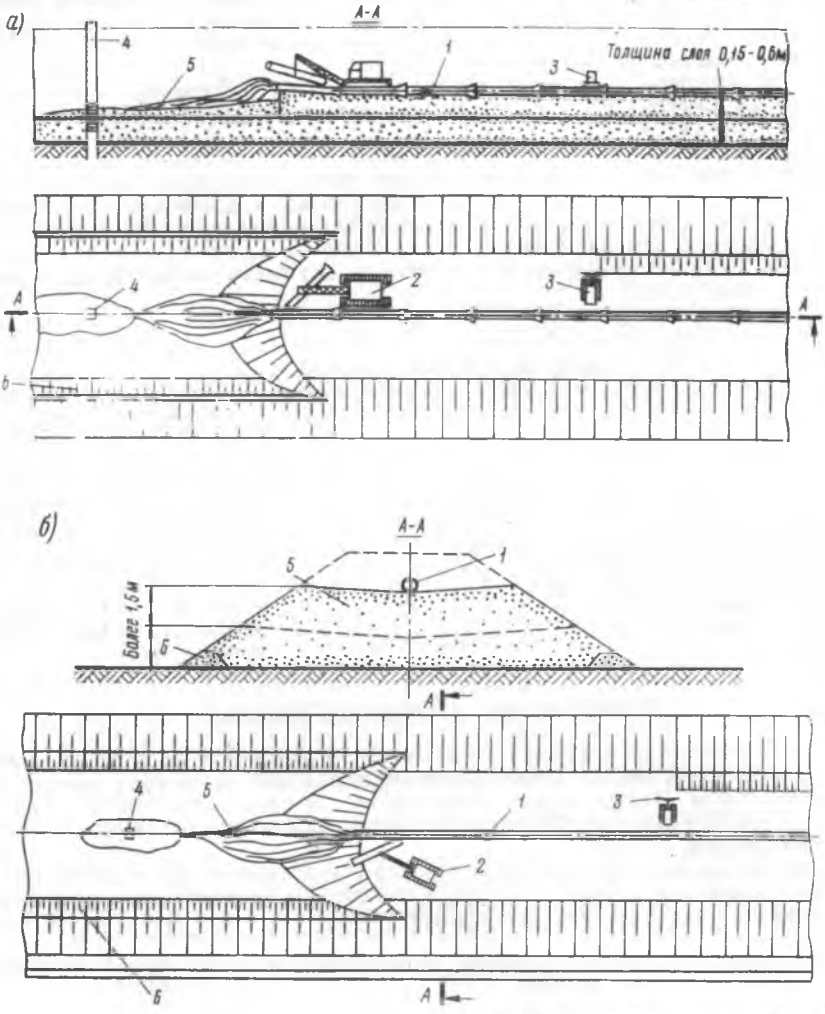


Рис. 3.4. Технологические схемы

1 — пульпопровод; 2 — кран-трубоукладчик; 3 — бульдозер; 4 — водосбросный колодец; а — безэстакадно-тонкослойный; б — безэстакадно-торцовый;

H — высота переливающегося слоя воды над шандорной стенкой, *м вод. ст.*, (обычно $H = 0{,}05 \div 0{,}20$);

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 *м/сек*^{2}.

Гидравлический расчет водосбросных труб производится по формуле

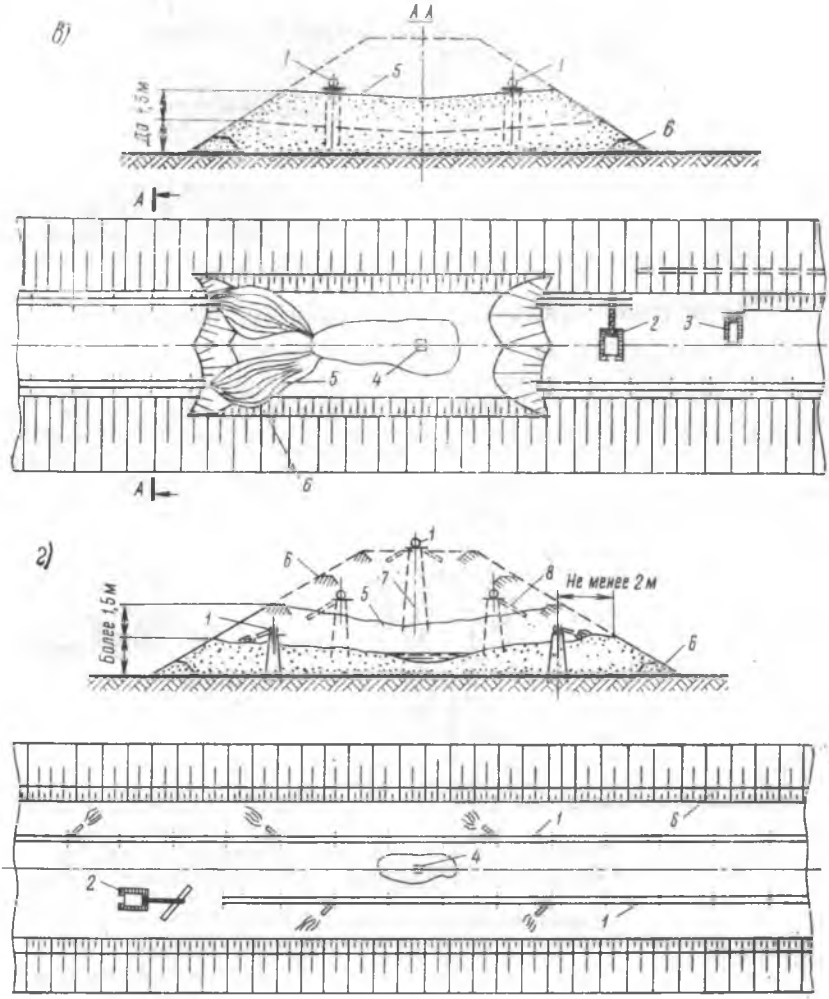
$$\omega = \frac{Q}{\mu \sqrt{2gH}}, \tag{3.3}$$

где Q — расход воды через трубу, равный расходу воды, поступающей в колодец, *м*^{3}*/сек;*

μ — коэффициент расхода, равный 0,62—0,60;

ω — сечение трубы, *м*^{2};

H — напор воды над трубой, *м вод. ст.*



намыва земляных сооружений:
в — низкоопорный; *г* — эстакадный;
5 — намываемая насыпь; *6* — обвалование; *7* — эстакада; *8* — лотки

Осветление отработанной воды на карте следует предусматривать в отстойном прудке, образующемся вокруг колодца.

Отработанную воду, поступающую из отстойного прудка в водосбросные колодцы и трубы, за пределами карты следует отводить по земляным канавам.

В табл. 3.14 приведены наименьшие скорости потока глубиной до 0,5 *м* для транспортирования во взвешенном состоянии грунтов, состоящих из частиц различной крупности, при условии, что поток не насыщен наносами.

Если по местным условиям (например, по рельефу) не могут быть запроектированы земляные канавы с уклоном, обеспечивающим минимальные потребные скорости, должен предусматриваться принудительный сброс отработанной воды с помощью насосов.

Таблица 3.14

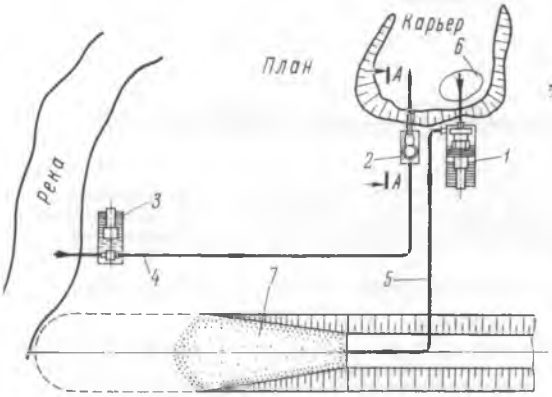
Зависимость между скоростью потока и диаметром транспортируемых частиц грунта

Грунт	Диаметр частиц d, *мм*	Скорость v *м/сек* ср.
Грунт пылеватый и илистый	0,005—0,05	0,10—0,18
Песок мелкий	0,05—0,25	0,18—0,30
Песок средний	0,25—0,10	0,30—0,45
Песок крупный	1,0—2,5	0,45—0,50

Возведение земляных сооружений на болотах

Методом гидромеханизации подготавливают основание на болотах I и II типов с разжижением торфа и откачкой его, а на болотах III типа разрезают сплавину (верхний покров). Применение метода возможно при напоре на насадке гидромонитора не менее 4 *ати* и наличии достаточного количества воды.

Для устройства траншей применяют передвижные гидромеханизированные комплекты машин (ПГКМ-1), которые включают: насосную и землесосную установки (табл. 3.15), два гидромонитора ГДУ-250, трубы диаметром 300 *мм* (около 1500 *м*) и трубоукладчик БТК-5.



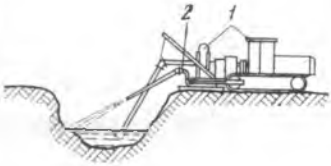


Рис. 3.5. Технологическая схема намыва насыпи с применением ПГКМ-1:

1 — землесосная установка; *2* — гидромонитор; *3* — насосная установка; *4* — водовод; *5* — пульповод; *6* — зумпф; *7* — намываемая насыпь

Таблица 3.15

Техническая характеристика навесных насосной и землесосной установок, смонтированных на тракторах Т-180

Показатель	Тип установки	
	Насосная 14НДС	Землесосная 8НЗУ
Скорость вращения, *об/мин*	1050	750
Мощность, *л. с.*	170	170
Производительность по воде, $м^3/ч$	1080	800
Напор, *м. вод. ст*	51	25
Удельное давление, $кГ/см^2$		
среднее	0,34	0,34
максимальное	0,39	0,56
минимальное	0,29	—
Вес установки, *т*	22,6	25,8

Для намыва сооружения на болотах всех типов с разработкой песчаных грунтов в карьерах или выемках, при наличии водного источника, обеспечивающего потребность гидромеханизированных установок, применяют также передвижной гидромеханизированный комплект машин ПГКМ-1.

Обводненные карьеры разрабатывают с применением гидромониторов, причем разрушение ведется сверху вниз. Пульпу забирает землесосная установка, которая располагается на поверхности забоя на некотором расстоянии от его бровки. Намыв сооружений производится по технологической схеме, показанной на рис. 3.5.

Сменная производительность комплекта ПГКМ-1 500—600 *м³/смену* по грунту; для обслуживания комплекта требуется 4 человека в смену.

§ 4. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

Гидромеханизация земляных работ допускается при температуре воздуха не ниже —20°С.

Карьеры, предназначенные для разработки плавучими землесосными снарядами в условиях отрицательных температур воздуха, выбираются преимущественно в замкнутых водоемах с притоком грунтовых вод, имеющих более высокую температуру, чем в реках.

Перед разработкой карьеров следует принять меры против промерзания (вспашка грунта на глубину 20—30 *см*, снегозадержание и т. д.). При образовании в забое мерзлого слоя необходимо рыхление грунта взрывами или путем скалывания клин-бабами.

Для перемещений плавучего землесосного снаряда вокруг него ледорезными машинами создается майна шириной не менее трехкратной ширины снаряда, а вокруг плавучих понтонов — не менее пятикратной ширины понтонов.

При разработке грунта гидромониторами следует:

создавать напор струи на 60—80% больше, чем в условиях положительных температур;

размывать грунт в забое с наиболее близких расстояний, чтобы избежать рассеивания струи;

располагать зумпф землесосной установки на минимально возможном расстоянии от забоя, пульпу направлять в зумпф по канавам.

При эксплуатации землесосных снарядов, перекачивающих и насосных станций, а также землесосных установок необходимо:

защищать теплоизоляционными материалами трубопроводы, краны, вентили и задвижки;

не реже двух раз в неделю вывинчивать спускные пробки для удаления воды, случайно попавшей в трубопроводы осушительной и пожарной магистрали;

особо тщательно откачивать воду из понтонов.

Трубопроводы диаметром менее 500 *мм* защищают теплоизоляционными материалами или засыпают слоем снега высотой 0,5—1,0 *м* или намораживанием льда слоем высотой 10 *см*.

С целью предупреждения образования льда в магистральных трубопроводах должна быть обеспечена возможность быстрого опорожнения их, для чего трубопроводы укладывают с уклоном 0,02—0,04 в сторону карьера. На зимний период по всей длине трубопроводов устанавливают дополнительные выпуски диаметром 150—200 *мм* с заглушками: на плавучих пульповодах — через каждые 4—5 звеньев труб, а на береговых магистралях — через 200—300 *м*.

Вокруг задвижек и другой арматуры магистральных трубопроводов устраивают ящики, которые засыпают опилками, торфом и другими теплоизоляционными материалами.

Если основание намываемого сооружения или поверхность ранее намытой части его промерзли на глубину более 0,2 *м*, необходимо вскрыть мерзлую корку до талого грунта — вырыть траншеи шириной 1,2—1,5 *м*, расположенные параллельно оси сооружения на расстоянии 8—10 *м* друг от друга.

Для уменьшения вероятности промерзания возводимого сооружения намыв карты по высоте рекомендуется производить с интенсивностью в 2—3 раза большей, чем в летний период, что может быть достигнуто соответствующим уменьшением длины карт намыва.

Глава IV. МОРСКИЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ И НАМЫВНЫЕ РАБОТЫ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К основным видам дноуглубительных работ относятся:

создание новых искусственных глубин;

восстановление ранее существовавших глубин для целей судоходства;

создание подводных котлованов для гидротехнических сооружений и плавучих доков, а также траншей для прокладки кабелей и трубопроводов;

разработка судоходных каналов;

организованная разработка подводных карьеров для добычи гравия и песка.

Дноуглубительные работы организуются комплексно по одной из следующих схем:

разработка грунта земснарядом с отвозкой в трюмах земснарядов или в специальных шаландах на подводную свалку;

разработка грунта земснарядом с отвозкой его к месту укладки в трюме земснаряда или шаландами и выгрузка рефулированием;

разработка грунта земснарядом с рефулированием грунта по трубопроводу в сооружение.

Классификация грунтов (предусмотренная в производственных нормах на морские дноуглубительные работы) составлена в зависимости от сочетаний физико-механических свойств грунтов и сопротивления их внедрению зонда. Природные грунты классифицируются по трудности разработки грунтодобывающими земснарядами и разгрузки шаландоразгружателями на семь групп (табл. 4.1).

Коэффициент плотности $K_п$ определяется по формуле

$$K_п = \frac{\delta_е - \delta_р}{\delta_п - \delta_р} \cdot \frac{\delta_п}{\delta_е}, \tag{4.1}$$

где $\delta_е$; $\delta_р$; $\delta_п$ — соответственно объемный вес скелета грунта, $т/м^3$, для естественного, предельно рыхлого и предельно плотного состояний.

Объемный вес скелета грунта в естественном состоянии $\delta_е$ для образцов ненарушенной структуры определяется по формуле

$$\delta_е = \frac{g}{V(1 + 0{,}01W)}, \tag{4.2}$$

где V — объем, занимаемый рассматриваемым грунтом;

g — вес грунта в данном объеме;

W — влажность грунта, %.

Объемный вес скелета грунта в предельно плотном состоянии $\delta_п$ определяется путем трамбования на приборе системы Н. Н. Иванова навески грунта до постоянного объема и рассчитывается по формуле

$$\delta_п = \frac{g}{V}. \tag{4.3}$$

Таблица 4.

Классификация грунтов при дноуглубительных работах

Группа грунтов	Грунт	Гранулометрический класс (табл. 4,2)	Коэффициент плотности несвязных грунтов $K_п$	Коэффициент консистенции связных грунтов $K_к$	Сопротивление грунта при погружении зонда—число ударов на 10 *см* погружения	Прилипаемость, *г/см²*	Объемный вес грунта в условиях естественного залегания, *т/м³*	Категория грунта по трудности разгрузки
I	Ил структурный, текучий	(IV—VI)	—	Больше 1,0	Меньше 1	—	1,40—1,45	1
II	Песок средней плотности	IIIк, р, с, м	От 0,30	—	От 1 до 4	—	1,80—2,00	1
	Песок пылеватый и супесь средней плотности	IIIп, IV	До 0,60	—		—	1,85—2,25	2
	Суглинок пластичный, слабо прилипаемый	V	—	—		Меньше 100	1,85—2,25	1
	Ил пластичный, слабо прилипаемый	(IV-VI)	—	От 1,0 до 0,26			1,25—1,70	
	Глина пластичная, слабо прилипаемая	VI	—				1,85—2,00	
III	Песок слабой плотности	IIIк, р, с, м	Меньше 0,30	—	Меньше 1	—	1,60—1,70	1
	Песок пылеватый и супесь слабой плотности	IIIп, IV		—		—		2
	Суглинок текучий		—			Меньше 100	1,95—2,00	1
	Ил неструктурный, текучий	(IV—VI)	—	Больше 1			1,40—1,45	
	Глина текучая	VI	—				1,65—1,90	
IV	Гравий и гравийно-песчаный грунт	П, гр.-П	Не регламентируются				2,45—2,50	1
	Песок и супесь гравелистые средней плотности	IIIгр., IV гр.						

Продолжение табл. 4.1

Группа грунтов	Грунт	Гранулометрический класс (табл. 4.2)	Коэффициент плотности несвязных грунтов $K_п$	Коэффициент консистенции связных грунтов $K_к$	Сопротивление грунта при погружении зонда—число ударов на 10 *см* погружения	Прилипаемость, *г/см²*	Объемный вес грунта в условиях естественного залегания, *т/м³*	Категори грунта по трудности разгрузки
IV	Песок плотный	IIIк, с,р,м		—		—	2,00—2,20	2
	Песок пылеватый, супесь, илистая супесь плотная	IIIп, IV, VI и	От 0,61 до 0,80	—	От 4 до 10	—		
	Суглинок пластичный среднеприлипаемый	V	—	От 1,0 до 0,26	От 1 до 4	100—250	1,85–2,20	
	Глина пластичная среднеприлипаемая	VI	—				1,80—2,10	1
V	Песок и супесь очень плотные	III, IV	От 0,81 до 1,0	—	—	—	2,10—2,30	1
	Суглинок полутвердый, сильно прилипаемый	V	—	От 0,25 до 0,0	От 4		2,10—2,25	3
	Глина полутвердая, сильно прилипаемая	VI	—		До 10	До 400		
VI	Галька чистая и галечные грунты	I, Гл	Не регламентируются				2,30—2,50	1
	Гравий глинистый и гравийно-глинистый грунт	II Гр-Г						
	Песок и супесь галечные	IIIгл, IVгл						
	Песок и супесь очень плотные	IIIгр, IVгр						

	Суглинок и глина галечные и гравелистые	Vгл, Vгр VIгр, VIгр						2
	Суглинок и глина твердые с пределом прочности при сжатии 1—2 *кГ/см²*	V, VI	—	От 0,0 до 0,5	—	—		2
	Глина полутвердая, особо сильно прилипаемая	VI	—	От 0,25 до 0,0	От 4 до 10	Больше 400	2,1—2,25	3
VII	Грунт с пределом прочности при сжатии 2—5 *кГ/см²* (сильно выветрившиеся сцементированные породы—песчаники, известняки, ракушечник, мел и др., а также особо твердые глина и суглинок)	—	Не регламентируются				2,40—2,50	3

Примечания: 1. Грунты с коэффициентом консистенции $K_к = 1{,}00 \div 0{,}26$ при прилипаемости 251—400 *г/см²* относить группе V по трудности разработки и категории 3 по трудности разгрузки.

2. Илами называются морские отложения, содержащие большое количество пылевато-илистых частиц (0,05—0,005 *мм*), по гранулометрическому составу илы могут относиться к IV, V и VI классам (см. табл. 4.2).

3. Структурными называются илы, обладающие способностью заполнять черпаки выше горизонтальной плоскости, ограничивающей водовместимость черпаков при данном угле наклона рамы. Илы, не обладающие этим свойством, относятся к неструктурным.

4. Ракушечниковые грунты (илы, пески) II и III групп при разработке их с рефулированием по грунтопроводу следует относить к IV группе грунтов по трудности разработки земснарядами.

5. Пылевато-илистые грунты, содержащие частицы с диаметром 0,05—0,005 *мм* более 50 %, а глинистых меньше 3 %, условное наименование «супеси илистые» (IVи), в условиях естественного залегания имеют плотное сложение и по трудности разработки земснарядами относятся к IV группе.

Таблица 4.2

Гранулометрическая характеристика грунтов

Класс	Грунт	Разновидности: Шифр	Разновидности: Наименование	Свойства грунта	Содержание частиц, в %, при величинах диаметров, в *мм*: глинистых: Меньше 0,005 (по шкале Сабанина) или меньше 0,002 (по шкале Стокса)	илистых: 0,005—0,01	пылеватых: 0,01—0,05	песчаных: 0,05—0,25	песчаных: 0,25—0,50	песчаных: 0,50—2,0	гравийных: 2,0—40	гальки: 40—100	булыжного камня: 100—200
I	Галька	—	—	Несвязные	Меньше 10	Не регламентируется						Больше 50	Меньше 2
II	Гравий	—	—	Несвязные	Меньше 3	Не регламентируется					Больше 50	Меньше 2	
III	Песок	К	Крупный	Несвязные	Меньше 3	Меньше 15		Меньше 50		Больше 50	Меньше 10	Меньше 2	
		С	Средний	Несвязные	Меньше 3	Меньше 15		Меньше 50	Больше 50	Меньше 50			
		Р	Разнозернистый	Несвязные	Меньше 3	Меньше 15		Меньше 50	Меньше 50	Меньше 50			
		М	Мелкий	Несвязные	Меньше 3	Меньше 15		Больше 50	Меньше 50				
		П	Пылеватый	Несвязные	Меньше 3	15—50		Не меньше 50					
IV	Супесь	Н	Непылеватая	Малосвязные	3—10	Меньше, чем песчаных и гравийных вместе взятых		Больше, чем пылеватых и илистых, вместе взятых			Меньше 10	Меньше 2	
		П	Пылеватая	Малосвязные	3—10	Больше, чем песчаных и гравийных вместе взятых		Меньше, чем пылеватых и илистых, вместе взятых					
		И	Илистая	Малосвязные	Меньше 3	Больше 50		Меньше 50					

V	Суглинок	Н	Непылеватый	Связные	10—30	Меньше, чем песчаных и гравийных, вместе взятых	Не регламентируется	Меньше 10	Меньше 2
		П	Пылеватый		10—30	Больше, чем песчаных и гравийных, вместе взятых			
VI	Глина	Л	Легкая		30—60	Не регламентируется		Меньше 10	Меньше 2
		Т	Тяжелая		Больше 60				

Примечания: 1. При содержании гравийных частиц (диаметром от 2 до 40 *мм*) в пределах 10—35% в грунтах III—VI классов к основному наименованию грунта добавляется «гравелистый» (IIIгр., IV гр. и т. д.). При содержании частиц диаметром от 2 до 40 *мм* в пределах 35—50% в грунтах III и IV классов они называются «гравийно-песчаные» (гр-П) и в грунтах V и VI классов «гравийно-глинистые» (Гр-Г).

2. При содержании в грунтах гальки диаметром 40—100 *мм* в пределах 2—25% к основному наименованию грунта добавляется «галечный» с обозначением III гл., IV гл. и т. д. При содержании в грунтах гальки в пределах 25—50% они называются «галечными грунтами» и обозначаются Гл.

3. Ракушечниковые пески разделяются по крупности на отдельные разновидности по тем же показателям, что и обычные.

Объемный вес скелета грунта в предельно рыхлом состоянии определяется следующим путем.

В мерный цилиндр, в который предварительно опущен стержень со спиралью на конце, насыпают определенную навеску сухого песка g. Затем стержень, медленно вращая, удаляют из цилиндра; при этом песок взрыхляется до предельно рыхлого состояния. Замерив объем рыхлого песка V, рассчитывают объемный вес $\delta_р$ по формуле (4.3).

Коэффициент консистенции $K_к$ определяется по формуле

$$K_к = \frac{W_е - A}{\Phi}, \tag{4.4}$$

где $W_е$ — естественная весовая влажность грунта, %;

A — весовая влажность грунта при нижнем пределе пластичности (предел раскатывания грунта), %;

Φ — число пластичности грунта, $\Phi = F - A$;

F — весовая влажность грунта при верхнем пределе пластичности (предел текучести), %.

Примечания: 1. Предел текучести грунта F соответствует такой влажности, при незначительном повышении которой грунт переходит в текучее состояние.

2. Предел раскатывания грунта A соответствует такой влажности, по достижении которой грунт переходит в полутвердое состояние и, раскатанный в проволочку диаметром 3 *мм*, начинает крошиться.

При определении трудности разработки грунтов в полевых условиях способом зондирования по методу, предложенному ЦНИИЭВТом, измеряют сопротивление грунта внедрению в него зонда, состоящего из штанги с наконечником с максимальным диаметром 35,6 *мм* и площадью поперечного сечения $F = 10$ *см*^{2}.

Наконечник заглубляют в грунт ударами груза весом 10 *кг*, падающего с высоты 1 *м*. Сопротивление грунта внедрению зонда N оценивается условным измерителем, в качестве которого принято число ударов груза на единицу погружения зонда, равную 10 *см*. N вычисляется из данных опыта по формуле

$$N = \frac{n}{10S}, \tag{4.5}$$

где n — число ударов груза;

S — глубина погружения, *м*, от n ударов.

В качестве показателя прилипаемости связных грунтов принята сила прилипания грунта в граммах на квадратный сантиметр, определяемая экспериментальным путем на приборе Охотина.

При одновременной разработке и транспортировке двух или нескольких разновидностей грунтов, относящихся к различным группам или категориям, нормы следует принимать для наиболее трудного по разработке или транспортировке слоя грунта, имеющего толщину не менее 0,2 *м*.

По гранулометрическому составу грунты разделяются на классы в зависимости от процентного содержания и соотношения частиц различной крупности. Гранулометрическая характеристика грунтов приведена в табл. 4.2.

§ 2. ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Организациям, производящим дноуглубительные работы, необходимо иметь в своем распоряжении следующие проектно-изыскательские материалы:

морские карты или топографические планы в масштабах 1:25 000÷1:5000, охватывающие район работ, путь следования на свалку грунта, пункты приема топлива и воды, базы-убежища;

планы объектов работ в масштабах 1:2000÷1:500, а в случае разработки грунтов у причальных и других сооружений в масштабе 1:200. Глубины на планах указываются с подробностью, достаточной для подсчета объема работ;

продольные профили разрабатываемой выемки (канала) с горизонтальным масштабом 1:2000÷1:500 и поперечные профили с горизонтальным масштабом 1:500÷1:100; вертикальные масштабы в обоих случаях 1:200÷1:50;

гидрогеологические и метеорологические характеристики района работ,

проекты сооружений, для которых выполняются дноуглубительные работы.

Кроме этого, производятся промеры: для причальных сооружений не менее 25 *м* от линии кордона набережной; для оградительных сооружений — не менее 50 *м* по обе стороны от оси сооружения. Промеры глубин выполняются по продольной оси и по поперечникам, разбиваемым через каждые 10 *м*; расстояние между промерными точками на поперечнике устанавливается: на участке до 5 *м* — через 1 *м*; на участке 5—10 *м* — через 2,5 *м*; далее первая точка — через 5 *м*, последующие — через 10 *м*.

До начала дноуглубительных работ необходимо:

произвести разбивку в натуре оси и границ рабочих прорезей с установкой створных знаков; при этом правую и левую границу прорезей закрепляют вехами с флажками (огнями) различных цветов;

оградить вехами место свалки грунта с поставкой светящихся буев;

установить обстановку судового хода для движения грунтоотвозных судов к месту свалки грунта и безопасного прохождения транзитных судов (по правилам судоходства);

установить основную и контрольную водомерные рейки и увязать их нули с условным отсчетным уровнем и с постоянным репером;

оградить вехами и, при необходимости, убрать телефонные и электрические кабели, трубопроводы и т. п. Эта работа производится по согласованию с организацией, ведающей эксплуатацией этих сооружений. При пересечении участков работ земснарядов воздушными линиями связи и энергоснабжения работа под ними также согласовывается с владельцами этих линий;

провести водолазное обследование дна акватории и удаление обнаруженных предметов, мешающих производству работ.

Тип дноуглубительных снарядов для разработки подводных выемок выбирают на основе физико-механических характеристик грунта, необходимой глубины черпания, технико-экономических расчетов в зависимости от объема и состава работ, производственных и природных условий.

Технические характеристики черпаковых и землесосных снарядов приведены в табл. 4.3 и 4.4, а типовых грунтоотвозных шаланд — в табл. 4.5.

Дноуглубительные работы ведут с разделением всей ширины разрабатываемого участка на отдельные рабочие прорези. Ширина рабочей прорези не должна превышать 100 *м*.

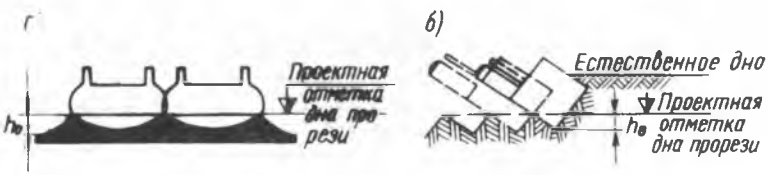


Рис. 4.1. Схемы разработки прорезей:
а — многочерпаковым земснарядом; *б* — папильонажным землесосом

В процессе работы глубина опускания грунтозаборного устройства дноуглубительного снаряда корректируется при каждом изменении уровня воды на 0,1 *м*. Допуски на точность разработки котлованов (прорезей) назначаются в проекте. Допуски на перебор по глубине принимаются по табл. 4.6.

Схемы разработки прорезей земснарядами приведены на рис. 4.1.

Допуски на увеличение разработки прорезей по ширине за пределами рабочей прорези в каждую сторону составляют: при ремонтном черпании — по 2 *м*; при черпании на объектах капитального строительства — 3 *м*.

Чтобы не засорять грунтом выработанные и сданные заказчику прорези, не разрешается ставить грунтоотвозные шаланды на отстой в загруженном состоянии над уже выработанным участком.

Таблица 4.3

Технические характеристики черпаковых снарядов

Условные обозначения типовых снарядов	Тип земснаряда	Средняя осадка с полным запасом, м	Производительность м³/ч		Количество и мощность главных двигателей, л. с.	Водоизмещение, т		Размерения корпуса, м			Максимальная высота над горизонтом воды, м	Скорость хода, узлы	Глубина грунтозабора, м		Геометрическая емкость черпака, м³
			контрактовая	техническая		с полным грузом	порожнего	длина наибольшая	ширина	высота борта			минимальная	максимальная	
МС-Ш «Южная»	Многочерпаковый	2,75	400	610	4×300	1320	1041	60,4	10,8	4,5	19,25	7	4	14	0,66
МС-Ш «Обь»	»	3,6	750	1000	2×600 1×270	2043	1568	76,0	13,0	5,0	25	9	4,5	15	1,1
МС-Ш «Волго-Дон»	»	3,5	500	780	1×650	1500	1230	57,6	11,2	4,7	22	7	5	18,5	0,75
МС-Ш «Чагода»	»	3,2	450	700	2×400	1342	1164	60,3	10,35	4,0	16,2	8	3,6	15,0	0,7
МС-Ш «Онежская»	»	2,8	400	580	4×300	1286	1005	60,9	10,5	4,5	19,0	7	4,0	14,0	0,63
МС-Ш «Южная – 2»	»	2,8	400	620	4×300	1320	1005	60,4	10,8	4,5	19,0	7	4,0	14,0	0,63
МС-Ш «Нева»	»	4,45	750	1000	2×600	2240	1560	67,6	12,6	5,0	24,8	8,5	4,8	18,0	1,1
МС-Ш «Свирь»	»	4,2	750	1000	2×600	2450	1560	67,6	12,6	5,0	24,8	8,5	4,8	18,0	1,1
МС-ШР «Волхов»	»	4,18	750	1100	1×600	3140	2317	77,3	12,9	5,7	23,0	7	5	19,0	1,1
МС-ШР «Печора»	»	4,4	750	1000	2×900 1×600	3300	2413	81,45	13,5	5,75	23,8	9	4,8	18,0	1,1
МС-ШР «Лена»	»	4,4	750	1000	2×900 1×600	3033	2100	78,0	12,9	5,7	22,3	8	4,8	15	1,0
МС-ШР «Мста»	»	4,2	750	1000	2×900 1×600	3016	2401	78	12,9	5,7	22,3	9,8	4,8	18	1,1
М-Ш «Цюрупа»	»	2,87	400	620	1×400	964	728	50	9,53	3,50	14,59	Несамоходный	4,0	21	0,7
М-Ш «Балтийск»	»	2,7	500	600	1×500	1070	824	60,8	10,5	4,0	18,0		5,0	22	0,5
М-Ш «Рижская»	»	2,8	500	640	1×430	898	661	49,7	9,2	3,8	11,7		3,3	12	0,68
О-Ш «Амур»	Одночерпаковый	2,12	150	—	2×650	1055	768	33,7	16,0	3,0	15,75		5,0	12	4,0
О-Ш «Ладога»	»	2,53	150	150	1×205 1×650	1140	768	33,7	16,0	3,0	13,0		6,0	13,5	4,0

Таблица 4.4

Техническая характеристика землесосных снарядов

Условные обозначения типовых судов	Тип земснаряда	Средняя осадка с полным запасом, *м*	Производительность, *м³/ч*		Количество и мощность главных двигателей, *л. с.*	Водоизмещение, *т*		Размерения корпуса, *м*			Максимальная высота над горизонтом воды, *м*	Скорость хода, узлы	Глубина грунтозабора, *м*		Тип разрыхлителя	Диаметр корпусного грунтопровода, *мм*		Паспортная скорость вращения крыльчатки грунтового насоса, *об/мин*
			контрактовая	техническая		с полным грузом	порожнего	длина наибольшая	ширина	высота борта			минимальная	максимальная		напорного	всасывающего	
ЗС-ТРШ «Азовский»	Комбинированный землесос	4,4	600	Самоотвозных—700 Рефулеров—800 Шаланд—1100	1×650 2×230	2188	1363	65,46	10,54	5,2	20,7	8	5	15	Фрезерный закрытый	500	550	350
ЗС-ТРШ «Дальневосточный»	То же	4,4	600	Самоотвозных—700 Рефулеров—800 Шаланд—1100	1×650 2×230	2188	1363	65,46	10,54	5,2	20,7	8	5	15	То же	500	550	350
З-РШ ДЭ-29	Папильонажно-траншейно-шаландовый	1,28	250	...	1×380 2×135	625	...	45,85	9,33	2,56	7,71	...	2	6	»	500	550	325
З-РШ «Ирбэн»	То же	1,89	...	...	1×650 1×230	561,2	...	42,8	9,38	2,31	13,46	...	2,5	8	Фрезерный открытый	500	550	300
ЗС-РШ «Тендровский»	Самоотвозный	3,40	350	...	1×300	735	385	41,2	7,5	3,75	10,5	6	4,0	10,0	...	500	500	350

Технические характеристики типовых грунтоотвозных шаланд

Таблица 4.5

Наименование типовых шаланд	Условное обозначение	Тип и количество двигателей	Мощность двигателей, л. с.	Водоизмещение, т		Емкость грунтового трюка, м³			Осадка, м		Размерения корпуса, м			Максимальная высота над горизонтом воды, м	Скорость хода, узлы	
				с полным грузом	порожней	до палубы	до верха комингса	до низа сливного отверстия	порожней	с полным грузом	Длина наибольшая	Ширина	Высота		с полным грузом	порожней
«Очаковская»	ШС	Паровая машина, 1	500	1380	533	—	450	—	2,92	3,60	52,4	10,0	4,20	16,0	7,5	8,5
«Володарск»	ШС	Паровая машина, 1	150	677	215	150	—	200	2,50	3,20	37,0	8,9	3,3	10,0	4,5	5,0
«Москва»	ШСЛ	Паровая машина, 2	400×2	2028	867	417,5	470	420	2,45	3,84	59,3	11,9	4,25	18,56	7,0	8,0
«Одесская»	ШСЛ	Паровая машина, 1	500	1380	533	—	450	420	2,92	3,50	52,8	10,4	4,22	18,28	7,0	8,0
«Комсомольск пр. 449»	ШСЛ	Паровая машина, 1	500	1380	533	350	485	400	2,09	3,95	52,8	10,45	4,2	17,5	7,5	8,5
«Севастополь»	ШСЛ	Паровая машина, 1	500	1338	638	350	485	450	2,09	3,95	52,8	10,45	4,2	17,26	7,95	8,5
«Ока»	ШСЛ	Паровая машина, 2	400×2	1910	1100	...	470	—	2,78	3,94	59,5	11,9	4,25	18,0	8,0	9,0
«Донская»	шсдл	Дизель, 1	500	1372	572	...	500	350	1,8	3,56	55,0	10,4	4,3	18,56	7,0	8,0
«Багермейстер Мирошниченко»	шсдл	Дизель, 1	500	1400	653	...	500	350	2,06	4,08	55,8	10,4	4,32	17,9	7,0	8,0
«Туапсинский»	шсдл	Дизель, 1	225	846,1	355,7	...	280	220	1,3	2,72	47,38	9,02	3,30	15,6	6,0	7,0
«Лужская»	шсдл	Дизель, 1	300	1667	503	...	500	...	1,66	3,56	52,7	10,0	4,3	17,0	8,0	8,8
НИС-201	ШЛ	Несамоходная	300	476,7	154,8	193	...	...	0,7	1,83	40,54	9,74	0,8	5,4	...	...
«Авачинская»	ШГ	...	...	907	222	343	339,5	...	0,83	3,25	50,4	9,55	4,35	9,6	...	...
«Олюторская»	ШГ	...	...	870	252	303,5	289,0	...	0,81	2,7	50,35	9,45	3,4	9,3	...	...
Н/ш 207	ШЛ	...	...	604	139	...	275	...	0,82	2,55	39,7	8,4	2,8	3,0	...	...
Н/ш 16	ШЛ	...	...	476	177	...	195	...	0,70	1,80	38,0	9,3	2,6	...	...	...
«Днестровская»		Дизель, 2	300×2	1629	1098	...	500	...	2,40	3,56	55,0	10,4	4,3	...	8,0	...
«Потийская»		Паровая машина, 1	500	1334	533	...	450	...	2,8	3,5	52,8	10,0	4,2	...	8,5	...
«Славянская»		Паровая машина, 1	500	1380	680	...	450	...	2,8	3,9	52,8	10,5	4,2	...	8,5	...
«Мурманская»		Паровая машина, 1	500	1380	533	...	400	...	2,9	3,6	52,8	10,5	4,2	...	7,5	...

Таблица 4.6

Допуски на перебор по глубине

Тип земснаряда и землесоса	Техническая производительность снаряда, $м^3/ч$	Величина допуска, *м*
Многочерпаковый земснаряд	До 500	0,20
» »	Более 500	0,30
Многочерпаковый и грейферный земснаряды	До 300	0,50
Папильонажный землесос	Все типы	0,40
Самоотвозный землесос с трюмом	До 600	0,50
» » »	До 1000	0,70
» » »	Более 1000	0,90

Примечания: 1. Приведенные в таблице допуски предусматривают разработку грунтов без включений, а также с включениями размером: для многочерпаковых снарядов — до 40 *см* в поперечнике и для землесосных — до 25 *см*. Если в грунте встречаются включения большего размера, величина допустимого перебора устанавливается в проекте с учетом количества, местоположения и способов удаления этих включений.

2. Недоборы грунта по глубине при дноуглублении для нужд судоходства для котлованов плавучих доков не допускаются.

3. При отсутствии особых указаний в проекте допускается увеличение перебора грунта по глубине сверх размеров, предусмотренных в табл. 4.6, но без включения дополнительных объемов в оплачиваемые работы.

§ 3. НАМЫВНЫЕ РАБОТЫ

Намывные работы производятся в едином комплексе с подводной разработкой грунта по одной из следующих схем:

разработка грунта земснарядом с рефулированием от места разработки по напорному трубопроводу в сооружение;

разработка грунта земснарядом с отвозкой к месту намыва в собственном трюме земснаряда или в шаландах и рефулированием из трюма (шаланд) по напорному трубопроводу в намываемое сооружение.

Допускается также разработка грунта с доставкой его в трюме земснаряда или в шаландах в зону намыва сооружения, разгрузка грунта под воду через открывающееся днище в промежуточный резерв и последующее рефулирование из промежуточного резерва в намываемое сооружение.

Перед началом намыва территория (акватория) освобождается от всех расположенных на ней строений, инженерных сетей и других сооружений, замыв которых не предусмотрен проектом, а также выполняются все необходимые подготовительные работы (см. гл. III § 3).

Для намыва сооружений используются пески, песчано-гравийные грунты, супеси и суглинки, затопляемые насыпи намываются преимущественно из крупнозернистых песков и песчано-гравийных грунтов. Наименьшие размеры фракций и другие характеристики грунта указываются в проекте.

При намыве сооружений на надводных основаниях (намыв на сухие отметки) необходимо учитывать в проекте и при производстве работ дополнительный объем разработки грунта:

на осадку основания и уплотнение тела сооружения — 3,0% высоты насыпи при намыве из смешанных грунтов — песок с илом и глиной и 1,30% — при намыве из песчаных грунтов;

на унос частиц с осветленной водой для грунтов: песчаных — 10%, супесчаных — 15%, суглинистых и глинистых — 20%, содержащих илистые частицы в количестве 30% и более — 25% от геометрического объема (в плотном теле) разработанного грунта при отсутствии других решений в проекте:

запас на вынос ветром песчаных частиц до укрепления поверхности принимается равным 2% объема намыва песчаных насыпей, независимо от запаса на осадку.

При намыве сооружений на подводных основаниях, кроме этого, учитывается дополнительный объем разработки грунта на заполнение пустот ранее отсыпанной каменной призмы, а также на унос волнением, течением и пр.

Перед намывом территория разбивается на отдельные карты, ограждаемые первичным обвалованием. Намыв сооружений из крупнозернистого, хорошо фильтрующего грунта (гравий, галька, крупнозернистый песок) можно производить на одну карту. Намыв сооружений из мелкозернистых, плохо фильтрующих грунтов следует вести на две карты и более поочередно для обеспечения обезвоживания за счет фильтрации на свободной карте.

Протяженность карты намыва устанавливается в зависимости от размеров возводимого сооружения, гранулометрической характеристики грунтов, расхода землесоса и условий сброса осветленной воды и колеблется в пределах от 100 до 400 *м*.

Каждая карта намыва должна иметь не менее одного водосбросного устройства, обеспечивающего сброс осветленной воды.

Обвалование карт намыва, как первичное, так и в процессе работы, производят так, чтобы наружный откос обвалования соответствовал проектному откосу сооружения, а внутренний откос обеспечивал устойчивость обвалования в процессе намыва.

Пазухи бетонных сооружений замывают по специальному проекту производства работ для каждого конкретного случая, с обязательным проверочным расчетом фильтрации и возникающего при намыве гидростатического давления.

Описание технологии намыва, а также специальных мероприятий, проводимых в зимнее время, приведены в главе III, § 3.

Акваторию, предусмотренную для подводного отвала грунта при землечерпательных работах, следует заполнять последовательно, начиная с участков, наиболее удаленных от места работ землечерпательного снаряда, считая по пути следования грунтоотвозных судов.

Каждый участок отвала должен иметь глубины, достаточные для свободного маневрирования грунтоотвозных судов.

Глава V. ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОДОЛАЗНЫЕ РАБОТЫ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Водолазные подводно-технические работы включают: водолазное обследование дна акватории и подводных частей сооружения; земляные и буровзрывные работы; расчистку и ровнение дна; отсыпку и ровнение каменных постелей; установку отдельных элементов в сооружение; подводное бетонирование и прочие специальные работы (сварка и резка металла и пр.).

Подводно-технические работы выполняют водолазные станции, размещенные как на плавучих средствах или на берегу, так и на сооружениях или на льду, в замерзших бассейнах.

При выполнении водолазных подводно-технических работ по сварке и резке металла, подводному бетонированию и взрывным работам в числе личного состава водолазной станции должны быть водолазы, владеющие соответствующей специальностью и имеющие права на производство этих работ.

Водолазные станции подразделяются на ручные (подача воздуха ручной водолазной помпой), компрессорные (подача воздуха компрессором) и баллонные (подача воздуха из комплекта баллонов, заряженных на стационарных установках). Работают на станции три водолаза.

Водолазные станции размещают на:

морских водолазных ботах (ВМ) — при работах в открытом море, вдали от берега;

рейдовых водолазных ботах (ВРД) — при работах на открытых рейдах, вблизи берегов в портах и водохранилищах;

речных водолазных ботах (ВР) — при работах на закрытых акваториях и на реках.

Подводно-технические работы подразделяются на мелководные (при глубине до 12 *м*), среднеглубинные (до 45 *м*) и глубоководные (свыше 45 *м*).

Общее руководство водолазными подводно-техническими работами осуществляет водолазный специалист, назначаемый на каждые 5—10 водолазных станций на предприятии. Непосредственно работой водолазов руководит старшина водолазной станции.

Водолазные работы должны быть обеспечены технической документацией или техническим заданием с составлением графика работы водолазных станций. Аварийные и аварийно-спасательные работы можно выполнять без технической документации, но при условии, что этими работами должен руководить водолазный специалист.

График водолазных работ составляют исходя из действующих норм на подводно-технические водолазные работы.

Согласно Единым правилам установлены общая продолжительность рабочего дня водолаза, количество спусков и времени пребывания его под водой:

для водолазов — 6 *ч*;

для водолазов в легкозодолазном снаряжении — 7 *ч*;

в течение суток — один спуск (в исключительных случаях разрешается пов-

торный спуск на глубину до 20 *м* при условии промежутка между спусками не менее 2 *ч*, а в аварийных случаях — разрешено до истечения 2 *ч*);

продолжительность спуска не более 2,5 *ч*, включая время декомпрессии, установленное рабочими водолазными таблицами.

На каждой водолазной станции ведется специальный водолазный журнал, который является основным документом, отражающим ее деятельность. Записи в журнал следует вносить в соответствии с инструкцией по его заполнению.

При производстве водолазных подводно-технических работ необходимо строго соблюдать действующие «Единые правила охраны труда на водолазных работах».

§ 2. ВОДОЛАЗНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ

В состав водолазных обследований портовых гидротехнических сооружений входит осмотр дна акватории, подводных частей строящихся и эксплуатируемых сооружений, а также осмотр подводных коммуникаций (трубопроводы, кабели и пр.).

Водолазное обследование проводят по программе, составленной проектной организацией с участием водолазного специалиста и согласованной с заказчиком. При незначительных объемах водолазного обследования программу работ составляет заказчик или главный инженер строительства.

В программе водолазного обследования указываются:

объект обследования или конструктивные элементы, подлежащие обследованию;

основные задачи и требования, предъявляемые к материалам обследования;

методы и применяемые средства при обследовании (подводная фотокинотелеаппаратура);

очередность и сроки выполнения.

Водолазное обследование ведется под руководством руководителя работ или главного водолазного специалиста, который составляет документацию по обследованию: рабочий журнал и акты водолазного обследования с пояснительной запиской, схемами, эскизами и чертежами, фотографиями и кинокадрами.

Результаты водолазного обследования должны быть проверены и подтверждены повторным обследованием, выполненным другим водолазом, а в случае разноречивых данных проверки их уточняет водолазный специалист.

Обследование дна

Большие площади дна обследуют с помощью тралов. Водолазы осматривают и освобождают зацепившийся трал, устанавливают буек или веху на месте препятствия, определяют размеры и форму препятствия.

Малые площади дна обследуют с водолазного бота. Район обследования, предварительно огражденный вехами, разбивают на отдельные участки шириной 3—10 *м* (в зависимости от видимости в данных условиях). Водолаз осматривает поверхность грунта и о замеченном докладывает по телефону. У обнаруженного предмета устанавливают веху, характеристику предмета и номер вехи заносят в журнал обследования.

Особенно тщательно осматривают дно непосредственно перед сооружением (у причала, мола, эллинга, дока и др.). Обследование проводят по участкам шириной до 5 *м* при передвижении водолаза по направляющему тросу. Концы троса крепят за бот и сооружение. Водолаз должен обращать внимание на подмыв каменной постели, выпучивание грунта и торчащие из грунта предметы. Данные осмотра он сообщает по телефону на водолазную станцию, где результаты обследования заносят в журнал.

Обследование сооружений

Сооружения гравитационного типа обследуют по профилям через 5—10 *м*. Водолаз устанавливает состояние бермы и откосов каменной постели, массивов или уголковых блоков, возможные их перемещения из профиля сооружения, наличие и характер каверн, изломов или сколов углов элементов, наличие и раз-

меры вымывания засыпки через щели, наличие и характер размывов, оползней каменной наброски или грунта перед сооружением, а также наклон гравитационной стенки. Величину наклона определяют путем замера мерной линейкой расстояния между отвесом и сооружением. Результаты всех замеров обследования передают по телефону на водолазную станцию и заносят в журнал.

При обследовании свайных сооружений проверяют состояние свай, колонн-оболочек и шпунта, подводной части верхнего строения, особенно в местах их сопряжения, а также состояние и уклон подпричального откоса. Проверяют величину отклонения верха свай от вертикальной оси (с помощью отвеса, уклономера и т. п.).

В шпунтовой стенке проверяют наличие выпучин, щелей между шпунтинами, а также наличие и размеры вымывания засыпки через щели шпунтовой стенки.

Обследование подводных коммуникаций

При обследовании подводных трубопроводов проверяют их неисправности и повреждения. При осмотре трубопроводов открытого типа водолаз проверяет исправность его крепления, целостность изоляции и места его подмыва (зависания). В местах обнаруженных повреждений устанавливают веху, определяют величину повреждения и возможность его устранения.

Обследование подводных электросиловых кабелей и кабелей связи с целью определения их технического состояния включает их розыск, размыв в грунте, подачу наверх и укладку после ремонта.

При розыске действующих электросиловых кабелей водолазу запрещается пользоваться металлическими щупами.

Обследование с помощью телевидения

Подводное обследование с применением телевидения выполняют с помощью

Таблица 5.1

Характеристика телевизионной установки

Показатель	Величина
Максимальная глубина погружения телекамеры, *м*	30
Наибольшее расстояние между телекамерой и видеоконтрольным устройством, *м*	70
Четкость изображения (в центре растра), определение по телевизионной испытательной таблице ТИТ 0249, при освещенности таблицы 25 *лк*, линий:	
по горизонтали	500
по вертикали	350
Система развертки — прогрессивная	
Число строк разложения	350
Управление диафрагмой и оптической фокусировкой — дистанционное	
Напряжение питания (переменный ток частотой 50 *гц* ± 4%), *в*	220 ± 5%
Потребляемая мощность (без осветителей), *ва*	300
Время непрерывной работы, *ч*	12
Температура окружающей среды, °С:	
для подводной части аппаратуры (при относительной влажности 80%)	От —5 до +30
для передающей камеры	От 0 до +25
Вес со вспомогательным оборудованием и соединительным кабелем, *кг*	Не более 250

передвижной подводной телевизионной установки (ППТУ) системы «Краб-1», смонтированной на автоприцепе.

ППТУ предназначена для визуального наблюдения объектов, скрытых под водой. Эксплуатация ППТУ возможна в двух вариантах: с берега — с использованием электроэнергии от сети и с водолазного бота — с использованием электроэнергии от агрегата АБ-1 (автономный бензоэлектрический агрегат).

Дальность наблюдения объектов зависит от гидрооптических свойств среды и равна дальности видения этих объектов водолазом. При повышенной замутненности воды применяется просветляющая насадка.

Работа ППТУ с берега целесообразна на построенных сооружениях, где имеются хорошие подъездные пути и обследования можно вести по направляющим даже без участия водолаза. На строящихся объектах, где трудно найти свободную площадку для развертывания аппаратуры и приспособлений, работу ППТУ целесообразно вести с плавсредств.

Краткие технические данные по телевизионной установке приведены в табл. 5.1.

§ 3. ПОДВОДНАЯ РАЗРАБОТКА ГРУНТА

При малом объеме земляных работ под водой (до 300 $м^3$) или невозможности их выполнения дноуглубительными снарядами эти работы выполняют водолазы. Разработку грунтов под водой водолазы ведут с помощью средств малой гидромеханизации: гидромониторов, гидроэлеваторов, эрлифтов и др.

Плотные и связные грунты разрабатывают гидромониторами, а для уборки размытых, плотных грунтов и разработки слабых несвязных илистых, песчаных и гравелистых грунтов применяют гидроэлеваторы и эрлифты.

Подводный гидромонитор (рис. 5.1) представляет собой металлическую трубку-ствол, к одному концу которого присоединен напорный шланг, а к другому — коническая насадка, заканчивающаяся соплом. Нагнетаемая высоконапорным насосом вода под давлением 10—16 *ати*, проходя через узкое отверстие сопла, приобретает скорость от 20 до 50 *м/сек* и образует сильную струю, способную размывать плотные связные грунты.

Гидромониторы применяют в нестесненных условиях работ и при быстром течении воды (при скорости более 0,5 *м/сек*), при предварительном рыхлении и разработке траншей глубиной до 1,0 *м*, при смыве наносов со скальных пород для выравнивания дна, а также при выполнении различных ремонтных работ. Наибольшее применение находят гидромониторы с центральным болтом марок ГМ-2 и ГМП.

Гидроэлеваторы (рис. 5.2) бывают двух типов: вертикальные и горизонтальные. Они представляют собой

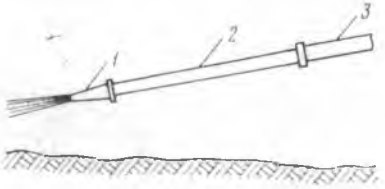


Рис. 5.1. Гидромонитор:
1 — насадка; *2* — ствол; *3* — напорный шланг

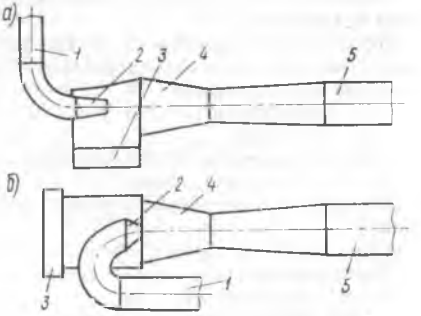


Рис. 5.2. Гидроэлеваторы:
а — горизонтальный; *б* — вертикальный: *1* — напорный шланг: *2* — насадка; *3* — заборная труба; *4* — диффузор; *5* — отводной шланг для грунта

Таблица 5.2

Краткая техническая характеристика гидроэлеваторов

Показатель	Модель гидроэлеватора	
	ЦПКБ Главморстроя	с кольцевой насадкой
Производительность, *м³/ч*:		
по пульпе	160	158
» грунту	6—12	12—24
Напор насоса, *м*	125	70—80
Мощность электродвигателя, *квт*	48	50
Вес, *кг*	98	90

устройство, в котором вода от насоса по напорному шлангу через насадку с большой скоростью поступает в диффузор и создает там разрежение. Далее, устремляясь через диффузор, струя воды увлекает за собой через заборную трубу смесь воды с грунтом (пульпу), которая по отводному шлангу отводится в сторону от места размыва. Краткая характеристика наиболее применяемых гидроэлеваторов дана в табл. 5.2.

Эрлифт (рис. 5.3) с подмывной трубой, предназначенной для рыхления грунта, действует следующим образом. С поверхности по трубе в камеру смешения подается сжатый воздух, который, смешиваясь с водой и образуя легкую смесь, поднимается по трубе эрлифта вверх на выброс. Это движение легкой смеси в трубе увлекает за собой грунт через всасывающее отверстие. Смесь грунта, воды и воздуха отводится в сторону от места размыва. Подавать воду по подмывной трубе можно одновременно с включением в работу эрлифта или раньше. Это зависит от связности грунта. Диаметр всасывающей трубы эрлифта принимают равным 100—200 *мм* и компрессор — производительностью от 9—12 до 15—18 *м³/мин*.

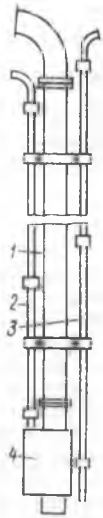


Рис. 5.3. Эрлифт с подмывной трубой:

1 — эрлифт; *2* — труба для воздуха; *3* — подмывная труба; *4* — камера смешения

Грунтоотсасывающие средства применяют при разработке котлованов, промывке скважин, оболочек и в других местах, где ограничена свобода действия гидромониторов.

Для облегчения труда водолаза при работе с эрлифтами и гидроэлеваторами их необходимо поддерживать на крюке крана.

При больших объемах земляных работ подводные котлованы разрабатывают с использованием дноуглубительных снарядов (см. главу IV). При этом водолазы систематически проверяют: глубину прорези, ширину рабочей прорези, характеристику разрабатываемого грунта.

После выполнения работ по устройству котлована водолазы обследуют дно котлована, производят контрольные промеры ширины прорези и при необходимости размывают отдельные неровности грунта гидромонитором, дробят взрывами оставшиеся каменные глыбы или полученные уширения котлована восполняют засыпкой камнем, гравием или песком.

§ 4. БУРО-ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПОД ВОДОЙ И РАСЧИСТКА ДНА

Рыхление плотных скальных грунтов, а также разрушение деревянных, металлических, бетонных и железобетонных конструкций под водой для их уборки производят подводными взрывами. Для взрывания подводных зарядов используют электрический способ и бескапсульное взрывание — при помощи детонирующего шнура (ДШ).

Детонирующий шнур предназначен для одновременного взрывания нескольких отдельно расположенных зарядов ВВ. Типы применяемого детонирующего шнура приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Характеристика типов детонирующих шнуров

Наименование	Скорость детонации, *м/сек*	Водонепроницаемость, *ч*
ДШ-36	7600	До 10
ДШ-39	6500	» 10
ДШ-43	7200	« 10
ДШ-48	6500—7000	» 12

Для возбуждения детонации ДШ используют электродетонатор, прикрепленный к его концу изоляционной лентой.

Для подводных работ применяют только твердое взрывчатое вещество (ВВ) в виде порошка и шашек: тротил, динамит, аммонит и т. д.

В качестве источников тока для электровзрывания используют электроосветительные или электросиловые линии, взрывные машинки и батареи из аккумуляторов или элементов, при обязательном наличии схем и расчетов электровзрывных сетей. Краткая характеристика взрывных машинок дана в табл. 5.4

Таблица 5.4

Техническая характеристика взрывных машинок

Тип взрывной машинки	Величина воспламенительного импульса		Напряжение воспламенительного импульса, *в*	Количество одновременно взрываемых последовательно соединенных электродетонаторов, шт.	Полный вес, *кг*
	при сопротивлении, *ом*	импульс тока, $a^2 \cdot м \cdot сек$			
ПМ-1	130	3	290	До 50	7,0
ПМ-2	80	3	120	» 25	2,5
КПМ-1	300	3	1500	» 100	2,3
КПМ-2	1000	3	1500	» 300	7,8

Сеть для электровзрывания должна быть двухпроводной и состоять из надежно изолированных от воды проводов. Характеристика проводов приведена в табл. 5.5.

Перед применением проводов их проверяют с помощью омметра на проводимость и целость изоляции.

Для подводных взрывных работ используют только водостойкие электродетонаторы, характеристика которых приведена в табл. 5.6.

Для безотказного и безопасного выполнения взрывных работ электродетонаторы перед работой должны быть проверены по сопротивлению. Для группового взрывания электродетонаторы с константановым мостиком подбирают по сопротивлению так, чтобы эта разница не превышала 0,3 *ом*, а с нихромовым мостиком проверяют на соответствие сопротивления, указанного на коробке с электродетонаторами.

Электровзрывная сеть и проводники электродетонаторов до их проверки и взрывания должны быть замкнуты накоротко и заизолированы.

Для разработки траншей, котлованов или дробления грунта в неплотных породах на глубину от 0,3 до 1,0 *м*, а также для подрывания отдельных элементов применяют метод накладных зарядов. Накладные заряды могут быть сосредоточенные, групповые или удлиненные. Групповые заряды укладывают на грунт в один или несколько рядов в шахматном порядке. Расстояние между зарядами в ряду принимают 1,5 — 3*h*, а между отдельными рядами — *h*—2*h*, где *h* — глубина рыхления.

Таблица 5.5

Характеристика проводов для подводных взрывных работ

Марка	Наименование	Сечение жилы, *мм*²	Сопротивление провода при 20°, *ом/км*	Область применения
ВМВ	Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией	0,5	40	Для соединительных и магистральных линий
ВМП	Провод с медной жилой и полиэтиленовой изоляцией	0,5	40	То же
ВМВЖ	Провод со стальной оцинкованной жилой и поливинилхлоридной изоляцией	1,0	140	Для магистральных линий
ВМПЖ	Провод со стальной оцинкованной жилой и полиэтиленовой изоляцией	1,0	140	»
СП-1	Провод саперный одножильный	0,75	25	»
СП-2	Провод саперный двухжильный	2×0,75	25 (одной жилы)	»
СПШ-1	Провод саперный шланговый одножильный	0,75	25	»
СПШ-2	Провод саперный шланговый двухжильный	2×0,75	25 (одной жилы)	»

Таблица 5.6

Характеристика электродетонаторов

Тип	Материал мостика накаливания	Пределы сопротивления, *ом*	Размеры, *мм*		Величина максимально безопасного тока, *а*	Гарантированный срок хранения, годы
			наружный диаметр	длина		
Мгновенного действия						
ЭД-8М	Константановая нить	0,7—1,7	6,8—7,05	49±2	0,3	1,0
ЭД-8-56	Нихромовая нить	2—4,2	6,8—7,05	49±2	0,15	1,5
Короткозамедленного действия (замедление 25; 50; 75; 100; 150 и 250 *сек*)						
ЭД-КЗ азидный	Нихромовая нить	2—4,2	6,8—7,05	65—70	0,15	1,5
ЭД-КЗ гремучертутный	То же	2—4,2	6,8—7,05	68—73	0,15	1,5
Замедленного действия (замедление 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; 4; 6; 8 и 10 *мин*)						
ЭД-ЗД азидный	Константановая нить	0,7—1,7	6,8—7,05	65—70	0,3	1,0
ЭД-ЗД гремучертутный	Нихромовая нить	2—4,2	6,8—7,05	65—70	0,15	1,5

Примечание. Время замедления указано на электродетонаторе.

При разрыхлении плотных грунтов и горных пород на глубину 1—2 *м* и при объеме земляных работ до 250 $м^3$ рекомендуется применять шпуровой метод, при котором заряды ВВ помещают в шпуры диаметром 45—50 *мм*. Шпуры располагают в один или несколько рядов в шахматном порядке. Расстояние между шпурами в ряду принимают равным от h до $2h$, а между рядами — от h до $1{,}7h$, где h — глубина рыхления грунта. Глубину шпуров принимают на 10—15% больше требуемой глубины рыхления.

Рыхление плотных грунтов на глубину от 1,0 до 6 *м* производят методом скважин (методом колонковых зарядов). ВВ помещают в скважины диаметром до 300 *мм*. Буровые скважины также располагают в один или в несколько рядов в шахматном порядке. Расстояние между скважинами принимают равным $1{,}2h$—$2{,}5h$, а между отдельными рядами — $1{,}2h$—$2h$, где h — глубина рыхления. Глубину скважины берут равной $(1{,}10 \div 1{,}15)\ h$.

Для бурения шпуров под водой применяют обычные пневматические перфораторы, краткая характеристика которых приведена в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Техническая характеристика перфораторов

Показатель	Марка перфоратора			
	РПМ-17	ОМ-506Л	ПР-18Л	ПА-23
Вес, *кг*	17,5	30	18	24
Наибольший диаметр коронки, *мм*	44	44	46	46
Длина, *мм*	540	600	570	620
Давление сжатого воздуха, *ати*	5	5	4—6	5
Скорость бурения (по граниту), *см/мин*	11	13	19	12
Максимальный крутящий момент, *кГм*	—	70	120	85
Расход воздуха (при 5 *ати*), $м^3$/*мин*	1,8	2,4	1,8	2,35

Перфораторное бурение производится штангами из буровой стали диаметром 25—32 *мм* со съемными коронками долотчатой или крестовой формы, армированными твердым сплавом. Пробуренные шпуры закрываются конусообразными деревянными пробками с прикрепленными к ним буйками.

Для бурения скважин под водой применяют бурильные установки, размещаемые на плавсредствах или эстакадах.

Краткая характеристика буровых установок приведена в табл. 5.8 и 5.9.

Для выполнения подводных взрывных работ по рыхлению грунта количество ВВ определяют по формуле

$$G = Kh^3, \tag{5.1}$$

G — вес заряда, *кг*;

h — глубина рыхления, *м*;

K — расчетный удельный расход ВВ, *кг*/$м^3$, для аммонита (табл. 5.10).

Формула (5.1) применима для накладных зарядов при глубине воды не менее 2 *м*. При меньших глубинах вес заряда увеличивают: при отношении фактической глубины погружения заряда к необходимой (2 *м*), равном 0,7, — на 25%, а при отношении от 0,7 до 0,35 — на 25—50%.

Накладные заряды весом меньше 6 *кг* для рыхления скалы применять не рекомендуется.

Радиус рыхления накладными зарядами определяют по формуле

$$R = \sqrt{\frac{G}{q\alpha}}, \tag{5.2}$$

где R — радиус рыхления, *м*;

Таблица 5.8

Техническая характеристика станков вращательного бурения

Параметры	Типы станков		
	ПБС-110	БС-110/25	ПБС-65
Глубина бурения, *м*	25	25	20
Диаметр скважины, *мм*	110—120	110—120	65—110
Скорость вращения бурового инструмента, *об/мин*	220	220	480
Электродвигатель вращения бурового инструмента:			
тип	АО-62-4	АО-62-4	—
мощность, *квт*	10	10	—
напряжение, *в*	220/380	220/380	—
Габаритные размеры, *мм*:			
высота	3740	3850	3100
длина	3340	330	2100
ширина	2000	2000	1500
Вес станка (без бурового инструмента), *кг*	495	1200	120

Таблица 5.9

Техническая характеристика станков ударно-вращательного бурения

Параметры	Типы станков			
	БМК-2Б	БА-100	БА-100М	БМК-4
Глубина бурения, *м*	35	50	50	50
Диаметр коронок, *мм*	106	100	100	106
Рабочее давление воздуха, *ати*	5—6	5—6	5—6	5—6
Расход воздуха на бурение, *м³/мин*	3,5	5	6	3,5
Мощность электродвигателя, *квт*	1,7	2,8	2—8	2—8
Скорость вращения вала электродвигателя, *об/мин*	1500	1500	1500	1500
Вес станка с колонкой (без штаги), *кг*	420	300	325	231

Таблица 5.10

Значения *K* при взрывании в различных грунтах, *кГ/м³*

Грунт	Для накладных зарядов	Для шпуров и скважин
Песок плотный с мелкой галькой	5,5	0,54
То же, с крупной галькой	7,0	0,60
Суглинок плотный	9,8	0,62
Синяя глина крепкая	10,7	0,66
Скала с естественным разрушением	13,5	0,79
Скала средней крепости	27,0	0,94
Крепкие скальные породы (гранит и др.)	40,0	1,01

q — коэффициент, зависящий от крепости породы, принимаемый равным 0,3—0,7;

α — коэффициент, зависящий от свойств ВВ, принимаемый для аммонита равным 1,72.

Вес накладных зарядов G для подрывания отдельных элементов определяют в зависимости от материала элемента по формулам, сведенным в табл. 5.11.

Таблица 5. 11

Формулы определения веса накладного заряда

Наименование материала	Наименование элемента	Расчетные формулы	Значение коэффициента K	Примечание
Дерево	Свая	$G=Kd^2$	K зависит от крепости породы дерева и диаметра; при $d<40$ *см* $K=0{,}6\div1{,}3$, при $d>40$ *см* $K=0{,}8\div2{,}2$	—
»	Брусья	$G=Kab$	Величина K принимается такой же, как для сваи	—
	Пакет бревен или куст свай	$G=80d$	—	—
»	Шпунтовая стенка	$G=0{,}5\ bl$	—	Для дерева твердых пород полученный вес G увеличивается в 1,5 раза
»	Топляки, пни	$G=25\,d$	—	
Металл	Стальной лист	$G=KF$	При толщине листа $\delta<2{,}5$ *см* $K=25$, при $\delta>2{,}5$ *см* $K=10\delta$	
»	Профильная сталь	$G=KF$	Величина K принимается как для листа	F определяют для каждого участка профиля
»	Стальной вал	$G=KF$	Для вала из обыкновенной стали $K=100$, для специальной стали $K=120$, для троса $d<40$ *мм* $K=120$, $d>40$ *мм* $K=240$	—
	или трос			—
»	Якорная цепь	$G=100d^2$	—	Заряд должен быть удлиненным, охватывающим элемент на 2/3 длины окружности
	Труба	$G=25\pi d\delta$		
Железобетон	Свая, колонна	$G=50F$	—	

Обозначения величин, входящих в формулы табл. 5. 11: G — вес заряда для аммонита, *г*; d — диаметр, *см*; a — ширина, *см*; b — толщина, *см*; l — длина, *см*; F — площадь поперечного сечения, *см*^{2}; δ — толщина стенки, *см*.

При массовых подводных взрывных работах количество ВВ, полученное по расчету, следует предварительно уточнить пробными взрывами.

Невзорвавшийся (отказавший) по какой-либо причине заряд должен быть найден и ликвидирован. Ликвидируют эти заряды взрывами дополнительного заряда или поднимают их на поверхность. Вес дополнительного заряда берется на 25% больше веса отказавшего, но не менее 200—400 *г*.

Для обеспечения безопасности плавсредств и гидротехнических сооружений от действия взрывной ударной волны между ними и местом взрыва должно соблюдаться расстояние, определяемое по формуле

$$L = \frac{25\sqrt{G}}{\sqrt{h}}, \qquad (5.3)$$

где L — безопасное расстояние, *м;*
G — вес заряда, *кг;*
h — глубина погружения зарядов в воду, *м*.

Минимально допустимая величина безопасного расстояния должна быть не менее 200 *м*.

Склад хранения ВВ разрешается устраивать на несамоходных судах, оборудованных противопожарным инвентарем. Перевозка и хранение других грузов на этих судах запрещается. На плавучих складах ВВ запрещается устраивать жилые помещения и проживать личному составу.

При совместном хранении взрывчатых веществ и средств взрывания разрешается принимать на судно ВВ до $^1/_4$ его грузоподъемности, но не более 4 *т* ВВ и 10 000 детонаторов. На срок до 10 суток разрешается хранить до 200 *кг* ВВ и не более 600 детонаторов в шлюпках, оборудованных ларями и закрытых брезентом.

При буксировке плавучий склад ВВ должен отстоять от буксира не менее чем на 20 *м*. От места производства работ плавучий склад разрешается устанавливать на расстоянии не менее 250 *м*.

§ 5. УСТРОЙСТВО ОСНОВАНИЙ ДЛЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОД ВОДОЙ

Устройство песчаных и гравелистых оснований

Песчаные и гравелистые отсыпи применяют в основании, устраиваемом на больших глубинах, недоступном волновому воздействию, а также при замене слабых грунтов.

Отсыпку песчано-гравелистых оснований производят при помощи шаланд с раскрывающимся днищем рассредоточенно и ровными слоями. Равномерность укладки основания систематически проверяют промерами и водолазным обследованием. Срок выдержки песчано-гравелистых отсыпей перед возведением на них сооружений указывают в проекте, но он должен быть не менее одного штормового сезона.

Ровнения поверхности песчано-гравелистых отсыпей обычно не требуется, так как при выполнении указанных выше требований и надлежащем контроле отсыпь под водой получает достаточно ровную поверхность. Местные пересыпи устраняют гидромониторами, эрлифтами или гидроэлеваторами. Если ровнение необходимо, его выполняют так же, как и каменных постелей (см. ниже).

Устройство каменной постели

Отсыпку камня в постель производят с плавучих или сухопутных транспортных средств. С плавучих средств камень отсыпают в сооружения, не связанные с берегом. Для перевозки и отсыпки камня используют саморазгружающиеся шаланды, плашкоуты, баркасы, понтоны и другие суда технического флота (см. главу XIX). Наиболее рентабельным видом подвозки и погрузки камня в судно является перевозка его самосвалами из карьера и разгрузка непосредственно в саморазгружающуюся шаланду с причалов, оборудованных эстакадами.

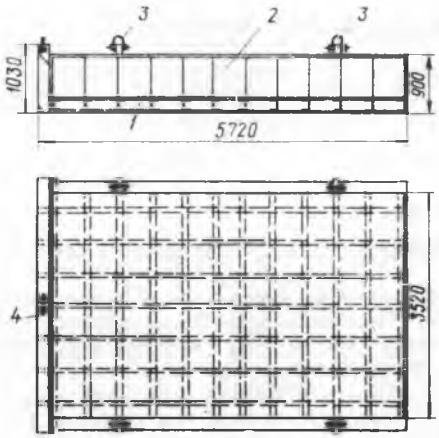


Рис. 5.4. Контейнер для отсыпки камня емкостью 14 $м^3$:

1 — днище с ребрами жесткости; *2* — борт с ребрами жесткости; *3* — подъемная петля; *4* — петля для разгрузки. (Размеры в *мм*)

На палубных судах камень перевозят в контейнерах, загружаемых с эстакад самосвалами или на карьерах. На месте отсыпки контейнер поднимается плавучим краном, наклоняется и камень высыпается в постель.

Контейнеры для камня выполняются емкостью от 3 до 14 $м^3$ с саморазгружающим приспособлением. Тип контейнера емкостью 14 $м^3$ приведен на рис. 5.4.

Место отсыпки камня в постель обозначают буями, которое должно уточняться промерами для каждого прибывающего судна.

Отсыпку камня в постель с сухопутных транспортных средств производят в основном под сооружения, строящиеся вблизи берега. Для движения транспортных средств с камнем строят временные эстакады на сваях или устанавливают плавучие настилы на понтонах. Камень отсыпают через специальные люки, устраиваемые в настилах, которые по мере отсыпки постели перекрывают щитами.

В зимний период для подачи камня в постель можно использовать транспортные средства, передвигающиеся по льду. Отсыпку камня со льда производят через майны шириной до 2 *м*. По мере отсыпки камня в постель использованные майны замораживают, а для отсыпки прорубают новые.

Вес груза, который можно транспортировать по льду, принимают в зависимости от толщины льда, замеренного в натуре. При определении грузоподъемности льда рекомендуется руководствоваться табл. 5.12 (СНиП III-А. 11—70)

Отсыпку камня производят непрерывно до получения рабочего профиля. При вынужденном перерыве в этих работах перед их возобновлением необхо-

Таблица 5.12

Грузоподъемность льда

Наименьшее расстояние до кромки льда, *м*	Наименование нагрузки	Вес, *т*	Допускаемая толщина льда, *см*	
			морского	пресноводного при температуре воздуха от −1° до −20°С
5	Человек со снаряжением	0,1	15	10
19	Автомашина с грузом	3,5	30	25
25	» »	6,5	45	35
26	» »	10,0	50	40
30	Трактор с грузом	20,0	70	55
38	» »	40,0	100	95

димо гидромонитором удалить с поверхности каменной отсыпки слой грунтовых наносов (песка или ила).

Отсыпку камня в постель систематически проверяют контрольными промерами с помощью футштока, а также водолазным или телевизионным обследованием. Когда на отдельном участке постели (длиной 20—25 *м*) промерами подтвердится соответствие каменной наброски проектной отметке, приступают к ровнению постели. Ровнение может быть грубое — с допуском отклонения отметок поверхности ±20 *см*, тщательное — с допуском отклонения ±8 *см* и весьма тщательное — с допуском отклонения ±3 *см*.

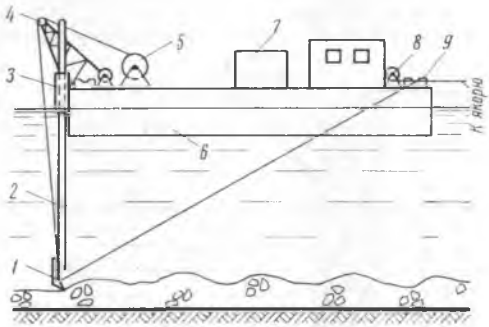


Рис. 5.5. Схема подводного планировщика треста «Новороссийскморстрой»:

1 — нож бульдозерного типа; *2* — штанги из труб ∅300 *мм*; *3* — направляющие патрубки; *4* — подъемная стрела с блоком; *5* — электрическая лебедка; *6* — понтон; *7* — помещение электростанции; *8* — швартовные электрические лебедки; *9* — кнехты

Ровнение каменных постелей больших площадей выполняют с помощью подводных планировщиков, а малых — водолазами вручную.

Планировщик треста «Новороссийскморстрой» (рис. 5.5) смонтирован на понтоне грузоподъемностью 300 *т*. В транспортном положении нож и трубы укладываются на борт понтона. При ровнении каменной постели нож опускают на заданную глубину и с помощью носовых швартовных лебедок, закрепленных тросами за мертвые 12-тонные якоря, передвигают планировщик вдоль оси постели. Обратный, нерабочий, ход планировщик осуществляет при поднятом ноже с помощью кормовых швартовных лебедок, закрепленных тросами за берег или мертвые якоря.

Планировщик треста «Балтморгидрострой» (рис. 5.6) состоит из надводной *I* и подводной *II* частей, соединенных тросами. Надводная часть представляет собой два понтона, скрепленных в виде катамарана, подводная — опорную плиту с ножом шириной 3 *м*. В транспортном положении подводная часть поднимается в крайнее верхнее положение, при котором стрела входит в прямоугольное пространство между понтонами, а плита раскрепляется к понтонам.

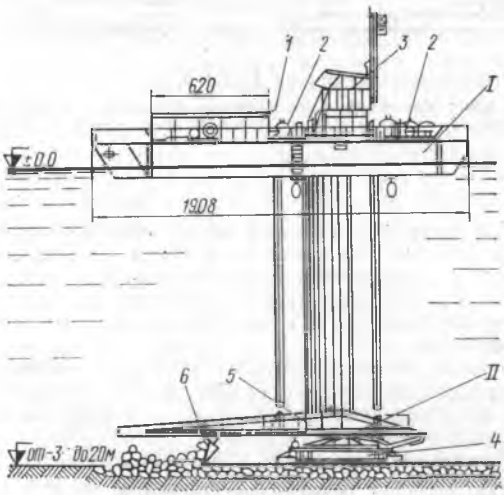


Рис. 5.6. Схема подводного планировщика треста «Балтморгидрострой»:

I — надводная часть; *II* — подводная часть; *1*—бункер для отсыпки камня; *2* — электролебедки; *3* — пульт управления; *4* — опорная плита; *5* — стрела; *6* — отвал

Для ровнения постели плавучий планировщик устанавливают в створе сооружения, раскрепляют четырьмя якорями и опускают его подводную часть на предварительно выровненную водолазами базисную площадку размером 50 $м^2$. На каменную постель, отсыпанную с недосыпом на 40—50 *см*, досыпают камень через бункер планировщика грейфером или установленным на планировщике краном и приступают к ровнению постели.

Постели выравнивают отвалом, который перемещается

по направляющим стрелы с помощью электролебедок через тросы. Перестановку планировщика на новую стоянку осуществляют при помощи 4 становых якорей и 4 лебедок с предварительным подъемом подводной части за 0,5—1,0 *м* от отметки постели.

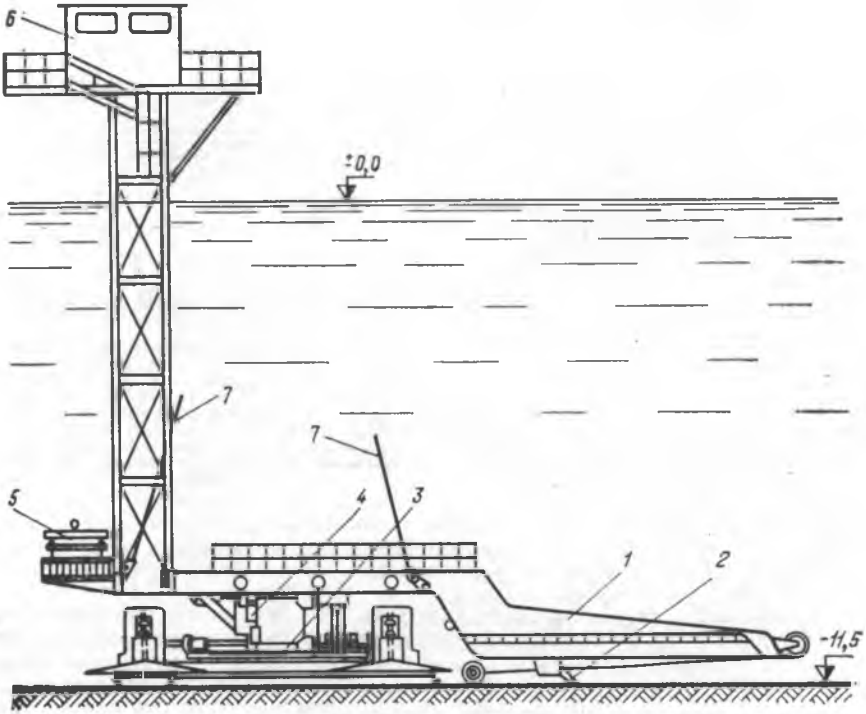


Рис. 5.7. Схема подводного планировщика ЦНИИС:

1 — стрела; *2* — отвал; *3* — поворотный круг; *4* — рама с механизмом шагания; *5* — противовес; *6* — кабина с пультом управления; *7* — стропы для подъема планировщика краном

Планировщик ЦНИИС (рис. 5.7) состоит из стрелы с механизмом планировки, рамы с механизмом шагания и кабины с системой управления. Механизм планировки включает отвал, каретку и электронный механизм контроля ровности постели. Механизм шагания служит для перемещения машины по выровненной постели. Кабина управления опирается на 4 стойки, высота которых меняется в зависимости от глубины ровнения.

Для ровнения постели планировщик устанавливают на базисную площадку, обозначенную буйками. Питание электроэнергией — с берега или от плавучей электростанции. К началу работ планировщика должна быть организована с помощью грейферного крана подсыпка камня перед отвалом.

Процесс планировки постели цикличный. Все циклы его работ повторяются на каждой стоянке. Ровнение производится повторными движениями ножа вперед и назад и поворотом стрелы. Последней операцией на каждой стоянке является запись диаграммы ровности постели самопишущим потенциометром.

Техническая характеристика планировщиков приведена в табл. 5.13.

Малые площадки постелей ровняют водолазы. При грубом ровнении постели водолаз снимает отдельные бугры и заполняет ямы, выравнивая поверхность на глаз с одновременным замером сверху глубины над наброской с помощью

футштока, имеющего в основании металлический диск диаметром 30 *см*. Если камня недостаточно, водолаз делает дополнительную подсыпку, а при излишках — выносит камень за бровку участка или собирает его в контейнер для подъема наверх.

Таблица 5.13

Техническая характеристика подводных планировщиков

Показатели	Единица измерения	Типы планировщиков		
		треста «Новороссийскморстрой»	треста «Балтморгидрострой»	ЦНИИС
Габаритные размеры:		Понтон	Понтон	—
длина	*м*	24,0	19,0	16,2
ширина	»	8,0	10,2	3,8
Вес подводной части	*т*	Нож 6,0	50,0	53,0
Максимальная глубина планирования	*м*	20,0	20,0	11,5
Установленная мощность . .	*квт*	80	150	30
Скорость планирования . . .	*м/мин*	3—4,0	3—5,0	3—5,0
Точность планирования . . .	*см*	±10—15	±5—8	±5—8
Производительность средняя	*м²/смену*	200	120	120
Условия работы:				
сила ветра до	баллы	5	5	5
волнение моря до	»	2	1	3

Тщательное и весьма тщательное ровнение постели водолазы выполняют с помощью металлической рамы с винтовыми домкратами, а при ровнении небольших площадей (100—200 *м²*) применяют направляющие рейки.

Перед началом работ водолаз на границе ровнения через 10—15 *м* устанавливает подводные маяки, по которым натягивает разбивочный трос, являющийся ориентиром для установки металлической рамы или направляющих реек. Металлическую раму опускают плавучим краном на постель в обозначенное вешками место. Плановое положение рамы проверяют на каждом углу с помощью футштока, устанавливаемого водолазом, а высотное положение — устанавливают по нивелиру с помощью домкрата. После этого водолаз подклинивает камнем углы и середину продольных балок и начинает планировать поверхность постели под основание поперечной балки. Для ровнения следующего участка раму устанавливают одним концом на выровненный участок, а другим на следующую полосу ровнения, что гарантирует от образования уступов между участками ровнения.

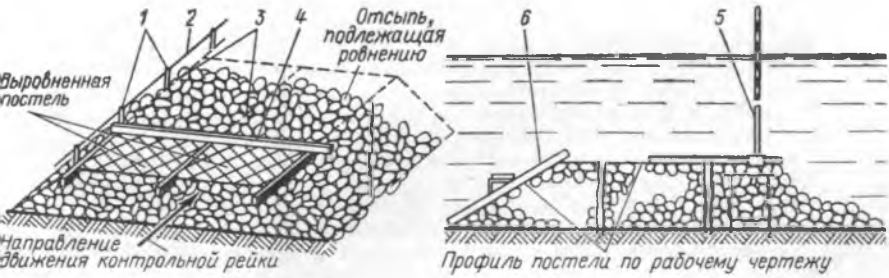


Рис. 5.8. Ровнение постели по направляющим рейкам:

1 — маяки; *2* — разбивочный трос; *3* — направляющие рейки; *4* — передвижная контрольная рейка; *5* — футшток с поддоном; *6* — контрольная рейка с уровнем

Для ровнения постели с помощью направляющих реек (рис. 5.8) водолаз сначала устанавливает по разбивочному тросу одну рейку, потом вторую — параллельно первой с помощью контрольной рейки. Для наклонных постелей направляющие рейки укладывают с помощью угломера или ватерпаса, закрепленного на клинообразной планке, имеющей заданный угол наклона.

В качестве реек используют рельсы узкой колеи. Длину контрольной рейки и расстояние между направляющими рейками рекомендуется брать равными 5—6 *м*. Высотное положение направляющих реек проверяют по нивелиру с помощью футштока, устанавливаемого на рейки. После окончательной установки реек их тщательно закрепляют — концы реек обсыпают камнем.

Ровнение постели выполняют два водолаза, передвигая по направляющим рейкам контрольную поперечную рейку, низ которой фиксирует предельное верхнее очертание выравниваемой поверхности. Передвигая контрольную рейку, водолазы или снимают камни, препятствующие ее передвижению, или, наоборот, заполняют камнем обнаруженные впадины под рейкой. Если впадины не глубокие, их заполняют мелким камнем, специально подаваемым сверху. Укладка мелкого камня по всей площади поверхности постели не допускается.

Законченное тщательное и весьма тщательное ровнение каменной постели проверяют контрольным нивелированием по сетке 2×2 *м*, а также производят контрольное водолазное обследование, которым определяют:

пересыпы и недосыпы камня, местные оползни, вымоины в откосах и занленность поверхности постели;

ширину основания постели промерами по поперечникам, разбитым через 5,0 *м*;

поперечный уклон поверхности постели и наклон откосов.

Ширину постели водолаз определяет по меткам мерительного троса, закрепленного за маяки, а поперечный уклон поверхности — нивелированием по футштоку, установленному на край рейки, уложенной поперек постели. Наклон откосов проверяют угломером или ватерпасом, установленным на рейку.

Виброуплотнение подводных каменных постелей

Виброуплотнение подводных каменных постелей производится путем передачи на уплотняемый слой вертикальных виброударных колебаний через жесткий штамп-башмак с помощью специального агрегата — виброуплотнителя подводных каменных постелей (рабочий проект ПКБ Черноморгидростроя и ПКБ ЦНИИС), показанного на рис. 5.9.

Техническая характеристика виброуплотнителя:

Понтон

Длина наибольшая $L_{нб}$	18,92 *м*
Ширина наибольшая $B_{нб}$	11,52 *м*
Высота борта расчетная H	2,00 *м*

Вибросистема

Максимальный уровень воды от поверхности постели	14,5 *м*
Минимальный уровень воды от поверхности постели	3,75 *м*
Площадь основания башмака	10 $м^2$
Вес вибросистемы на воздухе	75,5 *т*
Вес вибросистемы, установленной на постели с отметкой верха последней, равной —14,5 *м*	37,0 *т*
Марка вибропогружателя	ВПМ -170
Марка виброударостойкого электродвигателя $N=100$ *квт*	ВМТ -7
Производительность установки по уплотнению грубо выровненной поверхности постели	100$м^2$/*смену*

В тех случаях, когда проектом предусмотрено виброуплотнение подводной каменной постели, она отсыпается со строительным подъемом 5—20% от проектной высоты в зависимости от характера основания, прочности камня и пер-

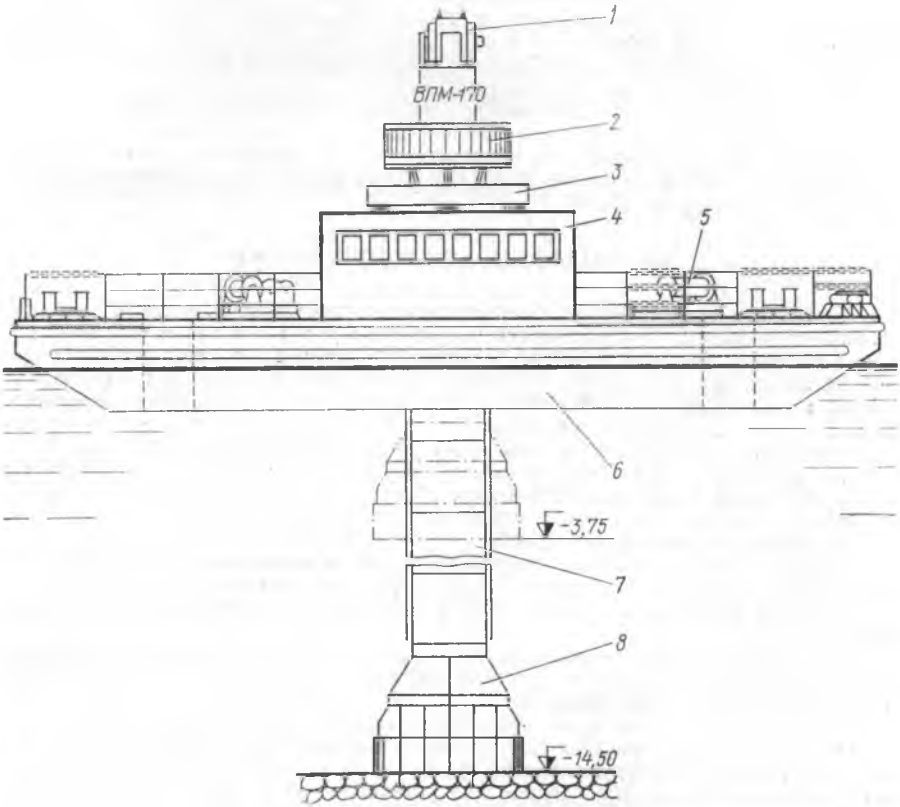


Рис. 5.9. Схема виброуплотнителя подводных каменных постелей:
1 — вибратор; *2* — рабочая площадка; *3* — подъемное устройство; *4* — помещение пульта управления; *5* — папильонажные лебедки; *6* — понтон; *7* — стальная пустотелая колонна; *8* — башмак

воначальной пористости постели. Окончательно значение строительного подъема устанавливается после пробного виброуплотнения постели. Предельно возможная толщина уплотняемого слоя каменной постели 4 *м*. При этом осадка свежеотсыпанной постели во время виброуплотнения должна составлять не менее 5—8% от толщины уплотняемого слоя. Поверхность каменной постели уплотняется на всю ширину, включая и бермы кроме полос шириной не более 1,5 *м*, непосредственно примыкающих к бровкам постели. При каждой очередной установке башмака виброуплотнителя на поверхности постели он должен перекрывать ранее уплотненный участок не менее чем на 20 *см*.

Величина осадки виброуплотнителя на последней минуте его работы при очередной установке задается проектом. Виброуплотнение поверхности каменной постели в пределах одной секции должно быть равномерным. Возможно, при соответствующем обосновании, виброуплотнение, пропорциональное расчетной эпюре напряжений по подошве сооружения. Точность ровнения поверхности постели до ее виброуплотнения должна быть ± 20 *см*. Нивелировка поверхности каменной постели до и после виброуплотнения производится через 1 *м* в поперечном и 2 *м* в продольном направлениях. После виброуплотнения постели досыпать в нее камень можно только для выравнивания слоем не более 30 *см*.

Данные по виброуплотнению подводной каменной постели записывают в специальном журнале. Тщательному и весьма тщательному ровнению каменной постели и установке массивов на секции должно предшествовать виброуплотнение каменной постели на прилегающих к этой секции смежных участках длиной не менее пяти толщин постели в данном месте.

Применение механического способа уплотнения подводных каменных постелей предотвращает возникновение значительных осадок, уклонов и смещений возводимых на них сооружений, повышает их сейсмостойкость, на 30—40% сокращает сроки строительства портовых сооружений гравитационного типа и удешевляет стоимость работ.

§ 6. ПОДВОДНОЕ БЕТОНИРОВАНИЕ

Подводное бетонирование, без применения водоотлива, применяют при устройстве и ремонте подводных частей гидротехнических сооружений, при заполнении внутренних полостей оболочек и полости уширений, разбуренных в основании оболочек, при закреплении оболочек в скважинах, пробуренных в скале под водой, а также при устройстве плит низких ростверков и устройстве водозащитных подушек в опускных колодцах.

Подводное бетонирование выполняют одним из следующих способов:

а) способом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ);

б) методом восходящего раствора (ВР);

в) методом втрамбования с берега или с «островка»;

г) укладкой бетона в мешках.

Способ подводного бетонирования выбирают в зависимости от конструктивных особенностей сооружения и глубины укладки бетона.

Хорошее качество подводного бетона получают при выполнении следующих требований:

бетонную смесь укладывают по возможности без соприкосновения с водой;

состав бетона подобран с расчетом необходимой его прочности, долговечности, подвижности и связанности;

бетонирование отдельного блока проведено без перерыва;

укладка бетона проведена под систематическим водолазным контролем.

При устройстве сооружений под водой методом подводного бетонирования на предварительно спланированное дно устанавливают ограждающую опалубку из инвентарных щитов и закрепляют ее за упорные стойки, сваи или шпунтовый ряд. Вид и конструкция опалубки указываются в проекте.

Швы между щитами тщательно проконопачивают. Через верх опалубки не должна переливаться вода наивысшего горизонта при волнении до 3 баллов. Основное требование к конструкции щитов опалубки — наибольшая простота их установки и разборки под водой.

Подготовленное подводное основание и установленную опалубку (за два часа до начала укладки бетона) принимает заказчик с составлением акта, разрешающего производство работ.

Опалубку разбирают по достижении бетоном прочности: 25 *кГ/см*^{2} и более — если сооружение не подвергается воздействию волн и сразу не нагружается; 100% — если сооружение сразу же подвергается нагружению.

Метод вертикально перемещаемой трубы

Способ вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) является одним из лучших и наиболее распространенных способов подводного бетонирования. Этим способом производят бетонирование при глубинах воды от 1,0 до 50 *м*.

Сущность укладки бетона способом ВПТ (рис. 5.10) заключается в использовании стальной трубы для подачи готовой литой бетонной смеси к месту укладки через толщу воды в условиях, исключающих воздействие воды на смесь. Бетонная смесь движется по трубе под давлением столба бетона высотой $h+H+t$ и заполняет бетонируемое пространство, вытесняя из него воду. По мере подъема уровня смеси в бетонируемой конструкции трубу перемещают вертикально вверх, оставляя нижний ее конец постоянно заглубленным в смесь на

глубину t, что предохраняет от соприкосновения с водой последующие порции бетона, поступающие через трубу.

В зависимости от типа бетонируемой конструкции и ее размеров бетонную смесь подают через одну или несколько n руб. Трубы размещают в плане так, чтобы каждая точка бетонируемой конструкции была в радиусе действия трубы. Радиус зоны действия трубы определяют по формуле:

$$R \leqslant 6KI, \qquad (5.4)$$

где R — радиус зоны действия бетонолитной трубы, *м* (должен быть не более 6,0 *м*);

K — показатель сохранения подвижности смеси, *ч* (должен быть не менее 0,7 *ч*);

I — интенсивность бетонирования по высоте, *м/ч* (должна быть не менее 0,3 *м/ч*).

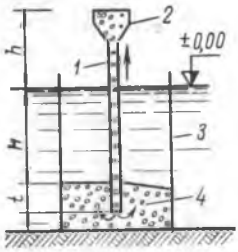


Рис. 5.10. Подводное бетонирование способом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ):

1 — бетонолитная труба; *2* — воронка; *3* — ограждающая опалубка; *4* — бетонная смесь

Показатель K определяют по графику зависимости подвижности смеси от времени (рис. 5.11), построенному по результатам последовательных измерений осадки конуса через 30, 60 и 90 *мин*, трех проб бетонной смеси, сохраняемых под водой в условиях укладки подводного бетона. Этот показатель соответствует промежутку времени, в течение которого смесь от момента приготовления до момента укладки на место сохраняет свою подвижность, оцениваемую осадкой конуса 14—15 *см*.

Величина заглубления низа трубы в укладываемую бетонную смесь определяется из выражения

$$t = 2KI \text{ м}. \qquad (5.5)$$

Минимальное заглубление трубы в смесь в течение всего времени бетонирования должно быть не менее 0,8 *м* для глубины до 10 *м* и 1,2 *м* — для глубины более 10 *м*. Верх бетона в трубе должен возвышаться над уровнем воды не менее чем на величину h, определяемую по формуле

$$h = R - 0{,}6\ H \text{ м},$$

где H — высота воды над уровнем укладываемого бетона, *м*.

Верх подводного бетона следует доводить до отметки, превышающей проектную на 1—1,5%, и после достижения бетоном прочности 25 *кГ/см²* удалять верхний слабый слой бетона.

Гранулометрический состав заполнителей для подводного бетонирования применяют в пределах, приведенных в табл. 5.14.

Применение таких заполнителей обеспечивает необходимую подвижность и связность смеси при расходе цемента 300—350 *кг* на 1 *м³*, а введение воздухововлекающих или пластифицирующих добавок снижает расход цемента на 8—10%. При использовании добавок получают литую бетонную смесь с водо-цементным отношением 0,55—0,65 и прочностью бетона 200—300 *кГ/см²*, при объемном весе 2,35—2,45 *т/м³*. При подборе состава подводного бетона его марка назначается на 10% выше предусмотренной в проекте.

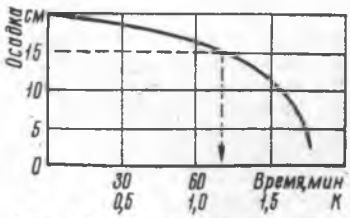


Рис. 5.11. График зависимости подвижности смеси от времени

Связность бетонной смеси характеризуется величиной водоотделения, которое оценивают по количеству воды $V_в$, выделенной из бетонной смеси в течение 2 *ч* спокойного ее отстаивания в закрытом водонепроницаемом сосуде к объему бетона $V_б$, т. е. по выражению

$$\Delta B = \frac{V_в}{V_б}. \qquad (5.6)$$

Рекомендуется смесь с относительным водоотделением $\Delta B = 0{,}012 \div 0{,}020$.

Таблица 5.14

Гранулометрический состав заполнителей

Заполнитель	Полный остаток на ситах, % , при размерах отверстий сит, *мм*					
	$d_{макс}$	0,5 $d_{макс}$	5	1,2	0,3	0,15
Мелкий	—	—	—	60—70	85—95	90—97
Крупный . . .	0—10	20—40	40—60	—	—	—

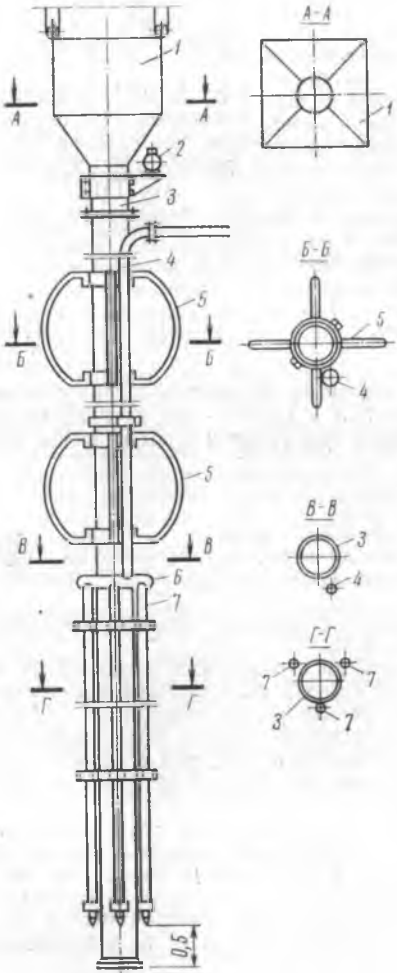


Рис. 5.12 Бетонолитная труба:

1 — воронка; *2* — вибратор; *3* — бетонолитная труба; *4* — водопроводящая труба; *5* — направляющие фонари; *6* — водоразводящее кольцо; *7* — подмывные трубы

Для подачи бетона используют трубы диаметром 250—300 *мм* из листовой стали толщиной 4—5 *мм*, составляемые из отдельных звеньев. Верхнюю часть трубы, присоединяющейся к воронке, собирают из звеньев длиной 1—2 *м*, а длину нижнего звена выбирают из условия удобства транспортировки и монтажа. Трубы соединяют между собой фланцево-болтовыми стыками с водонепроницаемыми прокладками.

Для первоначального заполнения трубы бетонной смесью применяют предохранительные пробки различных конструкций и материалов (стальные, деревянные, из мешковины, пакли и др.), которые исключают их заклинивание в трубе и предохраняют первую порцию бетонной смеси от соприкосновения с водой в процессе ее движения по трубе. Наибольшее распространение получили стальные пробки.

Для подвешивания трубы применяют инвентарный подъемник.

Бетонирование полости оболочек, скважин и уширений производят через одну трубу (рис. 5.12) диаметром 300 *мм*, имеющую приемную воронку, вибратор, направляющие фонари для центрирования трубы в оболочке и подмывные трубки для промывания полости оболочки или скважины и уширения перед укладкой бетона. Промывку производят под давлением до 10 *ати* при расходе воды 150—300 $м^3/ч$ в течение 5—15 *мин* до исчезновения остатков разбуренной породы, что определяют по цвету воды, переливающейся через край оболочки.

Бетонирование ведут при непрерывной подаче бетонной смеси в трубу. Перерыв при бетонировании не должен превышать время, равное показателю сохранения подвижности смеси *К*. В противном случае к укладке нового бетона можно приступить лишь после достижения бетоном прочности 20—25 $кГ/см^2$ и расчистки его поверхности от шлама и слабого бетона на глубину 15—20 *см*.

Метод восходящего раствора

Метод восходящего раствора (ВР) является методом раздельного бетонирования, при котором в водное пространство, огражденное опалубкой, сначала загружают камень или крупный щебень, а затем по металлическим трубам диаметром 50—100 *мм* подают цементный раствор, который проникает в пустоты между камнем или щебнем (рис. 5.13).

Для загрузки применяют однородный по величине камень размером от 150 до 400 *мм* или щебень крупностью от 40 до 150 *мм*. Во избежание заиливания и обрастания камня его загружают за 1—2 дня до заливки раствора. Трубы для обеспечения их свободного подъема устанавливают в ограждающие металлические каркасные шахты. Расстояние между заливными трубами принимают с учетом радиуса растекания раствора, который зависит от крупности наброски. Величина этого радиуса колеблется от 1,5 до 3,0 *м*. В наброске из однородного камня раствор растекается с уклоном 1:5, а в щебне — с уклоном 1:2. Для создания напора загрузочная воронка возвышается над уровнем воды на высоту, определяемую в зависимости от глубины воды по табл. 5.15.

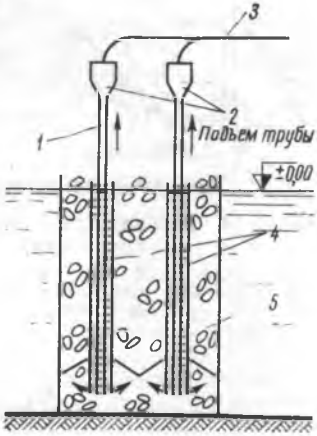


Рис. 5.13. Схема подводного бетонирования по методу восходящего раствора (ВР):

1 — труба для подачи раствора; *2* — приемный бункер; *3* — растворопровод; *4* — ограждающие шахты; *5* — каменная наброска

При заливке раствора без ограждающих каркасных шахт воронку над водой поднимают на 5,0 *м* и более. В блоках высотой до 2,0 *м* применяют неподвижные трубы, которые остаются в сооружении. Нижние выходные концы труб располагают на 10—12 *см* выше основания бетонируемого элемента. В блоках высотой более 2,0 *м* подвижные трубы первоначально приподнимают над основанием на 5—10 *см*, и после соединения конусов разлившегося раствора (см. рис. 5.13) начинают постепенно поднимать выше, но величина их заглубления в растворе должна оставаться не менее 0,8 *м*.

Интенсивность подачи раствора в сооружение должна быть не менее 0,2 $м^3/ч$ на 1 $м^2$ его площади. Раствор для заливки приготовляют в растворомешалках и растворонасосом по трубам подают в приемные бункера заливных труб (см. рис. 5.13). Для качественного бетонирования методом ВР применяют заполнитель с объемом пустот 40—50% и цементный раствор состава 1:1 или 1:2 с $В/Ц=0{,}65\div0{,}85$ и расходом цемента не ниже марки 300 до 300—370 *кг* на 1 $м^3$ сооружения или 500—750 *кг* на 1 $м^3$ раствора. При бетонировании щебеночного заполнителя применяют цементное тесто с $В/Ц\approx1{,}0$. Для экономии цемента в цементное тесто вводят мелкомолотые пластифицирующие добавки.

Бетонирование методом втрамбовывания

Этот способ применяют для устройства подводных оснований на отлогих каменных берегах и при восстановлении поврежденных берегоукрепительных сооружений на мелководье, а также при бетонировании низких ростверков и других подобных конструкций. Он применим при глубинах не более 2,0 *м* и на хорошо защищенной от волнения акватории.

Таблица 5.15

Возвышение загрузочной воронки над уровнем воды

Величина возвышения воронки, *м*	Глубина воды над раствором, *м*
2,5	0—2,0
1,5	3,0—5,0
0,5	6,0 и более

Бетон укладывают с берега от уреза воды или с созданного бетонного «островка». Сущность способа (рис. 5.14) заключается в том, что последующие порции бетона укладываются и втрамбовываются в ранее уложенные, но еще не схватившиеся порции бетона. Поэтому с водой соприкасается откос бетона, перемещающийся по направлению бетонирования, а втрамбовываемая бетонная смесь остается изолированной от воздействия воды. Вновь поданный бетон втрамбовывается в первоначально уложенный слой глубинными вибраторами. При такой укладке расстояние от края откоса до вновь уложенного бетона должно быть равным 0,3—0,4 *м*. Марку бетона назначают на 20% выше требуемой для бетонируемого элемента с осадкой конуса 7—10 *см*. Бетонирование ведут в один прием без перерыва с равномерной интенсивностью, обеспечивающей сохранность зоны схватывающего бетона.

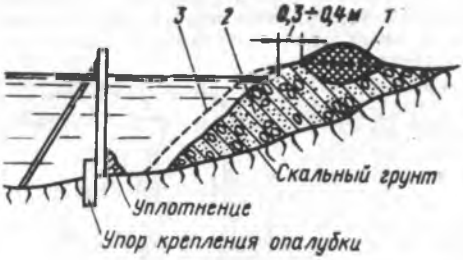


Рис. 5.14. Бетонирование методом втрамбовывания:

1 — укладываемый бетон; *2* — ранее уложенный бетон; *3* — соприкасающийся с водой откос бетона

Укладка бетона в мешках

Данный способ подводного бетонирования применяют в аварийных случаях и при устройстве временных подводных сооружений, при выравнивании скального основания и устройстве ограждения и в других подобных конструкциях, которые не требуют однородного монолитного бетона.

Используют мешки вместительностью 20—30 *л* бетонной смеси из прочной, но редкой ткани, через которую свободно проникает цементный раствор. На берегу мешки заполняют на две трети объема бетонной смесью с осадкой конуса 2—5 *см*, завязывают и подают краном водолазу. Вес каждого мешка не должен превышать 50 *кг*. Мешки укладывают широкой плоскостью, плотно один к другому, с соблюдением перевязки швов.

В процессе укладки подводного бетона перечисленными способами ведется обязательный контроль за качеством бетонной смеси, режимом подводного бетонирования и качеством бетонной кладки в соответствии с требованиями СНиП III-В.1—70.

О процессе укладки подводного бетона ведут записи в специальном журнале, в котором отражают данные по бетону и режиму бетонирования. Уровень бетонной смеси в сооружении, укладываемой способом ВПТ, по которому контролируют величину заглубления трубы в бетон, проверяют отвесом с плоским диском на конце диаметром 12 *см*.

§ 7. СВАРКА И РЕЗКА МЕТАЛЛА ПОД ВОДОЙ

Подводная сварка и резка металла возможны только постоянным током как в пресной, так и в морской воде и на всех глубинах, доступных водолазу.

Подводная сварка

Возможна лишь электродуговая сварка металла под водой. Подводная сварка осуществляется при прямой полярности электрода. Электрод — материал для образования сварочного шва — включается в электрическую цепь последовательно. Схема сварочной цепи показана на рис. 5.15.

Для сварки металла под водой необходимо иметь такой источник тока, который мог бы обеспечить напряжение холостого хода не менее 70 *в* и ток по-

рядка 350—400 *а*. Таким источником тока являются различные сварочные машины постоянного тока. Рекомендуется использовать однопостовой сварочный агрегат типа ПАС-400-VI или ПАС-400-VIII, который состоит из сварочного генератора постоянного тока СГП-3-VI и двигателя ЗИЛ-120, смонтированных на общей металлической раме.

Для подводной сварки применяют специальный электродержатель типа ЭПС-2. Кабели применяются марки НРШМ сечением 50—70 *мм*². На сварочном кабеле рядом с водолазом, стоящим у телефона, устанавливается однополюсный рубильник закрытого типа, с помощью которого только по команде водолаза-сварщика включают и выключают сварочный ток.

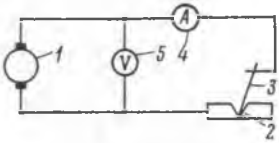


Рис. 5.15. Схема сварочной цепи:

1 — источник тока; *2* — свариваемый металл; *3* — электрододержатель; *4* — амперметр; *5* — вольтметр

Для защиты глаз водолаза от вредного воздействия электрической дуги иллюминатор или смотровое стекло должны быть закрыты светофильтром.

Применяются электроды длиной 350—450 *мм*, диаметром 4—5 *мм*, покрытые специальной обмазкой толщиной 0,8—1,2 *мм*. При ответственной сварке рекомендуется применять электроды марки ЭПС-5 (электроды для подводной сварки № 5), для менее ответственных работ можно пользоваться электродами марки ЭПС-52.

В зависимости от расположения в пространстве сварные швы делятся на нижние, вертикальные и потолочные. Наклон шва от горизонтальной плоскости нижних швов 0—60°, вертикальных 60—120° и потолочных 120—180°.

Для сварки металла под водой применяются в основном стыковые сварные соединения внахлестку. При этих соединениях кромка листа служит водолазу-сварщику направляющей, которая облегчает ему выдерживать направление шва. При толщине свариваемого металла до 8 *мм* сварку выполняют однослойным швом, а свыше 8 *мм* — шов должен состоять из двух слоев или более.

Режим электросварки под водой приведен в табл. 5.16.

Таблица 5.16

Режим подводной электросварки

Виды работ	Толщина металла, *мм*	Диаметр электрода, *мм*	Сварочный ток, *а*
Заварки трещин без разделки . . .	3—5	4	200—220
То же	6—8	5	250—270
»	Более 8	5	270—300
То же с разделкой	6—8	4	200—220
» »	Более 8 (1 слой)	4	220—240
» »	(2 слой)	5	250—300
Выплавка поверхности	4—6	4	200—240
» »	6—12	5	250—300
» »	Более 12	6	300—380
Сварка листов	4—6	4	200—230
» »	6—10	5	200—230
» »	Более 10 (1 слой)	5—6	250—300
» »	(2 слой)	5—6	300—400
Прихватка листов	6 и более	4	200—230

Примечание. При вертикальных и потолочных швах величину сварочного тока следует уменьшать на 10—15%.

Величину сварочного тока также можно определить по приближенной формуле

$$I = Kd, \qquad (5.7)$$

где I — величина сварочного тока, *а*;

K — коэффициент пропорциональности; для нижних швов $K=50\div60$, для вертикальных и потолочных $K=40\div50$;

d — диаметр электрода, *мм*.

Качество подводной сварки проверяет водолазный специалист или водолаз 1-го класса внешним осмотром, а также по фотографиям или через подводную телеустановку. Результаты осмотра оформляются актом, а обнаруженные дефекты сварных швов (пропуски, подрезы и сквозное проплавление) устраняют наложением дополнительных швов, наплавкой валиков или заваркой.

Подводная резка

Резка металла под водой производится электродуговым и электрокислородным способами. При *электрической дуговой резке* используются оборудование и электроды, применяемые при подводной сварке. Электродуговая резка рекомендуется при разделке металла толщиной до 30 *мм*. Для подбора режима электродуговой резки металла под водой рекомендуется руководствоваться табл. 5.17.

Таблица 5.17

Режимы электродуговой резки под водой

Толщина металла, *мм*	Диаметр электрода, *мм*	Величина тока, *а*
До 8	5	400
8—10	5	500
10—15	5	600
15—20	6	700
20—30	6	800
30—40	7	900

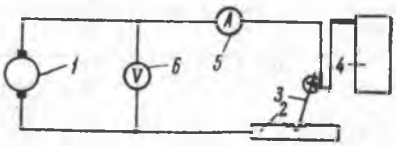


Рис. 5.16. Схема электрокислородной резки:

1 — источник тока; *2* — металл резки; *3* — электрододержатель; *4* — кислородный баллон; *5* — амперметр; *6* — вольтметр

Для резки металла толщиной свыше 30 *мм* применяется *электрокислородный способ*. Схема электрокислородной резки показана на рис. 5.16. Для такой резки применяют электрододержатель типа ЭКД-4, который обеспечивает подвод сварочного тока к электроду и режущего кислорода к месту реза. Для резки данным способом применяются трубчатые металлические электроды типа ЭПР-1 диаметром 8 *мм*, покрытые специальной обмазкой толщиной 1—1,2 *мм*.

Для определения режима подводной электрокислородной резки рекомендуется руководствоваться табл. 5.18.

При резке пакетных конструкций без прокладок режим выбирают как для резки сплошного металла, но по толщине пакета и с увеличением величины тока и давления кислорода на 20—30%.

Одним из эффективных способов резки металла под водой является резка с помощью бензино-кислородной установки подводной резки (БУПР). Этим способом можно резать металл толщиной до 100 *мм* на глубине до 40 *м*. Схема установки изображена на рис. 5.17.

Для подбора режима подводной бензино-кислородной резки рекомендуется руководствоваться табл. 5.19.

Качество подводной резки проверяют внешним осмотром с обследованием линии реза щупами толщиной 3—4 *мм*. Результаты осмотра оформляют актом.

Таблица 5.18

Режимы подводной электрокислородной резки

Толщина металла, *мм*	Величина тока, *а*	Рабочее давление кислорода, *кГ/см²*
До 10	200	1,5—2,0
10—15	220	2,0—3,0
15—20	250	3,0—4,5
20—30	275	4,5—5,5
30—40	300	5,5—6,0
40—50	320	6,0—6,5
50—60	350	6,5—7,0
60—80	350	7,0—9,0
80—100	350	9,0—11,0

Примечание. Таблица составлена для вертикального и горизонтального положения реза на глубине 5 *м* при длине кислородного шланга 30 *м*. Давление кислорода должно быть повышено в следующих случаях: при резке снизу вверх—на 20—30 %; увеличении глубины свыше каждых 10 *м*—на 1 *кГ/см²*; увеличении длины шланга свыше каждых 30 *м*—на 1,75 *кГ/см²*.

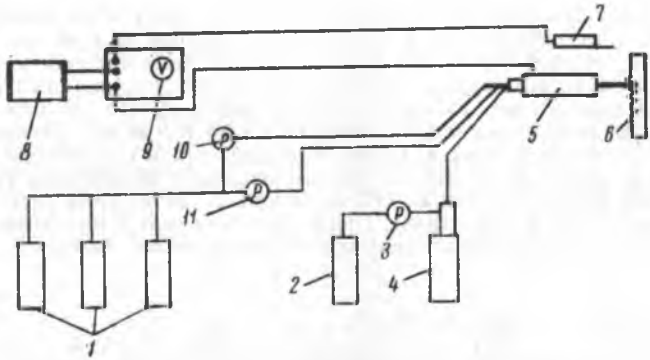


Рис. 5.17. Схема бензино-кислородной резки (БУПР):
1 — кислородный баллон; *2* — азотный баллон; *3* — редуктор азота; *4* — бензиновый баллон; *5* — резак; *6* — металл резки; *7* — зажигалка; *8* — аккумулятор; *9* — вольтметр; *10* — редуктор режущего кислорода; *11* — редуктор подогревательного кислорода

Таблица 5.19

Режимы подводной бензино-кислородной резки

Толщина металла, *мм*	Рабочее давление кислорода, *кГ/см²*		Рабочее давление бензина, *кГ/см²*
	на резку	на подогрев	
10	7	7	6
20	9	7	6
30	9	7,5	6
40	10	9	8
50	11	9	8
60—70	12	10	9
80—90	13	10	9
100	14	10	9

Примечание. Таблица составлена для вертикального и горизонтального положения реза на глубине 5 *м* при длине кислородного и бензинового шлангов по 30 *м*. Давление кислорода и бензина должно быть повышено в следующих случаях: при резке снизу вверх—на 15—20 %; увеличении глубины свыше каждых 10 *м*—на 1 *кГ/см²*; увеличении длины шланга свыше каждых 30 *м*—на 1,75 *кГ/см²*.

Глава VI. ПОГРУЖЕНИЕ СВАЙ И ОБОЛОЧЕК

§ 1. КОНСТРУКЦИЯ СВАЙ

Деревянные сваи

Существует три типа деревянных свай: целые — из одного бревна, сращенные по длине из двух бревен и пакетные, сплоченные из трех-четырех бревен как по длине, так и в поперечном сечении. Сваи изготавливаются из леса хвойных пород I и II категории, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 9463—60. Для свай временных сооружений можно использовать лес III категории.

Одиночные сваи заготовляют длиной от 4,5 до 16,0 *м* при диаметре в верхнем отрубе от 18 *см* и более. С бревен, отобранных для изготовления свай, снимают кору, сучья и наросты (без обтески на цилиндр). Верх бревна срезают перпендикулярно продольной оси со снятием фаски и постановкой бугеля. Нижний конец заостряют на 3 или 4 грани. При погружении сваи в щебеночные и гравелистые грунты на конец сваи надевается сварной стальной башмак (рис. 6.1).

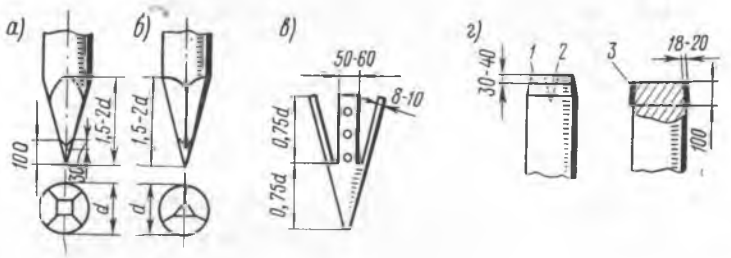


Рис. 6.1. Обработка острия и головы деревянных свай:
а — на четыре канта; *б* — на три канта; *в* — башмак; *г* — обработка головы; *1* — стальной диск; *2* — глухарь; *3* — стальной бугель. (Размеры в *мм*)

При отсутствии бревен требуемой длины сваи могут быть состыкованы из двух бревен. Торцы их плотно пригоняют друг к другу и между ними забивают стальной штырь. Бревна в месте стыка обтесывают на 4 канта, а стык перекрывают четырьмя стальными уголковыми или деревянными брусчатыми накладками на болтах (рис. 6.2).

Бревна в свае стыкуются как вершина к комлю, так и комлями друг к другу. Размеры элементов стыка приведены в табл. 6.1.

При отсутствии бревен необходимого диаметра или для создания более мощных деревянных свай применяются пакетные сваи из трех бревен (рис. 6.3). Пакетные сваи изготовляют длиной до 20—25 *м*. Стыки бревен делают вразбежку на расстоянии не менее 1,5 *м* друг от друга и перекрывают стальными уголковы-

ми накладками на болтах. Головы пакетных свай обрабатывают под тип применяемого молота, а концы заостряют и заделывают в сварной стальной башмак.

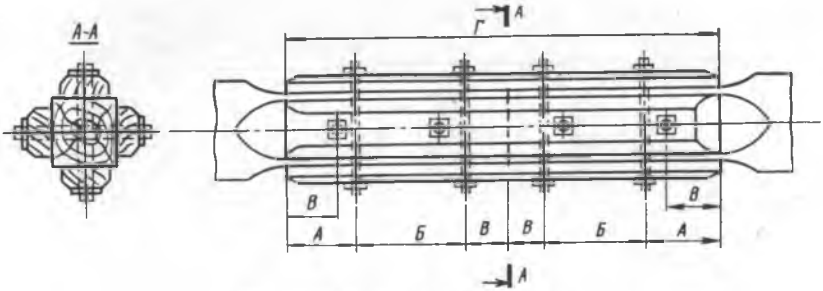


Рис. 6.2. Стык деревянных свай

Таблица 6.1

Размеры элементов стыка срощенных свай

Наименьший диаметр бревна в стыке, *см*	Обработка сечения в стыке, *см*	Накладки		Болты		Размеры по рис. 6, 2, *см*			
		деревянные, *см*	стальные уголковые, *мм*	Диаметр, *мм*	Количество, шт.	А	Б	В	Г
20	16×16	12×5	75×75×8	16	8	18	20	12	100
22	18×18	12×5	75×75×8	16	8	18	20	12	100
24	19×19	12×6	75×75×8	16	8	18	20	12	100
26	21×21	14×6	75×75×10	18	8	21	25	14	120
28	22×22	14×6	75×75×10	18	8	21	25	14	120
30	24×24	16×7	80×80×10	20	12	24	2×20	16	160
32	26×26	16×7	80×80×10	20	12	24	2×20	16	160
34	28×28	16×7	80×80×10	20	12	24	2×20	16	160

Основные размеры пакетных свай из трех бревен приведены в табл. 6.2, величины допусков при изготовлении свай — в табл. 6.3.

Рис. 6.3. Сплоченная деревянная свая. (Размеры в *см*, поперечный разрез в *мм*)

Таблица 6.2

Размеры пакетных свай из трех бревен

Диаметр составляющих бревен, *см*	Площадь сечения, *см²*	Периметр, *см*	Расход круглого леса на 1 *пог. м* сваи, *м³*	Эквивалентный диаметр одиночной сваи (по площади сечения (по периметру), *см*
18	730	1120	0,10	30/36
20	900	1250	0,12	34/40
22	1090	1370	0,14	37/43
24	1295	1500	0,17	40/47
26	1530	1620	0,20	44/51

Таблица 6.3

Допуски при изготовлении деревянных свай

Характер отклонения	Допуск, *мм*	Характер отклонения	Допуск, *мм*
Диаметр (в верхнем отрубе)	—20	Кривизна (стрелка) наибольшая	10
Длина острия	±30	Наклон верхней плоскости среза к плоскости, перпендикулярной к оси сваи . . .	$\frac{1}{100}$
Смещения центра острия от продольной оси	10		

Данные по деревянным шпунтовым сваям приведены в главе XII.

Стальные сваи

Стальные сваи изготовляют в виде труб диаметром от 300 до 1500 *мм* с закрытыми и открытыми концами и прокатного профиля в виде обычных и широкополочных двутавров. Их применяют в тяжелых грунтовых условиях при наличии камней и скальных прослоек, где требуется использование тяжелых молотов, а также при постройке временных сооружений, когда необходима многократная оборачиваемость свай.

У двутавровых свай не заостряют концы. Их наращивают сваркой впритык или с применением накладок.

Трубчатые сваи погружаются как с закрытыми (диаметром до 600—800 *мм*), так и с открытыми (диаметром более 800 *мм*) концами. Наконечник изготовляется 6—8-гранным длиной, равной 1—1,5 диаметра трубы, толщиной, равной толщине стенки трубы, к которой приваривается по всему контуру.

Стыки трубчатых свай применяются двух типов:

1) стык впритык электросваркой с обработкой концов труб фаской под углом 45°;

2) стык с внутренним патрубком. Внутрь трубы вводят патрубок из трубы меньшего диаметра, который с одной стороны приваривают кольцевым швом, а с другой — электрозаклепками. Длина патрубка — два диаметра трубы. Стыки должны быть равнопрочны целому сечению трубы. Сортамент стали для круглых и двутавровых свай и по стальному шпунту приведен в приложении 4.

Железобетонные сваи

Квадратные железобетонные ненапряженные сваи изготовляют сечением от 20×20 до 40×40 *см*. В продольном направлении сваи армируют 4 или 8 стержнями. Голову сваи армируют 3—5 сетками с ячейкой 5 *см*. Продольные стержни не должны доходить до верха сваи на 3—5 *см*. Продольная арматура крепится поперечными хомутами или спиралью с шагом у головы и острия 100 *мм* на протяжении 1,0 *м*, а в остальной части сваи с шагом 150—200 *мм*.

Таблица 6.4

Технические характеристики железобетонных свай квадратного сплошного сечения

Сечение сваи, *см*	Длина, *м*	Объем бетона, *м*³	Вес, *т*	Рабочая арматура, *мм*	Количество стали, *кг/м*³	
					Всего	В том числе Кл. А-III
			Ненапряженные (обычные)			
20×20	4	0,16	0,4	4×12	150	—
	5	0,20	0,5	4×12	140	—
	6	0,24	0,6	4×12	140	—
	7	0,28	0,7	4×12	135	—
25×25	4	0,25	0,6	4×12	100	—
	5	0,31	0,8	4×12	100	—
	6	0,38	0,9	4×12	92	—
	7	0,44	1,1	4×12п	92	—
30×30	6	0,55	1,4	4×12	70	—
	8	0,73	1,8	4×12п	70	—
			Напряженные			
30×30	12	1,08	2,7	4×14	86	58
	13	1,17	2,9	4×16	106	75
	14	1,26	3,2	4×16	104	75
	15	1,35	3,4	4×20	153	126
35×35	15	1,80	4,5	4×18	98	71
	16	1,92	4,8	8×14	115	85
	17	2,04	5,1	8×18	139	111
	18	2,16	5,4	8×18	168	141
	19	2,28	5,7	8×18	202	166
	20	2,40	6,0	8×22	212	168
			Ненапряженные			
30×30	10	0,9	2,3	4×12п	70	
	12	1,1	2,6	4×16п	95	
35×35	13	1,6	4,0	8×14п	104	
	14	0,73	4,3	8×14п	104	
	15	1,86	4,6	8×16п	127	
	16	2,0	5,0	8×16п	127	
40×40	17	2,75	6,9	8×18п	122	
	18	2,9	7,3	8×20п	146	
	19	3,07	7,7	8×22п	146	
	20	3,23	8,1	8×22п	168	
			Напряженные			
40×40	15	2,42	6,1	8×18		
	16	2,58	6,4	8×18		
	17	2,74	6,8	8×18	Средние 156	Средние 120
	18	2,90	7,2	8×18		
	19	3,06	7,6	8×18		
	20	3,22	8,1	8×18		
	21	3,38	8,5	8×18		
	22	3,54	8,9	8×18		

Примечания: 1 Толщина защитного слоя обычных свай—не менее 30 *мм* для морских условий—не менее 50 *мм*.

2. Марка бетона обычных свай не менее 300, напряженных—не менее 400

3. «п»—Ст. 5 периодического профиля.

4. Во избежание появления трещин при забивке свай обжатие бетона от преднапряженной арматуры и постоянной нагрузки не рекомендуется более 25% от проектной прочности (марки) бетона.

Наконечник сваи изготовляют при обычных грунтах по типу I, при тяжелых (камень, скальные прослойки и т. п.) — по типу II. Армирование сваи приведено на рис. 6.4.

Для строповки свай при транспортировке в теле ее на расстоянии $0{,}2l$ от концов ставятся петли из арматурной мягкой стали А-1. Для поднятия сваи под копер на расстоянии $0{,}3l$ от головы ставится третья петля. Петли должны иметь трехкратный запас прочности, при этом вес сваи принимается с динамическим коэффициентом 1,25. Основные размеры квадратных напряженных и ненапряженных свай приведены в табл. 6.4. Данные по железобетонному шпунту см. в главе XII.

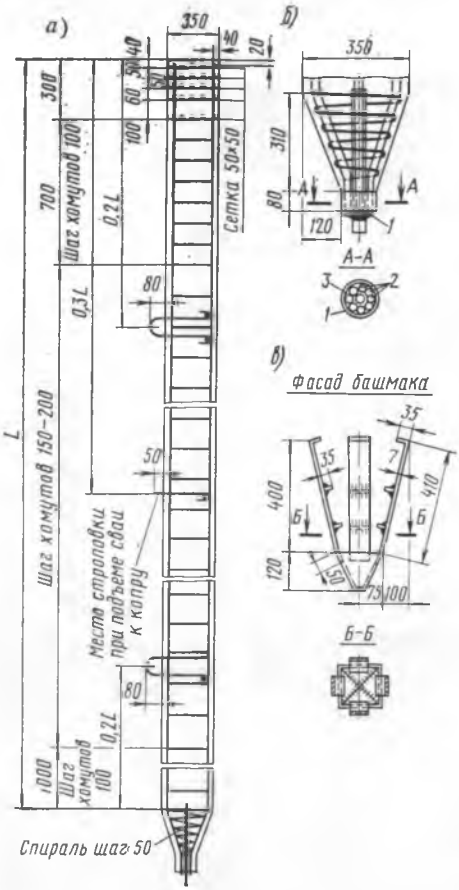


Рис. 6.4. Армирование железобетонной сваи:

а — свая; *б* — наконечник сваи типа I; *1* — обойма; *2* — концы продольных стержней; *3* — расклинка; *в* — наконечник сваи типа II сварной из полосовой стали. (Размеры в *мм*)

§ 2. НАПРАВЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

При постройке портовых сооружений допускаемые наибольшие отклонения оболочек, свай и шпунтов от проектного положения приведены в табл. 6.5 и 6.6.

Для обеспечения необходимой точности погружения и в целях увеличения производительности широкое распространение получили инвентарные плавучие и переставляемые кранами направляющие кондуктора. Ниже приводятся схемы и краткие описания некоторых типов кондукторов.

Плавучий кондуктор (рис. 6.5), предназначенный для погружения оболочек диаметром 1,6 *м*, состоит из следующих основных узлов: корпуса, четырех захватов и трех направляющих обойм, из которых одна кормовая и две носовые; направляющие обоймы состоят из двух полуокружностей — одной неподвижной и одной раскрывающейся гидравлическим приводом. В верхней и нижней частях обоймы снабжены направляющими брусьями. Полная высота обойм 6,0 *м*, что соответствует примерно $^1/_4$ длины погружаемых оболочек.

Порядок работ при погружении оболочек с помощью плавучего кондуктора следующий.

Первые четыре оболочки крайних рядов погружают через носовые захваты в штилевую погоду с раскреплением плавучего кондуктора на якорях или швартовных концах. За погруженные оболочки кондуктор закрепляется четырьмя бортовыми захватами. Погружаются три оболочки: одна через кормовую направляющую и две — через носовые направляющие обоймы. После погружения кондуктор передвигается на один ряд вперед, и цикл повторяется.

Заводка оболочек производится при раскрытых направляющих сбоку с погружением их в воду почти на всю глубину. Кондуктор аналогичной конструк-

Таблица 6.5

Допускаемые отклонения при погружении оболочек и свай

Вид свай и оболочек	В плане на уровне головы	Наклоны поперек и вдоль кордона
Оболочки, погружаемые в направляющих конструкциях	10 *см*	100:1
То же, без направляющих	25 *см*	
Сваи, перекрываемые одной насадкой, вдоль насадки	Диаметр (стороны квадрата)	
То же, поперек насадки	1/4 диаметра (сторона квадрата)	
Сваи с наголовниками-капителями . .	1/2 диаметра (стороны квадрата), но не более 20 *см*	

Примечание. Количество свай и оболочек, имеющих отклонение от проектного положения, не должно превышать 25% общего числа.

Таблица 6.6

Допускаемые отклонения шпунтового ряда

Шпунтовый ряд	Наклон вдоль линии кордона, %	Наклон, %, в сторону		Отклонение оси от проектной на уровне головы	Отметка головы, *см*
		акватории	территории		
Стальной	2	0,5	1,0	+7,0 *см* на 30 *пог. м* стенки	±10,0
Железобетонный:					
безанкерный	2,0	0,0	2,0	То же	±10,0
заанкерованный	2,0	0,5	1,0	»	± 5,0

Примечание. Отклонение железобетонных шпунтин относительно соседних в плане (вдоль и поперек кордона) не должны превышать для прямоугольных 3 *см*, тавровых—2 *см*.

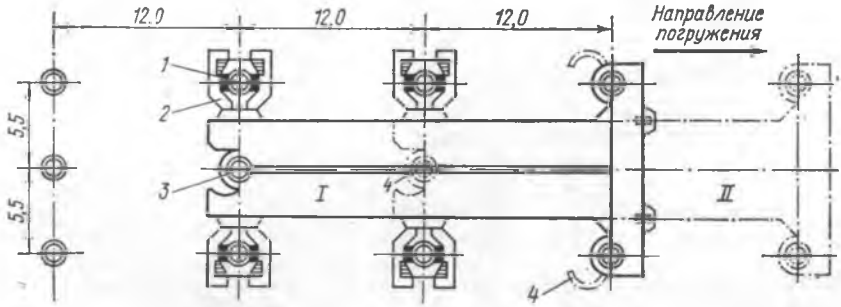


Рис. 6.5. Плавучий кондуктор для погружения оболочек ∅1,6 *м*:

1 — колонны-оболочки, за которые крепится плавучий кондуктор; *2* — захваты плавучего кондуктора; *3* — оболочки, погружаемые с одной стоянки; *4* — направляющие обоймы; *I* и *II* — первое и второе положения плавучего кондуктора

ции создан и для погружения оболочек в причалы эстакадного типа с продольным шагом 8 и 16 *м* и поперечным 10,5+4,8 *м*.

Плавучий кондуктор Гипроречтранса для погружения железобетонного таврового шпунта (рис. 6.6) состоит из плашкоута, собранного из 5 понтонов КС. В середине плашкоута имеется прорезь, над ней движется направляющая тележка. При помощи тележки устанавливается и удерживается шпунтина во время погружения, которая входит в замок уже погруженной шпунтины и в замок, прикрепленный к тележке.

Кондуктор удерживается на месте четырьмя стальными трубчатыми сваями, опускаемыми в грунт подмывом. Он оборудован приводной лебедкой для передвижки тележки и двумя насосами для подмыва.

Переставной береговой кондуктор инж. Н. В. Лебедко (рис. 6.7) состоит из двух трубчатых ферм с подкосами и двухъярусными продольными швеллерами с

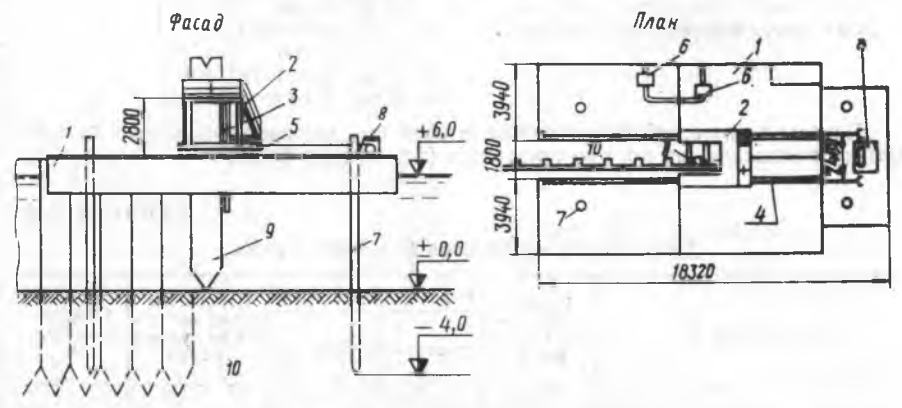


Рис. 6.6. Плавучий кондуктор для погружения таврового железобетонного шпунта:

1 — плашкоут из 5 понтонов КС; *2* — направляющая тележка; *3* — замок тележки; *4* — рельсы тележки; *5* — рельсовые захваты; *6* — подмывная установка; *7* — приколочная свая; *8* — лебедка передвижения тележки; *9* — погружаемая шпунтина; *10* — погруженный шпунтовый ряд. (Размеры в *мм*, отметки в *м*)

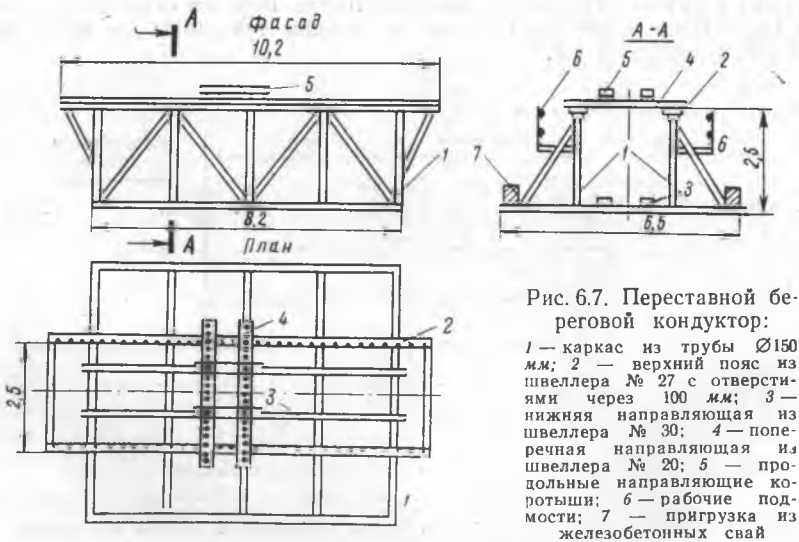


Рис. 6.7. Переставной береговой кондуктор:

1 — каркас из трубы ∅150 *мм*; *2* — верхний пояс из швеллера № 27 с отверстиями через 100 *мм*; *3* — нижняя направляющая из швеллера № 30; *4* — поперечная направляющая из швеллера № 20; *5* — продольные направляющие коротыши; *6* — рабочие подмости; *7* — пригрузка из железобетонных свай

Таблица 6.7

Технические характеристики направляющих кондукторов для погружения оболочек, шпунта и свай

Тип кондуктора	Погружаемые элементы			Расстояние между ярусами, *м*	Габаритные размеры			Количество элементов погружения с одной стоянки	Допускаемая глубина воды *м*	Возможное отклонение от осей	
	Наименование	Длина, *м*	Поперечное сечение, *см*		Длина, *м*	Ширина, *м*	Осадка, *м* / Вес, *т*			верх сваи, *см*	продольное
Плавучий двухъярусный для погружения оболочек набережных-эстакад с шагом 12×5,5 *м* (рис. 6.5)	Железобетонные оболочки	32	∅160	6,0	31,0	14,0	3,25 / 165	3	12	10	100:1
То же, для погружения оболочек унифицированных набережных-эстакад с шагом, кратным 8×10,5+4,8 *м*	То же	32	∅160	6,8	38,8	8,6*	3,16 / 370	3 и 6	15	10	100:1
То же, одноярусный сборно-разборный из 6 понтонов КСУ для набережных-эстакад с шагом 5,25×5,25	»	16	∅120	—	17,2	14,4	0,4 / 50	12	8,0	До 20	50:1
Плавучий кондуктор с направляющей тележкой для рядового погружения шпунта (рис. 6.6)	Тавровый железобетонный шпунт	До 16	160×80	3,0	18,3	9,7	0,9	8	До 6	3—5	100:1
Двухъярусный переставной для рядового погружения на берегу (рис. 6.7)	Прямоугольный железобетонный шпунт и сваи	До 15	До 50×40 45×45	2,5	10,2	6,5	— / 7	На длине 8 *м*	—	5	100:1

* Размеры даны в транспортном положении, в рабочем положении этот размер 18,55 *м*.

Таблица 6.8

Технические характеристики стационарных направляющих для погружения оболочек и шпунта

Тип направляющих	Погружаемые элементы			Расстояние между ярусами, *м*	Первоначальный расход материала на 1 *пог. м*	Оборачиваемость, раз	Примечание
	Наименование	Длина, *м*	Поперечное сечение, *см*				
Деревянные из пластин по маячным сваям одноярусные (рис. 6.8)	Деревянный шпунт	4,5—6,5	8×16÷12×18	—	0,25 $м^3$	1	
То же, двухъярусные	То же	6,5—10	15×24÷20×24	2—3	0,30 $м^3$	1	
Стальные из швеллеров № 30 или стального шпунта ШК, Ларсен, двухъярусные	Стальной шпунт	10—20	Всех типов	3—5	0,1—0,2 *т*	10	
То же, по стальным маячным сваям с прижимной тележкой (рис. 6.9) одноярусные	Железобетонный плоский шпунт	15	до 50×40	—	1,2 *т*	5—10	Тип Севзапморгидростроя и ВНИИГСа
То же, одноярусные из шпунта Ларсен V с вертикальными и наклонными маячными сваями	Оболочки при рядовом погружении	24	⌀ 120 ⌀ 160	—	2,5 *т*	5—10	Тип Балтморгидростроя
То же, двухъярусные из швеллеров № 30 по маячным сваям из двух шпунтов Ларсен IV	Оболочки при одиночном погружении	24	⌀ 300	3—4	Сталь 13 *т* Дерево 0,15 $м^3$ (на одну оболочку)	5—10	Тип Севзапморгидростроя

отверстиями с шагом 10 *см*, на которых закрепляются поперечные подвижные направляющие. На поперечных направляющих также имеются отверстия с шагом 10 *см*, на которых закрепляются продольные элементы, образующие направляющее «окно». Свая опускается краном в «окно» и удерживается в вертикальном положении верхними и нижними направляющими. Кондуктор удобен для погружения тыловых анкерных шпунтовых рядов и свайных полей при помощи вибропогружателей.

Технические характеристики наиболее совершенных кондукторов приведены в табл. 6.7.

При отсутствии инвентарных направляющих кондукторов применяются обычные свайные направляющие.

Направляющие для деревянного шпунта (рис. 6.8) делаются из пластин и крепятся к маячным сваям, забиваемым в стороне от шпунтового ряда. Направляющие крепятся к сваям и между собой болтами с прокладками через 0,7 *м*. По мере забивки прокладки снимают, а болты пропускают через забитый шпунт. Зазор между шпунтом и направляющими 1—2 *см* с каждой стороны. Аналогично делаются и двухъярусные направляющие.

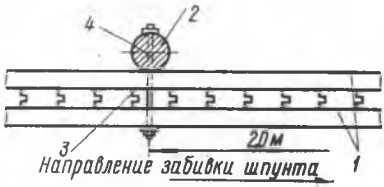


Рис. 6.8. Направляющая при забивке деревянного шпунта:

1 — схватки пластины ∅ 18÷24 *см*; *2* — маячная свая ∅ 20 *см*; *3* — погружаемый шпунт; *4* — болт ∅ 22 *мм*

Направляющие для стального шпунта крепятся болтами сзади к уже забитым шпунтинам, а спереди по ходу забивки к временным шпунтинам, забиваемым по оси через 2—3 *м* друг от друга. По ходу забивки временные шпунтины выдергивают.

Направляющие для железобетонного шпунта с прижимной тележкой системы ВНИИГС (рис. 6.9). Шпунтина после заводки прижимается тележкой, оборудованной специальными роликами. Прижимающий трос закрепляется верхним концом, пропускается через ролики тележки на 5-тонную лебедку, чем создается прижимная сила 10 *т*.

В табл. 6.8 приведены данные по наиболее распространенным типам стационарных направляющих.

§ 3. ЗАБИВКА СВАЙ МОЛОТАМИ

Забивка свай и шпунтов молотами является универсальной и может производиться во все грунты, кроме скальных. При наличии плотных песков обязательно следует применять подмыв.

Для свай сплошного и полого сечения молот подбирают из условия обеспечения предельной несущей способности сваи по грунту по формуле

$$W \geqslant 25P_{\text{пр}}, \tag{6.1}$$

где W — расчетная энергия удара молота, *кГм*; [см. пояснения к формуле (6.3)];

$P_{\text{пр}}$ — предельная нагрузка на сваю по грунту, *т*.

В свою очередь величина расчетной энергии удара должна удовлетворять условию

$$W \geqslant \frac{Q+q}{K}, \tag{6.2}$$

где Q — полный вес молота, *кГ*;

q — вес сваи (с наголовником), *кГ*;

K — коэффициент, значение которого должно быть не более указанного в табл. 6.9.

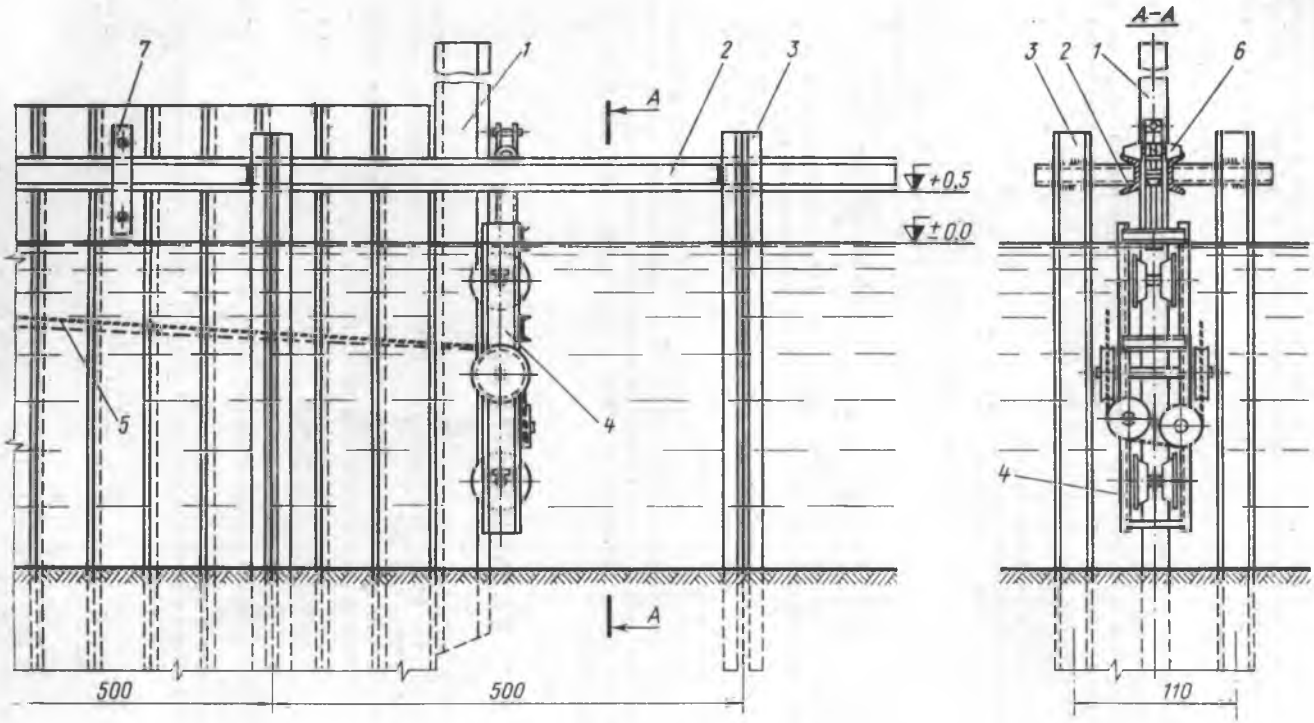


Рис. 6.9. Направляющие с прижимной тележкой:

1 — погружаемая шпунтина; 2 — направляющая рама из двух Ларсен V; 3 — маячная свая-коробка из двух Ларсен V; 4 — прижимная тележка; 5 — натяжной трос; 6 — каток; 7 — сжимы. (Размеры в *см*)

Таблица 6.9

Значения коэффициента применимости молотов K

Тип молота	Материал свай		
	Дерево	Сталь	Железобетон
Двойного действия и трубчатые	5,0	5,5	6,0
Одиночного действия и штанговые дизель-молоты	3,5	4,0	5,0
Подвесные	2,0	2,5	3,0

Примечание. Для стальных двутавровых свай, стального шпунта и стальных свай из труб с открытыми концами и всех типов свай при применении подмыва данные таблицы увеличивают в 1,5 раза.

При забивке наклонных свай энергия молота снижается на величину, указанную в табл. 6.10, что необходимо учитывать при подборе молотов и вибропогружателей.

Таблица 6.10

Значения коэффициента снижения энергии удара W

Наклон сваи	Величина коэффициента
5:1	1,10
4:1	1,15
3:1	1,25
2:1	1,40
1:1	1,70

При забивке наклонных свай наиболее удобны молоты одиночного и двойного действия, которые могут забивать сваи с наклоном до 1:1; для дизель-молотов предельным является забивка свай с наклоном 4 : 1.

Типы и характеристики молотов приведены в табл. 6.11—6.13.

Все типы свай, кроме деревянных, погружают с применением наголовников, основные типы которых приведены на рис. 6.10.

В качестве копрового оборудования для забивки свай применяются для работ на акватории плавучие копры, приведенные в главе XIX (табл. 19.14), а для работ на суше — береговые копры, приведенные в табл. 6.14.

Для свайных работ можно использовать гусеничные экскаваторы и автокраны с копровым оборудованием, краткая характеристика которых приведена в табл. 6.15.

Некоторые ориентировочные данные по производительности копровых установок приведены в табл. 6.16 (данные Оргтрансстроя Министерства транспортного строительства).

Расчетная несущая способность забивных сплошных и полых свай наружным диаметром до 80 *см* по данным их забивки и добивки определяется по формуле

$$P = 0{,}7 m_1 M \frac{n}{2} F \left[\sqrt{1 + \frac{4}{nF} \cdot \frac{W}{e} \frac{Q + K^2 q}{Q + q}} - 1 \right], \qquad (6.3)$$

где P — расчетная несущая способность сваи, *т*;

0,7 — коэффициент однородности грунта;

Таблица 6.11

Технические характеристики молотов одиночного действия

Показатель	Модели молотов					
	1100	1500 (П6А)	СССМ-007	СССМ-570	СССМ-582 (С276)	СССМ-680
Общий вес, *кг*	1300	1750	1932	2700	4300	8845
Вес ударной части, *кг*	1100	1500	1250	1800	3000	6000
Максимальная высота подъема ударной части, *мм*	1550	1550	1440	1500	1300	1370
Энергия одного удара W, *кГм*	1700	2300	1800	2700	3900	8200
Число ударов в минуту	38	20—26	30	30	30	30
Поверхность нагрева котла, $м^2$	10	12	12	19	27	55
Внутренний диаметр шланга, *мм*	25	25	32	38	50	75
Габаритные размеры молота, *мм*:						
высота	—	2420	4760	4840	4640	4960
длина	—	790	780	810	1180	1410
ширина	—	820	790	780	900	880

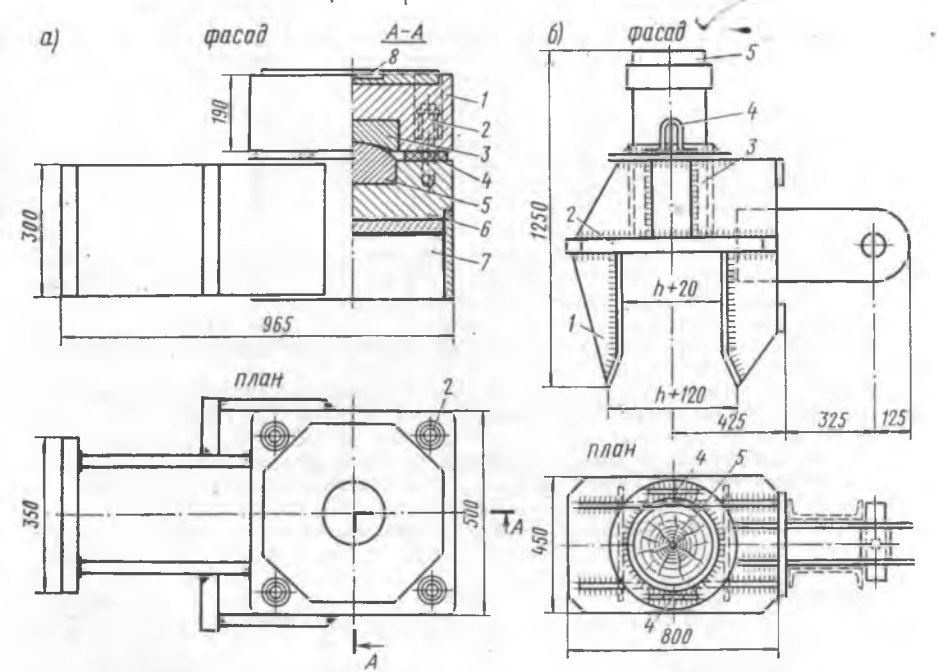


Рис. 6.10. Свайные наголовники для погружения молотами:
а — наголовник со сферическими опорными поверхностями; *1* — подушка наголовника; *2* — болт с пружиной; *3* — фасонная часть; *4* — свинцовая прокладка; *5* — сферическая часть; *6* — наголовник; *7* — гнездо для головы сваи; *8* — фибролитовая прокладка; *б* — вильчатый сварной наголовник для забивки прямоугольного железобетонного шпунта; *1* — вилка; *2* — плита; *3* — диафрагмы; *4* — подъемные петли; *5* — деревянный коротыш. (Размеры в *мм*)

Таблица 6.12

Технические характеристики молотов двойного действия

Показатель	Модели молотов						
	СССМ-502	СССМ-501	СССМ-708	С-35	С-32	СССМ-742А (С-231)	ВР-28
Общий вес, *кг*	1432	2088	2968	3767	4095	4450	6550
Вес бойка, *кг*	180	365	680	614	655	1130	1450
Ход бойка, *мм*	222	242	406	450	525	580	500
Диаметр цилиндра, *мм*	248	317	215	200	240	254	330—480
Энергия одного удара W, *кГм*	390	570	950	1090	1590	1820	2500
Число ударов в минуту	275	225	140	135	125	105	120
Потребность в сжатом воздухе, $м^3/мин$	7,8	11,32	12,74	12,75	17	17	30
Поверхность нагрева котла, $м^2$	25	35	40	35	40	50	60
Внутренний диаметр шланга, *мм*	30	30	38	38	38	55	60
Габаритные размеры молота, *мм*:							
высота	1613	1853	2491	2375	2390	2689	3190
длина	380	535	560	650	632	660	650
ширина	656	725	710	710	800	810	1003

Примечание. Рабочее давление пара и воздуха, подаваемого в молот, должно быть 6—8 *ати*.

Таблица 6.13

Технические характеристики дизель-молотов

Модель молота по ГОСТ 7888—66	Заводской шифр молота		Общий вес, *т*	Вес ударной части, *кг*	Число ударов в минуту	Высота молота, *м*	Расчетная энергия удара в период окончания забивки при полном ходе ударной части W, *кГм*
	с воздушным охлаждением	с водяным охлаждением					
Трубчатые							
—	У-Р1-500	—	1,2	500	44	3,8	1300
МДТ-600	С-857	С-994	1,4	600	44	3,8	1600
МДТ-1250	С-858	С-995	2,5	1250	44	4,0	3300
МДТ-1800	С-859	С-996 С-996с*	3,5	1800	44	4,2	4800
МДТ-2500	С-949	С-1047 С-1047с*	4,2	2500	44	4,7	6700
МДТ-3500	С-954	С-1048 С-1048с*	6,0	3500	44	4,8	9400
МДТ-5000	С-974		9,0	5000	44	5,3	13500
МДТ-7500			14,0	7500	44	5,5	20000
Штанговые							
	С-254						
МДШ-600	С-222		1,4	600	50	3,2	500
МДШ-1250	С-222А С-268		2,2	1250	50	3,4	1000
МДШ-1800	С-268А		3,1	1800	50	3,9	1400
МДШ-2500	С-330		4,2	2500	50	4,6	2000

* С—северное исполнение.

Таблица 6.14

Технические характеристики береговых копровых установок

Показатель	Марка копровой установки						
	КДМ-2М	С-429	С-532	С-680	СССМ-582	СССМ-680	МГ-60
Вес копра, *т*	7,0	6,1	10,5	20,0	42,7	72,2	75,8
Высота копра:							
полная, *м*	17,0	18,0	23,4	25,5	29,0	30,5	34,5
полезная, *м*	12,0	13,0	17,5	20,0	20,0	23,0	28,0
Выдвижение стрелы ниже головки рельса, *м*	—	4,0	4,0	6,0	3,5	4,5	8,4
Грузоподъемность (вес молота и сваи), *т*	5,0	7,5	9,0	14,0	14,3	20,8	21,8
Наклон башни:							
назад	4:1	—	6:1	3:1	3:1	3:1	2,5:1
вперед	4:1	—	8:1	10:1	10:1	10:1	6:1
Поворот башни,°	—	—	—	360	360	360	360
Ширина колеи, *м*	5,3	5,5	5,5	7,0	3,5	4,88	5,15
Вес молота, *т*	2,6	3,1	5,6	8,0	4,3	8,9	9,3

Таблица 6.15

Технические характеристики копрового оборудования экскаваторов и автокранов

Показатель	Марка экскаватора					Марка автокрана	
	Э-504 Э-505	Э-505А Э-651	Э-652	Э-1004 Э-1003	Э-1251 Э-1252	К-52 К-67	К-104 К-162
Полная длина стрелы, *м*	10	10	10	13	12	11,9	14,4
Вес молота и сваи, *т*	4	4—5	6	8—9	12	2,0	5,4
Тип молота	Дизель-молоты трубчатые и штанговые					УР-1-500	УР-1-1250
Горизонтальный угол сектора рабочей зоны,°	360	360	360	360	360	100	90
Наклон свай	Вертикальные					4:1	4:1

m_1 — коэффициент условий работы; принимается $m_1 = 1$;

M — коэффициент, учитываемый только при забивке свай вибропогружателем, учитывающий влияние вибровоздействия на грунт, в котором работает острие сваи, принимается по табл. 6.17.

n — коэффициент, зависящий от материала сваи и способов забивки, принимаемый по табл. 6.18;

F — площадь, ограниченная наружным контуром сплошного или полого поперечного сечения ствола сваи, независимо от наличия или отсутствия острия, $м^2$;

W — расчетная энергия удара, $т \cdot см$; принимается:

а) для трубчатых дизель-молотов по паспортным данным (см. табл. 6.13) или по формуле

$$W = 0{,}9Q'H,$$

где Q' — вес ударной части молота, *т*;

$H = 3$ *м* — высота падения ударной части молота в период окончания забивки сваи;

Таблица 6.16

Прогрессивные нормы погружения вертикальных свай за смену (8 ч), шт.

Вид свай	Вид копра	Тип молота	Состав звена, чел.	Длительность погружения сваи в минутах до						
				10	20	30	45	60	90	120
Деревянные одиночные	Береговой не универсальный	Паровой	5	10	8	7	5	4,5	3,5	3
		Пневматический свободного падения	3							
		Дизельный	4	11	8	7	6	5	3,5	3
Железобетонные квадратные сплошного сечения одиночные	Береговой универсальный	Паровой	5	10	8	7	6	4,5	4,0	3
	Не универсальный	Паровой пневматический	5	8	7	6	5	4,0	3,5	2,5
		Дизельный	4							
То же, круглые полые одиночные	Плавучий универсальный	Паровой	5	4	4	3,5	3,5	3,0	2,5	2,0
Железобетонный шпунт	Плавучий универсальный	Паровой	5	8	7	6	5	4	3,5	2,5
Стальной шпунт	Береговой универсальный	Паровой	5	13	10	8	6,5	5,5	4	3
	Не универсальный	Паровой пневматический	5	10	8	7	6	5	3	2,5
	Полноповоротный кран	Вибропогружатель	4	15	11	8	—	—	—	—

Примечания: 1. При погружении наклонных свай производительность снижается на 20—25%.
2. Полноповоротные краны с подвесными стрелами можно рассматривать как универсальные копры.

б) для подвесных молотов и для молотов одиночного действия

$$W = Q'H,$$

где H — фактическая высота подъема ударной части, *см*;

в) для молотов двойного действия для штанговых дизель-молотов — согласно паспортным данным;

г) для вибропогружателей принимается эквивалентная величина по графику рис. 6.11.

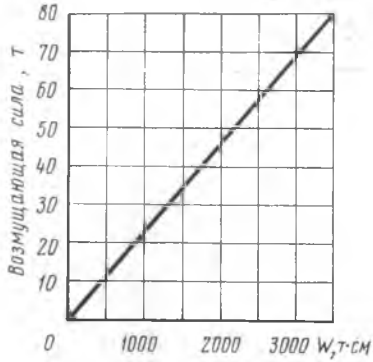


Рис. 6.11. График определения расчетной энергии удара W

При забивке наклонных свай расчетные величины энергии ударов молотов и эквивалентные их величины для вибропогружателей должны понижаться, в зависимости от наклона свай, на величины коэффициентов, приведенных в табл. 6.10;

Q — полный вес молота или вибропогружателя, *т*;

q — вес сваи, наголовника и подбабка, *т*;

K — коэффициент восстановления удара, зависящий от материала соударяющихся тел; для стали с деревом $K^2=0{,}2$; для стали по стали $K^2=0{,}4$; при железобетонных и стальных сваях предусматривается применение наголовника с деревянным вкладышем, при применении вибропогружателей $K^2=0$;

e — фактический отказ (в *см*), равный величине погружения сваи: при забивке молотами — от одного удара, при применении вибропогружателя — от его работы в течение 1 *мин*.

Формулой рекомендуется пользоваться при отказах не менее 0,2 *см*.

Таблица 6.17

Значения коэффициента M

Грунт, в который погружено острие сваи	Величина M
Гравий средней плотности	1,3
Песок крупный и средней крупности, при средней плотности	1,2
Песок мелкий средней плотности	1,1
» пылеватый средней плотности	1,0
Супесь пластичная, суглинок и глина твердые	0,9
Суглинки и глина полутвердые	0,8
» » тугопластичные	0,7
» » мягкопластичные при $B=0{,}6$	0,6
» » » » $B=0{,}7$	0,5

Примечания: 1. При плотных песках и гравии, а также супесях твердой консистенции значения коэффициентов M повышаются на 30%.

2. B — показатель консистенции.

Контрольный отказ сваи $e_к$ в *см* определяется по формуле

$$e_к = \frac{nFW}{\frac{P_0}{0{,}7m_1M}\left(\frac{P_0}{0{,}7m_1M} + nF\right)} \cdot \frac{Q + K^2q}{Q + q}, \qquad (6.4)$$

где P_0 — расчетное усилие в свае согласно проекту, *т*.

Обозначения n, m_1, F, W, M, Q, K, q и их величины те же, что в формуле (6.3).

Таблица 6.18

Значения коэффициента n

Свая	n, т/м²
Железобетонная с наголовником	150
Деревянная без подбабка	100
» с деревянным подбабком	80
Стальная с наголовником без подбабка	500
» со стальным подбабком и наголовником	300

§ 4. ПОГРУЖЕНИЕ СВАЙ И ОБОЛОЧЕК ВИБРОПОГРУЖАТЕЛЯМИ

Вибропогружение применяется, когда тонкостенное сечение свай и оболочек не может воспринимать ударную нагрузку от молота (тавровый шпунт, оболочки), размеры погружаемых элементов превышают возможности существующего сваебойного оборудования, а также при использовании для погружения кранов и переставных направляющих. Особенно успешно применение вибропогружения свай в несвязные грунты.

Для вибропогружателей обязательно наличие на стройплощадке электроэнергии в пределах 100—300 *квт*.

Тип вибропогружателя в зависимости от грунтовых условий подбирают по отношению $\frac{K}{Q}$, где K — момент эксцентриков, *тсм;* Q — вес вибросистемы (свая+наголовник+вибропогружатель), *т*. Величина этого отношения должна быть не менее приведенной в табл. 6.19.

Типы и характеристики применяемых вибропогружателей и вибромолотов приведены в табл. 6.20.

При погружении в водонасыщенные песчаные и текучепластичные глинистые грунты применяют более высокую частоту вибрации (450—550 циклов в минуту), при погружении в пластичные глинистые и крупнозернистые песчаные грунты ре-

Таблица 6.19

Величина отношения момента эксцентриков K к весу вибросистемы Q

Характеристика грунтов	$\frac{K}{Q}$, *см*	Способ погружения
Легкие		
Водонасыщенные пески малой плотности, лессы, илы, плывуны, торф, мягко и текучепластичные глинистые грунты с коэффициентом пористости более 0,7	0,8	Не требуют подмыва для свай и извлечения грунта из оболочек
Средние		
Пески и супеси с влажностью до 20%, пластичные глины и суглинки	1,1	Периодический подмыв и частичное удаление грунта из полости оболочек
Тяжелые		
Сухой крупный песок, глинистые твердые и полутвердые грунты малой влажности с включением гальки и гравия свыше 20%, мерзлые грунты	1,3	Сильный подмыв, удаление грунта из полости оболочки с подбором ниже ножа

Таблица 6.20

Технические характеристики вибропогружателей и вибромолотов

Показатель	Типы вибропогружателей							Типы вибромолотов		
	ВПП-2	ВП-1	ВП-3М	ВП-160	БУ-1.6	ВП-170	ВРП-60/200	ВМС-1	Ш-1	Ш-2
Установочная мощность двигателей, *квт*	40—55	60	100	160	2×75	160	2×100	2×30	2×14	2×22
Число оборотов грузовых валов эксцентриков и ударов в минуту	1500	420	408	404—505 / 808—1010	498	408—550	350—500	730	970	970
Момент эксцентриков, верхний предел, *кГ·см*	1000	9300	23 600	35 200	34 500	51 000	27000—60000	2200	890—2460	
Возмущающая сила, *т*	25	19	44	102—160	95,8	100—170	50—170	13	9,25—25,5	
Вес полный без наголовника, *т*	2,2	4,7	7,5	11,2	11,0	13,3	12	4,5	3,4	3,6
Вес ударной части, *кг*	—	—	—	—	—	—	—	2850	1700	1900
Габаритные размеры вибропогружателя, *мм*:										
высота	1650	2100	2130	3326	1910	3750	—	1370	2400	3525
длина	800	1405	1560	1530	3350	1530	—	1670	1194	1210
ширина	1270	1560	1540	1226	2620	1425	—	1560	910	910
Конструктивные особенности	—	—	—	—	Проходное отверстие $d=1{,}4$ *м*	—	Проходное отверстие $d=1{,}4$ *м*	Удар вниз	Удар вверх	

Примечание. Вибромолоты Ш-1 и Ш-2 применяются для выдергивания стального шпунта и свай, высота их дана вместе с наголовником и амортизатором.

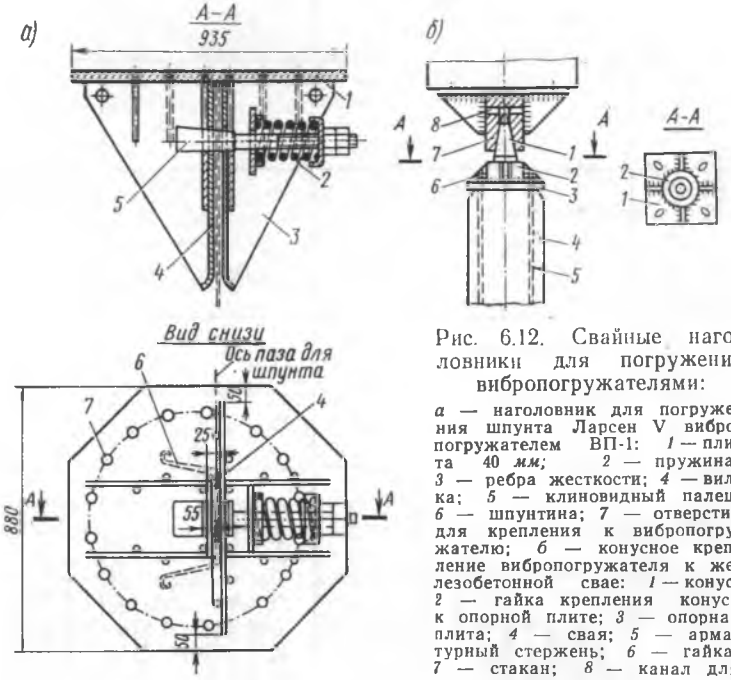


Рис. 6.12. Свайные наголовники для погружения вибропогружателями:

а — наголовник для погружения шпунта Ларсен V вибропогружателем ВП-1: *1* — плита 40 *мм;* *2* — пружина; *3* — ребра жесткости; *4* — вилка; *5* — клиновидный палец; *6* — шпунтина; *7* — отверстия для крепления к вибропогружателю; *б* — конусное крепление вибропогружателя к железобетонной свае: *1* — конус; *2* — гайка крепления конуса к опорной плите; *3* — опорная плита; *4* — свая; *5* — арматурный стержень; *6* — гайка; *7* — стакан; *8* — канал для отсоединения конуса

комендуется применять вибропогружатели с наибольшим моментом эксцентриков и невысокой частотой вибрации (300—450 циклов в минуту) и вибромолоты для свай сплошного сечения.

В качестве ориентировочных данных по применимости вибропогружателей и вибромолота в зависимости от погружаемых элементов и грунтовых условий может служить табл. 6.21.

Вибропогружатель крепят к свае с помощью наголовника, типы которых приведены на рис. 6.12.

Наголовник для погружения шпунта Ларсен V состоит из стальной плиты толщиной 40 *мм,* направляющих щек для заводки шпунта и клиновидного пальца с пружиной для соединения с шпунтиной (рис. 6.12, *а*). Наголовник прикрепляется болтами к нижней плите вибропогружателя.

Конусное соединение (рис. 6.12, *б*) крепится к свае на выпусках арматуры. К вибропогружателю прикрепляется обойма с отверстием для конуса. Зажим конуса в обойме происходит за счет трения, вызванного весом вибропогружателя. Для отъединения вибропогружателя от сваи в канал забивают стальной клин, одновременно натягивая подъемный трос вибропогружателя краном.

Вибропогружатель (пульт управления) следует подключить непосредственно к шинам низкого напряжения ТП или РУ. Предельная длина шлангового кабеля от пульта управления до статора электродвигателя вибропогружателя должна быть не более 50 *м.*

Питание электродвигателя вибропогружателя производится от сети, не имеющей других нагрузок. Мощность источника питания принимается на 30—50% больше мощности электродвигателя вибропогружателя с учетом возможной перегрузки. В питающей сети провода сращивают только горячей пайкой.

Напряжение в сети во время работы вибропогружателя должно быть не менее 360 *в* (падение не более 5%) при разнице в фазах не более 5% (между наибольшим и наименьшим). Перед пуском вибропогружателя должны быть выполнены и проверены:

Таблица 6.21

Область применения вибропогружателей и вибромолота

Тип погружаемых свай	Размер сечения, *см*	Наибольшая длина, *м*	Наибольший вес, *т*	Глубина погружения, *м*	Грунт	Типы вибропогружателей					Вибромолот ВМС-1
						ВПП-2	ВП-1	ВП-3М	ВУ-1,6	ВП-170 (ВП-160)	
Стальные двутавры и шпунт	Шпунт ШП, ШК Ларсен IV, двутавр № 40	10	0,7	9	Легкий	0	+				
					Средний	0	0				+
					Тяжелый		0				+
	Шпунт ШД, Ларсен V, двутавр № 60	18	1,8	16	Легкий	0	+				
					Средний		0				+
					Тяжелый		0				+
Деревянные сваи и шпунт	⌀16—24	13	0,7	8	Легкий и средний	0	+				
					Тяжелый		0				+
	⌀26—30	18	1,0	12	Легкий	0	+				
					Средний и тяжелый		0				+
Железобетонные сваи и шпунт	20×20 и 25×25	7	1,1	5	Легкий и средний	0	+				
					Тяжелый			0			+
	30×30 и 35×35	16	5	12	Легкий и средний		0	0			+
					Тяжелый			0			+
	40×40 и 45×45	25	12	24	Легкий			+			0
					Средний и тяжелый			0	+		0
Железобетонные оболочки	⌀120	25	23	15	Легкий и средний			+	0		
	⌀160	30	40	25	Легкий и средний				+	0	
	⌀200—300	40	50	30	Легкий и средний				0	+	

Примечание. Знаком + отмечена основная рекомендуемая вибромашина; 0 — вибромашина, которая может быть применена при отсутствии основной. Данные по погружению таврового железобетонного шпунта см. в табл. 6.26.

закрепление наголовника к свае и к вибропогружателю;
закрепление электромотора к вибропогружателю;
заземление корпуса вибропогружателя и пульта управления;
крепление питающих кабелей.

Должны быть подтянуты контакты статора, ротора, щеток и обеспечена плотность прилегания щеток к кольцам. В местах возможных ударов кабелей о корпус на них следует надеть резиновый шланг.

После пуска вибропогружатель останавливают через 15—20 *сек* для проверки крепления его к свае (оболочке) и подтяжки болтов.

Наибольшее время работы вибропогружателя не должно превышать: 15 *мин* — при силе тока 60% от номинальной; 10 *мин* — при 100% и 3 *мин* — при 110%. При снижении напряжения на 5% продолжительность работ сокращается вдвое.

Расчетную несущую способность свай и оболочек наружным диаметром $d \leqslant 80$ *см*, погружаемых вибропогружателем, определяют по формуле (6.3), а оболочек $d > 80$ *см* при скорости погружения (отказах) от 2 до 10 *см* в минуту по приближенной формуле

$$P = 0{,}7\lambda \left(\frac{153 N_{в.п}}{A_0 n} + Q \right), \qquad (6.5)$$

где P — расчетная несущая способность оболочки, *т*;

Q — вес вибросистемы, равный общему весу оболочки, наголовника и вибропогружателя;

A_0 — амплитуда, принимаемая равной половине полного размаха колебания на последней минуте погружения, *см*. Амплитуда определяется с помощью вибрографа ВР-1, а при его отсутствии — следующим образом: прочерчивают быстро на листе бумаги, прикрепленной к оболочке, во время погружения горизонтальную черту, при этом на бумаге запишется кривая колебаний оболочки. Измерив расстояние между верхними и нижними пиками кривой в местах их максимума и разделив пополам, получим величину амплитуды;

n — скорость вращения эксцентриков вибратора, *об/мин*;

$N_{в.п}$ — величина электрической мощности, расходуемая электродвигателем на погружение оболочки, *квт*; определяется по формуле

$$N_{в.п} = N_п \eta - N_х,$$

где $N_п$ — полная потребляемая активная мощность в конце погружения, определяемая ваттметром или по формуле

$$N_п = 0{,}00173 IV \cos \varphi;$$

здесь I — сила тока, *а*;

V — напряжение, *в*;

$\cos \varphi$ — определяется фазометром или может быть принят равным 0,7—0,9;

η — к. п. д. электродвигателя, принимается равным 0,8—0,9;

$N_х$ — потребляемая мощность холостого хода, принимается для низкочастотных вибропогружателей равной 25% паспортной мощности электродвигателя;

λ — коэффициент, зависящий от отношения статического сопротивления грунта к динамическому при погружении.

Коэффициент λ для водонасыщенных песков равен 4,5, для влажных — 3,5, для маловлажных 3,0.

При глинистых грунтах λ определяется в зависимости от показателя консистенции B по табл. 6.22.

Таблица 6.22

Значения коэффициента λ

Наименование грунта	$B>0,75$	$B=0,5\div0,75$	$B=0,25\div0,5$
Супесь	4,5	3,5	3,0
Суглинок	4,0	3,0	2,5
Глина	3,0	2,2	2,0

B определяется по формуле

$$B=\frac{w-w_p}{w_т-w_p},$$

где w — естественная влажность грунта, %;

w_p — влажность грунта, соответствующая пределу пластичности (раскатывания), %;

$w_т$ — влажность грунта, соответствующая пределу текучести, %.

При слоистых грунтах значение λ определяется по формуле

$$\lambda=\frac{\sum\lambda_i h_i}{\sum h_i},$$

где λ_i — коэффициент для однородного слоя грунта;

h_i — высота этого слоя.

Для проверки несущей способности оболочек $d_{нар}\geqslant1,2$ *м* обычно производятся испытания статической нагрузкой (см. ГОСТ 5686—69. Сваи и сваи-оболочки, методы полевых испытаний).

Пример. Железобетонная оболочка $d_{нар}=1,6$ *м* с толщиной стенок $\delta=15$ *см*, длиной 22 *м* погружается вибропогружателем ВП-170 на глубину 11 *м*.

Грунты, в которые погружается оболочка: водонасыщенные пески 8 *м*, ниже суглинки с показателем консистенции $B=0,7$.

В конце погружения амплитуда $A_0=0,4$ *см*, сила тока $I=300$ *а*, напряжение $V=370$ *в*; $\cos\varphi=0,85$; $\eta=0,85$; $n=408$ *об/мин*.

Определить несущую способность оболочки P

Полная потребляемая активная мощность

$N_п=0,00173\times370\times300\times0,85=163$ *квт*.

Мощность, расходуемая на погружение,

$N_{вп}=163\times0,85-160\times0,25=99$ *квт*.

Вес вибросистемы Q состоит из веса вибропогружателя $Q_0=13,3$ *т*, веса наголовника $Q_н=1,0$ *т*, веса оболочки $Q_0=40$ *т*. $Q=54,3$ *т*.

Для водонасыщенного песка $\lambda=4,5$, для суглинка ($B=0,7$) $\lambda_2=3,0$.

$$\lambda=\frac{4,5\times8+3\times3}{8+3}=4,08;\ P=0,7\times4,08\left(\frac{153\times99}{0,4\times408}+54,3\right)=422\ т.$$

§ 5. ПОДМЫВ СВАЙ

Подмыв свай является мощным средством увеличения производительности погружения свай. Особенно рационален он при погружении свай в песчаные и гравелистые грунты, где без подмыва погружение часто бывает невозможным. При подмыве одновременно производится забивка или вибропогружение.

Подмыв свай, несущих вертикальную нагрузку, должен быть закончен за 1 *м* до проектной отметки с тем, чтобы расчетный отказ был получен без подмыва.

При погружении железобетонных свай следует применять центральный подмыв, для чего в конец сваи заделывают изогнутую короткую трубу, к которой крепят на муфте боковую подмывную трубу. После погружения сваи боковую трубу вывинчивают (рис. 6.13, *б*). Если центральная труба не забетонирована или погружают деревянные сваи или железобетонный шпунт, подмывные трубы

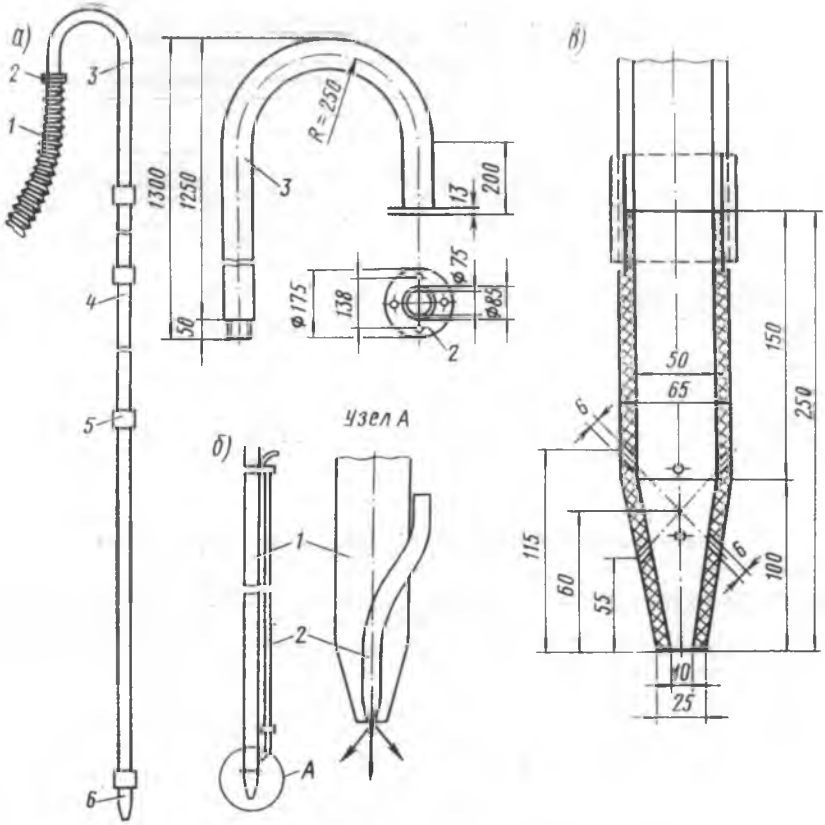


Рис. 6.13. Подмывные трубы:

а — боковая: *1* — резиновый шланг; *2* — фланец; *3* — колено; *4* — секция трубки; *5* — соединительная муфта; *6* — наконечник;
б — центральная: *1* — свая; *2* — подмывная труба: *в* — деталь наконечника подмывной трубы. (Размеры в *мм*)

(обычно две) располагают с обеих сторон сваи и крепят их к ней хомутами, из которых потом извлекают (рис. 6.13, *а*). Чтобы трубы не отходили от тела сваи, первый хомут устанавливают у острия, последующие через 5—10 *м*.

Подмывная труба изготовляется диаметром 37—75 *мм* и снабжается коническим наконечником с центральным и боковыми отверстиями (рис. 6.13, *в*). Диаметр центрального отверстия делается 0,4 диаметра трубы, а боковых отверстий — от 6 до 10 *мм*.

Ориентировочные данные о величинах необходимого напора и расхода воды приведены в табл. 6.23.

Мощность насосной станции, диаметр труб магистрали и шлангов определяют по приведенным ниже формулам и таблицам.

Потеря напора в шлангах в метрах водяного столба:

$$H = \frac{Q^2 l}{K_т}, \qquad (6.6)$$

где Q — расход воды, *л/сек*;
l — длина шлангов, *м*;
$K_т$ — определяется в зависимости от диаметра и типа шлангов по табл. 6.24

Таблица 6.23

Напор и расход воды, необходимые для погружения свай подмывом

Грунт	Глубина погружения сваи в грунт, *м*	Необходимый напор у наконечников, *ати*	Сечение сваи (шпунтины), *см*			
			30—50		50—70	
			Внутренние диаметры подмывных труб, *мм*	Расход воды на сваю, *м³/мин*	Внутренние диаметры подмывных труб, *мм*	Расход воды на сваю, *м³/мин*
Ил, заиленный песок, мелкозернистый песок, мягкая глина, супесь	5—15	4—8	37	0,4—1	50	1—1,5
	15—25	8—10	68	1—1,5	80	1,5—2
Песок и супесь слежавшиеся, песок с примесью гравия и гальки, суглинок, глина мягкая	5—15	6—10	50	1—1,5	68	1,5—2,0
	15—25	10—15	80	1,5—2,5	106	2—3

Таблица 6.24

Значения коэффициента $K_т$ для различных шлангов

Внутренний диаметр шланга, *мм*	Тип шланга	
	Прорезиненный	Резиновый
33	33	50
50	133	200
65	567	850
76	1333	2000

Таблица 6.25

Расход воды (числитель, *м³/ч*) **и потери напора** (знаменатель, *м вод. ст.*) **в трубопроводах на 100** *пог. м*

Скорость протекания воды, *м/сек*	Внутренний диаметр труб, *мм*								
	25	40	50	60	70	80	100	125	250
1,0	1,80 / 6,40	4,50 / 3,70	7,10 / 2,90	10,2 / 2,3	13,9 / 2,0	18,1 / 1,7	28,3 / 1,3	44,20 / 1,0	63,6 / 0,84
1,1	1,95 / 7,60	5,0 / 4,4	7,8 / 3,4	11,2 / 2,8	15,2 / 2,3	20 / 2,0	31,1 / 1,6	48,6 / 1,2	70 / 1,0
1,25	2,20 / 9,70	5,70 / 5,6	8,8 / 4,3	12,8 / 3,5	17,3 / 3,0	22,6 / 2,6	35,4 / 2,0	55,2 / 1,6	79,5 / 1,3
1,50	2,70 / 13,5	6,8 / 7,8	10,0 / 6,1	15,3 / 5,0	20,8 / 4,2	27,1 / 3,6	42,4 / 2,8	66,3 / 2,20	95,4 / 1,8
1,75	3,10 / 18,1	7,9 / 10,5	12,4 / 8,1	17,8 / 6,6	24,3 / 5,7	31,7 / 4,8	49,5 / 3,8	77.3 / 3,0	111,0 / 2,40
2,0	3,5 / 23,0	9,10 / 13,4	14,1 / 10,5	20,4 / 8,6	27,7 / 7,2	36,2 / 6,2	56,6 / 4,9	88,4 / 3,8	127 / 3,2

Скорость протекания воды, *м/сек*	Внутренний диаметр труб, *мм*								
	25	40	50	60	70	80	100	125	250
2,5	4,40 / 34,7	11,3 / 20,5	17,7 / 16,0	25,5 / 13,1	34,6 / 11,1	45,2 / 9,6	70,7 / 7,5	110,0 / 5,9	159,0 / 4,9
3,0	5,30 / 47,9	13,6 / 28,8	21,2 / 24,7	30,5 / 18,6	41,6 / 15,8	54,3 / 13,6	84,3 / 10,7	133,0 / 8,4	191,0 / 6,9
3,5	6,3 / 69	15,9 / 39,4	25,2 / 35	35,2 / 24,8	48 / 21	63 / 18,2	100 / 16,2	154 / 11,3	222 / 9,3
4,0	7,2 / 90	18,1 / 51	28,8 / 45,5	40,4 / 32,5	54,7 / 27,2	72 / 24	114 / 21,2	176 / 14,7	253 / 12,1
5,0	9,0 / 140	22,6 / 79	36 / 71	50,5 / 51	68,5 / 41,5	90 / 37	142 / 32,7	220 / 23	316 / 18,9

Примечания: 1. При старых трубах потери напора увеличиваются в 1,15—1,3 раза.

2. Потери напора в фитингах и вентилях, коленах и задвижках принимаются как для прямолинейного участка трубы того же диаметра длиной 5 *м*.

3. Промежуточные значения величин можно определять по интерполяции.

Потерю напора на 100 *пог. м* трубопровода в зависимости от скорости протекания и диаметра труб определяют по табл. 6.25.

Задача по определению диаметра подмывного трубопровода и мощности насоса решается в такой последовательности: по таблице определяется необходимый расход и напор у наконечников, определяют потери в подмывных трубах, шлангах, напорном и всасывающем трубопроводах, коленах, фитингах и задвижках и мощность насоса.

Если потери в подмывных трубах получаются чрезмерные, а скорости свыше 5 *м/сек*, следует увеличивать количество и диаметр подмывных труб.

§ 6. ОСОБЕННОСТИ ПОГРУЖЕНИЯ ШПУНТОВЫХ РЯДОВ

Стальной шпунт

Перед погружением каждая шпунтина должна быть замаркирована, покрыта антикоррозионной изоляцией (при необходимости) и подготовлена для забивки в зависимости от типа сваебойного агрегата и конструкции наголовника. С помощью шаблона (отрезка шпунтины длиной не менее 2,0 *м*) проверяют также правильность формы и прямолинейность замков.

При использовании шпунта с замками пазового типа паз переднего по ходу забивки замка закрывают стальной пробкой во избежание забивания его грунтом при погружении. Шпунт с замком кулачкового типа погружают кулачком вперед. Рекомендуется пакетное погружение двух, трех или более шпунтин, собранных и сваренных заранее на берегу.

Шпунтовые ряды для обеспечения необходимой точности забивают в направляющих, тип которых приведен в табл. 6.8. При длине шпунта более 15 *м* следует устраивать два яруса направляющих балок.

При высоких строительных уровнях воды (более 8 *м*) маячные сваи выполняют в виде козловых опор.

В случае криволинейной в плане забивки шпунта применяют направляющие шаблоны, плавучие или стационарные, закрепляемые на предварительно погруженных сваях. Форма шаблона определяется плановым очертанием шпунтового ряда.

Для обеспечения омоноличивания стенки при криволинейной забивке шпунт забивают пакетами из 2—3 штук, которые предварительно сваривают в замках швом толщиной 8—10 *мм* и длиной не менее 15 *см*.

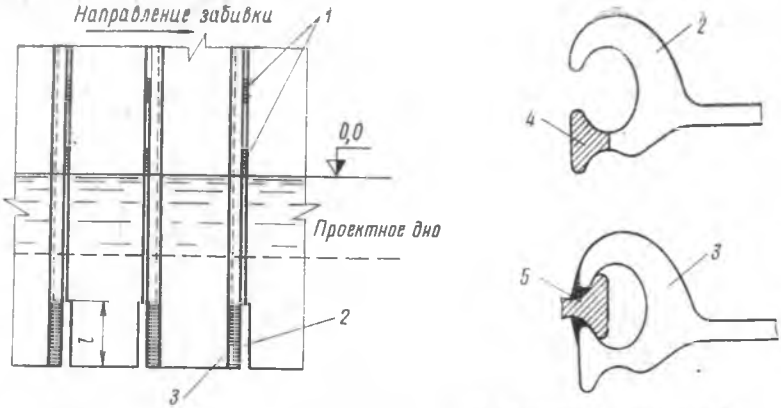


Рис. 6.14. Схема соединения шпунтин с помощью вкладышей:
1 — сварка в замках; *2* — замок с вырезом; *3* — замок с вкладышем; *4* — гребень замка; *5* —вкладыш

В нижней части, где нельзя произвести сварку, для уменьшения относительного сдвига шпунтин на длине 20—25 *см* следует обрезать гребень заднего по ходу забивки замка и приваривать его в качестве вкладыша к нижней части переднего замка (рис. 6.14).

При погружении шпунта могут иметь место отклонения от вертикали в плоскости створа, обычно в сторону погружения по ходу забивки (веерность), и неточность забивки по вертикали. Для предотвращения этого рекомендуется устанавливать сразу одну или две секции стенки без погружения, после чего производить погружение в два-три приема в зависимости от высоты стенки.

При одиночной забивке шпунта молотами и вибропогружателями рекомендуется смещать их от оси шпунтины в сторону забитого ряда на 0,1—0,2 ширины шпунтины. Если этих мероприятий оказывается недостаточно, забивают специальную клиновидную шпунтину, которую изготовляют из обычной путем треугольного выреза стенки и последующей сварки или разреза и вварки клинового листа толщиной не менее толщины стенки шпунтины. Сварка делается сплошным швом в несколько приемов во избежание коробления шпунтины. Наклон клина не должен превышать 1—2%.

Стальной шпунт, как правило, погружают методами забивки или вибропогружения. При укрупнении шпунта в пакеты в песчаных грунтах целесообразно применять подмыв. В случае, если шпунтовый ряд несет значительную вертикальную нагрузку, после подмыва его добивают молотом. После погружения шпунтовый ряд со свободной длиной более 5 *м*, подверженный волновому воздействию более 3 баллов, должен быть надежно раскреплен до монтажа анкерных устройств и засыпки пазухи.

Железобетонный шпунт

Прямоугольный шпунт погружают в стационарных направляющих с применением прижимной тележки, тавровый шпунт — в плавучих направляющих (см. табл. 6.7).

Плавучие направляющие, как правило, закрепляют не менее чем на четырех сваях, погружаемых в грунт. Они должны балластироваться в рабочем состоянии так, чтобы их крен и дифферент не превышали 30′.

Направляющий замок для таврового шпунта должен быть длиной не менее 3,0 *м* и иметь возможность подвижки в плане и наклона вдоль линии кордона для точной фиксации положения шпунтины относительно направляющих устройств.

При погружении таврового шпунта следует применять подмыв с помощью подмывных труб, расположенных по контуру шпунтины с лицевой и тыловой

сторон. Для таврового шпунта рекомендуется иметь четыре, а для широкопанельного — восемь подмывных трубок, располагаемых поровну с каждой стороны шпунта.

Погружать плоский и тавровый шпунт в мелкие пески и супеси можно с применением одного подмыва с периодическим подъемом и опусканием шпунтины краном. При этом длина подмывных труб определяется так, чтобы был обеспечен размыв грунта на 0,5—1,0 *м* ниже проектного положения острия шпунта. Рекомендуется иметь автономное управление каждой из подмывных труб.

Таблица 6.26

Данные для погружения таврового железобетонного шпунта

Грунт	Подмыв				Тип вибропогружателя в зависимости от глубины погружения таврового шпунта, *м*	
	Напор у наконечника, *ати*	Диаметр подмывных труб, *мм*	Диаметр центрального отверстия, *мм*	Расход воды, *м³/мин*	до 5,0	свыше 5,0
Илистый и мелкозернистый песок, супесь	4—8	50	22	1—1,5	Без применения вибропогружателя	
Среднезернистый песок и слежавшаяся супесь	6—10	68	28	1,5—1,8	ВП-1 (ВП-3м)	ВП-3м
Песок с примесью гравия и гальки (до 20 %)	8—10	68	30	1,8—2	ВП-3м	ВП-3м
Суглинок пластичный и тугопластичный	—	—	—	—	ВП-3м ВП-160 (ВП-160)	ВП-160 (ВП-170)
Глина пластичная и тугопластичная . .	—	—	—	—	ВП-170	

По окончании подмыва отстроповку шпунта можно производить лишь после осадки и уплотнения грунта в зоне размыва, т. е. через 10—20 *мин* после прекращения подачи воды.

Шпунт, погружаемый подмывом, в начальный период (1—2 месяца) может иметь осадку, в связи с чем следует вводить соответствующие поправки, определяемые в процессе строительства, при назначении отметки верха шпунта.

Погружение железобетонного шпунта в среднезернистые песчаные, супесчаные и гравелистые грунты с содержанием гравия до 20% осуществляется подмывом совместно с вибропогружением. На основании опыта строительства больверков из таврового шпунта в табл. 6.26 приведены рекомендации погружения этого шпунта в зависимости от грунтовых условий.

Интенсивность погружения железобетонного таврового широкопанельного шпунта бригадой 5—6 человек с помощью плавучего крана в песчаные грунты основания подмывом на глубину до 6,0 *м* составляет 3—5 штук в смену.

В процессе погружения могут иметь место отклонение шпунтин от вертикали в плоскости створа (веерность), отклонение от створа и неточность забивки по высоте. Для исправления этих дефектов периодически устанавливают специально изготовленные клиновидные шпунтины, производят оттяжку голов шпунтин, устраивают соответствующие скосы острия и применяют подмыв со стороны препятствия.

До засыпки пазухи шпунтовой стенки вывешивают соответствующие знаки, запрещающие подход и швартовку судов к шпунтовому ряду.

§ 7. ОСОБЕННОСТИ ПОГРУЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК

Транспортирование оболочек

Составленные из звеньев колонны-оболочки диаметром 1,2—3,0 *м* подаются к месту погружения на понтонах, на грузовых палубах плавкранов и реже автотранспортом.

Опирание и строповка оболочек производятся на расстоянии от концов $a=0{,}2l$, где l — длина оболочки, при этом изгибающий момент в оболочке от собственного веса получается наименьшим. При другом расстоянии строповки необходимо проверить оболочку на трещиностойкость от изгибающего момента с коэффициентом запаса не менее 1,3.

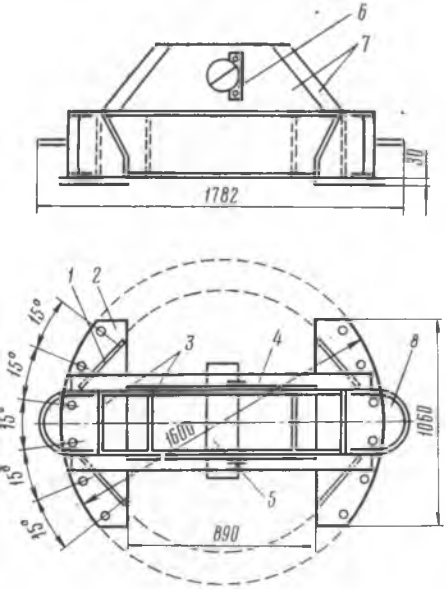


Рис. 6.15. Жесткая траверса для подъема оболочек ∅ 1,6 *м*:

1 — ребро; *2* — плита; *3* — диафрагмы; *4* — стенка из швеллера № 30; *5* — валик для строповки; *6* — удерживающая планка; *7* — щека; *8* — монтажная скоба

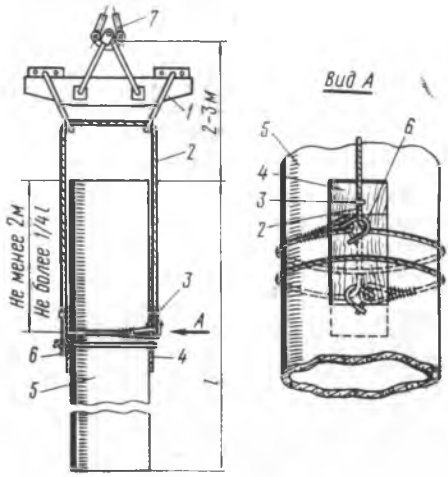


Рис. 6.16. Траверса со стропом для подъема оболочек:

1 — траверса, применяемая для подъема массивов (штанги сняты); *2* — двухпетлевой строп; *3* — скоба для крепления прокладки к стропу; *4* — прокладка; *5* — оболочка; *6* — серьга; *7* — крановый захват (крюк)

Оболочки при транспортировке и после выгрузки укладывают на деревянные подкладки толщиной 20 *см* с выкружками глубиной 8—10 *см*. В трюмах судов оболочки расклинивают между собой и стенками трюма деревянными брусьями. Во всех случаях перевозки оболочки надежно закрепляют от перемещения и падения под действием толчков, перекосов и крена. При погрузке оболочек на суда их располагают и крепят в соответствии с карго-планом.

Для грузовых операций с оболочками в горизонтальном положении применяют стропы. При подъеме оболочки из горизонтального положения в вертикальное пользуются жесткими траверсами, закрепленными на болтах к голове оболочки (рис. 6.15), которые рекомендуется применять при ограниченной высоте крана, и траверсой со стропом, охватывающим оболочку. Она рекомендуется для оболочек диаметром не более 1,6 *м*. Применение такой траверсы (рис. 6.16) позволяет не подниматься рабочим на оболочку для снятия стропов.

Погружение оболочек без выемки грунта и без применения подмыва

Оболочки диаметром 1,2—1,6 *м* можно погружать без удаления грунта. Заданная глубина погружения и расчетная грузоподъемность в этом случае до-

стигаются за счет применения вибропогружателя соответствующей мощности и обеспечения безопасного режима вибропогружения.

Непосредственно перед установкой оболочки водолазы осматривают поверхность дна под оболочкой и производят гидрощупование грунта подмывной трубой диаметром 50 *мм* при напоре воды 5—10 *атм* в трех-четырех местах по пе-

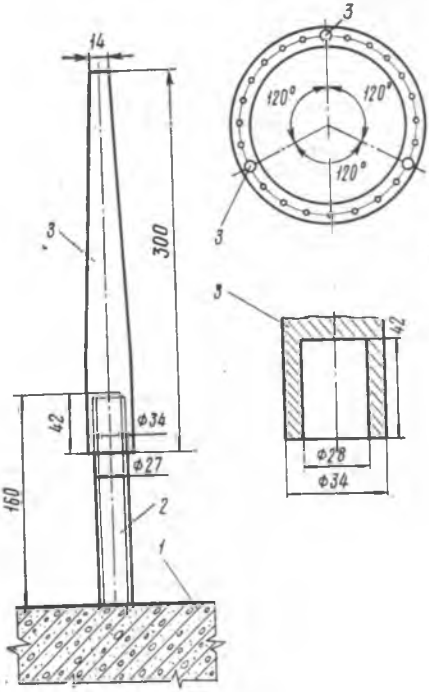


Рис. 6.17. Направляющая оправка для посадки на оболочку наголовника вибропогружателя:

1 — тело оболочки; *2* — арматурный выпуск; *3* — оправка. (Размеры в *мм*)

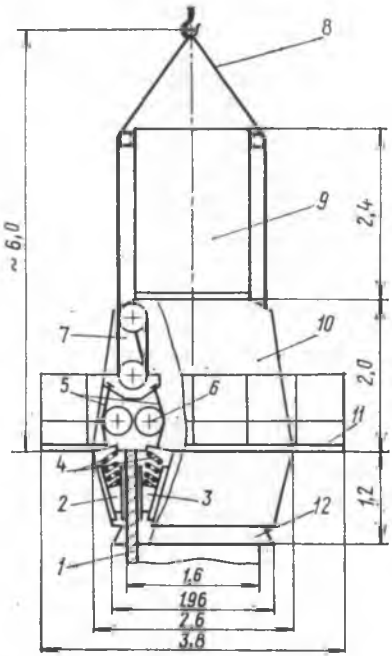


Рис. 6.18. Самозакрепляющийся наголовник для оболочек 1,6 *м*:

1 — оболочка; *2* — наружный клин; *3* — внутренний клин; *4* — пружинная тяга; *5* — тросовая тяга; *6* — отклоняющие ролики; *7* — четырехниточный полиспаст; *8* — подъемный трос; *9* — вибропогружатель ВП-170; *10* — корпус наголовника; *11* — рабочая площадка; *12* — направляющий конус

риметру ножа оболочки. При погружении оболочек с помощью плавкондуктора гидрощупование ведут через направляющую обойму, после установки плавкондуктора над местом погружения.

Для установки вибропогружателя на голову оболочки к нему предварительно прикрепляют наголовник и подвесные кольцевые подмости, с которых устанавливают наголовник на нарезные выпуски арматуры (шпильки) и затягивают гайки крепления. Для попадания рабочих на кольцевые подмости к ним подвешивают шторм-трап.

Для удобства надевания фланца наголовника на шпильки на них надевают направляющую конуса (рис 6.17). Опускаясь, наголовник «ловится» на три конуса с диаметром вершин 14 *мм*, которые входят в три отверстия диаметром 36 *мм* на фланце наголовника. При дальнейшем опускании наголовник направляется конусами на остальные шпильки, которые входят в отверстие фланца. После установки наголовника на голову оболочки конусы снимаются.

Гайки затягивают равномерно по всей окружности в несколько проходов, после чего включают на 10 *сек* вибратор и затем производят окончательную затяжку гаек с постановкой контргаек. Время установки наголовника с болтами крепления 1—1,5 *ч*.

Для оболочек диаметром 1,6 *м* с толщиной стенок 15 *см* при применении вибропогружателей ВП-170 и ВП-160 ПКБ Главстроймеханизации Минтрансстроя разработало самозакрепляющийся цанговый наголовник.

Наголовник закрепляется к оболочке четырьмя наружными и четырьмя внутренними стальными клиньями с пружинным нажатием. Клинья через полиспастную систему связаны с подъемным тросом, который надевается на гак крана.

Когда наголовник с прикрепленным к нему вибропогружателем висит на кране, пружины сжаты и клинья ослаблены. Опускаясь, наголовник при помощи направляющего конуса центрируется на оболочке. После установки на оболочке и ослабления подъемного троса клинья зажимают оболочку и производится вибропогружение. Для снятия наголовника достаточно натянуть подъемный трос, после чего клинья вновь ослабляются, и при дальнейшем подъеме наголовник снимается с оболочки.

Устанавливают и снимают наголовник в течение нескольких минут без подъема рабочих на верх оболочки.

Вес наголовника 11 *т*, вместе с вибропогружателем — 23 *т*. Схема и основные размеры приведены на рис. 6.18. Самозакрепляющиеся наголовники изготовляет Туапсинский завод Минтрансстроя.

Режим вибропогружения устанавливается «залогами», длительностью до 3 *мин* с перерывами по 3—5 *мин*, необходимыми по условиям работы вибропогружателя, для остывания ротора и статора электродвигателя, для подтяжки гаек крепления, осмотра оболочки и производства замеров. При подходе оболочки к тяжелым грунтам (мергель, гравий и т. п.), при встрече с препятствиями и после погружения оболочку осматривают водолазы. При вибропогружении ведется журнал установленной формы.

Если скорость погружения снижается до 5 *см/мин*, это указывает на необходимость применения подмыва и извлечения грунта из оболочки.

Для защиты оболочки от появления продольных трещин, возникающих от гидродинамического давления столба воды, находящегося внутри оболочки, на стенки ее, при вибропогружении в оболочку по шлангу, опущенному до уровня грунта, подается сжатый воздух от компрессора производительностью 5—8 $м^3/мин$. Воздушные пузырьки выполняют роль амортизатора, которая заключается в том, что усилие от удара несжимаемого столба воды затрачивается на сжатие воздуха, разгружая тем самым стенки оболочки.

Применение подачи воздуха в оболочку рекомендуется при глубине воды от 4 *м* и более.

Время погружения оболочек без выемки грунта и подмыва, по данным Оргтрансстроя Министерства транспортного строительства, приведено в табл. 6.27.

Таблица 6.27

Время, затрачиваемое на погружение одной оболочки, *ч*

Наименование операций	Диаметр оболочки, *м*		
	1,2	1,6	3,0
Установка оболочки в проектное положение	1,12	1,28	1,08
Установка вибропогружателя и крепление	1,06	1,05	4,17
Погружение оболочки в грунт	0,69	0,94	—
Снятие вибропогружателя	0,47	0,75	2,08
Всего	3,34	4,02	—
Трудоемкость, *чел-ч*	11,2	24,0	—
Длина оболочки, *м*	14	24	8

При погружении оболочки, особенно при встрече с препятствиями, могут увеличиваться силы сжатия оболочки до таких размеров, что в ней появляются продольные трещины. Повреждений оболочки может не произойти, если будет соблюдаться следующее соотношение:

$$j_{max} \leqslant \frac{P_{сж.\,max}}{Q_у} g \text{ (в единицах земного ускорения)}, \qquad (6.7)$$

где j_{max} — максимальное замедление движения центра тяжести вибросистемы вниз;

$P_{сж\,max}$ — наибольшее допускаемое усилие в погружаемой оболочке на сжатие;

$Q_у$ — условный вес вибросистемы, *т*;

g — ускорение силы тяжести (9,8 *м/сек*²).

Величины $P_{сж\,max}$ и $Q_у$ определяются по следующим формулам, исходя из условий трещиностойкости бетона:

для предварительно напряженных оболочек

$$P_{сж.\,max} = 0{,}8R^{т}_{пр}\left[F_б + n_а F_а - \left(\frac{\sigma_0}{R^{т}_{пр}} - n_н\right)F_н\right], \qquad (6.8)$$

для ненапряженных оболочек

$$P_{сж.\,max} = 0{,}8R^{т}_{пр}\,(F_б + n_а F_а), \qquad (6.9)$$

где $R^{т}_{пр}$ — расчетное сопротивление бетона на трещиностойкость, *кГ/см*² (табл. 6.28);

$n_а$ и $n_н$ — отношение модулей упругости $\frac{E_а}{E_б}$ для ненапряженной и напряженной арматуры (табл. 6.28).

$F_б$ — площадь бетона, *см*²;

$F_а$ — площадь ненапрягаемой продольной арматуры, *см*²;

$F_н$ — площадь напрягаемой продольной арматуры, *см*²;

σ_0 — величина напряжения в предварительно напряженной арматуре после проявления всех потерь, *кГ/см*².

Таблица 6.28

Значения величин $R^{т}_{пр}$, $n_а$ и $n_н$

Наименование и характеристика величин	Марка бетона		
	300	400	500
Расчетное сопротивление бетона на трещиностойкость $R^{т}_{пр}$ при приготовлении бетона на централизованных автоматических и полуавтоматических заводах, *кГ/см*²	135	190	245
То же, при приготовлении бетона на строительных полигонах и заводах	125	175	225
Отношение модулей упругости $n_а$ для ненапряженной арматуры	6,5	5,8	5,4
Отношение модулей упругости $n_н$ для напряженной арматуры из стержней периодического профиля	5,9	5,3	4,9

Условный вес вибросистемы

$$Q_у = Q + Q'_{гр} + Q''_{гр}, \qquad (6.10)$$

где Q — истинный вес вибросистемы, *т*;

$$Q = Q_в + Q_н + Q_о.$$

Здесь $Q_в$ — вес вибропогружателя, *т*;

$Q_н$ — вес наголовника, *т*;

$Q_о$ — вес оболочки (без взвешивающегося действия воды), *т*;

$Q'_{гр}$ — условный вес колеблющегося грунта, примыкающего с наружной стороны оболочки, определяемый по формуле

$$Q'_{гр} = \pi (D + \delta_{гр}) \delta_{гр} h \gamma_{гр} \ т,$$

где D — наружный диаметр оболочки, *м*;

$\delta_{гр}$ — толщина слоя грунта, принимаемая 0,15 *м*;

h — глубина погружения в грунт, *м*;

$\gamma_{гр}$ — объемный вес грунта (без взвешивающего действия воды), *т*;

$Q''_{гр}$ — условный вес столба неизвлеченного грунта, *т*, принимается по формуле

$$Q''_{гр} = \frac{\pi (D - 2\delta_о)^2}{4} h_с \gamma_{гр},$$

где $\delta_о$ — толщина стенок оболочки, *м*;

$h_с$ — высота столба неизвлеченного грунта, *м*, определяется по табл. 6.29.

Таблица 6.29

Значения $h_с$ в зависимости от D

D, *м*	$h_с$, *м*	Примечание
1,2	6	
1,6	5	
2,0	3,5	Промежуточные значения $h_с$ определяются интерполяцией
3,0	2,5	

Для контроля на оболочку устанавливают прибор — фиксатор порога замедлений (ФПЗ), имеющий три оповещательных сигнальных огня — белый, желтый и красный. Желтый цвет — предупреждающий устанавливается на $0{,}5 \div 0{,}7\ j_{max}$, а красный — запрещающий должен соответствовать $0{,}9 \div 1{,}0\ j_{max}$.

Прибор крепят к телу оболочки через закладные части, не ближе 50 *см* от стыковых фланцев.

Прикрепление прибора к оболочке должно быть достаточно жестким, исключающим возможность возникновения заметных собственных вибраций прибора относительно оболочки.

При запрещающем сигнале прибора работы по погружению оболочки должны быть остановлены. После небольшого перерыва работы возобновляют и продолжают до нового появления запрещающего сигнала при сокращении залогов до 1′. Если 2—3 повторных попытки начать погружение приводят к быстрому появлению запрещающего сигнала, погружение оболочки должно быть прекращено. Дальнейшее погружение может быть начато после удаления из-под ножа препятствий или уменьшения сопротивления путем выборки грунта из оболочки или применения подмыва.

Подмыв оболочек и удаление грунта

В несвязных грунтах (пески, гравий, супеси) применяется главным образом наружный подмыв. Трубы располагаются равномерно по окружности оболочки (рис. 6.19) и удерживаются направляющими хомутиками. Вода к трубкам подается через центральный водораспределитель. Ориентировочные данные по напору и расходу воды, необходимые для погружения оболочек, приведены в табл. 6.30.

Каждая труба регулируется самостоятельным вентилем. Для предотвращения наплыва грунта внутрь оболочки подмывные трубы располагают на 0,5 *м* выше ножа оболочки. При наличии в оболочке грунтовой пробки высотой 2 *м* подмывные трубки можно опускать и до уровня ножа.

Подмыв прекращают, когда оболочка на 0,5—1 *м* не дошла до проектной отметки. Режим работы вибропогружателя при подмыве принимается коротки-

ми залогами в 0,5′—1′ с перерывами во избежание повреждения и закупорки подмывных труб грунтом.

При недостаточности эффекта от подмыва применяется одновременное удаление грунта из полости оболочки эрлифтированием или грейферами; в этом случае для опускания оболочки применяется вибропогружатель типа ВУ-1,6, имеющий отверстие диаметром 1,4 *м*.

При эрлифтировании подмыв осуществляют одной или двумя трубами, опущенными внутрь оболочки. Сечение подмывных труб, расход и напор воды должны соответствовать данным табл. 6.30.

Схема эрлифта с подмывной трубой приведена в главе V (рис. 5.3).

Расход воздуха при диаметре всасывающей трубы 150 *мм* — 9—12 *м*³/*мин*, при диаметре 200 *мм* — 15—18 *м*³/*мин*. В период эрлифтирования вода в оболочке должна находиться на уровне воды акватории.

Грейферы применяют при погружении оболочек в глины и гравийно-галечные грунты. Характеристики некоторых грейферов приведены в табл. 6.31.

Одноканатный грейфер более прост в изготовлении и эксплуатации, но грейфер ГП-2 имеет лучшее наполнение и может извлекать валуны до 0,5 *м* в попе-

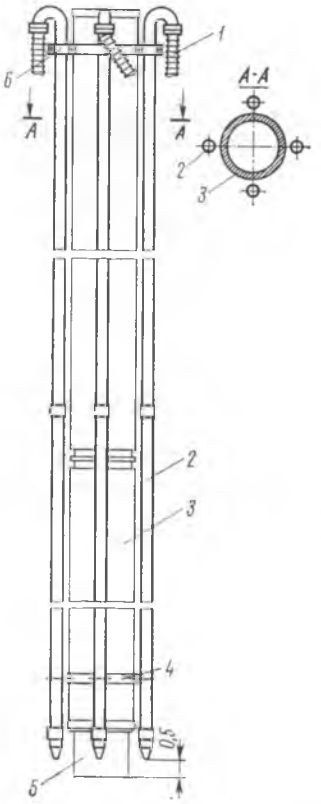


Рис. 6.19. Схема закрепления подмывных труб к оболочке:

1 — шланг; *2* — подмывная труба; *3* — оболочка; *4* — направляющий хомут; *5* — нож; *6* — удерживающий хомут

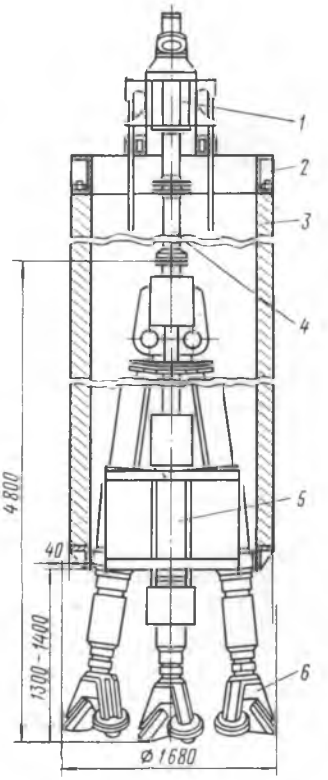


Рис. 6.20. Турбобур:

1 — вертлюг; *2* — наголовник оболочки; *3* — железобетонная оболочка; *4* — труба подачи воды; *5* — реактивные буры; *6* — долота

речнике. При погружении грейферами нельзя допускать образования грунтовой пробки, которую очень трудно разрабатывать, поэтому оболочку погружают ступенями по 30—40 *см*, после чего грунт удаляют на 20—30 *см* ниже ножа. Для разработки глин в оболочке может быть применена буровая установка МБС-1,7 с ковшовым буром диаметром 1,2 *м*.

Таблица 6.30

Напор и расход воды, необходимые для погружения оболочек с подмывом

Грунт	Глубина погружения, *м*	Необходимый напор у наконечников, *ати*	Количество и внутренний диаметр труб, *мм* / Расход воды, $м^3/мин$ / Диаметр наружной оболочки, *м*		
			1,2	1,6	2,0
Мелко- и среднезернистый песок, супесь, ил, мягкая глина	До 10	4—6	3×50 / 0,6—1,0	4×50 / 0,8—1,2	4×50 / 1,0—1,4
	10—20	6—8	3×50 / 0,9—1,2	4×50 / 1,2—1,6	4×50 / 1,6—2,0
Песок и супесь слежавшиеся, то же с примесью гравия и гальки	До 10	8—10	3×50 / 1,5—2,0	4×50 / 2,0—2,5	4×75 / 3,0—4,0
Суглинок, глина средней твердости	10—20	10—15	3×50 / 1,8—2,0	4×75 / 3,0—4,0	4×75 / 4,0—5,0

Таблица 6.31

Характеристики одноканатного пневматического грейфера

Показатель	Тип грейфера и марка	
	Одноканатный — ударный	Пневматический ГП-2
Емкость грейфера, $м^3$	0,15	0,15
Диаметр при открытых лопастях, *м* .	1,25	1,23
Количество лопастей, шт.	4	5
Вес грейфера, *т*	2,50	0,7
Давление воздуха, *ати*, и тип компрессора	—	5—7; ЗИФ-5,5
Изготовитель	Одинцовский завод Минтрансстроя	Заводы Министерства угольной промышленности

Буровые работы при погружении оболочек

При погружении оболочек в скальные грунты и при встрече с препятствиями применяются наиболее совершенные буровые агрегаты: турбобуры, установленные на плавсредствах и станки ударно-канатного бурения.

Реактивный турбобур (РБТ) — тип 21Р с вертлюгом ВРБ-30 и буровыми долотами. РТБ разработан и изготовлен ВНИИБТ Министерства нефтяной промышленности. РТБ состоит из четырех турбобуров, соединенных вместе, из них два неподвижных и два раздвигающихся. Бур заводится в железобетонную колонну-оболочку краном и крепится к ней (рис. 6.20). Он подвешивается к вышке, установленной на плавучем кондукторе, при помощи которого устанавливают на дно колонны-оболочки.

Основные технические характеристики установки реактивного турбобура:

Тип долота	ЗД 490С
Подача воды	2 насоса АЯП-150
Расход воды	130 *л/сек* при давлении 35—40 *ати*
Общая потребляемая мощность	2×700=1400 *л. с.*
Скорость бурения в породах крепостью 1000 *кГ/см²*	0,9—1,1 *м/ч*
Расход энергии на бурение 1 *м³* скалы	400—500 *квт-ч*
Габаритные размеры:	
высота	4800 *мм*
диаметр в сложенном положении долот	1240 *мм*
то же, в развернутом	1680 *мм*
Вес	11 *т*
Время бурения скважины глубиной 3,2 *м* в скале прочностью 800 *кГ/см²* со всеми вспомогательными работами	8 *ч*

Станки ударно-канатные типа УКС-30, УКС-54. Бурение осуществляется ударом долота, сбрасываемого с высоты 0,5—1,0 *м* и поворачиваемого каждый раз в плоскости забоя на 5—10°. Станок устанавливают над погруженной оболочкой на подмостях. Данные по станкам приведены в табл. 6.32.

Таблица 6.32

Технические характеристики буровых станков

Показатель	Единица измерения	Тип станка	
		УКС-30	УКС-54
Наибольший вес долота	*т*	2,5—3,0	7,5
Наибольшая высота подъема долота	*м*	1,0	1,0
Число ударов в минуту	удары	40—50	36—48
Мощность электродвигателей	*квт*	40	100
Габариты:			
длина	*м*	5,0	8,9
высота	»	16,3	9,7
ширина	»	2,8	3,2
Вес станка	*т*	11,15	20,9
Диаметр скважин:			
вертикальной	*м*	0,8—1,4	До 2,7
наклонной	»	—	До 1,4
Скорость бурения в породах прочностью до 400 *кГ/см²*	*м/смену*	0,5—1,0	—

Каждый станок укомплектовывают не менее чем двумя долотами (одно в ремонте) и желонкой для удаления шлама. До начала бурения оболочку путем эрлифтирования или эжектирования очищают от мягкого грунта. Для выравнивания забоя при неровности менее 20 *см* забрасывают тампонажный слой

из глины толщиной 0,3—0,5 *м* и поверх нее слой камня 0,2—0,3 *м*. Тампонажный слой трамбуют долотом. При неровностях более 20 *см* тампонажный слой делают из подводного бетона марки не менее 100 толщиной 1 *м* и выдерживают не менее трех суток.

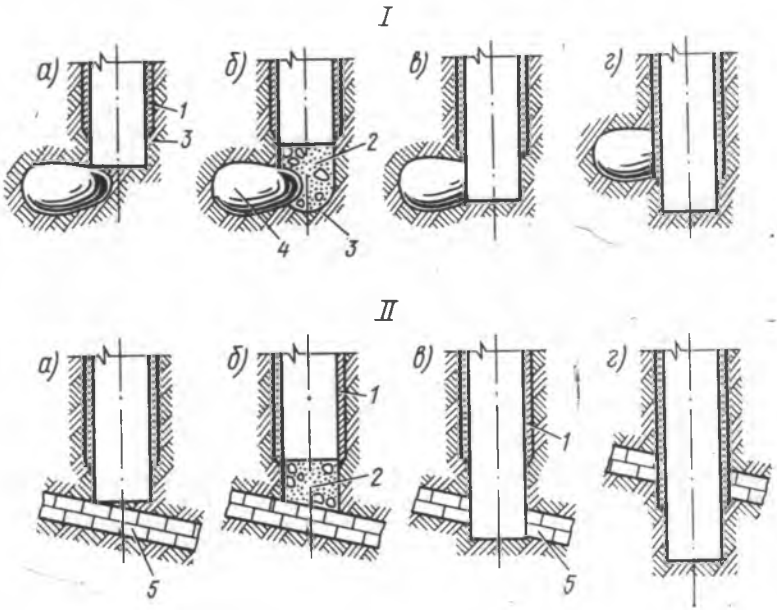


Рис. 6.21. Разбуривание препятствий:

I — валуна; *II* — скальной прослойки; *а* — прекращение вибропогружения при встрече с препятствием; *б* — укладка тампонажного слоя бетона; *в* — разбуривание препятствия; *г* — дальнейшее погружение оболочки; *1* — оболочка; *2* — тампонажный слой бетона; *3* — грунт; *4* — валун; *5* — скальная прослойка

Бурение при глубине более 2 *м* в прочных и 1 *м* в слабых грунтах производят с применением глинистого раствора. Глинистый раствор не применяют при бурении скалы, мергелей, доломитов, гипса и пород, имеющих глинистые прослойки.

Перед началом бурения скважины закрывают слоем 0,2—0,3 *м* комковой глины. В процессе бурения глину по всей площади забоя дополнительно забрасывают на высоту 0,5 *м*.

После разбуривания на 0,3—0,5 *м* разбуренная порода вместе с глинистым раствором (шлам) удаляется желонкой, а перед началом бурения в скважину вновь засыпают комковую глину на высоту 0,2—0,3 *м* и после разбуривания процесс повторяется.

При работе без глинистого раствора скважину очищают эрлифтами через каждые 0,3—0,5 *м*. Во избежание наплыва грунта вода в скважине и оболочке держится на 3—4 *м* выше уровня воды акватории.

Нельзя оставлять долото в скважине во время перерывов в работе во избежание захвата его оседающим шламом. Долото должно быть немедленно поднято не менее 3 *м* над забоем.

Если бурению подлежат отдельные препятствия, встреченные оболочкой при погружении, их удаляют в порядке, показанном на рис. 6.21.

§ 8. УСТРОЙСТВО БУРОВЫХ СВАЙ С УШИРЕННОЙ ПЯТОЙ

Буровые сваи выполняются при помощи буровой установки ЦНИИС, состоящей из навесного оборудования, монтируемого на копре типа СССМ-680, или буровой машины МБС-1,7, ЦНИИС, смонтированной на кране-экскаваторе Э-1258. Общий вид установок приведен на рис. 6.22 и 6.23.

Бурение производится на глубину до 30 *м* с разработкой в нескальных грунтах уширения диаметром до 3,5 *м*, что повышает несущую способность сваи по сравнению с оболочками диаметром 1,2—1,6 *м* до 3—4 раз.

После бурения уширение заполняют бетоном, а ствол или бетонируют или в него опускают колонну-оболочку из сваренных между собой секций. Можно

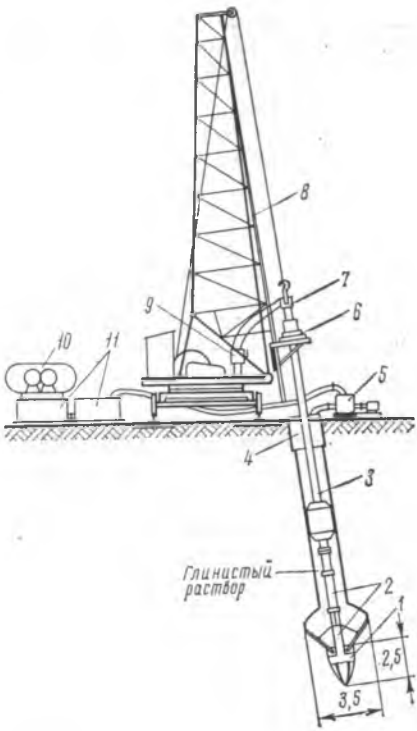


Рис. 6.22. Буровая установка ЦНИИСа на копре СССМ-680:

1 — фреза; *2* — уширитель; *3* — буровая колонна; *4* — обсадная труба; *5* — грязевой насос; *6* — ротор; *7* — вертлюг; *8* — копер; *9* — пульт управления; *10* — глиномешалка; *11* — баки — сборники глиняного раствора

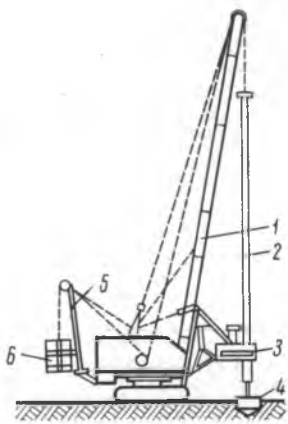


Рис. 6.23. Буровая машина МБС-1,7 ЦНИИС:

1 — кран Э-1258; *2* — буровая штанга; *3* — ротор с механизмом принудительной подачи; *4* — ковшовый бур; *5* — дополнительная стрела; *6* — грейфер ОГ-2

также производить бурение ниже погруженной оболочки, используя ее в качестве направляющей.

Для крепления стенок от обрушения при несвязных грунтах применяют глинистый раствор или избыточный напор воды в скважине (при глубине грунтовых вод не менее 4 *м* от устья скважины) за исключением случаев, когда бурение ведется в скальных грунтах и глинах. Характеристика глинистого раствора в зависимости от проходимых грунтов приведена в табл. 6.33.

Глинистый раствор приготовляют в глиномешалках с перемешиванием не менее 1,5 *ч*.

Очередность производства работ:

смонтированный буровой агрегат устанавливают над осью скважины или оболочки;

Таблица 6.33

Характеристика глинистого раствора для крепления стенок скважин

Показатель	Единица измерения	Проходимые грунты			Прибор для определения
		Пески	Супеси	Суглинки	
Вязкость	*сек*	25—30	20—25	17—20	СВП-5
Удельный вес	*г/см³*	1,3—1,4	1,2—1,3	1,1—1,2	Ареометр
Стабильность	*г/см³/сек*		Не более	0,05	Цилиндр с краном посредине
Отстой	% в сутки		Не более	5	Мензурка
Содержание песка	%		Не более	10	»

производят бурение на 4 *м* и устанавливают обсадную трубу. При бурении в погруженной оболочке обсадной трубой является сама оболочка;

после заполнения фрезы (ковша) грунтом, что соответствует глубине проходки скважины 0,3—0,5 *м*, ее поднимают и грунт выгружают из фрезы;

глинистый раствор или воду по мере бурения закачивают до уровня верха скважины;

постепенным открытием ножей гидравлического уширителя разбуривают уширение до требуемого диаметра.

Технические характеристики буровых установок обоих типов приведены в табл. 6.34.

Таблица 6.34

Технические характеристики буровых установок

Показатель	На копре СССМ-680 (см. рис. 6.22)	На кране Э-1258. МБС-1,7 (см. рис 6.23)
Диаметр скважины, *м*	1,2—1,5	До 1,7
Глубина бурения, *м*	До 25	До 28
Рабочие органы для нескальных грунтов	Фреза	Ковшевой бур Грейфер 0,2 *м³*
Рабочие органы для скальных грунтов	—	Долото
Буровая штанга	Телескопическая	
Обсадная труба, *м*	4,0	4,0
Необходимая мощность, *квт*	80	90*
Наклон буровых свай	До 3:1	Вертикальные
Диаметр уширителя, *м*	До 3,5	—
Расчетная производительность для нескальных грунтов, *м/ч*	0,6—1,5	2,4
Время монтажа, смены	4—6	1
Вес навесного оборудования, *т*	18	23,7
Изготовитель	Одинцовский завод Минтрансстроя	

* Кроме двигателя крана.

При производстве буровых работ ведут журналы по форме, предусмотренной в ВСН 165—70 Минтрансстроя.

Время на изготовление буровых свай диаметром 1,2 *м* с уширенной пятой (в часах), по данным Оргтрансстроя, указано в табл. 6.35.

Подводное бетонирование оболочек и буровых свай см. в главе V.

Таблица 6.35

Время, необходимое на устройство буровых свай, *ч*

Наименование работ	Длина сваи, *м*							
	16		18		20		22	
	Характер грунта							
	песчаный	глинистый	песчаный	глинистый	песчаный	глинистый	песчаный	глинистый
Изготовление сваи, всего	22,5	23,2	23,6	24,8	25,3	25,3	26,7	27,8
В том числе:								
бурение	8,8	9,5	—	10,5		11,5		12,5
приготовление и подача глинистого раствора	0,9	—	1	—	1	—	1,1	—
бетонирование сваи	3,9	—	4,3	5,7	4,6	—	5,3	—

Примечания: 1. Установка ЦНИИС смонтирована на копре СССМ-680, в затраты времени входит только установка ее в проектное положение.

2. Состав бригады 4 человека.

§ 9. ВЫДЕРГИВАНИЕ СВАЙ

Сваи, стальные шпунты и балки выдергивают с применением следующих механизмов:

кранов (лучше плавучих) грузоподъемностью 50 *т* и выше;

вибропогружателя ВПП-2, имеющего специальную амортизирующую подвеску, и вибромолотов Ш-1 и особенно Ш-2.

Выдергивание оболочек производится плавучими кранами грузоподъемностью 100—300 *т* с одновременным наружным подмывом.

Сопротивление свай выдергиванию может быть определено по данным табл. 6.36.

Таблица 6.36

Ориентировочные данные бокового сопротивления грунта при выдергивании свай в *т* на 1 *м*² боковой поверхности

Грунт	Способ выдергивания	
	без вибрации	с применением вибрации
Песок	3—4	0,2—0,3
Супесь	4—5	0,4—0,6
Суглинок	4—5	0,8—1,2
Глина	5—6	1,5—3,0

Примечания: 1. Глубина забивки не более 12 *м*.

2. При определении грузоподъемности крана необходимо учитывать вес сваи.

Все выдергивающие устройства должны быть рассчитаны на восприятие усилий, определяемых по данным табл. 6.36 с коэффициентом перегрузки не менее 1,5.

При выдергивании свай, забитых в глинистые грунты, для нарушения сцепления сваи с грунтом следует вначале осадить сваю вниз на 3—5 *см*, а потом приступить к выдергиванию.

При выдергивании стального шпунта рационально применять короткую шпунтину в виде подбабка и осадить ее шпунтины через одну. Тем самым нарушается связь в замках, после чего следует приступать к выдергиванию.

Глава VII. ОГРАЖДЕНИЕ КОТЛОВАНОВ И ВОДООТЛИВ

§ 1. ПЕРЕМЫЧКИ

Котлованы от затопления ограждают напорными сооружениями — перемычками. Они могут быть земляными, из каменной наброски, ряжевыми и выполненными из металлического или деревянного шпунта. Перемычка в плане должна иметь минимальный размер периметра, но в то же время между ней и бровкой котлована следует оставлять полосу, достаточную для обеспечения устойчивости самой перемычки и откоса котлована, для возможности устройства дорог, установок водоотлива, складирования материалов и хранения техники.

Гребень перемычки над расчетным строительным горизонтом воды (с учетом приливов на море, подъема уровня при стеснении русла и паводков на реке) должен возвышаться на величину

$$\Delta h = h_в + h_н + a \text{ м}, \tag{7.1}$$

где $h_в$ — расчетная высота волны (в защищенных акваториях и на реках принимается равной до 0,7 *м*);

$h_н$ — высота нагона воды, *м*;

a — запас по высоте, равный 0,5 *м*.

Наибольшую крутизну откосов котлованов при наличии благоприятных гидрогеологических условий принимают в соответствии с табл. 7.1.

Таблица 7.1

Крутизна откосов котлованов в грунтах естественной влажности

Грунт	Заложение откоса при глубине выемки, *м*		
	до 1,5	от 1,5 до 3	от 3 до 5
Насыпной	0,25	1	1,25
Естественный:			
песчаный и гравийный влажный (ненасыщенный)	0,5	1	1
супесь	0,25	0,67	0,85
суглинок	0	0,5	0,75
глина	0	0,25	0,5
лессовый сухой	0	0,5	0,5

При глубине свыше 5 *м* крутизна откоса устанавливается по расчету. Крутизну откосов котлованов в глинистых грунтах, переувлажненных дождевыми, снеговыми (талыми) и другими водами, следует уменьшать против указанной в табл. 7.1 до крутизны 1 : 1.

Земляные перемычки

Такие перемычки выполняются из однородного грунта, а также могут иметь противофильтрационное устройство в виде диафрагмы из деревянного или металлического шпунта, ядра или экрана из связных грунтов. Их можно располагать на любых основаниях. Земляные перемычки требуют принятия мер к защите откосов от разрушения течением и волнением (см. главу XVI).

Основание под перемычку очищают от растительности. Под перемычку высотой до 6 *м* допускается частичное удаление травяного покрова лишь с верховой стороны на полосе, равной $^1/_2$ ширины основания. Скопления в основании перемычки крупнообломочного материала и гальки, которые могут стать путями повышенной фильтрации воды из акватории в котлован, необходимо удалять или локализировать их вредное действие путем забивки шпунта, устройства зуба и т. д. Обнаруженные в основании ключи должны быть заглушены или приняты меры к организованному выводу воды из-под перемычки с последующим ее удалением за пределы котлована.

Ширина гребня перемычки делается не менее 2 *м*, а при устройстве на гребне автодороги — 4 *м* при одностороннем и 8 *м* при двустороннем движении. У перемычек высотой до 8 *м* заложение откосов устанавливается без расчета на устойчивость в соответствии с данными табл. 7.2.

Таблица 7.2

Крутизна откосов земляных перемычек

Грунты тела перемычки	Заложение откоса
Гравийные	1,5—1,75
Песчано-гравийные и супеси песчаные	1,75—2,00
Суглинки	2,00—2,50

В период эксплуатации тело грунтовой перемычки может давать осадку от 0,5 до 1,5% от ее высоты. Земляную перемычку можно устроить из песка, супеси, песчано-гравийной смеси, легких и тяжелых суглинков и глин. Нельзя использовать илы, солончаки и грунты с содержанием гипса и водорастворимых солей более 5%. Грунт, укладываемый в воду отсыпкой не должен содержать частиц диаметром менее 0,05 *мм* более 10%, а частиц диаметром более 0,25 *мм* — менее 50%. Грунт укладывают послойно последовательно на отдельных участках-картах. На них каждый слой уплотняется отдельно, с соблюдением оптимальных влажностных условий, значения которых, а также требуемая плотность для различных грунтов приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Оптимальная влажность и плотность грунтов для земляных перемычек

Грунт	Плотность, *г/см*³	Влажность, %
Песок	1,6	Не ограничивается
Песчано-гравелистый	1,7—2,0	То же
Супесь	1,7—1,75	16—18
Легкий суглинок	1,6	22
Тяжелый суглинок	1,5—1,6	22—24
Глина тощая	1,45—1,55	25—29
» жирная	1,40—1,45	29—32

Если грунт имеет недостаточную влажность, его необходимо увлажнять. Количество добавляемой воды q на 1 $м^3$ грунта, если увлажнение производится в карьере, равно:

$$q = \frac{\gamma}{100}(1{,}03w_0 - w_к)\ т, \qquad (7.2)$$

где γ — объемный вес карьерного грунта в сухом состоянии, $т/м^3$;
$w_к$ — влажность карьерного грунта, %;
w_0 — необходимая оптимальная влажность грунта, %;

В случае замачивания грунта непосредственно в период укладки количество добавляемой воды q на 1 $м^2$ уплотняемого слоя

$$q = \frac{\gamma h}{120}(w_0 - w_к)\ т, \qquad (7.3)$$

где h — толщина уплотняемого слоя в рыхлом состоянии, $м$.

Для послойного уплотнения применяют катки на пневматических шинах. Кулачковые катки предназначаются для уплотнения только связных грунтов. Данные по каткам приведены в табл. 7.4 и 7.5.

Таблица 7.4

Технические характеристики катков на пневмошинах

Показатель	Прицепные				Полуприцепные
	Д-219	Д-263	Д-326	ДСК-1	Д-551
Вес катка, $т$:					
без балласта	1,91	5,65	13,30	16,00	19,10
с балластом	10,00	25,00	50,00	26,50	40,00
Тяговые средства:					
для работы	КД-35	С-100	Т-140	С-80; С-100	МАЗ-546
для транспортирования	ГАЗ-51	ЗИЛ-150	МАЗ-200	ЗИЛ-150	—
Количество колес	8	6	5	6	4
Давление воздуха в шинах, $кГ/см^2$	4—4,5	5—6	4—4,25	4—4,25	2—4,25

Таблица 7.5

Технические характеристики кулачковых катков

Показатель	Марки	
	Д-130Б	Д-220
Тяговый трактор	ДТ-54	Два С-100
Вес катка, $т$:		
без балласта	3,74	12,70
с балластом	5,52	28,30
Диаметр вальца, $мм$	1240	2400
Ширина » »	1510	2730
Число кулачков	128	150

Глубина оптимального уплотнения катками на пневмошинах для связного грунта может быть рассчитана по формуле

$$H_0 = 0{,}2\,\frac{w}{w_0}\sqrt{\frac{Gp}{1-\psi}}\ м, \qquad (7.4)$$

где G — нагрузка на колесо катка, *кг*;
p — давление воздуха в шинах, *кГ/см²*;
ψ — коэффициент жесткости каркаса покрышки; при $p=2$; 4 и 6 *кГ/см²* $\psi=0{,}50$; 0,30 и 0,20 соответственно;
w — действительная влажность уплотняемого грунта.

Число проходов и давление воздуха в шинах катка при уплотнении различных грунтов показаны в табл. 7.6.

Таблица 7.6

Число проходов и давление воздуха в шинах катка

Показатель	Грунт		
	песчаный	супесчаный	глинистый
Давление воздуха в шинах, *кГ/см²*	2	3—4	5—6
Необходимое число проходов	2—3	3—4	5—6

Для кулачкового катка потребное число проходов составляет

$$n = \frac{1{,}3S}{Fm}, \qquad (7.5)$$

где S — поверхность вальца катка, *см²*;
F — фактическая площадь опорной поверхности кулачка, *см²*;
m — общее число кулачков.

Наряду с катками статического действия при уплотнении грунта применяют машины динамического действия: прицепные виброкатки с гладкими барабанами (табл. 7.7), виброплиты (табл. 7.8) и ударные трамбовки (табл. 7.9). Виброплиты могут быть, благодаря направленному действию возмущающей силы, самопередвигающимися или навесными, если они установлены на самоходном шасси.

Таблица 7.7

Технические характеристики вибрационных катков с гладкими барабанами

Показатель	Марка		
	Д-480	Д-603	Д-631
Вес катка, *т*	3,0	6,0	12,0
Мощность двигателя, *л. с*	30	55	120
Возмущающая сила, *т*	8,0	18,0	38,0
Ширина барабана, *мм*	1400	1800	1800
Глубина уплотнения несвязного и малосвязного грунта, *см*	50—60	80	100

Трамбовочные машины предназначены для подслойного уплотнения тяжелых связных и несвязных грунтов.

Ручные трамбовки весом от 50 до 200 *кг* бывают, как правило, самопередвигающимися и управляются одним или двумя операторами. Малые габариты дают возможность уплотнять ими грунт при засыпке траншей, у стен сооружений и т. д.

Таблица 7.8

Технические характеристики самопередвигающихся виброплит

Показатель	Марка				
	Д-604	Д-605	Д-639	Д-368Б	Д-491
Вес общий, *кг*	125	250	750	2075	5000
Мощность двигателя, *л. с*	6	6	10	16	65
Возмущающая сила, *кг*	1180	2800	3220	7000	8000—16000
Рабочая скорость передвижения, *м/ч*	300	540	600	350	—
Размер опорной части плиты, *мм*	570×350	700×330	850×590	1150×1150	1520×1380
Глубина уплотнения (за три прохода по одному месту), *м*	0,25	0,40	0,60	0,75	1,00
Производительность, $м^3/ч$	12	36	100	120	—

Таблица 7.9

Технические характеристики ручных трамбовок

Показатель	Марки		
	АТ-80/200	АТ-200/600	И-132
Вес, *кг*	35	45	200
Мощность, *квт*	0,12	0,30	2,80
Энергия удара, *кГм*	200	600	—
Глубина уплотнения, *м*	0,3	0,4	0,2—0,4
Производительность, $м^3/ч$	0,125	0,230	0,250

Перед началом производства работ следует на участке 50 $м^2$ произвести пробное уплотнение, характеристики которого (тип уплотняющего механизма, число проходов, плотность и влажность грунта) принимать за номинал. В табл. 7.10 приведены некоторые дополнительные рекомендации по типам уплотняющих механизмов.

Таблица 7.10

Применение уплотняющих механизмов

Уплотняющие механизмы	Толщина слоя в плотном состоянии, *см*	Число проходов не менее
Автосамосвалы ЗИЛ-585	20	5
Тракторные тележки Д-179А	30	5
Автосамосвалы МАЗ-205	40	5
Скреперы емкостью 6 $м^3$	40	5

В зимнее время несвязные грунты уплотняют так же, как и летом. Связные грунты укладывают и уплотняют только в талом состоянии. Размер карт в этом случае назначается такой, чтобы до конца уплотнения грунт не замерзал. В тело перемычки допускается укладка до 15% общего объема мерзлых комьев, размер

которых не должен превышать $^2/_3$ высоты уплотняемого слоя. Нельзя грунт укладывать на переувлажненное промерзшее основание. Попадание в укладываемый слой снега и льда недопустимо. Во время снегопада работы прекращают, и их возобновляют после тщательной очистки основания от снега.

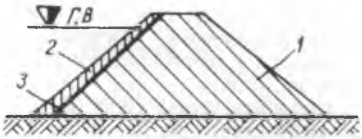


Рис. 7.1. Каменно-набросная перемычка с грунтовым экраном:
1 — каменная наброска; *2* — экран; *3* — обратный фильтр

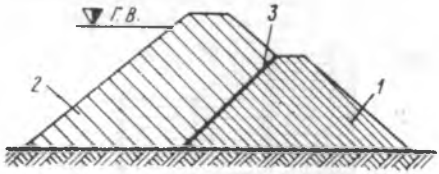


Рис. 7.2. Комбинированная перемычка:
1 — каменная наброска; *2* — грунтовой клин; *3* — обратный фильтр

Перемычки из каменной наброски и комбинированные

Этот тип перемычек применяют в случае необходимости их возведения в текущей воде, а также при наличии местного камня и материала для противофильтрационных устройств. В качестве противофильтрационного устройства в перемычке из каменной наброски применяют грунтовой экран (рис. 7.1), а в перемычке комбинированной конструкции (рис. 7.2) эту роль выполняет грунтовой клин со стороны верхового откоса.

Перемычки, тело которых выполнено из каменной наброски, могут располагаться на любом основании, и его подготавливают так же, как и для земляных перемычек. При наличии в основании легкоразмываемых грунтов в подошву каменной наброски укладывают гравийно-песчаную подготовку. Верховой откос каменной наброски должен иметь заложение 1,50—1,75 при расположении на нем экрана и 1,0—1,25 при сопряжении его с грунтовым клином в перемычке комбинированной конструкции. Низовой откос наброски должен иметь заложение 1,25—1,50. Заложение напорного откоса у грунтового клина определяется так же, как и для земляных перемычек в зависимости от вида используемого грунта. Между экраном или грунтовым клином и призмой из каменной наброски устраивается обратный фильтр.

Наброска камня в воду производится пионерным способом — начиная с берега, затем путем отсыпки его с плавсредств или зимой со льда. Крупность камня и необходимые объемы при ведении работ в текущей воде определяют из условия, что под действием скорости потока камень в начале отсыпки не будет сдвигаться, а затем в наброске не выкатываться из гнезда. Сдвигающую скорость $v_с$ и скорость выкатывания $v_в$ можно определять по формулам:

$$v_с = 0{,}86\sqrt{2g\frac{\gamma_1-\gamma}{\gamma}}\sqrt{D} < v_б, \qquad (7.6)$$

$$v_в = 1{,}2\sqrt{2g\frac{\gamma_1-\gamma}{\gamma}}\sqrt{D} < v_б, \qquad (7.7)$$

где $g = 9{,}81$ *м/сек*²;

γ_1 и γ — соответственно удельные веса камня и воды;

$D = 2\sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}$ — диаметр камня, приведенного к шару;

V — объем камня;

$v_б$ — бытовая скорость потока.

Ряжевые перемычки

Этот тип применяется:

а) если в основании перемычки залегают грунты, не пригодные для забивки шпунтового ряда;

б) при нескальных основаниях и высоте перемычки более 6,0 *м*, когда земляные и набросные перемычки, имеющие распластанный профиль, не могут быть вписаны на площади, занимаемой строительством;

в) при скоростях течения 4—6 *м/сек*, интенсивном волнении, тяжелых условиях ледохода и многократном пропуске паводков на реке.

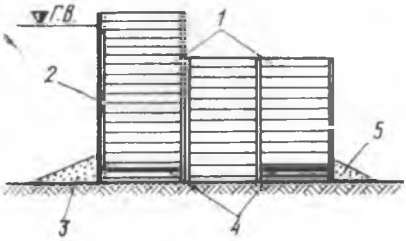


Рис. 7.3. Ряжевая перемычка:

1 — банки ряжа; *2* — дощатый экран; *3* — противофильтрационная присыпка; *4* — пол ряжа; *5* — противосуффозионная присыпка

Ряжевая перемычка (рис. 7.3) выполняется из отесанных на два канта брусьев хвойных пород высотой до 20 *см* и шириной постели не менее 14 *см*. При высоте перемычки до 6 *м* используют лес лиственных пород. Для жесткости составляющие венцы соединяют вертикальными сжимами из бревен. Венцы в пересечениях прошивают нагелями диаметром 16—20 *мм* и длиной не менее 2,5 высоты бруса венца. На уровне второго или третьего венца в нескольких банках, расположенных симметрично относительно оси ряжа, устраивают пол из бревен. Число банок с полом определяется необходимым весом для затопления всего ряжа путем заполнения этих банок грунтом или камнем. Нижние венцы банок рубят с учетом рельефа дна в соответствии с детальными промерами. Банки обычно делают квадратными со стороной, равной 2—2,5 *м*.

Ширину ряжевых перемычек при скальном основании делают равной 0,9—1,0 ее высоты, при нескальном — на 10—20% больше. Высота ряжа должна быть на 5% больше необходимой высоты перемычки.

Водонепроницаемость ряжевой перемычки достигается устройством экрана на напорной стороне ряжа из дощатых щитов и битумных матов. Для этой цели также крайние к напорной стороне ряжа банки заполняют глинистым грунтом. С низовой стороны к ряжу присыпают клин из песчаного грунта. Для предотвращения контурной фильтрации воды под перемычкой с ее напорной стороны делают присыпку у основания песком, закладывают мешки с бетоном или пробивают, если это возможно, неглубокую шпунтовую стенку. В качестве материала для загрузки ряжей применяют рыхлые суглинистые, супесчаные, песчаные и гравелистые грунты, а также гравий и камень. Нельзя загружать крайние банки в зоне возможного промораживания грунтами, подверженными пучению. В случае предполагаемого периодического затопления перемычки водой верхний слой загрузки насыпают из крупного камня или тощего бетона слоем высотой до 1 *м*. На 1 $м^3$ объема ряжевой перемычки расходуется около 0,4 $м^3$ леса, 0,6 $м^3$ засыпки и 8 *кг* поковок.

Шпунтовые перемычки

Перемычки из шпунта применяют на нескальных основаниях при отсутствии включений в грунте валунов и крупного галечника. Обычно шпунтовые перемычки выполняют в комбинации с грунтовой засыпкой: а) однорядная шпунтовая стенка с отсыпкой песчаным или супесчаным грунтом со стороны воды (рис. 7.4); б) две стенки из шпунтового ряда, схваченные между собой металлическими тягами, с заполнением между стенками из песчаного, супесчаного или суглинистого грунта (рис. 7.5). Однорядная шпунтовая стенка высотой до 2 *м* выполняется без подкосов. При высоте стенки до 2,5 *м* ставят один подкос, а до 3 *м* — два подкоса. Перемычку из двух шпунтовых стенок с грунтовым заполнением применяют высотой до 6 *м*. Их ширина должна быть не менее 0,8 высоты расчетного

напора на перемычку. Конструкция и погружение деревянных шпунтин описаны в главах VI и XII.

Перемычки из металлического шпунта выполняют однорядными высотой от 3 до 6 *м* и двухрядными высотой от 6 до 10 *м*. Однородные перемычки при незначительном течении воды и волнении отсыпают грунтом с напорной стороны, в противном случае отсыпка делается со стороны котлована. В двухрядных перемычках шпунтовые ряды стягивают между собой металлическими связями, и пространство между рядами заполняют грунтом. Двухрядные перемычки выполняют также ячеистого типа.

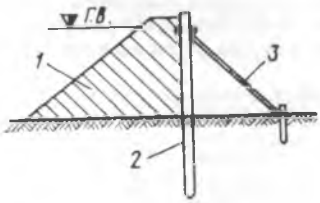


Рис. 7.4. Однорядный деревянный шпунтовый ряд:

1 — грунтовая отсыпка; *2* — шпунтовый ряд; *3* — подкос

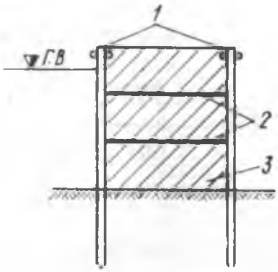


Рис. 7.5. Двухрядная деревянная шпунтовая перемычка:

1 — шпунтовые ряды; *2* — тяги; *3* — засыпка

Ширина ячеистых перемычек по наружному контуру назначается из условий их устойчивости и составляет 0,8—0,9 расчетного напора воды на перемычку. Ячеистые и двухрядные шпунтовые перемычки отсыпают супесчаным, песчаным и гревелисто песчаным грунтами. Ячейки цилиндрические и с взаимно пересекающимися диафрагмами можно загружать независимо одна от другой.

В период эксплуатации все перемычки должны находиться под постоянным наблюдением, а во время паводка, ледохода и шторма на перемычках организуется круглосуточное дежурство. Особое внимание следует обращать на появление просачивающейся воды из низового откоса и у основания, а также в местах сопряжения перемычки с берегом. Постоянно следует контролировать изменение глубины у напорной стороны перемычки, не допускать развития размывов у ее основания. Для борьбы с размыванием на перемычке создается аварийный запас камня, кулей с песком и хвороста.

Расчет перемычек

Расчет земляных и шпунтовых перемычек сводится к проверке их на устойчивость и прочность. Земляные перемычки не проверяют на общую устойчивость. Однако ширина перемычки понизу B должна обеспечивать устойчивость грунта на низовом откосе у подошвы перемычки против выпора под действием гидродинамического фильтрационного давления и должна быть

$$B > \frac{\gamma_в h}{\gamma_{гр} f} \text{ м}, \tag{7.8}$$

где h — напор воды на перемычку, *м*;

f — коэффициент трения водонасыщенного грунта;

$\gamma_в = 1$ и $\gamma_{гр}$ — объемные веса воды и грунта с учетом гидростатического взвешивания, *т/м³*,

В двухрядной перемычке (рис. 7.6) из условия устойчивости шпунтовой стенки минимальную глубину забивки свай y определяют по формуле

$$y = \frac{h}{\operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) - 1} \text{ м}, \tag{7.9}$$

где φ — угол внутреннего трения грунта в водонасыщенном состоянии.

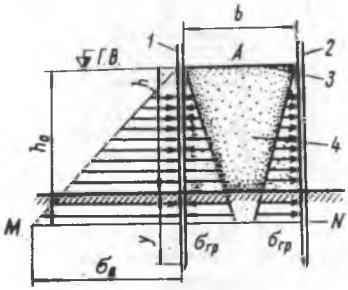


Рис. 7.6. Расчетная схема двухрядной перемычки:

1 — первый шпунтовый ряд; *2* — второй шпунтовый ряд; *3* — схватка; *4* — засыпка

По условию устойчивости частиц грунта при действии гидродинамического давления, создаваемого фильтрационным потоком, глубину забивки шпунта y определяют по формуле

$$y = \frac{1}{2}\left(mh\frac{\gamma_в}{\gamma_{гр}} - b\right) \text{ м}, \tag{7.10}$$

где $m = 2 \div 3$ — коэффициент запаса;

$\gamma_{гр}$ — объемный вес сухого грунта, $т/м^3$;

b — ширина двухрядной перемычки, *м*.

Расчет на прочность обоих шпунтовых рядов в перемычке ведется из условия их совместной работы при заделке по плоскости MN на глубине h_0, которая располагается ниже плоскости грунта на 0,5—1,0 *м*.

Удельные давления на стенку на глубине h_0 от воды и грунта соответственно определяют по формулам:

$$\sigma_в = \gamma_в h_0 \quad \text{и} \quad \sigma_{гр} = \gamma_{гр} h_0 \operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \text{ т/м}^2, \tag{7.11}$$

где $\gamma_{гр}$ — объемный вес грунта в водонасыщенном состоянии, $т/м^3$;

h_0 — глубина плоскости заделки, *м*.

Результирующее удельное давление на глубине h_0 в первом шпунтовом ряду, на который действует вода и грунт, равно $\sigma_1 = \sigma_в - \sigma_{гр}$ и во втором, на который действует только грунт, равно $\sigma_2 = \sigma_{гр}$. На 1 *пог. м* длины перемычки усилие в схватке A, скрепляющей первый и второй шпунтовые ряды, и максимальные изгибающие моменты в них M_1 и M_2 в плоскости заделки определяются по формулам:

$$\left.\begin{aligned} A &= 0{,}05 h_0 (\sigma_2 - \sigma_1); \\ M_1 &= 0{,}167 \sigma_1 h_0^2 + A h_0; \\ M_2 &= 0{,}167 \sigma_2 h_0^2 - A h_0. \end{aligned}\right\} \tag{7.12}$$

Пример. Необходимо определить глубину забивки и расчетные усилия в двухрядной перемычке с напором $h = 4$ *м*. Грунт в основании — песок, $\varphi = 30°$; объемный вес сухого песка $\gamma = 1{,}6$ $т/м^3$. Засыпка — мелкозернистый песок, $\varphi = 22°$; объемный вес водонасыщенного песка $\gamma = 1{,}8$ $т/м^3$.

Наименьшая глубина забивки шпунта по условиям устойчивости

$$y = \frac{4}{\operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{30}{2}\right) - 1} = 2 \text{ м}.$$

Глубина забивки по условию устойчивости грунта при гидродинамическом давлении при $m = 3$ и ширине перемычки 3 *м*.

$$y = \frac{1}{2}\left(3 \cdot 4 \cdot \frac{1}{1{,}6} - 3\right) = 2{,}25 \text{ м}.$$

Удельные давления от воды и грунта на глубине заделки шпунта $h_0 = 4 + 0{,}5 = 4{,}5$ *м* равны

$$\sigma_в = 1 \cdot 4{,}5 = 4{,}5\ т/м^2 \quad и \quad \sigma_{гр} = 1{,}8 \cdot 4{,}5 \cdot tg^2\left(45 - \frac{22}{2}\right) = 3{,}6\ т/м^2.$$

Реакция в схватке и изгибающие моменты в первом и втором шпунтовых рядах соответственно будут равны

$$A = 0{,}05 \cdot 4{,}5\,(3{,}6 - 4{,}5 + 3{,}6) = 0{,}61\ т/пог.\ м;$$

$$M_1 = 0{,}167\,(4{,}5 - 3{,}6) \cdot 4{,}5^2 + 0{,}61 \cdot 4{,}5 = 5{,}78\ тм;$$

$$M_2 = 0{,}167 \cdot 3{,}6 \cdot 4{,}5^2 - 0{,}61 \cdot 4{,}5 = 9{,}41\ тм.$$

§ 2. УДАЛЕНИЕ ВОДЫ ИЗ КОТЛОВАНА

Осушение котлованов

Огражденную перемычками территорию котлована осушают открытым водоотливом с помощью стационарных или плавучих насосных установок. Интенсивность снижения уровня воды зависит от вида грунта и крутизны грунтовых откосов перемычки и котлована и для большинства случаев может быть принята в пределах 0,2—0,6 *м/сутки*. Для водоотлива применяются насосы следующих видов: диафрагмовые, крыльчатые и центробежные. Характеристика приведена в табл. 7.11—7.15.

Таблица 7.11

Характеристика приводного диафрагмового насоса «Лягушка»

Показатель	Величина
Производительность, *м³/ч*	25
Высота всасывания, *м*	4—5
Диаметр всасывающей трубы, *мм*	100
Мощность двигателя, *л. с*	3
Вес, *кг*	200

Таблица 7.12

Характеристика консольных одноступенчатых центробежных насосов типа К и ЦНШ

Марка	Производительность, *м³/ч*	Полный напор, *м вод. ст.*	Мощность электродвигателя, *квт*	Скорость вращения, *об/мин*	Вес, *кг*
2К-6	10—30	34,5—16,3	2,2—4,2	2900	35
3К-6	30—70	62,0—30,0	10—16,0	2900	115
3К-9	25—55	34,8—19,5	5,1—7,2	2900	49
4К-6	65—135	98,0—61,6	35,0—48,0	2900	132
4К-8	70—120	59,0—36,8	20,0—28,0	2900	120
4К-12	60—120	37,7—23,3	12,0—16,0	2900	112
4К-18	60—110	22,6—13,2	5,8—7,2	2900	54
6К-8	162	32,2	29,22	1450	162
6К-12	110—180	21,5—13,0	7,8—13,0	1450	130
8К-12	200—340	32,0—21,8	27,5—37,0	1450	170
8К-18	190—340	19,2—12,5	13,0—22,0	1450	170
ЦНШ-40	11—24	26,0—18,0	3,2	2925	28
ЦНШ-80	50—103	38,0—24,0	12,0	2925	45

Примечание. В таблице показан вес одних только насосов без электродвигателей и фундаментных плит.

Центробежные насосы для водоотлива применяют, как правило, одноступенчатые типов К или ЦНШ, а также самовсасывающие вихревые одноступенчатые типов ЛК и самовсасывающие насосные агрегаты. В отдельных случаях могут быть использованы насосы среднего давления типа НДС.

Таблица 7.13

Характеристика одноступенчатых вихревых насосов типа ЛК

Модель насоса	Производительность, $м^3/ч$	Полный напор, *м вод. ст.*	Мощность на валу насоса, *л. с*	Вес, *кг*
ЛК-11-7	9,0—18	26—11	3,7—2,2	—
ЛК-15-12	11,9—21,9	50—12	7,4—2,7	Без патрубка — 36, с патрубком — 52
ЛК-5-15	5,0—12,9	60—21	5,1—3,5	57
ЛК-20-22	28,1—45,0	60—20	13,6—7,0	80

Примечание. Насосы с двигателем 1450 *об/мин*.

Таблица 7.14

Характеристика самовсасывающих насосных агрегатов

Показатель	Марка			
	С-203	С-247	С-204	С-245
Производительность, $м^3/ч$	24	35	120	120
Наибольшая высота всасывания, *м*	6	6	6	6
Напор, *м вод. ст*	9	20	20	20
Тип двигателя	Электрический 220/380 *в*	Бензиновый	Электрический 220/380 *в*	Дизель
Мощность	1,5 *квт*	3 *л. с.*	7,4 *квт*	13 *л. с.*
Продолжительность самовсасывания, *мин*	6	3	3	3
Вес насоса с тележкой, *кг*	190	240	560	1050

Таблица 7.15

Характеристика одноступенчатых центробежных насосов типа НДС

Модель насоса	Производительность, $м^3/ч$	Полный напор, *м вод. ст.*	Скорость вращения, *об/мин*	Мощность на валу насоса, *л. с.*	Вес, *кг*
6НДС	215,5—330	78—65	2950	71—105	280
	600—720	21—30	960	65—85	
	900	51—70	1450	200—280	
12НДС	1075	48—68	1450	228—315	
	1260	44—64	1450	245—340	

По мере снижения уровня воды в котловане следует обращать внимание на места сосредоточенной фильтрации и выноса грунта с откосов перемычки и своевременно либо тампонировать места суффозии грунта, либо устраивать кооптаж этих мест с организованным отводом воды к зумпфам насосов. При глубине воды в котловане до 4—5 *м* насосные станции делают стационарными. Их устанав-

ливают на перемычке или отдельных опорах, при больших глубинах воды — на откосах котлованов на рамах, которые постепенно или ступенями опускают по мере снижения горизонта, или на плавучих понтонах. Не рекомендуется высоту всасывания у насосов делать больше 3—4 *м*. Для открытого водоотлива устанавливают не менее двух рабочих насосов и один резервный.

Если ниже дна котлована обнаружен напорный водоносный горизонт, то до осушения котлована напор в горизонте должен быть снижен до безопасной величины H, исключающей выпор грунта, и поддерживается далее на этом уровне

$$H \leqslant (0{,}7 \div 0{,}8)\left(h + \frac{\gamma_{гр}}{\gamma_{в}} h_{гр}\right) \text{ м}, \qquad (7.13)$$

где h — толщина слоя воды над дном котлована, *м;*

$h_{гр}$ — толщина слоя грунта над водоносным горизонтом, *м*;

$\gamma_{в} = 1$ и $\gamma_{гр}$ — объемные веса воды и грунта в водонасыщенном состоянии, *т/м*³.

Напор снижают с помощью самоизливающихся трубчатых колодцев или трубчатых колодцев с принудительным грунтовым водоотливом.

Поддержание котлована в осушенном состоянии

Для этой цели применяют открытый и грунтовой водоотлив. Области применения водоотлива и типы используемого оборудования приведены в табл. 7.16.

Открытый водоотлив применяется во всех случаях, когда исключается оплывание грунта на откосах под действием выклинивающего фильтрационного потока. Используется то же оборудование, что и при откачке котлована.

Суммарный приток воды $Q_{сум}$ к насосным станциям открытого водоотлива складывается из осадков, выпадающих на территории котлована ($Q_{ос}$), и притока грунтовых вод ($Q_{гр}$).

Приток воды за счет осадков учитывается только в ливневых зонах или в период обильных дождей

$$Q_{ос} = 0{,}042 m F h \text{ м}^3/\text{ч}, \qquad (7.14)$$

где F — площадь котлована, *м*²;

h — среднесуточное количество осадков, *м;*

$m = 1 \div 1{,}5$ — коэффициент запаса.

Приток грунтовых вод в котловане приближенно можно определять по табл. 7.17 или сделать расчет, приведенный в § 3 настоящей главы.

Вода к зумпфам насосов открытого водоотлива подводится канавами глубиной не более 1*м*. Дно канавы должно иметь ширину не менее 0,3 *м* и уклон от 0,002 до 0,005. В слабых грунтах стенки канав крепят досками, а дно засыпают слоем гравия. Размер зумпфа (обычно 1,5×1,5-:-2,0×2,0) должен обеспечивать непрерывную работу насосов в течение не менее 5 *мин*. Его дно относительно дна подводящих канав заглубляют на 1,0—1,5 *м*. За пределы котлована воду, если она не сбрасывается через перемычку, следует отводить на расстояние, не меньшее 10-кратной глубины котлована.

Грунтовой водоотлив осуществляется путем откачки воды из системы скважин. С этой целью применяются: трубчатые колодцы, легкие иглофильтровые установки и эжекторные иглофильтровые установки. Установки грунтового водоотлива располагаются в один или несколько ярусов.

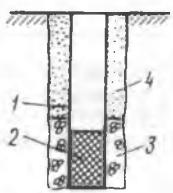


Рис. 7.7. Трубчатый колодец:

1 — фильтровая труба; *2* — фильтровое звено; *3* — обсыпка дренирующим материалом; *4* — обсыпка местным грунтом

Трубчатые колодцы (рис. 7.7) устраивают при снижении уровня грунтовых вод на величину более 5 *м*. При осушении неустойчивых против вымывания грунтов (пылеватых, с глинистыми фракциями) фильтровую трубу в нижней части обсыпают крупным песком с гравием. Вышележащую часть обсыпают местным грунтом. Приближенно принимают толщину обсыпки около 5 *см*, а диаметр

Таблица 7.16

Области применения открытого и грунтового водоотлива и типы используемого оборудования

Грунты и коэффициент фильтрации K, *м/сутки*	Глубина понижения уровня грунтовых вод, *м*		
	до 5	до 20	свыше 20
Глины: суглинок, $K=0{,}005\div0{,}4$; супесь $K=0{,}2\div0{,}7$	Одноярусные легкие иглофильтровые установки; эжекторные иглофильтры ЭИ-2,5	Многоярусные легкие иглофильтровые установки; эжекторные иглофильтры ЭИ-2,5	Глубинные насосы (артезианские)
Песок: мелкозернистый, $K=1\div2$; мелкий $K=2\div10$; средний $K=10\div25$	Одноярусные легкие иглофильтровые установки	Многоярусные легкие иглофильтровые установки; эжекторные иглофильтры ЭИ-2,5 и ЭИ-4	
Песок: крупный, $K=25\div50$; крупный гравелистый, $K=50\div100$;	Откачка воды из скважин центробежными насосами	Глубинные насосы (артезианские)	
Гравий с песком, $K=75\div150$; Гравий чистый, $K=100\div200$ Галечник чистый, $K>200$	Открытый водоотлив		
Многослойная водоносная толща (чередование пород различной водопроницаемости)	Открытый водоотлив; установки из легких иглофильтров в сочетании с открытым водоотливом	Открытый водоотлив; многоярусные установки легких иглофильтров, эжекторные иглофильтры, артезианские насосы в сочетании с поверхностным водоотливом	

Таблица 7.17

Приток грунтовых вод $Q_{гр}$ на 1 $м^2$ котлована

Грунт	$Q_{гр}$, $м^3/ч$
Мелкозернистый песок	0,05—0,16
Среднезернистый песок	0,1 —0,24
Крупнозернистый и песчано-гравелистый грунт	0,30—3,0
Трещиноватая известковая скала	0,14

зерен ее — около (8÷10) d_{10}, где d_{10} — эффективный диаметр песка водоносного слоя. В грунтах устойчивых, крупнообломочных обсыпка фильтровых труб не производится. Нижняя часть фильтровой трубы заканчивается фильтровым звеном, которое с наружной стороны обернуто фильтровой сеткой со сквозностью от 6 до 40%. При устройстве обсыпки она должна быть выполнена на всем участке фильтровой сетки и выше ее на 2—3 *м*. Если трубчатый колодец проходит через несколько водоносных горизонтов, разобщенных между собой водоупорными пластами, обсыпку фильтровой трубы следует доводить до верхнего водоносного пласта.

Таблица 7.18

Технические характеристики глубинных насосов АТН-8 производительностью 18—50 $м^3/ч$

Показатель	Марка			
	АТН-8-1-7	АТН-8-1-11	АТН-8-1-12	АТН-8-1-16
Напор при подаче 30 $м^3/ч$ без напорного трубопровода, *м вод. ст*	30	45	65	90
Число секций напорного трубопровода, шт.	15	22	32	44
Мощность электродвигателя, *квт*	7	10	14	20
Длина рабочей части насоса, *мм*	1141	1729	2464	3346
Общий вес насоса с секциями трубопровода, *кг*	1330	1886	2564	3490
Наименьший диаметр обсадной трубы, *мм*	200	200	200	200

Таблица 7.19

Технические характеристики глубинных насосов АТН-10 производительностью 50—100 $м^3/ч$

Показатель	Марка					
	АТН-10-1-4	АТН-10-1-6	АТН-10-1-8	АТН-10-1-11	АТН-10-1-13	АТН-10-1-15
Напор при подаче 70 $м^3/ч$ без напорного трубопровода, *м вод. ст*	30	45	60	80	100	115
Число секций напорного трубопровода, шт.	12	18	24	31	39	47
Мощность электродвигателя, *квт*	14	20	28	40	40	45
Длина рабочей части насоса, *мм*	875	1235	1595	2135	2495	2855
Общий вес насоса с секциями трубопровода, *кг*	1951	2832	3584	4541	5525	7500
Наименьший диаметр обсадной трубы, *мм*	250	250	250	250	250	250

Таблица 7.20

Технические характеристики установок из легких иглофильтров

Показатель	ПВУ-2	ЛИУ-5	ЛИУ-3
Производительность, $м^3/ч$	280	120	60
Напор, *м вод. ст*	28	40	25
Вакуумметрическая высота всасывания, *м*	7	8	8
Мощность электродвигателя, *квт*	55	20	10
Вес насосного агрегата, *т*	1,6	0,67	0,35
Всасывающий коллектор:			
длина звеньев, *м*	3	5,25	—
число звеньев в комплекте, шт.	30	18	—
диаметр, *мм*	200	150	—

Примечание. В комплект ПВУ-2 входят два насосных агрегата.

Внутренний диаметр фильтровых труб должен быть на 10 *мм* более диаметра всасывающего клапана насоса, установленного над устьем колодца, и на 20 *мм* более диаметра глубинного насоса. Внутренний диаметр обсадной трубы должен превышать как минимум на 50 *мм* диаметр фильтровой трубы, когда колодец делается с обсыпкой, и на 25 *мм* — при отсутствии обсыпки.

При эксплуатации воду из скважин откачивают индивидуальными глубинными (табл. 7.18 и 7.19) или обычными центробежными насосами, либо одним центробежным насосом из группы скважин. В последнем случае на кольцевой линии необходимо ставить запасной насос и достаточное количество задвижек, позволяющих отключать ремонтируемые скважины. По окончании работ фильтровые трубы могут быть извлечены с помощью вибропогружателя или подмыва. Скважины после извлечения труб тампонируют песком и заглушают бетоном.

Установки из легких иглофильтров марок ПВУ-2, ЛИУ-5 и ЛИУ-3 (табл. 7.20) применяют для понижения уровня грунтовых вод до 5—6 *м* в супесчаных и песчано-гравелистых грунтах. Их часто используют в сочетании с трубчатыми колодцами. Иглы установок опускают в грунт только гидравлическим способом. В комплект установок входят набор иглофильтров, всасывающий коллектор и насосный агрегат.

Всасывающий коллектор укладывают возможно ниже к уровню грунтовых вод, а насосный агрегат располагают над ним не выше чем на 0,5—1,0 *м*. Опрессовка коллектора производится давлением не более 1,5 *ат*. Иглофильтры погружают вертикально под действием собственного веса подмывом при расходе до 12 *л/сек* и давлении до 8 *ат*. При затруднениях в опускании применяют дополнительный подмыв.

Эффективности работы иглофильтров в заиленных песках можно достигнуть путем устройства вокруг игл обсыпки из дренажного материала. Устье скважины при этом забивают глиняной пробкой. Обсыпку производят после опускания игл на проектную отметку сразу без прекращения подачи в них воды. Дренирующий материал загружают в промытую скважину при уменьшенном давлении воды.

Увеличения свободного пространства вокруг игл добиваются замедленным погружением игл и их раскачиванием вокруг оси или посадкой игл в обсадных трубах. На работающих иглофильтровых установках создается резерв насосного оборудования; не менее 50% установленных насосов в каждом ярусе при многосекционном многоярусном и не менее 100% при односекционном одноярусном грунтовом водоотливе. Работу установок следует контролировать манометром на напорной и вакуумметром на всасывающей линиях, а также замером уровней в контрольных скважинах.

Установки из эжекторных иглофильтров типов ЭИ-4 и ЭИ-2,5 (табл. 7.21) применяют при водопонижении от 5 до 18 *м* в грунтах с коэффициентом фильтрации от 0,1 до 5 *м/сутки*.

Таблица 7.21

Технические характеристики эжекторных иглофильтров ЭИ

Показатель	Тип	
	ЭИ-4	ЭИ-2,5
Иглофильтр:		
диаметр, дюймы	4	2,5
длина фильтрового звена, *м*	4—6	1
Эжектор иглофильтра:		
диаметр сопла, *мм*	12	7
Расход рабочей воды при напоре 60—100 *м вод. ст*, *л/сек*	3,6—4,6	1,2—1,6
Производительность при напоре рабочей воды 60—100 *м вод. ст.*, *л/сек*	2,9—5,1	1,0—1,8

Эжекторные иглофильтры погружают в грунт гидравлическим способом. В мелкозернистые пески при напоре 5—8 *ат* подают воду до 2,5—10 *л/сек* в иглофильтр марки ЭИ-2,5 и до 25—80 *л/сек* — в иглофильтр марки ЭИ-4. В крупнозернистые пески с гравием вода подается в смеси с сжатым воздухом. В эжекторных иглофильтрах до 50% откачиваемой воды возвращается в циркуляционную систему, снабжающую эжекторы рабочей водой. Насосный резерв и контроль за эксплуатацией установок такие же, как и для легких иглофильтров.

§ 3. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИТОКА ГРУНТОВЫХ ВОД

Котлован площадью F или длиной L и шириной B, отождествляется с кругом приведенного радиуса R_0:

$$R_0 = \sqrt{0{,}32F} = \eta\, 0{,}25\,(L + B)\ м. \qquad (7.15)$$

Значение коэффициента η принимается при отношении $B:L = 0$; 0,2; 0,4; 0,6÷1,0 равным соответственно 1,0; 1,12; 1,16; 1,18.

Радиус влияния R водопонизительных установок определяется пробной откачкой или по формуле

$$R = \sqrt{R_0^2 + \frac{2KtH}{\mu}}\ м, \qquad (7.16)$$

где H — мощность безнапорного водоносного слоя, *м;*
t — время откачки, принимается равным 25 суткам;
K и μ — коэффициенты фильтрации и водоотдачи грунта, *м/сутки,* принимаемые по табл. 7.22.

Таблица 7.22

Значение коэффициентов фильтрации K и водоотдачи μ

Грунт	R, *м*	K, *м/сутки*	μ
Галечник чистый	700—1000	Более 200	Более 0,35
Гравий »		100—200	
» с песком		75—150	
Песок крупный гравелистый		50—100	
Песок крупный	250—500	25—75	0,26—0,35
» средний		10—25	
» мелкий		2—10	0,20—0,25
Песок мелкозернистый глинистый	100—200	1—2	
Супесь		0,2—0,7	0,15—0,20
Суглинок		0,005—0,4	0,02—0,08
Глины		Менее 0,005	Менее 0,20

Если котлован прорезают пласты из грунтов различной водопроницаемости, то для расчета определяется осредненный коэффициент фильтрации по формуле

$$K = \frac{K_1 h_1 + K_2 h_2 + \ldots + K_n h_n}{h_1 + h_2 + \ldots + h_n}, \qquad (7.17)$$

где K_1, K_2, ..., K_n — коэффициенты фильтрации отдельных слоев, *м/сутки;*
h_1, h_2, ..., h_n — мощности соответствующих слоев, *м.*

В предварительных расчетах можно радиус влияния принимать по табл. 7.22. Если центр котлована расположен от уреза воды на расстоянии l, меньшем R, то в расчетах принимается $R=2l$.

Открытый водоотлив. Существует две схемы:

а) дно котлована расположено на водоупоре, и вода поступает только через стенки котлована — совершенный тип котлована (рис. 7.8, *а, б*) и

б) дно котлована расположено выше водоупора, и вода поступает через стенки и дно или только дно котлована — несовершенный тип котлована (рис. 7.9, *а* и *б*).

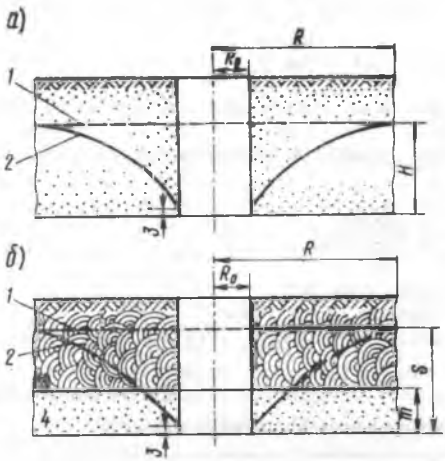


Рис. 7.8. Расчетная схема открытого водоотлива из котлована совершенного типа:

а — безнапорное движение грунтового потока; *б* — напорное движение грунтового потока; *1* — уровень грунтовых вод до сооружения котлована; *2* — депрессионная кривая; *3* — участок выклинивания грунтовых вод; *4* — напорный водоносный пласт

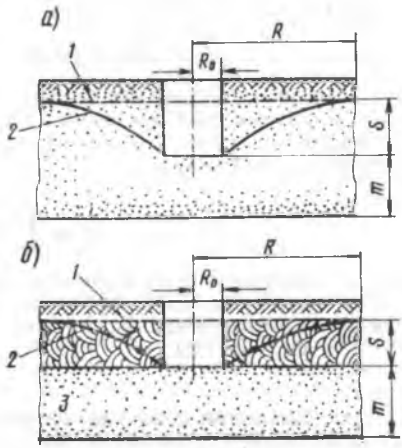


Рис. 7.9. Расчетная схема открытого водоотлива из котлована несовершенного типа:

а — безнапорное движение грунтового потока; *б* — напорное движение грунтового потока; *1* — уровень грунтовых вод до сооружения котлована; *2* — депрессионная кривая; *3* — напорный водоносный пласт

В обеих схемах грунтовой поток может протекать в напорных и безнапорных условиях. Приток грунтовой воды в котлован определяется формулами:

для котлована совершенного типа и условий безнапорного движения воды (см. рис. 7.8, *а*)

$$Q = 1{,}37\frac{KH^2}{\lg\frac{R}{R_0}}; \qquad (7.18)$$

для котлована совершенного типа и напорном движении воды (см. рис. 7.8, *б*)

$$Q = 1{,}37\frac{K(2S-m)m}{\lg\frac{R}{R_0}}; \qquad (7.19)$$

для котлована несовершенного типа и условий безнапорного движения воды (см. рис. 7.9, *а*)

$$Q = 2{,}73KS\left(\frac{S}{2\lg\frac{R}{R_0}} + \frac{m}{\lg\frac{R}{R_0} + 0{,}2\frac{m}{R_0}}\right); \qquad (7.20)$$

для котлована несовершенного типа и напорном движении воды (см. рис. 7.9, *б*)

$$Q = 2{,}73KS\frac{m}{\left(\lg\frac{R}{R_0} + 0{,}2\frac{m}{R_0}\right)}. \qquad (7.21)$$

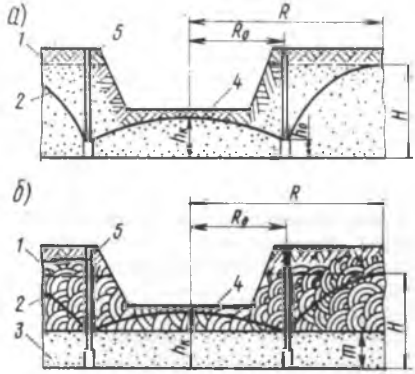


Рис. 7.10. Расчетная схема грунтового водоотлива установками совершенного типа:

а — безнапорное движение грунтового потока; *б* — напорное движение грунтового потока; *1* — уровень грунтовых вод до водопонижения; *2* — депрессионная кривая; *3* — напорный водоносный пласт; *4* — расположение грунтовых вод под котлованом; *5* — установка грунтового водоотлива

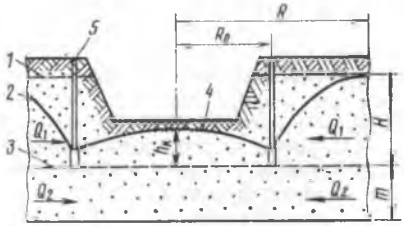


Рис. 7.11. Расчетная схема грунтового водоотлива установками несовершенного типа:

1 — уровень грунтовых вод до водопонижения; *2* — депрессионная кривая; *3* — граница разделения напорного и безнапорного фильтрационного потока; *4* — расположение грунтовых вод под котлованом; *5* — установка несовершенного грунтового водоотлива;

Q_1 — безнапорный фильтрационный поток; Q_2 — напорный фильтрационный поток

В формулах (7.18)—(7.21) приняты обозначения:

Q — приток грунтовой воды, *м³/сутки*;

H — напор грунтовых вод, *м. вод. ст.*;

m — мощность напорного водоносного пласта, *м*;

S — заглубление дна котлована относительно уровня грунтовых вод, *м*;

Грунтовый водоотлив. В зависимости от условий работы применяют два типа установок: совершенного типа, когда фильтровые звенья доводятся до водоупора (рис. 7.10) и несовершенного, когда они не доходят до водоупора или последний отсутствует (рис. 7.11). К установкам грунтового водоотлива вода может поступать безнапорным и напорным потоком.

Приток воды к установкам совершенного типа при безнапорном движении (рис. 7.10, *а*)

$$Q = 1{,}37\frac{K\left(H^2 - h_к^2\right)}{\lg\frac{R}{R_0}} \text{ м}^3/\text{сутки}. \qquad (7.22)$$

Глубина воды в колодцах

$$h_0 = \sqrt{h_к^2 - 0{,}73\frac{Q}{nK}\lg\frac{R_0}{nr_0}} \text{ м}. \qquad (7.23)$$

Приток воды к установкам совершенного типа при напорном движении (рис. 7.10, *б*)

$$Q = 2,73 \frac{Km(H - h_к)}{\lg \frac{R}{R_0}} \text{ м}^3/\text{сутки}. \qquad (7.24)$$

Глубина воды в колодцах

$$h_0 = h_к - 0,37 \frac{Q}{Knm} \lg \frac{R_0}{nr_0} \text{ м}. \qquad (7.25)$$

Вода к установкам несовершенного типа (рис. 7.11) поступает двумя потоками: безнапорным Q_1 (определяется по формуле (7.22)) и напорным Q_2.

$$Q_2 = 2,73 \frac{Km(H - h_к)}{\lg \frac{R}{R_0 - 0,5m}} \text{ м}^3/\text{сутки}. \qquad (7.26)$$

При большой мощности водоносного слоя в формулу (7.26) вместо m следует ввести эффективную мощность m_1:

$$m_1 = cH \text{ м}. \qquad (7.27)$$

При $S:H$=0,2; 0,3; 0,5; 0,8 и 1,0 соответственно принимается c=0,3; 0,5; 0,7; 0,85 и 1,0. В формулах (7.22) — (7.27) приняты обозначения:

$h_к$ — высота уровня грунтовых вод в центре котлована относительно водоупора или подошвы колодца, *м;*

h_0 — глубина воды в колодце, *м*;

n — число колодцев;

r_0 — радиус колодцев, *м*.

Глава VIII. БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ РАБОТЫ

§ 1. ОПАЛУБКА

При бетонировании монолитных сооружений, а также при омоноличивании сборных конструкций применяется главным образом деревянная сборно-разборная опалубка.

Для изготовления опалубки используют лесоматериалы не ниже III сорта, а для несущих элементов — II сорта по ГОСТу с влажностью не более 25%, толщиной не менее 19 *мм*. Доски опалубки, прилегающие к бетону с боковых сторон, должны быть не шире 15 *см*.

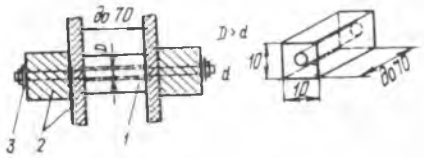


Рис. 8.1. Бетонная распорка:

1 — бетонная распорка; *2* — элементы опалубки; *3* — стяжной болт. (Размеры в *см*)

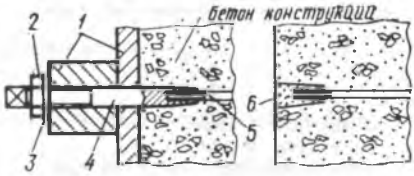


Рис. 8.2. Стержни со съемными наконечниками:

1 — элемент опалубки; *2* — гайка; *3* — шайба; *4* — съемный конический наконечник; *5* — стяжка, остающаяся в бетоне; *6* — заделка раствором

Конструкция опалубок рассчитывается на нагрузки и деформации от укладываемого бетона, указанные в § 4 главы XX.

В углах опалубок пришивают треугольные рейки с шириной сторон 25 *мм* для образования фасок, облегчающих распалубку и сохранение углов бетонируемых конструкций.

Выпуск из опалубки концов стальных тяжей с последующей их срезкой вызывает на поверхности бетона ржавые потеки и последующее разрушение бетона. Для предотвращения этого явления в конструкции толщиной до 0,5—0,7 *м* тяжи пропускают сквозь бетонные распорки (рис. 8.1) При большей толщине на конце тяжей устанавливают специальные конусные наконечники, вывинчиваемые из бетона (рис. 8.2). Образованные отверстия после распалубки плотно заполняются раствором.

При бетонировании обычных монолитных конструкций допускаемые отклонения в установленной опалубке не должны превышать величин, приведенных в табл. 8.1. При бетонировании гидротехнических конструкций размеры опалубок должны позволять получать конструкции с допусками, указанными в главах

Таблица 8.1

Допускаемые отклонения при установке опалубки монолитных конструкций

Наименование отклонений	Величина, *мм*
Отклонения от вертикали или от проектного наклона плоскостей опалубки и линий их пересечения:	
на 1 *м* высоты	5
на всю длину конструкций:	
фундаментов	20
стен и колонн высотой до 5 *м*, поддерживающих монолитные перекрытия	10
То же, высотой более 5 *м*	15
колонн каркаса, связанных балками	10
балок	5
Смещение осей опалубки от проектного положения:	
фундаментов	15
стен и колонн	8
балок и прогонов	10
Отклонения во внутренних размерах поперечных сечений коробов опалубки от проектных размеров (уширение)	5

Таблица 8.2

Допускаемые отклонения для заготовленных элементов стальной и деревянно-металлической сборно-разборной опалубки

Наименование отклонений	Величина, *мм*
Отклонения в длине и ширине щитов и каркасов для них:	
от прямой линии	±1
в расположении отверстий для соединительных элементов	±2
Отклонения кромок щитов от прямой линии:	
в плоскости щита	±2
из плоскости »	±2

IX—XIII. Сборные элементы изготовляют в стальной или деревянно-металлической опалубке (допуски при установке см. в табл. 8.2).

Размеры элементов опалубки и поддерживающих конструкций не могут быть уменьшены против проекта: сжатые и растянутые — на 5% площади поперечного сечения, изгибаемые — на 5% ширины, без уменьшения по высоте. Установленная опалубка и поддерживающие конструкции принимают по акту.

Перед бетонированием сборных элементов опалубку проверяют технический персонал и ОТК и составляют акт о разрешении бетонирования.

§ 2. ЗАГОТОВКА И МОНТАЖ АРМАТУРЫ

Материал и сортамент арматуры

Для арматурных работ применяется сталь горячекатаная, имеющая заводской сертификат с указанием марки и номера ГОСТа, отвечающего требованиям действующих норм и технических условий на проектирование гидротехнических сооружений.

Арматурную сталь периодического профиля классов А-II, А-III и А-IV при-

меняют для основных рабочих стержней и гладкую классов А-I — для хомутов, сеток, распределительной арматуры и т. д. В целях повышения предела текучести арматурная сталь классов А-II и А-III упрочняется вытяжкой. Основные механические свойства обычной и упрочненной арматурной стали приведены в табл. 8.3.

Таблица 8.3

Механические характеристики горячекатаной арматурной стали

Класс	Диаметр стержня, *мм*	Предел текучести $R_a^н$, *кГ/см²*	Временное сопротивление разрыву, *кГ/см²*	Расчетное сопротивление, *кГ/см²*		Модуль упругости E_a, *кГ/см²*	Относительное удлинение, %	Угол загиба в холодном состоянии *C* — толщина оправки, *d* — диаметр стержня
				растянутой R_a	сжатой R_{ac}			
А-I	6—40	2400	3800	2100	2100	2 100 000	25	180° при $C=0,5d$
А-II	10—90	3000	5000	2700	2700	2 100 000	19	180° » $C=3d$
А-III	6—40	4000	6000	3400	3400	2 000 000	14	90° » $C=3d$
А-IV	10—32	6000	9000	5100	3600	2 000 000	6	45° » $C=5d$
А-IIв	10—40	4500	5000	3700/3250	2700/2700	2 100 000	8	90° » $C=3d$
А-IIIв	6—40	5500	6000	4500/4000	3400/3400	2 000 000	6	45° » $C=5d$
Проволока арматурная обыкновенная	3—5,5	—	5500	3150	3150	1 800 000	—	—
То же	6—8	—	4500	2500	2500	1 800 000	—	—

Примечания: 1. Для стержней диаметром более 40 *мм* сталей А-I, А-II, А-III и А-IV допускается снижение относительного удлинения на 0,25 % на 1 *мм* увеличения диаметра, но не более чем на 3 %.

2. В дробях показано: в числителе—при контроле напряжения и удлинения, в знаменателе—при контроле удлинения.

При необходимости замены марки (класса) стали необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Замена должна производиться в соответствии с указаниями действующих норм и технических условий проектирования бетонных и железобетонных конструкций и должна быть утверждена техническим руководителем строящегося объекта.

2. Расчетная несущая способность арматуры (произведение расчетной площади на расчетное сопротивление) должна быть не менее принятой в проекте.

3. Запрещается совместно ставить арматуру из гладких стержней с арматурой периодического профиля и арматуру различных марок.

4. Конструирование вновь устанавливаемой арматуры следует выполнять согласно указаниям технических условий на проектирование транспортных гидротехнических сооружений (СНиП II-И. 14—69).

5. При необходимости изменения количества рядов или мест отгибов рабочей арматуры замену можно производить только по согласованию с проектной организацией.

Горячекатаная арматурная сталь неизвестной марки может быть допущена к использованию лишь при условии испытания ее перед употреблением в дело на растяжение, изгиб и свариваемость. Сталь делят на партии весом до 20 *т* каждая и от каждой партии испытывают по 3 образца; на изгиб в холодном состоянии; на растяжение до разрыва с определением предела текучести; для технологической пробы при дуговой сварке.

Сортамент арматурной стали приведен в табл. 8.4.

Таблица 8.4

Сортамент стержневой арматуры гладкого и периодического профиля

Номинальный диаметр стержней $d_н$, *мм*	Площадь поперечного сечения, *см²*	Теоретический вес 1 *пог. м*, *кг*	Номинальный диаметр, $d_н$, *мм*	Площадь поперечного сечения, *см²*	Теоретический вес 1 *пог. м*, *кг*
6	0,283	0,222	22	3,80	2,98
7	0,385	0,302	25	4,91	3,85
8	0,503	0,395	28	6,16	4,83
9	0,636	0,500	32	8,04	6,31
10	0,785	0,617	36	10,18	7,99
12	1,131	0,888	40	12,57	9,87
14	1,54	1,21	45	15,90	12,48
16	2,01	1,58	50	19,63	15,41
18	2,54	2,0	55	23,76	18,65
20	3,14	2,47	60	28,27	22,19

Правка, резка и гнутье арматуры

Арматуру заготовляют в крытых помещениях, оборудованных соответствующими станками, двумя самостоятельными потоками: легкую арматуру диаметром до 14 *мм* (катанку) и тяжелую диаметром свыше 14 *мм*. Схема потоков приведена на рис. 8.3.

Правка и резка легкой арматуры, полученной в бухтах, производится механическим способом, выполнение этой работы вручную весьма трудоемко и малопроизводительно. Характеристика применяемых для этой цели машин приведена в табл. 8.5.

Таблица 8.5

Технические характеристики автоматических станков для резки и правки стальной арматуры

Показатель	Единица измерения	Марка станка				
		АН-14	С-234	С-338	ИО-35А	УА-1
Диаметр выпрямляемой арматуры	*мм*	4—14	5—12	3—14	7—16	10—32
Длина обрезаемых стержней наименьшая	»	314	220	188	160	2 000
То же, наибольшая	»	7000	7000	8000	9000	12 000
Скорость правки	*м/мин*	24—54	30	33	45—10	33
Мощность электродвигателя для резки	*квт*	4,5	1,0	7,0	—	—
То же, для правки	»	2,3	2,3	—	2,0	8,6
Габариты:						
длина	*м*	8,95	9	7,66	7,7	—
ширина	»	1,2	0,82	0,86	1,45	—
Вес станка с электродвигателем	*кг*	1200	570	920	—	—

Как правило, тяжелая арматура прибывает с завода в пачках без искривления. При необходимости выпрямления такой арматуры применяют станок марки УА-1 (см. табл. 8.5). При небольших искривлениях правят вручную на верстаках. К верстакам крепят стальные плиты размером 450×350×15 *мм* с четырьмя шты-

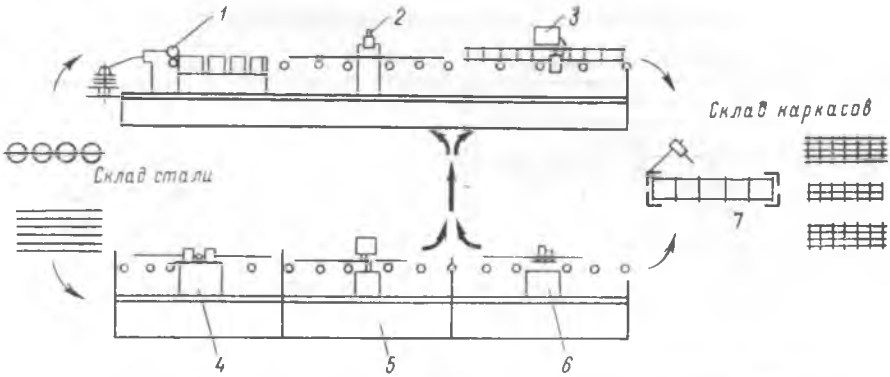


Рис. 8.3. Технологическая схема производства арматурных элементов:
1 — правка и резка; *2* — точечная сварка; *3* — сварка пространственных каркасов; *4* — стыковая сварка; *5* — резка; *6* — гнутье; *7* — приварка закладных частей

рями диаметром 40—50 *мм*. Арматуру заводят между штырями и выправляют выгибанием в сторону, противоположную искривлению. Точность правки проверяют на выверенных плоскостях, причем местные отклонения не должны превышать 5 *мм*. Для резки тяжелой арматуры применяют станки, характеристики которых приведены в табл. 8.6.

Таблица 8.6

Технические характеристики станков для резки арматуры ∅ 40—70 *мм*

Показатели	Марки станков					
	приводных				ручных	
	С-150А	С-370	С-445	С-229А	РН-34	С-71
Диаметр стали, *мм*	40	40	70	40	25	20
Число резов в минуту	32	35	20	35	—	—
Мощность электродвигателя, *квт*	5,8	2,8	7,0	2,2	—	Усилие 30 *кГ*
Габариты, *м*:						
длина	1,5	1,06	1,47	1,43	0,84	0,43
ширина	0,67	0,45	1,62	0,68	0,6	0,2

Гнутье арматуры производится по шаблонам, расчерченным на верстаках. При гнутье необходимо учитывать размеры крюков гладкой арматуры, которые в соответствии с рис. 8.4 должны быть $a=3d$ и $б=4d$, где d — диаметр арматуры.

При загибе крюков к длине арматурного стержня необходимо добавить (на два крюка) при машинной гибке $10d$, при ручной — $14d$. Кроме того, необходимо учитывать, что при гнутье стержень в месте изгиба удлиняется. Величины удлинений приведены в табл. 8.7.

В соответствии с приведенными данными делается разметка стержня для гнутья. (Допуски в размерах стержней см. ниже в табл. 8.13.)

Гнутье арматуры производится на приводных станках и только при незначительном количестве — на ручных (табл. 8.8).

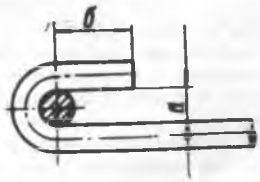


Рис. 8.4. Концевой крюк гладкой арматуры

Таблица 8.7

Величины удлинений арматурных стержней при гнутье

Диаметр стержня, *мм*	Угол гнутья, *град*			Диаметр стержня, *мм*	Угол гнутья, *град*		
	180	90	45		180	90	45
	Удлинение, *см*				Удлинение, *см*		
6	1,0	0,5	—	20	3,0	1,5	1,0
8	1,0	1,0	—	22	4,0	2,0	1,0
10—12	1,5	1,0	0,5	25	4,5	2,5	1,5
14	2,0	1,5	0,5	27	5,0	3,0	2,0
16	2,5	1,5	0,5	32	6,0	3,5	2,5

Таблица 8.8

Технические характеристики станков для гнутья арматуры

Показатель	Марки станков				
	приводных				ручного
	С-146А	С-266А	С-394	С-395	С-79
Диаметр арматуры, *мм*:					
класс А-I	40	90	80	90	25
» А-II	—	—	60	85	—
Мощность электродвигателя, *квт*	2,2	10	4,5	7	Усилие 30 *кг*
Габариты, *м*:					
длина	0,72	3,18	2,23	2,66	0,58
ширина	0,87	1,65	1,8	2,17	0,28
Вес станка, *кг*	454	4300	3216	3873	30

Стыкование и сварка арматуры

Стыки внахлестку с перевязкой проволокой можно применять для арматуры диаметром до 32 *мм*. Стержни заводят один за другой при гладкой арматуре по касательным к крюкам, которые имеются на концах стержней, при периодической — по концам стержней. При растянутых стержнях и классе стали периодической А-II и гладкой А-I длина стыка должна быть равна 30 диаметрам, при периодической А-III и упрочненной А-IIв — 40 диаметрам.

Длина стыка при сжатых стержнях сокращается на 10 диаметров, но должна быть не менее 200 *мм*. Для сталей классов А-IV и А-IIIв стыки делаются только сварными. Рекомендуется и для остальных классов стали делать сварные стыки.

Для растянутой арматуры в одном сечении не допускается более 25% стыкуемых стержней. Основные типы сварных стыков стержневой арматуры приведены в табл. 8.9.

Дуговая ручная сварка осуществляется машинами постоянного тока, стационарными или передвижными с напряжением холостого хода в пределах 35—40 *в*, а также сварочными трансформаторами переменного тока с напряжением холостого хода не менее 65 *в*. Величина сварочного тока зависит от диаметров электродов и приведена в табл. 8.10.

Тип электрода должен соответствовать марке стали. Для сталей Ст. 3 следует выбирать электроды Э-42, для Ст. 5 — Э-42А и для сталей 25Г2С, 35ГС и 20ХГ2С—Э50А. Ручная сварка арматуры применяется при температуре воздуха не ниже —30°.

Таблица 8.9

Типы сварных стыковых соединений арматуры

Вид сварки и тип стыка	Схема	Класс стали	Диаметр стержня, *мм*
Электродуговая с накладками и двумя фланговыми швами	0,5d≥a≥2мм; d; d₁; 10d (8d)	А-I А-II А-III А-IV	8—40 10—80 8—40 10—32
Электродуговая с накладками и четырьмя фланговыми швами	0,5d≥a≥2мм; d; d₁; 5d (4d)	А-I А-II А-III	8—40 10—80 8—40
Электродуговая внахлестку с одним фланговым швом	d; 10a (8d)	А-I А-II А-III	8—40 10—40 8—40
Электродуговая внахлестку с двумя фланговыми швами	d; 5d (4d)	А-I	8—40
Электродуговая с полосой (листом) с четырьмя фланговыми швами	d; 5d (4d)	А-I А-II А-III	8—40 10—40 8—40
Ванно-шовная с желобчатой накладкой	d; 2d	А-I А-II А-III	20—40 20—80 20—32
Контактная встык	d	А-I А-II А-III А-IV	10—40 10—80 10—40 10—32
Точечная поперечная	Взаимное заглубление стержней на $\frac{1}{3} \div \frac{1}{4} d$	А-I А-II А-III	до 50 » 50 » 52

Примечания: 1. Условные обозначения: d — номинальный диаметр арматурных стержней; a — зазор между стержнями.

2. Размеры фланговых швов при сварке с накладками и в нахлестку должны быть по высоте $h = 0{,}25d$, но не менее 4 *мм*, по ширине $b = 0{,}5d$, но не менее 10 *мм*.

3. Диаметр парных накладок $d_1 \geqslant 0{,}8d$ для стали А-I; $d_1 \geqslant 0{,}87d$ для стали А-II и $d_1 = d$ для стали А-III и А-IV.

4. Зазор a при ванной сварке принимать: при $d < 40$ *мм* $a = 0{,}4d$, но не менее 10 *мм*, при $d > 40$ *мм* $a = 0{,}25 \div 0{,}4d$. Зазор должен быть не менее 1,5 диаметра электрода.

5. Длина швов дана для стали периодического профиля и в скобках—для гладкого профиля.

Таблица 8.10

Рекомендуемая сила тока

Диаметр электрода, *мм*	Сварочный ток, *а*	Диаметр электрода, *мм*	Сварочный ток, *а*
2	60—80	6	220—280
3	100—130	7	260—400
4	140—190	8	350—500
5	180—250	10	500—800

Для стыков $d>25$ *мм* рекомендуется *ванная сварка*. Сущность ванного способа сварки заключается в создании между свариваемыми стержнями общей ванны расплавленного металла, сохраняющейся во все время сварки, благодаря чему концы стержней расплавляются. Получается сварочное соединение, представляющее сплав основного и электродного металла.

Для горизонтальной (наиболее распространенной) сварки ванным способом применяют подкладочные формы в виде скобы, охватывающей снизу стыкуемые соединения, которую прихватывают к стержням. В зазор между торцами стержней, предварительно нормально обрезанных и зачищенных, вводят электрод, создают дугу и, перемещая электрод вдоль зазора, проплавляют поочередно торцы стержней, пока весь зазор не заполнится жидким металлом на 2—3 *мм* выше свариваемых стержней. После заплавления торца приваривают дополнительно фланговыми швами скобу, что значительно усиливает стык.

Ванный способ сварки по сравнению со сваркой с накладками и внахлестку сокращает расход металла на накладки и в 2—3 раза расход электродов и электроэнергии. Для сварки таким способом применяют обычные сварочные трансформаторы и электроды.

При *контактной сварке* встык концы свариваемых стержней следует обрезать нормально к оси стержня, очистить от заусенцев, окалины и грязи и соблюдать осевую центровку стержней. Наименьший выпуск стержней из зажимов сварочной машины должен составлять с каждой стороны: для сталей марок Ст. 3, Ст. 5—0,75 диаметра арматуры, для марок 25Г2С, 35ГС и 20ХГ24 — 1,2 диаметра арматуры.

При контактной сварке необходимо учитывать сокращение длины стержней за счет оплавления и сжатия при формировании стыка. Необходимый припуск длины на каждый стык можно принимать при диаметре арматуры 10—16 *мм* — $0{,}7d$, 18—30 *мм* — $0{,}6d$, свыше 30 *мм* — $0{,}5d$.

Сварка арматурных сеток и плоских каркасов производится на машинах точечной сварки.

Основные типы сварочных машин приведены в табл. 8.11.

Сварные стыки должны иметь гладкую или мелкочешуйчатую поверхность без наплывов, прожогов, перерывов и сужений: металл должен быть плотным по всей длине шва и без трещин. Все кратеры должны быть заварены. Допуски указаны в табл. 8.12.

Сварные соединения арматуры всех диаметров, выполненные контактной сваркой, при испытании на растяжение должны выдерживать нагрузки, соответствующие временному сопротивлению свариваемого металла. Для стержней диаметром свыше 50 *мм*, сваренных дуговой сваркой, и диаметром свыше 32 *мм*, сваренных ванной сваркой, допускается снижение разрывных нагрузок до временного сопротивления, соответствующего для стали класса А-III — 5000, А-II—4200 и А-I — 3600 *кГ/см*^{2}.

В остальном испытания должны производиться в соответствии с требованиями СНиП III-В. I—62.

Таблица 8.11

Технические характеристики сварочных машин

Показатель	Машины точечной сварки				Машины стыковой сварки			
	МТМ-75М	МТП-100	МТП-150	МТП-200	МСР-75	МСР-100	МСМ-150	МСГА-300
Номинальная мощность, *ква*	75	100	150	200	75	100	150	300
Продолжительность включения (ПВ), %	12,5	20	20	20	20	20	20	20
Наибольший диаметр свариваемых стержней Ст. 5 и 25Г2С, *мм*	16	20	22	26	38	55	55	70
Вылет электродов, *мм*	350	500	500	550	—	—	—	—
Число свариваемых стыков, *шт/ч*	—	—	—	—	30—50	25	80—100	до 20
Число ходов в минуту	50	68	65	65				
Расход воды для охлаждения, *л/ч*	300	600	800	800	200	200	200	1500
Габариты, *м*:								
высота	0,96	1,4	1,44	1,44	1,1	1,33	1,44	2,40
ширина	0,61	0,8	0,8	0,8	1,5	1,41	1,15	1,60
длина	1,35	2,16	2,33	2,23	0,6	1,84	1,97	3,42
Вес, *кг*	500	1000	1350	1400	410	1360	2000	7500

Таблица 8.12

Допускаемые отклонения и дефекты в сварных соединениях арматуры

Наименование отклонений и дефектов	Величина допуска
1. Смещение линии, соединяющей центры круглых накладок, относительно оси соединяемых стержней (при парных накладках, приваренных односторонними швами)	0,1d в сторону противоположную швам
2. Отклонение в длине накладок и подкладок сварных стыков	$\pm 0,5d$
3. Смещение накладок от оси сварного стыка в продольном направлении	0,5d
4. То же, подкладок и медных форм	0,1d
5. Перелом осей стержней в стыках	3°
6. Смещение осей стержней в стыках:	
а) при ванной сварке	0,05d
б) при сварке с круглыми накладками	0,1d
в) при контактной стыковой сварке	0,1d
7. Отклонение в длине фланговых швов	$\pm 0,5d$
8. Отклонение в ширине флангового шва	$\pm 0,15d$
9. Непровар в корнях сварных стыков, выполненных многослойной сваркой при диаметре стержней более 40 *мм*; трещины в швах; крупная и частая пористость; подрезы стержней	Не допускаются
10. Глубина непровара в корнях сварных стыков, выполненных многослойной сваркой при сварке стержней $d \leqslant 40$ *мм*	0,1d
11. Глубина подрезов листовой стали при приварке к ним круглых стержней	0,2d, но не более 2,5 *мм*
12. Поры и шлаковые включения:	
а) на поверхности шва на длине 2d	3 шт.
б) в сечении шва:	
при $d \leqslant 16$ *мм*	2 шт.
» $d > 16$ *мм*	3 шт.
13. Средний диаметр пор и шлаковых включений:	
а) на поверхности шва	1,5 *мм*
б) в сечении шва:	
при $d \leqslant 16$ *мм*	1 *мм*
» $d > 16$ *мм*	1,5 *мм*
14. Уменьшение высоты шва	Не допускается

Примечание. d — диаметр стержня арматуры.

Монтаж арматуры

Сборка арматурных каркасов для железобетонных изделий производится с применением кондукторов, что обеспечивает точность размеров и удобство изготовления каркаса (вязку, сварку).

Для подачи каркаса в опалубку используют монтажные краны с траверсами и подвесками через 2—3 *м*, предотвращающими деформацию каркаса во время транспортировки.

К каркасу заранее или при установке в форму приваривают закладные части и петли для подъема изделия. Петли изготовляются из арматуры Ст. 0. Они должны иметь трехкратный запас прочности по сравнению с разрушающей нагрузкой. Для весьма крупных элементов и монолитных конструкций каркасы изготовляют частями, устанавливают в опалубку и стыкуют вразбежку на месте. Стыкование стержней производится по правилам, изложенным выше на стр. 180—184.

Таблица 8.13

Допускаемые отклонения при изготовлении и монтаже арматуры

Наименование отклонений	Величина допуска, *мм*
1. Размеры плоских сварных каркасов, сеток и стержней:	
а) при диаметре арматуры не более 16 *мм*:	
по длине	±10
» ширине (высоте)	±5
б) при диаметре арматуры от 18 до 40 *мм*:	
по длине	±10
» ширине (высоте)	±10
в) при диаметре стержней 40 *мм* и более:	
по длине изделия	±50
» ширине (высоте)	±20
2. Отклонения в расстояниях между поперечными стержнями и хомутами сварных каркасов, в размерах ячеек сварных сеток и в расстояниях между плоскими элементами пространственных арматурных изделий:	
для свай и шпунта	±10
» балок	±10
3. Отклонения в горизонтальных расстояниях между отдельными рабочими стержнями плоских и пространственных каркасов при диаметре стержней:	
до 40 *мм*	±0,5*d*
40 *мм* и более	±*d*
для свай и шпунта	±3
4. Отклонения от плоскости сварных сеток и плоских сварных каркасов при стержнях диаметром:	
до 12 *мм*	10
от 12 до 25 *мм*	15
от 25 до 50 *мм*	20
5. Отклонения в положении мест сгибов стержней	2*d*
6. Отклонения в расстояниях между отдельно установленными рабочими стержнями:	
для балок и колонн	±10
для плит	±20
для массивных конструкций	±30
7. Отклонения в расстояниях между рядами арматуры по высоте	±5
8. Отклонения в расстоянии между хомутами балок и колонн и между связями арматурных каркасов	±10
9. Отклонения от вертикали или горизонтали в положении хомутов	10
10. Отклонения в положении осей стержней в торцах сварных каркасов, стыкуемых на месте с другими каркасами при диаметре стержней:	
до 40 *мм*	±5
40 *мм* и более	±10
11. Отклонения в расположении стыков стержней по длине элемента:	
в каркасах и тонкостенных конструкциях	±25
в массивных конструкциях	±50

При установке арматурных каркасов в опалубку необходимо точно выдерживать толщину защитного слоя. С этой целью между опалубкой и арматурой укладывают бетонные прокладки (бруски), изготовленные заранее. Размеры прокладок по толщине и ширине равны защитному слою и по длине 5—7

толщинам. Прокладка не должна пересекать все поперечное сечение защитного слоя. Чтобы прокладки не лопались, их армируют проволокой. Установленная арматура принимается по акту.

Допускаемые отклонения при изготовлении и монтаже арматуры как плоской, так и в виде пространственных каркасов приведены в табл. 8.13.

§ 3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ АРМАТУРЫ

Арматурная сталь

Для предварительного напряжения гидротехнических конструкций применяют различные виды стержневой арматурной стали (табл. 8.14).

Таблица 8.14

Данные по преднапрягаемой стальной арматуре

Марка и характеристика арматурной стали	Условные расчетные сопротивления арматуры $R_{ну}$, *кГ/см²*	Нормативные сопротивления арматуры $R_н^н$, *кГ/см²*	Примерный класс арматуры
20ХГСТ, 20ХГ2Ц, Ст. 5*, КСт. 5ПС*	5100	6000	A-IV
25Г2С, 35ГС	3400	4000	A-III
Ст. 5, КСт. 5	2400	2800	A-II
25Г2С и 35ГС, упрочненные вытяжкой до 5500 *кГ/см²*, но при удлинении арматуры не более 3,5%	4500	5500	A-IIIв
Ст. 5, КСт.5, упрочненные вытяжкой до 4500 *кГ/см²*, но при удлинении арматуры не более 5,5%	3700	4500	A-IIв
25Г2С и 35ГС, подвергнутые вытяжке на 3,5% без контроля напряжения . . .	4000	5500	A-IIIв
Ст. 5, КСт. 5, подвергнутые вытяжке до 5,5% без контроля напряжения . . .	3250	4500	A-IIв

* Термически упрочненная периодического профиля.

Высокопрочная проволока в виде пучков в гидротехнических конструкциях применяется только для элементов верхнего строения причалов (надводных зон). Сталь, подлежащую упрочнению или предварительному напряжению, следует сваривать в плети необходимой длины до упрочнения. Как правило, применяется сварка контактная встык, допускается ванная сварка или дуговая с парными накладками. Арматурные стержни после упрочнения выдерживают до напряжения не менее суток.

Упрочнение арматуры

Упрочняют арматуру на огороженных стендах, оборудованных вытяжными устройствами, типы которых приведены в табл. 8.15.

На установке с гидродомкратом СМ-513 упрочняемые стержни закрепляют в зажимах траверсы и включают домкрат грузоподъемностью 60 *т* с рабочим ходом 800 *мм*. После выборки слабины по линейке отмечают положение подвижной траверсы и производят натяжение на необходимую длину (удлинение 3,5 или 5,5%), одновременно определяя усилие по показанию манометра домкрата. После достижения заданного удлинения и напряжения давление в цилиндре гидродомкрата плавно снижается и стержень освобождается от захватов. Аналогично упрочняют арматуру и на других типах установок.

Таблица 8.15

Технические характеристики некоторых установок для вытяжки арматуры с контролем усилия и удлинения

Показатель	Оргстроя на базе ЮФ	Установка с гидродомкратом СМ-513	«Рычажные весы» ПКБ Трансгидромеханизации
Наибольшая длина вытяжки, *мм*	500	800	300—400
Предельное усилие, *т*	40	60	30
Производительность, *т/ч*	0,5	0,8	—
Число одновременно вытягиваемых стержней при диаметре, шт.:			
до 18 *мм*	2	2	1
18—25 »		1	1
25—32 »		1	1
Длина вытягиваемых стержней, *м*	7,5	до 24	8,0

Натяжение арматуры

Арматура должна быть натянута до величины напряжения, заданной проектом. Обычно эта величина

$$\sigma_0 = 0{,}8 \div 0{,}9 R_н^н .$$

Натяжение производится в следующем порядке:

а) выбирают слабину и доводят монтажное натяжение стержней до 0,2—0,3σ_0. При этом проверяют правильность закрепления арматурных стержней в зажимах;

б) натягивают до 1,1σ_0 и выдерживают при этом напряжение в течение 3—5 *мин:*

в) снижают натяжение до величины σ_0.

Отклонения при натяжении и отпуске арматуры от заданного контролируемого напряжения допускаются в пределах от —5% до +10%.

При предварительном напряжении и последующей анкеровке концы стержней закрепляют в зажимах.

После натяжения стержня между зажимом и упором закладывают (забивают) клиновидные шайбы или захваты снабжают анкерными гайками, которые завинчиваются вплотную до упоров и практически не уменьшают натяжения стержня. Применение для этой цели плоских вилкообразных шайб не рекомендуется, так как они сильно обжимаются, что вызывает потери напряжения в стержне до 500 *кГ/см²*.

Необходимую длину заготовленных к натяжению арматурных стержней определяют по формуле

$$l_0 = l\left(1 - \frac{\sigma_0}{E_a^н}\right) + a - \Delta l_у, \qquad (8.1)$$

где l_0 — длина подготовленных к натяжению стержней, *мм*;

l — расчетная длина расстояния между опорными поверхностями упоров, *мм*;

σ_0 — величина предварительного напряжения арматуры без учета потерь за счет деформации формы, *кГ/см²*;

$E_a^н$ — нормативный модуль упругости применяемой арматуры, *кГ/см²*;

a — сумма длин анкерных концов стержня, заводимых за опорные поверхности грани упоров, технологических зазоров и припусков, *мм*;

$\Delta l_у$ — укорочение расстояния между упорами формы при натяжении арматуры, *мм*.

Если предварительное напряжение арматуры определено с учетом потерь от деформации формы, то принимают $\Delta l_y = 0$.

Натяжение арматуры может быть групповым и раздельным. При групповом натяжении начальная длина всех стержней, установленных в захватах, должна быть одинаковой и передача усилий на них равномерной. Равномерность передачи усилий можно определить как измерением напряжений непосредственно в стержнях, так и по величине усилия в тарированном гаечном ключе, с помощью которого вначале подтягивают отдельные стержни. Групповое натяжение во всех случаях предпочтительнее раздельного, так как при натяжении очередного отдельного стержня напряжение в ранее натянутых стержнях падает на 200—500 *кг/см²*, что не происходит при групповом натяжении.

Применяют следующие основные технологические схемы натяжения арматуры:

раздельное упрочнение и раздельное натяжение при анкеровке на железобетонные балки (стенки) стенда или на форму;

раздельное упрочнение и групповое натяжение при анкеровке на стальных упорных балках стенда;

одновременное групповое упрочнение и групповое натяжение на стальных упорных балках стенда.

Стальные упорные балки стендов под влиянием натягиваемых стержней получают прогибы, которые вызывают потерю напряжения в арматуре. Поэтому контроль за величиной напряжения необходимо вести не по удлинению (перемещению упорной балки), а по приложенной силе, определяемой по показаниям манометров и тарировочному графику домкратов.

Одновременно упрочнение и натяжение арматуры является более производительным, чем раздельное, сокращает расход арматуры, но требует применения более мощных домкратов с ходом поршня 800—2000 *мм*.

Для подбора домкратов по тяговому усилию Q можно воспользоваться формулой

$$Q = 1{,}2nF\sigma_0 \ кГ, \tag{8.2}$$

где n — число одновременно натягиваемых стержней;

F — площадь сечения стержня, *см²*;

σ_0 — контролируемое напряжение, *кГ/см*.

Основные данные по наиболее распространенным типам домкратов для натяжения арматуры приведены в табл. 8.16.

Таблица 8.16

Технические характеристики гидродомкратов для натяжения арматуры

Показатель	Типы домкратов			
	ДС-30-200	ДС-60-315	ДС 63-315	ЦНИИС
Максимальное рабочее давление, *кГ/см²*	400	400	400	350
Усилие натяжения, *т*	30	60	63	120
Ход поршня, *мм*	200	315	315	400
Габаритные размеры, *мм*:				
длина	735	1090	1100	1150
диаметр (ширина)	157	230	210	286
Вес, *кг*	31	84	90	270

Приведенные в таблице домкраты могут натягивать как стержневую, так и проволочную арматуру. Домкрат ЦНИИС натягивает арматуру из 48 проволок диаметром 5,5 *мм*. Ход поршня домкрата должен соответствовать максимальному удлинению арматуры при натяжении. Для натяжения можно также использовать два обычных гидравлических грузоподъемных домкрата с применением траверсы.

Продольную арматуру связывают с поперечной, в случае раздельного натяжения напрягаемых стержней, после натяжения продольной арматуры не более чем на 70% расчетной величины. В этих случаях продольную арматуру укладывают в форму или стенд в несвязанном виде, но с установленными на нее и равномерно распределенными по длине хомутами или спиралью. При одновременной и равномерной вытяжке всех стержней напрягаемой арматуры ее можно связывать с поперечной арматурой до вытяжки (до укладки в форму или на стенд). При достижении напряжения в арматуре 70% проектного натяжение останавливают на 10—15 *мин* для осмотра установленной арматуры (стыков, захватов и т. п.). Если при осмотре выявятся дефекты, для их устранения натяжение должно быть снято.

Вблизи натянутой арматуры нельзя вести сварочные и автогенные работы без защиты ее от попадания искр и расплавленного металла. Нельзя также прикасаться к натянутой арматуре вибраторами при бетонировании изделий.

Отпуск натянутой арматуры следует производить после достижения бетоном не менее 70% проектной прочности, возможно более плавно. После отпуска стержней изделия нужно выдерживать в форме в течение двух часов. Вначале отпускают попарно стержни, расположенные по диагоналям в противоположных углах изделия, а затем промежуточные. Выступающие из торцов изделий концы натягиваемой арматуры срезают на расстоянии не более чем 1 *см* от торцов, а в головах свай стержни выплавляют на 2—3 *см* ниже поверхности головы сваи.

§ 4. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЙ БЕТОН И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЕГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ

Общие данные

Для бетонирования гидротехнических сооружений и изготовления сборных элементов применяется гидротехнический бетон по ГОСТ 4795—68. Основные технические требования, предъявляемые к гидротехническому бетону: водонепроницаемость, морозостойкость (кроме бетона, находящегося ниже уровня промерзания), механическая прочность, стойкость против агрессивного воздействия воды. Требования к гидротехническому бетону регламентированы «Указаниями по обеспечению долговечности бетонных и железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений ВСН6/69 Министерства морского флота СССР.

Марки бетона по водонепроницаемости характеризуются давлением воды в килограмм-силах на квадратный сантиметр, которое выдерживают образцы бетона в 28-дневном возрасте (если проектом не установлены другие сроки, более поздние).

Для железобетонных конструкций применяются в переменном уровне марка В-8 и в надводном уровне — В-6, для бетонных и малоармированных конструкций (до 0,5%) — соответственно В-6 и В-4. Марка бетона по водонепроницаемости для подводной зоны устанавливается проектом.

Марки бетона по морозостойкости (МРЗ) характеризуются наибольшим количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания, выдерживаемых образцами 28-дневного возраста при испытании без снижения прочности более 15%. Данные по МРЗ приведены в табл. 8.17.

Прочность бетона характеризуется маркой по прочности на сжатие, определяемой по образцам в 28-дневном возрасте. Марки бетона с наименьшей допустимой прочностью приведены в табл. 8.18.

Испытание гидротехнического бетона производится по ГОСТ 4800—59 и ГОСТ 4799—69.

Толщина защитного слоя бетона у расчетной арматуры должна быть не менее 40 *мм*, у конструктивной — не менее 30 *мм*, а в зоне переменного уровня — не менее 50 *мм*.

Расчетные характеристики бетона приведены в табл. 8.19.

Таблица 8.17

Применение марок бетона по морозостойкости

Вид конструкций	Гидрометеорологические условия района	Зона расположения	
		переменного уровня	надводная
Железобетонные	Тяжелые	300 и выше	200
	Средние	200	100
	Легкие	100	—
Бетонные и малоармированные	Тяжелые	300 и выше	150
	Средние	150	100
	Легкие	100	—

Примечание. Распределение районов по ВСН6/69 ММФ: тяжелые — побережья Баренцева, Белого, Японского, Охотского и Берингова морей и Татарского пролива (кроме Владивостока); средние — побережья Азовского, северо-западной части Черного, северной части Каспийского, Балтийского и Аральского морей, порты Владивосток, Новороссийск и Махачкала; легкие — Крымское и Кавказское побережье Черного моря и Каспийского моря (кроме северной части).

Таблица 8.18

Марки бетона по прочности

Вид конструкций	Гидрометеорологические условия района	Зона расположения			
		подводная и подземная	переменного уровня	надводная	внутреннего заполнения
Железобетонные	Тяжелые	200	400	300	250
	Средние	200	300	250	200
	Легкие	200	250	200	150
Бетонные и малоармированные	Тяжелые	200	300	250	200
	Средние	150	250	200	150
	Легкие	150	200	150	100

Примечание. Бетон заполнения железобетонных оболочек в зоне переменного уровня должен иметь ту же марку, что и бетон оболочки.

Цемент, добавки и вода

Для гидротехнического бетона применяют цементы по ГОСТ 10178—62. Рекомендуются цементы, приведенные в табл. 8.20.

Расход цемента для бетона в зоне переменного уровня назначается в пределах 300—450 *кг/м*³.

Поступающий на строительство (полигон) цемент, вне зависимости от заводского паспорта, испытывают на нормальную густоту цементного теста, определяют сроки схватывания, равномерность изменения объема, активность (марку), тонкость помола.

Для лабораторных испытаний от каждой партии цемента весом не более 400 *т* одной марки и одного завода отбирают пробы по 20 *кг*. Методы испытаний изложены в специальной литературе и ГОСТ 310—60.

Таблица 8.19

Расчетные сопротивления бетона при расчете конструкций на прочность и по образованию или раскрытию трещин, $кГ/см^2$

Вид напряженного состояния	Обозначение расчетного сопротивления	Вид конструкций	Проектная марка бетона по прочности на сжатие						
			100	150	200	300	400	500	600
			Проектная марка бетона по прочности на растяжение						
			Р11	Р15	Р18	Р23	Р27	Р31	Р35
Сжатие осевое (призменная прочность)	$R_{пр}$	Железобетонные	44	65	80	130	170	200	230
		Бетонные	40	60	70	115	—	—	—
Сжатие при изгибе	$R_и$	Железобетонные	55	80	100	160	210	250	280
		Бетонные	50	70	90	140	—	—	—
Растяжение осевое	$R_р$	Железобетонные	4,5	5,8	7,2	10,5	12,5	14	15
		Бетонные	4	5,2	6,4	9,5	—	—	—
Растяжение при расчете по образованию трещин	$R_т$	Железобетонные	6,3	8	10	14,5	17,5	19,5	21

Таблица 8.20

Цементы, применяемые для гидротехнического бетона

Вид цемента	Объемный вес в рыхлом состоянии, $т/м^3$	Удельный вес, $т/м^3$	Зона расположения конструкции			
			переменного уровня	подводная и подземная	надводная	внутреннего заполнения
Портландцемент обычный	1,0—1,3	3,0—3,2	—	0	+	+
То же, с умеренной экзотермией	1,0—1,3	3,0—3,2	—	0	+	+
Портландцемент сульфатостойкий	1,0—1,3	3,0—3,2	+	—	—	—
Пуццолановый портландцемент	0,9—1,1	2,7—2,9	0	+	—	—
Пуццолановый сульфатостойкий портландцемент	0,9—1,1	2,7—2,9	—	+	—	0
Шлакопортландцемент	1,0—1,3	2,8—3,0	0	+	0	—
Глиноземистый цемент	1,0—1,3	3,1—3,3	+	0	0	0

Примечания: 1. + рекомендуемые; — допускаемые; 0— нерекомендуемые.

2. Портландцемент обычный допускается в зоне переменного горизонта при солености воды до 10 000 *мг/л* с умеренной экзотермией до 18 000 *мг/л*.

Для улучшения основных свойств гидротехнического бетона, повышения пластичности при сокращении водо-цементного отношения (*В/Ц*) и повышения морозостойкости в бетонную смесь вводят воздухо-вовлекающие и пластифицирующие органические добавки в виде водных растворов. Тип и дозировка некоторых основных видов добавок приведены в табл. 8.21.

Таблица 8.21

Воздухововлекающие и пластифицирующие органические добавки

Наименование добавки	Концентрация растворов, %	Количество от веса цемента, %	Примечания
Концентраты сульфитно-спиртовой барды (ССБ)	10—30	0,15—0,25	В расчете на сухое вещество
Смола нейтрализованная воздухововлекающая (СНВ)	10	0,01—0,025	То же
Абиетат натрия (воздухововлекающая)	10	0,01—0,025	»
Жидкость кремнеорганическая ГКЖ-94 (газововлекающая)	10	0,05—0,15	В расчете на 100%-ную жидкость

Изготовление растворов см. в ВСН6/69 ММФ, ВСН118—65 Минтрансстроя.

Вода для изготовления бетонной смеси и поливки бетона и железобетона должна отвечать требованиям ГОСТ 4797—69. Разрешается для приготовления и полива любая вода, пригодная для питья. Природные воды можно применять, если содержание ионов SO_4 в воде не более 2700 *мг/л*, а водородный показатель pH не менее 4.

Морскую воду можно применять только для поливки бетонных и железобетонных конструкций подводной и подземной зоны.

Песок

Пески применяются как естественные, так и искусственные, полученные дроблением плотных каменных пород прочностью в насыщенном водой состоянии не менее 400 *кГ/см*^{2} и соответствующие требованиям ГОСТ 4797—69.

Пределы гранулометрического состава песка показаны на рис. 8.5 (заштрихованная площадь), а полные остатки на ситах, допускаемые при просеивании песка, — в табл. 8.22.

Таблица 8.22

Остатки песка на ситах при просеивании

№ сита	Отверстия контрольных сит в свету, *мм*	Полные остатки на ситах, % к весу
5	5,00	0
6	2,50	0— 25
7	1,25	10— 55
8	0,63	25— 75
9	0,315	40— 90
10	0,14	80—100

Модуль крупности песка $M_к$ определяется по формуле

$$M_к = \frac{a_5 + a_6 + a_7 + a_8 + a_9 + a_{10}}{100}, \qquad (8.3)$$

где $a_5 + \ldots + a_{10}$ — остатки на ситах, %.

В зависимости от величины модуля крупности пески разделяют на крупные ($M_к = 3{,}5 \div 2{,}8$), средние ($M_к = 2{,}8 \div 2{,}2$) и мелкие ($M_к = 2{,}2 \div 1{,}6$).

Фракционированный песок состоит обычно из двух фракций: крупной (размер зерен 5—1,25 *мм*) и мелкой (размер зерен 0,63—0,14 *мм*), дозируемых раздельно. Следует так подбирать фракционированные пески, чтобы кривая их просеивания после смешения находилась возможно ближе к середине заштрихованной площади на рис. 8.5.

Содержание примесей в песке должно быть не более данных, приведенных в табл. 8.23.

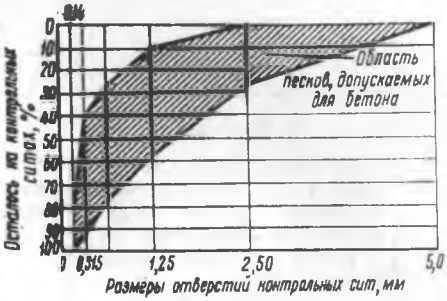


Рис. 8.5. Зерновой состав песка

Крупный заполнитель

Для гидротехнических конструкций в качестве крупного заполнителя, как правило, применяют щебень; гравий можно использовать для толстостенных монолитных конструкций, массивов, тетраподов и т. п. при морозостойкости не более 200. Крупный заполнитель должен соответствовать требованиям ГОСТ 4797—69. Механическая и физическая характеристики крупного заполнителя и содержание в нем примесей приведены в табл. 8.24.

Таблица 8.23

Допустимое содержание примесей в песке

№ п/п	Примеси	Бетон зоны переменного горизонта воды	Подводный бетон и бетон внутренней зоны	Бетон зоны выше переменного горизонта воды
1	Глина, ил и пылевидные фракции, определяемые отмучиванием в % по весу	2	3	3
	В том числе глина	1	2	2
2	Органические примеси	Окраска не темнее цвета эталона по ГОСТ 8735—65		
3	Сернокислые и сернистые соединения в пересчете на SO_3 в % по весу	1	1	1
4	Слюда в % по весу	1	3	2
5	Опал и другие аморфные видоизменения кремния	Не допускаются без специальной проверки		

Примечания: 1. Наличие глины в виде комьев не допускается.

2. Для бетона конструкций толщиною менее 1 *м*, находящегося в зоне переменного горизонта, содержание в песке примесей, указанных в п. 1, допускается не более 1%.

Прочность щебня определяется по кубиковой прочности камня, из которого приготовлен щебень. В табл. 8.25 приведены основные данные по наиболее часто применяемым породам камня для дробления щебня.

Для определения прочности гравия (п. 2 табл. 8.24) на цементе марки не ниже 400 с осадкой конуса 2—3 *см* подбирают бетон прочности в 2 или 1,5 раза выше требуемой (проектной). На испытываемом гравии изготовляют 3 куба

Таблица 8.24

Характеристика крупного заполнителя и допустимое содержание в нем примесей

№ п/п	Показатель	Измеритель	Бетон зоны переменного горизонта воды	Подводный бетон и бетон внутренней зоны	Бетон зоны выше переменного горизонта воды
1	*Щебень*				
	Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии горной породы (кубиковая прочность), подлежащей дроблению в щебень	% от требуемой марки бетона	300, но не менее 1000—1200* *кГ/см²*	250	250
	Водопоглощение:				
	изверженных пород	%	Не более 0,5*	—	—
	осадочных »	%	Не более 2*	—	—
	Гравий				
2	Предел прочности при сжатии бетона на гравии	%	200	150	150
3	Прочность (дробимость в цилиндре) крупного заполнителя размером от 40 *мм*	По ГОСТ 10268—70	Др 8	Др 12	Др 12
4	Содержание игловатых и лещадных зерен	% по весу не более	15	15	15
5	Удельный вес породы (зерен)	*г/см³* не менее	2,4; 2,6*	2,3	2,3
6	Содержание глины, ила и мелких пылеватых фракций, определяемых отмучиванием	% по весу не более	1—0,5*	2	1
7	Органические примеси	ГОСТ 8269—64	Окраска не темнее эталона		
8	Сернокислые и сернистые соединения в пересчете на SO_3	% по весу не более	0,5	0,5	0,5
9	Опал, опаловидные породы и минералы	Не допускаются без специальной проверки			

* Указанные требования только для бетонов, эксплуатируемых в тяжелых условиях.

Примечания: 1. Наличие глины в виде комьев или пленки, обволакивающей зерна, не допускается.

2. Для тонкостенных и предварительно напряженных конструкций величины примесей, указанные в п. 6, снижаются вдвое.

бетона размером 20×20×20 *см* и испытывают их на сжатие в 28-дневном возрасте. Гравий считается пригодным, если фактическая кубиковая прочность бетона составит не менее 85% от подобранной.

Крупный заполнитель испытывают на морозостойкость в бетоне соответствующей марки. Заполнитель является пригодным, если потеря прочности бетона после соответствующих циклов замораживания и оттаивания будет не более 15%.

Таблица 8.25

Характеристики некоторых пород камня

Породы	Удельный вес, $г/см^3$	Временное сопротивление сжатию, $кГ/см^2$
Изверженные		
Базальт	2,98	2200—3500
Гранит	2,65	850—2400
Диабаз	3,00	1700—2600
Доломит	2,55	750—1700
Сиенит	2,71	1400—1900
Осадочные		
Известняк	2,6	180—550
Кварцит	2,7	1200—2000
Песчаник	2,27	400—1500

Размер зерен крупного заполнителя принимается в пределах от 5 до 80 *мм*, но не более $^1/_3$ наименьшего размера конструкции и $^3/_4$ расстояния в свету между стержнями арматуры.

Для обеспечения постоянства зернового состава крупный заполнитель рекомендуется составлять из нескольких фракций с раздельным дозированием при приготовлении бетона (табл. 8.26).

Таблица 8.26

Состав крупного заполнителя при изготовлении бетона

Наибольший размер зерен, *мм*	Количество фракций	Зерновой состав фракций, *мм*
20	2	5—10 и 10—20
40	3	5—10, 10—20 и 20—40
80	4	5—10, 10—20, 20—40 и 40—80

Зерновой состав каждой фракции или смеси фракций щебня и гравия должен соответствовать данным табл. 8.27.

Таблица 8.27

Остатки крупного заполнителя на ситах при просеивании

Размер отверстий контрольных сит, *мм*	$D_{наим}$	$0{,}5(D_{наим}+D_{наиб})$	$D_{наиб}$	$1{,}25\ D_{наиб}$
Полный остаток на ситах, % по весу	95—100	40—70	0—5	0

§ 5. ПОДБОР СОСТАВА БЕТОНА

Подбор состава бетона сводится к установлению оптимального количественного соотношения между составляющими, при котором бетонная смесь имеет необходимую для укладки подвижность, а бетон — заданную проектом прочность. Подвижность бетонной смеси определяется осадкой стандартного

конуса в сантиметрах или для жестких смесей — с помощью технического вискозиметра. Удобоукладываемость жестких смесей определяется в секундах. Необходимые данные приведены в табл. 8.28.

Таблица 8.28

Пределы подвижности и удобоукладываемости (жесткости) бетонной смеси

Характеристика бетонируемых конструкций	Удобоукладываемость бетона не менее, *сек*	Осадка нормального конуса (не более), *см*			
		Песок средней крупности		Мелкозернистый песок	
		без пластифицирующих добавок	с пластифицирующими добавками	без пластифицирующих добавок	с пластифицирующими добавками
Центрифугируемые элементы и изготовляемые на вибростолах	30—60	0—1	0—1	—	—
Сборные и монолитные бетонные и железобетонные конструкции, сечение арматуры которых не более 1% от площади расчетного сечения	30—20	2—4	1—3	1—3	1—2
Сборные железобетонные конструкции, сечение арматуры которых более 1% от площади расчетного сечения	15—10	4—8	3—6	3—6	2—5
Бетонная смесь для подводного бетонирования	—	16—20	16—20	—	—

Прочность бетона при одних и тех же материалах и одинаковых условиях приготовления, укладки и выдерживания зависит от водоцементного отношения. С увеличением $В/Ц$ ухудшается прочность, водонепроницаемость и морозостойкость бетона. Максимально допустимые значения $В/Ц$ приведены в табл. 8.29.

В расчет состава бетона входит определение следующих параметров: 1) водоцементное отношение; 2) минимально необходимый расход цемента; 3) наивыгоднейшее содержание песка и щебня (гравия) в смеси. Цементы рекомендуется применять с активностью в 1,5—2 раза выше марки бетона.

Последовательность расчета состава бетона показана ниже на примере.

Пример. Необходимо получить бетон прочностью $R_{28}=300$ *кГ/см²*, используя следующие исходные материалы: портландцемент марки $R_ц=500$ с удельным весом $\gamma_ц=3{,}1$ *кг/л* и объемным весом $\gamma_{оц}=1{,}2$ *кг/л;* щебень рядовой с наибольшей крупностью 20 *мм* с удельным весом $\gamma_щ=2{,}65$ *кг/л* и объемным весом $\gamma_{ощ}=1{,}52$ *кг/л*, пустотность щебня $V_щ=0{,}43$; песок с удельным весом $\gamma_п=2{,}6$ *кг/л* и объемным весом $\gamma_{оп}=1{,}4$ *кг/л*. Бетон должен иметь осадку конуса 3—4 *см*.

Прочность бетона определяем по расчетным формулам:

$$\frac{В}{Ц}=\frac{AR_ц}{R_{28}+0{,}5AR_ц} \quad \text{при} \quad \frac{В}{Ц}\geqslant 0{,}4 \tag{8.5}$$

и

$$\frac{В}{Ц}=\frac{A_1R_ц}{R_{28}-0{,}5A_1R_ц} \quad \text{при} \quad \frac{В}{Ц}<0{,}4, \tag{8.6}$$

Значения коэффициентов A и A_1 принимаются по табл. 8.30.

Таблица 8.29

Наибольшие величины В/Ц в зависимости от гидрометеорологических условий района и расположения бетона в сооружении

Зона расположения бетона	Гидрометеорологические условия района	В морской воде		В пресной воде
		Бетонные и малоармированные конструкции	Железобетонные конструкции	Бетонные и железобетонные конструкции
Переменного уровня воды (в том числе заполнение оболочек)	Тяжелые	0,43	0,40	0,45
	Средние	0,50	0,45	0,5
	Легкие	0,55	0,50	0,55
Надводная	Тяжелые	0,55	0,50	0,5
	Средние	0,60	0,55	0,55
	Легкие	0,65	0,55	0,55
Подводная и подземная	Тяжелые	0,55	0,50	0,60
	Средние	0,60	0,53	0,60
	Легкие	0,60	0,55	0,60
Зона заполнения тонкостенных конструкций (кроме оболочек в переменном уровне воды)	Тяжелые	0,65	0,60	0,65—0,70
	Средние	0,70	0,60	0,65—0,70
	Легкие	0,70	0,65	0,65—0,70

Таблица 8.30

Значения коэффициентов A и A_1

Характеристика материалов	A	A_1
Хорошего качества (щебень фракционированный, цемент высокой марки)	0,65	0,43
Рядовые	0,6	0,4
Пониженного качества (гравий, мелкий песок, цемент низкой марки)	0,55	0,37

$$\frac{В}{Ц} = \frac{0,6 \cdot 500}{300 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 500} = \frac{300}{300 + 150} = \frac{300}{450} = 0,66.$$

По табл. 8.31 осадке конуса 4 *см* соответствует расход воды на 1 $м^3$ бетона 195 *л* Расход цемента определяется

$$Ц = \frac{В}{0,66} = \frac{195}{0,66} = 296 \approx 300 \ кг/м^3.$$

Расход щебня на 1 $м^3$ бетона определяется по формуле

$$Щ = \frac{1000\gamma_щ}{1 + \frac{\gamma_щ}{\gamma_{ощ}} V_щ \alpha} \ кг, \qquad (8.7)$$

где α — коэффициент заполнения пустот с учетом некоторой раздвижки зерен, принимаемый по табл. 8.32,

Таблица 8.31

Расход воды на 1 $м^3$ бетонной смеси, *л*

Осадка конуса, *см*	Жесткость, *см*	Наибольшая крупность, *мм*							
		гравия				щебня			
		10	20	40	80	10	20	40	80
0	60—80	155	150	140	—	165	160	150	—
0—1	50—30	165	160	150	—	175	170	160	—
1—2	30—20	185	170	155	140	200	185	170	155
3—5	20—10	195	180	165	150	210	195	180	165
6—8	Менее 10	205	190	175	160	220	205	190	180
9—12	» 10	215	200	185	170	230	215	200	185

Примечания: 1. При применении мелкого песка расход воды увеличивается на 10 *л* на 1 $м^3$ бетона.

2. При применении пуццолановых портландцементов расход воды увеличивается на 15—20 *л*.

3. Приведенные данные справедливы при расходе цемента не выше 400 $кг/м^3$.

Таблица 8.32

Коэффициент раздвижки зерна α (по данным Б. Г. Скрамтаева)

Вид бетонной смеси	Расход цемента, $кг/м^3$	Коэффициент α	
		Щебень	Гравий
Пластичная	250	1,30	1,37
»	300	1,35	1,42
»	350	1,43	1,50
»	400	1,48	1,57
Жесткая	Любой	1,05—1,10	1,05—1,10

Примечание. Жесткие смеси имеют показатель удобообрабатываемости свыше 30 *сек*.

$$Щ = \frac{1000 \cdot 2,65}{1 + \frac{2,65}{1,52} 0,43 \cdot 1,35} = 1312 \text{ кг}.$$

Расход песка на 1 $м^3$ бетона определяется по формуле

$$П = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\gamma_ц} + В + \frac{Щ}{\gamma_щ}\right)\right] \gamma_п \text{ кг}. \qquad (8.8)$$

$$П = \left[1000 - \left(\frac{300}{3,1} + 195 + \frac{1312}{2,65}\right)\right] 2,6 = 552 \text{ кг}.$$

Объемный вес 1 $м^3$ бетона $V_{обет} = Ц + В + Щ + П = 2,36$ $т/м^3$.

Коэффициент выхода бетона определяется по формуле

$$\beta = \frac{1000}{\frac{Ц}{\gamma_{оц}} + \frac{Щ}{\gamma_{ощ}} + \frac{П}{\gamma_{оп}}}. \qquad (8.9)$$

$$\beta = \frac{1000}{\frac{300}{1,2} + \frac{1312}{1,52} + \frac{552}{1,4}} = 0,66.$$

Подбор состава бетона высокой морозостойкости см. в ВСН 118—65 и ВСН 150—68 Минтрансстроя.

§ 6. ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА БЕТОНА

Бетон приготовляется, как правило, на централизованных бетонных заводах вертикального типа с транспортерной подачей инертных материалов и элеваторной или пневматической подачей цемента.

При небольших объемах работ (главным образом для омоноличивания узлов и при значительном удалении от центральных бетонных заводов) бетон приготовляют на месте — в передвижных бетономешалках. Типы передвижных бетономешалок показаны в табл. 8.33.

Таблица 8.33

Технические характеристики передвижных бетономешалок

Показатель	Марка бетономешалки					
	336А*	С-159	С-199	С-399	С-227Б	С-187
Полезная емкость барабана, *л*	425	425	250	250	100	100
Скорость вращения барабана, *об/мин*	18,2	18	16	24	24	18
Производительность, $м^3/ч$	8,5	8,2	6	6	2,2	2,2
Мощность электродвигателя, *квт*	0,6; 2,8; 4,5	5,8	3,8	1; 2,8	3**	1
Габариты, *м*						
длина	2,47	3,83	2,62	1,95	2,45	1,96
ширина	2,47	2,10	2,80	1,68	1,13	1,54
высота	3,32	3,02	2,88	1,35	1,59	1,60
Вес, *т*	2,44	2,53	1,65	1,14	0,48	0,40

* На пневмоколесном ходу.
** Бензиновый двигатель.

Для перемешивания жестких смесей (осадка конуса менее 1 *см*, удобоукладываемость более 30 *сек*) рекомендуется применять бетономешалки принудительного действия (табл. 8.34).

Таблица 8.34

Технические характеристики стационарных бетономешалок с принудительным перемешиванием

Показатель	Марка		
	С-356	С-355	С-371
Полезная емкость чаши, *л*	1000	500	250
Скорость вращения смесительной чаши, *об/мин*	6,73	6,73	7,6
Диаметр чаши в свету, *мм*	2188	2200	1370
Производительность, $м^3/ч$	15	7,5	3,8
Мощность электродвигателя, *квт*	14	10	4,7
Габариты, *м*			
длина	3,17	3,35	2,76
ширина	2,36	2,62	2,20
высота	1,54	1,54	3,12
Вес, *т*	4,46	4,12	2,0

Примечание. Бетономешалка С-371 имеет ковш для загрузки.

Дозировка составляющих материалов применяется только весовая (кроме воды) с точностью для цемента, воды и добавок ±2% и песка и щебня ±3%.

В процессе изготовления учитывают и систематически проверяют количество влаги, содержащейся в песке и щебне, чтобы *В/Ц* было не больше заданного.

Осадку конуса (пластичность) проверяют после изготовления и перед укладкой бетона в дело не менее двух раз в смену. Она должна соответствовать заданной.

При перемешивании в барабан бетономешалки заливают вначале 20% воды, а потом вместе с заливкой остальной воды загружают одновременно цемент, песок и крупный заполнитель. Наименьшую продолжительность перемешивания составляющих бетонной смеси в бетономешалках, считая с момента загрузки всех материалов в барабан до начала выгрузки смеси из него, можно принимать по табл. 8.35.

Таблица 8.35

Наименьшая продолжительность перемешивания бетонной смеси, *сек*

Объем готового замеса смесителя, *л*	Бетономешалки со свободным падением смеси с осадкой конуса, *см*		Бетономешалки с принудительным перемешиванием смеси
	2—6	более 6	
До 500	75	60	60
Более 500	120	90	60

Примечание. При приготовлении бетона с осадкой конуса менее 2 *см* в бетономешалках со свободным падением время перемешивания должно увеличиваться до получения однородной смеси, но не менее чем на 30%.

Бетонную смесь от места изготовления к месту укладки перемещают обычно в кузовах автосамосвалов или думперов, а также в бадьях с установкой их на вагонетки, площадочные автомашины, катера и т. п. На полигонах наиболее выгодно загружать бетон из бетономешалок в бункера бетоноукладчиков непосредственно или с помощью транспортеров.

При транспортировании бетонной смеси нельзя допускать расслаивания бетона, вытекания раствора и уменьшения подвижности (осадки конуса) более чем на 20%, необходимо доставлять бетон не более чем с одной перегрузкой, время транспортировки не должно превышать 20—30 *мин*.

При применении транспортеров угол наклона ленты не должен превышать величин, указанных в табл. 8.36, а скорость ленты 1 *м/сек*.

Таблица 8.36

Наибольший угол наклона ленты транспортера при подаче бетонной смеси, °

Осадка конуса, *см*	Угол наклона ленты	
	при подъеме бетонной смеси	при спуске бетонной смеси
До 4	18	12
4—6	15	10

Транспортеры оборудуются скребками для очистки и направляющими двусторонними козырьками на концах (типа бункера) для предупреждения расслаивания бетонной смеси.

Из самосвалов и думперов бетонную смесь выгружают в бадью, которая с помощью крана доставляется к месту укладки и разгружается. Данные по некоторым типам бадей приведены в табл. 8.37.

Спуск бетонной смеси производится: до 2 *м* — свободным сбрасыванием, от 2 до 10 *м* — по звеньевым круглым хоботам, свыше 10 *м* — по звеньевым хоботам, снабженным промежуточными и нижними гасителями скорости падающего бетона (в виде лопастей).

Хоботы можно устанавливать с уклоном до 4:1, но два нижних звена должны быть вертикальными.

Таблица 8.37

Технические характеристики бадьи для транспортировки бетонной смеси

Показатели	Открывающиеся бадьи		Бадьи со шторно-роликовыми затворами	
			Т-130	Т-103
Полезная емкость, $м^3$	0,35	0,75	1,6	3,0
Ширина, *м*	0,92	1,08	1,4	3,22
Высота без подвески, *м*	0,75	0,94	2,2	2;31
То же, с подвеской, *м*	1,57	1,57	4,27	3,54
Привод открывания	Ручной		Ручной и пневматический	
Вес порожней бадьи, *т*	0,15	0,12	1,0	1,7
То же, с бетоном, *т*	1,0	2,1	5,0	9,2

§ 7. УКЛАДКА БЕТОНА

Непосредственно перед бетонированием опалубку (формы) и арматуру очищают от мусора, грязи и ржавчины, поверхность деревянной опалубки увлажняют, а стальной — покрывают смазкой, препятствующей схватыванию бетона со сталью (кузбасслаком, отработанным минеральным маслом и т. п.). Рекомендуется покрывать поверхность опалубки водопоглощающим слоем из картона. Бетон укладывают с температурой не ниже +5°С. Преднапряженные конструкции бетонируются не позже чем через 12 *ч* после натяжения арматуры.

При однослойном бетонировании необходимо следить за тем, чтобы время от выдачи бетона из бетономешалки до конца укладки не превышало времени схватывания цемента.

При бетонировании в несколько слоев по высоте интенсивность повышения уровня бетона H определяется по формуле

$$H = \frac{1,25a}{T-K} \ м/ч, \qquad (8.10)$$

где a — толщина укладываемого слоя, *м;*
T — срок начала схватывания применяемого цемента;
K — продолжительность транспортировки бетона, *ч.*

Толщина укладываемого слоя бетона не должна превышать при внутреннем вибрировании 1,25 длины рабочей части вибратора; при поверхностном вибрировании неармированных и слабоармированных конструкций — 25 *см*, сильноармированных — 12 *см.*

Шаг перестановки внутренних вибраторов не должен превышать полуторного радиуса их действия, а шаг поверхностных вибраторов должен обеспечивать перекрытие на 10—20 *см* провибрированного участка.

Вибрирование продолжается до прекращения оседания бетонной смеси и появления цементного раствора на ее поверхности. Продолжительность вибрирования для каждого состава бетонной смеси устанавливается построечной лабораторией. При вибрировании нельзя допускать соприкосновения вибратора с арматурой, особенно преднапряженной.

Наружное вибрирование с двух сторон при помощи тисковых вибраторов рекомендуется при бетонировании густоармированных конструкций толщиной до 0,5 *м* в случаях, когда внутренние вибраторы не могут быть применены, для элементов толщиной до 0,2 *м* допускается одностороннее вибрирование. Основные типы применяемых вибраторов приведены в табл. 8.38.

Бетонирование свай, шпунтин, ригелей, стоек и других длинномерных элементов ведут без перерыва косыми слоями, укладываемыми на полное сечение элемента с вибрированием глубинными или наружными вибраторами.

Таблица 8.38

Технические характеристики вибраторов для укладки бетона

Показатели	Глубинные				Поверхностные				Наружные (тисковые)			
	С-825	С-826	С-800	С-801	И-117 (С-414)	И-7 (С-413)	И-87	С-357	С-482	С-483	С-484	С-485
Возмущающая сила, *кг*	500	800	400	700	570	400	240	400	400,240	630,400	0—1250	0—2000
Частота колебаний в 1 *мин*	5800	5800	10000	12500	2800	2850	2840	2850	2800	2800	2800	2800
Мощность, *квт*	0,6	1,1	1,2	1,2	0,8	0,4	0,45	0,4	0,4	0,6	1,0	1,4
Напряжение, *в*	36	36	36	36	36	36	36	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
Габариты рабочей части, *мм*:												
длина	420	430	440	470	1000	900	332	340	—	—	—	—
ширина	—	—	—	—	500	400	200	260	—	—	—	—
диаметр	114	133	76	76	—	—	—	—	—	—	—	—
Вес, *кг*	21	29	44	46	49	44	30,5	23	39	42	92	130

Примечания: 1. Радиус действия вибратора в зависимости от подвижности бетонной смеси и размера заполнителя устанавливается построечной лабораторией. 2. Вибраторы С-800 и С-801 имеют гибкий вал диаметром 15 *мм* длиной 3,4 *м*. 3. Вибраторы С-413 и С-414 имеют площадку 830×430 *мм*.

При вынужденных перерывах в укладке бетона, длительность которых устанавливается построечной лабораторией, возобновление бетонирования разрешается после достижения бетоном кубиковой прочности не менее 15 *кГ/см²*. Прочность бетона к моменту возобновления бетонирования устанавливается также построечной лабораторией.

Перед возобновлением бетонирования после перерыва поверхность рабочего шва и поверхность старого бетона тщательно очищают от грязи и цементной пленки, промывают струей воды под напором и высушивают продувкой воздуха.

Примерные сроки достижения бетоном необходимой прочности приведены в табл. 8.39.

Таблица 8,39

Сроки достижения бетоном прочности 15 *кГ/см²*

Вид и марка цемента	Время в часах при наружной температуре, °С			
	5	10	15	более 15
Портландцемент марки 400 и выше . .	60	48	36	24
Портландцемент марки ниже 400, шлакопортландцемент и пуццолановый портландцемент	90	72	48	36

При возведении массивных конструкций, в том числе обыкновенных массивов, в бетон можно укладывать камень («изюм») при выполнении условий, указанных в § 12. Об укладке подводного бетона см. главу V.

§ 8. УХОД ЗА БЕТОНОМ

Уложенный бетон монолитных конструкций (массивов) должен твердеть в тепло-влажном состоянии. Нельзя допускать воздействия высоких температур, вызывающих образование трещин.

Бетон укрывают от солнечных лучей брезентом, рубероидом, дощатыми щитами и т. д.. Укрытый бетон и опалубку поливают водой в сроки, указанные в табл. 8.40.

Таблица 8.40

Сроки поливки водой уложенного бетона в период твердения

Вид цемента	Количество дней поливки	Среднесуточная температура	
		5—15°С	Свыше+15°С
Портландцемент	7	Начало поливки через 10—12 *ч* после укладки Постоянное поддержание бетона и опалубки во влажном состоянии	Начало поливки через 2—3 *ч* после укладки В первые 3 суток через 3 *ч* днем и 1 раз ночью, в последующие 3 раза в сутки
Пуццолановый, шлакопортландцемент и пластифицированный портландцемент	14	То же	То же

Примечания. 1. При засыпке бетона поверх укрытий опилками, песком и т. п. время между поливками увеличивается в 1,5 раза.

2. При среднесуточной температуре менее+5° бетон не поливают.

Свежий бетон следует предохранять от размыва текучими водами (в котлованах) при обычных цементах не менее 14 суток и глиноземистых — 3 суток.

Распалубка бетона допускается при следующих условиях: боковые элементы снимают по достижении бетоном прочности не менее 25 *кГ/см*²; несущие и сборные элементы — при прочности бетона 0,7 R_{28}, если в проекте нет других указаний.

Прочность бетона, твердеющего без пропаривания, можно ориентировочно принимать по данным табл. 8.41.

Таблица 8.41

Прочность бетона в зависимости от температуры и сроков твердения

Вид цемента	Срок твердения, сутки	Прочность бетона %, от R_{28}, при температуре твердения, °С							
		1	5	10	15	20	25	30	35
Портландцемент	2	—	—	—	25	30	35	40	45
	3	10	15	25	33	39	45	50	55
	5	20	28	38	50	55	60	65	70
	7	30	39	48	60	68	75	80	85
	10	39	49	60	72	80	85	89	94
	15	50	60	70	82	90	95	97	100
	28	65	80	90	100	105	110	—	—
Пуццолановый портландцемент	2	—	—	—	15	18	24	30	35
	3	6	8	13	21	25	32	42	50
	5	10	16	22	32	37	42	55	60
	7	16	24	30	42	46	54	67	80
	10	25	34	42	53	62	70	82	90
	15	36	45	55	70	78	85	92	100
	28	55	70	85	100	105	100	115	—

Сборные бетонные и железобетонные элементы после бетонирования (формования) подвергаются пропариванию в камерах ямного типа со съемными крышками (агрегатный способ) или на месте изготовления под колпаками и крышками (стендовый способ).

Тепловлажностная обработка осуществляется паром с давлением 0,5 *ати*, подаваемым непосредственно в камеру; при большем давлении пар предварительно пропускают через воду. Температура пропаривания не должна превышать 70°. Рекомендуемый режим пропаривания приведен в табл. 8.42.

Таблица 8.42

Режим пропаривания

Порядок пропаривания	Температура, °С	Продолжительность
Выдержка забетонированного изделия на воздухе	5 и выше	1—2 *ч*
То же, при применении воздухововлекающих и пластифицирующих добавок	5 и выше	Не менее 4 *ч*
Прогрев в камере:		
с подъемом температуры	10 в час	До 50°
без подъема	50	2 *ч*
с подъемом	10 в час	До 70°
без подъема	+70	2—3 *ч*
Охлаждение до температуры выше наружного воздуха на 20°	12 в час	3—4 *ч*

Таблица 8.43

Расход пара и использование камер

Тип камеры	Температура, °С	Расход пара на 1 $м^3$ изделия, кг	Коэффициент использования объема камеры
На стенде под колпаками и крышками	60—80	900	0,1
Камеры ямного типа с крышками . .	80—90	300—500	0,1—0,3

Окончательный режим пропаривания устанавливается лабораторией таким образом, чтобы прочность бетона к концу пропаривания была не менее 70% от проектной марки.

Ориентировочные данные по расходу пара и использованию камер приведены в табл. 8.43.

После пропаривания изделие выдерживают на воздухе при температуре не ниже +10° до приобретения марочной прочности и сверх того — еще 15 суток с укрытием и увлажнением. Если температура падает ниже +10° (но не ниже +2°), то время выдержки увеличивается до 150 градусо-суток. Сроки выдержки непропаренных изделий такие же, как для массивов (см. § 11 настоящей главы).

§ 9. ОСОБЕННОСТИ БЕТОНИРОВАНИЯ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

Условия зимнего бетонирования наступают при среднесуточной температуре воздуха ниже +5° и минимальной суточной температуре ниже 0°.

Бетон приготовляют с подогревом воды и заполнителей в соответствии с данными табл. 8.44.

Таблица 8.44

Наибольшая допустимая температура бетона и заполнителей, °С

Вид цемента	Бетон	Вода	Заполнители
Портландцемент марки 300 и шлакопортландцемент марок 300 и 400	45	90	60
Портландцемент марки 400 и пуццолановый марки 300	40	80	50
Портландцемент марки 500 и пуццолановый портландцемент марки 400	35	60	40

Примечание. Продолжительность перемешивания увеличивается на 25% по сравнению с летним временем.

При изготовлении сборных конструкций на открытых стендах бетон укладывают с предварительным подогревом форм и арматуры паром до положительной температуры. К началу укладки он должен иметь температуру не менее +5°. Укладывать бетон следует настолько быстро, чтобы он до начала прогрева не замерзал.

Бетонирование монолитных конструкций производится главным образом по способу «термоса», т. е. в утепленной опалубке с использованием экзотермии (выделение тепла) цемента при схватывании, определяемой по табл. 8.45.

Бетон к началу замораживания должен иметь прочность не ниже 70% марочной, если в проекте нет других указаний.

Таблица 8.45

Тепловыделение цементов *Э*, *ккал*

Вид цемента	Марка	Тепловыделение при твердении, сутки			Примечание
		3	7	28	
Портландцемент	600 500 400	72 60 48	90 75 60	120 100 800	Промежуточные значения определяются по интерполяции
Шлакопортландцемент	400 300	40 30	50 40	70 50	
Пуццолановый портландцемент . .	400 300	35 25	40 35	60 45	

Ориентировочные сроки охлаждения бетона до 0° могут быть определены по формуле Б. Г. Скрамтаева

$$X = \frac{600t_б + ЦЭ}{\frac{F}{V}(t_{ср} - t_н)} \frac{R_{общ}}{a}, \qquad (8.11)$$

где X — время охлаждения бетона до 0°, *ч*;
$t_б$ — температура уложенного бетона, *град*;
$Э$ — экзотермия цемента по табл. 8.45;
F — поверхность охлаждения бетона, *м*²;
V — объем бетона, *м*³;
$t_н$ — средняя наружная температура воздуха за время твердения;
$R_{общ}$ — общетермическое сопротивление опалубки и теплоизоляции, принимаемое по табл. 8.46;
$Ц$ — расход цемента на 1 *м*³ бетона, *кг*;
a — поправочный коэффициент, зависящий от силы ветра, принимаемый по табл. 8.46;
$t_{ср}$ — средняя температура бетона за время остывания, принимаемая по табл. 8.47 в зависимости от $\frac{F}{V}$.

Таблица 8.46

Значения общетермического сопротивления опалубки и изоляции $R_{общ}$ и поправочного коэффициента *a* для различных случаев

Вид теплоизоляции поверх опалубки	$R_{общ}$ при толщине досок опалубки, *мм*			*a* при скорости ветра, *м/сек*		
	25	38	50	до 3	4—5	6—8
Слой толя	0,23	0,31	0,39	1,15	1,25	1,4
Слой шевелина, 1,2 *см* . . .	0,52	0,6	0,68	1,15	1,25	1,4
Два слоя войлока+слой толя	0,73	0,81	0,89	1,25	1,50	1,75
Вторая обшивка с засыпкой сухими опилками 10 *см* и обшивкой снаружи толем	1,61	1,69	1,77	1,15	1,25	1,35
То же, с засыпкой 15 *см* .	2,23	2,31	2,39	1,15	1,25	1,35
» » 10 *см* сухого котельного шлака	0,85	0,93	1,01	1,25	1,45	1,65
То же, с засыпкой 15 *см*	1,07	1,15	1,23	1,25	1,45	1,16

Таблица 8.47

Определение средней температуры бетона за время остывания

$\frac{F}{V}$	До 3	До 8	До 12
$t_{ср}$	$\frac{t_б + 5}{2}$	$\frac{t_б}{2}$	$\frac{t_б}{3}$

Переводя значение X в сутки, по табл. 8.41 определяют достаточность прочности бетона (не менее 70% R_{28}).

Для определения фактической температуры бетонного массива в него на разных глубинах (у поверхности, на $^1/_4$ и $^1/_2$ толщины) заделывают трубки, в которых ежедневно измеряют температуру термометром и ведут график, на основании которого определяется фактическая средняя температура бетона.

В целях предотвращения трещин на поверхности бетона опалубку можно снимать при перепаде температур поверхностного слоя бетона и наружного воздуха не более 20° при $\frac{F}{V} < 5$ и не более 30° при $\frac{F}{V} > 5$. В противном случае поверхность распалубленного бетона временно укрывают брезентом, мешковиной и т. п.

Применение химических ускорителей (хлористого кальция, хлористого натрия и т. п.) для твердения гидротехнического бетона запрещается.

§ 10. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ДОПУСКИ

Испытание бетона на сжатие производится на кубиковых образцах, а испытание на растяжение при изгибе и осевое растяжение — на балочках. Размеры образцов и переводные коэффициенты для результатов испытаний приведены в табл. 8.48.

Таблица 8.48

Переводные коэффициенты при испытании бетонных образцов

Испытание на сжатие		Испытание на растяжение при изгибе		
Размеры ребер кубов, *мм*	Переводной коэффициент	Сечение, *мм*	Длина, *мм*	Переводной коэффициент
70	0,75	100×100	400	1,10
100	0,85	150×150	550	1,00
150	0,90			
200	1,00	200×200	800	0,95
300	1,10			

Примечание. Для перехода от предела прочности бетона на растяжение при изгибе к осевому растяжению результаты испытаний умножают на коэффициент 0,5.

Испытания производят по ГОСТ 10180—67.

Образцы отбирают сериями по 3 штуки в серии от одной марки бетона одинакового состава, т. е. с одним сортом и маркой цемента, одной крупностью и фракцией песка и щебня (гравия) и одинаковым $В/Ц$.

Для испытания на прочность и морозостойкость отбирают образцы кубической формы, для испытания на водонепроницаемость — цилиндрической.

При испытании на прочность для сборных элементов изготавливают по две серии образцов:

при изготовлении малогабаритных элементов весом до 5 *т* — от каждых 5 элементов;

при изготовлении элементов весом 5—15 *т* — от каждых 3 элементов;

при изготовлении изделий весом 15—25 *т* — от каждого элемента;

при изготовлении крупноразмерных элементов — от каждых 15—20 $м^3$ уложенного бетона;

на каждое звено центрифугированных оболочек.

Для монолитного бетона изготовляют по одной серии образцов на каждый блок, но не более 250 $м^3$ бетона.

Испытание на морозостойкость и водонепроницаемость проводятся по ГОСТ 4800—59 при подборе состава бетона и один раз для каждого сооружения из производственного состава бетона в начале производства работ.

Допуски в отклонении от проектных размеров приводятся в проектах сооружений. При отсутствии этих данных, в проекте их можно принимать для сборных элементов по табл. 8.49, для сваи и шпунтов — по табл. 8.50.

Таблица 8.49

Допуски для сборных железобетонных элементов

Наименование отклонений	Величина допуска, *мм*
Отклонения в размерах по длине элементов:	
при длине до 3 *м*	±10
» 6 *м*	±15
свыше 6 *м*	±20
Отклонения в размерах по ширине элемента:	
при ширине до 1 *м*	±10
» 3 *м*	±15
свыше 3 *м*	±20
Отклонения в размерах по толщине (высоте) элементов:	
при толщине до 20 *см*	± 5
» 60 *см*	± 8
свыше 60 *см*	±10
Разность размеров диагоналей при площади измеряемой грани:	
до 3 $м^2$	10
» 18 $м^2$	20
свыше 18 $м^2$	30
Максимально допустимая стрелка кривизны (выпуклости или вогнутости) граней, приходящаяся на 1 *м* длины или ширины сборного элемента:	
для граней, сопрягающих с другими элементами	5
» свободных граней	10
Отклонения в размерах расстояний между подъемными скобами (петлями) при расстоянии между ними, *м*:	
до 3 *м*	+30
более 3 *м*	±50

Наклон верхней плоскости сваи к плоскости, перпендикулярной ее оси — 1%. Раковины допускаются не более 0,5% площади каждой грани глубиной менее 5 *мм*. Перед погружением раковины торкретируют раствором бетона того же состава, что был применен при изготовлении сваи.

Таблица 8.50

Допустимые отклонения при изготовлении железобетонных свай и шпунта

Наименование отклонений	Величина допуска, *мм*
Длина свай:	
до 10 *м*	±30
свыше 10 *м*	±50
Размеры поперечного сечения квадратных свай	+5 −0
Длина острия	±30
Смещение острия от центра	10
Кривизна свай (стрелка)	10
Толщина защитного слоя	+5 −0
Наклон верхней торцевой грани к плоскости, перпендикулярной оси сваи	0,01

§ 11. ИЗГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННЫХ И БУТОБЕТОННЫХ МАССИВОВ

Парки массивов

Парк изготовления массивов устраивается по особому проекту, который является составной частью общего проекта организации строительства порта или отдельных сооружений.

Тип парка выбирают в зависимости от потребной производительности и емкости, а также от местных условий — размеров выделенной для него территории, причального фронта, средств подъема и транспортировки массивов и пр.

При больших объемах работ массивовый парк состоит из двух частей: парка для изготовления массивов и парка для хранения массивов.

В стесненных условиях строительства, в частности при реконструкции существующих портов, массивовые парки, с разрешения портового надзора, могут быть размещены у бровки откоса территории и на портовых сооружениях при обеспечении устойчивости откоса или сооружений под нагрузкой массивами. Хранение массивов на оградительных сооружениях допускается только в том случае, если согласно расчету они не могут быть сброшены волной.

При определении размеров массивового парка необходимо учитывать следующие требования в отношении продолжительности выдерживания массивов:

освобождение массивов от опалубки допускается по указанию построечной лаборатории после достижения бетоном прочности не менее 50 *кГ/см*^{2};

поднимать и перемещать массивы можно по достижении бетоном не менее 70% проектной прочности;

укладку массивов, твердеющих без тепловлажностной обработки, в сооружения можно производить по достижении бетоном проектной прочности, но не ранее возраста 28 суток, при условии выдерживания массивов при положительной температуре. Массивы подводной зоны при солености воды более 20 *г/л* и массивы зоны переменного уровня в тяжелых климатических условиях должны быть выдержаны не менее 45 суток, а при соответствующем обосновании в проекте — 60 и более суток. При твердении массивов всех зон с тепловлажностной обработкой срок выдерживания на воздухе после приобретения марочной прочности должен быть не менее 15 суток при положительной температуре не ниже +10°С с укрытием и увлажнением. В случае если массивы выдерживаются при температуре ниже +10°, но не ниже +2°, допускается выдержка в течение эквивалентной продолжительности, подсчитанной по градусо-суткам (150 градусо-суток). Сутки с температурой воздуха ниже +2° при подсчете срока выдержки в расчет не принимаются.

Расчетная суточная производительность парка изготовления массивов определяется для периода наиболее интенсивной его работы по формуле

$$N = N_1 \cdot \frac{a}{b}, \tag{8.12}$$

где N_1 — число массивов, подлежащих укладке в сооружение за сутки расчетного периода;

a — число рабочих дней в море за расчетный период;

b — число рабочих дней в парке за тот же период.

Отношение $\frac{a}{b}$ обосновывается данными многолетних метеорологических наблюдений с учетом долгосрочного прогноза по расчетному периоду.

Массивы, как правило, изготовляют в один ряд по высоте. При недостаточной площади территории для массивового парка в отдельных случаях может быть допущено изготовление массивов в два и более рядов по высоте.

Потребная площадь парка при изготовлении массивов в один ряд по высоте определяется по формуле

$$F = N(t_1 + t_2) fk, \tag{8.13}$$

где N — число массивов, изготовляемых за сутки в парке в расчетный период;

t_1 — число суток, в течение которых массив находится в парке после изготовления;

t_2 — число суток для уборки изготовленного массива, очистки места, сборки формы и бетонирования последующего массива;

f — площадь основания формы, $м^2$;

k — коэффициент, учитывающий отношение площади парка, необходимой для изготовления одного массива, к площади основания формы последнего.

Для ориентировочных подсчетов может быть принято:

$$t_1 = 6 \div 8 \text{ суток}; \quad t_2 = 2 \text{ суток}; \quad k = 1{,}5 \div 2{,}0.$$

Расстояние между рядами массивов определяется исходя из следующих данных:

если между смежными продольными или поперечными рядами массивов не предусматривается устройство путей, то расстояние в свету между рядами должно быть не менее 0,5—0,6 *м*;

расстояние между смежными продольными рядами массивов в парке, обслуживаемом однорядным травеллером, принимается равным 1,0—1,2 *м*;

в общем случае расстояние между рядами массивов определяется в соответствии с габаритами приближения строений к путям тех транспортных средств, которые пропускаются между рассматриваемыми рядами массивов.

Потребная площадь парка хранения массивов определяется по формулам:

при хранении в один ряд по высоте

$$F'_x = 1{,}73(Nm + P) f_1; \tag{8.14}$$

при хранении в два ряда по высоте

$$F''_x = 0{,}75(Nm + P) f_1, \tag{8.15}$$

где m — необходимая продолжительность выдерживания массивов в парке хранения, сутки;

P — необходимый резерв массивов в парке хранения, шт.;

f_1 — площадь основания массива, $м^2$.

Особенности производства бетонных работ при изготовлении массивов

Массивы изготовляют на бетонных площадках со строго горизонтальной, гладкой и плотной поверхностью, приподнятой на 5—10 *см* над территорией парка. Жесткость площадок должна быть такой, чтобы на них было возможно мно-

гократное изготовление массивов без повреждений (прогибов) площадок.

Опалубкой при изготовлении массивов служат инвентарные сборно-разборные стальные формы, представляющие собой ящики без дна и крышки, как показано на рис. 8.6.

Массивы, применяемые трестом «Балтморгидрострой», изготовляют в инвентарной опалубке, к щитам которой крепят закладные детали для образования пазов.

Собранную на площадке перед бетонированием форму проверяют при помощи отвеса и шнуров, натягиваемых по ее диагоналям, которые должны быть равны. Устанавливают опалубку ключевых отверстий и раскрепляют парными брусками по верху формы и под ящиком для уширения отверстия. Поверх пос-

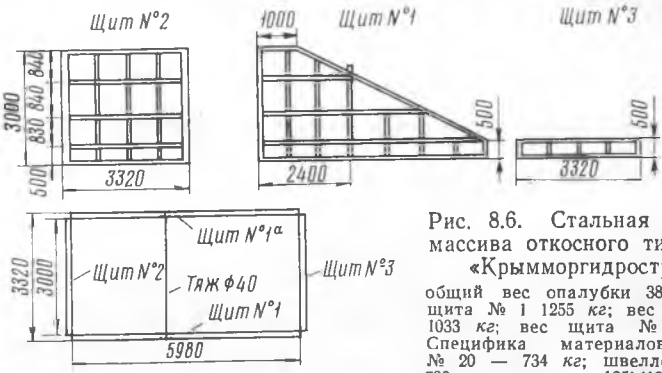


Рис. 8.6. Стальная опалубка массива откосного типа (трест «Крымморгидрострой»):

общий вес опалубки 3841 *кг*; вес щита № 1 1255 *кг*; вес щита № 2 1033 *кг*; вес щита № 3 203 *кг*. Специфика материалов: двутавр № 20 — 734 *кг*; швеллер № 16 — 708 *кг*; уголки 125×10 — 96 *кг*; уголки 63 × 6 — 136 *кг*; лист δ = 12 *мм* — 26 *кг*; лист δ = 8 *мм* — 2145 *кг*; Ø 40 *мм* — 68 *кг*

леднего укладывают рубки рельсов типа IIIа. Щели и неплотности конопатят. Форму тщательно очищают и промывают. Ее внутреннюю поверхность, поверхность опалубки ключевых отверстий и верх площадки смазывают густым известковым раствором или отработанным машинным маслом (автолом) для облегчения распалубки изготовленного массива.

При транспортировании бетонной смеси не должна быть нарушена ее однородность, а также уменьшена подвижность бетонной смеси, выбранная применительно к данным условиям транспортировки и укладки, более чем на 20%.

Наилучшим способом является транспортирование бетонной смеси в бадьях с открывающимися днищами. Во избежание расслоения высота свободного падения бетонной смеси не должна превышать 1,5 *м*. В этих целях бадьи с бетонной смесью опускают в форму и разгружают на уложенный ранее слой бетона с наименьшей возможной высоты.

Подготовленный к бетонированию массив должен быть забетонирован без перерыва. При вынужденных перерывах бетонирование возобновляют с принятием мер, изложенных в § 7 гл. VIII. Бетонную смесь укладывают горизонтальными слоями постоянной толщины.

Особенно тщательно уплотняют бетонную смесь в углах опалубки, у внешних поверхностей массивов и в первом слое.

Верхнюю грань массива обрабатывают поверхностным вибратором, а затем заглаживают. Применение в этих целях слоя цементного раствора или теста не допускается. Рекомендуется верхний слой массива бетонировать смесью с повышенной жесткостью.

По окончании бетонирования на боковой поверхности каждого массива наносят несмываемой краской номер, тип и дату изготовления.

При изготовлении бутобетонных массивов количество крупных камней в них не должно превышать 25% объема бетона в ключевых массивах и 30% в строповых. На дно формы укладывают слой бетона и уплотняют его вибратором до

толщины 20 *см*. Поверх этого слоя укладывают камни с таким расчетом, чтобы расстояние между ними к свету, а также до опалубки было не меньше 25—30 *см*. Перед укладкой каждый камень должен быть тщательно очищен и промыт струей воды под напором. Запрещается опрыскивание камней цементным молоком. После укладки камней заполняют бетонной смесью промежутки между ними, стенками формы и пробками так, чтобы камни были скрыты в бетоне.

Уложенную бетонную смесь прорабатывают вибраторами. Вслед за этим слой бетона с камнями покрывают слоем бетона толщиной 15—20 *см* и также прорабатывают его вибраторами. Далее чередуют в таком же порядке слои бетона с камнем и слои бетона. Верхний бетонный слой повышенной жесткости толщиной 10—15 *см* уплотняют особо тщательно, применяя дополнительно поверхностный вибратор и заглаживая поверхность бетона под рейку вровень с краями формы. Допуски при изготовлении массивов приведены в табл. 8.51.

Таблица 8.51

Допускаемые отклонения и дефекты при изготовлении массивов

Наименование отклонений и дефектов	Величина допуска, *мм*
Отклонения от проектных размеров массивов:	
для правильной кладки	10*
» наброски	50
Отклонения в расположении пазов и гребней	10*
Наибольшая глубина раковин	10
Общая допускаемая площадь раковин, % от площади граней	2%
Отколы на одном ребре для правильной кладки:	
по длине	500
по ширине	50
Отколы углов (измеряемые по ребрам) для сооружений:	
оградительных	100
причальных	150
Отклонения ребер от прямолинейности	10
Отклонения в расстоянии между осями устройств для захватов (пазы, шахты):	
для правильной кладки	15
» наброски	20
Отклонения в поперечных размерах ключевых отверстий (шахт)	10

Примечания: 1. Величины допускаемых отклонений, отмеченные звездочкой (*), увеличиваются до 15 *мм* для массивов весом более 50 *т*.

2. Количество массивов с отклонениями или дефектами, превышающими допуски, приведенные в табл. 8.51, допускают не более 5% от общего количества массивов в данном сооружении при условии, если эти отклонения не создают опасности для надежности и долговечности сооружения. При этом массивы с отклонениями, превышающими допуски, рекомендуется использовать в менее ответственных местах сооружения (открылки набережных и др.).

§ 12. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НАБЕРЕЖНЫХ ИЗ МАССИВОВ-ГИГАНТОВ С НАДСТРОЙКОЙ

Технология изготовления и напряжения арматурных каркасов элементов массивов и надстройки имеет ряд специфических особенностей, изложенных ниже. Изготовляют железобетонные элементы на полигонах (см. схему на рис. 8.7).

Процесс изготовления железобетонных элементов массивов-гигантов разделяется на следующие операции: а) изготовление сварных сеток и каркасов со

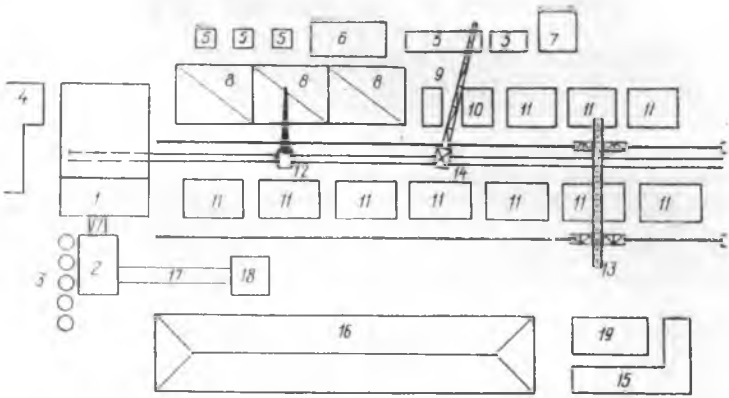


Рис. 8.7. Схема полигона для изготовления железобетонных сборных элементов массивов-гигантов:

1 — бетоносмесительный узел; *2* — установка для сортировки щебня; *3* — склад цемента; *4* — цех заготовки арматуры; *5* — столы-шаблоны для сборки арматурных пространственных каркасов; *6* — склад арматурных каркасов; *7* — склад металлических закладных деталей; *8* — пропарочные камеры и стенд-камеры; *9* — установка для электротермического нагрева стержней; *10* — место для установки арматуры, напрягаемой электротермическим способом; *11* — склады готовой продукции; *12* — железнодорожный кран грузоподъемностью 15 *т*; *13* — козловый кран грузоподъемностью 5 *т*; *14* — башенный кран грузоподъемностью 5 *т*; *15* — склад топлива; *16* — склад заполнителей; *17* — ленточные конвейеры; *18* — приемный бункер; *19* — котельная

сваркой их контактными электросварочными машинами; б) подача и складирование готовых армосеток и каркасов у столов-шаблонов; в) раскладка в специальные гнезда-фиксаторы на столе-шаблоне закладных деталей; г) укладка нижних сварных сеток; д) расстановка каркасов и арматурных «лягушек»; е) укладка верхних сварных сеток и установка подъемных скоб; ж) электросварка (прихватка) закладных деталей и скоб со стержнями арматуры; з) подача готового арматурного каркаса краном в камеру пропаривания и укладка в форму (опалубку); и) бетонирование элемента и термовлажностная обработка в камерах; к) распалубка и выдача элементов на склад готовой продукции.

Армокаркасы изготовляют на столах-шаблонах, которые представляют собой деревянные настилы, уложенные на козлах и рамах. Под закладные детали на настиле устраивают гнезда из полосовой стали. Сборка армокаркасов производится так, чтобы закладные детали находились внизу и укладывались на настил стола. Бетонируют элементы также перевернутыми вниз закладными деталями. Это вызывает необходимость последующего кантования элементов в рабочее положение, но зато гарантирует от перекосов и смещения закладных деталей при бетонировании.

В элементах лицевой (передней) стенки массива-гиганта напряжение арматурных стержней производится электротермическим способом. В этом случае арматурный каркас элемента собирают в форме (опалубке) и усилия натяжения стержней передают на упоры формы.

Требуемое удлинение арматурных стержней для создания предварительного натяжения арматуры определяется по формуле

$$\Delta l = \frac{\sigma_0 l_у}{E_а^н} \text{ см}, \tag{8.16}$$

где $E_а^н$ — нормативный модуль упругости применяемой арматуры, *кГ/см²*;

σ_0 — величина предварительного напряжения арматуры, без учета потерь

за счет деформации формы принимается равной 0,9 $R_н^н$ (см. табл. 8.14);

$l_у$ — расстояние между опорными поверхностями упоров, *см*.

Полная длина заготовленных к натяжению стержней равна

$$l_а = l_у + 2a - \Delta l \ см, \tag{8.17}$$

где a — длина участка одного конца стержня для размещения закрепляющих устройств; принимается в зависимости от типа этих устройств.

Заготовка стержней с устройством анкерных концов ведется в шаблонах, обеспечивающих точность выполнения заданных размеров до ±2 *мм* для стержней длиной до 6 *м* и для стержней большей длины — до ±5 *мм*. Размещение упоров формы должно отличаться от проектного не более чем на ± 2 *мм*.

Требуемая температура нагрева арматурных стержней определяется по формуле

$$t^\circ = \frac{\Delta l}{l_1 \lambda}, \tag{8.18}$$

где Δl — заданная величина удлинения стержня, *мм*;

λ — коэффициент температурного удлинения стали, принимаемый равным 0,000012;

l_1 — длина нагреваемого участка стержня, принимаемая в пределах 0,8—0,9 от полной длины $l_а$ стержня, *мм*.

Для электронагрева каждый стержень подключается к контактным зажимам установки, расстояние между которыми определяется длиной l_1 нагреваемого участка стержня. Плотность тока, проходящего через стержень, не должна превышать 400—450 *а/см²*. Разогрев стержня длится 90—120 *сек*. Максимальная температура стержня не должна превышать 300°, а для упрочненной стали — 250°.

Необходимая мощность трансформаторов P для нагрева определяется по приближенной формуле:

$$P = \frac{Qc\,(t_з - t_0)}{864 K_1 K_2 \tau} \ квт, \tag{8.19}$$

где Q — вес нагреваемого участка стержня, *кг*;

c — коэффициент теплоемкости стали, равный 0,12;

$t_з$ — заданная температура нагрева, *град*;

t_0 — температура окружающей среды при нагреве, *град*;

864 — тепловой эквивалент электрической энергии;

K_1 — коэффициент, учитывающий теплопотери при нагреве, принимается 0,57—0,66;

K_2 — к. п. д. установки, принимается 0,67;

τ — время нагрева, необходимое для получения удлинения стержня, *ч*.

Стержни нагреваются при пропуске через них тока напряжением не свыше 60 *в*. Для этого используются понижающие дуговые сварочные трансформаторы. При недостаточной их мощности применяют последовательное соединение нескольких трансформаторов.

Технологическая схема изготовления ребристых элементов надстройки из предварительно напряженного железобетона состоит из следующих операций: а) заготовка и упрочнение вытяжкой предварительно напрягаемых стержней; б) изготовление сварных сеток и каркасов из ненапрягаемой арматуры на специальных шаблонах в арматурном цехе; в) подача и складирование готовых арматурных сеток, каркасов и стержней у столов-шаблонов; г) раскладка на столе-шаблоне закладных деталей; д) сборка пространственных арматурных каркасов на столе-шаблоне (стержни, подлежащие напряжению, в каркасе находятся в свободном состоянии, т. е. не привариваются к нему); е) электросварка (прихватка) закладных деталей и скоб со стержнями арматуры (ненапрягаемыми); ж) подача готового арматурного каркаса краном в камеру пропаривания и укладка в форму; з) закрепление концов напрягаемых стержней в захватах; и) натяжение стержней до контрольного напряжения; к) бетонирование элемента и тепловлажностная обработка в камерах; л) распалубка элемента, обрезка концов напряженных стержней и выдача элемента на склад готовой продукции.

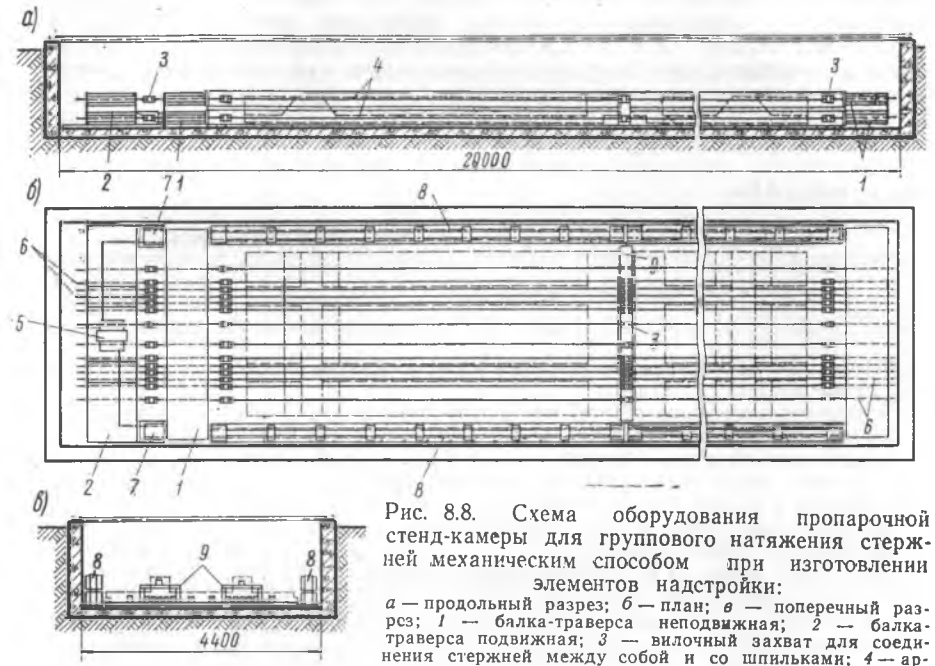


Рис. 8.8. Схема оборудования пропарочной стенд-камеры для группового натяжения стержней механическим способом при изготовлении элементов надстройки:

а — продольный разрез; *б* — план; *в* — поперечный разрез; *1* — балка-траверса неподвижная; *2* — балка-траверса подвижная; *3* — вилочный захват для соединения стержней между собой и со шпильками; *4* — арматурные стержни; *5* — гидронасос; *6* — шпильки; *7* — гидравлические домкраты; *8* — опорные балки; *9* — опорные рамы для верхних стержней

Натяжение арматуры выполняется механическим способом без передачи усилий на форму (опалубку). Допускается натяжение каждого стержня в отдельности или групповое.

На рис. 8.8 приводится принципиальная схема оборудования пропарочной стенд-камеры для группового натяжения стержней механическим способом при изготовлении элементов надстройки длиной 7 *м*. В камере элементы располагаются рядом по длине и натяжение стержней ведется одновременно для двух элементов. Стержни заготавливаются длиной на один элемент (7,5 *м*), вкладываются в арматурный каркас на столе-шаблоне, а в камере (на стенде) соединяются между собой с помощью промежуточных вилочных захватов (рис. 8.8). Для закрепления стержней в захватах на их концах заранее делается высадка на стыкосварочном аппарате. Высаженной головкой стержень (рис. 8.9) упирается в надетую на него шайбу с конической выточкой. Шайба упирается в вилочный захват (рис. 8.8). По торцам камеры устанавливаются неподвижно по две балки — траверсы для закрепления напрягаемых стержней. На одном из концов камеры за указанной парой неподвижных траверс установлена еще одна подвижная траверса с расположенным на ней насосом. Между траверсами устанавливаются

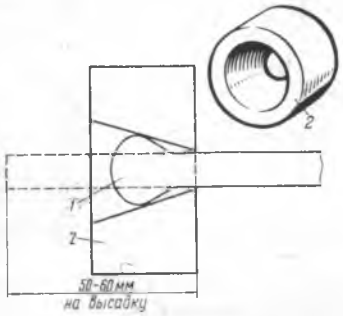


Рис. 8.9. Закрепляющее устройство арматурного стержня:

1 — высаженная головка стержня; *2* — шайба с конической выточкой

гидравлические домкраты. Работая в распор, они создают необходимое напряжение в стержнях, закрепленных через специальные шпильки и захваты к подвижной траверсе. После достижения проектного напряжения в стержнях усилие от натяжения передается через болты и шпильки на неподвижную траверсу.

Рассмотренная технология натяжения позволяет напрягать все стержни одновременно и равномерно.

Допускаемые отклонения от проекта не должны превышать величин, указанных в табл. 8.52.

Таблица 8.52

Допускаемые отклонения при изготовлении элементов

Наименование отклонений	Величина допуска, *мм*
Отклонения в размерах металлоизделий по всем измерениям в установке закладных деталей:	
в плановом положении деталей вдоль шва (стыка)	±10
то же, поперек шва (стыка)	±15
в высотном положении деталей	±10
в наклоне деталей для крепления анкерной тяги	—5; +0
	2°
Отклонение в размерах железобетонных элементов:	
по длине плит днища и элементов надстройки	±20
по длине остальных элементов	±10
по ширине диафрагм и торцовых стенок массива	—5; +0
по ширине остальных элементов	±10
по толщине плиты днища	—0; +10
по толщине остальных элементов	—5

Примечание. Отклонение в расположении арматурных стержней, допуски по сварке и допуски остальных размеров элементов приведены в табл. 8.12, 8.13 и 8.49.

§ 13. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК

Оборудование полигонов

Оболочки изготовляют как на заводах железобетонных конструкций, так и на открытых площадках — полигонах. Вся площадь полигона бетонируется или покрывается сборными железобетонными плитами.

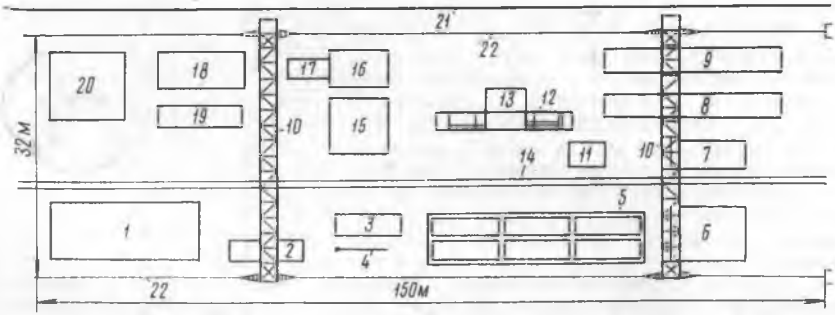


Рис. 8.10. Схема полигона для изготовления оболочек:

1 — арматурный цех; *2* — стенд упрочнения; *3* — станок для изготовления армокаркасов; *4* — консоль; *5* — пропарочные камеры; *6* — площадка снятия форм; *7* — склад готовых звеньев оболочек; *8* — стенд стыкования звеньев оболочек; *9* — склад готовых колонн-оболочек; *10* — козловые краны грузоподъемностью 30 *т*; *11* — площадка выстойки форм; *12* — центрифуга; *13* — машинное помещение центрифуги; *14* — железнодорожный путь; *15* — площадка сборки форм; *16* — стенд натяжения арматуры; *17* — натяжное устройство; *18* — место ремонта форм; *19* — склад фланцев; *20* — бетонный завод; *21* — линия кордона причала; *22* — подкрановые пути

Для погрузки оболочек на суда полигоны имеют причалы с глубиной у кордона примерно 4,5 *м*. Работа на открытых полигонах допускается при температуре воздуха до 0°, при более низких температурах производство следует переводить в отепленные цеха. Схема полигона производительностью 4—5 тыс. $м^3$ оболочек в год приведена на рис. 8.10.

Размеры и веса оболочек, изготовляемых на полигонах, приведены в табл. 8.53.

Таблица 8.53

Характеристика оболочек, изготовляемых на полигонах

Наружный диаметр, *м*	Длина, *м*	Вес *т*, при толщине стенки, *см*		
		10	12	15
1,2	4	3,5	4,1	
	6	5,2	6,1	
	8	6,9	8,1	
1,6	4		5,7	6,9
	6		8,8	10,7
	8		11,9	14,5
2,0	4			8,7
	6			13,0
	8			17,4

Оболочки изготовляют на центрифугах проектировки СКБ Главмостостроя (проект № 660 1961 г.), которые имеют следующие основные характеристики:

Наружный диаметр изготовляемых оболочек, *м*	1,0; 1,2; 1,6; 2,0
Длина форм, *м*	8
Вес форм, *т*	5,2; 6,5; 8,2; 9,3
Скорость вращения наибольшая, *об/мин*	272, 240, 186, 153
Наибольший вес оболочки с формой, *т*	30
Род тока	Постоянный
Электродвигатели, *квт*:	
переменного тока	160
генератор	150
постоянного тока	125
Вес центрифуги, *т*	29,8 (без формы)
Размеры фундамента, *м*:	
длина	10,6
ширина	7,2
Объем бетона фундамента при $\sigma_{доп.\ гр}=2$ $кГ/см^2$, $м^3$	110

Формы для центрифугирования применяются разъемные из двух половин с неразрезными съемными бандажами.

Перед началом эксплуатации формы проверяют и балансируют, чтобы вращение при наибольших оборотах центрифуги было плавным и без ударов. При установке форм на катки центрифуги угол между сторонами, соединяющими оси катков с осью вращения формы, должен находиться в пределах 105—110°.

Формы проверяют после каждого использования. Не допускаются к дальнейшей эксплуатации формы, имеющие нарушения узлов крепления бандажей, неплотность в стыках полуформ, трещины в сварных соединениях и износ бандажей и реборд свыше 5 *мм*. Результаты проверки заносят в журнал.

Количество необходимых форм определяют исходя из оборота одной формы в течение 1,5—2 суток +20% на ремонт.

Полигоны обычно оснащаются двумя козловыми кранами грузоподъемностью не менее 25—30 *т* с высотой подъема крюка 10,5 *м*, что обеспечивает перемещение одиночных форм с оболочками и колонн-оболочек весом до 50 *т*.

Заготовка, монтаж и натяжение арматуры

Оболочки армируют однорядной продольной арматурой периодического профиля класса А-III, А-IIIв и А-IV, $d=16\div25$ *мм* и поперечной спиральной арматурой А-I $d=8\div10$ *мм*. По торцам оболочки устанавливают стальные стыковые фланцы с отверстиями, в которые заводят стержни продольной арматуры и приваривают к стенкам обечайки и косынкам фланца.

Предварительно напряженную арматуру приваривают к стыковым фланцам через утолщение наконечника (рис. 8.11). Наконечники выполняются из стали того же класса, что и продольная арматура.

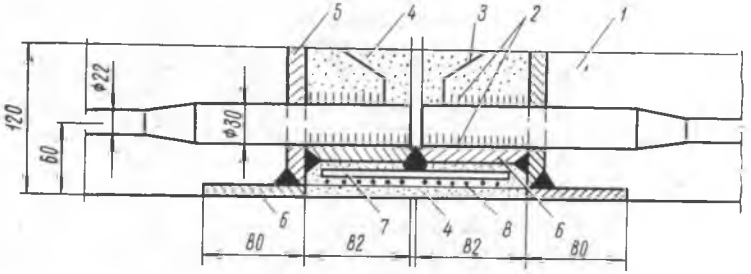


Рис. 8.11. Стык оболочек:

1 — оболочка; *2* — сварной шов; *3* — косынка; *4* — торкрет; *5* — стыковой фланец; *6* — обечайки стыкового фланца; *7* — стержень Ø 12 *мм*; *8* — сетка стальная 12×12 *мм*

Диаметр наконечника определяют из расчета, чтобы напряжение в нем при натяжении не превосходило 55% от предела текучести, обычно $d_{нак}=1{,}3\div1{,}4\ d_{арм}$.

Длина наконечника определяется по формулам:
наконечника со стороны натяжения

$$L_{нак.\,нат}=2d_{нак}+l_з+a+l_ц+l_у+l_с+l_к\ см; \qquad (8.20)$$

наконечника со стороны упора

$$L_{нак.\,уп}=2d_{нак}+l_у+l_с+l_к+a\ см. \qquad (8.21)$$

Обозначения приведены на рис. 8.13.

Размер a принимается ~5 *см*, $l_к=1{,}5\ d_{нак}$.

Обычно $L_{нак.нат}=50\div60$ *см*, $L_{нак.уп}=35\div45$ *см*.

Стыки напрягаемой арматуры между собой и наконечниками выполняются контактной сваркой. Если арматура подвергается предварительному упрочнению вытяжкой, то наконечники привариваются до упрочнения.

Арматурный каркас изготовляется на навивочном станке (рис. 8.12) в следующем порядке.

Барабан при помощи крана надевается на горизонтальную консоль. Устанавливаются с торцов стыковые фланцы и в промежутке между ними — распорные инвентарные кольца, имеющие вырезы для укладки в них продольной арматуры. Затем барабан снимают с консоли и ставят на ролики станка. Уста-

навливают продольную арматуру и закрепляют в стыковых фланцах и инвентарных кольцах. Через шнек пропускается катанка и наматывается в виде спирали на продольную арматуру с перевязкой в шахматном порядке через два пересечения на третьем.

Барабан с арматурным каркасом надевают на консоль, каркас снимают с барабана, укладывают в нижнюю полуформу и накрывают верхней, после чего полуформы сбалчивают и на них надевают бандажи.

Ненапрягаемые арматурные каркасы после приварки арматуры к стыковым фланцам подаются на центрифугу, а напрягаемые — на стенд натяжения.

Для натяжения продольной арматуры (рис. 8.13) на форму с армокаркасом по торцам надевают упорные фланцы, в отверстия которых пропускают арматурные стержни (наконечники), после чего форма опускается бандажами на ролики стенда натяжения и упирается в упор.

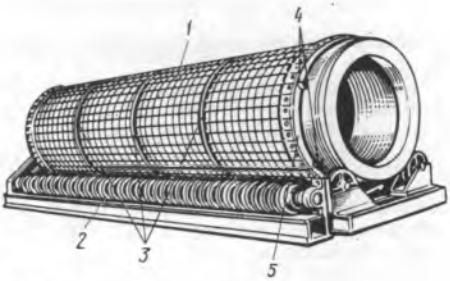


Рис. 8.12. Навивочный станок-кондуктор:

1 — барабан; *2* — шнек, обеспечивающий заданный шаг навивки спиральной арматуры; *3* — распорные инвентарные кольца; *4* — упорные уголки для крепления фланцев; *5* — стыковые фланцы

Натяжение производится в следующем порядке.

Все концы стержней, противоположные натяжению, закрепляют гайками к упорному фланцу. На концы стержней со стороны натяжения также навинчивают две гайки, за которые крепится натяжной захват.

Стержень натягивают, после чего его закрепляют к упорному фланцу цанговым захватом. В зависимости от натяжного устройства все стержни натягиваются или одновременно или поочередно, в последнем случае порядок натяжения устанавливается по взаимно перпендикулярным диаметрам с вращением формы на катках.

После натяжения всех стержней стыковые фланцы подгоняют вплотную к упорным фланцам и приваривают наконечники фланговыми швами к стыковым фланцам (см. рис. 8.11) при пониженной на 10—15% силе тока. Эту работу выполняют дипломированные сварщики.

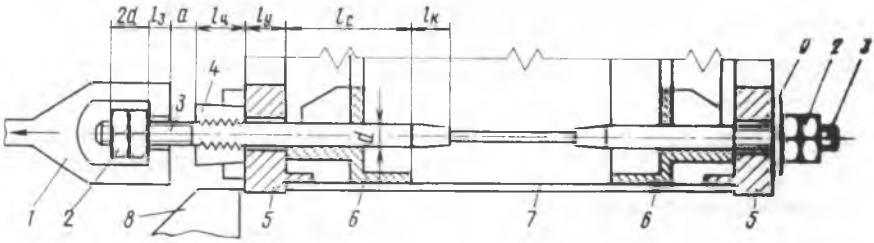


Рис. 8.13. Схема натяжения продольной арматуры:

1 — натяжной захват; *2* — две гайки; *3* — нарезной наконечник; *4* — цанговый захват; *5* — упорный фланец; *6* — стыковой фланец; *7* — форма; *8* — упор; *9* — шайба

Во избежание перегрева стержня сваривают поочередно каждый шов с перерывами для остывания.

Готовый каркас с натянутой арматурой бетонируется не позже чем через 3 ч после натяжения.

Формование оболочек методом центрифугирования

Состав бетона подбирают по правилам § 5 гл. VIII. Рекомендуется назначать осадку бетонной смеси 1—2,5 *см*, расход цемента на 1 $м^3$ бетона — от 300 до 400 *кг* и соотношение веса песка к весу щебня $\frac{П}{Щ} = 0{,}3 \div 0{,}5$. При правильном выборе величины $\frac{П}{Щ}$ толщина раствора на внутренней поверхности оболочки составляет 3—5 *мм* и видны вкрапления щебня. Щебень применяется двух фракций: 5—10 и 10—25 *мм*.

Количество бетонной смеси для загрузки в центрифугу определяется по проектному объему бетона оболочки и коэффициенту выхода бетона с увеличением на 2—4% на шлам, образующийся при центрифугировании.

Бетон укладывается в форму ложечными питателями при скорости вращения формы 40—60 *об/мин* (1-я скорость) в течение 25—30 *мин*. Переход на наибольшую скорость производится в течение 2—3 *мин* и вращение на наибольшей скорости длится не менее 2 *мин*. Общее время центрифугирования не должно быть более 1 *ч*.

Уплотнение бетонной смеси по наружной поверхности оболочки $P_н$ должно быть не менее 0,7—0,8 $кГ/см^2$ и определяется по формуле

$$P_н = \frac{\gamma n^2 \pi}{27 \cdot 10^3 g} \left(R^2 - \frac{r^3}{R} \right), \qquad (8.22)$$

где γ — объемный вес сырого бетона, принимаемый 2,5 $т/м^3$;

n — скорость вращения формы, *об/мин*;

R — наружный радиус оболочки, *м*;

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 $м/сек^2$;

r — внутренний радиус оболочки, *м*.

Необходимо следить за тем, чтобы вращение проходило плавно, без ударов и вибрации. После окончания центрифугирования шлам удаляют, а форму при помощи крана плавно снимают с роликов центрифуги.

После выдержки в течение 1—2 *ч* на воздухе при положительной температуре форму с изделием подвергают термовлажностной обработке в пропарочной камере по режиму, приведенному в табл. 8.42.

Снятие формы и передача напряжения от арматуры на бетон производится при достижении бетоном 80% проектной прочности, путем срезки автогеном концов арматурных стержней с внутренней стороны упорных фланцев.

Таблица 8.54

Допускаемые отклонения в размерах оболочек

Наименование отклонения	Величина допуска	Наименование отклонения	Величина допуска
Длина секции, *мм* . .	±30	Перекос стыкового фланца	0,0025 наружного диаметра оболочки
Наружный диаметр, *мм*	+10 —0	Наружный диаметр фланцев, *мм*	+0 —3
Толщина стенок, *мм* .	+15 —3	Раковины на поверхности бетона:	
Кривизна (стрелка) отдельной секции, *мм* . .	10	глубина, *мм*	до 5
То же, колонны-оболочки в стыках, *мм*	10	площадь	1% от поверхности
Толщина защитного слоя, *мм*	+5 —0		

Примечание. Раковины заделываются с тщательной расчисткой и торкретированием раствором состава, примененного при изготовлении оболочки.

Контроль прочности центрифугированного бетона осуществляется путем умножения кубиковой прочности вибрированного бетона на коэффициент, определяемый путем сравнения прочности вибрированных кубиков с кубиками, вырезанными из центрифугированных колец одинакового состава бетона. Ориентировочно этот коэффициент при марке бетона 400 можно принимать равным 1,2.

Допускаемые отклонения в размерах оболочек диаметром 1,0—2,0 *м* приведены в табл. 8.54.

Стыкование звеньев оболочек

Стыкование двух или трех звеньев оболочек в колонну производится на роликовом стенде (рис. 8.14). Звенья оболочек укладывают краном на ролики, центрируют и стыковые фланцы подгоняют один к другому. С наружной стороны стыка снимают автогеном фаски и стыки прихватывают электросваркой. Затем, поворачивая колонну на роликах, стыки сваривают два сварщика, равномерно накладывая швы с обеих сторон оболочки.

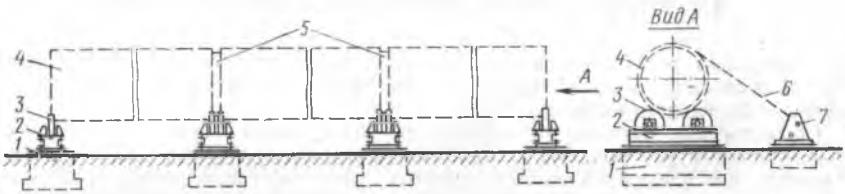


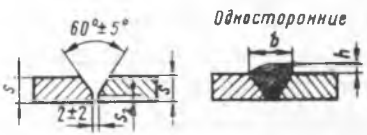
Рис. 8.14. Стенд для стыкования секций оболочки:

1 — фундамент; *2* — рама; *3* — опорные ролики; *4* — стыкуемые секции оболочки; *5* — стыки секций; *6* — трос; *7* — лебедка

Для ручной сварки применяются толстообмазанные электроды для стыковых фланцев из ст. 3 марки Э42П. Допуски в сварке стыка приведены в табл. 8.55.

Таблица 8.55

Допускаемые отклонения при сварке стыка

Схема стыка	Толщина листа S, *мм*	Размеры и допуски, *мм*		
		b	h	S_2
	3—8	$S+11\pm2$	3^{+1}_{-0}	1 ± 1
	9—14	$S+13\pm2$	4^{+1}_{-0}	2^{+1}_{-2}
	15—21	$S+15\pm2$	4^{+1}_{-0}	2^{+1}_{-2}

Для изоляции стыка применяется торкретбетон марок 400—500, которым покрывают стык с обеих сторон (см. рис. 8.11).

Для торкретирования используют быстротвердеющий цемент. Заторкретированные стыки до приобретения торкретом 100%-ной прочности покрывают тканью и поливают водой (тепло-влажный режим), а при отрицательных наружных температурах пропаривают под брезентом.

Для контроля качества торкрета для каждой колонны торкретбетоном набивают рамку высотой 2 *см*. Из полученной плитки вырезают 6 кубиков 2×2×2 *см*, которые испытывают в установленном порядке. Стальные части стыка (обечайки) покрывают кузбасслаком или эпоксидной смолой.

Глава IX. ПРИЧАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ИЗ ПРАВИЛЬНОЙ МАССИВОВОЙ КЛАДКИ

§ 1. КОНСТРУКЦИЯ ПРИЧАЛЬНЫХ НАБЕРЕЖНЫХ

Правильная массивовая кладка в отечественной практике портового строительства выполняется из обыкновенных массивов и из массивов, применяемых трестом «Балтморгидрострой».

Обыкновенные массивы весом от 10 до 100 *т* имеют форму прямоугольного параллелепипеда или близкую к нему (со скошенными гранями или срезанными ребрами). Массивы, применяемые трестом «Балтморгидрострой», отличаются наличием на двух противоположных боковых гранях пазов под полуавтоматические самораскрывающиеся захваты. Союзморниипроектом разработаны типовые проекты (№ 55550) морских причальных набережных из обыкновенных массивов для глубин у кордона от 4,5 до 11,5 *м*, условия применения которых приведены в табл. 9.1.

Стенки набережных выполняются из правильной кладки массивов горизонтальными рядами — курсами с перевязкой швов. Стенка возводится на каменной постели, отсыпанной при нескальных грунтах из рваного, несортированного камня твердых пород, не размокающих в воде, весом от 15 до 100 *кг* в заранее подготовленную прорезь. Количество типов массивов в каждой набережной — от 3 до 5. Конструкция набережной с глубиной у причала 11,5 *м* приведена на рис. 9.1.

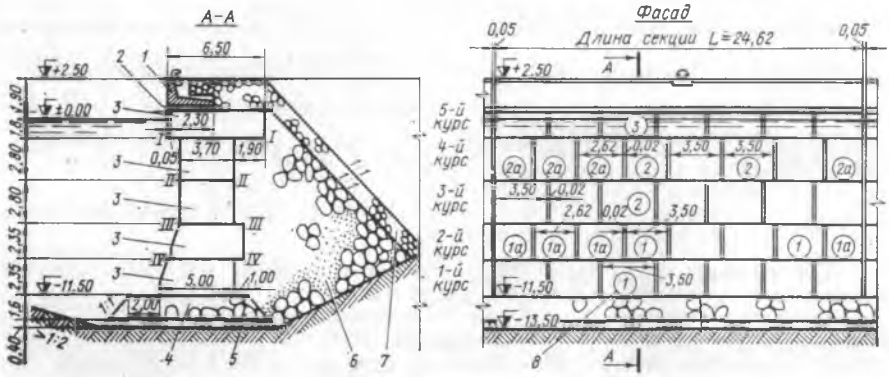


Рис. 9.1. Набережная из обыкновенных массивов:

1 — сборная железобетонная надстройка; *2* — бетонная подготовка; *3* — массивы; *4* — каменная постель; *5* — щебеночная подготовка; *6* — разгрузочная каменная призма; *7* — щебеночный обратный фильтр; *8* — тип массивов (Размеры в *м*)

Таблица 9.1

Условия применения типовых причальных набережных из обыкновенных массивов

Глубины у причалов, *м*	Тип набережной	Эксплуатационная нагрузка	Нагрузка от судов: швартовная, *т*	Нагрузка от судов: ударная при подходе судов к причалу, *т/м*	Грунты основания: φ и *C*	Грунты основания: Допускаемая несущая способность, *кГ/см²*	Грунты засыпки	Каменная разгрузочная призма
4,50	4,50—60	*II категория* (равномерно распределенная интенсивностью 3 *т/м²* на прикордонной полосе и 4 *т/м²* на переходной зоне)	25	30	Плотные: для связных грунтов—φ≥20°; *C*≥1,0*т/м²*; для сыпучих грунтов—φ≥25°*C*=0	2,0	φ≥25°	φ≥45°
6,50	6,50—60 6,50—100		45					
7,25	7,25—60 7,25—100		60	50		2,5		
8,25	8,25—60 8,25—100							
9,75	9,75—100	*I категория* (равномерно распределенная интенсивностью 4 *т/м²* на прикордонной полосе (14 *м*) и 6 *т/м²* на переходной зоне)	75					
11,50	11,50—100							

Примечания: 1. Тип набережной обозначается шифром, в котором первое число — глубина у причала в метрах, второе — предельный вес применяемых массивов в тоннах.

2. Возвышение кордона над отсчетным уровнем воды — 2,50 *м* для всех типов набережных.

3. Данные набережные предусмотрены для применения на защищенных от волнения портовых акваториях.

При привязках проектов к местным грунтам основания строительную высоту каменной постели разрешается изменять в пределах от 1 до 4 *м*. Высота обратного фильтра принимается не менее 0,30 *м*. При наличии в основании сооружения скалы взамен каменной постели укладывается выравнивающий слой из каменной наброски толщиной не менее 0,50 *м*.

На каменной постели монтируют стенку, имеющую по высоте от трех до пяти курсов обыкновенных массивов. Массивы укладывают с перевязкой швов. Ширина зазора между массивами не должна превышать 3 *см*. Стенка по дли-

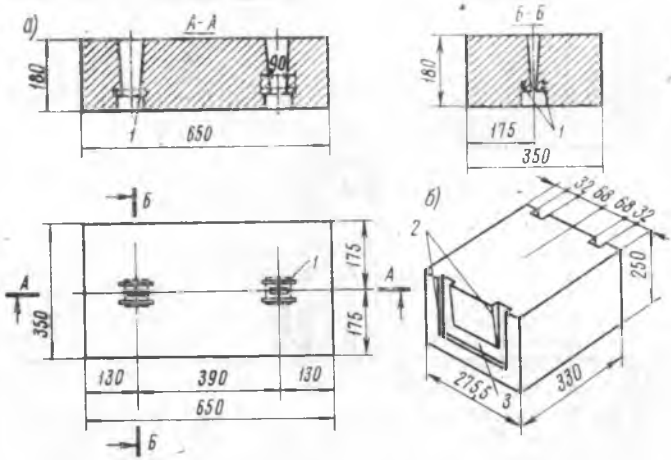


Рис. 9.2. Конструкции массивов:
а — массив типа 3; *1* — рубки PIIIa *l*=90 *см*; *б* — массив Балтморгидростроя; *2* — штрабы для грузового троса; *3* — пазы для балок захватов

не разделяется на секции сквозными вертикальными осадочными швами. Максимальная ширина вертикальных осадочных швов 5 *см*. Длина секций колеблется в проекте от 23,08 до 27,42 *м*.

Верхнее строение набережной представляет собой сборную железобетонную уголковую стенку. На одну секцию приходится два уголковых блока, которые укладываются на бетонную подготовку толщиной 15 *см* по верхнему курсу массивов. Два железобетонных уголковых блока сборной надстройки в пределах секции омоноличиваются тумбовым массивом из монолитного железобетона. В тумбовые массивы заанкериваются швартовные тумбы.

С внутренней стороны массивовой стенки предусмотрена каменная разгрузочная призма из рядового (без сортировки) камня весом 15—100 *кг*, береговой откос которой покрывается слоем обратного щебеночного фильтра. Механический состав и толщину слоя фильтра определяют на основе лабораторных исследований из условия ограничения минимальными сроками послестроительной осадки территории, возникающей из-за проникания грунта засыпки в поры материала фильтра, и указывают в проекте.

Объемы работ на 100 *пог. м* набережных различных типов из массивовой кладки показаны в табл. 9.2.

§ 2. КОНСТРУКЦИЯ МАССИВОВ

Рабочий чертеж массива типа 3 показан на рис. 9.2, *а*. Массивы для правильной кладки весом от 10 до 100 *т* изготовляют с ключевыми отверстиями (шахтами), позволяющими применять при подъемно-транспортных операциях с

Таблица 9.2

Объемы работ на 100 *пог. м* набережных из обыкновенных массивов

Наименование работ	Измеритель	Тип набережной (глубина у причала, *м*, — предельный вес массивов, *т*)								
		11,50—100	9,75—100	8,25—100	8,25—60	7,25—100	7,25—60	6,50—100	6,50—60	4,50—60
Отсыпка щебня слоем толщиной 0,40 *м* в основании постели	$м^3$	464	444	432	432	416	416	404	404	372
Грубое ровнение щебня в основании постели	$м^2$	1120	1070	1040	1040	1000	1000	970	970	890
Отсыпка каменной постели толщиной 1,6 *м*	$м^3$	1535	1455	1410	1410	1344	1344	1296	1296	1170
Тщательное ровнение внешней бермы постели на ширину 1,5 *м*	$м^2$	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Весьма тщательное ровнение постели на ширину 3.7—6,0 *м*	»	600	550	520	520	480	480	450	450	370
Заготовка рубок длиной по 0,9 *м* старогородних рельсов типа IIIа	шт.	600	440	365	578	348	474	277	441	221
	т	18	13,2	11,4	17,3	10,4	14,2	8,4	13,2	6,6
Изготовление и установка бетонных массивов весом до 100 *т*	шт.	117,6	80,2	63,3		27,6		56,2		
	$м^3$	4548	3248	2647	—	1140	—	2030	—	—
То же, весом до 75 *т*	»	32,4	29,2			59,2				
		920	888	—	—	1684	—	—	—	—
» » » 70 »	»	—	—	24,9	—	—	—	—	—	—
				669						
» » » 60 »	»	—	—	—	114	—	86,8	13	59	55,3
					2755		2116	312	1393	1369
» » » 45 »	»	—	—	—	30,4	—	31,6	—	51,2	—
					556		569		942	
Отсыпка каменной разгрузочной призмы	$м^3$	9410	7400	5820	5820	4820	4800	4082	4082	2530
Грубое ровнение откоса каменной призмы	$м^2$	1350	1200	1060	1060	980	987	916	916	737

Продолжение табл. 9.2

Наименование работ	Измеритель	Тип набережной (глубина у причала, *м*, — предельный вес массивов, *т*)								
		11,50—100	9,75—100	8,25—100	8,25—60	7,25—100	7,25—60	6,50—100	6,50—60	4,50—60
Отсыпка щебеночного обратного фильтра	*м*³	1313	1158	1024	1024	937	939	633	633	506
Отсыпка щебня за надстройку	»	1104	977	884	884	791	771	706	706	536
Засыпка пазухи впереди стенки грунтом	»	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Обратная засыпка грунтом за стенку на расстоянии 21,0 *м* от кордона	»	9713	9548	8977	8977	8589	8667	8531	8531	6803
Бетонная подготовка под сборную надстройку толщиной 15 *см*	»	38	39	38	38,5	38,3	38,3	31	32	32
Изготовление и установка сборной железобетонной уголковой стенки надстройки весом 45—60 *т*	шт. / *м*³	8,1 / 173	7,3 / 174	8,3 / 171	7,6 / 173,5	7,9 / 172,5	7,9 / 172,5	8,65 / 135	7,9 / 136	7,4 / 137,5
Устройство тумбового массива из монолитного железобетона	*м*³	49	44	50	46	47,6	47,6	40,5	37	34,7
Установка швартовных тумб	шт. / *т*	4,05 / 9,1	3,65 / 8,2	3,8 / 6,45	3,8 / 6,45	3,95 / 6,71	3,95 / 6,71	4,33 / 5,32	3,95 / 4,85	3,7 / 2,1
Устройство деревянной отбойной рамы из брусьев сечением 24×24÷÷28×28 *см*	*м* / *м*³	100 / 33	100 / 33	100 / 33	100 / 33	100 / 29	100 / 29	100 / 25	100 / 25	100 / 25

Примечание. При возможности применения отбойных устройств с использованием автопокрышек по типу, примененному при строительстве глубоководных массивовых набережных стенок Широкого пирса в Новороссийске, с подвеской за специальные рымы, закладываемые в надстройке, или амортизирующих резиновых отбойных трубок потребность в деревянных конструкциях, указанных в таблице, соответственно корректируется. Ориентировочный расход материалов в этом случае на 100 *пог. м* причала составит: трубки резиновые (l=2000 *мм*, $d_{нар}$=400 *мм* при весе 1 шт. 216,5 *кг*) — 3580 *кг*; подвески стальные (d=40 *мм*, вес 1 шт. 30,55 *кг*) — 505 *кг*; скобы концевые в сборе (4 шт. на 1 трубку, вес 1 комплекта — 9,64 *кг*) — 97 *кг*; цепь (из 15 концевых звеньев калибром 19 *мм*, вес комплекта 32,4 *кг*) — 535 *кг*; уголковые коротыши (длиной l=120 *мм*, ∟ 100×100×10 *мм*, вес комплекта 3,26 *кг*) — 60 *кг*.

массивами ключи на траверсе Устраивают два ключевых отверстия (шахты) на каждом массиве и располагают их в плане по продольной оси массива симметрично относительно его середины.

Расстояние от оси отверстия до края массива назначается в размере 1/5 его длины. При форме массива, отклоняющейся от прямоугольного параллелепипеда, ключевые отверстия могут быть несколько смещены с таким расчетом, чтобы при подъеме массива в горизонтальном положении его вес равномерно распределялся между ключами. Форма и размеры ключевых отверстий и ключей, применяемых для операций с массивами, приведены на рис. 9.3 и в табл. 9.3.

В местах соприкасания заплечников ключей с массивом в поднятом состоянии заложены рубки старогодних рельсов типа IIIа, обращенные головкой к заплечикам ключей. Массивы типа Балтморгидростроя (с пазами) изображены на рис. 9.2б.

Таблица 9.3

Размеры ключевых отверстий и ключей, *см*

Любые ключи		Нормальные ключи при весе массивов, *т*			
		10—40		41—100	
Ключи	Отверстия	Ключи	Отверстия	Ключи	Отверстия
c	$c_1=c+2$	33	35	48	50
—	$c_2=c_1+(5\div10)$	—	40	—	60
d	$d_1=d+1$	9	10	12	13
—	$d_2=d_1+(5\div10)$	—	15	—	40
l	$l_1=l+(20\div25)$	15	35	20	40

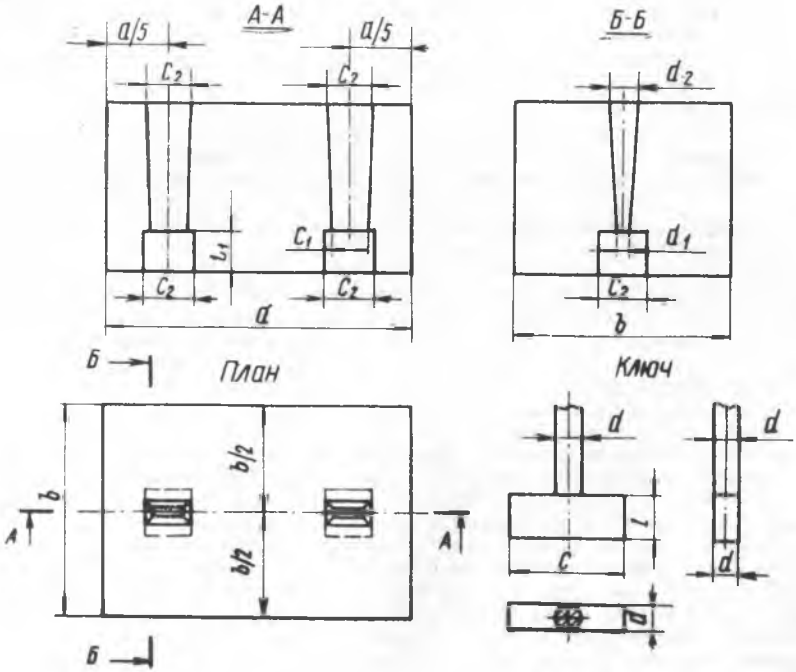


Рис. 9.3. Схема ключевых отверстий в массивах и ключей

§ 3. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

Работы по устройству каменной постели изложены в главе V. Установка массивов начинается с разбивки на постели так называемой «боевой» линии (см. главу II). Установка первого курса ведется сразу на длину секции.

Первый массив первого курса укладывают особенно точно: положение каждого его угла проверяют с помощью геодезических инструментов.

Допускаемые отклонения при укладке массивов не должны превышать величин, указанных в табл. 9.4.

Таблица 9.4

Допускаемые отклонения при укладке массивов

Наименование отклонений	Величина допуска, *мм*	
	для прямых участков	для углов и сопряжений
Отклонения от фасадной линии	30	20
Выступы или впадины в кладке относительно фасадной плоскости	30	20
Наибольший зазор (толщины швов) между массивами	30	20
Отклонения перевязки швов от проектной	150	150
Отклонения по высоте отдельных курсов массивов	40	30

Укладка массивов каждого курса может быть начата только после затухания осадок нижележащих курсов. В случае если отклонение отметок верха предыдущего курса превышает допускаемые в табл. 9.4 или будет нарушена целостность стенки, производится перекладка предыдущих курсов массивов с досыпкой и ровнением постели. Досыпать постель сплошным слоем мелкого камня не разрешается. В случае вынужденного перерыва при монтаже секции стенки ил, осевший на постели или верхних плоскостях массивов, убирается гидромонитором.

Монтаж каждого массива состоит из следующих операций:

строповка массива, которая заключается в заводке ключей в ключевые отверстия массива и повороте их рычагом или заводке захватов в выемки массива;

контрольный подъем массива на 10—20 *см* над палубой для проверки надежности строповки;

подъем массива краном и перемещение его к месту установки; опускание массива (по буйку). До опускания массива водолаз спускается под воду и устанавливает буек для ориентировки при установке, а затем поднимается наверх. Находиться водолазу под водой во время опускания массива в воду запрещается. Ориентируясь по установленному водолазами буйку, массив опускают под воду. На расстоянии примерно 1 *м* от постели во избежание резких смещений массива его поворотом и выносом стрелы крана прижимают к ранее установленному массиву и опускают на постель;

установка массива по указанию водолаза в проектное положение. При этом массив должен быть плотно прижат к грани ранее установленного массива. Нужное перемещение достигается изменением выноса стрелы или ее поворотом, а также незначительными подъемами и опусканиями массива;

проверка водолазом правильности установки массива в плане и проверка высотного положения его при помощи геодезических инструментов. Во время проверок грузовой трос крана должен быть в натянутом состоянии. С массива снимают стропы только после проверки правильности его положения. Водолазы поворачивают, освобождают ключи и краном поднимают траверсы с ключами.

Огрузка массивовой набережной производится (в случае необходимости) до отсыпки каменной призмы и контрфильтра. При уплотнении каменных постелей виброуплотнителем огрузка не требуется.

После огрузки или осадки, время которой устанавливается в проекте, отклонения в массивовой кладке не должны превышать величин, указанных в табл. 9.5.

Таблица 9.5

Допускаемые отклонения в массивовой кладке

Виды сооружений и конструкций	Ширина зазоров (швов) между массивами, *мм*		Допускаемые отклонения отдельных массивов от плоскости курса, *мм*	
	средняя	предельная	верхней	лицевой
Стенки набережных из 3—4 курсов массивов	40	70	70	50
То же, из 5—6 курсов массивов	40	100	100	70
Отдельные опоры, головные участки сооружений, особые участки стенок (углы сопряжений)	30	50	50	50
Стенки оградительных сооружений из 3—4 курсов массивов	40	100	100	70
То же, из 5—6 курсов массивов	40	120	120	80

Примечания: 1. Предельные отклонения по ширине зазоров допускаются не более чем для 10% общего количества швов.

2. При осадке кладки с превышением против проектной и при наличии отклонений, превышающих допуски табл. 9.5, дальнейшие работы выполняются только по согласованию с проектной организацией.

По окончании огрузки каждого участка проводится поверочный водолазный осмотр состояния массивов и кладки. При осмотре должно быть обращено особое внимание на целость массивов и отсутствие нарушений кладки. Результаты огрузки и осмотра фиксируются актом.

Отсыпку разгрузочной каменной призмы до глубины 3 *м* обычно производят шаландами с открывающимися днищами (80% объема), а остальную часть — плавкраном, грейфером или контейнерами. После отсыпки призмы и грубого ровнения ее водолазами через 15—20 *м* устанавливают подводные шаблоны и отсыпают тем же способом щебеночный (гравийный) контрфильтр.

При заранее отсыпанной территории и подаче камня непосредственно из карьеров рационально производить отсыпку призмы и контрфильтра автосамосвалами в следующем порядке.

Автосамосвал разворачивается на территории, отсыпанной за соседними секциями стенки, передвигается задним ходом по верхнему курсу массивов к месту отсыпки, становится у внутреннего края стенки под углом 45° к ее оси, отсыпает камень или щебень и возвращается передним ходом. Для возможности частичного разворота ширина стенки поверху должна быть не менее 6,5 *м*. Стенка оборудуется колесоотбойными брусьями.

Еще удобнее производить отсыпку самосвалами, имеющими разгрузку за борт.

Глава X. ПРИЧАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ УГОЛКОВОГО ТИПА

§ 1. КОНСТРУКЦИЯ ПРИЧАЛЬНЫХ НАБЕРЕЖНЫХ

Набережные уголкового типа являются облегченными гравитационными сооружениями, состоящими из сборных железобетонных элементов. По сравнению с набережными из обыкновенных массивов общий вес набережных уголкового типа в 3—4 раза меньше и у них в 1,5—2 раза меньше количество элементов, что обеспечивает более высокие темпы строительства. Однако изготовление элементов уголковых стенок более сложно и требует значительного количества стальной арматуры.

Черноморниипроектом разработаны типовые проекты для морских уголковых набережных для глубин у кордона 6,5; 8,25; 9,75 и 11,5 *м* с внутренним и внешним анкером и набережных с контрофорсами. Первые два типа набережных монтируются из унифицированных элементов.

Гипроречтрансом МРФ РСФСР также разработаны типовые проекты набережных уголкового типа с внутренним анкером для речных условий.

Условия применения набережных уголкового типа Черноморниипроекта приведены в табл. 10.1.

Морские набережные состоят из уголковых блоков, собранных из двух железобетонных плит, анкерной тяги или контрфорсной плиты, объединенных поверху сборно-монолитной железобетонной надстройкой. Набережные с внешней анкеровкой собираются на месте из отдельных элементов.

Уголковые блоки устанавливаются на весьма тщательно выровненную каменную постель толщиной до 2,5 *м*, отсыпанную из рваного несортированного камня весом 15—100 *кг* марки не ниже 200. В нижней части постели отсыпается слой щебня толщиной 40 *см*. При скальном основании отсыпается постель толщиной 50 *см* без щебеночного слоя.

При толщине постели более 1,5 *м* ее предварительно уплотняют виброуплотнителем (см. главу V). Постель отсыпают с 5%-ным запасом на осадку (от высоты постели) и 1%-ным уклоном в сторону территории. Для набережных с внешним анкером поперечный уклон постели не делается. Конструкции набережных показаны на рис. 10.1; 10.2 и 10.3.

Длина всех типов блоков вдоль кордона 4 *м*, высота переменная (в зависимости от глубины) — от 7 до 12 *м*.

Сборно-монолитная надстройка состоит из сборных железобетонных облицовочных плит типа ПП и монолитного оголовка. Железобетонная надстройка объединяет 7 уголковых блоков в отдельные секции длиной по 28,0 *м* с созданием между ними осадочного шва шириной 5 *см*.

Грунтонепроницаемость между блоками набережной обеспечивают завесами из двухслойного гидрорерина. В местах примыкания вертикальной плиты к фундаментной и между секциями устраивается щебеночный контрфильтр.

Территория набережной обычно рефулируется морским песком с углом $\varphi \geqslant 30°$.

Объемы работ на 100 *пог. м* набережных даны в табл. 10.2.

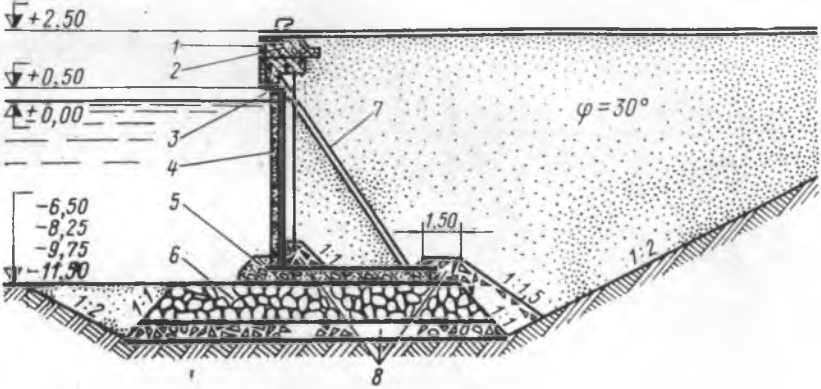


Рис. 10.1. Набережные с внутренним анкером:

1 — облицовочная панель; *2* — тумбовый массив; *3* — железобетонный оголовок; *4* — лицевая панель; *5* — фундаментная панель; *6* — каменная постель; *7* — анкерные тяги; *8* — щебеночный контрфильтр

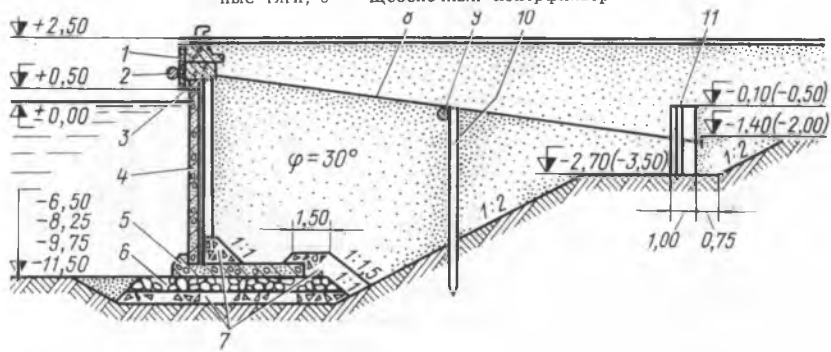


Рис. 10.2. Набережные с внешним анкером:

1 — облицовочная панель; *2* — отбойное устройство; *3* — железобетонный оголовок; *4* — лицевая панель; *5* — фундаментная панель; *6* — каменная постель; *7* — щебеночный контрфильтр; *8* — анкерные тяги; *9* — деревянный прогон; *10* — деревянные сваи с шагом 4,0 *м*; *11* — анкерные панели (в скобках — данные для глубин 9,75 *м*)

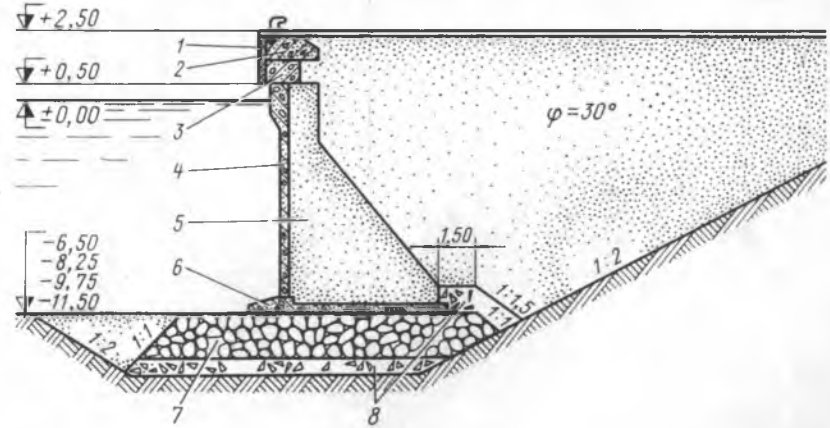


Рис. 10.3. Набережные с контрфорсами:

1 — облицовочная панель; *2* — тумбовый массив; *3* — железобетонный оголовок; *4* — лицевая панель; *5* — контрфорсная панель; *6* — фундаментная панель; *7* — каменная постель; *8* — щебеночный контрфильтр (уплотнение стыков)

Таблица 10.1

Условия применения набережных уголкового типа (по проектам Черноморниипроекта)

Шифр проекта и номер	Тип набережной	Глубина у причала, *м*	Эксплуатационные нагрузки	Швартовные нагрузки, *т/м*	Ледовый режим	Грунты основания	Грунты засыпки
(6,50—11,5)		6,5	II	40			
		8,25	I	63			
У-1-Н	С внутренним анкером	9,75	I	80	Подвижный битый лед		
504—36—70	(рис. 10.1)	11,50	I	80			
(6,50—11,5)	С внешним анкером (рис. 10.2)	6,5	II	40	Неподвижный лед толщиной до 60 *см*	Несвязные грунты с углом внутреннего трения $\varphi \geqslant 30°$ для стенок с внешним анкером $\varphi \geqslant 25°$ или скальные грунты	Несвязные грунты с углом внутреннего трения $\varphi \geqslant 30° \pm 1°$ и $\gamma = 1{,}8$ *т/м*³ в естественном состоянии
У-II-Н		8,25	I	63			
		9,75	I	80			
		11,50	I	80			
(6,50—11,5)	С контрфорсом (рис. 10.3)	6,5	II	40			
		8,25	I	63			
У-III-Н		9,75	I	80			
		11,50	I	80			

Примечания: 1. Возвышение кордона над отсчетным уровнем +2,50 *м* для всех типов набережных.

2. Высота волны на акватории до 1,0 *м* для всех типов.

3. Обозначения: У—уголковая, I, II, III—соответственно тип набережной, Н—набережная; цифры в скобках — глубина у кордона.

Таблица 10.2

Объем основных работ на 100 *пог. м* набережных уголкового типа

Наименование работ	Единица измерения	Тип набережной: с внутренним анкером (У-I-Н)				с внешним анкером (У-II-Н)				контрфорсная (У-III-Н)			
		Глубина у причала, *м*											
		11,5	9,75	8,25	6,5	11,5	9,75	8,25	6,5	11,5	9,75	8,25	6,5
Отсыпка щебня в основание постели	$м^3$	720	675	590	565	570	540	460	370	720	675	590	565
Грубое ровнение щебня	$м^2$	1830	1630	1430	1280	1320	1270	1195	1095	1830	1630	1430	1280
Отсыпка каменной постели с учетом запаса на осадку 5%	$м^3$	3270	2260	1990	680	2800	1850	1000	500	3270	2260	1390	680
Виброуплотнение каменной постели	$м^2$	1200	1100	1000	925	1000	900	800	750	1200	1100	1000	925
Весьма тщательное ровнение постели под фундаментные плиты	»	1100	1000	900	825	900	800	700	630	1100	1000	900	825
Грубое ровнение наклонных поверхностей	»	490	380	280	160	490	380	280	160	490	380	280	160
Установка сборных железобетонных конструкций	шт.	75	75	75	75	100	100	100	100	100	100	100	100
	$м^3$	940	800	710	590	870	750	660	530	960	810	700	580
Укладка монолитного железобетона	$м^3$	142	127	127	111	128	116	116	101	120	112	112	100
Установка анкерных тяг	*т*	105	86	67	52	85	69	49	40	—	—	—	—
Устройство деревянных свайных подмостей для монтажа анкерных тяг	$м^3$	—	—	—	—	50	45	43	26	—	—	—	—
Антикоррозионное покрытие анкерных тяг	*пог. м*	1080	980	780	690	1260	1130	1005	880	—	—	—	—
Перекрытие стыков завесами из гидрорерина	$м^2$	480	430	380	330	480	430	380	330	480	430	380	330
Щебеночная отсыпка контрфильтра	$м^3$	1000	940	880	820	1000	940	880	820	850	890	730	670
Тщательное ровнение контрфильтров		685	635	580	535	685	635	580	535	435	385	330	285
Грубое » »		1035	995	945	895	1035	995	945	895	960	820	770	720
Засыпка пазух перед стеной грунтом	$м^3$	930	600	340	150	930	600	840	150	930	600	340	150
Обратная засыпка грунта за стенку на расстоянии 21 *м* от кордона	»	40700	30700	22900	15600	40700	30700	22900	15600	40700	30700	22900	15600

Примечания: 1. Объем работ по швартовным и отбойным устройствам см. в табл. 9.2 главы IX.
2. Все ровнения подводные.
3. Тщательное ровнение внешней бермы—220 $м^2$, антикоррозионное покрытие 400 $м^2$ для всех типов побережий.

§ 2. КОНСТРУКЦИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Лицевые панели для набережных с внутренним и внешним анкером представляют собой двухребристую плиту (рис. 10.4, *а*) с преднапряженной стержневой арматурой (тип П-НУ-I и II). Для набережных с глубиной у причала 6,50 и 8,25 *м* лицевые панели применяются и с ненапряженной арматурой (тип П-ОУ-I и II). Тип I (с внутренней анкеровкой) отличается от типа II (с внешней анкеровкой) расположением закладных деталей и арматурой. Эти же панели, но меньшей длины используются в качестве анкерных плит (тип П-ОА-II).

Лицевые панели для набережных с контрфорсом плоские с утолщением в верхней части (рис. 10.4, *б*), с обычной арматурой (тип П-ОУ-III).

Фундаментные панели для набережных с внешним и внутренним анкерами (рис. 10.4, *в*) плоские с упором впереди, а для контрфорсных набережных трапецеидального сечения (рис. 104, *г*). Все плиты (тип ПФ-ОУ-I,II,III) имеют

Номенклатура сборных

Название панели	Тип и марка элемента	№ рисунка	Тип набережной	Глубина у причала *м*
Лицевая	П-НУ-(7,00—12,00)—(0,8—1,20) (I и II)	10.4, *а*	С внутренним и внешним анкером	6,5—11,5
	П-ОУ-(7,00—8,75)—(0,8—1,00) (I и II)	10.4, *а*	То же	6,5— 8,25
	П-ОУ-(6,45—11,45)—III	10.4, *б*	Контрфорсная	6,5—11,5
Фундаментная	ПФ-ОУ-(7,00—9,75)—0,45—I	10,4, *в*	С внутренним анкером	6,5—11,5
	ПФ-ОУ-(4,75—7,00)—0,40—II	10.4, *в*	С внешним анкером	6,5—11,5
	ПФ-ОУ-(7,00—9,75)—0,20—III	10.4, *г*	Контрфорсная	6,5—11,5
Контрфорсная	К-ОУ-(6,45—11,45)—III	10,4, *д*	Контрфорсная	6,5—11,5
Анкерная	П-ОА-(2,30—3,00)—0,8—II	10.4, *а*	С внешним анкером	6,5—11,5
Облицовочная	ПП-ОУ-(I, II и III)	11.5, *д*	Все типы	6,5—11,5

Примечание. Принятые обозначения: П—НУ(0)—(7,00—12,00)—(0,8—
ная) длиной от 7,0 до 12,0 *м*; высота ребра от 0,8 до 1,2 *м*; I, II и
проекту.

обычную арматуру. В фундаментных и лицевых панелях имеются закладные части для сварки их между собой и приварки анкерных тяг.

Контрфорсные плиты плоские фигурного очертания (рис. 10.4, *д*) с обычной арматурой (тип К-ОУ-III).

Облицовочные плиты кордона плоские, прямоугольные с обычной арматурой; в плите имеются закладные части для приварки окаймляющего кордон уголка и отбойных устройств (тип ПП-ОУ-I,II,III). Номенклатура сборных элементов приведена в табл. 10.3.

Анкерные тяги для набережных с внутренним анкером двухветвенные из широкополосной стали. Ветви соединены между собой накладками и диафрагмами (тип АТ-30).

Анкерные тяги для набережных с внешним анкером стальные, круглые, состоят из двух элементов — основных стержней и нарезных концов. Нарезные концы присоединяют к основным стержням сваркой. Отдельные ветви анкерных тяг соединяют с помощью муфт.

Данные по анкерным тягам приведены в табл. 10.4.

Таблица 10.3

железобетонных элементов

Размеры, *см*			Расход арматуры на 1 м³ бетона, *кг*	Объем бетона, *м³*				Вес элемента, *т*			
				Глубина у причала, *м*							
Длина	Ширина	Высота сечения		11.5	9.75	8.25	6.5	11.5	9.75	8.25	6,5
700—1200	398	80—120	104—200	17,6	13,8	11,8	8,6	44,0	34,5	29,5	21,4
700—875	398	80—100	129—112	—	—	11,8	8,6	—	—	29,5	21,4
645—1145	400	20	282—274	10,3	8,9	7,7	6,5	25,8	22,3	19,3	16,5
700—975	398	45	201—230	18,7	17,0	15,2	13,8	47,0	42,5	38,0	34,7
475—700	398	40	107—204	12,2	11,4	10,2	8,6	30,5	28,5	25,5	21,5
700—975	400	20	254—240	14,8	13,3	11,9	10,4	37,2	33,2	29.7	26,0
645—1145	485—795	20	372—307	9,2	6,4	4,7	3,1	23,2	16,0	11,8	7,6
230—300	398	80	117—135	3,7	3,4	3,2	2,8	9,2	8,5	8,0	7,0
400	180	18	295	1,3				3,4			

—1,2) I, II и III обозначает—плита, напряженная для уголковой стенки (обыч- III—тип набережной (см. табл. 10.1). Бетон марки БТГ-400: В-8, МРЗ по

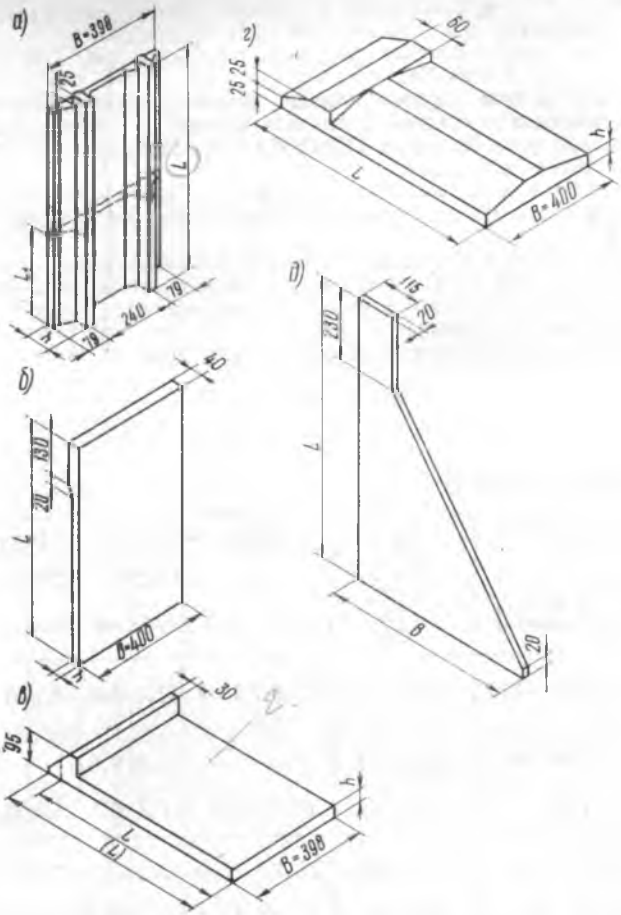


Рис. 10.4. Панели для набережных:

а — лицевая и анкерная панель для набережных типа У/I-П-Н; *б* — лицевая панель для набережных типа У-III-Н; *в* — фундаментная панель для набережных типа У-/I-II/-Н; *г* — фундаментная панель для набережных типа У-Ш-Н; *д* — контрфорсная панель

Таблица 10.4

Характеристика анкерных тяг

Тип и марка тяги	Тип набережной	Длина, *см*	Сечение (диаметр), *мм*	Марка стали	Вес тяги, *т* при глубине у кордона, *м*			
					6,5	8,25	9,75	11,5
АТ-30	С внутренним анкером	895—1462	30×(200÷260)	ВМ. Ст. 3	1,0	1,3	1,7	2,1
АТ- (75-90)	С внешним анкером	1754—2516	75—90	ВМ. Ст. 3	0,7	1,0	1,1	1,5
АТУ-Ф (70-95)	То же	1755—2517	75—95	ВМ. Ст. 3	0,8	0,9	1,4	1,7

§ 3. УКРУПНЕННАЯ СБОРКА ЭЛЕМЕНТОВ УГОЛКОВЫХ НАБЕРЕЖНЫХ

Изготовленные на заводе или полигоне элементы набережных с внутренним анкером собирают в укрупненные пространственные блоки, состоящие из фундаментной и лицевой панелей и анкеров-подкосов (рис. 10.5).

Сборка производится на монтажной бетонной площадке, в которой горизонтально забетонированы два рельса, верх которых возвышается над уровнем площадки на 5 *см*. Расстояние между рельсами на 0,5—1,0 *м* меньше длины фундаментной панели.

Порядок сборки первого блока следующий: на площадку (рельсы) устанавливается краном грузоподъемностью 50—100 *т* фундаментная панель. Тем же краном на ней вертикально устанавливается лицевая панель с навешенной наверху монтажной люлькой. К удерживаемой краном в вертикальном положении лицевой панели вторым краном грузоподъемностью 3—5 *т* устанавливаются анкерные тяги (подкосы), предварительно покрытые антикоррозионной защитой.

Нижний конец тяги с помощью монтажного болта соединяется шарнирно с закладной деталью фундаментной панели, а верхний конец надевается на ребра жесткости лицевой панели.

Правильность взаимного положения панелей определяют с помощью двух теодолитов, расположенных с торцевой и фасадной сторон блока. После выверки анкерные тяги приваривают к закладным деталям фундаментной панели и к инвентарному регулирующему устройству на верху лицевой панели или непосредственно к закладным частям этой панели. Низ лицевой панели приваривают к закладным деталям зуба фундаментной панели.

Сварочные работы выполняют дипломированные электросварщики способом ручной дуговой сварки электродами Э-42А (см. главу VIII).

В целях скорейшего освобождения монтажного крана большой грузоподъемности следующие блоки собирают последовательно друг против друга «лицом к лицу», закрепляя верхний торец лицевой панели к уже собранному блоку двумя монтажными кондукторами (тягами), после чего кран освобождается, устанавливают анкерные тяги и выполняют все описанные выше работы.

Сборка укрупненных блоков набережных с контрфорсами состоит в объединении лицевой, контрфорсной и фундаментной плит с замоноличиванием стыков.

Порядок сборки блоков следующий.

Лицевую плиту укладывают на два горизонтальных бруса (рис. 10.6), уложенных на монтажной бетонной площадке, и выверяют нивелиром. Контрфорсную плиту горизонтально укладывают в кондуктор-кантователь, состоящий из двух жестких металлических рам — верхней и нижней с запорными устройствами для крепления плиты между рамами. С помощью кантователя и козлового крана контрфорсную плиту переводят в вертикальное положение, перевозят и устанавливают на монтажные столбики лицевой плиты. После выверки теодолитом (отвесом) вертикальности контрфорсной плиты (вместе с кантователем) она закрепляется при помощи захвата и винта, сваривают выпуски арматуры и бетонируют стык. После достижения бетоном стыка 70% проектной прочности кантователь снимают, состыкованные элементы с помощью специальной серьги переводят козловым краном в вертикальное положение и устанавливают на фундаментную плиту, также имеющую монтажные столбики.

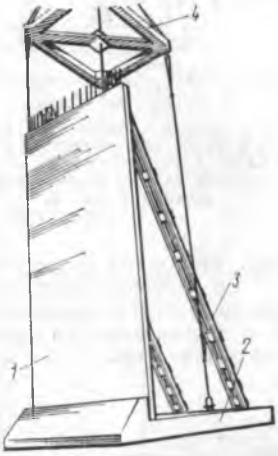


Рис. 10.5. Вид уголкового блока с внутренним анкером:

1 — лицевая панель; *2* — фундаментная панель; *3* — анкерные тяги; *4* — траверса

Выверяют вертикальность лицевой плиты в обеих плоскостях двумя теодолитами, установленными с торца и фасада блока. После закрепления элементов сваривают арматурные выпуски и омоноличивают стык.

§ 4. МОНТАЖ НАБЕРЕЖНЫХ УГОЛКОВОГО ТИПА

Укрупненные блоки набережных с внутренним анкером или контрфорсом доставляют к месту установки на понтонах и устанавливают на отсыпанную и выровненную каменную постель. Вес блоков для обоих типов набережных одинаков (табл. 10.5).

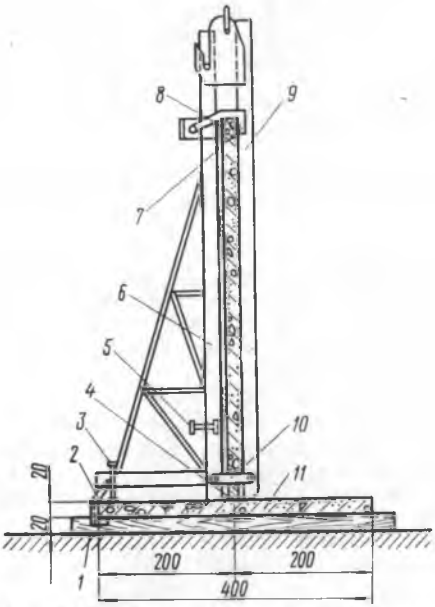


Рис. 10.6. Этап сборки контрфорсного блока:

1 — бруски — подкладки 20×20 *см*: *2* — нижний замок; *3* — винт; *4* — монтажные столбики; *5* — винт; *6* — верхняя рама; *7* — верхний захват; *8* — контрфорсная панель; *9* — нижняя рама; *10* — замок; *11* — лицевая панель

Поднимают и устанавливают блок при помощи инвентарной траверсы с четырьмя стропами по углам (см. рис. 10.5). Для того чтобы фундаментная плита блока опускалась горизонтально, точка подвеса (крюк крана) должна находиться над центром тяжести блока, что достигается соответствующим подбором длин стропов.

Установка блока в сооружения производится плавучим краном грузоподъемностью 100 *т* с участием водолазов. Уголковые блоки устанавливают по створу, контролируемому с берега теодолитом без разбивки под водой «боевой» линии. Если на лицевой панели имеется регулирующее устройство (набережные с внутренним анкером), то верх лицевой панели может быть перемещен в пределах ± 15 *см*, после чего анкерные тяги приваривают к закладным деталям, а регулирующее устройство срезают.

Практика строительства показала, что устройство регулирующих приспособлений необязательно и необходимая точность сборки и установки достигается и без них.

Набережные с внешним анкером монтируют в следующем порядке.

Фундаментная панель устанавливается плавучим краном на подготовленную каменную постель. Эту работу выполняют аналогично установке первого курса массивов (глава IX).

Со стороны акватории устанавливают инвентарный бетонный массив с двумя шарнирно закрепленными монтажными подкосами из труб Ø 40 *см*. К подкосам крепятся тросами поплавки, которые удерживают их концы на поверхности воды.

Таблица 10.5

Вес блоков набережных

Глубина у причала, *м*	6,5	8,25	9,75	11,5
Вес блоков, *т*	59	71	81	96

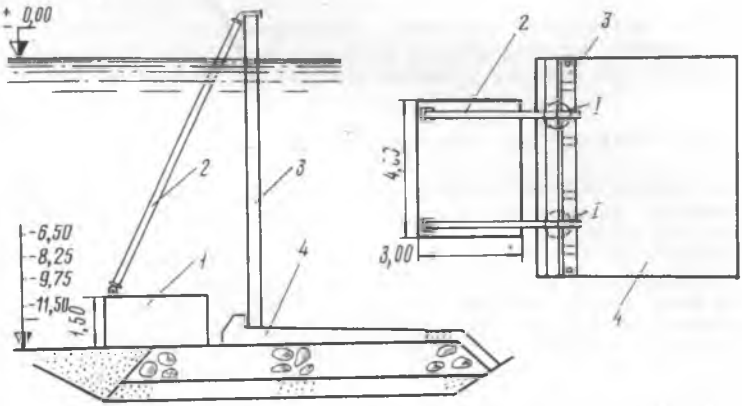


Рис. 10.7. Этап монтажа набережной с внешним анкером:
1 — инвентарный массив; *2* — анкера-подкосы; *3* — лицевая панель; *4* — фундаментная панель

Плавкраном устанавливают вертикально лицевую панель и закрепляют ее верх к подкосам (рис. 10.7). Стыки между панелями перекрывают грунтонепроницаемыми завесами, отсыпают контрфильтр и первую очередь грунта за стенку. Во избежание чрезмерного давления на стенку профиль отсыпки не должен быть выше проектного.

Установка анкерных плит и тяг выполняется в соответствии с § 5 XII главы, после чего засыпают грунт до отметки +1,0.

Таблица 10.6

Допускаемые отклонения при монтаже уголковых набережных

Наименование отклонения	Величина допуска, *мм*	
	Набережные с внутренним анкером и контрфорсные	Набережные с внешним анкером
Разница в отметках верха смежных фундаментных плит	±20	±10
Величина зазора между соседними блоками	Не более 20	Не более 20
Отклонения от вертикальной плоскости, проходящей через линию кордона по длине секции	±20	±20
То же, у соседних блоков	±10	± 5
Уступы между плитами «ПП» на лицевой поверхности	5	5
Отклонения от проектной величины зазоров между плитами «ПП»	±10	±10
Искривление линии кордона в плане по оголовку в пределах длины секции	±20	±20
Отклонения анкерной панели от вертикали	—	1%
Зазор между вертикальным элементом и опорным выступом фундаментной плиты	10	—
Отклонение в размерах щебеночных контрфильтров	±30	±30
Отклонение горизонтальной плоскости шапочного бруса от проекта в пределах секции	±20	±20

Порядок засыпки, натяжения тяг и снятия наружных подкосов указывается в проекте.

Количество инвентарных массивов с подкосами должно обеспечивать возможность установки лицевых панелей на длине 1—2 секций одновременно. Величина допусков при монтаже уголковых набережных приведена в табл. 10.6.

§ 5. АНТИКОРРОЗИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И УПЛОТНЕНИЕ СТЫКОВ

На все железобетонные элементы уголковых набережных, находящиеся в зоне переменного уровня воды, и стальные анкерные тяги наносят антикоррозионное защитное покрытие.

Железобетонные элементы защищают покрытием из эпоксидной мастики. Покрытие выполняют в три слоя: первый слой — грунтовка и два остальных — покрывных слоя. Расход эпоксидной мастики — 870 *кг* на 100 *пог. м* набережной. Покрытие наносят на сухую поверхность бетона в сухую погоду при температуре воздуха не ниже +5°С. При температуре ниже +5°С необходимо руководствоваться «Техническими указаниями на устройство гидроизоляции в зимнее время».

Эпоксидные покрытия наносят механическим путем с помощью распылителей.

Защитное покрытие анкерных тяг производится в соответствии с § 5 главы XII. Расход основных материалов по антикоррозионной защите на две анкерные тяги приведен в табл. 10.7.

Таблица 10.7

Расход материалов для антикоррозионных покрытий

Наименование материалов	Единица измерения	Тип набережной и глубина у причала, *м*							
		с внутренним анкером				с внешним анкером			
		6,50	8,25	9,75	11,50	6,50	8,25	9,75	11,50
Битумная мастика	*кг*	470	550	600	690	360	380	540	560
Мешковина	*м²*	60	65	85	90	16	20	24	28

Для обеспечения грунтонепроницаемости стыков между блоками устраивают завесы из двух слоев гидрорерина толщиной 2×4 *мм*, шириной 0,8 *м*. Гидрорерин (гидротехнический регенерат резины) должен удовлетворять «Техническим условиям на гидрорерин» и иметь следующие основные характеристики:

Предел прочности при растяжении	Не менее 65 *кГ/см²*
Долговечность	40 лет (на открытой поверхности)
Температура хрупкости	Не выше—40° С
Относительное удлинение при разрыве	Не менее 200%

Поставщиком гидрорерина являются заводы Министерства нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

Полотнища гидрорерина перекрывают стыки между вертикальными блоками и зазоры между фундаментными плитами. На уровне горизонта воды, в местах стыка лицевых панелей с фундаментными и по концам фундаментных панелей отсыпаются двухслойные контрфильтры. Наружный слой фракции 40—70 *мм*, внутренний 5—20 *мм*.

Глава XI. ПРИЧАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ЭСТАКАДНОГО ТИПА

§ 1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

Причальное сооружение эстакадного типа представляет собой жесткую пространственную рамную конструкцию, состоящую из верхнего строения балочного или плитного типа и поддерживающих его колонн-оболочек или свай. Верхнее строение воспринимает действующие на сооружение внешние нагрузки и распределяет их между оболочками или сваями, которые передают нагрузку на грунт.

Основанием эстакадных сооружений могут служить любые грунты, допускающие погружение колонн-оболочек и свай на необходимую глубину. Колонны-оболочки могут быть также установлены и закреплены в скважинах, пробуренных в скальных грунтах. Эстакадные причальные сооружения почти не отражают волн. Поэтому строительство причалов эстакадного типа предпочтительно для обеспечения благоприятного волнового режима в районе причалов и на акватории порта.

Характерным для эстакадных причальных сооружений является незначительное горизонтальное давление грунта на них.

Исходные условия применения действующих типовых проектов эстакадных причалов приведены в табл. 11.1, а характеристика сооружений — в табл. 11.2.

Таблица 11.1

Исходные условия применения типовых проектов эстакадных причалов

Тип причала	Глубина у причала от расчетного уровня, *м*	Категория эксплуатационных нагрузок	Швартовная нагрузка (при штормовом ветре), *т*	Грунты	
				Основание	Засыпка
Портовая набережная-эстакада на оболочках диаметром 1,6 *м* (I и II тип)	11,50 9,75 8,25 6,50	I I I II	75 75 60 45	Несвязные, $\varphi \geqslant 25°$ (для набережной II типа-подстилаемые плотными грунтами, включая скальные)	Несвязные, $\varphi \geqslant 30°$
Набережная и пирс СРЗ на оболочках диаметром 1,6 *м*	8,25 6,50	I I	75 75	Несвязные, $\varphi \geqslant 25°$	Несвязные, $\varphi \geqslant 30°$

Тип причала	Глубина у причала от расчетного уровня, *м*	Категория эксплуатационных нагрузок	Швартовная нагрузка (при штормовом ветре), *т*	Грунты	
				Основание	Засыпка
Набережная-эстакада на оболочках диаметром 1,2 *м* для морских рыбных портов	11,50 9,75 8,25 7,25 6,50 4,50	II II II II II II	60 60 45 25 25 25	Песчаные, $\varphi \geqslant 25°$ Суглинки, $\varphi \geqslant 20°$ $C = 0{,}1$ *кГ*/см²	Несвязные, $\varphi \geqslant 30°$
Портовая набережная эстакада на призматических сваях 45×45 *см*	11,50 9,75	I I	75 75	Несвязные, $\varphi \geqslant 25°$	Несвязные, $\varphi \geqslant 30°$

Примечание. Во всех проектах принято: возвышение кордона над расчетным уровнем воды 2,5 *м*, допустимые колебания уровня воды в пределах от —0,2 до +0,8 *м*; максимальная высота волны 1,0 *м*; толщина неподвижного льда до 0,6 *м*, подвижный лед—битый.

В основу типовых проектов причалов на колоннах-оболочках диаметром 1,6 *м* положена система унифицированных элементов заводского изготовления. Причалы на колоннах-оболочках диаметром 1,2 *м* и на призматических сваях запроектированы из неунифицированных элементов.

Все перечисленные сооружения предназначены для строительства на бассейнах неприливных морей. При привязке проекта предусматривают в зависимости от климатических условий места строительства конструктивные, технологические и специальные защитные мероприятия по обеспечению долговечности причала.

§ 2. КОНСТРУКЦИЯ ЭСТАКАДНЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Портовые набережные на колоннах-оболочках диаметром 1,6 *м*

Набережные запроектированы с применением пяти типов унифицированных элементов (Т, Р, П, Б, ПП — рис. 11.1). Опорами набережной служат колонны-оболочки. Ригеля укладывают на колонны-оболочки в продольном направлении и омоноличивают с ними. Двухребристыми панелями перекрывают пролеты между продольными рядами опор. Панели омоноличивают с ригелями на протяжении секции причала.

В месте опирания ригеля на каждую колонну прикордонного ряда опор сооружают монолитную железобетонную консоль, при помощи которой омоноличивают бортовые балки с ригелем и колонной. На этих консолях устанавливают швартовные тумбы. Плиты перекрытия опирают на бортовые балки и ригеля.

Набережные II типа предназначены для применения при повышенной несущей способности опор по грунту, в связи с чем в проекте принят увеличенный продольный шаг опор в прикордонном ряду. Колонны-оболочки в этом случае погружают до плотных грунтов.

Набережные и пирсы СРЗ на колоннах-оболочках диаметром 1,6 *м*

Проектами набережных и пирсов СРЗ предусмотрено их возведение из тех же пяти типов унифицированных элементов, которые применены и для портовых набережных. Набережные СРЗ имеют общую конструктивную схему с порто-

Таблица 11.2

Основные типы эстакадных причальных сооружений

Наименование типового проекта и шифры типоразмеров сооружений	Номер проекта	Характеристика конструктивной схемы сооружения	Глубина у причала, *м*	Шаг опор, *м*	
				продольный	поперечный
Портовые набережные - эстакады на оболочках диаметром 1,6*м*, тип I 11,50-ПН-1-2,75 (2,25) 9,75-ПН-1-2,75 (2,25) 8,25-ПН-1-2,75 (2,25) 6,50-ПН-1-2,75 (2,25) (рис, 11.1 *а*, *б*)	504-1, тип I	Железобетонная продольно - ригельная эстакада, состоящая из неразрезных рамных секций длиной 56 *м*, возводимая из унифицированных элементов	11,50 9,75 8,25 6,50	8—в прикордонном и среднем рядах; 16—в тыловом ряду 8 8	10,5+4,8 10,5 10,5
То же, тип II 11,50-ПН-II-2,75 (2,25) 9,75-ПН-II-2,75 (2,25) 8,25-ПН-II-2,75 (2,25) 6,50-ПН-II-2,75 (2,25) (рис. 11.1, *а*, *б*)	504-1, тип II	То же	11,50 9,75 8,25 6,50	16—в прикордонном и тыловом рядах 8—в среднем ряду 16—прикордонном ряду 8—в тыловом ряду	10,5+4,8 10,5
Набережные СРЗ на оболочках диаметром 1,6 *м* 8,25-СРЗ-Н 6,50-СРЗ-Н (рис. 11.1, *б*)	504-2	»	8,25 6,50	8 8	10,5 10,5
Пирсы СРЗ на оболочках диаметром 1,6 *м* 8,25-СРЗ-П 6,50-СРЗ-П (рис. 11.2)	504-3	»	8,25 6,50	8,0 8,0	10,5 10,5

Продолжение табл. 11.2

Наименование типового проекта и шифры типоразмеров сооружений	Номер проекта	Характеристика конструктивной схемы сооружения	Глубина у причала, *м*	Шаг опор, *м*	
				продольный	поперечный
Сборная железобетонная набережная эстакадного типа на полых сваях диаметром 1,2 *м* для рыбных морских портов (рис. 11.3)	—	Безригельная эстакада из неразрезных рамных секций длиной 44,5 *м* с верхним строением из плоских плит	11,50; 9,75; 8,25; 7,25; 6,50; 4,50;	5,25	5,25
Железобетонная набережная-эстакада с уширенным шагом опор на призматических сваях сечением 45×45 *см* для глубины 11,5 *м*; 1 вариант (рис. 11.4, *а*)	5-05-207	Поперечно-ригельная эстакада, состоящая из неразрезных рамных секций длиной 50 *м*, с верхним строением из плит двух типоразмеров, на предварительно напряженных сваях	11,50	2,5— в прикордонном и тыловом рядах; 5,0—в средних рядах	3,75+3,0+ +3,75
То же, вариант 2 (рис. 11.4, *б*)	5-05-207	То же	11,50	То же	2,85+2× ×2,40+2,85
Железобетонная набережная-эстакада с уширенным шагом опор на призматических сваях сечением 45×45 *см* для глубины 9,75 *м*; I вариант (рис. 11.4, *а*)	504-12	»	9,75	»	3,75+3,0+ +3,75
То же, 2 вариант (рис. 11.4, *б*)	504-12	»	9,75	»	2,85+2× ×2,40+2,85

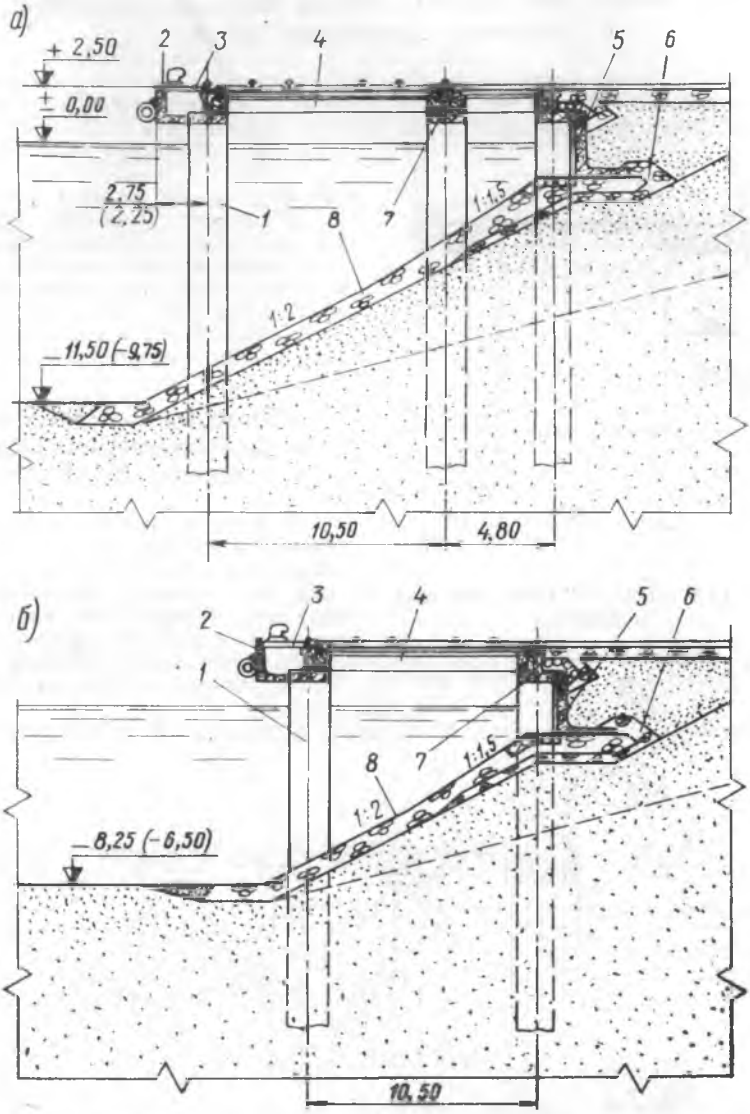


Рис. 11.1. Портовая набережная на колоннах-оболочках для глубин:

а — 11,5 и 9,75 *м*; *б* — 8,25 и 6,50 *м*; *1* — колонна-оболочка ∅ 1,6 *м* типа «Т»; *2* — бортовая балка типа «Б»; *3* — плита перекрытия типа «ПП»; *4* — двухребристая панель типа «П»; *5* — балка тылового сопряжения типа «Б»; *6* — щебеночный контрфильтр; *7* — ригель типа «Р»; *8* — каменная отсыпь

выми набережными для глубин 8,25 и 6,5 *м* (рис 11.1, *б*). Единственным принципиальным отличием набережных СРЗ является больший вылет кордона.

На рис. 11.2 приведен схематический поперечный разрез пирса СРЗ. Расположение опор пирса, компоновка элементов его верхнего строения такие же, как и у набережных СРЗ.

Набережная для морских рыбных портов на колоннах-оболочках диаметром 1,2 *м*

Верхнее строение набережной (рис. 11.3) состоит из плоских квадратных плит, опирающихся на оголовки колонн-оболочек, а также сборных кордонного и тылового элементов. В зависимости от глубины у кордона и конструкции сопряжения набережной с берегом она может иметь в поперечном направлении от одного до четырех пролетов.

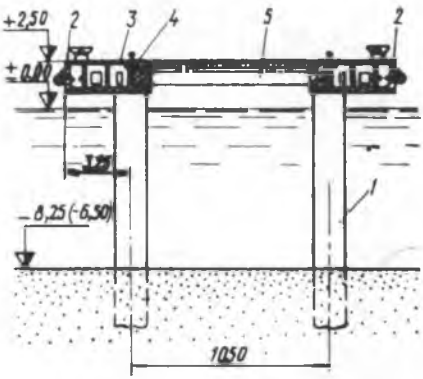


Рис. 11.2. Пирс СРЗ на колоннах-оболочках:

1 — колонна-оболочка ∅ 1,6 *м*; *2* — бортовая балка; *3* — плита перекрытия; *4* — ригель; *5* — двухребристая панель

Соединение элементов верхнего строения между собой и с колоннами-оболочками осуществляется в узлах омоноличивания, расположенных над каждой колонной. Швартовные тумбы устанавливают в корыте кордонного элемента в тумбовом массиве.

Портовые набережные на призматических сваях сечением 45×45 *см*

В проектах принята поперечно-ригельная конструкция набережных (рис. 11.4, *а, б*). Верхнее строение состоит из сборных железобетонных плит двух типоразмеров, омоноличиваемых со сваями. При омоноличивании над поперечными рядами свай бетонируют ригели, получая жесткие рамы.

Разработаны два варианта набережных, отличающихся количеством свай

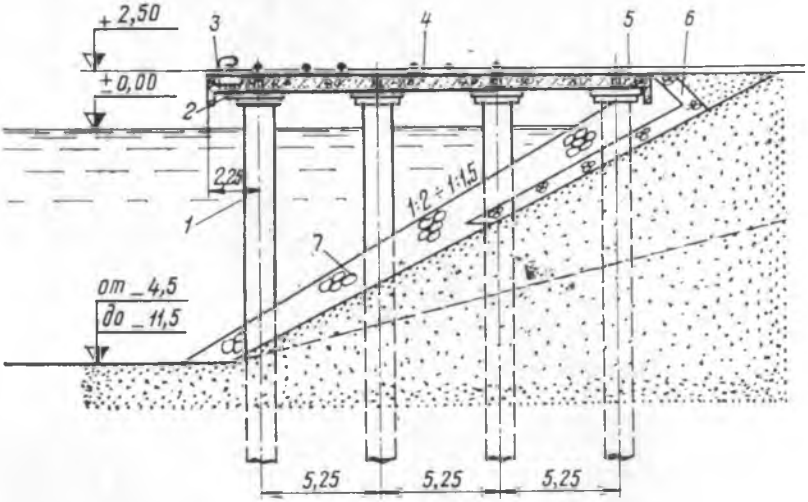


Рис. 11.3. Набережная на колоннах-оболочках диаметром 1,2 *м* для морских рыбных портов:

1 — колонна-оболочка; *2* — оголовок; *3* — бортовая балка; *4* — плита верхнего строения; *5* — тыловая балка; *6* — щебеночный контрфильтр; *7* — каменная отсыпь. (В зависимости от глубины число пролетов в поперечном направлении изменяется от 1 до 4)

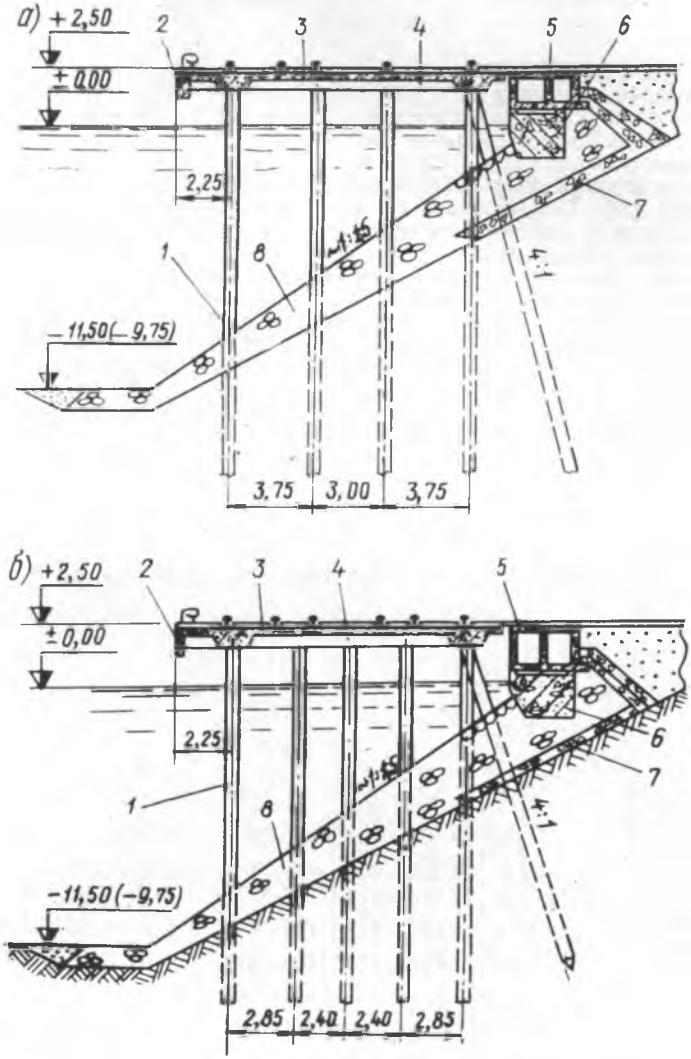


Рис. 11.4. Портовая набережная на призматических сваях:

а — вариант 1; *б* — вариант 2; *1* — свая 45×45 *см*; *2* — бортовая балка; *3* — железобетонная плита верхнего строения; *4* — монолитный ригель; *5* — короб коммуникаций; *6* — бетонный массив; *7* — щебеночный контрфильтр; *8* — каменная отсыпь

в поперечной раме. Выбор варианта определяется несущей способностью свай по грунту.

В продольном направлении рамы располагают с шагом 5 *м*. Между каждыми двумя рамами на расстоянии 2,5 *м* от них погружают еще по одной вертикальной свае в прикордонном и тыловом рядах.

Бортовую балку омоноличивают с плитами верхнего строения. Швартовные тумбы закрепляют на ригелях при их бетонировании.

Массивы тылового сопряжения устанавливают на каменную постель, короб коммуникаций — по бетонной подготовке, укладываемой поверх массивов.

§ 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИЧАЛОВ

Применяются следующие типы унифицированных элементов.

Элемент типа «Т» — цилиндрическая, полая предварительно напряженная оболочка внешним диаметром 1,6 *м* (рис. 11.5 *а*) с толщиной стенки 12 и 15 *см*. Длина звеньев оболочек равна 6,0 и 8,0 *м*.

Для всех типов звеньев принято постоянное количество напрягаемых рабочих стержней (24). Варьируется в зависимости от требуемой несущей способности только диаметр рабочей арматуры. Концевые участки звеньев усилены 12 ненапряженными стержнями.

В каждом звене закладывают при изготовлении стальные фланцы: верхний, стыковые и ножевой в зависимости от типа звена (верхнее, среднее, нижнее). Сваркой стыковых фланцев звенья соединяют в колонну.

При необходимости оболочки могут быть изготовлены и без предварительного натяжения арматуры с соответствующим пересчетом момента трещинообразования.

Оболочки изготовляют способом центрифугирования. Бетон гидротехнический М400, Р27, В8. Марка по морозостойкости назначается при привязке проекта.

Технические характеристики оболочек приведены в табл. 11.3.

Таблица 11.3

Технические характеристики оболочек диаметром 1,6 *м*

Марка звена	Схема оболочки	Размеры		Предельный изгибающий момент, *т·м*		Расход материалов на звено		Вес, *т*
		Длина, *м*	Толщина стенки, *см*	по прочности	по трещиностойкости	Сталь, *т*	Бетон, $м^3$	
Т-НВ-8-12	Рис. 11.5, *а*	8	12	209—460	165—280	0,84—1,29	4,4	11,9
Т-НС-8-12 / Т-НН-8-12		8	12	209—460	165—280	0,88—1,34	4,35	11,8
Т-НН-6-12		6	12	209—460	165—280	0,75—1,09	3,23	8,8
Т-НВ-8-15		8	15	261—570	199—338	0,95—1,52	5,39	14,5
Т-НС-8-15 / Т-НН-8-15		8	15	261—570	199—338	1,0 —1,57	5,33	14,4
Т-НН-6-15		6	15	261—570	199—338	0,84—1,28	3,95	10,7

Примечание. Принята следующая схема маркировки звеньев оболочек: Т—Н(О) В (С,Н)—l—δ/d_a,

где Т — тип элемента (оболочка);
Н (О) — напряженная (обычная);
В (С, Н) — верхнее звено (среднее, нижнее);
l — длина звена, *м*;
δ — толщина стенки оболочки, *см*;
d_a — диаметр рабочей арматуры, *мм*.

Элемент типа «Р» — ригель таврового сечения, предварительно напряженный, являющийся основным несущим элементом верхнего строения причалов (рис. 11.5 *б*). Изготовление ригелей предусмотрено из гидротехнического бетона М500, Р31 с применением стержневой арматуры.

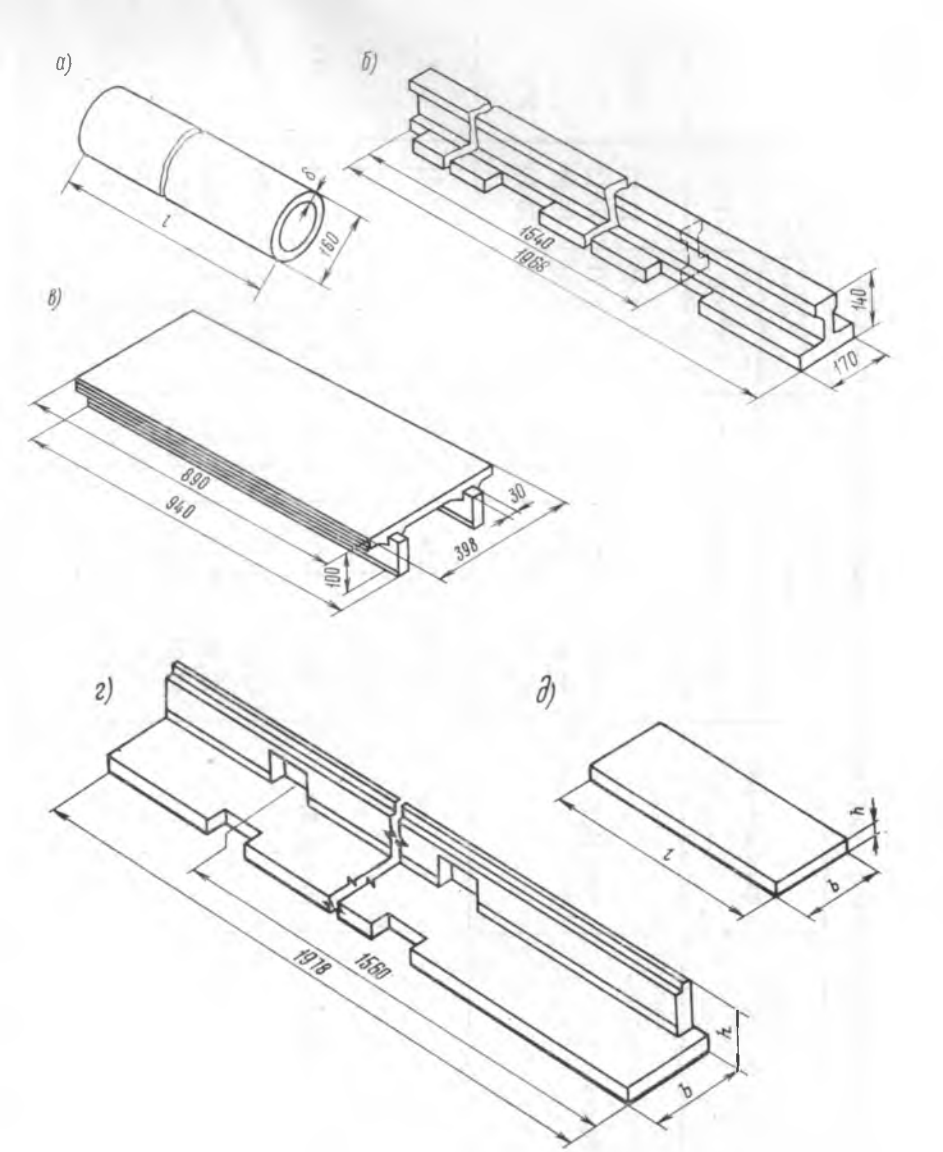


Рис. 11.5. Железобетонные элементы причалов:

а — звено оболочки типа «Т»; *б* — ригель типа «Р»; *в* — двухребристая панель типа «П»; *г* — бортовая балка типа «Б»; *д* — плита перекрытия типа «ПП»

Длина ригелей для крайних пролетов секции составляет 19,68 *м*, для средних — 15,40 *м*. В местах опирания ригеля на оболочки полка имеет вырезы и выпуски арматуры для омоноличивания ригеля с опорами.

Принят единый диаметр напрягаемой арматуры — 25 *мм*.

Элемент типа Б — бортовая балка, предназначенная для образования кордонной консоли и создания потерн для прокладки инженерных коммуникаций

Таблица 11.4

Технические характеристики унифицированных элементов верхнего строения

Марка элемента	Тип элемента	Схема элемента	Размеры, *м*			Расход материалов на элемент		Вес, *т*
			Длина	Ширина	Высота	Сталь, *т*	Бетон, *м*³	
Р-Н-19,68-I	Ригель	Рис. 11.5 *б*	19,68	1,70	1,40	6,26—7,12	19,85	49,6
Р-Н-19,68-II			19,68	1,70	1,40	5,59—5,71	19,15	47,9
Р-Н-15,40-I			15,40	1,70	1,40	4,90—5,51	15,81	39,6
Р-Н-15,40-II			15,40	1,70	1,40	4,25—4,29	15,10	37,8
Б-О-19,78-1,88-I Б-О-19,78-1,88-II	Бортовая балка	Рис. 11.5,*г*	19,78	1,88	1,53	3,57—4,12	17,21	43,0
Б-О-19,78-1,38-I Б-О-19,78-1,38-II			19,78	1,38	1,53	3,23—3,67	14,74	36,8
Б-О-15,60-1,88-I Б-О-15,60-1,88-II			15,60	1,88	1,53	2,67—3,34	13,61	34,0
Б-О-15,60-1,38-I Б-О-15,60-1,38-II			15,60	1,38	1,53	2,42—3,03	11,67	29,2
Б-О-19,78-2,38-II			19,78	2,38	1,53	4,78	19,28	48,2
Б-О-15,60-2,38-II			15,60	2,38	1,53	3,60	15,32	38,3
БУ-3,98-2,38/2,40			3,98	2,40	2,38	0,45	5,10	12,8
БУ-3,98-1,53/1,38			3,98	1,38	1,53	0,24	3,12	7,8
БУ-3,98-1,53/1,88			3,98	1,88	1,53	0,23	3,62	9,1

П-НР-9,40-1,0	Двухребристая панель	Рис. 11.5, *в*	9,40	3,98	1,0	1,59—2,18	12,20	30,5
П-НР-3,70-1,0			3,70	3,98	1,0	0,15	4,54	11,4
П-НП-9,40-1,0			9,40	3,98	1,0	2,01	12,62	31,6
ПП-ОР-3,38-2,34-0,12	Плита перекрытия	Рис. 11.5, *д*	3,38	2,34	0,12	0,16	0,95	2,4
ПП-ОР-3,38-1,84-0,12			3,38	1,84	0,12	0,13	0,75	1,9
ПП-ОР-3,38-1,16-0,12			3,38	1,16	0,12	0,11	0,47	1,2
ПП-ОР-3,38-0,82-0,12			3,38	0,82	0,12	0,08	0,33	0,8
ПП-ОР-2,92-1,16-0,12			2,92	1,16	0,12	0,10	0,41	1,0
ПП-ОР-2,92-0,82-0,12			2,92	0,82	0,12	0,07	0,29	0,7

Примечание. Принята следующая схема маркировки унифицированных элементов верхнего строения: Ригель Р-Н-*l*-1(II)-1(2, 3...), панели П-НР (НП)-*l*-*h*-1(2, 3...), плиты ПП-ОР-*l*-*b*-*h*, балки Б-О-*l*-*b*—1(II),
где Р, П, ПП, Б — тип элемента;
Н (О) — напряженный (обычный);
НР — напряженная, для ростверков причалов;
НП — напряженная, для потерн ростверков;
ОР — из обычного железобетона, для ростверков;
l, *b*, *h* — длина, ширина, высота элемента, *м*;
1, II — количество перекрываемых ригелем пролетов;
1(2, 3) — тип армирования элемента.

Таблица 11.5

Технические характеристики призматических свай 45×45 *см* и оболочек диаметром 1,2 *м* (толщина стенки 12 *см*)

Марка элемента	Тип элемента	Длина, *м*	Предельный изгибающий момент, *тм*		Расход материалов на элемент		Вес, *т*
			по прочности	по трещиностойкости	Сталь, *т*	Бетон, *м*³	
15,5-45-22	Свая	15,5	29,8	15,7	0,65	3,21	8,03
15,5-45-25	»	15,5	36,9	18,5	0,79	3,21	8,03
19-45-20	»	19,0	25,4	14,1	0,66	3,92	9,80
20-45-18	»	20,0	21,0	12,5	0,60	4,08	10,22
20-45-22	»	20,0	29,8	15,7	0,79	4,08	10,22
21,5-45-20	»	21,5	25,4	14,1	0,73	4,43	11,05
22,5-45-20	»	22,5	25,4	14,1	0,75	4,63	11,56
24-45-22	»	24,0	29,8	15,7	0,91	4,89	12,22
СО-4	Оболочка	4,0		42,5	0,31	1,65	4,12
СО-8	»	8,0		42,5	0,49	3,3	8,25
СОн-8	»	8,0		42,5	0,49	3,3	8,25

Примечания: 1. Все элементы из гидротехнического бетона М300.

2. Схема маркировки свай l—b—$d_а$,

где l — длина, *м*;

b — размер стороны поперечного сечения, *см*;

$d_а$ — диаметр рабочей арматуры, *мм*.

Таблица 11.6

Технические характеристики элементов верхнего строения причалов на призматических сваях и оболочках диаметром 1,2 *м*

Марка элемента	Тип элемента	Размеры, *м*			Расход материалов на элемент		Вес, *т*
		Длина	Ширина	Высота	Сталь, *т*	Бетон, *м*³	
	Причалы на призматических сваях						
П-1	Плита верхнего строения	14,10	4,10	0,70	3,63	19,8	42,0
П-2	То же	14,10	3,10	0,70	3,10	15,0	35,0
Б	Бортовая балка	4,98	0,38	0,97	0,24	1,4	3,6
ПП-I-V	Плита перекрытия	4,98	1,38	0,20	0,13	0,95—1,4	2,4—3,5
	Короб коммуникаций	7,60	3,50	1,80	1,65	12,6	31,5
	Причалы на колоннах-оболочках диаметром 1,2 м						
О-1	Оголовок	2,00	2,00	0,50	0,21	1,20	2,9
О-2	»	2,50	2,00	0,50	0,24	1,50	3,8
П-1	Плита верхнего строения	5,23	5,23	0,60	2,36	16,0	40,0
П-2	То же	5,23	5,23	0,60	2,37	16,0	40,0
КС	Кордонная стенка	5,23	2,24	1,25	1,05	5,5	14,2
ТБ	Тыловая балка	5,23	1,31	1,30	0,72	6,0	15,0

Примечание. Все элементы из гидротехнического бетона М300.

Таблица 11.7

Объемы работ на 100 *пог. м* набережных на призматических сваях сечением 45×45 *см*

Показатель	Единица измерения	Набережная при глубине у причала, *м*			
		11,5		9,75	
		I вариант	II вариант	I вариант	II вариант
Забивка вертикальных свай длиной более 16 *м*	шт.	106	128	106	128
	$м^3$	455	594	446	581
Забивка наклонных свай длиной до 16 *м*	шт.	22		22	
	$м^3$	68		72	
Установка металлических хомутов для монтажа плит верхнего строения	шт.	42			
Отсыпка камня в подпричальный откос и призму тылового сопряжения	$м^3$	4850		3570	
Грубое ровнение каменной отсыпи	$м^2$	2250		1900	
Весьма тщательное ровнение каменной призмы и каменной постели под массивы	»	450			
Отсыпка щебеночного контрфильтра	$м^3$	750		820	
Грубое ровнение контрфильтра	$м^2$	1700		1800	
Изготовление и установка бетонных массивов тылового сопряжения с огрузкой	шт.	25		25	
	$м^3$	450		330	
Выкладка откоса крупным камнем весом 100 *кг*	$м^2$	300		465	
Установка плит верхнего строения	шт.	20			
	$м^3$	378			
Омоноличивание монтажных проемов в плитах	$м^3$	32			
Бетонирование ригелей	»	280			
Установка бортовых балок	шт.	20			
	$м^3$	29			
Омоноличивание бортовых балок и устройство колесоотбойного бруса	$м^3$	29			
Устройство бетонного покрытия причала	»	150			
Изготовление и установка короба коммуникаций	»	203			
Объем сборного железобетона, всего	»	1135	1275	1130	1265
Объем монолитного железобетона, всего	»	360			
Количество сборных элементов	шт.	245	267	245	267

Примечания: 1. Объемы работ по отсыпке песка в подпричальный откос и за тыловое сопряжение ориентировочно могут быть взяты по табл. 11.8.

2. Объемы работ по швартовным и отбойным устройствам показаны в табл. 9.2.

(рис. 11.5 *г*). Балки могут также применяться как элементы сопряжения набережной с берегом (тип «БУ»).

Длина балок равна: 19,78 *м* — для крайних пролетов секции причала, 15,6 *м* — для средних пролетов и 3,98 *м* — для балок типа «БУ». Балки. запроектированы из ненапряженного железобетона (бетон гидротехнический М400, Р27).

Элемент типа «П» — двухребристая панель, используемая в качестве плиты верхнего строения (рис. 11.5, *в*). Панели изготовляют из предварительно напря-

Объемы работ на 100 *пог. м* причалов на колоннах-

Показатель	Единица измерения	Типоразмеры	
		Портовые	
		11,5-ПН-1(II) 2,75	9,75-ПН-1(II) 2,75
Звенья оболочек длиной 6 и 8 *м*, всего	шт.	96,5(80,5)	96,5(80,5)
	$м^3$	365(294)	331(264)
Погружение колонн-оболочек	шт.	32,15(26,8)	32,15(26,8)
	м	280(245)	240(210)
Отсыпка песка в подпричальный откос	$м^3$	9390	6760
Засыпка грунта за тыловое сопряжение	»	2390	2390
Отсыпка щебеночного контрфильтра	»	565	565
Грубое ровнение контрфильтра	$м^2$	1175	1205
Отсыпка камня в подпричальный откос	$м^3$	2410	2110
Грубое ровнение каменной отсыпки	$м^2$	2670	2280
Весьма тщательное ровнение каменной отсыпки под балки тылового сопряжения	»	290	290
Выкладка откоса крупным камнем весом 100 *кг*	»	250	250
Установка уголковых балок тылового сопряжения с железобетонными нащельниками	шт.	25	25
	$м^3$	141	141
Устройство грунтонепроницаемых завес из гидрорерина в швах тылового сопряжения	$м^2$	55	55
Омоноличивание колонн-оболочек с ригелями	$м^3$	65(55)	65(55)
Установка ригелей	шт.	16,1	16,1
	$м^3$	286(294)	286(294)
» двухребристых панелей	»	50/419	50/419
» бортовых балок	»	5,35/86	5,35/86
» плит	»	25/24	25/24
Омоноличивание элементов верхнего строения	$м^3$	345(312)	345(312)
Устройство бетонного покрытия причала	»	183	183
Нанесение антикоррозионного покрытия из эпоксидной смолы (при монтаже)	$м^2$	400	400
Объем сборного железобетона, всего	$м^3$	1321(1258)	1287(1228)
Объем монолитного железобетона, всего	»	410(367)	410(367)
Расход стали	*т*	305	300
Количество сборных элементов	шт.	218(202)	218(202)

Примечания: 1. Объемы работ по швартовным и отбойным устройствам
2. В скобках указаны объемы работ по причалам II типа,

оболочках диаметром 1,6 *м*

сооружений					
причалы		Причалы СРЗ			
8,25-ПН-1(II) 2,75	6,5-ПН-1(II) 2,75	8,25-СРЗ-Н	6,5-СРЗ-Н	8,25-СРЗ-П	6,5-СРЗ-П
75,0(59,0) / 260(194)	50,0(38,3) / 191(150)	75,0 / 273	62,5 / 246	75,0 / 298	75,0 / 274
25,0(19,6) / 230(185)	25,0(19,6) / 175(145)	25,0 / 280	25,0 / 230	25,0 / 300	25,0 / 250
4780	3370	4780	3370	—	—
2390	1010	960	960	230	230
580	405	770	770	50	50
1470	1220	1660	1660	150	150
1520	1030	2560	2110	230	205
1660	1460	1965	1625	185	185
290	150	240	240	18	18
100	460	485	485	40	40
25 / 141	25 / 92	25 / 97	25 / 97	—	—
55	35	116	116	—	—
51(40)	51(40)	70	70	70	70
10,7 / 191(194)	10,7 / 191(194)	10,7 / 191	10,7 / 191	10,7 / 191	10,7 / 191
25 / 305	25 / 305	25 / 305	25 / 305	25 / 305	25 / 305
5,35 / 86	5,35 / 86	5,35 / 97	5,35 / 97	10,7 / 194	10,7 / 194
25 / 24	25 / 24	125 / 52	125 / 52	259 / 105	259 / 105
210(183)	210(183)	177	177	232	232
113	113	136	136	136	136
310	310	310	310	310	310
1007(944)	889(851)	1015	988	1100	1076
261(223)	261(223)	247	247	302	302
210(220)	200(205)	220	220	240	240
166(150)	141(129)	266	254	380	380

показаны в табл. 9.2.

Таблица 11.9

Объемы работ на 100 *пог. м* набережных на колоннах-оболочках диаметром 1,2 *м*

Показатель	Единица измерения	Набережная при глубине у причала, *м*			
		6,50	8,25	9,75	11,5
		Число пролетов в поперечном направлении			
		2	3	3	3
Погружение колонн-оболочек длиной 12 *м*	шт.	60,7	40,5	—	—
	м	420	380		
То же, длиной 16 *м*	»	—	40,5	40,5	40,5
			300	500	500
» » 20 »	»	—	—	40,5	40,5
				400	350
Звенья оболочек длиной 4 и 8 *м*, всего	шт.	121,4	162	202,5	202,5
	*м*³	252	393	506	506
Установка оголовков на колонны-оболочки	»	60,7	81	81	81
		75	98	98	98
Отсыпка щебеночного контрфильтра	*м*³	600	680	650	750
Отсыпка камня в подпричальный откос	»	2300	3200	4700	6100
Грубое ровнение каменной отсыпи	*м*²	2100	2460	2760	2820
Установка плит верхнего строения	шт.	36	54	54	54
	*м*³	575	864	864	864
Установка бортовых балок	»	13,5	13,5	13,5	13,5
		64	64	64	64
Установка тыловых балок	»	13,5	13,5	13,5	13,5
		51	51	51	51
Омоноличивание элементов	*м*³	109	147	147	147
Устройство бетонного покрытия причала	»	160	230	230	230
Объем сборного железобетона, всего	»	1090	1585	1670	1670
Объем монолитного железобетона, всего	»	1220	1720	1830	1830
Количество сборных элементов	шт.	279	371	412	412

Примечание. Объемы работ по отсыпке песка в подпричальный откос, см. в табл. 11.8, а по швартовным и отбойным устройствам в табл. 9.2.

женного железобетона (бетон гидротехнический М500, Р31) с применением стержневой арматуры.

Элементы типа «ПП» — плиты перекрытия и перегородок потерн, плоские, прямоугольные (рис. 11.5, *д*). Их выполняют из ненапряженного железобетона (бетон гидротехнический М400, Р27).

Технические характеристики унифицированных элементов верхнего строения приведены в табл. 11.4.

Причалы на призматических сваях и оболочках $d=1{,}2$ *м* строятся из неунифицированных элементов, характеристики которых приведены в табл. 11.5 и 11.6.

Основные показатели, характеризующие объемы работ и расход материалов на строительство 100 *пог. м.* эстакадных причальных сооружений, приведены в табл. 11.7, 11.8, 11.9.

§ 4. МОНТАЖ ПРИЧАЛОВ

Монтаж причалов эстакадного типа выполняется в следующем порядке:

1) погружение колонн-оболочек или свай;
2) срезка верха оболочек или свай до проектной отметки;
3) устройство подпричального откоса;
4) установка элементов тылового сопряжения;
5) монтаж элементов верхнего строения причала.

Параллельно с монтажными работами осуществляют защитные мероприятия по обеспечению долговечности сооружения

Погружение и срезка верха колонн-оболочек и свай

Методы производства работ по погружению колонн-оболочек и свай и требования, предъявляемые к работам, изложены в главе VI справочника.

После погружения колонн-оболочек и свай их верх срезают до проектной отметки. Допуск в точности срезки — минус 3 *см*. При срезке должны быть оставлены арматурные выпуски. Срезку оболочек производят со специальных инвентарных круговых мостиков. Мостик весом 1,7 *т* надевают на голову оболочки и закрепляют на ней винтовыми зажимами.

В зависимости от отметки срезки и уровня воды мостик или плавает, или висит на оболочке. По внутреннему борту мостика на двух круговых рельсах двигается тележка с отбойным молотком, которым срубают оболочку.

Для защиты срезаемого элемента от повреждения крупными выколами бетона и обеспечения необходимой точности срезки на элемент устанавливают бандаж из полосовой стали толщиной 5—6 *мм*, высотой 100 *мм*. В полости колонн-оболочек с этой целью устанавливают разборное кружало.

Подрубленную часть колонны-оболочки или сваи стропят к гаку плавучего крана и после обрезки арматуры убирают.

Устройство подпричального откоса

Рефулирование песчаного грунта в подпричальный откос производят после погружения опор. Окончательную досыпку грунта до проектного профиля осуществляют грейфером.

К работам по отсыпке щебня и камня приступают после промеров глубин и проверки соответствия фактического профиля грунтового откоса его проектному профилю. Отклонения от проектных глубин в отдельных точках могут быть допущены в пределах ± 15 *см*.

Отсыпку производят с помощью плавкрана, оборудованного грейфером с емкостью ковша до 5 $м^3$, или из контейнеров емкостью 3—8 $м^3$. При отсыпке должны быть выдержаны проектные отметки, а также размеры откоса в плане, с тем чтобы объем отсыпки соответствовал указанному в рабочих чертежах. Правильность отсыпки контролируют промерами глубины футштоком, производимыми через 5—6 *м* по длине и 2—3 *м* по ширине откоса.

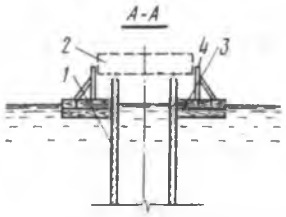
Ровнение поверхности щебеночного контрфильтра и каменной отсыпки под водой, а также укрепление откоса крупным камнем весом не менее 100 *кг* в зоне воздействия волн выполняют водолазы.

Каменную постель под элементы тылового сопряжения ровняют весьма тщательно. Мелкий камень применяют только для заполнения впадин. Укладка выравнивающего слоя из мелкого камня по площади постели не допускается.

При устройстве подпричального откоса необходимо принять меры по защите оболочек и свай от повреждений.

Массивы или уголковые балки тыловой подпорной стенки устанавливают плавкраном. После установки массивов производят их огрузку до стабилизации осадки.

Причалы на колоннах-оболочках диаметром 1,6 м. Перед монтажом ригелей в полости оболочек устанавливают днища-стаканы, которые крепятся к выпускам арматуры. Под водой на днище бетонируют пробку высотой 0,2 *м*. После приобретения прочности подводным бетоном воду из полости оболочки откачивают и все дальнейшие работы по омоноличиванию оболочки с ригелем выполняют насухо.



С торца стенки оболочки в месте опирания ригеля срезают арматуру и торец выравнивают бетоном, укладываемым в инвентарное опалубочное устройство. Внутренняя поверхность оболочек на участке от днища до торца должна быть очищена от наплывов шлама и обработана для обеспечения сцепления с бетоном омоноличивания.

Монтаж ригелей осуществляют плавкраном. Для установки ригелей в проектное положение применяют плавучие мостики-кондукторы с фиксаторами проектного положения ригеля (рис. 11.6). Ригель устанавливают с закрепленными на нем вспомогательными монтажными балками, предназначенными для использования при монтаже бортовых балок.

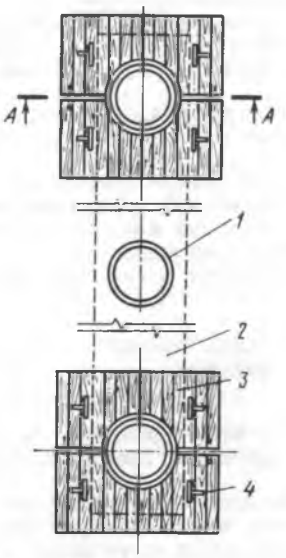


Рис. 11.6. Мостик-кондуктор для установки ригелей:
1 — оболочка; *2* — ригель; *3* — мостик; *4* — фиксатор проектного положения ригеля

После проверки правильности установки ригелей бетонируют узлы омоноличивания ригелей с опорами и между собой. Омоноличивание необходимо производить бетонной смесью с водоцементным отношением не более 0,5, приготовленной с воздухововлекающей добавкой СНВ на щебне, однородном по своим физико-механическим свойствам со щебнем, примененным при изготовлении оболочек и ригелей.

Укладываемый бетон омоноличивания тщательно уплотняют. Применение для омоноличивания бетона, приготовленного на высокоэкзотермичном цементе, запрещается. Рекомендуется минимально возможный расход цемента.

По достижении бетоном омоноличивания 70% проектной прочности плавкраном устанавливают двухребристые панели и бортовые балки, контролируют точность их установки. Омоноличивание бортовых балок и двухребристых панелей с ригелями и бетонирование монолитных консолей производят одновременно.

При монтажных работах подъем краном элементов верхнего строения осуществляют с помощью траверсы.

Проектом предусмотрена установка в элементы закладных деталей, необходимых для соединения элементов между собой в процессе монтажа.

Монтаж плит перекрытия потерн, швартовных тумб и отбойных устройств выполняется автокраном с уложенных панелей.

Параллельно с работами по монтажу панелей можно осуществлять перекрытие полотнищами гидрорерина зазоров в стыках балок тылового сопряжения, отсыпку контрфильтра за эти балки и образование территории.

Монтаж элементов верхнего строения следует вести с соблюдением допусков, указанных в табл. 11.10.

Причалы на колоннах-оболочках диаметром 1,2 м. Методы монтажа этих причалов аналогичны указанным выше для причалов на колоннах-оболочках диаметром 1,6 *м*, но омоноличивание элементов верхнего строения между собой и с колоннами-оболочками здесь одностадийное.

Причалы на призматических сваях. Плиты верхнего строения плавкраном устанавливают на закрепленные на сваях металлические монтажные хомуты, с помощью которых плиты фиксируют в проектном положении. Каждая плита имеет два монтажных проема, в которые при установке плит входят головы свай промежуточного поперечного ряда. После проверки положения плит их омоноличивают со сваями в монтажных проемах.

Ригели бетонируют во вторую очередь, после установки бортовых балок. Монолитные ригели жестко соединяют плиты между собой. Одновременно с бетонированием ригелей омоноличивают с плитами бортовые балки.

По завершении огрузки массивов тылового сопряжения на них по бетонной подготовке плавкраном устанавливают блоки короба коммуникаций, которые затем омоноличивают между собой с устройством температурно-осадочных швов.

Отсыпку за массивы каменной призмы и щебеночного контрфильтра производят одновременно с монтажом верхнего строения. На этих работах могут быть использованы наземные грузоподъемные и транспортные средства.

Поднимают и устанавливают элементы верхнего строения с помощью траверс. При монтаже следует соблюдать допуски, указанные в табл. 11.10.

Таблица 11.10

Допускаемые отклонения при монтаже причалов

Наименование отклонения	Величина допуска, *см*
Отклонение верха колонны-оболочки	10
» » сваи в плане	20
Изменение отметки верха колонны-оболочки или сваи	—3
Отклонение верхней плоскости ригелей и бортовых балок от горизонтали в пределах длины секции	—3, +1
Отклонения панелей и плит верхнего строения:	
в продольном направлении	2
в поперечном направлении	2
по высоте	±1
Искривление линии кордона в плане в пределах длины секции	2
Отклонение балок тылового сопряжения в плане	3

Глава XII. ПРИЧАЛЬНЫЕ НАБЕРЕЖНЫЕ ТИПА БОЛЬВЕРК

§ 1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

Больверки являются наиболее распространенной конструкцией причальных сооружений в речном и морском портостроении. Основные составные части больверка — шпунтовый ряд и анкерные устройства — выполняются из дерева, метал-

Условия применения и основные виды причальных

Вид	Краткая характеристика	Основное назначение
Деревянные	Безанкерные стенки из брусчатого или клееного шпунта	Временные речные причалы и берегоукрепления
	То же, заанкерованные с разгрузочными каменными призмами	То же, для морских условий при отсутствии древоточцев
Стальные	Безанкерные стенки из шпунта типа Ларсен	Речные причалы и берегоукрепления
	То же, из шпунта типа ШП с волнообразной забивкой в плане	То же
	Заанкерованные стенки из шпунта типа Ларсен и ШК	Речные причалы Морские причалы
Железобетонные	Безанкерные стенки из плоского шпунта	Речные причалы и берегоукрепления
	Заанкерованные стенки из плоского шпунта с разгрузочными каменными призмами и без них	Речные причалы Морские причалы
	Заанкерованные стенки из шпунта таврового сечения с применением унифицированных элементов	Речные причалы Морские причалы
	То же, с надстройкой двуханкерные и с применением унифицированных элементов	Речные причалы
	То же, из оболочек ⌀ 1,6 *м* с монолитным шапочным брусом с применением унифицированных элементов	Морские причалы

Примечание. Высота морских причалов принята по типовой сетке глубин

ла или железобетона. При небольшой высоте и незначительных нагрузках на кордоне применяются безанкерные больверки, при больших высотах и нагрузках — заанкерованные с одним или двумя анкерами.

В табл. 12.1 приведены основные типы больверков для различных эксплуатационных и строительных условий. Особенно широкое распространение получили в речном портовом строительстве причалы из таврового железобетонного шпунта, а в морском — причалы из стального шпунта и частично из оболочек диаметром 1,6 *м*. Погружение всех видов шпунтов, оболочек и свай и допустимые отклонения приведены в главе VI.

Таблица 12.1

набережных типа больверк

Высота стенки, *м*	Нагрузки в прикордонной зоне, *т/м²*	Ледовые условия	Грунты		Проекты
			основания	засыпки	
До 2 До 4	2 2	Неподвижный лед толщиной до 0,6 *м*; подвижный битый лед	Пески, гравелистые грунты (галька менее 30%) и глины средней плотности без валунов и топляков	Песок $\varphi \geqslant 30°$ и каменная отсыпка для морских причалов	Индивидуальные
До 4 До 6,5 5—12 7—14	2 2; 4 2; 4 2; 3; 4	Без ограничений	Все грунты, кроме скалы		Индивидуальные и типовые Союзморниипроекта и Гипроречтранса
До 7 До 8 7—12	2 2; 4 2; 3; 4	Неподвижный лед толщиной до 0,6 *м*; подвижный битый лед	Пески, гравелистые грунты (галька менее 30%) и глины средней плотности без валунов		Индивидуальные Типовые Гипроречтранса и Ленморниипроекта
5—11 9—14 11—15 9—14	2; 4 3; 4 4 3; 4		Пески и гравелистые грунты (галька менее 30 %) без валунов, допускающие вибропогружение	Песок $\varphi \geqslant 30°$	Типовые Гипроречтранса и Ленморниипроекта Типовые Гипроречтранса Типовой Ленморниипроекта

возвышением кордона над Г. В. 2,50 *м*.

§ 2. БОЛЬВЕРК ИЗ ДЕРЕВЯННОГО ШПУНТА

Деревянный шпунт обычно применяется для устройства временных причалов. Причалы строят таким образом, чтобы верх шпунтового ряда во избежание интенсивного гниения не возвышался более чем на 20—30 *см* над меженним уровнем реки.

Деревянный шпунт изготовляется из леса хвойных пород (сосна 1—2-го сортов). Шпунтины обычно имеют длину 6,5—8,5 *м*. Наиболее рациональные размеры шпунта приведены в табл. 12.2.

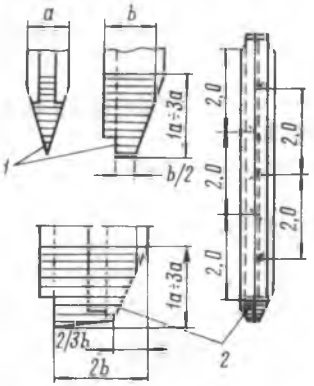


Рис. 12.1. Конструкция деревянного шпунта:

1 — одиночная шпунтина (острие); *2* — сплоченная шпунтина

Размеры прямоугольного паза принимаются 55×55 *мм*, или $^1/_3a$, размеры гребня — на 5 *мм* меньше. Для дощатого шпунта толщиной до 12 *см* применяется треугольный паз и гребень высотой в половину толщины шпунтины.

Нижний конец шпунтов заостряют в форме клина длиной до трех толщин шпунта (острее — для легких грунтов), расположенного точно по продольной оси шпунтового ряда. Для обеспечения плотности шпунтового ряда скашивают грань клина со стороны гребня до половины ширины шпунта.

Для повышения темпа и качества забивки деревянный шпунт сплачивают скобами по 2—3 штуки. Скобы вбивают в тело шпунта через 1—1,5 *м* впотай под углом, в разных направлениях, чтобы препятствовать сдвигу шпунтин друг по другу. Шпунтовые пакеты должны иметь общее заострение внизу и общий бугель для забивки вверху (рис. 12.1).

Более эффективно дерево используется при изготовлении клееных шпунтин, наиболее рациональная форма и размеры которых приведены в табл. 12.3.

Размер паза принимается 65×55 *мм*, гребня — 60×50 *мм*. При изготовлении клееных шпунтин рекомендуется применять фенолформальдегидные клеи КБ-3 и СК-2 и изготовлять их в соответствии с «Инструкцией по проектированию и изготовлению клееных деревянных конструкций и строительных деталей» (СН-11—57).

Деревянные шпунтовые сваи для обеспечения прямолинейности ряда и заданного направления забивают гребнем вперед между двумя направляющими, закрепленными на маячных сваях (см. рис. 6.7, главу VI). В направляющие

Таблица 12.2

Технические характеристики обычного деревянного шпунта

Поперечное сечение	Размеры, *см*		Необходимый диаметр леса, *см*	Количество шпунтин на 1 *пог. м.* стенки, шт.	Момент сопротивления 1 *пог. м.* стенки, *см*³
	a	*b*			
	16	19	20	7,3	4260
	18	20	22	6,7	5400
	20	20	23	6,6	6670
	22	21	25	6,4	8060
	24	23	28	5,5	9600

Примечание. Допускаемое напряжение на изгиб принимается $\sigma = 150$ *кГ/см*²

Таблица 12.3

Технические характеристики клееного деревянного шпунта

Поперечное сечение	Размеры, *см*		Площадь 1 *пог. м*, *см*²	Момент сопротивления 1 *пог. м* стенки, *см*³
	a	*b*		
140 (160)×36	180	270	1600	4410
	200	270	1800	5540
160×36	220	240	1970	6570
	240	240	2060	7280
	260	240	2150	8030

устанавливают набор из 3—4 сплоченных шпунтин, которые затем последовательно забивают до проектных отметок.

Забитый ряд поверху обжимается двумя парными схватками из пластин на болтах. По верху стенки устраивается деревянный шапочный брус или железобетонный оголовок.

При тяжелых грунтах основания, когда не удается получить достаточной плотности стенки, для обеспечения ее грунтонепроницаемости отсыпают каменную призму с обратным фильтром, которая также уменьшает давление грунта на стенку.

§ 3. БОЛЬВЕРК ИЗ СТАЛЬНОГО ШПУНТА

Стальной шпунт наиболее широко используют при строительстве больверков, благодаря его экономичности, высокой индустриальности и простоте в производстве работ. Он может применяться в любых грунтовых условиях, кроме скальных, и в самых суровых климатических условиях (полярных). Сортамент стального шпунта насчитывает большое количество разнообразных профилей, отличающихся по типу замков и несущей способности. Наиболее распространенные в отечественном портостроении профили и их основные характеристики приведены в приложении 4.

После забивки заанкерованный шпунт объединяют распределительным поясом для восприятия и распределения анкерных усилий. С помощью пояса могут быть частично выправлены искривления шпунтового ряда, образовавшиеся при забивке. Обычно распределительный пояс выполняют из парных швеллеров, расстояние между которыми определяется диаметром анкерных тяг и их наклоном.

После анкеровки шпунтового ряда и обратной засыпки песком (благодаря плотности замков грунтонепроницаемость стенки обеспечивается без каких-либо дополнительных мероприятий) шпунт омоноличивают поверху железобетонным сборно-монолитным оголовком.

Союзморниипроектом разработаны типовые проекты причалов для глубин у кордона 8,25; 9,75 и 11,50 *м* из шпунта Ларсен V.

Общий вид причала приведен на рис. 12.2.

При забивке стального шпунта часто приходится сращивать шпунтины по длине сваркой. Детали сварного стыка приведены на рис. 12.2. Сварку ведут по

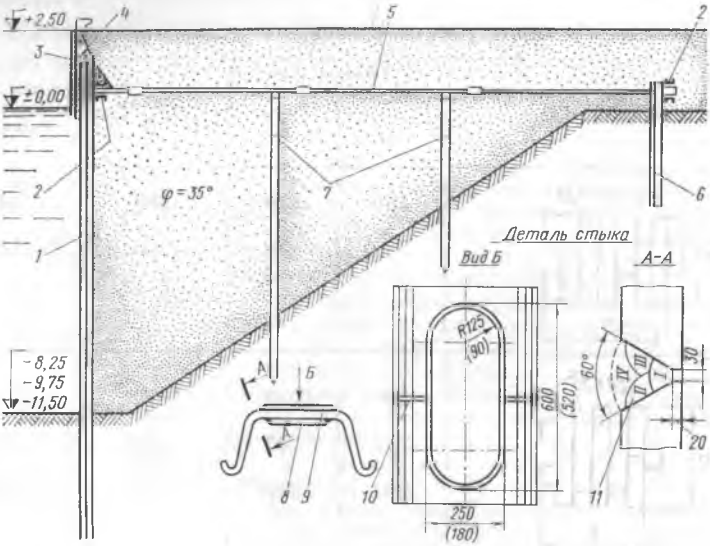


Рис. 12.2. Больверк из стального шпунта для морских условий:
1 — стальной шпунт; *2* — распределительный пояс из швеллеров; *3* — облицовочная плита; *4* — монолитный железобетонный оголовок; *5* — анкерная тяга; *6* — стальная или железобетонная анкерная плита; *7* — деревянные сваи с насадками; *8* — внутренняя накладка толщиной 8 *мм*; *9* — наружная накладка толщиной 8 *мм*; *10* — шов; *11* — порядок сварки шва. В скобках — размеры внутренней накладки, *мм*

всему периметру, для чего снимают фаску с обеих шпунтин и зачищают стык наждачным кругом от шлака, окалины и неровностей. Кроме того, стык перекрывают парными накладками толщиной 8 *мм*.

Если сварку выполняют постоянным током при обратной полярности (рекомендуемый способ), применяют электроды марки Э42А, СМ-11 и УОНИ-13/45 диаметром 4—5 *мм*. При сварке переменным током — только электроды СМ-11.

Сварку ведут слоями высотой 5 *мм*, зачищая каждый слой от шлака и окалины.

Порядок работ при сварке следующий:

обе шпунтины закрепляют в кондукторе, укладывая их корытом вверх, при этом смещение кромок не должно превышать 2 *мм*:

производят прихватку в двух местах, проверяют размеры стыка и накладывают два слоя сварки на горизонтальную полку внутри корыта;

сваривают наклонные полки до концов замков, ведя сварку от горизонтальной полки вверх также слоями;

накладывают остальные слои сварки на горизонтальную полку;

после зачистки шва приваривают внутреннюю наладку швом, толщиной 8 *мм*;

шпунтину перекантовывают, вырубают на 2—4 *мм* корень шва и производят подварку;

завершают сварку замков, в которые закладывают медные прокладки, препятствующие попаданию металла внутрь замка;

зачищают стык и приваривают наружную накладку.

Несущая способность безанкерного шпунтового ряда из легких профилей (ШП) может быть повышена путем волнообразной в плане забивки шпунтового ряда.

Отношение высоты волны к длине должно составлять 0,1—0,3 (рис. 12.3), что определяется максимально возможным поворотом шпунта в замках. Длину полуволны рекомендуется назначать 3,0—4,0 *м*.

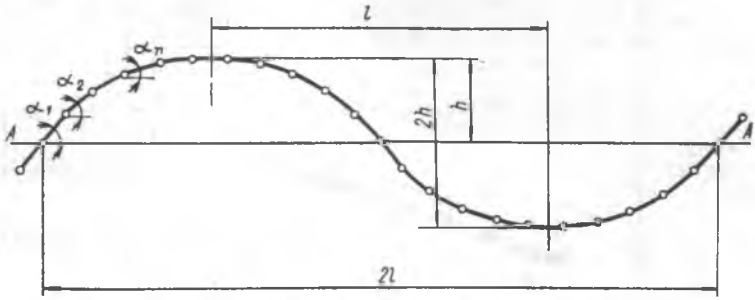


Рис. 12.3. Волнообразная забивка шпунта

Момент сопротивления волнообразной стенки по сравнению с плоской увеличивается во много раз и может быть вычислен по приближенной формуле, предложенной Г. Н. Николаевым:

$$W = \frac{t_п}{4h}\left(\frac{l^2}{4h} + h\right)^3 K \ см^3, \qquad (12.1)$$

где W — момент сопротивления стенки на длине полуволны l;
$t_п$ — приведенная толщина шпунта (площадь шпунтовины, деленная на ее ширину между осями замков), *см*;
h — половина высоты волны, *см*;
l — длина полуволны, *см*;
K — коэффициент, приведенный в табл. 12.4.

Таблица 12.4

h/l	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
K	0,001	0,01	0,034	0,078	0,16	0,27	0,41
n	1,03	1,06	1,08	1,16	1,22	1,30	1,38

Расход шпунта на 1 *пог. м* длины стенки (по прямой) увеличивается в n раз в соответствии с табл. 12.4.

§ 4. БОЛЬВЕРК ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ШПУНТА

Железобетонный шпунт в последние годы находит все большее применение. Номенклатура шпунта включает плоские, тавровые, широкопанельные и цилиндрические шпунты. Высота сечения и длина шпунтин определяются в зависимости от условий строительства. Наиболее характерные технические данные унифицированных шпунтов, изготовляемых на заводах ЖБК, приведены в табл. 12.5.

Тип шпунта и марка	Эскиз	Ширина b, *см*	Длина l, *м*	Высота сечения h, *см*
Плоский речной напряженный ШП		50	5—17	25
		50	до 18	35
Плоский напряженный морской ШН		50	9—12	25
		50	10—19	30
		50	14—21	35
		50	15—22	40
		50	16—24	45
Тавровый напряженный речной ШТ и ШТБ		157	5—13	40
		157	8—14	50
		157	8—17	60
		157	9—20	70
		157	9—20	80
Тавровый напряженный морской П-НБ		158	10—14	80
		158	14—20	100
		158	16—22	120
		158	18—22	140
		158	20—24	160

Таблица 12.5

железобетонного шпунта

Изгибающий момент в пролете (на одну шпунтину), *тм*		Расход материала				Вес шпунтины, *т*
		арматуры, *кг* на 1 $м^3$ бетона		на одну шпунтину		
по прочности	по трещиностойкости	всего	в том числе предварительно напряженной	стальной прокат, *кг*	бетон, $м^3$	
6,8—16,3	4,9—7,6	360	—	20	0,125*l*	0.312*l*
15,8—33,4	9,0—16,8	360	—	20	0,175*l*	0,438*l*
—	—	320	—	—	0,115*l*	0,3*l*
—	—	300	—	—	0,141*l*	0,37*l*
—	—	320	—	—	0,16*l*	0,42*l*
—	—	285	—	—	0,183*l*	0,475*l*
—	—	305	—	—	0,205*l*	0,55*l*
29	22	200	100	60+45*l*	0,31*l*	0,76*l*
48	35	200	100	120+45*l*	0,34*l*+0,1	0,84*l*+0,2
71	55	200	100	140+45*l*	0,37*l*+0,2	0,91*l*+0,4
99	80	200	100	190+45*l*	0,40*l*+0,2	0,99*l*+0,6
130	100	200	100	230+45*l*	0,43*l*+0,3	1,06*l*+0,7
152—190	91—103	168—190	88—110	5,6*l*	0,47*l*	1,2*l*
203—249	140—159	148—166	73—91	4,4*l*	0,55*l*	1,41*l*
250—308	187—213	140—157	65—82	5,7*l*	0,63*l*	1,56*l*
298—367	236—268	133—148	59—74	6,9*l*	0,69*l*	1,71*l*
343—426	287—323	127—141	54—68	8,3*l*	0,75*l*	1,88*l*

Тип шпунта и марка	Эскиз	Ширина b, *см*	Длина l, *м*	Высота сечения h, *см*
Тавровый ненапряженный морской П-ОБ	То же	158 158 158 158	6—8 6—9 7—10 9—11	50 80 100 120
Широкопанельный напряженный речной		314 314 314 314 314	5—11 8—14 8—17 9—16 9—14	40 50 60 70 80
Цилиндрический из оболочек диаметром 1,6 *м* морской Т-Н Т-О		Технические		

Примечание. Марка бетона всех типов шпунтин БГТ-400; В-8; МРЗ назначается проектом.

Плоский шпунт рекомендуется применять главным образом в плотных глинистых грунтах с забивкой его молотами (вибропогружение малоэффективно). В речных условиях плоский шпунт используют для набережных небольшой высоты,

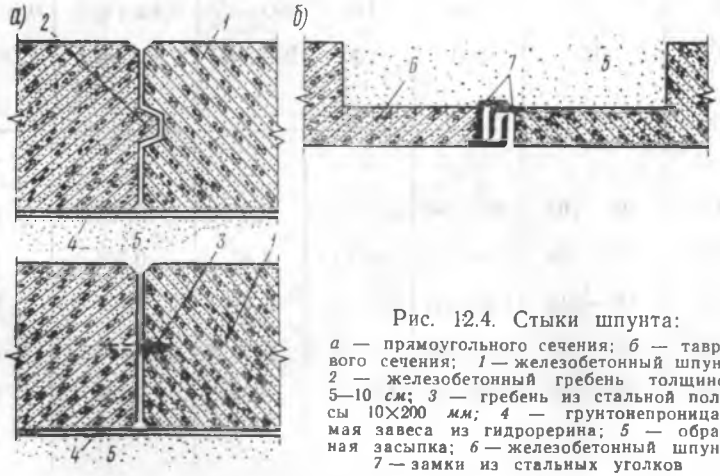


Рис. 12.4. Стыки шпунта:

а — прямоугольного сечения; *б* — таврового сечения; *1* — железобетонный шпунт; *2* — железобетонный гребень толщиной 5—10 *см*; *3* — гребень из стальной полосы 10×200 *мм*; *4* — грунтонепроницаемая завеса из гидрорерина; *5* — обратная засыпка; *6* — железобетонный шпунт; *7* — замки из стальных уголков

Изгибающий момент в пролете (на одну шпунтину), *тм*		Расход материала				Вес шпунтины, *т*
		арматуры, *кг* на 1 *м*³ бетона		на одну шпунтину		
по прочности	по трещиностойкости	всего	в том числе предварительно напряженной	стальной прокат, *кг*	бетон, *м*³	
18—36	—	115—143	—	4,8*l*	0,37*l*	0,93*l*
42—64	—	114—130	—	7,4*l*	0,46*l*	1,16*l*
67—98	—	114—129	—	9,06*l*	0,53*l*	1,33*l*
82—154	—	108—135	—	8,8*l*	0,59*l*	1,48*l*
58	44	200	100	140+45*l*	0,60*l*+0,2	1,50*l*+0,5
96	70	200	100	230+45*l*	0,66*l*+0,3	1,65*l*+0,7
142	110	200	100	430+45*l*	0,72*l*+0,8	1,80*l*+2,0
198	160	200	100	460+45*l*	0,78*l*+1,0	1,95*l*+2,5
260	200	200	100	460+45*l*	0,84*l*+1,2	2,10*l*+3,0

характеристики железобетонных оболочек приведены в главе XI, табл. 11.3.

заанкерованных на уровне оголовка без устройства специального распределительного пояса и разгрузочных каменных призм.

Для обеспечения грунтонепроницаемости с тыловой стороны устраивают сплошные завесы в виде ковра из гидрорерина, помимо железобетонных гребней или металлических шпонок, облегчающих точную забивку шпунтового ряда (рис. 12.4, *а*).

В морских условиях плоский шпунт применяют для портовых набережных с глубинами у причала до 9,75 *м* с устройством каменных разгрузочных призм и щебеночных контрфильтров, что, помимо уменьшения давления на стенку, обеспечивает ее грунтонепроницаемость.

Стенка анкеруется стальными тягами, закрепляемыми к распределительному поясу из парных швеллеров и анкерным плитам или анкерным стенкам из железобетонных свай.

Оголовок выполняется из сборных железобетонных плит, омоноличенных с верхом шпунта и распределительным поясом.

Общий вид больверка по типовому проекту Ленморниипроекта приведен на рис. 12.5, а ориентировочная ведомость объемов работ — в табл. 12.6.

В песчаных, гравелистых и суглинистых грунтах в речных условиях широко применяют унифицированный тавровый и широкопанельный шпунты. Конструкция шпунтов предусматривает наличие металлических замков на краях полок (рис. 12.4, *б*), обеспечивающих грунтонепроницаемость швов и облегчающих точное погружение шпунта в створ набережной. Длина замков назначается из условия перекрытия швов между шпунтинами не менее чем на 1,0 *м* ниже отметки проектного дна.

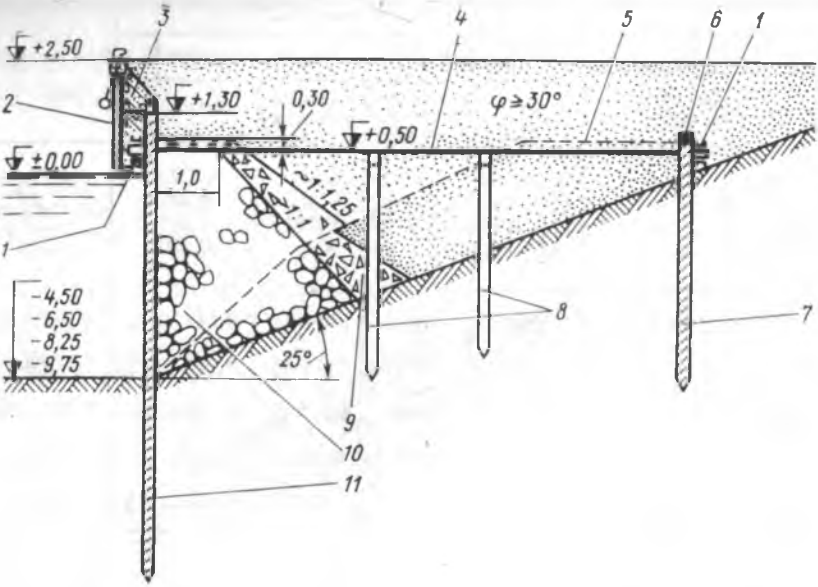


Рис. 12.5. Больверк из прямоугольного железобетонного шпунта для морских условий:

1 — распределительный пояс из швеллера; *2* — сборная железобетонная кордонная плита; *3* — монолитный железобетонный оголовок; *4* — анкерная тяга; *5* — линия первоначальной отсыпки; *6* — монолитная железобетонная шапочная балка; *7* — железобетонная анкерная свайная стенка; *8* — деревянные сваи с насадками; *9* — щебеночный контрфильтр; *10* — каменная разгрузочная призма; *11* — железобетонный шпунт

Особенностью этих типов шпунтов является отсутствие распределительных поясов. Каждый шпунт в зависимости от ширины анкеруется одной или двумя анкерными тягами с помощью специальных закладных деталей. В двуханкерных больверках над шпунтовым рядом устраивается надстройка из сборных предварительно напряженных элементов ребристого сечения шириной 3,14 *м*. Их номенклатура и основные характеристики приведены в табл. 12.7. Элементы надстройки омоноличиваются со шпунтом, самостоятельно анкеруются за анкерные плиты и объединяются поверху железобетонным оголовком.

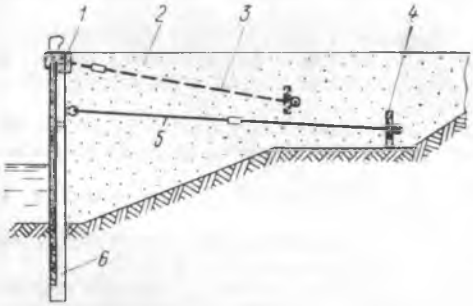


Рис. 12.6. Больверк из таврового железобетонного шпунта для речных условий:

1 — монолитный железобетонный шапочный брус; *2* — засыпка песчаным грунтом; *3* — анкерная тяга для швартовных тумб; *4* — железобетонная анкерная плита; *5* — анкерная тяга; *6* — железобетонный шпунт

Общий вид больверков из таврового шпунта по типовым проектам Гипроречтранса приведен на рис. 12.6 и 12.7.

Для морских условий Союзморниипроектом запроектированы портовые набережные типа больверк из унифицированных железобетонных элементов таврового сечения (рис. 12.8) и оболочек диаметром 1,6 *м* (рис. 12.9).

В больверках из таврового шпунта швы между шпунтами перекрывают матами из гидрорерина. При этом для предотвращения выноса грунта при размы-

Таблица 12.6

Объем работ по морским набережным типа больверк из плоского железобетонного шпунта на 100 *пог. м*

Наименование работ	Единица измерения	Глубина у причала, *м*			
		4,5	6,5	8,25	9,75
Изготовление плоского шпунта	$м^3$	225	388	650	805
Погружение шпунта в грунт при глубине погружения	шт. / *м*	196 / 4,5	196 / 6,5	196 / 8	196 / 9
Изготовление анкерных свай	$м^3$	167	245	314	373
Погружение анкерных свай при глубине погружения	шт. / *м*	196 / 6	196 / 7,5	196 / 8	196 / 9
Подмости для сборки анкерных тяг. Забивка деревянных свай	$м^3$	11	18	26	40
Укладка насадок	»	5	5	13	13
Установка анкерных тяг	*т*	19	34	47	56
» анкерного пояса	»	4,5	4,5	4,5	5,3
Изоляция анкерных тяг	$м^2$	190	280	430	510
Изготовление и установка лицевых железобетонных плит	шт. / $м^3$		25 / 40		
Устройство монолитного оголовка и тумбовых массивов	$м^3$	96	120	120	120
Отсыпка каменной призмы	»	1000	1830	2820	3820
Грубое ровнение каменной призмы под водой	$м^2$	380	580	770	900
Отсыпка обратного фильтра из щебня	$м^3$	250	430	640	920
Грубое ровнение щебня под водой	$м^2$	450	660	800	950
Отсыпка песчаного грунта с уплотнением	$м^3$	4700	9100	12000	14700

Примечание. Объемы работ по установке швартовных тумб и отбойных устройств см. в главе IX, табл. 9.2.

вах дна перед стенкой швы перекрывают с тыловой стороны на 1,0 *м* ниже уровня дна.

При погружении оболочек грунтонепроницаемость стенки обеспечивается заполнением швов между оболочками подводным бетоном в деревянной опалубке методом восходящего раствора (ВР) или вертикально перемещаемой трубы (ВПТ).

Шпунт, подлежащий погружению, должен иметь паспорт и маркировку. Поверхность шпунта покрывают изоляцией в соответствии с проектом. Можно в качестве изоляции применить трехкратное покрытие поверхности бетона растворенным в бензине битумом марки БН-Ш следующего состава по весу: первый слой — битум 25 частей, бензин 75 частей, второй — 50 и 50, третий — 75 и 25 частей соответственно. Каждый последующий слой изоляции наносят после полного высыхания предыдущего. Так же изолируются железобетонные элементы надстройки и анкерные железобетонные плиты.

Наиболее эффективно погружение железобетонного шпунта в песчаные, супесчаные и гравелистые грунты с содержанием гравия до 30% осуществляется подмывом, для чего используются стационарные или навесные направляющие или плавучие направляющие-кондукторы.

Ориентировочная ведомость основных объемов работ на строительство больверков в морских портах из таврового железобетонного шпунта и оболочек при-

Таблица 12.7

Технические характеристики элементов надстройки для речных причалов

Эскиз и характеристика	Длина l, *м*	Высота сечения, h *см*	Расчетный изгибающий момент, *т.м*	Расчетное анкерное усилие, *т*	Объем бетона, $м^3$	Расход стали		Вес, *т*
						Закладные детали на элемент, *кг*	Арматура $кг/м^3$	
	3,5—7,5	40	59	30	$0,61l+0,42$	530(435)	190	$1,53l+1,1$
	5,5—8,5	50	99	71	$0,67l+0,59$	710(550)	190	$1,68l+1,5$
	6,5—10	60	140	—	$0,73l+0,9$	810(630)	170	$1,83l+2,3$
	8,5—11,5	70	200	—	$0,79l+1,54$	940(740)	170	$1,98l+3,9$
	11,5—12,5	80	260	—	$0,85l+1,81$	980(780)	170	$2,22l+4,5$

Примечание. Одиночные элементы (с одним ребром) шириной 157 *см* изготовляются тех же типоразмеров с вдвое меньшим изгибающим моментом, объемом бетона и весом элемента. Расход арматуры на 1 $м^3$ бетона — одинаковый, расход закладных деталей — показан в скобках.

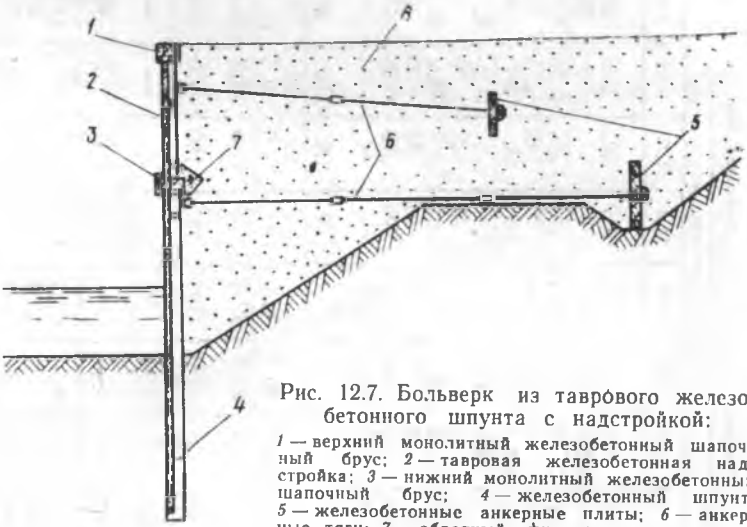


Рис. 12.7. Больверк из тавро́вого железобетонного шпунта с надстройкой:

1 — верхний монолитный железобетонный шапочный брус; *2* — тавровая железобетонная надстройка; *3* — нижний монолитный железобетонный шапочный брус; *4* — железобетонный шпунт; *5* — железобетонные анкерные плиты; *6* — анкерные тяги; *7* — обратный фильтр из разнозернистого щебня; *8* — засыпка песчаным грунтом

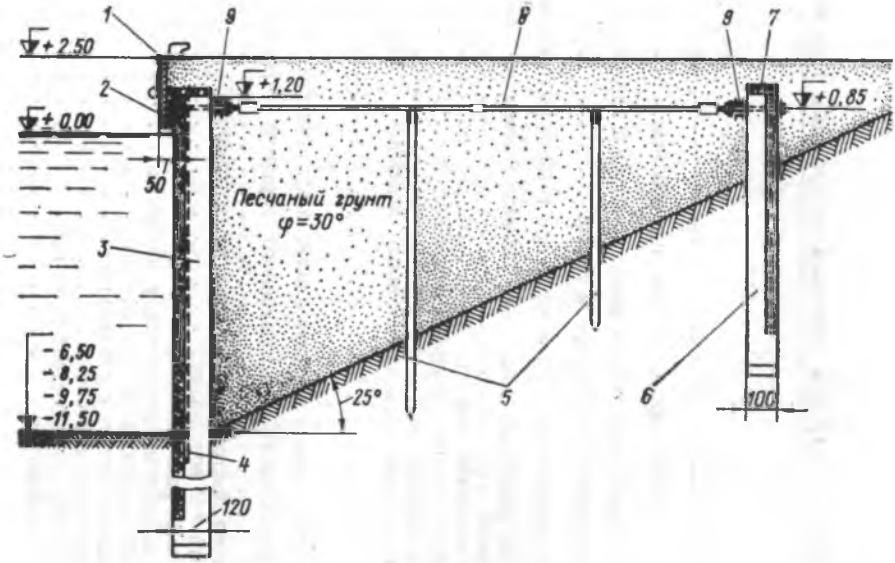


Рис.12.8. Больверк из железобетонного таврового шпунта для строительства в морских условиях:

1 — железобетонный сборно-монолитный оголовок; *2* — железобетонная кордонная плита; *3* — железобетонный шпунт; *4* — грунтонепроницаемая завеса из гидрорерина; *5* — деревянные сваи с насадками; *6* — анкерная стенка из железобетонного шпунта; *7* — монолитная железобетонная шапочная балка; *8* — анкерная тяга; *9* — распределительный пояс из швеллера

Таблица 12.8

Объемы работ по морским портовым набережным типа больверк из унифицированных элементов на 100 *пог. м*

Наименование работ	Единица измерения	Тавровый шпунт				Ободочки диаметром 1,6 *м*			
		Глубина у причала, *м*							
		11,5	9,75	8,25	6,50	11,5	9,75	8,25	6,50
Изготовление железобетонных шпунтин или оболочек	$м^3$	980	741	595	431	647	582	516	391
Погружение в грунт шпунта и оболочек, при глубине погружения	шт.	62,5	62,5	62,5	62,5	59	59	59	59
	м	8,1	7,85	7,35	6,10	7,9	7,65	7,15	4,9
Изготовление шпунтин для анкерной стенки	$м^3$	370	295	228	128	310	243	215	120
Погружение анкерного шпунта в грунт при глубине погружения	шт.	62,5	62,5	62,5	62,5	59	59	59	59
	пог.м	6,6	6,3	6,3	4,1	6,5	5,8	6,2	4,1
Подмости для сборки анкерных тяг. Забивка деревянных свай	$м^3$	37	32	30	13	37	32	30	13
Укладка насадок	»	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
Установка и крепление анкерных тяг	*т*	111	85	74	44	94	71	60	35
Антикоррозионная защита анкерных устройств	$м^2$	390	325	300	190	395	325	275	190
Срубка голов тавровых шпунтов	$м^3$	20,0	17,5	15,8	13,7	—	—	—	—
Изготовление и установка железобетонных анкерных дисков в оболочках	шт.	—	—	—	—	59	59	59	59
	$м^3$					35	35	35	35
Изготовление и установка железобетонных кордонных плит	»	20,7	20,7	20,7	20,7	19,6	19,6	19,6	19,6
		39,5	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5
Устройство монолитного железобетонного верхнего строения (бетон М-300)	$м^3$	150	135	120	105	185	180	170	158
Устройство грунтонепроницаемых завес из гидрорерина	$м^2$	525	455	400	335	—	—	—	—
Размыв грунта дна водолазами	$м^3$	41	41	41	41	—	—	—	—
То же, бетонных нащельников:									
установка деревянных щитов между оболочками	$м^2$	—	—	—	—	750	645	555	455
подводное бетонирование (бетон М-150)	$м^3$	—	—	—	—	165	142	118	95
Отсыпка песчаного грунта с уплотнением	»	21000	16150	12400	8700	20700	15900	11600	8100
Объем сборного железобетона	»	1390	1076	863	599	1032	900	806	586
Объем монолитного железобетона и бетона	»	150	135	120	105	350	322	288	253
Расход стали на арматуру	*т*	295	244	212	140	342	241	218	145

Примечание. Объемы работ по установке швартовных тумб и отбойных устройств приведены в табл. 9.2.

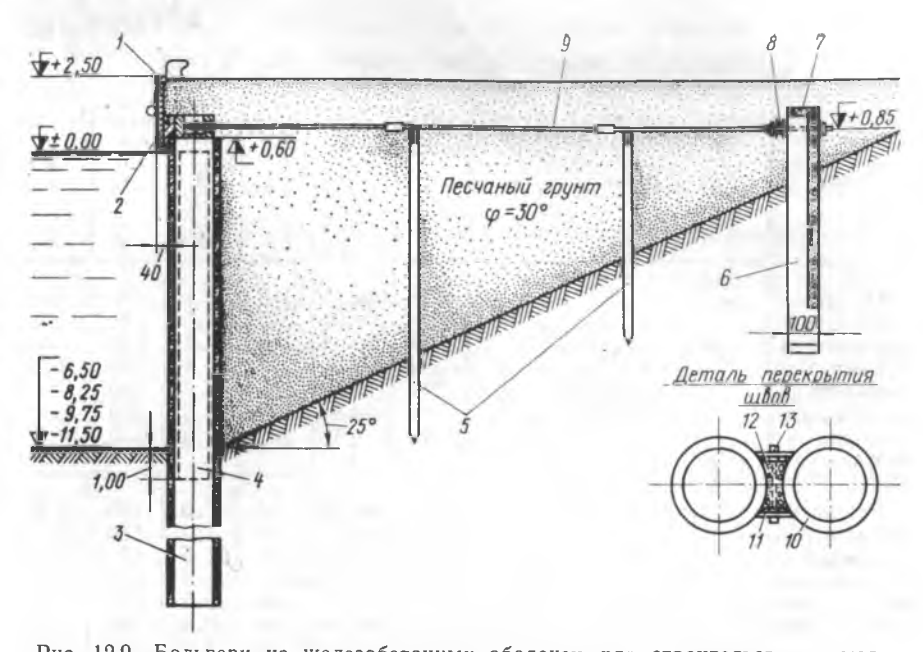


Рис. 12.9. Больверк из железобетонных оболочек для строительства в морских условиях:

1 — железобетонный сборно-монолитный оголовок с анкерным диском; *2* — сборная железобетонная кордонная плита; *3* — железобетонная оболочка ∅1,6 *м*; *4* — заполнение швов между оболочками; *5* — деревянные сваи с насадками; *6* — анкерная стенка из железобетонного шпунта; *7* — монолитная железобетонная шапочная балка; *8* — распределительный пояс из швеллера; *9* — анкерная тяга; *10* — оболочка; *11* — щиты опалубки; *12* — бетонное заполнение; *13* — стяжной болт

ведена в табл. 12.8 по Типовым проектам Ленморниипроекта. Причалы из таврового шпунта в практике морского портостроительства до 1971 г. не строили.

§ 5. АНКЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Анкерные устройства больверков состоят из анкерных опор и анкерных тяг, изготовляемых из железобетона или стали. Наиболее распространенной конструкцией анкерных опор в речном портостроении являются железобетонные анкерные плиты или плиты из обрезков стального шпунта. Номенклатура железобетонных плит показана в табл. 12.9.

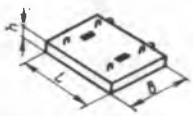
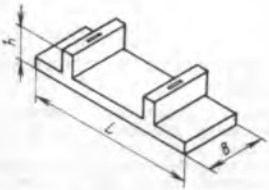
Для крепления анкерной тяги плиты имеют прямоугольные отверстия, обрамленные закладной деталью, в которые при монтаже заводятся тяги. Проушина тяги имеет круглое отверстие, в которое с тыловой стороны закладывается и фиксируется на сварке стальной палец.

Монтаж анкерных плит выше уровня воды, как правило, ведется в отрытую заранее траншею глубиной 0,7—1,0 *м* и шириной — по толщине плиты. В отдельных случаях плиты устанавливают подмывными трубками на глубину до отметки точки крепления анкерной тяги.

При установке анкерных плит на отметке ниже строительного уровня воды анкерные устройства (тяги и плиты) монтируются в сборе и погружаются в грунт основания подмывом. Иногда в этих случаях, особенно в морском портостроительстве, применяют анкерные стенки из металлического, железобетонного

Таблица 12.9

Техническая характеристика анкерных плит и свай

Тип и марка плиты	Эскиз	Размеры плиты, *см*			Шаг анкерных тяг, *см*	Расход материалов на плиту, сваю		Вес плиты, *т*
		Длина *L*	Высота *B*	Высота сечения *h*		бетон, $м^3$	сталь, *кг*	
Плоская сдвоенная для речного больверка из таврового и плоского железобетон. шпунта 2АП		300	100	15	155	0,5	130	1,1
		300	150	20	155	0,9	190	2,3
		300	150	25	155	1,1	250	2,8
		300	200	30	155	1,8	330	4,5
		300	250	30	155	2,3	390	5,6
		300	250	35	155	2,6	420	6,6
		300	300	40	155	3,6	530	9,0
Ребристая для плоского железобетонного морского больверка АПШ		310	140	40	156	1,0	120	2,6
		310	160	45	156	1,2	150	3,1
		310	180	50	156	1,5	170	3,7
		310	200	60	156	1,9	200	4,7
		310	220	70	156	2,3	230	5,6
		310	240	80	156	2,6	280	6,5
		310	260	90	156	3,1	310	7,6
		310	280	100	156	3,5	380	8,8
Ребристая для стального морского больверка		470	240	80	252	3,4		8,5
		300	240	80	168	2,6		6,5
		470	240	80	2×168	4,1		10,3
		300	240	80	2×84	2,9		7,3
Анкерные сваи ненапряженные морские АСШ		5—7	50	30	—	0,14*L*	370*	0,36*L*
		6—9	50	35	—	0,17*L*	365*	0,43*L*
		7—11	50	40	—	0,19*L*	410*	0,5*L*
		8—11	50	45	—	0,22*L*	360*	0,57*L*

Примечание. Плоские одиночные плиты для речных больверков марки АП длиной 150 *см* изготовляются тех же типоразмеров с одним отверстием в центре плиты с вдвое меньшим объемом бетона, расходом стали и весом.

* Расход стали на 1 $м^3$ бетона свай.

Таблица 12.10

Допускаемые отклонения при монтаже анкерных устройств

Отклонение от проекта	Величина допуска
Вдоль шпунтового ряда	± 10 *см*
» анкерных тяг	± 10 *см*
По высоте	± 10 *см*
Наклон в обоих направлениях	Не более 100:1
Поворот в плане	Не более 2°

шпунта или в виде свайного ряда, а также свайные козловые конструкции (в стесненных условиях строительства), позволяющие производить анкеровку сооружения выше уровня воды. Их погружают забивкой, вибрированием или подмывом. При этом анкеры крепят к анкерной стенке с помощью распределительной балки из двух швеллеров. Для обеспечения совместной работы анкерной шпунтовой стенки по верху ее устраивают железобетонную шапочную балку.

Установка анкерных плит и анкерных шпунтовых стенок производится с соблюдением допусков, указанных в табл. 12.10.

Размер отверстий по высоте должен допускать свободный поворот тяги в вертикальной плоскости до 6° ($tg\alpha=0,1$).

Стальные анкерные тяги до установки в сооружение собирают из отдельных звеньев и покрывают антикоррозионной изоляцией в соответствии с проектом.

Монтаж анкерных тяг рекомендуется производить на заранее отсыпанный и уплотненный грунт обратной засыпки или на монтажные свайные опоры. При этом тяги должны иметь обратный прогиб, равный 0,01 их длины.

Металлические анкерные тяги покрывают антикоррозионным защитным покрытием непосредственно на сборочной площадке до их установки в дело.

Защитное покрытие состоит из двух слоев — грунтового и защитного. Грунтовку из праймера или железного сурика наносят ровными слоями на сухую поверхность металлических тяг, очищенную от окалины и ржавчины. После высыхания грунтовки наносят защитный слой в следующем порядке:

слой горячей смеси битумной мастики с кумароновой смолой в пропорции 10:1 или смесью каменноугольной смолы и битума в пропорции 1:1;

по горячей обмазке анкерные тяги обертывают бинтами из мешковины, предварительно пропитанной в той же битумной смеси. Обертывают бинтами внахлестку на 3—4 *см*, начиная с верхнего конца тяги в 2 слоя. После обертки тяг вторично их обмазывают той же горячей мастикой. Незащищенными оставляют оба конца тяг длиной по 70 *см*, покрытие которых производят после установки их на место закрепления и натяжения гаек. Стальные детали после монтажа грунтуют железным суриком и покрывают битумом.

Все работы по антикоррозионным мероприятиям оформляются актом.

Возможно применение и других типов антикоррозионных покрытий, например битумно-резиновой эмали и др.

Защитное покрытие выполняют в соответствии с указаниями раздела XII «Технических условий на производство и приемку строительных и монтажных работ» Госстроя СССР.

Перед засыпкой пазухи предварительно подтягивают анкерные тяги на усилие, указанное в проекте, для чего перед анкерной стенкой отсыпают грунт, обеспечивающий необходимую призму отпора (см. рис. 12.5 и 12.10).

Анкерные тяги и их изоляцию во все время работ следует предохранять от повреждения. Движение машин и механизмов над тягами разрешается только после засыпки анкерных тяг грунтом слоем толщиной не менее 1 *м*.

§ 6. ОГОЛОВОК, НАДСТРОЙКА И ЗАСЫПКА ПАЗУХ ГРУНТОМ

Шпунтовый ряд поверху омоноличивается железобетонным оголовком (шапочным брусом), размеры которого для речных условий обычно составляют: высота 0,8—1,0 *м*, ширина — 0,5—0,9 *м* в зависимости от высоты набережной и сечения шпунта. В морских условиях со стороны кордона оголовок защищают сборными кордонными или облицовочными железобетонными плитами, типоразмеры которых приведены в табл. 12.11. При волнообразной забивке стального шпунта ширина шапочного бруса определяется высотой волны.

В больверках с надстройкой оголовок шпунтового ряда является нижней опорой надстройки. Положение надстройки при монтаже строго контролируют, выправляют с помощью металлических подкладок или цементного раствора и фиксируют путем одновременной установки анкерных тяг и монтажной сварки с шапочным брусом через закладные детали. Монтировать надстройку можно после достижения бетоном оголовка 70% проектной прочности.

Таблица 12.11

Техническая характеристика плоских железобетонных плит

Назначение и марка плиты	Размеры плиты, *см*			Расход материалов на 1 плиту		Вес плиты, *т*
	длина	высота	толщина	бетон, $м^3$	сталь, *кг*	
Кордонная для больверка из плоского железобетонного шпунта ПП	468 468 468 468	180 220 260 300	18 18 18 18	1,5 1,9 2,2 2,5	470 600 690 780	3,8 4,8 5,5 6,3
То же, для больверка из таврового железобетонного шпунта ПП-ОБ	480 480 480 480	180 220 260 300	18 18 18 18	1,6 1,9 2,3 2,6	500 580 670 770	4,1 5,0 5,9 6,8
То же, для больверка из железобетонных оболочек ∅ 1, 6 *м* ПП-ОБ	510 510 510 510	180 220 260 300	18 18 18 18	1,7 2,0 2,4 2,8	510 600 700 780	4,1 5,1 6,0 6,9
Облицовочные для больверка из стального шпунта	500	240	10	1,2	230	3,0

Примечания: 1. Марка бетона БГТ-400; В-8 МРЗ по проекту.
2. Плиты марки ПП изготовляются длиной 390 *см* тех же высот и толщины.

Таблица 12.12

Допускаемые отклонения при монтаже надстройки

Отклонение от проектного положения	Величины
Несовпадение осей шпунтов и надстроек в пределах одной секции набережной	10 *см*
Отклонение по высоте	± 5 *см*
Максимальный наклон в обоих направлениях	Не более 200:1
Отклонение верха в плане на 30 *пог. м* стенки	± 4 *см*
Максимальный зазор между соседними элементами:	
вдоль линии кордона	2 *см*
поперек » »	1 *см*

Отклонения, допустимые при монтаже надстройки, указаны в табл. 12.12,

До полной засыпки пазух стенки запрещается подход и швартовка судов к смонтированной надстройке, для чего вывешивают предупредительные знаки.

Для заполнения пазухи следует применять песчаный грунт, имеющий характеристики, указанные в проекте. Пазуху засыпают в такой последовательности, чтобы грунт засыпки не нагружал шпунтовый ряд или надстройку до отсыпки грунта перед анкерными плитами.

Допускается при отсыпке грунта под анкерные тяги до их установки укладывать грунт в сторону стенки свободным откосом, низ которого должен быть не более чем на $^1/_3$—$^1/_4$ глубины погружения шпунта выше уровня грунта со стороны акватории — для шпунта и не выше пояса омоноличивания — для надстройки.

Заполнение пазухи под анкерными тягами рекомендуется производить гидромеханизированными способами.

При засыпке пазухи грунт уплотняется до указанной в проекте плотности, но не менее чем до $Д=0.55$ ($Д$ — коэффициент относительной плотности). Особенно тщательно следует уплотнять грунт ниже анкерных тяг и перед анкерными плитами

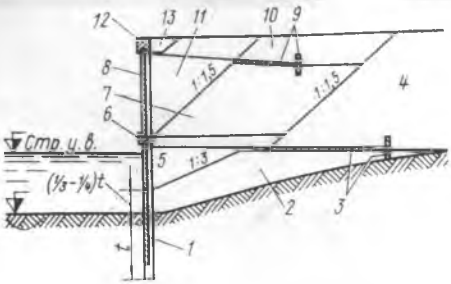


Рис. 12.10. Последовательность возведения набережных типа больверк (цифрами обозначены основные этапы строительства)

На рис. 12.10 показана принципиальная схема возведения больверка с очередностью выполнения основных работ, обозначенной цифрами.

Глава XIII. ПРИЧАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ИЗ СБОРНЫХ МАССИВОВ-ГИГАНТОВ

§ 1. КОНСТРУКЦИЯ ПРИЧАЛЬНЫХ НАБЕРЕЖНЫХ

Массивы-гиганты представляют собой железобетонные оболочки прямоугольной формы. Их доставляют к возводимому сооружению на плаву и после установки на место заполняют бетоном или сыпучим материалом (камнем, гравием, песчано-гравийной смесью, песком).

Гипроречтрансом Министерства речного флота разработаны типовые конструкции вертикальных и откосных речных причальных сооружений с подводной частью из сборных массивов-гигантов, типы и условия применения которых приведены в табл. 13.1.

Конструкции вертикальных набережных высотой 6,0—9,5 *м* и 11,5—12,0 *м* приведены соответственно на рис. 13.1 и 13.2. Для песчаных грунтов на подготовленное основание постели вначале отсыпают слой щебня или гравия толщиной 30 *см*, затем слой камня толщиной 1,0 *м*, а поверхность постели выравнивают слоем крупного щебня.

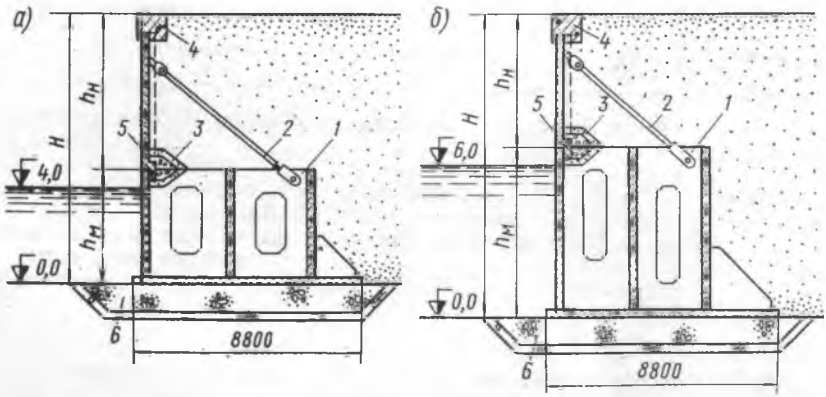


Рис. 13.1. Конструкция набережных высотой 11,5 и 12,0 *м* при строительных уровнях воды 4,0 *м* (*а*) и 6,0 *м* (*б*):

1 — массив-гигант; *2* — металлическая тяга; *3* — обратный фильтр; *4* — железобетонный шапочный брус; *5* — надстройка; *6* — каменная постель

Таблица 13.1

Условия применения типовых конструкций причальных набережных из сборных железобетонных массивов-гигантов

Тип набережной	Высота сооружения, *м*	Эксплуатационные нагрузки, *т*		Волновая нагрузка	Условия строительства			
		Вертикальная—от механизмов, транспорта и грузов	Швартовная		Строительные уровни воды	Ледовые	Грунты основания	Грунты засыпки пазух
Железобетонные вертикальные причальные набережные высотой 11,5 и 12,0 *м* из сборных массивов-гигантов с надстройкой (проект 505-31)	11,5 и 12,0	Равномерно распределенная, интенсивностью 4,0 *т/м²*	25,0 *т* от судов водоизмещением 6700 *т*	От волны высотой 1,0 *м*	4,0 и 6,0 *м* выше проектного дна	Нормальные, соответствующие свободным рекам в центральных и северных районах европейской части СССР, в южных районах Сибири, а также нижним бьефам гидроузлов	Глины твердые при $\varphi \geqslant 20^0$, коэффициенте пористости не более 0,8. Скальные, полускальные и крупнообломочные грунты. Пески гравелистые, крупные и средней крупности, плотные, средней плотности, пески мелкие плотные с $\varphi \geqslant 30^0$	Песчаные $\varphi \geqslant 30^0$ и $\gamma = 1,8$ *т/м³* в состоянии естественной влажности
Вертикальные причальные набережные высотой 6,0—9,5 *м* из сборных массивов-гигантов с надстройкой (проект 505-17)	От 6,0 до 9,5	То же	То же	То же	4,0 и 5,0 *м* выше проектного дна			
Типовые конструкции и детали причальных набережных откосного типа. Бычки и палы высотой 8,0; 10,0; 12,0 *м* из сборных массивов-гигантов с надстройкой (проект 5-05-228)	8,0 10,0 12,0	От портального крана грузоподъемностью 15 *т* с максимальным давлением на каток 26,0 *т*. От транспорта по схеме Н-8			4,0 и 6,0 *м* выше проектного дна			

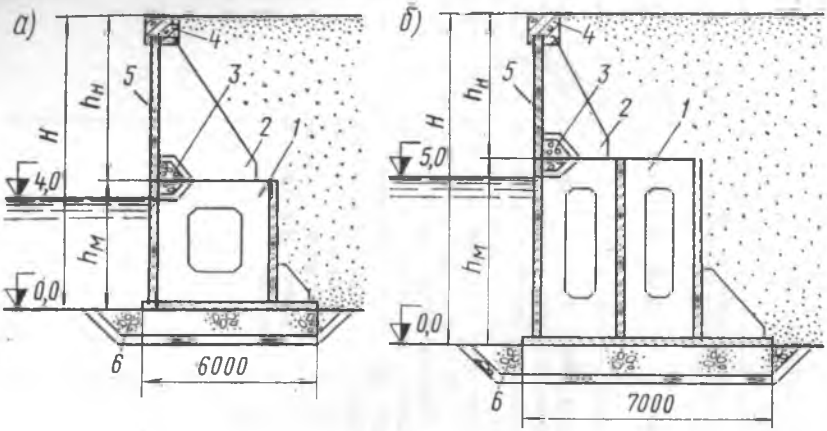


Рис. 13.2. Конструкция набережных высотой 6,0—9,5 *м* при строительных уровнях воды 4,0 *м* (*а*) и 5,0 *м* (*б*):

1 — массив-гигант; *2* — контрфорс; *3* — обратный фильтр; *4* — железобетонный шапочный брус; *5* — передняя плита надстройки; *6* — каменная постель

Массивы-гиганты предусмотрены высотой 4,5; 5,5; 6,5 *м* (на 0,5 *м* выше строительного уровня воды). Элементы надстройки имеют высоту от 1,0 до 7,0 *м*. Путем соответствующего подбора массивов-гигантов и надстроек можно получить набережные высотой от 6,0 до 9,5 *м* с интервалом через 0,5 *м*, а также 11,5 и 12,0 *м*.

Швы между массивами-гигантами (секциями набережной) перекрывают трехслойным обратным фильтром, а массивы-гиганты и пазухи набережной за надстройкой заполняют песчаным грунтом с углом внутреннего трения не менее 30°.

Конструкции набережных откосного типа из отдельных бычков и пал высотой 8,0; 10,0; 12,0 *м* приведены на рис. 13.3 и 13.4.

Для бычков высотой 8,0 *м* (при строительном уровне воды 6,0 *м*) и высотой 6,0 *м* (при строительном уровне воды 4,0 *м*) надстройка представляет собой подпорную стенку высотой 1,5 *м* из монолитного железобетона, которая опоясывает массив-гигант с трех сторон.

Бычки, имеющие сборную надстройку, сопрягаются с укрепленным береговым откосом с помощью элементов надстройки, которые устанавливаются на щебеночную или гравийную подготовку и анкеруются горизонтальными тягами. Бычки с монолитной надстройкой сопрягаются с укрепленным береговым откосом подпорной железобетонной стенкой.

По причальному фронту бычки имеют ширину 9,5 и 14,0 *м*. Для разных условий строительства массивы-гиганты предусмотрены высотой 4,5 и 6,5 *м* (на 0,5 *м* выше строительного уровня воды). Элементы надстройки имеют высоту 3,5 и 5,5 *м*. Путем соответствующего подбора массива-гиганта и надстройки можно получить высоту бычков от 6,0 до 12,0 *м* с интервалом через 2,0 *м*. Массивы-гиганты заполняют песчаным грунтом.

Пал в основании имеет сборный железобетонный массив-гигант *1* (см. рис. 13.4), устанавливаемый на каменную постель толщиной 1,0 *м* и заполняемый песчаным грунтом.

Омоноличивание стоек и ригелей верхней площадки производится путем заделки в монолитный железобетон выпусков арматуры сборных элементов. Для пала высотой 6,0 *м* (при строительном уровне воды 4,0 *м*) и высотой 8,0 *м* (при строительном уровне воды 6,0 *м*) надстройка выполняется из монолитного железобетона. Палы с бычками соединяются служебными мостиками.

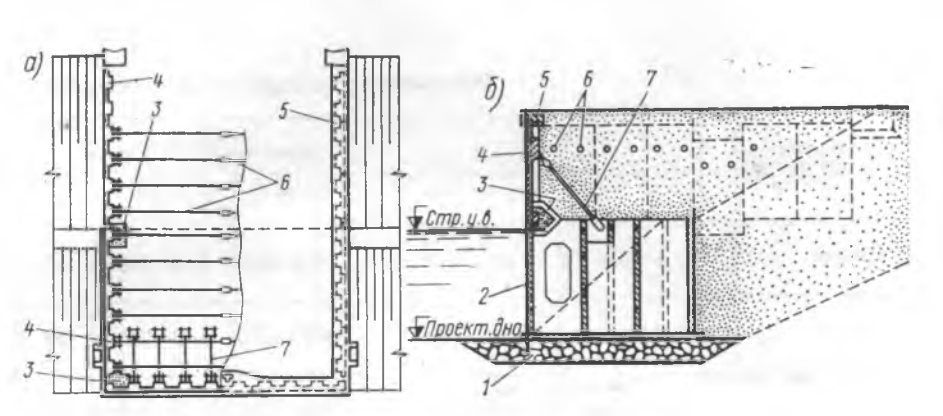


Рис. 13.3. Конструкция бычка при укрепленном береговом откосе:

а — план бычка; *б*— поперечный разрез; *1* — каменная постель; *2* — массив-гигант; *3* — обратный фильтр; *4* — надстройка; *5* — железобетонный шапочный брус; 6 — металлическая горизонтальная тяга из круглой стали; *7* — металлическая наклонная тяга

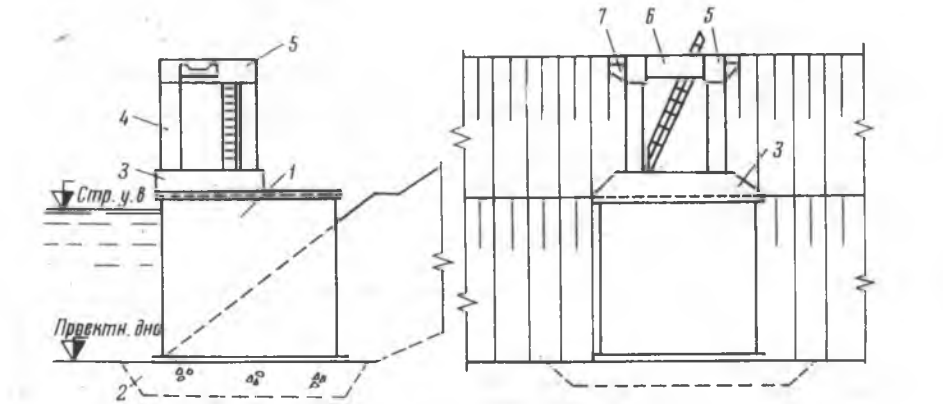


Рис. 13.4. Конструкция пала:

1 — массив-гигант; *2* — каменная постель; *3* — монолитная железобетонная плита; *4* — сборные железобетонные стойки; *5* — монолитные железобетонные ригели; *6* — сборные железобетонные ригели; *7* — консольные выступы для опирания мостиков

§ 2. КОНСТРУКЦИЯ МАССИВОВ-ГИГАНТОВ И НАДСТРОЙКИ

Массивы-гиганты собирают из отдельных плоских плит. Передняя стенка массивов для набережных высотой 11,5 и 12,0 *м*, а также для бычков и пал запроектирована предварительно напряженной, остальные элементы для всех массивов-гигантов выполняются без напряжения. Схема массива для набережных приведена на рис. 13.5. Массивы для бычков и пал имеют аналогичную конструкцию, но другие размеры в плане и по высоте.

Корпус массивов-гигантов для набережных, бычков и пал собирают из плит трех—пяти основных типов, отличающихся расстановкой плит и видом закладных деталей. Номенклатура плит приведена в табл. 13.2. Основные характеристики массивов-гигантов для всех набережных даны в табл. 13.3.

Отдельные плиты массивов при монтаже соединяют при помощи сварки закладных стальных деталей. После сварки стыки замоноличивают торкретбетоном

Наименование элементов массива-гиганта	Эскиз	Размеры, *см*		
		Длина *L*	Ширина *B*	Высота *h*
Днище		473—880	169—340	15
Передняя стенка		435—635	149—323,5	18
		435—535	169,5—303	20
Задняя и средняя стенки		435—635	169,5—323,5	10
		435—635	149—303	15
Торцевые и поперечные стенки		435—635	248—338	15
Задние, средние и торцевые стенки		435—635	244—338	15
Средние и поперечные стенки		435—635	244—338	15
Средние и поперечные стенки		435—635	248—338	15
Контрфорсы		120—207	120—207	15

Таблица 13.2

элементов для массивов-гигантов

Марка бетона	Расход арматуры на 1 $м^3$ бетона, *кг*	Расход металла для закладных деталей, *кг*	Объем бетона, $м^3$	Максимальный вес элемента, *т*
300—350	197—290	133—233	1,6—4,2	10,6
300	142—148	48—133	1,2—3,7	9,2
300	72—84	100—170	1,5—3,7	9,2
300	78—206	45—131	0,7—2,1	5,3
300	55—208	49—129	1,0—2,9	7,3
300	55—133	55—160	1,9—2,9	7,3
300	100—139	63—117	1,6—3,1	7,7
300	119—140	63—102	1,2—2,1	5,2
300	104—150	56—160	1,6—2,1	5,2
300	129—195	13—28	0,13—0,4	1,0

Таблица 13.3

Основные характеристики массивов-гигантов

Тип набережной	№ рисунка	Марка массива-гиганта	Размеры в плане, *см*			Высота *h*, *м*	Объем бетона, *м*³		Вес без учета пригрузки, *т*	Осадка, *см*
			Длина, *L*	Ширина, *B*			Всего	В том числе для омоноличивания		
				по днищу	по верху					
Вертикальные набережные высотой 6,0 — 9,5 *м* (проект 505—17)	13.2,*а*	МГ-4,5-12,0	1268	600	360	4,5	49,2	2,2	123	325
	13.2,*б*	МГ-5,5	1268	700	540	5,5	75,4	3,7	189	345
Вертикальные набережные высотой 11,5 и 12,0 *м* (проект 505—31)	13.1,*а*	МГ-4,5-17,0	1730	880	718	4,5	100,8	5,3	260	220
	13.1,*б*	МГ-6,5-17,0	1730	880	638	6,5	125,0	5,8	333	340
Набережные откосного типа. Бычки и палы высотой 8,0; 10,0 и 12,0 *м* (проект 5-05-228)	13.3	МГ-4,5-9,5	958	926	893	4,5	70,6	4,1	166	260
		МГ-4,5-14,0	1420	926	893	4,5	99,8	5,5	236	270
		МГ-6,5-9,5	958	926	893	6,5	94,9	5,4	224	365
		МГ-6,5-14,0	1420	926	893	6,5	133,7	7,1	317	370
	13.4	МГ-4,5-7,0	692	704	654	4,5	37,5	2,5	94	230
	13.4	МГ-6,5-7.0	692	704	654	6,5	50,0	3,0	125	340

Примечание. Массивы-гиганты марки МГ-4,5-12,0; МГ-5,5 и МГ-6,5-17,0 без пригрузки не остойчивы. Пригрузка должна быть произведена до спуска их на воду: а) для массива-гиганта марки МГ-6,5-17,0—наливом воды в передние отсеки слоем 68 *см*, в задние отсеки—слоем 60 *см*; б) для массивов-гигантов марки МГ-4,5-12,0 и МГ-5,5—засыпкой песчаного грунта по расчету.

Таблица 13.4

Номенклатура сборных железобетонных элементов надстройки для набережных

Тип набережной	Марка элемента надстройки	№ рисунка	Размеры, *см*		Расход арматуры на 1 $м^3$ бетона, *кг*	Расход металла на закладные детали, *кг*	Объем бетона, $м^3$	Максимальный вес элемента, *т*
			Длина *L*	Ширина *B*				
Вертикальные набережные высотой 6,0—9,5 *м* (проект 505-17)	ПН-1,0	13.6, *а*	100	303—477,5	73—77	48—62	0,6—1,0	2,5
	ПН-1,5		150	303—477,5	72—73	62—77	0,9—1,4	3,6
	ПН-2,0		200	303—477,5	74—79	62—77	1,2—1,9	4,8
	ПН-2,5		250	303—477,5	73—76	76—93	1,5—2,4	6,0
	ПН-3,0		300	169,5—303	72—80	53—89	1,0—1,8	4,5
	ПН-3,5		350	169,5—303	72—79	62—103	1,2—2,1	5,3
	Контрфорс	13,6 *б*	100—350	110—240	91—116	40—77	0,1—0,7	1,8
Вертикальные набережные высотой 11,5 и 12,0 *м* (проект 505-31)	ЭН-4,5	13,6 *в*	450	250,5—307	145—159	92—96	2,4—3,0	7,5
	ЭН-5,0		500	250,5—307	147—149	92—96	2,7—3,2	8,0
	ЭН-6,5	13,6, *г*	650	250,5—307	167—174	118—123	4,1—4,8	12,0
	ЭН-7,0		700	250,5—307	165—172	118—123	4,4—5,15	12,8
Набережные откосного типа. Бычки и палы высотой 8,0; 10,0 и 12,0 *м* (проект 5-05-228)	ЭН-3,5	13,6, *в*	350	160—314	145—157	31—93	1,2—2,35	5,9
	ЭН-5,5	13,6, *д*	550	160—314	169—178	56—156	1,75—3,55	8,9

Номенклатура сборных железобетонных элементов и основные

Длина секции набережной, м	№ рисунка	Высота, м: набережной	Высота, м: массива-гиганта	Высота, м: надстройки	Номенклатура сборных элементов на одну секцию набережной: Наименование	Тип, марка	Количество, шт
12,74	13.2*а*	6,0	4,5	1,5	Массив-гигант	МГ-4,5-12,0	1
					Плиты надстройки	ПН-1	3
					Контрфорсы	К-1,0	9
		7,0		2,5	Массив-гигант	МГ-4,5-12,0	1
					Плиты надстройки	ПН-2	3
					Контрфорсы	К-2,0	9
		8,0		3,5	Массив-гигант	МГ-4,5-12,0	1
					Плиты надстройки	ПН-3	5
					Контрфорсы	К-3,0	9
	13.2*б*	8,0	5,5	2,5	Массив-гигант	МГ-5,5	1
					Плиты надстройки	ПН-2,0	3
					Контрфорсы	К-2,0	9
		9,0		3,5	Массив-гигант	МГ-5,5	1
					Плиты надстройки	ПН-3,0	5
					Контрфорсы	К-3,0	9
		9,5		4,0	Массив-гигант	МГ-5,5	1
					Плиты надстройки	ПН-3,5	5
					Контрфорсы	К-3,5	9
17,35	13.1,*а*	11,5	4,5	7,0	Массив-гигант	МГ-4,5-17,0	1
					Элементы надстройки	ЭН-6,5-1	4
						ЭН-6,5-2	2
		12,0		7,5	Массив-гигант	МГ-4,5-17,0	1
					Элементы надстройки	ЭН-7,0-1	4
						ЭН-7,0-2	2
	13.1,*б*	11,5	6,5	5,0	Массив-гигант	МГ-6,5-17,0	1
					Элементы надстройки	ЭН-4,5-1	4
						ЭН-4,5-2	2
		12,0		5,5	Массив-гигант	МГ-6,5-17,0	1
					Элементы надстройки	ЭН-5,0-1	4
						ЭН-5,0-2	2

Таблица 13.5

технико-экономические показатели на одну секцию набережной

Основные показатели на одну секцию набережной							
Расход железобетона, $м^3$		Расход металла, $т$		Расход камня и щебня, $м^3$	Противокоррозионная изоляция, $м^2$		Трудоемкость работ, чел.-дни
Всего	В том числе сборного	Всего	В том числе арматуры		металлоизделий (лаком ХЛ-76)	железобетона (битумом и бензином)	
57,0	50,5	12,8	7,1	108	74	560	625
61,3	54,8	13,3	7,4	108	84	600	675
66,6	60,2	14,6	7,9	108	94	655	740
87,5	79,5	18,3	10,9	121	101	975	780
92,8	84,8	19,3	11,3	121	111	1030	840
94,8	86,8	19,6	11,5	121	112	1050	880
128,3	112,8	31,9	20,6	196	312	1463	1155
130,1	114,6	32,3	20,9	196	314	1490	1160
150,4	136,0	32,3	21,6	196	270	1660	1290
151,9	137,5	32,6	21,8	196	273	1680	1300

Номенклатура сборных железобетонных элементов и основные

Тип сооружения	Размер сооружения, *см*		Высота, *м*		Номенклатура сборных элементов на одно сооружение		
	Ширина	Высота	массива-гиганта	надстройки	Наименование элементов	Тип, марка элемента	Количество шт.
Бычки (см. рис. 13.3)	9,5	8,5	4,5	3,5	Массив-гигант	МГ-4,5-9,5	1
					Элементы надстройки	ЭН-3,5-1	7
						ЭН-3,5-2	4
						ЭН-3,5-3	3
		10,0		5,5	Массив-гигант	МГ-4,5-9,5	1
					Элементы надстройки	ЭН-5,5-1	11
						ЭН-5,5-2	4
						ЭН-5,5-3	1
	14,0	10,0	6,5	3,5	Массив-гигант	МГ-6,5-9,5	1
					Элементы надстройки	ЭН-3,5-1	9
						ЭН-3,5-2	4
						ЭН-3,5-3	1
		12,0		5,5	Массив-гигант	МГ-6,5-14,0	1
					Элементы надстройки	ЭН-5,5-1	13
						ЭН-5,5-2	14
Палы (см. рис. 13.4)	7,0	8,0	4,5	3,5	Массив-гигант	МГ-4,5-7,0	1
					Стойки длиной 1,75 *м*	—	4
					Ригели	—	2
		10,0		5,5	Массив-гигант	МГ-4,5-7,0	1
					Стойки длиной 3,5 *м*	—	4
					Ригели	—	2
		10,0	6,5	3,5	Массив-гигант	МГ-6,5-7,0	1
					Стойки длиной 1,75 *м*	—	4
					Ригели	—	2
		12,0		5,5	Массив-гигант	МГ-6,5-7,0	1
					Стойки длиной 3,5 *м*	—	4
					Ригели	—	2

Примечание. Все данные приведены для условий строительства сооруже над водой—1 : 2.

Таблица 13.6

технико-экономические показатели на один бычок и пал

Основные показатели на одно сооружение							
Расход железобетона, $м^3$		Расход металла, $т$		Расход камня, $м^3$	Противокоррозионная изоляция		Трудоемкость работ, чел.-дни
Всего	В том числе сборного	Всего	В том числе арматуры		металла каменноугольным лаком, в $т$ металла	железобетона битумом с бензином в $м^2$ поверхности	
117,8	98,7	22,6	15,5	181	1,7	1100	1038
147,4	123,5	25,7	16,1	181	2,8	1240	1115
145,0	125,0	31,8	22,8	181	2,2	1452	1135
219,8	192,0	41,3	27,9	234	3,2	2135	1971
76,0	44,4	10,2	7,2	92	2,4	410	708
85,5	48,1	11,3	8,1	92	2,4	410	725
88,6	57,1	11,7	8,3	92	2,6	580	797
97,9	60,8	12,8	9,2	92	2,7	580	914

ний с закреплением берегового откоса, имеющего заложение под водой 1 : 1,25 и

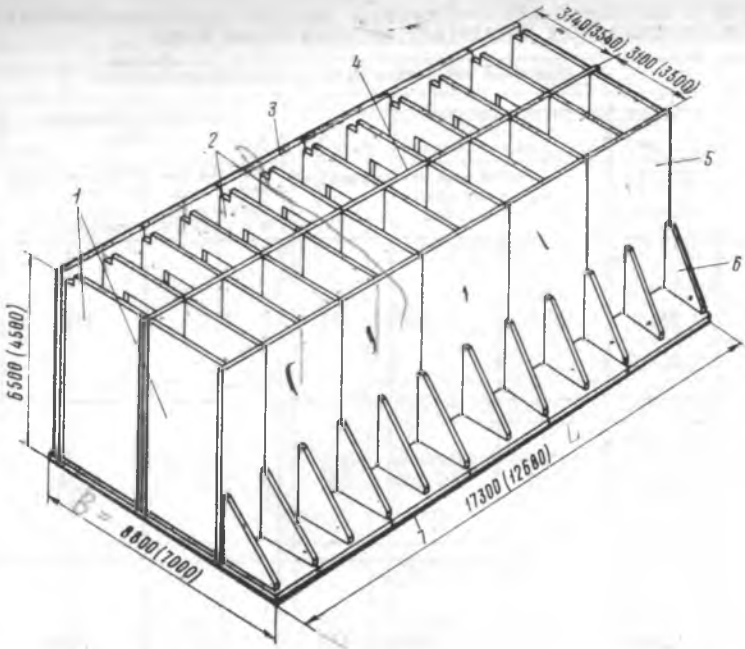


Рис. 13.5. Массив-гигант для набережных высотой 11,5 и 12,0 *м*:

1 — плиты торцовых стен; *2* — элементы диафрагм (переборок); *3* — плита лицевой (передней) стенки; *4* — плита средней стенки; *5* — плита задней стенки; *6* — контрфорсы; *7* — плита днища

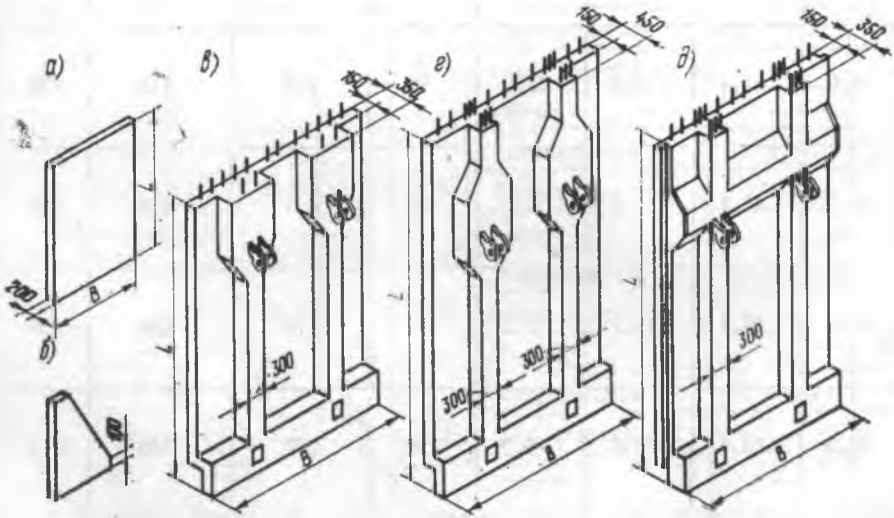


Рис. 13.6. Элементы надстройки массивов-гигантов (см. табл. 13.4)

и бетонной смесью на быстротвердеющем цементе (швы между плитами днища). Перед омоноличиванием угловых швов к закладным деталям приваривают вдоль стыка спиральную арматуру.

Надстройку для набережных высотой 6,0—9,5 *м* собирают из плоских железобетонных плит. Контрфорсы соединяются с лицевыми плитами и опираются на диафрагмы массива-гиганта.

Соединение плит надстройки между собой и с контрфорсами, а также с передней стенкой и с диафрагмами массива-гиганта осуществляется с помощью сварки стальных закладных деталей.

Для набережных высотой 11,5 и 12,0 *м* и бычков высотой 10,0 и 12,0 *м* надстройку собирают из железобетонных предварительно напряженных ребристых элементов (рис. 13.6). Надстройку для бычков высотой 8,0 и 10,0 *м* собирают из ненапряженных аналогичных железобетонных ребристых элементов.

Номенклатура элементов надстройки для набережных приведена в табл. 13.4.

Основные показатели на одну секцию набережной стенки и на один бычок и пал. см. в табл. 13.5 и 13.6.

§ 3. ПОЛИГОНЫ ДЛЯ МОНТАЖА И СПУСКА МАССИВОВ-ГИГАНТОВ В ВОДУ

Изготовление сборных элементов для массивов-гигантов и надстройки рассмотрено в главе VIII, § 12.

Полигоны для монтажа массивов-гигантов должны быть оборудованы стапельными местами и устройствами для спуска массивов в воду. В практике применяются различные схемы устройства и организации работ полигонов.

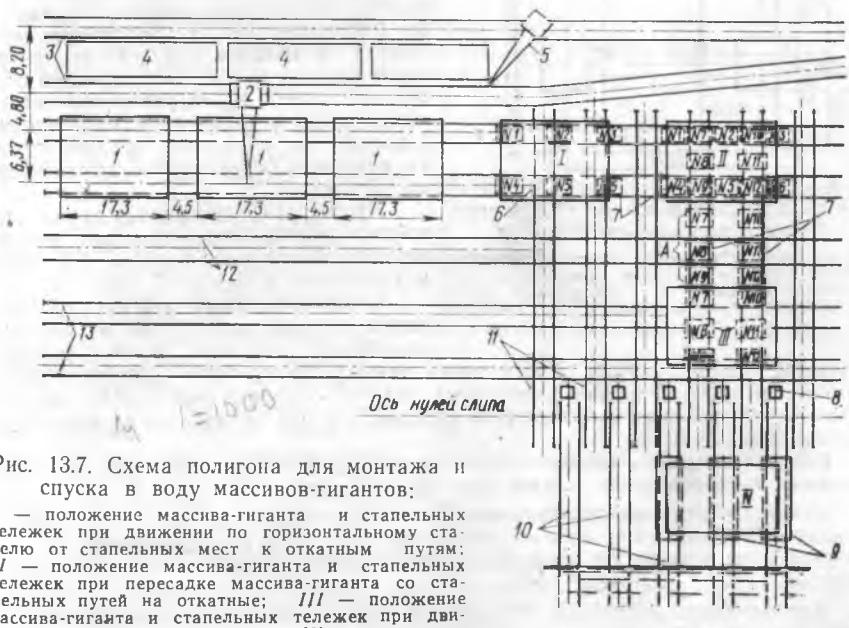


Рис. 13.7. Схема полигона для монтажа и спуска в воду массивов-гигантов:

I — положение массива-гиганта и стапельных тележек при движении по горизонтальному стапелю от стапельных мест к откатным путям; *II* — положение массива-гиганта и стапельных тележек при пересадке массива-гиганта со стапельных путей на откатные; *III* — положение массива-гиганта и стапельных тележек при движении по откатным путям; *IV* — положение массива-гиганта и косяковых тележек при движении по наклонному стапелю; *А* — положение стапельных тележек (№ 7—12) до пересадки на них массива-гиганта со стапельных путей; *1* — стапельные места; *2* — железнодорожный кран грузоподъемностью 50 *т*; *3* — железнодорожные пути; *4* — склады железобетонных изделий; *5* — железнодорожный кран грузоподъемностью 15 *т*; *6* — массив-гигант; *7* — стапельные тележки; *8* — тяговые устройства (лебедки) для спуска массива-гиганта; *9* — косяковые тележки; *10* — спусковые пути; *11* — откатные пути; *12* — подкрановые пути; *13* — стапельные пути

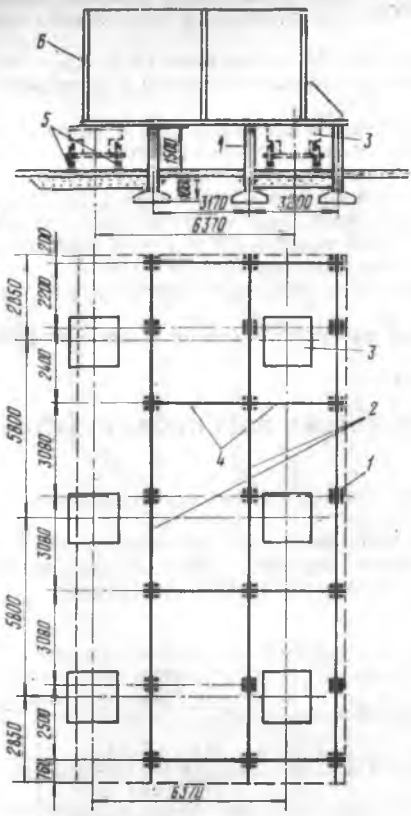


Рис. 13.8. Стапельное место для монтажа массивов-гигантов:

1 — железобетонные опоры сечением 30×30 *см*; *2* — стальные балки; *3* — стапельные тележки; *4* — поперечные связи (съемные); *5* — стапельные пути; *6* — массив-гигант

При строительстве в больших портах для сборки и спуска массивов можно использовать слипы, сухие и плавучие доки ближайших судоремонтных и судостроительных заводов. При небольшом количестве массивов (один—три) их можно собирать в котлованах, огражденных перемычками. По окончании монтажа массивов котлован затапливают водой через разобранную перемычку. Массивы всплывают, и их отбуксировывают к месту установки в сооружение.

В отдельных случаях применяют схемы полигонов, сочетающие возможность выполнения всего комплекса работ: изготовление сборных железобетонных элементов, монтаж массивов и их спуск в воду. Обычно для сборки и спуска массивов-гигантов строят полигон с горизонтальными и наклонными стапельными путями (рис. 13.7). Для поточной организации работ необходимо иметь не менее трех стапельных мест, расположенных вдоль стапельных путей в одну линию.

Монтаж массивов выполняется на стапельном месте, размеры которого в плане определяются габаритами массива. Расстояние между стапельными местами в продольном направлении принимают около 5 *м*. При расположении стапельных мест в два ряда расстояние между ними в поперечном направлении определяется размерами массива-гиганта, кранового оборудования и транспортных средств.

На рис. 13.8 приводится схема устройства стапельного места для монтажа массива-гиганта высотой 4,5—6,5 *м* и размерами в плане 17,3×8,8 *м*.

Стапельное место создают из трех рядов железобетонных опор, по которым укладывают стальные балки (рельсы, двутавры и т. п.). Высоту опор и верха балок устанавливают в соответствии с высотой подъема площадок стапельных тележек. Уровень верха балок выравнивают с точностью до ±5 *мм* путем укладки под них металлических подкладок различной толщины.

Рабочая площадка стапельного места должна быть жесткой, чтобы не происходило неравномерных осадок при ее загрузке.

Балки, размеченные рисками, служат шаблоном для укладки плит днища массивов. Для жесткости стапель должен иметь съемные поперечные связи *4*. После пересадки массива на стапельные тележки перед началом движения связи снимают.

Для пересадки массива со стапельного места и перемещения по горизонтальному стапелю к спусковому устройству применяют стапельные тележки с гидравлическими домкратами. Грузоподъемность и количество тележек, а также подъемная сила домкратов и их число определяются весом массива-гиганта. Обычно их должно быть не менее 6—8 штук.

Для монтажа массивов применяют железнодорожные, гусеничные и пневмоколесные краны, технические характеристики которых приведены в главе XVIII,

Для омоноличивания стыков массивов стапельные места оборудуют цементпушкой, компрессором, бетоносмесительным узлом с бетономешалкой емкостью не менее 250 *л*, электросварочными агрегатами, битумоваркой и растворонасосом.

Спусковые устройства полигонов должны отвечать требованиям, предъявляемым к наклонным спусковым дорожкам слипов (см. главу XV). Для спуска массивов-гигантов применяют косяковые тележки.

При небольшом числе массивов возможно применение склизов со спусковыми салазками, состоящими из полозьев. Полоз должен иметь трапецеидальную форму, верхний пояс которого горизонтален, а уклон нижнего соответствует уклону стапеля или склиза (обычно 1/8—1/12).

Размеры салазок определяются весом и габаритами массива. Глубина на пороге стапеля (склиза) назначается равной сумме осадки массива-гиганта (см. табл. 13.3), высоты косяковой тележки (салазок) и запаса под днищем массива (0,3—0,5 *м*). Величина запаса должна учитывать возможность понижения уровня воды в период спуска массивов.

§ 4. МОНТАЖ МАССИВОВ-ГИГАНТОВ

Сборка

До начала монтажных работ должны быть выполнены подготовительные работы по созданию необходимого запаса готовых железобетонных элементов и чистке их и металлических закладных деталей от грязи, ржавчины, по подготовке монтажных приспособлений и необходимого инвентаря, по проверке и испытанию машин и механизмов для монтажа.

Монтаж массивов-гигантов выполняется в такой последовательности: укладка плит днища; сварка закладных деталей и омоноличивание швов между плитами днища бетоном; установка контрфорсов; установка плит задней и средней стенки и примыкающих к ней диафрагм и торцевых стенок; установка плит передней стенки.

При установке элементов соблюдаются следующие требования. Установку ведут непосредственно на опорные места по осевым рискам. Плоские элементы из горизонтального положения в вертикальное переводят с помощью специальных кантователей (рис. 13.9), предупреждающих возникновение деформаций элементов. Не освобождают устанавливаемый элемент от строповки до окончания выверки его положения и закрепления монтажной сваркой. Монтаж вертикальных элементов производят только после окончания омоноличивания зазоров между плитами днища и приобретения бетоном омоноличивания 30% проектной прочности.

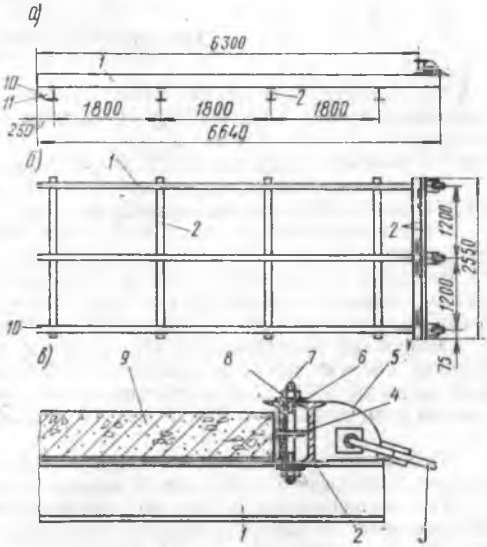


Рис. 13.9. Рама для подъема в вертикальное положение сборных железобетонных элементов массива-гиганта высотой 6,5 *м*:

а — боковой вид; *б* — план; *в* — узел крепления железобетонного элемента к раме; *1* и *2* — двутавр № 20; *3* — серьга диаметром 25 *мм* для подъема рамы; *4* — подъемная петля элемента; *5* — косынка толщиной 10 *мм*; *6* — шайба толщиной 10 *мм*; *7* — палец диаметром 42 *мм*; *8* — гайка М-42; *9* — сборный элемент; *10* — пластина длиной 500, шириной 100, толщиной 10 *мм*; *11* — косынка толщиной 10 *мм*

После установки всех элементов производят обварку закладных деталей, омоноличивание остальных стыков торкретбетоном и гидроизоляцию поверхностей.

Допускаемые отклонения смонтированных элементов массива-гиганта от проектного положения до омоноличивания не должны превышать следующих величин:

а) зазоры между плитами днища, передней, средней и задней стенками ±10 *мм;*

б) несовпадение наружных и внутренних поверхностей смежных плит днища, передней, средней и задней стенок — 5 *мм*;

в) смещение осей вертикальных элементов в нижнем сечении относительно разбивочных осей на плитах днища — 5 *мм;*

г) наибольшая величина отклонения плоскостей вертикальных элементов от вертикали в верхнем сечении — 20 *мм.*

Соединение сборных элементов в местах стыкования выполняется ручной дуговой сваркой сплошными швами электродами с качественным покрытием типа Э-42. Сварные швы выполняются по ГОСТ 5264—69.

Прихватка (монтажная) перед сваркой с применением электродов более низких марок не допускается.

При величине зазора между свариваемыми закладными деталями более 2 *мм* их сваривают с помощью дополнительных планок или круглых стержней диаметром не менее 10 *мм.*

Сварка стыков допускается при температуре воздуха не ниже —20°С.

Для примера на рис. 13.10. приведен календарный график производства работ и трудовые затраты по монтажу одной партии, состоящей из трех массивов-гигантов высотой 4,5, длиной 17,3 и шириной 8,8 *м.*

Омоноличивание стыков

Омоноличивание стыков плит днища производится монолитным бетоном, прочность и водонепроницаемость которого на марку выше бетона сборных элементов. Стыки остальных элементов омоноличиваются путем торкретирования. Торкретбетон применяется также повышенной марки.

Омоноличенные стыки выдерживаются во влажном состоянии при температуре плюс 5—20°С до достижения бетоном заделки 70% проектной прочности.

Омоноличивание стыков выполняется после соответствующей подготовки поверхностей стыков: удаления жировых пятен, подтеков, наплывов бетона; насечки бетонной поверхности; очистки стальными щетками или пескоструйным аппаратом стальных деталей; установки в стыках спиральной арматуры из круглой стали с приваркой ее к закладным деталям.

Наружные закладные детали днища и лицевой грани массива до торкретирования следует покрыть противокоррозионным слоем изоляции (кузбасслаком или лаком № 177). Для торкретирования применяют водонепроницаемый безусадочный цемент ВБЦ по ГОСТ 969—66 или портландцемент БТЦ по ГОСТ 1581—63.

Песок должен соответствовать требованиям ГОСТ 4797—69. Количество воды для увлажнения сухой смеси определяется при пробном торкретировании.

При производстве работ по торкретированию следует руководствоваться «Указаниями по торкретированию бетонных и железобетонных обделок тоннельных сооружений» (ТУ 21—58 Минтрансстроя) и положениями, изложенными ниже.

Заданная проектом толщина слоя торкрета достигается последовательным нанесением слоев толщиной по 5—10 *мм.* Общая толщина слоя должна быть такой, чтобы спиральная арматура закрывалась не менее чем на 20 *мм.*

При нанесении первого слоя торкрета сопло удерживается на расстоянии 90—120 *см* от торкретируемой поверхности, при нанесении последующих слоев — на расстоянии 70—80 *см.* Каждый последующий слой торкрета наносят после зачистки предыдущего слоя стальной щеткой. Торкрет наносят сверху вниз. Поверхность торкретного покрытия затирают не ранее чем через 24 *ч* после его нанесения. Свеженанесенный торкрет укрывают от солнечных лучей, дождя, ветра и в

	Наименование работ	Объем: Единица измерения	Объем: Количество	Трудоемкость: На единицу, чел.-ч	Трудоемкость: Всего чел.-смен	Число рабочих в смене	Количество смен в сутки	Всего рабочих суток	№ массивов-гигантов
1	Подготовка стапеля	шт.	3	9,35	4	8	1	3	1, 2, 3
2	Укладка плит днища	шт.	18	7,78	20				1, 2, 3
3	Сварка плит днища	пог. м	126	1	18	3	2	3	1, 2, 3
4	Омоноличивание плит днища	пог. м	132	1,50	30	5	2	3	1, 2, 3
5	Установка вертикальных плит	шт.	162	7,78	180	6	2	15	1, 2, 3
6	Сварка вертикальных плит	Соединение	3294	0,38	180	6	2	15	1, 2, 3
7	Омоноличивание вертикальных плит	пог. м	2421	0,28	96	4	2	12	1, 2, 3
8	Устранение дефектов	Массив	3	35	15	5	1	3	1, 2, 3
9	Гидроизоляционные работы	м²	4005	0,02	12	4	1	3	1, 2, 3
10	Спуск в воду, испытание на водонепроницаемость	шт.	3	42	18	6	1	3	1, 2, 3

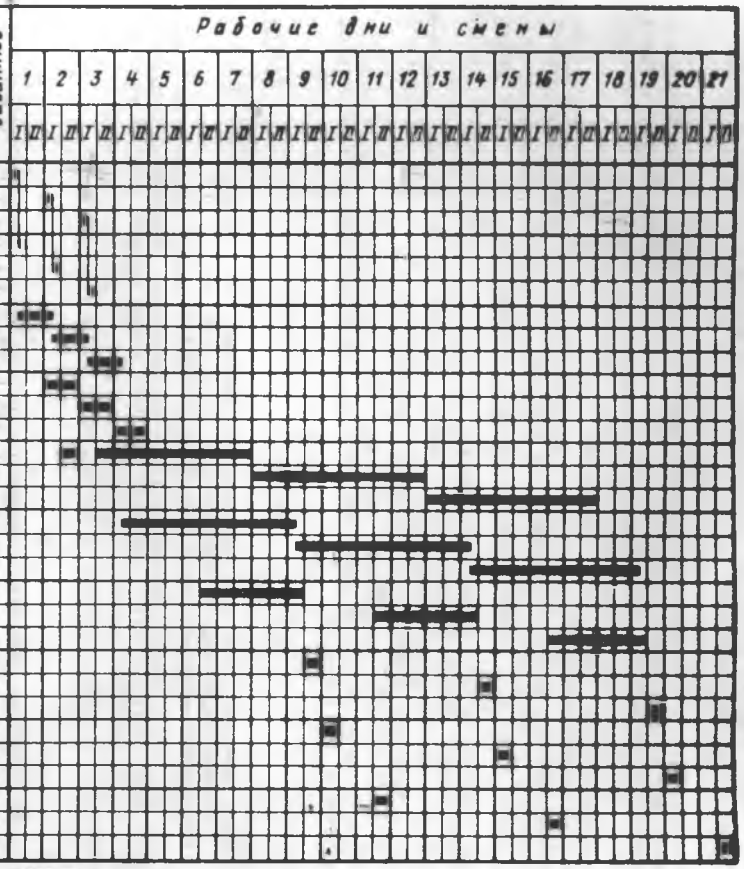


Рис. 13.10. График производства работ по монтажу партии массивов-гигантов

течение всего периода твердения поддерживают во влажном состоянии. Торкрет, имеющий дефекты, заменяют.

Торкретирование производится при температуре воздуха и поверхности элементов не ниже +5°С. При температуре воздуха ниже +5°С торкретирование следует вести в переносных тепляках. В этом случае до начала омоноличивания стыков в днище поверхность стыкуемых элементов нагревается до температуры не ниже +5°С в течение часа. Бетон в стыках предохраняют от замерзания путем обогрева стыка греющей опалубкой или нагревательными устройствами. Общее количество необходимого тепла для прогрева бетона в стыке днища ориентировочно определяется по эмпирической формуле

$$Q=2{,}7\cdot10^3V(n+1)(t_к-t_в), \qquad (13.1)$$

где Q — требуемое количество тепла, *ккал;*

V — объем бетона заделки стыка, *м³;*

n — число стыкуемых элементов;

$t_к$ — конечная температура разогрева бетона, °С;

$t_в$ — температура наружного воздуха, °С.

При расчете электронагревателей греющих опалубок тепловая мощность их определяется по формуле

$$Q_н=\frac{Q}{T}, \qquad (13.2)$$

где $Q_н$ — тепловая мощность нагревателя, *ккал/ч;*

T — продолжительность термической обработки, *ч;*

После омоноличивания стыка подогретой бетонной смесью нормальные условия для ее твердения обеспечиваются комбинированным способом, основанным на сочетании изотермического прогрева бетонной смеси в стыке при температуре +55°С до достижения бетоном 70% проектной прочности и последующего охлаждения его в условиях термоса со скоростью не более 5—7°С в час.

Испытание массивов-гигантов на водонепроницаемость

Испытание массивов на водонепроницаемость начинают через 28 *ч* после окончания всех работ по монтажу, заделке стыков и гидроизоляции поверхностей массива. Испытание производят на стапельном месте. Наливают воду во все отсеки на высоту, равную осадке массива, или в период спуска массива-гиганта на воду выдерживают его на косяковых тележках (салазках) в воде при осадке, исключающей его всплытие. Отсеки массива наполняют водой с обоих концов к его середине постепенно в шахматном порядке.

Стапельное место, на котором испытывают массив, должно быть усилено дополнительными опорами (тележками, салазками, шпальными клетками).

В целях проверки на водонепроницаемость стенок массива выше уровня воды их поливают струей воды из брандспойта с расстояния не более 3 *м* при напоре 10 *м*.

Испытываемый массив считается водонепроницаемым, если на наблюдаемых поверхностях не появляется течи в виде струй, стекающих капель и подтеков. При обнаружении мест течи их следует расчистить (вырубить) и заделать бетоном того же состава, что и бетон элемента. Испытание производится при температуре выше 0°С в течение не менее 1 *ч*.

§ 5. СПУСК МАССИВОВ-ГИГАНТОВ НА ВОДУ

Комплекс работ по перемещению и спуску массивов-гигантов состоит из следующих операций;

а) подъем, посадка на тележки (салазки), перемещение от места изготовления (стапельного места) по поперечному пути стапеля;

б) пересадка с тележек (салазок) поперечных путей на тележки (салазки) продольных откатных путей стапеля, перемещение к спусковому устройству;

в) пересадка с тележек (салазок) продольных откатных путей стапеля на косяковые тележки (салазки) и спуск в воду;

г) оборудование массива-гиганта перед буксировкой.

При подъеме массива-гиганта со стапельного места нагрузку от него на тележки или домкраты надо передавать равномерно, для чего массив поднимается всеми тележками или домкратами одновременно.

Гидравлические домкраты устанавливают по расчету и снабжают выверенными манометрами и предохранительными кольцами, исключающими возможность внезапной посадки поршня. Между поршнями домкратов и днищем массива устанавливают деревянные прокладки. После подъема массива на необходимую высоту запорные краны в домкратах закрываются, а предохранительные кольца закрепляются.

Перед началом передвижения массивов проверяют состояние путей, тележек, салазок и оборудования (лебедок, тросов). Если массивы перемещают на салазках, дороги и полозья салазок смазывают минеральной насалкой.

Величина тягового усилия $T_у$, необходимого для перемещения массива по горизонтальному стапелю (склизу), определяется по формулам:

при перемещении на тележках

$$T_у = \frac{(Q_м + Q_т)(f_1 + \mu r)k}{R}\ \tau, \qquad (13.3)$$

при перемещении на салазках

$$T_у = (Q_м + Q_с) f_2\ \tau, \qquad (13.4)$$

где $Q_м$, $Q_т$ и $Q_с$ — соответственно вес массива-гиганта тележек и салазок, *т;*

$f_1 = 0{,}005$ — коэффициент трения качения колес тележки по рельсам;

$\mu = 0{,}3$ — коэффициент трения скольжения осей катков тележек в подшипниках;

r — радиус осей катков тележки, *м;*

R — радиус катков тележки, *м;*

f_2 — коэффициент трения скольжения полозьев салазок по путям,

$k = 1{,}5$ — коэффициент, учитывающий трение реборд тележки; зависящий от рода смазки; при смазке салом с тавотом $f_2 = 0{,}15$, мылом или тавотом $f_2 = 0{,}2 \div 0{,}25$.

Величина тягового усилия, необходимого для спуска массива-гиганта по наклонному стапелю или склизу, определяется по формулам:

$$T_{нак} = T_у - (Q_м + Q_т)\sin\alpha \qquad (13.5)$$

и

$$T_{нак} = T_у - (Q_м + Q_с)\sin\alpha, \qquad (13.6)$$

где α — угол наклона стапельных путей к горизонтали.

Оборудование спусковых устройств должно состоять из лебедок, обеспечивающих равномерное натяжение тяговых тросов и устранение перекосов тележек (салазок), и тормозных лебедок, препятствующих самопроизвольному движению массива.

Пересадка массива со стапельных тележек (салазок) на косяковые происходит на месте перелома профиля спускового стапеля.

При спуске массива на воду следует соблюдать следующие требования:

а) перед спуском необходимо произвести предварительную огрузку спусковых путей пропусканием тележек (салазок), нагруженных до 30% веса массива-гиганта; проверить спусковые тележки (салазки), тросы, лебедки и другое оборудование; при спуске на салазках смазать спусковые пути в надводной части стапеля и полозья салазок;

б) перед установкой массива на тележки или салазки спусковые пути должны быть осмотрены водолазами и очищены;

в) спуск массива производится немедленно после его установки на косяковые тележки (салазки); запрещается оставлять массив-гигант на спусковых устройствах.

При спуске массивов-гигантов, изготовленных в плавучих или сухих доках, а также на действующих судостроительных или судоремонтных слипах, руководствуются правилами эксплуатации этих сооружений.

После спуска на воду массивы-гиганты отводят для отстоя на защищенный от волнения участок акватории.

Во время отстоя массивов их оснащают для буксировки согласно проекту производства работ. Обычно по верху массивов укладывают настил из инвентарных щитов для установки мотонасосов, лебедок и перемещения обслуживающего персонала, на наружные стенки и между массивами (при буксировке возом) навешивают кранцы; в рымы наружных кранцев пропускается мягкий трос, с помощью которого производится буксировка массивов.

Если буксировка предполагается возом, то массивы соединяют друг с другом при помощи распорок из круглого леса и тросовых стяжек.

§ 6. БУКСИРОВКА МАССИВОВ-ГИГАНТОВ

Вывод массивов из защищенной акватории и транспортировка к месту установки допускается только при наличии прогноза о волнении на пути следования не более 2—3 баллов.

Массивы можно буксировать по одному или сформированными в воз до шести массивов-гигантов. Буксировка выполняется двумя судами: основным буксиром и вспомогательным катером (для страховки) мощностью обычно 150 *л. с.*, который швартуется к массивам в корме или лагом. Катер снабжается мотонасосами.

Тяговая мощность $N_т$ крюка судна-буксировщика определяется по формуле

$$N_т = \frac{F_к V}{75} \text{ л. с.}, \tag{13.7}$$

где $F_к$ — сила тяги на крюке, *кг;*

V — скорость буксирования состава относительно воды, *м/сек.*

Тяговая мощность меньше полезной на величину мощности, затрачиваемой на преодоление сопротивления корпуса судна-буксировщика.

Сила тяги на крюке $F_к$ равна полному сопротивлению среды движению массива (массивов), которое слагается из сопротивления воды и дополнительных сопротивлений, вызываемых путевыми и метеорологическими условиями (влиянием ветра, волн, уклона реки, габаритами пути).

Сопротивление воды является основной составляющей полного сопротивления среды и может быть определено по формуле

$$P_т = (k_1 S_1 + k_2 S_2) V^2 \text{ т}, \tag{13.8}$$

где k_1 — коэффициент сопротивления лобовой поверхности массива-гиганта (воза), принимаемый равным около 0,06 $т \cdot сек^2/м^4$;

S_1 — площадь смоченной лобовой поверхности, $м^2$;

k_2 — коэффициент трения бортовых и днищевых смоченных поверхностей массива-гиганта (воза), принимаемый равным 0,00015—0,0002 $т \cdot сек^2/м^4$;

S_2 — площадь смоченных бортовых и днищевых поверхностей массива-гиганта (воза), $м^2$,

V — скорость буксирования состава относительно воды, *м/сек.*

Влияние путевых факторов на буксировку массивов-гигантов учитывается в каждом конкретном случае особо.

Оптимальную (наивыгоднейшую) длину буксирного троса, обеспечивающую наименьшее сопротивление буксируемых массивов-гигантов по прямому курсу, можно определить по формуле

$$L_{тр} = aL^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{20 + N_р}{120 + N_т} \text{ м}, \tag{13.9}$$

где $N_р$ — регистрационная мощность буксирного судна, *л. с.;*

L — длина массива-гиганта или воза, *м;*

a — эмпирический коэффициент принимаемый 9,5—10,5.

При расстоянии транспортирования до 2 *км* или при стесненных условиях буксировка, как правило, производится буксиром под бортом.

В случае появления течи в массивах воду откачивают установленными на них передвижными насосами производительностью не менее 24 $м^3/ч$. В аварийном случае используют мотонасосы вспомогательного катера.

Запас глубины под днищем массивов должен быть не менее 20 *см*.

§ 7. УСТАНОВКА МАССИВОВ-ГИГАНТОВ В СООРУЖЕНИИ И МОНТАЖ НАДСТРОЙКИ

Установка массива-гиганта в створ сооружения допускается при волнении не более 2 баллов и только после проверки состояния постели промерами и водолазным осмотром. Особенно точно, с проверкой геодезическими инструментами, должна быть выполнена установка первого массива. Массивы устанавливают вплотную друг к другу и ориентируют по створам.

Массив подтягивают против течения при помощи лебедок, расположенных на нем по углам; для этого тросы двух передних лебедок закрепляют на ранее опущенных на дно массивах.

Тросы двух задних лебедок снабжаются якорями, которые заводят катером и отдают примерно под углом 45° к оси сооружения. Тросы пропускают через кнехты или кипы, установленные на продольных стенках у углов массива.

Погружение массива для установки на постель разрешается начинать после выверки его положения по створам. Равномерность погружения регулируют и проверяют по нанесенным на углах делениям. Погружение производится путем затопления в соответствии с указаниями проекта (обычно насосами, сифонами и т. п.).

При подаче воды насосами массив наполняют водой через специальный регистр с патрубками над каждым отсеком массива, при отсутствии регистра — посекционно в шахматном порядке. При заливке тросы лебедок должны быть туго натянуты.

После установки массива на постель проверяют его положение в створах и прилегание к постели днища массива по периметру. Отклонение от створов не должно превышать ±5 *см*. Смещение плоскостей двух смежных массивов по линии кордона допускается в пределах 2 *см*. Отклонение в величине проектного зазора между торцами смежных массивов не должно превышать 5 *см*.

Если после установки на постель массив-гигант имеет отклонения более допустимых, необходимо откачать воду из отсеков, поднять массив над постелью и переставить его.

При наличии зазоров между поверхностью постели и днищем массива бо́льших, чем допускается проектом (обычно ±3 *см*), массив должен быть поднят, отведен в сторону, а постель выровнена. Затем массив устанавливают вторично.

После проверки положения установленного на постель массива немедленно начинают его загрузку, равномерно во все отсеки: сыпучий материал (камень, песок, гравий) засыпают в воду, бетонную смесь загружают насухо, с предварительной поочередной откачкой воды из отдельных отсеков.

Монтаж элементов надстройки и заполнение зазоров между смежными массивами-гигантами допускается только после стабилизации их осадки.

Сборные элементы при транспортировке и складировании располагают ребрами вверх и укладывают на подкладки толщиной не менее высоты выступающих петель и закладных деталей. Подкладки необходимо располагать под подъемными петлями.

До начала монтажных работ создают не менее чем двухдневный запас сборных элементов надстройки, расположенных в рабочей зоне крана.

До подъема элементов к их закладным частям закрепляют шарнирно анкерные тяги. Тяги поворачиваются в шарнире до придания им проектного угла наклона с элементом и в таком положении закрепляются с помощью распорки-шаблона. Элементы рекомендуется поднимать при помощи полуавтоматического захвата (разработанного Гипроречтрансом), обеспечивающего расстроповку его без подъема рабочих к месту закрепления. Установленный и выверенный

элемент надежно закрепляют монтажной сваркой анкерной тяги и закладных деталей в элементе с закладными деталями в массиве-гиганте и только после этого снимают захват. Сварку тяг рекомендуется производить при температуре воздуха не ниже —20°С.

При монтаже элементов надстройки допускаемые отклонения не должны превышать следующих величин:

величина зазора между элементами — 15 *мм;*

отклонение от плоскости кордона ±20 *мм* по длине секции и ±5 *мм* у соседних элементов;

величина зазора между лицевой плоскостью элемента и плоскостью массива-гиганта — 10 *мм;*

наклон в плоскости кордона — 2 *мм* на 1 *м* высоты.

Грунтонепроницаемость зазоров между элементами надстройки в пределах секции набережной (на длине одного массива-гиганта) обеспечивается при помощи металлической полосы, привариваемой с внешней стороны к закладным уголкам двух смежных элементов, или гидрорерина, которым заполняется шов.

Зазоры между вертикальными элементами надстройки в местах расположения температурно-осадочных швов перекрывают, как правило, при помощи деревянных коробов, заполняемых щебнем или гравием. Короба тщательно подгоняют к поверхности бетона, а зазоры между коробами и бетоном проконопачивают. Щебень (гравий), засыпаемый в короба, должен быть тщательно промытым и иметь гранулометрический состав, предусмотренный проектом. Разные фракции щебня (гравия) перемешивают. Щебенку (гравий) уплотняют в коробе послойно (толщиной слоя не более 0,5 *м*) вибраторами, прикладываемыми к коробам, и металлическими шуровками. Во избежание попадания грунта засыпки в короба необходимо следить за тем, чтобы уровень щебенки (гравия) в коробах был всегда выше уровня засыпки пазух.

Глава XIV. НАБРОСНЫЕ ОГРАДИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

§ 1. КОНСТРУКЦИЯ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Оградительные сооружения из наброски — волноломы, молы, пирсы по форме поперечного сечения подразделяются на сооружении откосного и смешанного профилей.

Сооружения откосного типа допускают значительные осадки и могут применяться в любых геологических и гидрологических условиях. Недостатками этого типа сооружений являются значительное увеличение объема наброски с увеличением глубин и невозможность использовать внутреннюю сторону в качестве причала для судов.

Оградительные сооружения смешанного типа более чувствительны к осадкам, но имеют меньший объем наброски и позволяют использовать внутреннюю сторону сооружения как причал.

Для наброски применяется камень изверженных или твердых осадочных пород (известняки, песчаники), удовлетворяющий требованиям СНиП 1—В. 8—62*. По крупности его подразделяют на 6 категорий (табл. 14.1).

Таблица 14.1

Категории крупности камня, применяемого для наброски

Категория камня	Карьерные отходы-мелочь	I	II	III	IV	V
Вес камня, *кг*	До 5	5—100	100—1500	1500—4000	4000—8000	8000

Откосные сооружения строятся следующих типов.

Сооружения из наброски несортированного камня строят при сравнительно небольшой глубине, слабом волнении и в морских условиях применяются редко. *Сооружения из наброски сортированного камня* возводят в морских условиях при любых глубинах и силе волнения. Сооружение состоит из ядра, или нижней части, отсыпанной из несортированного мелкого камня, отходов и карьерной мелочи, и прикрытия из двух слоев камня средней и максимальной величины в наружном слое на внешнем откосе в зоне уреза (рис. 14.1).

Зависимость между силой волнения и элементами сооружения показана в табл. 14.2.

Размер камня, отсыпанного в подстилаемый слой, должен быть более размера пустот между камнями вышележащего слоя.

Сооружения из наброски сортированного камня с покрытием откосов массивами применяется в случае, если нельзя получать камень весом более 2,0 *т*

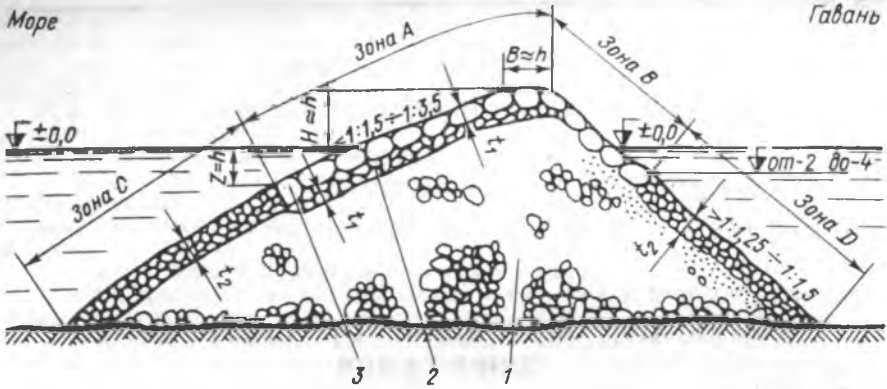


Рис. 14.1. Оградительное сооружение из наброски сортированного камня:
1 — несортированный камень, карьерные отходы; *2* — камень средней крупности до 1 *т*; *3* — крупный камень (табл. 14.2).

Таблица 14.2

Характеристика элементов сооружения в зависимости от силы волнения

Высота волны, *м*	Уклон верхней части внешнего откоса	Вес камня в зоне А, *т*	Толщина слоя камня и фильтра *t*, *м*	Вес камня в зоне В, *т*	Уклон тылового откоса	Вес камня в зоне С, *т*	Вес камня в зоне *D*, *т*	Толщина слоя камня *t* в зонах С и *D*, *м*
0,3—1,5	1:1,5	2	1,0	2	1:1,25	2	2	1,0
1,8—3,0	1:2	4	1,2	4	1:1,25	2—4	2	1,2
3,3—4,5	1:2,5	7	1,5	5	1:1,25	2—6	2—4	1,2
4,8—6,0	1.3	16	1,8	10	1:1,25	2—8	2—6	1,5
6,3—7,5	1:3,5	23	2,1	15	1:1,5	2—10	2—6	1,8

который необходим для обеспечения устойчивости откоса. Сооружение состоит из ядра, отсыпаемого из мелкого камня, карьерных отходов или из гравия, и отсыпки — из более крупного камня, размер которого увеличивается к поверхности откоса.

Морской откос в зоне уреза, т. е. наибольшего воздействия волнения, а также гребень сооружения прикрыты массивами в виде наброски или правильной кладки. Внутренний откос со стороны гавани, массивами обычно не прикрывается.

Для прикрытия применяют массивы в виде кубов и параллелепипедов весом от 30 *т* и более, а также фасонные массивы различных форм и весов.

Покрытие из массивовой наброски имеет большую волногасящую способность и эффективнее, чем покрытие из правильной массивовой кладки, но требует двухслойной укладки, т. е. большего расхода массивов.

Покрытие из правильной массивовой кладки, имея малую волногасящую способность, требует повышения отметки гребня или устройства бетонной надстройки на высоту не менее полуторной высоты волны.

Во избежание сползания массивов вниз по откосу устраивают ниже зоны наибольшего волнового воздействия упорную берму из каменной наброски, прикрываемую берменными упорными массивами. Уклон морского откоса при этом принимается от 1:2 до 1:2,5. Ниже бермы уклон откоса делается круче — от 1:1,25 до 1:2. Уклон внутреннего откоса сооружения со стороны гавани назначается в пределах от 1:1 до 1:1,5.

Применение наброски из фасонных массивов, обладающих большим сцеплением, позволяет принимать крутизну морского откоса от 1:1,5 до 1:1, т. е. уменьшить поперечный профиль сооружения и вес самого массива по сравнению с прямоугольным.

Вследствие применения фасонных массивов значительно уменьшается объем каменной наброски ядра сооружения, а при небольшой высоте наката волны верх сооружения можно закладывать на более низкой отметке. На рис. 14.2 показан примерный профиль оградительного сооружения с выкладкой из тетраподов, а в табл. 14.3 приведена характеристика тетраподов.

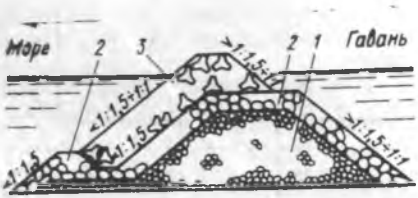
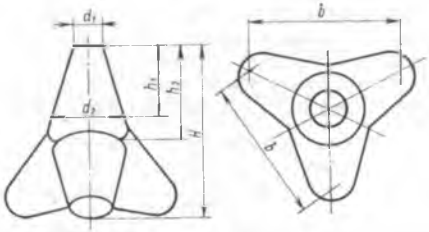


Рис. 14.2. Оградительное сооружение из наброски с прикрытием из тетраподов:

1 — ядро из несортированного камня; *2* — крупный камень (вес по расчету); *3* — тетраподы

Таблица 14.3

Сортамент бетонных тетраподов



Марка изделия	Размеры, *м*						Марка бетона	Расход бетона, *м*³	Вес блока, *т*
	d_1	d_2	h_1	h_2	b	H			
Т-15	0,60	1,40	1,40	2,00	3,45	3,30	300	6,5	15
Т-10	0,40	1,20	1,20	1,60	2,80	2,60	300	4,4	10
Т-7	0,30	1,00	1,00	1,30	2,25	2,10	300	3,0	7
Т-5	0,52	0,88	0,80	1,29	1,93	2,07	300	2,2	5
Т-3	0,44	0,73	0,67	1,08	1,62	1,81	300	1,24	3
Т-2	0,25	0,70	0,70	0,90	1,35	1,45	300	0,9	2
Т-1	0,25	0,50	0,50	0,80	1,20	1,31	300	0,42	1

Сооружения из массивовой наброски применяются при отсутствии в районе строительства камня достаточной крупности (рис. 14.3).

Массивы для наброски могут быть в форме параллелепипеда весом от 15 до 100 *т* при соотношении сторон массива 1:1:1,5, а также фасонные.

Уклон морского откоса при наброске прямоугольных массивов принимается 1 : 1,5, при наброске фасонных массивов — не положе чем 1 : 1,3÷1 : 1.

Наброска массивов производится на каменную постель, отсыпанную из мелкого камня или гравелистого грунта и прикрытую слоем более крупного камня весом до 200 *кг*.

Ширина гребня на уровне воды должна быть не менее 3,5—4*h*, а возвышение гребня над спокойным уровнем — не менее 0,7*h* (*h* — высота волны).

Сооружения из наброски смешанного типа (рис. 14.4) строятся на глубинах более 20 *м*, причем высота каменной наброски может составлять более половины глубины,

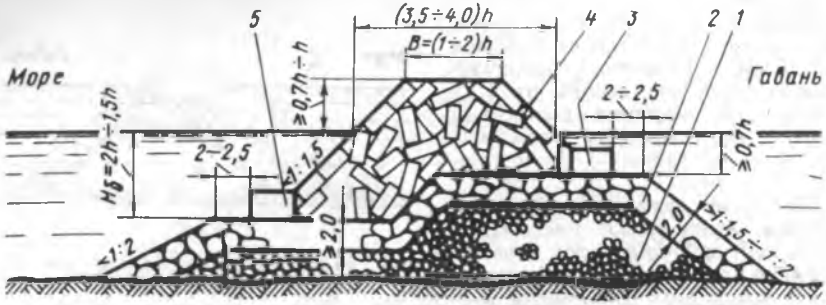


Рис. 14.3. Оградительное сооружение из массивовой наброски:

1 — мелкий несортированный камень 5—100 *кг*; *2* — камень средней крупности 100—200 *кг*; *3* — бордюрный массив; *4* — обыкновенные массивы; *5* — берменные массивы. (Размеры в *м*)

Конструкция нижней части сооружения представляет собой ядро, отсыпанное из мелкого камня или гравия, прикрытое на откосе крупным камнем.

Толщина защитного покрытия на откосах должна быть более утроенного размера применяемого камня, но не менее 1,0 *м*, а камень подстилающего слоя должен иметь вес не менее $^1/_{20}$ веса камня наружного слоя. Уклоны каменной отсыпки морского откоса принимаются не круче 1:2, а тылового — не круче 1:1,5.

Бетонная надстройка оголовка возводится после затухания осадки сооружения.

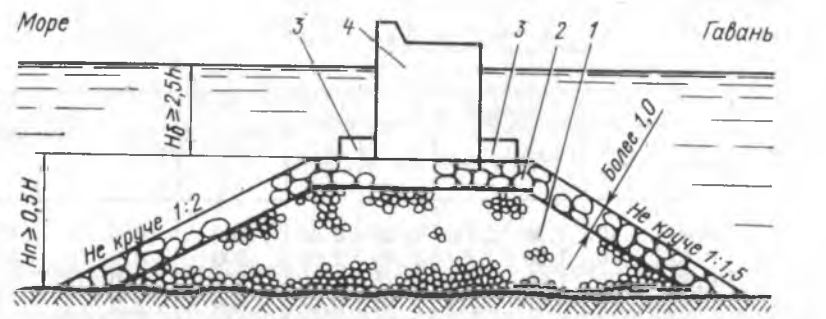


Рис. 14.4. Оградительное сооружение смешанного типа:

1 — мелкий несортированный камень; *2* — крупный камень (вес по расчету); *3* — берменные массивы; *4* — правильная массивовая кладка с бетонным оголовком

§ 2. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

Пионерный способ

В оградительные сооружения, связанные с берегом (молы), отсыпка каменного ядра ведется от берега с использованием ранее отсыпанной части сооружения для движения транспорта, подвозящего камень, бульдозеров, производящих ровнение гребня, и кранов, укладывающих крупные камни на откосы.

В соответствии с конструкцией сооружений сначала ведется отсыпка ядра из несортированных камней различной крупности. Наиболее мелкий камень отсыпают в нижнюю и центральную части ядра, затем на откосы отсыпается камень средней крупности, если это предусмотрено проектом. После этого откосы покрывают слоем камня наибольшей требуемой проектом крупности (глыбы).

Для подачи и отсыпки камня используют автосамосвалы, а крупных глыб, при недостаточной грузоподъемности самосвалов, — трейлеры с тракторной тягой.

При недостаточной ширине насыпи через 50—100 *м* устраивают уширения, позволяющие самосвалам развернуться для подъезда к месту разгрузки задним ходом и нормального выезда на берег.

Сбрасываемые с самосвалов камни образуют откосы более крутые, чем предусмотрено проектом. Досыпка камня в откосы производится кранами, перемещающимися по создаваемой насыпи, или в основания откосов — плавучими средствами.

Отклонения размеров площадей отдельных профилей (сечений) сооружений из каменной наброски от проектных не должны превышать 5% при условии соблюдения проектной отметки верха наброски.

Отклонения отметок поверхности законченной каменной наброски и ядра сооружения от проектных не должны превышать ±30 *см*, что достигается грубым ровнением.

Уменьшение крутизны откосов от проектной допускается не более: для подводного откоса с морской стороны — 7%; со стороны гавани — 5%; для надводного откоса с морской стороны — 5%, со стороны гавани — 3%.

Увеличение крутизны откосов не допускается.

Строительство с воды

Оградительные сооружения из наброски камня, не связанные с берегом (волноломы), возводятся с воды при помощи плавучих средств. Для отсыпки мелкого камня в ядро сооружения применяются шаланды с раскрывающимися днищами, которые загружаются из бункеров причала карьера или самосвалами на рабочем причале в районе строительства и разгружаются непосредственно в сооружении.

Отсыпку камня из шаланд можно производить только при определенной глубине воды над постелью, позволяющей раскрыть днища шаланд. При меньшей глубине отсыпка камня выполняется с помощью большегрузных контейнеров (см. главу V).

Контейнеры загружают камнем непосредственно из автосамосвалов на рабочем причале. Загруженные контейнеры с помощью кранов устанавливают на понтоны и буксируют к месту отсыпки.

По освоении процесса разгрузки контейнеров может быть достигнута большая равномерность отсыпки камня и даже частичное ровнение его.

Перед началом и по окончании работ, при надобности, после отсыпки каждого контейнера промеряют глубины на участке отсыпки камня футштоком.

Работы по отсыпке камня в сооружение на незащищенной акватории выполняются при волнении до 4 баллов. Отсыпка камня производится с учетом установленных проектом запасов на осадку сооружения и на погружение камня в грунт.

Содержание пустот в каменной наброске указывается в проекте. Заданную пустотность проверяют опытными набросками, выполненными в производственных условиях. Уплотнение ядра, при наличии специальных требований в проекте, можно выполнять виброуплотнителями подводных каменных постелей (см. главу V).

Устройство откосов и гребня сооружения из каменных глыб

Покрытие откосов и гребня сооружения глыбами во избежание разрушения отсыпанного ядра из несортированного камня при волнении рекомендуется начинать не позже чем через 2—3 дня после окончания наброски ядра. Для отсыпки подводного откоса крупными камнями применяют кран, оборудованный грейфером с большой емкостью или же специальными захватными устройствами.

В зависимости от требования проекта надводный откос и гребень выкладывают каменными глыбами с перевязкой швов либо свободной наброской. Рабо-

ты выполняют также при помощи крана. Подводные откосы сооружения не выкладывают и не ровняют.

Законченное сооружение должно иметь проектные отметки и проектные уклоны с учетом предусмотренных проектом запасов на осадку и допусков на крутизну откосов.

Площади отдельных профилей сооружения не должны отклоняться от проектных более чем на 5%.

Устройство откосов и гребня сооружения из обыкновенных массивов и фасонных блоков (тетраподов)

Покрытие откосов тетраподами и обычными массивами применяется для защиты каменного ядра сооружения от повреждения при волнении. Непосредственно перед укладкой тетраподов проверяют состояние каменной наброски. Обнаруженные повреждения, заиление или обрастание устраняются. Готовность участка каменной наброски к укладке тетраподов фиксируется актом.

Затем производят разбивку участка для выкладки фасонных блоков: переносят на постель и ядро сооружения линию установки бордюрных блоков (если они предусмотрены проектом), а также закрепляют на поверхности воды знаки и створы нижних и верхних бровок выкладки.

Для соблюдения проектной оси профиля выкладки, помимо разбивочных знаков, можно устанавливать деревянные шаблоны над поверхностью воды.

Выкладка фасонных блоков (массивов) выполняется в следующем порядке.

Для уменьшения возможности разрушения волнением незавершенных строительством участков работ все сооружение разбивают на «захватки» длиной 30—50 *м*, сразу выкладываемые на полный профиль.

До начала выкладки откосных фасонных блоков устанавливают в ряд бордюрные фасонные блоки или массивы, ограничивающие всю выкладку. Отклонение бортового ряда фасонных блоков от проектной линии укладки не должно превышать 0,25 *м*.

Выкладку блоков начинают с внешней (морской) части профиля сооружения. В процессе работ кран по возможности устанавливают с внутренней стороны сооружения. Кран устанавливают так, чтобы он не получил повреждений при возможном скатывании блоков с откоса.

Опускаемый фасонный блок освобождается от захвата только после укладки его на место.

Для выкладки фасонных блоков, как имеющих монтажные петли, так и беспетлевых и массивов с заплечиками используют специальные саморасцепляющиеся захваты. Так, для выкладки тетраподов применяются: крюк с противовесом и клещевой захват А. А. Чернухина, тросовый захват для подъема и установки беспетлевых тетраподов Н. В. Красова, клиновый захват С. Р. Гринберга, К. П. Цветаева и др. Захваты, стропы, гаки и приспособления для выкладки фасонных блоков проверяют ежедневно перед началом работ.

Отклонение фактической площади сечения (профиля) выкладки от проектной не должно превышать 5%, при обязательном соблюдении проектной отметки верха выкладки.

Устройство гребня сооружения из правильной кладки обыкновенных массивов выполняется, как указано в главе IX.

§ 3. КАРЬЕРНЫЕ РАБОТЫ ПО ЗАГОТОВКЕ КАМЕННЫХ ГЛЫБ

Для заготовки крупных каменных глыб естественные залежи валунов или специальные карьеры разрабатывают посредством взрывных работ. Для успешной разработки месторождения исключительно важно изучить системы трещин, а также направления облегченного раскола породы. Используют месторождения с правильной системой трещин и достаточно большими интервалами между ними для получения крупных и правильных каменных глыб.

Запасы камня в карьере определяют по величине выхода крупных каменных глыб. По опыту разработки карьеров эта величина может изменяться в пределах от 10 до 30%.

Для увеличения выхода каменных глыб из горной массы необходимо:

располагать фронт разработки и уступов карьера с учетом направления наилучшего раскола породы и трещин по возможности параллельно направлению наилучшего раскола каменной породы, что примерно соответствует направлению продольных трещин;

совмещать подошвы уступов с горизонтальными трещинами;

регламентировать взрывные работы, не применять дробящие взрывчатые вещества и заряды излишней величины;

создавать дополнительные плоскости обнажения для облегчения отделения глыб от массива;

не сбрасывать добываемые глыбы с уступов на подошву карьера.

При производстве взрывных работ шпуровым методом высоту уступов в забое назначают равной или кратной (в пределах до 4—5 *м*) мощности горизонтальных слоев с расположением подошвы уступа на поверхности горизонтальной трещины.

Для предупреждения возникновения в отделяемых каменных глыбах волосных трещин и ожогов для взрывов используют дымный порох при наличии трех обнаженных плоскостей.

Расположение шпуров определяется заданными размерами отрываемых глыб, крепостью породы, наличием или отсутствием трещин. В породах с хорошо выраженными направлениями трещин можно ограничиться одним шпуром, расположенным по требуемой линии отрыва. В крепких породах, не имеющих хорошо выраженных направлений, расстояние между шпурами подбирают опытным путем, начиная с величин 0,2—0,3 *м*.

Диаметр шпура рекомендуется принимать не более 35 *мм*.

Общий вес зарядов для одной глыбы определяется по формуле

$$Q = KV \text{ кг}, \tag{14.1}$$

где V — объем отрываемой глыбы, $м^3$;

K — расход пороха, $кг/м^3$. Для дымного пороха принимается $K = 0{,}05 \div 0{,}30$ $кг/м^3$.

Для того чтобы рассчитать вес заряда в отдельных шпурах, вес общего заряда делят на число шпуров, а затем эту величину уточняют пробными взрывами.

Глава XV. СУДОПОДЪЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Судоподъемные сооружения судостроительных и судоремонтных предприятий разделяют на следующие основные виды:

эллинги, предназначенные для подъема и спуска судов по наклонным путям. Эллинги имеют один ряд стапельных мест, расположенных по оси откатной горизонтальной части пути;

слипы — позволяют, кроме подъема и спуска, производить перемещение судов на горизонтальной площадке по двум взаимно перпендикулярным направлениям;

сухие доки — представляют камеру, которая может быть наполнена водой или осушена и служит для обнажения подводной части судна при ремонте или постройке судов.

При совпадении оси судна с направлением перемещения эллинг (слип) называют продольным. Если направление перемещения судна перпендикулярно оси судна, эллинг (слип) называют поперечным.

На продольном слипе или эллинге подъем судов производится по одному рельсовому пути на двух тележках с балансирными колесными опорами, что позволяет строить подъемные пути с переменным уклоном (рис. 15.1, *а*).

Поперечный эллинг или слип имеет несколько подъемных судовозных путей. Наибольшее распространение имеет гребенчатый слип, названный по схеме пересадки судна с наклонных путей на горизонтальные (рис. 15.1, *б*).

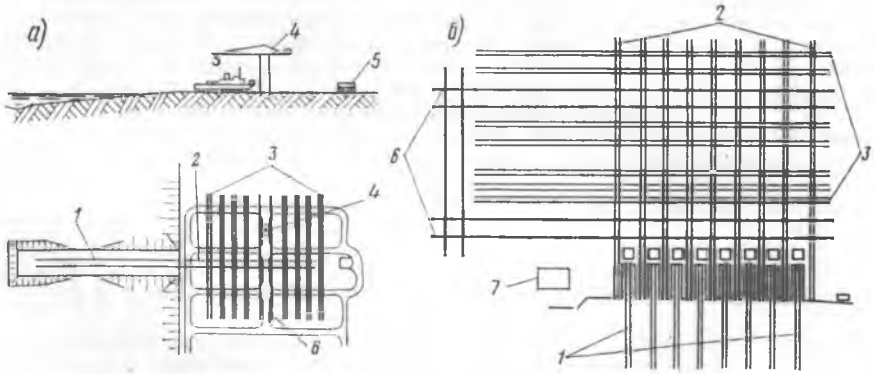


Рис. 15.1. Схемы слипов:

а — продольного; *б* — поперечного гребенчатого; *1* — подъемные пути; *2* — откатные пути; *3* — стапельные пути; *4* — стапельный кран; *5* — лебедки; *6* — подкрановые пути; *7* — здание поста управления

Наиболее трудоемкой гидротехнической частью слипа и эллинга является сооружение подводных судовозных дорожек, из которых наибольшее распространение получили следующие четыре типа (рис. 15.2):

дорожки на шпально-балластном основании рельсовых путей (тип I). Деревянные или железобетонные шпалы уложены на балластный слой из щебня;

дорожки с основанием из железобетонных плит, укладываемых на спланированное основание из песка или щебня (тип II). Судовозные дорожки этого типа собирают из плит или балок, по которым укладывается рельсовый путь. Соединение балок или плит между собой выполняется в четверть или с помощью металлических фланцев;

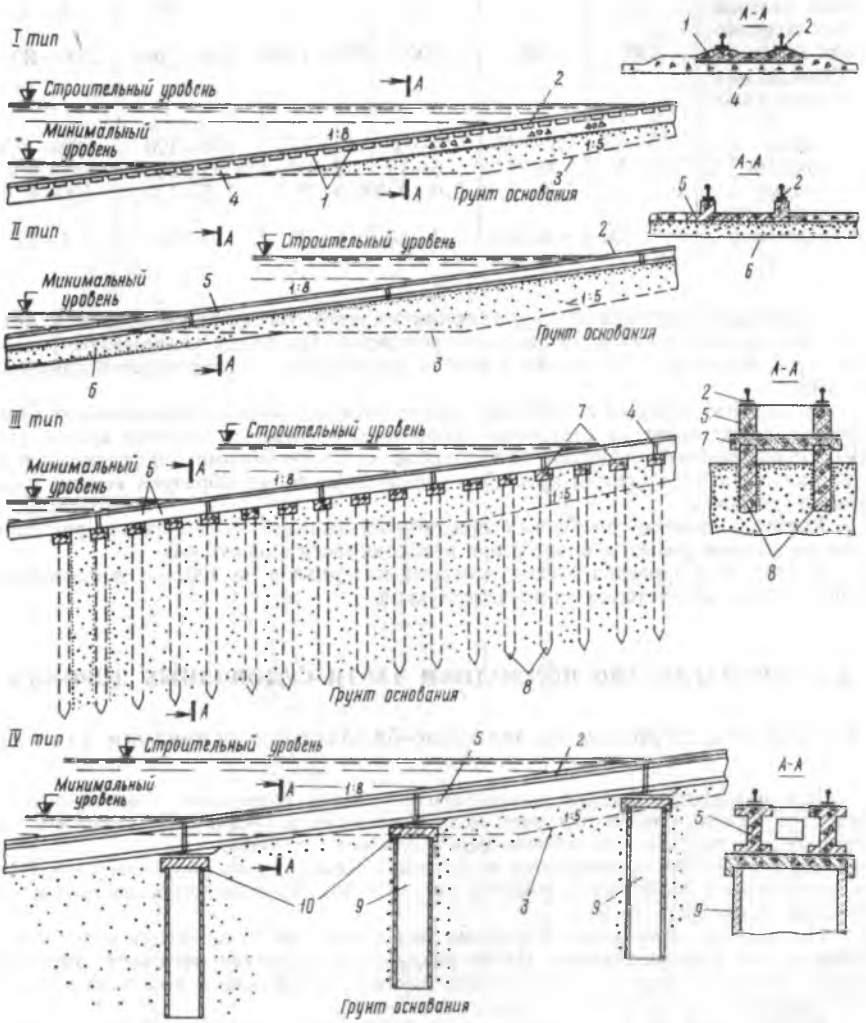


Рис. 15.2. Схемы конструкции судовозных дорожек:

1 — железобетонные шпалы; *2* — рельс Р-50; *3* — естественная поверхность грунта; *4* — балласт из щебня; *5* — сборные железобетонные балки; *6* — песчаная постель; *7* — подушки из монолитного железобетона; *8* — железобетонные сваи; *9* — опоры из железобетонных оболочек; *10* — сборные железобетонные капители

Основные характеристики эллингов и слипов приведены в табл. 15.1.

Таблица 15.1

Характеристика эллингов и слипов

Показатель	Продольные			Поперечные гребенчатые		
	Тип					
	П-100	П-300	П-600	Г-150	Г-300	Г-600
Число подъемных тележек	2	2	2	6—15	6—20	6—20
Вес поднимаемых судов, *т*	100	300	600	600—1500	1200—4000	2400—8000
Размеры поднимаемых судов, *м*:						
длина	15—35	35—45	45—65	50—75	50—120	80—180
ширина	3—8	6—8	6—12	7—24	8—16	15—25
осадка	0,5—1,5	1,5—3,0	2,0—4,0	0,5—2,5	1,5—4,0	4,0—8,0
Число стапельных мест	3—26	3—22	3—14	6—30	6—18	4—12

судовозные дорожки из двух сборных железобетонных балок (тип III), которые укладывают на насадки свайного ростверка. На балки укладывают рельсовый путь. Балки омоноличивают в секции, разделенные температурно-осадочными швами;

судовозные дорожки из сборных железобетонных балок двутаврового сечения, которые укладывают на отдельные опоры из оболочек или свайных кустов (тип IV). Балки заранее соединяют между собой железобетонными диафрагмами и по ним укладывают рельсовый путь. Две соединенные балки образуют секцию судовозной дорожки.

Рельсы укрепляют на балках при помощи зажимов, позволяющих регулировать положение рельса в плане и при необходимости сменять его.

В табл. 15.2 приведен расход основных материалов на 100 *пог. м* судовозной дорожки для всех четырех типов конструкций.

§ 2. СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДВОДНОЙ ЧАСТИ СУДОВОЗНЫХ ДОРОЖЕК

Судовозные дорожки на шпально-балластном основании (тип I)

Для разработки выемки подводного котлована применяют землечерпальные снаряды. Использование для этой цели землесосов и грейферных установок не рационально, так как они обычно переуглубляют котлован.

Выемка грунта производится со стороны акватории по направлению к берегу ступенчатым профилем с высотой уступа 0,5 *м*. Багермейстерский запас не должен превышать 0,15 *м*.

Планировку подводного котлована под проектный уклон ведут водолазы с применением гидромониторов. После разработки котлована отсыпают песчаный грунт, используя шаланды, а в мелких местах контейнеры, и водолазы производят планировку поверхности песка под водой.

Поверх песка по направлению каждой дорожки отсыпают контейнерами с барж щебеночную призму с последующим грубым ровнением поверхности призмы под проектным уклоном водолазами (см. главу V).

Укладывают судовозные дорожки на щебеночную призму при помощи монтажной рамы.

Таблица 15.2

Расход основных строительных материалов на 100 *пог. м* судовозной дорожки

Основание дорожки	Грунт основания	Условия строительства	Слип Г-150				Слип Г-300			
			Железобетон и бетон, $м^3$		Металл, *т*	Камень и гравий, $м^3$	Железобетон и бетон, $м^3$		Металл, *т*	Камень и гравий, $м^3$
			Сборный	Монолитный			Сборный	Монолитный		
Шпально-балластные (с железобетонными шпалами), тип I	Песок мелкозернистый	В воду	36	—	23	230	38	—	24	250
	Полускальный (плотный глинистый грунт)		36	—	23	220	38	—	24	230
Железобетонные балки, лежащие на грунте, тип II	Песок мелкозернистый	В воду	45	—	24	140	56	—	25	120
	Полускальный (плотный глинистый грунт)		45	—	14	140	47	—	16	140
	Глинистый и илистый грунт		56	—	24	120	67	—	25	120
Железобетонные балки на железобетонных сваях, тип III	Песок мелкозернистый	Насухо за перемычкой	124	42	18	190	197	65	20	190
Железобетонные балки на железобетонных оболочках, тип IV	Песок мелкозернистый	В воду	224	—	26	190	322	—	30	190
Железобетонные балки на кустах из призматических свай, тип IV	Песок мелкозернистый	В воду	206	45	26	190	315	83	30	190

Примечание. В расход металла включены рельсы.

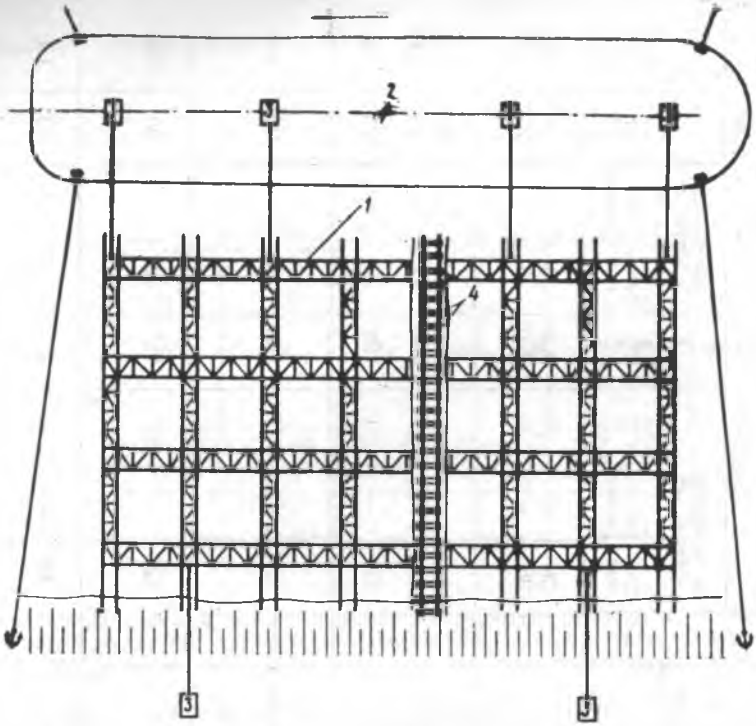


Рис. 15.3. Схема монтажа судовозных дорожек при помощи металлической рамы:

1 — монтажная металлическая рама на 8 судовозных дорожек; *2* — баржа; *3* — лебедки; *4* — рельсовый путь (показан только на одной дорожке)

Стальную монтажную раму собирают на берегу; на ней укладывают шпалы, к которым крепят рельсовые пути. С помощью ручных лебедок, установленных на противоположном берегу или на заякоренных баржах, и двух тормозных лебедок на берегу рамы стягивают на катках по лагам или на роликовых опорах по надводным рельсовым путям (рис. 15.3). В период стягивания рамы не допускают ее перекосов и изгибов в вертикальной плоскости.

Тормозные лебедки всегда должны быть под натяжением. По мере выдвижения рамы в воду ее подвешивают к лебедкам, установленным на понтонах. В течение процесса спуска через каждые 0,5—1,0 *м* перемещения рамы в воду замеряют ее положение в плане относительно проектных осей.

При спуске рамы в реку с быстрым течением необходимо надежно закрепить раму якорями, чтобы ее не снесло.

После установки рамы с рельсовыми путями на балластное основание водолазы предварительно рихтуют пути. Затем при помощи тележки, загруженной до расчетной грузоподъемности, производят грузовую обкатку до прекращения остаточных деформаций и окончательную рихтовку и инструментальную проверку положения путей.

Ориентировочный расход металла на раму на 100 *пог. м* одной судовозной дорожки 6—8 *т*.

При возведении судовозных путей на песчаном основании по длине судовозных дорожек через 8—10 *м* по обеим сторонам забивают временные сваи, к которым под водой крепят поперечины.

Собранные на берегу звенья судовозных дорожек плавучим краном опускаются на поперечины, и водолазы скрепляют болтами стыки (рис. 15.4).

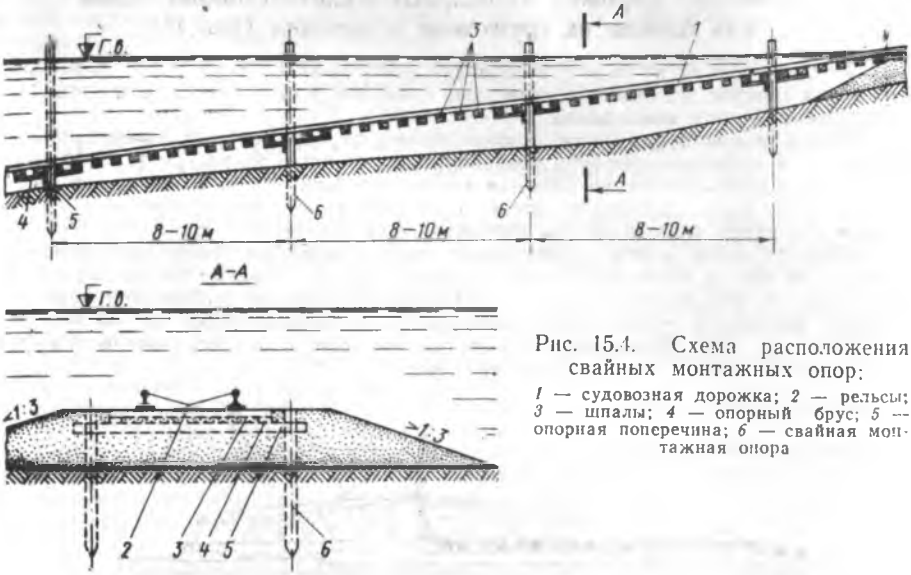


Рис. 15.4. Схема расположения свайных монтажных опор:

1 — судовозная дорожка; *2* — рельсы; *3* — шпалы; *4* — опорный брус; *5* — опорная поперечина; *6* — свайная монтажная опора

Под шпалы установленных в проектное положение путей рефулируют песчаный грунт. Намытый песок желательно уплотнять с помощью виброустановок. После обкатки дорожек и их рихтовки временные монтажные сваи выдергивают или срезают.

Требования к точности укладки рельсовых путей приведены в табл. 15.3.

Таблица 15.3

Допускаемые отклонения для рельсовых путей

Наименование отклонения	Величина допуска, *мм*	
	Основания из железобетонных плит или балок	Шпально-балластное основание
Местные повышения головок рельсов обеих ниток пути при условии плавного разгона (не более 1:500)	±20	±40
Превышение головки рельса одной нитки пути над головкой рельса второй нитки пути в любом поперечном сечении	2	7
Превышение головок рельсов одного или нескольких подъемных путей на всей их длине по отношению к остальным путям	±20	±50
Отклонение фактического уклона плоскости подъемных путей по всей их длине от заданного проектом	±0,001	±0,002
Колея рельсового пути (расстояние между внутренними гранями головок рельсов)	+3	+3
	Сужение колеи не допускается	
Отклонение фактического уклона одного или нескольких подъемных путей по отношению к уклону плоскости остальных путей	±0,001	±0,001

Судовозные дорожки из сборных железобетонных балок или блоков на грунтовом основании (тип II)

Предварительно на берегу производят контрольную сборку всей дорожки, во время которой подгоняют и проверяют стыковые устройства балок и соединяют рельсовый путь накладками.

Перед укладкой балок под воду на берегу по оси дорожки устанавливают теодолит, с помощью которого контролируют установку балок. При песчаном балластном основании балки дорожки монтируют на временных опорах (см. рис. 15.4) и под балки замывают песок. При щебеночном балластном основании балки или плиты укладывают на выровненное основание.

Укладку балок можно также производить с помощью косяковой тележки слипа, для чего в надводной части до уреза воды укладывают наклонные пути и монтируют подъемную лебедку слипа. Подводное ровнение щебеночной постели ведется подводным механическим планировщиком, монтируемым на косяковой тележке (рис. 15.5). Планировщик выравнивает постель под одну-две плиты и подъемной лебедкой поднимается на берег.

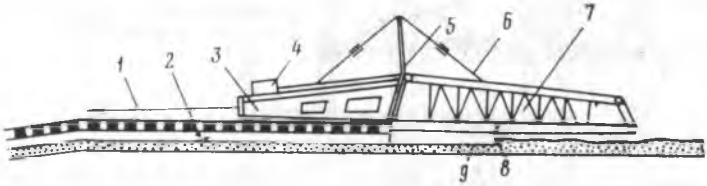


Рис. 15.5. Подводный механический планировщик на косяковой тележке слипа:

1 — трос подъемной лебедки слипа; *2* — уложенная железобетонная плита; *3* — косяковая тележка; *4* — двухбарабанная лебедка; *5* — опорная рама; *6* — ванты с талрепами; *7* — консоль планировщика; *8* — отвал; *9* — щебеночная подсыпка

Блоки судовозной дорожки монтируют плавкраном и косяковой тележкой с направляющей рамой. Блок опускается с уклоном, равным уклону судовозной тележки. Точность установки блоков достигают применением направляющей металлической рамы. Рама имеет два паза коробчатого сечения, по которым скользят ползуны, установленные на торце блока.

Заводка ползунов в пазы направляющей рамы производится над водой. При монтаже на больших глубинах, где металлические направляющие скрываются под водой, заводка делается на малых глубинах с последующим совместным

Рис. 15.6. Схема монтажа дорожек слипа при помощи косяковых тележек:

а — установка направляющей рамы; *б* — заводка блока в направляющую раму; *в* — установка блока; *1* — косяковая тележка; *2* — направляющая рама; *3* — плавкран; *4* — устанавливаемый блок дорожки слипа

перемещением косяковой тележки и блока к месту укладки. Схема и порядок монтажа показаны на рис. 15.6. Правильность положения блока контролируют по створной рейке, закрепленной в конце блока и нивелировкой. Между собой по длине блоки скрепляют болтами.

Смонтированный блок обкатывают косяковой тележкой, загруженной расчетной нагрузкой до затухания остаточных деформаций. Следующий блок устанавливают с повторением всех операций.

При значительных осадках блока или его перекосах блок поднимают, подсыпают щебеночное основание, выравнивают и блок устанавливают вторично.

Судовозные дорожки из сборно-монолитных балок, укладываемых на свайное основание (тип III)

Данный тип конструкции судовозных дорожек возводят за перемычкой. Забитые сваи срубают под проектные отметки и на них устанавливают монтажные хомуты, на которых закрепляют сборные железобетонные насадки, соединяющие сваи перпендикулярно оси дорожки и омоноличивают их со сваями. По насадкам укладывают сборные балки, выверяют их с помощью инструментов и омоноличивают между собой и с насадками. Рельсовый путь укладывают по балкам и закрепляют рельсы при помощи специальных зажимов, обеспечивающих возможность рихтовки пути или замену рельсов.

Перемычку разбирают после выполнения всех строительных работ в подводной части и грузовой обкатки и выверки рельсовых путей.

Бетонные смеси и растворы для заделки стыков приготавливаются на портландцементе марки не менее 400. Для погашения усадочных явлений и повышения сцепления бетонные смеси рекомендуется приготавливать на пластифицированных цементах или вводить сульфитно-спиртовую барду — 0,15% от веса цемента.

После укладки бетонной смеси или раствора стык укрывают гигроскопическими материалами — соломенными матами, опилками и т. п. и поддерживают во влажном состоянии до приобретения бетоном (раствором) заделки 70% проектной плоскости.

Судовозные дорожки из сборных железобетонных блоков, укладываемых на отдельные опоры (тип IV)

Опоры судовозных дорожек возводят из свай или оболочек. Куст свай, образующий одну опору, объединяют монолитной железобетонной подушкой. Бетонирование подушек производят под защитой инвентарной металлической перемычки (рис. 15.7).

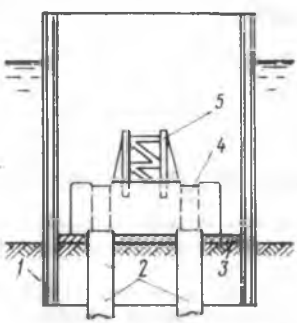


Рис. 15.7. Устройство опоры за металлическим ограждением:

1 — инвентарная металлическая перемычка; *2* — сваи; *3* — слой тощего бетона; *4* — бетонная подушка; *5* — фиксатор для балок

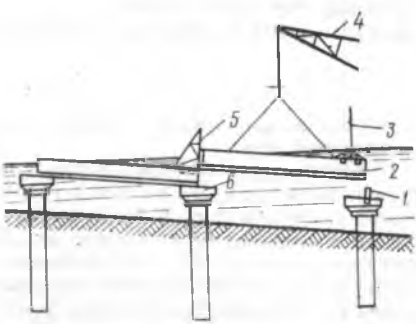


Рис. 15.8. Укладка балок на опоры:

1 — фиксатор; *2* — железобетонный блок; *3* — визирная рейка; *4* — стрела крана; *5* — металлические направляющие; *6* — капитель

Металлическую перемычку с размерами в плане 3,5×3,5 *м* погружают в грунт подмывом или при помощи вибратора со специальным наголовником. Для уменьшения фильтрации на грунт под водой укладывают слои подводного бетона толщиной примерно 25 *см*.

После откачки воды из опалубки срезают головы свай и устанавливают арматуру, закладные детали, а затем бетонируют подушку. После схватывания бетона перемычку переставляют на следующую опору.

При цилиндрических опорах большого диаметра (1,6÷3,0 *м*) вместо перемычки используют подбабок для бетонирования подготовки под сборную капитель. Из верхней части оболочки извлекают грунт грейфером или эрлифтом, укладывают арматуру и бетонируют подготовку до отметки капители. Затем водолазы устанавливают капитель после снятия подбабка.

В надводной части собирают секции из двух балок, на которых монтируют рельсовый путь. После сборки балок в секцию и контрольной сборки всей дорожки на берегу секцию устанавливают плавучим краном на подготовленные опоры и закрепляют. Схема установки показана на рис. 15.8.

Для омоноличивания стыков балок и соединения их друг с другом и с опорой в полость капители и между ребрами смежных балок заливают методом ВПТ подводный бетон (см. главу V).

Допускаемые отклонения при укладке рельсовых путей судовозных дорожек в наклонной части слипа приведены в табл. 15.3.

§ 3. СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЛИПА

Возведение горизонтальной части слипа начинают с разбивочных работ. Отклонения от размеров по рабочим чертежам, допускаемые при выполнении разбивки, приведены в табл. 15.4.

Таблица 15.4

Допускаемые отклонения при возведении горизонтальной части слипа

Наименование отклонения	Величина допуска, *см*
Расстояние между осями откатных и стапельных подъемных путей	±2
Расстояние между осями подъемных путей и осями лебедок . . .	±1
Длина рельсовых путей	±5
Высотная отметка оси нулей	±1
Высотная отметка верха фундаментов под лебедки	±2

Насыпь целесообразно возводить с использованием грунта, разрабатываемого при дноуглублении.

При сухом способе работ отсыпка насыпи производится на всю ширину площадки горизонтальными слоями с уплотнением. Толщина слоя не должна превышать 50 *см*. Каждый слой уплотняется катком весом не менее 5 *т*.

При возведении территории с механическим уплотнением в песчаных грунтах могут быть осадки 1,5%, а в суглинистых грунтах — 3,0% от высоты насыпанного слоя. Величина оптимальной влажности грунта W при укатке равна:

для крупнозернистых грунтов 8—10%, для мелкозернистых песков и супеси 10—14% и для глинистых грунтов $W = A + 0{,}15П$, где W — полная влажность; A — граница раскатывания, $П$ — число пластичности в долях единицы.

Выемку грунта балластных корыт под откатные и стапельные пути выполняют при помощи бульдозера с длиной отвала 2,3 *м*. Подчистку балластных корыт под проектный профиль осуществляют вручную. Щебень или песок, отсыпанный в балластное корыто, уплотняют грунтоуплотнительными машинами по слоям тол-

щиной не более 20 *см*. Не допускается уплотнение балластного материала в зимнее время поливкой водой. Кроме запаса щебня, на осадку в размере 2% назначается 3%-ный запас на осадку во время эксплуатации. Запасы щебня на осадку укладывают в междушпальное пространство. Щебень для балластного слоя должен иметь размеры фракций от 25 до 70 *мм* и выдержать без признаков разрушения 25 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Отклонения отметок поверхности балластного основания по сравнению с проектными не должны быть больше ±5 *см*.

К укладке путей приступают после полной готовности балластного основания. Для рельсовых путей применяют деревянные шпалы, покрытые антисептиками, или железобетонные. Поверхность балласта должна быть ниже верха шпал не более 5 *см*. Рельсы откатных и стапельных путей устанавливают вертикально, без подуклонки.

После укладки рельсового пути его подбивают, т. е. каждое звено поднимают в нескольких точках на высоту, соответствующую проектным отметкам. При длине звена 12,5 *м* вертикальная вывеска производится на стыках и посередине. После вывески звена подбивают шпалы балластом. Укладку рельсовых путей на участках откатного стапеля в районе расположения пересечек выполняют с раскладкой пересечек по заранее разбитым створам. После этого производят сборку стыков рельсов, соединяющих все пересечки между собой.

Окончательную рихтовку, подбивку путей в районе расположения пересечек выполняют после укладки, сборки и пришивки всех рядов пересечек, расположенных по ширине стапеля.

При приемке путей испытывают один откатный и один стапельный путь на всей длине по горизонтальному стапелю. Испытываемые пути подвергают двукратной прокатке расчетными грузами. В результате прокаток путь не должен получить остаточных деформаций больше 1 *мм*.

Кроме замеров просадок, пути ведут наблюдения за поведением пересечек под нагрузкой, а также за работой рельсовых стыков и шпал. Допускаемые отклонения для рельсовых путей горизонтальной части слипа приведены в табл. 15.5.

Таблица 15.5

Допускаемые отклонения на укладку рельсовых путей на горизонтальной части слипа

Наименование отклонений	Величина допуска, *мм*
Общее повышение или понижение отметки головок рельсов по отношению к назначенным проектом	±20
Местные повышения головок обеих рельсовых ниток пути при условии плавного разгона с уклоном не менее 1:2000	3
Разность высот головок двух смежных рельсов одной нити в стыке	1
Колея рельсового пути (расстояние между внутренними гранями головок рельсов)	+3 Сужение колеи не допускается
Непараллельность осей судовозных путей в плане, измеренная по фактическим осям путей в начале и конце	10

После приемки путей горизонтальную часть слипа покрывают сборными плитами с устройством подъездных путей к стапельным мостам.

Глава XVI. УКРЕПЛЕНИЕ РЕЧНЫХ БЕРЕГОВ И ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

§ 1. ПОДГОТОВКА ОСНОВАНИЙ И УСТРОЙСТВО ОБРАТНЫХ ФИЛЬТРОВ

Подготовка оснований. При подготовке укрепляемых поверхностей требующиеся виды работ и точность их выполнения определяются типом крепления и областью его применения — на надводном или подводном откосе (табл. 16.1). Производительность машин, используемых при подготовке укрепляемых поверхностей, показана в табл. 16.2.

По окончании планировки откосов должна быть проверена их плотность с точки зрения соответствия требованиям проекта. Указания по определению плотности откосов приведены в главе XIX «Технических указаний по производству и приемке работ при возведении морских и речных сооружений» (ВСН 34/XIX-70) Минтрансстроя.

Устройство обратных фильтров и подготовок. Обратные фильтры могут быть однослойными, многослойными, сплошными и ленточными. При применении некоторых типов крепления вместо обратного фильтра делается сплошная по всей укрепляемой поверхности подготовка из щебня или гравия.

Получаемые материалы обратных фильтров должны иметь паспорта, характеризующие их гранулометрический состав, предел прочности на сжатие, морозостойкость и водостойкость. Качество материалов для фильтров надо контролировать, отбирая пробы грунта из расчета одна проба на 100 $м^3$ материала.

Материалы обратного фильтра или подготовки подаются на откос в зависимости от длины откоса: бадьей или ковшом, транспортируемыми кранами; экскаватором с грейферным оборудованием емкостью 0,5—1,5 *м;* вибролотками при большой длине откоса.

Укладывать материалы на откос следует снизу, т. е. от подошвы откоса вверх. Когда укладывается многослойный фильтр, нижний песчаный слой увлажняется.

Шаблоны для контроля за толщиной укладываемых слоев фильтра или подготовки устанавливают не реже чем через 20 *м,* а при укладке слоев ленточного фильтра чаще — через 5—10 *м.*

Во избежание перемешивания материалов слоев многослойного фильтра, укладку следует вести так, чтобы подошва откоса, лежащего выше слоя, находилась на расстоянии не менее 0,70 *м* от бровки нижележащего слоя.

Отклонения в толщине слоев не должны превышать: для песка и крошки ±2 *см,* для щебня ±3 *см,* для однослойного фильтра и подготовки ±3 *см.*

Нельзя допускать проезда по фильтру автомашин, тракторов и других машин. Для хождения по нему следует укладывать трапы.

Контроль качества и гранулометрического состава слоев многослойного обратного фильтра выполняют согласно указаниям ВСН 34/XIX-70.

Обратный фильтр или подготовку при отрицательных температурах воздуха укладывают только на откосах из несмерзшихся несвязных грунтов, при этом следует дробить или удалять мерзлые комья и укладывать новый слой фильтра

Таблица 16.1

Виды работ и используемые механизмы при подготовке укрепляемых поверхностей

Типы укрепления	Виды работ по подготовке укрепляемых поверхностей	Используемые механизмы	Точность выполнения ровнения или планировки, *см*
Подводные откосы			
Каменная наброска и асфальтобетонные маты	Траление, удаление карчей и других посторонних предметов, ровнение	Лебедки, тракторы, плавучие краны для траления; драглайны, канатно-скреперные устройства, землесосы для ровнения (при наибольшем объеме работ — гидромониторные и землесосные установки при водолазе)	±30
Хворостяные тюфяки с загрузкой камнем, габионы	Траление, удаление карчей и других посторонних предметов	Лебедки, тракторы, плавучие краны	—
Надводные откосы			
Каменная наброска, каменная наброска в плетнях, гибкое покрытие из сборных железобетонных блоков, сборные асфальтобетонные плиты	Планировка со срезкой и, при необходимости, с подсыпкой грунта	При откосах длиной (по образующей) до 6 *м* — автогрейдеры тяжелого типа с откосниками или бульдозеры с откосными ножами; при откосах длиной от 6 до 21 *м* — экскаваторы-драглайны со сменными двухотвальными скребками	±8 при проверке рейкой длиной 3 *м*
Сборные железобетонные плиты, монолитные железобетонные плиты, мощение камнем	Планировка, как правило, только срезкой грунта. При подсыпке тщательное уплотнение	При откосах крутизной 1:3 и положе — автогрейдеры и бульдозеры. Многоковшовые экскаваторы поперечного черпания на железнодорожном ходу ЭМ-201, ЭМ-302 и ЭМ-503 при откосах длиной, не превышающей соответственно 9,9; 13,4 и 14,6 *м*	±5 при проверке рейкой длиной 3 *м*
Габионы	Выравнивание откоса с засыпкой ям и выбоин каменной мелочью		

Таблица 16.2

Производительность машин при планировке откосов из нескальных талых грунтов

Наименование машин	Затраты на 1000 *м*², *машино-ч*
Автогрейдер тяжелого типа с откосником-удлинителем	1,1
Экскаватор-драглайн, оборудованный двухотвальным скребком, при планировке насыпных откосов	1,75
Автогрейдер при планировке пологих насыпных откосов	1,65
Экскаватор-драглайн, оборудованный двухотвальным скребком, при планировке береговых склонов	2,8

сразу на всю его толщину. Прежде чем укладывать новый слой фильтра, надо удалить снег и наледь с ранее уложенных слоев, а при снегопаде и метели укладывать обратный фильтр нельзя.

§ 2. УКРЕПЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫМ КАМНЕМ

Часто применяемыми видами креплений естественным камнем являются: каменная наброска, каменная наброска в плетневых клетках, мощение, габионы.

Каменная наброска из сортированного и несортированного камня (из горной массы) применяется главным образом для укрепления подводных (затопленных) откосов. Наброску из сортированного камня делают на подготовке или обратном фильтре.

Мощение выполняется вручную, а потому применяется лишь в исключительных случаях и при незначительных объемах работ. Камни укладывают на подстилающий слой из торфа, мха или щебня.

Габионы (сетчатые ящики из проволоки, заполненные камнем) можно укладывать насухо или опускать в воду на затопленные откосы. Применяются габионы трех видов: габионные ящики (короба), тюфяки, отличающиеся от ящиков меньшей высотой, и габионы-цилиндры.

Материалы. Камень для креплений должен удовлетворять требованиям главы СНиП I—В.8—62*. «Материалы и изделия из природного камня». Кроме того, в зависимости от вида крепления к камню предъявляются дополнительные требования.

Для наброски используют преимущественно камень рваный. В отдельных случаях по согласованию с проектной организацией может быть применен и окатанный камень. Для мощения берут камень по форме продолговатый при отношении высоты к поперечному размеру лицевой поверхности, равном не более двух; для габионов размеры камня должны превышать размеры ячеек сетки.

Для вязки плетней применяется прямой и гибкий хворост. Лучше всего удовлетворяет этим условиям хворост ивовых и тополевых пород диаметром в комле не менее 0,01 *м* и длиной 2—3,5 *м*. В крайних случаях можно использовать вершины или молодые деревья других лиственных пород (березы, осокоря и др.).

Колья для плетневых клеток следует изготовлять из свежесрубленных деревьев с неповрежденной корой ивовых или других неломких пород. Размеры кольев указаны на рис. 16.1.

Проволока для сетки габионов диаметром 2—5 *мм* должна быть гибкой и оцинкованной. Для каркаса применяют проволоку диаметром 6—8 *мм*.

Материалы подстилки должны отвечать следующим требованиям: торф применяется преимущественно сфагновый, из неразложившегося слоя торфяника, предварительно высушенный; мох — влажный, без примесей земли, травы, листьев; щебень — из плотных осадочных и метаморфических пород, прочный, морозо- и водостойкий.

Производство работ. Каменная наброска из сортированного камня выполняется двумя слоями: нижний слой — из мелкого, а верхний — из более крупного

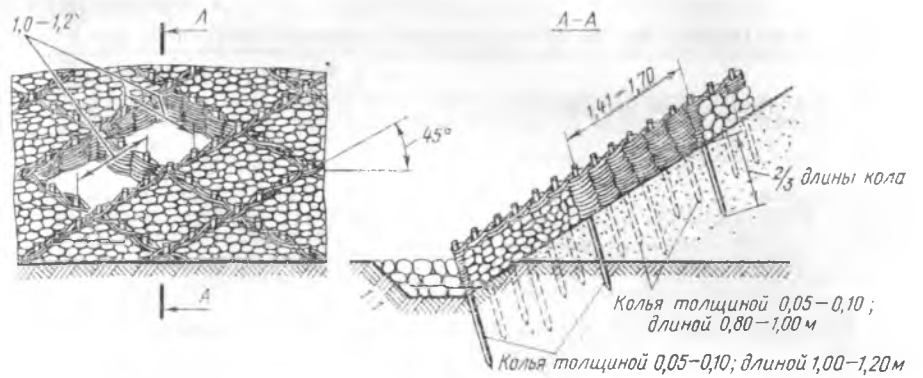


Рис. 16.1. Укрепление откоса каменной наброской в плетневых клетках

камня. На сухой откос камень подается при высоте откоса до 6 *м* автосамосвалами, а при более высоких откосах — с помощью кранов и грейферных устройств. Отсыпается камень по откосу равномерно с учетом установленного проектом запаса камня на осадку и на погружение камня в грунт. После осадки камня поверхность отсыпки должна быть выровнена с точностью ±8 *см*. На пологих откосах (положе 1:3), если наброска выполнена из сортированного камня, поверхность разравнивают с помощью бульдозеров при рабочем ходе их сверху вниз, а при более крутых откосах — вручную.

При укреплении наброской затопленного откоса камень подается одним из следующих способов: а) самосвалами с берега; б) грейферными береговыми или плавучими кранами; в) плавсредствами, желательно с открывающимися днищами (шаландами), при условии достаточных для этого глубин.

При сбрасывании камня в текущую воду необходимо учитывать возможность сноса его течением. Расстояние, на которое может быть отнесен камень по течению, определяется по формуле

$$L = 2{,}5H\frac{v_0}{d^{1/2}}\ м, \qquad (16.1)$$

где H — глубина потока, *м*;
v_0 — средняя скорость потока, *м/сек*;
d — диаметр камня, *см*.

Разравнивают камень под водой с точностью до ±30 *см* водолазы.

При устройстве каменной наброски в плетневых клетках плетни располагают клетками так, как показано на рис. 161. Колья для плетней погружаются в отверстие, предварительно сделанное ломом, нормально к плоскости откоса на глубину не менее 0,5—0,8 *м* на расстоянии 0,3—0,5 *м* один от другого.

Камень для заполнения клеток подается с помощью кранов и грейферных устройств. Разравнивают камень вручную.

Расход материалов на 100 $м^2$ укрепления каменной наброской в два слоя в плетневых клетках на щебеночной подготовке и трудоемкость работ приведены соответственно в табл. 16.3 и 16.4.

Мощение откосов выполняется путем укладки камней рядами от подошвы откоса к его верхней бровке. Камни укладывают «тычком» с расщебенкой пустот или заполнением их материалом подстилающего слоя, с перевязкой швов. Зазоры между отдельными камнями в углах не должны превышать 5 *см*. Камни должны быть настолько плотно прижаты соседними камнями, чтобы нельзя было их сдвинуть или извлечь из мостовой вручную. Мостовую после укладки камней уплотняют трамбованием. Большие камни, размерами равные или превосходящие общую толщину мостовой, можно укладывать лишь вдоль бровки откоса или у границы бермы, служащей упором.

Поверхность уложенной мостовой должна быть ровной. При проверке рейкой длиной 2 *м* местные неровности не должны превышать 5 *см*.

Таблица 16.3

Расход материала на 100 $м^2$ укрепления каменной наброской, $м^3$

Наименование материалов	Размеры камней наброски*, *см*		
	15/15	20/15	30/20
Камень бутовый	33	39	55
Щебень	11	11	11
Хворост	5,3	6	8
Колья	0,9	1,0	1,3

*) В числителе дроби дан размер камня верхнего слоя, в знаменателе—нижнего слоя.

Таблица 16.4

Ориентировочная трудоемкость укрепления 100$м^2$ наброской камня, *чел-дни*

Тип крепления	Толщина наброски, *мм*		
	500	350	300
Каменная наброска	31	24	22
» » в плетнях	42	35	33

Для проверки качества мостовой производят пробное трамбование и взламывание мостовой ломом. При удовлетворительном качестве мощения камни не должны садиться под ударом трамбовки весом 30 *кг*, а лом должен поднимать не один камень, а и другие, прилегающие к нему.

В табл. 16.5 показан расход материалов на 100 $м^2$ укрепления одиночным мощением.

Таблица 16.5

Расход материалов на 100 $м^2$ укрепления мощением, $м^3$

Наименование материалов	Мощение на мху при размерах камней, *см*		Мощение на щебне при размерах камней, *см*		
	15	20	15	20	25
Камень бутовый	15,4	20,5	18	24	25
Щебень	—	—	17	17	17
Мох	5,3	7,9	—	—	—

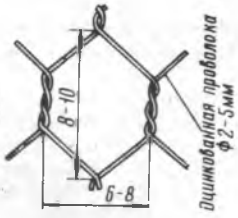


Рис. 16.2. Деталь скрутки сетки габиона

Ориентировочная трудоемкость укрепления 100 $м^2$ одиночным мощением на щебне составляет:

Толщина слоя камня, *мм*	Человеко-дни
250	31
200	28
150	26

При изготовлении габионов сначала вяжут сетчатую форму (ящик, тюфяк, цилиндр), которую потом заполняют камнем. Ребра каркаса для сетчатых форм соединяют между собой скрутками концов или сваркой на длине не менее 50 *мм*. Сетки для обтяжек каркасов должны быть фабричного изготовления с ячейками 6—8×8 — 10 *см* (рис. 16.2).

Прикреплять сетку к каркасу можно петлей или обкруткой. При необходимости укладки габионов в воду формы предварительно заполняют камнем у места укладки, а затем готовые габионы укладывают на место с помощью кранов. Нельзя сбрасывать габионы в воду.

Укладывать камень в форму следует достаточно плотно, но не нарушая формы габионов. Камень укладывают равномерно по всей площади. Наброска камня в формы не допускается. Если имеется камень различных размеров, то его нужно рассортировать и укладывать более крупный у сетки, а мелкий — внутрь габиона.

При укреплении откосов габионами их укладывают длинной стороной в направлении уклона откоса, а габионы, прикрывающие подошву, — вдоль подошвы.

При укладке габионов в несколько рядов, например при укреплении берега, нижний ряд следует размещать короткой стороной в направлении воды, а остальные габионы укладывать с перевязкой швов, причем перевязка делается не менее как на $^1/_3$ длины нижележащего ящика или тюфяка (рис. 16.3). В табл. 16.6, 16.7 и 16.8 приведены соответственно размеры габионов, расход материалов и трудоемкость габионной кладки.

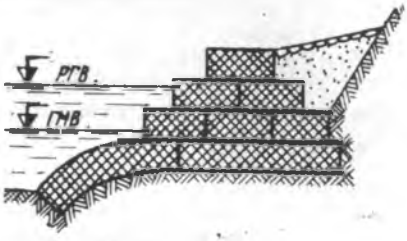


Рис. 16.3. Укрепление берега габионами

Таблица 16.6

Наиболее часто применяемые размеры габионов, *м*

Габионные тюфяки			Габионные ящики		
длина	ширина	высота	длина	ширина	высота
2,0	1,0	0,25	3,0	1,0	1,0
3,0	1,0	0,50	3,0	2,0	1,0
3,0	2,0	0,50	—	—	—
4,0	2,0	0,50	—	—	—
4,0	3,0	0,50	—	—	—

Таблица 16.7

Расход материалов на 100 *м*³ габионов

Наименование материалов	Габионные тюфяки при толщине сетки, *мм*			Габионные ящики при толщине сетки, *мм*		
	2—3	4	5	2—3	4	5
Сетка проволочная оцинкованная, *м*² . .	680	680	680	475	475	475
Проволока для каркаса, *кг*	350	435	640	260	325	470
Камень, *м*³	104	104	104	104	104	104

Таблица 16.8

Ориентировочная трудоемкость 100 $м^3$ габионной кладки, чел.-дни

Размер сетки, *мм*	Габионные тюфяки	Габионные ящики
2—3	93	76
4	105	89
5	120	96

Примечание. В затраты труда изготовление сетки не входит.

§ 3. УКРЕПЛЕНИЕ ХВОРОСТЯНЫМИ ТЮФЯКАМИ С ЗАГРУЗКОЙ КАМНЕМ

Хворостяной тюфяк состоит из двух слоев разостланного хвороста (настилок), стянутых между двумя сетками из хворостяных канатов (рис. 16.4) и пригруженных камнем. Для удержания камня на тюфяках, особенно при укреплении крутых подводных откосов, устраивают плетневые клетки.

Толщина тюфяков в сжатом состоянии 35—70 *см*. В плане тюфяки могут быть площадью до 1500 $м^2$.

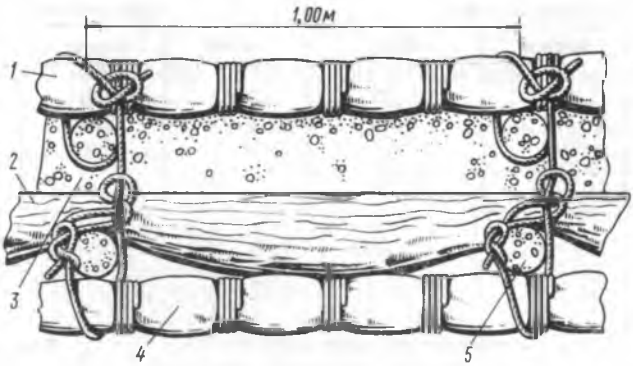


Рис. 16.4. Хворостяной тюфяк (разрез):

1 — верхний канат верхней стенки; *2* — нижний слой хвороста; *3* — верхний слой хвороста; *4* — нижний канат нижней сетки; *5* — верхний канат нижней сетки

Для устройства хворостяных тюфяков требуются: хворост, колья, веревка, проволока, камень. Лучше всего использовать хворост ивовых и тополевых пород, как наиболее прямой и гибкий. При необходимости можно использовать вершины или молодые деревья других лиственных пород (береза, осокорь и др.).

Хворост должен быть свежим, лучше осенней или ранней весенней рубки. Подгнивший или засохший хворост пускать в дело нельзя. Размеры хвороста см. в табл. 16.9.

Таблица 16.9

Рекомендуемые размеры хворостин

Назначение	Толщина в комле, *см*	Длина, *м*
Для вязки канатов	≤2	≥2,5
» настилки	4—5	≥2,0
На вицы	1,25—1,50	1,5—2,0
Для плетневых ограждений	≥1,0	2,0—3,5
» кольев ограждений	3—7	1,3—1,7

Веревка должна быть пеньковой, смоляной, диаметром 7—10 *мм*, допускающей нагрузку не менее 0,5 *кГ/мм*², проволока — отожженной диаметром 2—4 *мм*, камень для загрузки тюфяка — водостойким, объемным весом 1,8 *т/м*³.

Хворостяные канаты изготовляются на козлах или станках. Необходимая толщина канатов — 12 *см* в стянутом состоянии с перевязками вицами через 25—30 *см*, длина — в зависимости от размеров тюфяков в продольном и поперечном направлениях. Производительность станков для изготовления канатов см. табл. 16.10.

Таблица 16. 10

Станки для изготовления хворостяных канатов

Наименование станка	Количество рабочих, обслуживающих станок	Производительность, *пог. м/ч*
Станок Л. Д. Мясникова	1	75
» С. Д. Попова	2	60—100

Летом, при больших объемах работ, тюфяки вяжут на береговых стационарных стапелях; небольшое количество тюфяков изготовляют на плавучих стапелях. В зимнее время их вяжут или на льду с затоплением тюфяка вместе со льдом или над майной на перекинутых через нее пластинах. Предпочтительнее вязка над майной. Ширина майн определяется длиной имеющихся пластин, укладываемых поперек майны на расстоянии 1 *м* одна от другой.

Порядок вязки тюфяков следующий. Из хворостяных канатов вяжут сетку с ячейками 1,0×1,0 *м;* укладывают хворостяную настилку двумя перекрещивающимися слоями; поверх настилки вяжут верхнюю сетку из хворостяных канатов, подобную нижней. Обе сетки сильно стягиваются между собою в узлах веревкой или проволокой, обжимая хворост. При необходимости делают плетневые ограждения.

Спуск тюфяков на воду с берегового стапеля осуществляется с помощью катера или буксирами, которые стягивают тюфяк со стапеля и затем отбуксировывают его к месту укладки.

Плавучий стапель со связанным тюфяком подают к месту укладки тюфяка, а потом его разбирают.

Если тюфяк вязали над майной, спуск его на воду производится путем выдергивания из-под него пластин. После спуска на воду тюфяк подвязывают к пластинам, укладываемым поверх тюфяка поперек майны через 2,0 *м*.

При вязке тюфяка на льду по периметру тюфяка окалывают лед.

Погружение тюфяков на место укладки путем загрузки камнем следует начинать с нижнего по течению конца укрепляемого участка. Начинать наброску камня надо с верховой стороны тюфяка и загружать в продольном направлении по течению реки, а в поперечном — от берега к реке.

После погружения тюфяка необходимо проверить промерами, а в ответственных случаях водолазным обследованием правильность его положения на дне или на откосе.

Ориентировочные данные о затратах труда, машино-смен и материалов, потребных на изготовление, спуск на воду, отбуксировку к месту укладки и погружение 100 $м^2$ хворостяного тюфяка, приведены в табл. 16.11.

Таблица 16. 11

Затраты труда и материалов, необходимые при изготовлении и укладке хворостяного тюфяка

Наименование элементов затрат	Единица измерения	Толщина тюфяка, *см*		
		35	50	70
Затраты труда	чел.-дни	14	16	23
Катера буксирные моторные 60 *л.с.*	машино-смены	0,29	0,42	0,65
Дощаники	»	0,59	0,70	1,34
Прочие машины	%	35	35	55
Хворост	$м^3$	70	104	132
Камень	»	11	17	24
Веревка смоляная	*кг*	79	99	108

Примечание. Приведенные в таблице данные относятся к случаю, когда имеется готовый стапель.

§ 4. УКРЕПЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ПЛИТАМИ

Применяются следующие виды железобетонных креплений откосов: монолитными плитами и сборными плитами.

Материалы. Бетон для креплений должен удовлетворять требованиям ГОСТ 4795—68 «Бетон гидротехнический. Общие требования».

Прочность и морозостойкость бетона проверяют испытаниями образцов в соответствии с ГОСТ 4800—59 «Бетон гидротехнический. Методы испытания бетона». Необходимую подвижность бетонной смеси следует в каждом конкретном случае подбирать в зависимости от применяемых средств уплотнения смеси с учетом особенностей изготавливаемой конструкции и (для монолитных плит) угла наклона бетонируемой поверхности. О проведении бетонных работ см. главу VIII.

Монолитные железобетонные плиты различаются по толщине и размерам в плане. Данные о размерах применяемых плит и расходе материалов на 1 $м^2$ крепления приведены в табл. 16.12.

До начала укрепления откосов в подошве их должны быть сделаны упоры—упорные призмы (табл. 16.13).

Если арматурные сетки монолитных плит собирают на месте укладки, стержни соединяют дуговой сваркой встык с накладками или связкой внахлестку тонкой отожженной проволокой с перевязкой в трех местах, при этом длина нахлестки должна составлять 30 диаметров стержней.

Арматурные сетки закрепляются в проектном положении с помощью специально заготовленных бетонных подкладок под нижнюю сетку и подставок из круглой стали (лягушек) или монтажных стержней, прикрепляемых к сеткам вязальной проволокой.

Сварку стыкуемых стержней при изготовлении и соединении сеток производят согласно указаниям, приведенным в главе VIII.

При стыковании сеток на месте укладки без сварки сетки перепускают на длину, равную 30 диаметрам арматуры. При соединении сеток встык применяют коротыши, прикрепляемые вязальной проволокой. Бетонная смесь приготавливается, как правило, на централизованных бетонных заводах и лишь при малых

Таблица 16.12

Расход материалов на 1 $м^2$ укрепления откоса монолитными железобетонными плитами

Наименование материалов	Единица измерения	Размеры плит в плане, *м*														
		5,0×5,0			6,0×6,0		7,0×7,0			8,0×8,0			10,0×10,0			
		Толщина железобетонных плит, *см*														
		15	20	25	15	25	15	20	30	15	20	30	15	20	25	30
Монолитный железобетон плит:																
бетон	$м^3$	0,140	0,189	0,240	0,142	0,243	0,144	0,193	0,291	0,144	0,194	0,291	0,145	0,94	0,243	0,292
арматура . .	*кг*	5,47	8,38	10,32	6,81	10,57	7,49	9,05	12,73	7,06	8,53	11,97	7,26	8,60	10,24	14,37
Сборный железобетон досок для перекрытия швов:																
бетон	$м^3$	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,006	0,006	0,008	0,005	0,005	0,007	0,004	0,004	0,006	0,006
арматура . .	*кг*	0,94	0,94	0,94	0,77	0,77	0,67	0,67	0,67	0,52	0,60	0,60	0,48	0,48	0,48	0,48
Гравийная или щебеночная подготовка	$м^3$	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Доски толщиной 2 *см*, пропитанные креозотом (сосна II сорта)	»	0,0006	0,0010	0,0014	0,0005	0,0011	0,0004	0,0008	0,0012	0,0004	0,0007	0,0012	0,0003	0,0005	0,0006	0,0008
Битумный мат толщиной 1 *см* . .	$м^2$	0,180	0,180	0,180	0,149	0,149	0,145	0,145	0,166	0,135	0,135	0,156	0,09	0,09	0,10	0,10

Таблица 16.13

Объем основных работ и материалов на 1 *пог. м* упорной призмы глубиной 1 *м*

Наименование работ и материалов	Объем, $м^3$
Бетон упорного зуба	0,06
Камень	1,22
Гравий или щебень	0,45
Песок	0,24
Выемка грунта под призму .	2,00

объемах и при производстве ремонтных работ — в передвижных бетономешалках (автобетономешалках).

Бетонная смесь, доставленная к месту укладки автосамосвалами, выгружается в раздаточные приспособления (ковши), которые подаются кранами в нужное место на площади бетонируемой плиты. При перевозке бетонной смеси в бадьях бадьи подаются кранами непосредственно к месту укладки смеси.

Для подачи бетонной смеси в ковшах или бадьях применяют следующие краны[1]: на пневматическом ходу — К-252, К-255, К-401, К-631; на гусеничном ходу — Э-504, 505, Э-651, 652, Э-801, Э-1003, 1004, Э-1254, Э-2001, 2002.

Если длина откосов (вдоль образующей) очень велика, порядка 30 *м* и более, то следует применять вибролотки (рис. 16.5). Бетонная смесь подается к питателю, откуда по вибролотку поступает к месту укладки. Ширина лотка должна быть не менее 30 *см*, а уклон лотка должен обеспечивать медленное сползание бетонной смеси связанным потоком.

При транспортировании бетонной смеси в бадьях емкость их должна быть кратной объему одного замеса бетономешалки с некоторым запасом.

При укладке бетонной смеси в плиты следят за равномерным разравниванием ее, а также не допускают ее расслоения, вызывающего образование гнезд щебня или гравия без раствора. Укладку бетонной смеси следует вести непрерывно. Возможная продолжительность перерывов в укладке, а также промежутков времени с начала приготовления смеси до окончания ее укладки устанавливается лабораторией строительства.

Бетонную смесь уплотняют с помощью вибраторов внутренних или поверхностных. Поверхностные вибраторы следует переставлять полосами снизу вверх с перекрытием смежных позиций вибратора по его периметру на 10—20 *см*.

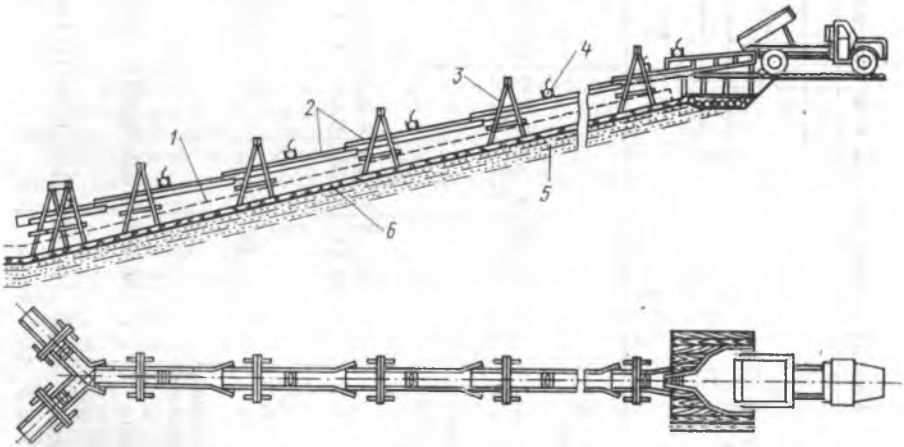


Рис. 16.5. Схема подачи бетонной смеси вибролотками:
1 — верхняя грань; *2* — лотки из листовой стали; *3* — козлы из досок; *4* — вибратор; *5* — ленточный обратный фильтр; *6* — подготовка из щебня

[1] Технические характеристики кранов приведены в главе XVIII.

Для создания необходимых условий твердения свежеуложенного бетона необходимо его укрыть и начать поливать не позднее чем через 10—12 *ч* после окончания укладки бетонной смеси, а в жаркую и ветренную погоду — через 2—3 *ч*. Поливать бетон при температуре выше 15°С следует в течение первых трех суток: днем не реже чем через 3 *ч* и ночью не менее одного раза, в последующее время — не менее трех раз в сутки.

Если бетон укрыт влагоемкими материалами, поливать его можно реже примерно в 1,5 раза. Бетон не поливают, если температура воздуха ниже +5°С.

Сборные железобетонные плиты применяют двух основных видов: омоноличиваемые по контуру после укладки их на щебеночно-гравийную подготовку на откосе (табл. 16.14) и укладываемые на сплошной обратный фильтр, имеющие открытые швы (табл. 16.15).

Таблица 16. 14

Расход материалов на 1 *м*² крепления откоса сборными железобетонными плитами размером в плане 2,5×3 *м*, омоноличенными по контуру

Наименование материалов	Единица измерения	Плиты из обычного железобетона при бетоне марки 200				Плиты из предварительно напряженного железобетона при бетоне марки 300			
		Толщина плит, *см*							
		10	12	15	20	10	15	17	20
Сборный железобетон плит:									
бетон	*м*³	0,096	0,113	0,143	0,192	0,096	0,140	0,163	0,192
арматура . .	*кг*	8,87	10,44	10,51	12,43	8,46	12,8	14,6	17,2
закладные части	»	2,98	4,32	5,07	6,20	4,40	7,07	8,66	8,75
Сборный железобетон подкладок для омоноличивания швов:									
бетон	*м*³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
арматура . .	*кг*	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
закладные части	»	0,43	0,72	0,72	0,80	0,64	1,08	1,20	1,20
Цементный раствор для заполнения швов	*м*³	0,004	0,006	0,007	0,009	0,004	0,007	0,007	0,009
Арматура для омоноличивания .	*кг*	1,11	1,26	1,26	1,49	1,22	1,53	1,68	1,94
Гравийная или щебеночная подготовка	*м*³	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088
Вес плиты . . .	*т*	1,8	2,1	2,7	3,6	1,8	2,6	3,0	3,6

Каждая партия сборных плит, отпускаемая заводом или полигоном, имеет паспорт, а каждая плита должна иметь хорошо видимую маркировку.

При перевозке железобетонных плит без кассет во избежание растрескивания плит применяют деревянные прокладки, на которые они опираются.

Между штабелями плит следует делать проезды, ширина которых определяется габаритами транспортных средств и погрузочно-разгрузочных механизмов, обслуживающих склад, и оставлять, кроме того, свободные проходы шириной не менее 1,0 *м*.

Проезды делают в продольном направлении через каждые два штабеля, а в поперечном — не реже чем через 25 *м*. Зазоры между смежными штабелями должны быть не менее 0,20 *м*.

Таблица 16.15

Расход материалов на 1 $м^2$ крепления откоса железобетонными сборными плитами с открытыми швами

Наименование материалов	Единица измерения	Размеры плит, *м*	
		2,5×3,0×0,15	2,5×3,0×0,20
Бетон	$м^3$	0,147	0,197
Арматура	*кг*	9,52	10,63
Покрытие шарнирных соединений каменноугольным лаком марки «морской»	$м^2$	0,012	0,012
Крупный гравий или щебень	$м^3$	0,15	0,15
Мелкий гравий или щебень	»	0,10	0,10
Крупнозернистый песок	»	0,10	0,10
Вес железобетонных плит	»	2,75	3,70

В штабелях каждая плита должна опираться не менее как на две деревянные прокладки, а в нижнем ряду — на подкладки, уложенные на выровненное горизонтальное основание. Размеры прокладок и подкладок: ширина — не менее 6 *см* и высота — не менее 5 *см* при свободном расположении монтажных петель между плитами с зазором не менее 1 *см*.

Подкладки и прокладки располагают нормально к длинной стороне плиты на расстоянии (0,20—0,30) *L* от края плиты (*L* — длина плиты), впритык к монтажной петле. Необходимо, чтобы прокладки во всех рядах и подкладки были расположены строго по вертикали одна над другой.

Высота штабеля плит не должна превышать 2,5 *м*.

Сборные плиты укладывают на укрепляемый откос кранами снизу вверх. При большой длине откоса укладку ведут при положении крана внизу у подошвы и наверху на берме или гребне отсыпки. Поверхность укрепляемого откоса должна быть ровной без впадин и бугров, а ширина швов между плитами — соответствовать проекту при отклонениях, не превышающих ±5 *мм*.

Крепления из сборных железобетонных плит требуют устройства упора в подошве откоса. Объемы работ по устройству упорных призм для обоих видов креплений сборными плитами приведены в табл. 16.16.

Таблица 16. 16

Объемы основных работ и расход материалов на 1 *пог. м* упорной призмы, $м^3$

Наименование материалов и работ	Сборные плиты, омоноличенные по контуру	Сборные плиты с открытыми швами
Бетон упорного зуба	0,16	0,14
Камень	1,14	1,21
Гравий или щебень	0,46	0,42
Крупнозернистый песок	0,24	0,23
Выемка грунта под призму	2,00	2,00

§ 5. УКРЕПЛЕНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОНОМ

Асфальтобетонные покрытия применяют для защиты надводных и затопленных откосов. Для предотвращения прорастания трав на надводном откосе и пронизывания ими покрытий грунт откоса обрабатывают гербицидами — ядохимикатами, наиболее эффективными из которых являются следующие си-

стемные гербициды общеистребительного действия (поражают все виды растений целиком независимо от места контакта с ними).

Сульфат аммония $NH_4NH_2SO_2$ — неорганическое кристаллическое вещество желтоватого или серого цвета. Содержание в техническом препарате действующего вещества — 70, 80 и 90% (указывается на упаковке). Поставляется в бумажных, пропитанных битумом, мешках по 20 *кг*. Хорошо растворим в воде. Гигроскопичен. Хранить следует в сухих помещениях, в мешках не более чем в два ряда. Не огнеопасен и не ядовит. Разъедает некоторые металлы. Утрачивает токсичность в почве в течение 4—6 месяцев. Дозировка действующего вещества 400—600 *кг/га*. Для улучшения смачивания растительности в раствор добавляется 0,1—0,2% поверхностно-активных веществ ОП-7, ОП-10 или хозяйственное мыло.

Трихлорацетат натрия (ТХА, ТХУ, ТСА) — натриевая соль трихлоруксусной кислоты. Органическое кристаллическое вещество желтого цвета. Технический препарат содержит 70% действующего вещества. Хорошо растворим в воде. Не ядовит. Вызывает коррозию металлов. Активность в почве сохраняет от 1 до 4 месяцев. Дозировка действующего вещества 150 *кг/га* с добавлением ОП-7, ОП-10 или в смеси: ТХА 75 *кг/га* с бутиловым эфиром 2,4Д 3 *кг/га*. Бутиловый эфир 2,4Д — маслянистая жидкость темно-бурого цвета. Хорошо смешивается с водой, образуя стойкую эмульсию (белую жидкость). Выпускается с содержанием от 32 до 60% действующего вещества в бочках емкостью 100 *л*. Летуч. Его пары могут повреждать близко расположенные очень чувствительные культуры (томаты, хлопчатник).

Атразин — органический белый порошок с содержанием 50% действующего вещества. Не ядовит, не огнеопасен, не разъедает металлов, резины. Растворим в воде. Дозировка до 20 *кг/га*.

Обработку гербицидами сульфамат аммония и трихлорацетат натрия следует вести весной и все лето, исключая период появления бутонов и цветения растений, а атразин применять ранней весной до появления всходов или осенью до заморозков. Водные растворы для удобства опрыскивания готовят из расчета 3 $м^3/га$. Для опрыскивания применяют ранцевые опрыскиватели типа РО или изготавливаемые на месте приспособления с дождевальными головками, имеющими на 1 $см^2$ по 6 отверстий диаметром 0,4 *мм*.

При работе с гербицидами следует соблюдать меры предосторожности, предусмотренные для обращения с ядохимикатами. Спецодежду нужно хранить в особом помещении. При попадании гербицида, на кожу следует немедленно его смыть теплой водой с мылом. Если раствор гербицида попадает в глаза, то их следует промыть струей чистой воды, а затем пустить в них 1—2 капли альбуцида. Хранят гербициды в заводской упаковке в закрытых помещениях, удаленных не менее чем на 200 *м* от жилых домов. Тару, кроме стеклянной и металлической, после расходования ядохимикатов нужно сжигать. Стеклянная и металлическая тара обезвреживается 3—5%-ным раствором соды.

На надводной части откоса применяют жесткие мелкозернистые со щебнем или гравием, а на подводной — пластичные песчаные асфальтобетоны.

Примерное процентное содержание частиц для оптимальных минеральных составляющих, а также ориентировочное количество битума для жесткого и пластичного асфальтобетонов показано в табл. 16.17.

Для приготовления асфальтобетона применяют нефтяные дорожные битумы марок БН-П, БН-ПУ, БН-ШУ и БН-ШУ и их композиции. Битум поставляется потребителю в бункерных полувагонах и на объекте сливается в прирельсовые битумохранилища ямного типа, защищенные навесами от попадания в них влаги, оборудованные нагревательными секционированными донными змеевиками, или хранятся в специальных утепленных и оборудованных змеевиками цистернах. Норма хранения на 1 $м^2$ площади склада 1—1,5 *т*. Норма естественной убыли при хранении 0,5—1%.

В качестве минерального порошка для асфальтобетона применяют известняковый порошок или цементы любых марок, включая лежалые. Возможность применения лесса устанавливается специальными исследованиями. Минеральный порошок имеет объемный вес 1,3—1,5 $т/м^3$. Его следует хранить в наземных складах амбарного типа. Высота штабеля не более 2 *м*. Угол естественного откоса 20°. Коэффициент использования площади склада 0,5—0,8. Норма хранения

Таблица 16. 17

Содержание фракций песка и битума в асфальтобетоне, %

Вид асфальтобетона	Размер частиц песка менее, *мм*								Количество битума
	15	5	2	1	0,5	0,25	0,15	0.074	
Жесткий мелкозернистый (со щебнем или гравием)	100	60—90	40—75	20—60	20—40	15—30	12—13	10—25	8—11
Пластичный: песчаный (крупный) . .	—	100	72—82	58—70	44—60	32—49	25—40	13—26	9—12
песчаный (мелкий) . . .	—	—	100	77—83	58—69	44—57	35—49	26—40	10—16

на 1 $м^2$ площади склада 2—3 *т*. Со склада к смесительным установкам материал подается в закрытых емкостях. Норма естественной убыли от 1,5 до 2,5%.

Щебень или гравий, применяемый для приготовления асфальтобетонной смеси, должен состоять из однородных прочных каменных пород (базальтов, диабазов и др.). Содержание в щебне «лещадок» (щебенка с соотношением длины к ширине более 2) не должно превышать 10%. В гравии не допускается содержание частиц слабых пород по весу более 5%. Песок горный или речной не должен содержать глинистых частиц по весу более 3%. Щебень, гравий, песок хранят в штабелях или на эстакадных складах. Норма хранения на 1 $м^2$ склада — 1,5 $м^3$. Норма естественной убыли для материалов, хранящихся на открытых площадках в штабелях, — до 3%.

Асфальтобетонную смесь приготовляют с соблюдением следующих режимов: минеральная часть замеса просушивается до полного испарения влаги и нагревается до температуры 190—200°, битум разогревается до температуры 150—160°; выпущенная смесь должна иметь температуру не выше 180°. Нижний предел устанавливают на производстве исходя из времени транспортирования смеси и температуры воздуха.

В состав асфальтобетонного завода входят битумоплавильня и асфальтосмеситель, а также лабораторный пункт с оборудованием, который фиксирует: объемный вес, водонасыщение, набухание, температурный режим приготовления смеси. Качество смеси контролируют путем отбора проб из расчета одна проба на 50 *т* выпускаемой смеси, но не менее одной пробы в смену. Битумоплавильня состоит из двух инвентарных котлов: рабочего и котла для выпаривания влаги из битума. Асфальтобетонная смесь может быть приготовлена на передвижном асфальтосмесителе Д-288 или смесителе полустационарного типа Д-225. Характеристики битумоплавилен и асфальтосмесителей приведены в табл. 16.18 и 16.19.

Таблица 16.18

Характеристика битумоплавилен

Показатель	Марки	
	Д-335	Д-506
Тип агрегата	Периодического действия	Непрерывного действия
Количество котлов	1—3	1
Рабочая емкость одного котла, $м^3$	7,5	8,5
Вид топлива	Мазут, уголь	Мазут, дизельное топливо
Марка насоса для битума	Шестеренчатый	Д-171
Общий вес комплекта, *кг*	29330	9200

Таблица 16.19

Характеристика асфальтосмесителей

Показатель	Д-288	Д-225
Тип смесителя	Непрерывного действия	Периодического действия
Вес одного замеса, *кг*	—	400
Производительность, *т/ч*	4—6	8—12
Общая установочная мощность	30 *квт*	45,5 *квт*
Вес установки, *т*	7,8	16,9
Тип установки	Передвижная МАЗ-200	Полустационарная

Сборное асфальтобетонное покрытие выполняется из плит площадью каждая от 1 до 15 $м^2$. При размерах ячеек армосетки менее 3×3 *см* асфальтобетонную смесь укладывают за два приема: сначала первый слой смеси, на него укладывают армосетку и затем форму окончательно заполняют смесью. При изготовлении плит толщиной до 5 *см* возможна укладка смеси за один прием. Перед укладкой форму необходимо очистить от асфальтобетона предыдущего формования и ее поверхности протереть отработанным машинным маслом. Дно формы присыпают пылевидным материалом (например, сухим лессом) и при изготовлении плит площадью 10—15 $м^2$ на дно укладывают оберточную бумагу или пергамин. Плиты выполняют в металлических или деревянных формах, обшитых металлическим листом.

Асфальтобетонную смесь уплотняют укаткой или вибрированием. Температура смеси в начале уплотнения не должна быть ниже 110° и в конце — ниже 70°. Мелкие плиты формуют на вибростолах. Плиты больших размеров уплотняют самоходными катками статического или вибрационного действия (табл. 16.20). Удельное давление на асфальтобетонную смесь при статическом уплотнении с диаметром вальцов 0,6—0,7 *м* должно находиться в пределах 20—40 *кГ* на 1 *пог. см* длины вальца катка. При небольшой производительности полигона по изготовлению плит из песчаного асфальтобетона плиты можно

Таблица 16. 20

Характеристика самоходных катков

Показатель	Статические катки		Вибрационные катки		
	Д-552	Д-469	Д-455	Д-613	Д-317Б
Число вальцов	2	3	2	2	3
Вес без балласта, *т*	6	7	1,4	3,2	3,5
Ширина полосы укатки, *м*	1,0	1,8	0,85	1,0	1,0
Удельное давление вальца, *кГ/пог. см*					
переднего	24,0	23,5	—	—	—
заднего	36,0	42,0	—	—	—
направляющего	—	—	6,9	16,4	12,0
вибрационного	—	—	—	—	9,5
ведущего	—	—	10	26,6	13,5
Возмущающая сила, *т*	—	—	2,5	4,76	4,2
Скорость движения, *км/ч*	2,24—4,48	2,13—6,12	1,35—2,46	1,8—6,6	1,77—4,01
Радиус поворота, *м*	3,0	3,0	2,08	2,85	3,25
База катка, *м*	3,0	2,95	1,67	2,15	2,10
Мощность двигателя, *л. с*	30	28	8	18	18

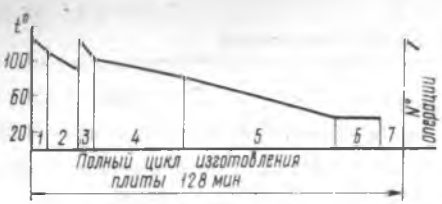


Рис. 16.6. Технологическая карта изготовления в форме асфальтобетонной плиты:

1 — укладка первого слоя смеси 6 *мин*; *2* — установка армокаркаса 10 *мин*; *3* — укладка второго слоя смеси 6 *мин*; *4* — уплотнение моторным катком 26 *мин*; *5* — охлаждение плиты водой 60 *мин*; *6* — съем плиты вакуум-захватом 12 *мин*; *7* — подготовка формы 8 *мин*

уплотнять ручными катками диаметром 0,3—0,4 *м* с удельным давлением 2—3 *кГ* на 1 *пог. см* длины вальца.

При уплотнении асфальтобетонной смеси с содержанием битума свыше 13% вес катка не должен превышать 1,5 *т*. Число проходов катка по одному следу устанавливается лабораторией из условия, чтобы объемный вес асфальтобетона в вырубках не был меньшим более чем на 0,05 *г/см*³. объемного веса образцов, уплотненных по стандартной методике в лаборатории при давлении 300 *кГ/см*².

Для устранения прилипания смеси в период уплотнения на поверхности вальца наносят эмульсию, состоящую из 60% воды, 40% керосина и 0,01% стабилизатора (хозяйственное мыло). Применение для этих целей солярового масла не допускается. Для ускорения охлаждения плит их поливают водой. Плиты весом до 500 *кг* поднимают за петли, прочно скрепленные с армокаркасом при температуре асфальтобетона не более 20°. Плиты большого веса следует поднимать при равномерном приложении такелажной нагрузки, т. е. необходимо применять специальную оснастку: вакуум-захваты или барабаны, на которые плиты наматываются в виде рулона. Температура асфальтобетона в этих случаях может быть 20—40°.

На рис. 16.6 в качестве примера приведена технологическая карта изготовления в металлической форме плиты 3×5×0,07 *м* со съемом ее вакуум-захватом. Готовые плиты следует укладывать не более 10—15 шт. в отдельном штабеле, пересыпая их песком слоем толщиной 1—2 *см*. При длительном хранении штабель должен быть защищен щитами от прямых солнечных лучей.

При монтаже покрытия из плит швы омоноличивают мастикой или асфальтобетоном основного состава. Мастика имеет состав: битум БН-III — 36%, резиновый порошок — 4%, минеральный порошок — 60%, температура мастики при заливке швов — 140—150°. Заполнение швов асфальтобетонной смесью требует последующего ее уплотнения виброрейками (вибратор С-413 на бруске длиной 0,7 *м*).

Монолитные асфальтобетонные покрытия выполняются при температуре воздуха не ниже +5°. Покрывают отдельными захватками. Их площадь определяется из условия, чтобы при последующей укладке асфальтобетонной смеси края на ранее уложенном асфальтобетоне не остывали более чем до 50°С. При толщине покрытия более 10 *см* смесь укладывают послойно с подкаткой отдельных слоев. Уплотняющие смесь катки или утяжеленные вибраторы перемещаются по откосу на тросе с помощью лебедки, установленной на бровке. Скорость перемещения катка не должна превышать 0,7 *м/сек*. Все недоступные для укатки катками места уплотняют вибратором или ручными трамбовками.

Для укладки на подводные части берегов рек применяют асфальтобетонные покрытия толщиной 4—6 *см*. Их опускают под воду с помощью барабана отдельными картами (матами) внахлестку по течению одна на другую на величину 1—3 *м*. Барабан с покрытием на откосе раскатывается с помощью плавкрана. Длина покрытия назначается проектом и зависит от глубины в реке, до которой защищается грунт берега. Ширина каждой карты «*b*» определяется грузоподъемностью плавкрана

$$b = \frac{Q - G}{\gamma\, l\, \delta},$$

где Q — грузоподъемность плавкрана;

G — вес конструкции барабана;

γ, l, δ — соответственно объемный вес, длина, толщина карты покрытия. Длина барабана должна быть на 0,5—1 *м* более ширины карты покрытия. Обычно диаметр барабана берется равным 2,0—3,0 *м*. Его длина практически не бывает более 8 *м*.

Работы по укладке покрытий под воду ведутся в такой последовательности (рис. 16.7).

Карта покрытия изготавливается и наматывается на барабан на стенде, расположенном у уреза воды; кран перемещается по створу на становом и швартовных тросах, удерживая на крюке рулон и постепенно раскатывая его по откосу; плавкран с пустым барабаном возвращается к стенду намотки. При использовании плавкрана грузоподъемностью до 100 *т* таким способом можно за один прием укладывать карты площадью до 500 *м*². При намотке барабан на стенде должен выставляться на осях и не передавать свой вес на асфальтобетон.

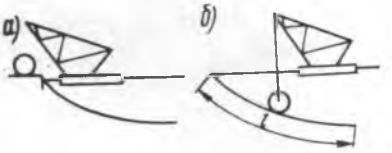


Рис. 16.7. Схема работ по укладке карты покрытия с помощью барабана и плавучего крана:

а — намотка покрытия на барабан на берегу; *б* — укладка покрытия на подводный откос

Для карт небольших размеров (5×15 *м*) допускается при намотке барабан прокатывать по асфальтобетону. Во время укладки покрытия под воду барабан перемещают по створу, ориентируясь по створным вехам, не допуская отклонений, больших +0,5 *м*. Барабан в период укладки должен находиться над грунтом откоса на расстоянии не более 1,5 *м*. Только при глубинах в реке не более 4 *м* допустима укладка с барабана, находящегося у поверхности воды, а при размерах карт не более 5×10 *м* можно раскатывать рулон непосредственно по грунту подводного откоса. Нельзя раскатывать рулон при волнении свыше 3 баллов. Производительность укрепительных работ с использованием барабана составляет в среднем один рулон в смену. Возможен также способ укладки под воду покрытия с использованием барабана, обладающего плавучестью и не гребующего применения плавкрана.

Глава XVII. МОРСКИЕ БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Существует два способа защиты морских берегов и сооружений: пассивная защита, когда берегоукрепительные сооружения непосредственно воспринимают и гасят волновую энергию, и активная, когда сооружения удерживают наносы и образуется пляж, на котором гасятся волны. Возможны также комбинации обоих способов защиты в одном сооружении.

К сооружениям пассивной защиты относятся продольные волноотбойные стенки, откосные и полуоткосные сооружения, укрепления откосов, а также береговые дамбы, к сооружениям активной защиты — поперечные буны и подводные берегоукрепительные волноломы.

Наиболее распространенными и экономически оправданными по роду применяемых материалов являются каменные, бетонные и железобетонные сооружения. На побережьях морей, где нет древоточцев, применяются и деревянные свайные конструкции.

Камень должен удовлетворять требованиям, изложенным в СНиП 1-В.8-62* для гидротехнических сооружений, бетон — требованиям, предъявляемым к гидротехническому бетону по ГОСТ 4795—68 (см. главу VIII).

Марки бетона по прочности, морозостойкости, истираемости наносами (галькой), водонепроницаемости и морозостойкости устанавливаются в проектах. Способы производства работ при строительстве берегоукрепительных сооружений в зависимости от их типа и характера работы изложены в главах V, VI, VIII, IX, XIV и XVI.

§ 2. БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИЯ ПАССИВНОЙ ЗАЩИТЫ

Для укрепления берегов портовых и заводских акваторий Черноморниипроектом разработаны типовые конструкции откосных и полуоткосных берегоукреплений.

Наиболее распространены следующие типовые конструкции откосных берегоукреплений:

берегоукрепления из бетонных и железобетонных плит (рис. 17.1, *а*, тип I);

то же, но с устройством каменной упорной призмы (рис. 17, *б*, тип II); II тип применяется, когда необходимо защитить от действия волн вновь образуемую территорию;

берегоукрепление из откосных бетонных массивов в подводной части и бетонных и железобетонных плит в надводной (рис. 17, *в*, тип III). Этот тип требует наличия плавучих кранов грузоподъемностью 100 *т*.

Полуоткосные берегоукрепления запроектированы:

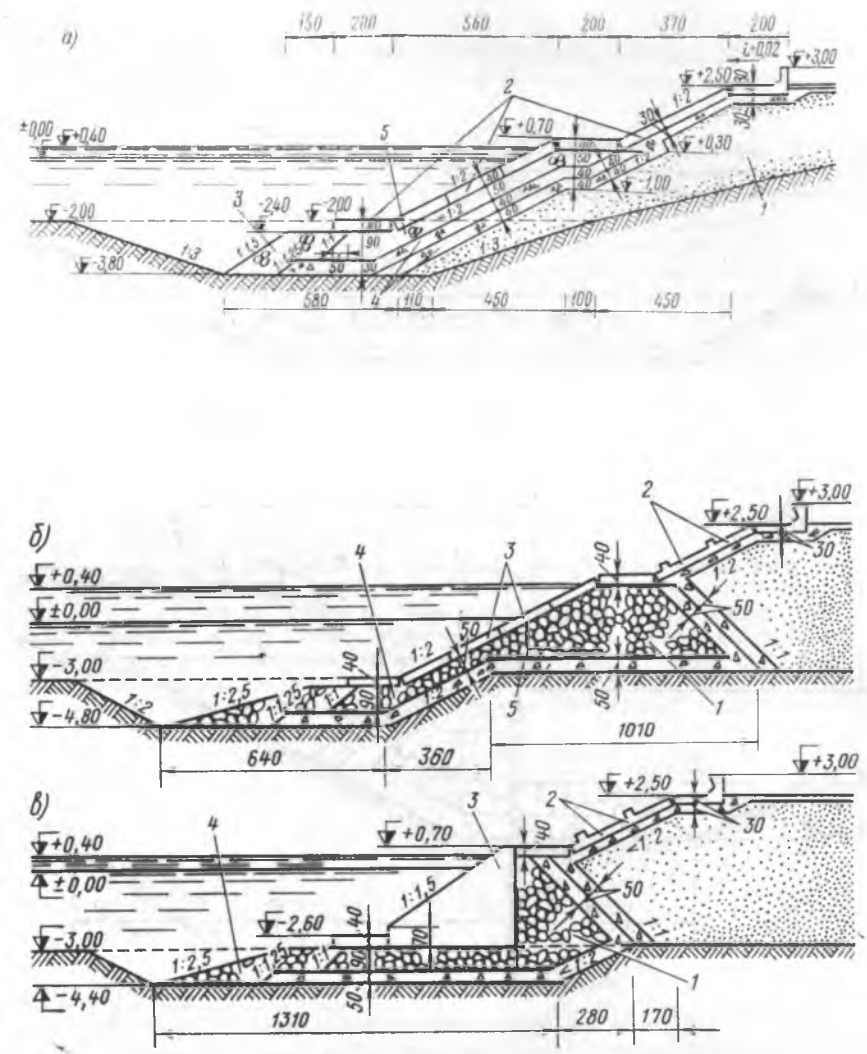


Рис. 17.1. Откосные берегоукрепления на закрытых акваториях:

а — из бетонных плит: *1* — засыпка песком; *2* — бетонные плиты; *3* — камень весом 100 *кг*; *4* — слой щебня; *5* — камень весом 15—30 *кг*; *б* — из бетонных плит при подсыпке берега; *1* — камень весом 15—30 *кг*; *2* — железобетонные шарнирно-соединенные плиты размером 0,2x2x2 *м*; *3* — бетонные плиты размером 0,4x2x2 *м*; *4* — камень весом 60—100 *кг*; *5* — щебень; *в* — из массивов в подводной части, с бетонными (или железобетонными) плитами в надводной части; *1* — камень весом 15—30 *кг*; *2* — железобетонные шарнирно-соединенные плиты размером 0,2x2x2 *м*; *3* — бетонный массив; *4* — камень весом 100 *кг*. (Размеры в *см*, отметки в *м*)

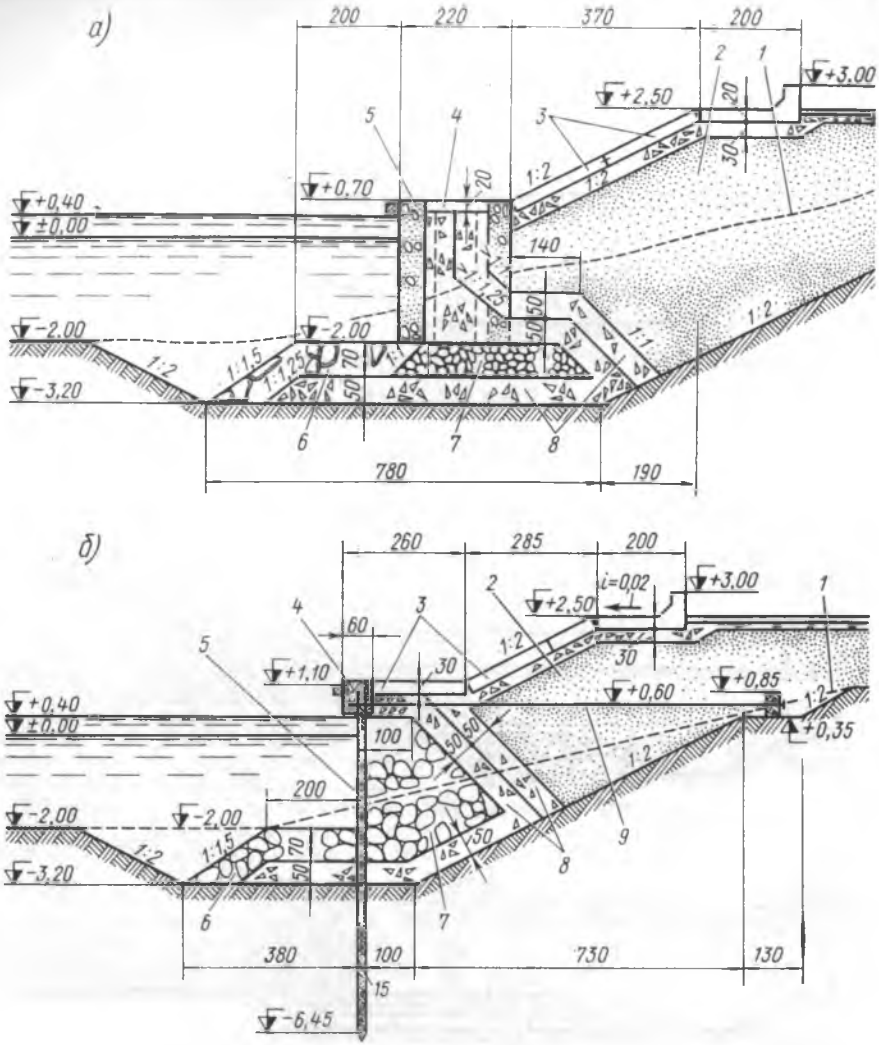


Рис. 17.2. Полуоткосные берегоукрепления на закрытых акваториях:

а — из облегченных массивов; *1* — существующий рельеф; *2* — засыпка песком; *3* — железобетонные шарнирно-соединенные плиты; *4* — монолитный бетон; *5* — бетонный массив двутаврового профиля; *6* — камень весом 60 *кг*; *7* — камень весом 15—30 *кг*; *8* — щебень; *б* — со сплошным рядом свай; *1* — существующий рельеф; *2* — засыпка песком; *3* — бетонные плиты; *4* — железобетонная шапочная балка; *5* — сплошной ряд железобетонных свай толщиной 15 *см*; *6* — камень весом 60 *кг*; *7* — камень весом 15—30 *кг*; *8* — щебень; *9* — анкерная тяга. (Размеры в *см*, отметки в *м*)

из облегченных бетонных массивов двутаврового типа в плане, полки которых образуют замкнутые полости, заполненные камнем; откосная часть крепится железобетонными плитами (рис. 17.2, *а*);

типа заанкерованного больверка из плоских железобетонных свай (шпунта) с каменной разгрузочной призмой; откосная часть крепится бетонными плитами.

Условия применения типовых конструкций приведены в табл. 17.1.

Таблица 17. 1

Применение типовых конструкций берегоукреплений

Шифр проекта	Тип берегоукреплений	Параметр волн на подходе: высота h, *м*	Параметр волн на подходе: длина l, *м*	Глубина перед сооружением, *м*	Ледовый режим	Грунты: основания	Грунты: засыпки территории
0-1-20	Откосные I и II	1	20	2	Неподвижный лед толщиной 60 *см*, подвижный битый лед	Несвязные $\varphi \geqslant 25^0$, связные $\varphi \geqslant 15^\circ$ $c=0,1$ *кГ/см²*	Песчаные $\varphi \geqslant 30^\circ$
0-1-40	то же I и II	1	40	2			
0-1,5-40	I и II	1,5	40	3			
0-1,5-60	I и II	1,5	60	3			
П-0-1-20	Полуоткосные (массивы и больверки)	1	20	2			

Примечание. Нагрузка на территории в пределах 20 *м* — 2 *т/м²*.

Полуоткосные берегоукрепления могут быть использованы как причалы для мелкосидящих судов портофлота.

Объемы основных работ по откосным сооружениям приведены в табл. 17. 2, а по полуоткосным — в табл. 17.3.

На открытых акваториях перед берегоукреплениями обычно имеется полоса пляжа, на которой происходит основное гашение волн. Наиболее часто берега с галечными наносами укрепляют бетонными ступенчатыми плитами (рис. 17.3, *а*) и волноотбойными бутобетонными стенами с криволинейным очертанием (рис. 17.3, *б*) по типу, разработанному Кавгипротрансом. Массивные стенки применяют

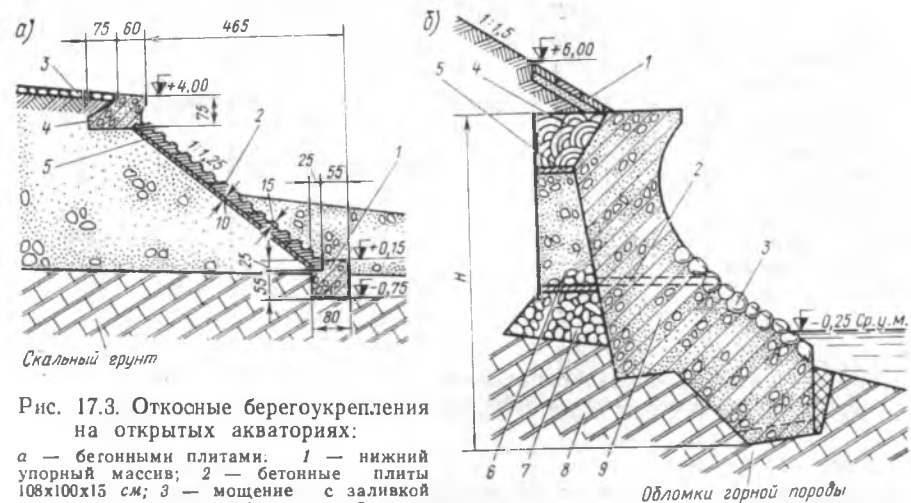


Рис. 17.3. Откосные берегоукрепления на открытых акваториях:

а — бетонными плитами: *1* — нижний упорный массив; *2* — бетонные плиты 108x100x15 *см*; *3* — мощение с заливкой цементным раствором; *4* — верхний упорный массив с козырьком; *5* — контрфильтр; *б* — волноотбойными стенами: *1* — покрытие откоса бетонными плитами; *2* — дренажные окна 20x5 *см*; *3* — облицовка из естественного штучного камня; *4* — местный глинистый грунт; *5* — дерн в два слоя корнями кверху; *6* — песчано-гравелистый балласт; *7* — выкладка из крупного камня; *8* — выравнивающий слой из обломков горной породы; *9* — бутобетон М-200. (Размеры в *см*, отметки в *м*)

Таблица 17.2

Объем основных работ по устройству 100 *пог. м* откосных берегоукреплений на закрытых акваториях

Наименование работ	Единица измерения	Высота волны 1,0 *м*, длина 20 *м*		Высота волны 1,0 *м*, длина 40 *м*		Высота волны 1,5 *м*, длина 40 *м*		
		Тип I	Тип II	Тип I (рис. 17.1, *а*)	Тип II	Тип I	Тип II (рис. 17.1, *б*)	Тип. III (рис. 17.1, *в*)
Земляные работы	$м^3$	1720/0	1230/0	2220/1000	1580/0	2540/1350	1930/0	2280/0
Отсыпка контрфильтра из щебня	»	475/800	1160/200	1090/190	1140/190	1330/210	1515/200	1320/190
Грубое ровнение контрфильтра	$м^2$	2360/60	2160/50	2410/50	2130/20	2970/60	3590/50	2420/0
Тщательное ровнение контрфильтра	»	0/610	0/610	0/620	0/620	0/610	0/610	100/760
Отсыпка камня	$м^3$	715/0	1375/0	860/0	1450/0	1030/0	2400/0	1860/0
Грубое ровнение камня	$м^2$	430/0	770/0	480/0	780/0	620/0	680/0	1110/0
Тщательное ровнение камня	»	1110/0	1110/0	1110/0	1070/0	1330/0	1330/0	250+(590)*/0
Засыпка песком	$м^3$	1310/540	750/590	0/320	820/510	2190/540	990/590	1410/570
Изготовление и укладка бетонных плит	»	300	300	400	497	480	480	160
Изготовление и укладка железобетонных плит	»	120	120	197	—	152	152	152
Изготовление и укладка бутобетонных массивов	»	—	—	—	—	—	—	1160
Наибольший вес блока	*т*	2,9	2,9	3,9	3,9	3,9	3,9	84

Примечания: 1. Звездочкой отмечено весьма тщательное ровнение.
2. В числителе дробей — объем работ под водой, в знаменателе — над водой.

на плотных грунтах основания. Объемы работ по волноотбойным стенкам криволинейного профиля приведены в табл. 17.4.

Часто на приглубых берегах для защиты волноотбойных стен от подмыва и абразии перед ними устраивают волногасящие барьеры в виде наброски из крупных каменных глыб или фасонных массивов (тетраподов, тетраэдров, трибаров и др.) или специальные широкие волногасящие бермы.

Объемы основных работ по устройству 100 *пог. м* полуоткосных берегоукреплений

Наименование работ	Единица измерения	Полуоткосные береговые укрепления	
		из облегченных массивов	со сплошным рядом железобетонных свай
Земляные работы по рытью котлована	*м*³	2670/0	1550/60
Отсыпка щебня (контрфильтр)	»	895/200	620/250
Грубое ровнение щебня	*м*²	1380/0	1290/70
Тщательное ровнение щебня	»	0/690	110/670
Отсыпка камня	*м*³	490/0	630/0
Грубое ровнение камня	*м*²	600/0	320/300
Весьма тщательное ровнение камня	»	370/0	—
Изготовление и установка бетонных облегченных массивов весом 27 *т*	*м*³/*шт*	380/33,4	—
Засыпка песком	*м*³	1200/580	560/510
Изготовление и установка железобетонных плит и балок	»	117	12,5
Изготовление и установка анкерных тяг и поясов	*т*	—	5,9
Изготовление и забивка железобетонных свай сечением 15×50 *см*	*м*³/*шт*	—	117/200
Изготовление и установка бетонных плит	*м*³	—	227
Монолитный бетон	»	16	37

Примечания: 1. Высота волны 1,0 *м*, длина —20 *м*.
2. В числителе дробей — объем работ под водой, в знаменателе — над водой.

Таблица 17.4

Объем работ по сооружению 100 *пог. м* волноотбойных стен проектировки Кавгипротранса

Наименование работ	Единица измерения	При высоте стены *H*, *м* (рис 17. 3,*б*)		
		7,0	6,0	5,0
Бутобетонная кладка стены М=200	$м^3$	2080	1580	1480
Облицовка естественным штучным камнем	$м^2$ / $м^3$		420 / 146	
Устройство застенного дренажа:				
устройство бетонной подготовки на дне	$м^3$		30	
выкладка крупного камня	»		50	
укладка песчано-гравийного балласта	»	50	30	30
Покрытие откоса бетонными плитами	$м^2$ / $м^3$	200 / 20	350 / 35	350 / 35

§ 3. БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИЯ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ

Активная защита берега с созданием стабильного пляжевого накопления, осуществляется как с помощью поперечных сооружений — бун, так и с помощью продольно-поперечных сооружений — волноломов с траверсами (рис. 17.4).

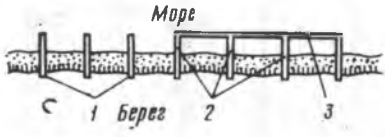


Рис. 17.4. Схема берегоукреплений активной защиты:

1 — буны; *2* — траверсы; *3* — волнолом

Буны подразделяют на обычные буны и буны консервации. Обычные буны устраивают для образования и расширения пляжа за счет накопления и удержания наносов, а буны консервации — для предупреждения размыва существующих отложений наносов. Берегоукрепительные волноломы могут выполнять роль волнозащитных и наносоудерживающих сооружений.

Стабильный пляж с помощью бун может быть создан лишь при наличии достаточного поступления наносов. Если наносов нет или их поступление недостаточно, тогда промежутки между бунами засыпают материалом сразу же после постройки бун. Строительство бун, у которых межбунные промежутки будут заполняться за счет вдольбереговых насосов, ведут начиная от крайней буны, двигаясь навстречу движению потока наносов.

В зависимости от заложения оснований применяются буны гравитационного типа, свайно-шпунтовой конструкции и буны конструкции с применением колонн оболочек ∅1,6 *м*. Первые применяют при неглубоком залегании коренных пород, вторые — при грунтах основания, допускающих забивку свай, третьи — на размываемых грунтах.

Буны гравитационного типа строят в виде крупноблочных сборных конструкций из бетонных массивов с монолитной бетонной надстройкой (рис. 17.5). При установке массивов шов между ними шириной не более 10 *см* должен быть перекрыт шпонками или другими способами. Ввиду трудности установки тяжелых массивов в береговой части буны из-за невозможности подхода плавучего крана применяются буны комбинированной конструкции, где береговая и мелководная части делаются из монолитного бетона или из мелких массивов, устанавливаемых самоходными береговыми кранами, имеющими небольшую грузоподъемность. Схема таких бун приведена на рис. 17,6 *а* и *б*.

Буны из бетонных массивов на колоннах-оболочках и в виде вертикальной стенки из плоских панелей с промежуточными опорами из колонн-оболочек показаны на рис. 17.7 *а* и *б*, а объемы работ по некоторым типам бун — в табл. 17.5,

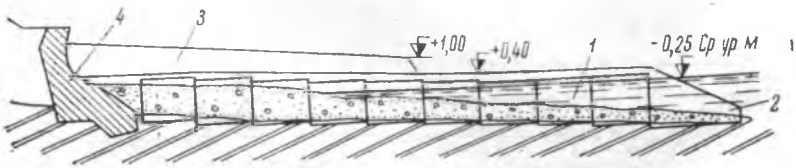


Рис. 17.5. Буна из массивов (блоков) с монолитной бетонной надстройкой:

1 — промежуточный блок; *2* — головной блок; *3* — монолитный бетон; *4* — волноотбойная стенка

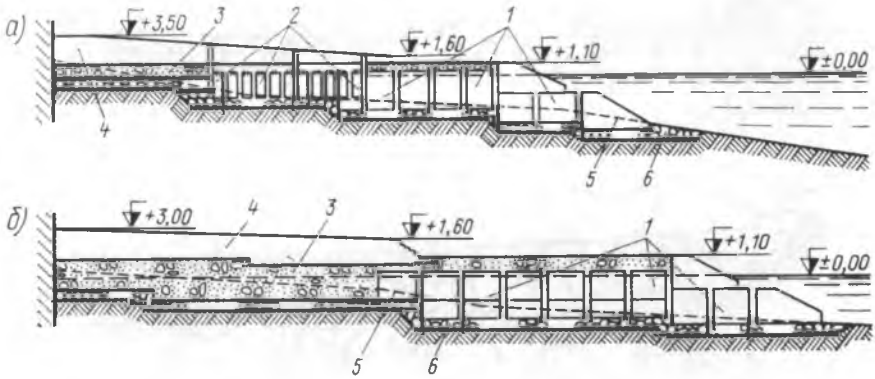


Рис. 17.6. Буны комбинированной конструкции:

а — с применением мелких массивов; *б* — с монолитной береговой частью; *1* — массивы весом 30—100 *т*; *2* — массивы весом 12 *т*; *3* — монолитный подводный бетон; *4* — монолитный надводный бетон; *5* — линия дна; *6* — каменная постель

Таблица 17.5

Трудоемкость и основные объемы работ по устройству бун (по проектам Кавгипротранса)

Характеристика буны	Трудоемкость, чел.-дни	Земляные работы, $м^3$	Скальные работы, $м^3$	Каменная постель, $м^3$	Бетонные работы, $м^3$
На скальных грунтах, длина 40 м					
Гравитационная из крупных массивов	1100	200	46	—	235
На размываемых грунтах, длина 63 м					
Гравитационная на искусственной каменной постели . . .	2850	2500	—	700	650
Из блоков, закрепленных колоннами-оболочками	1600	1250	—	—	560
Тонкостенная с промежуточными опорами на колоннах-оболочках	1170	1200	—	—	300

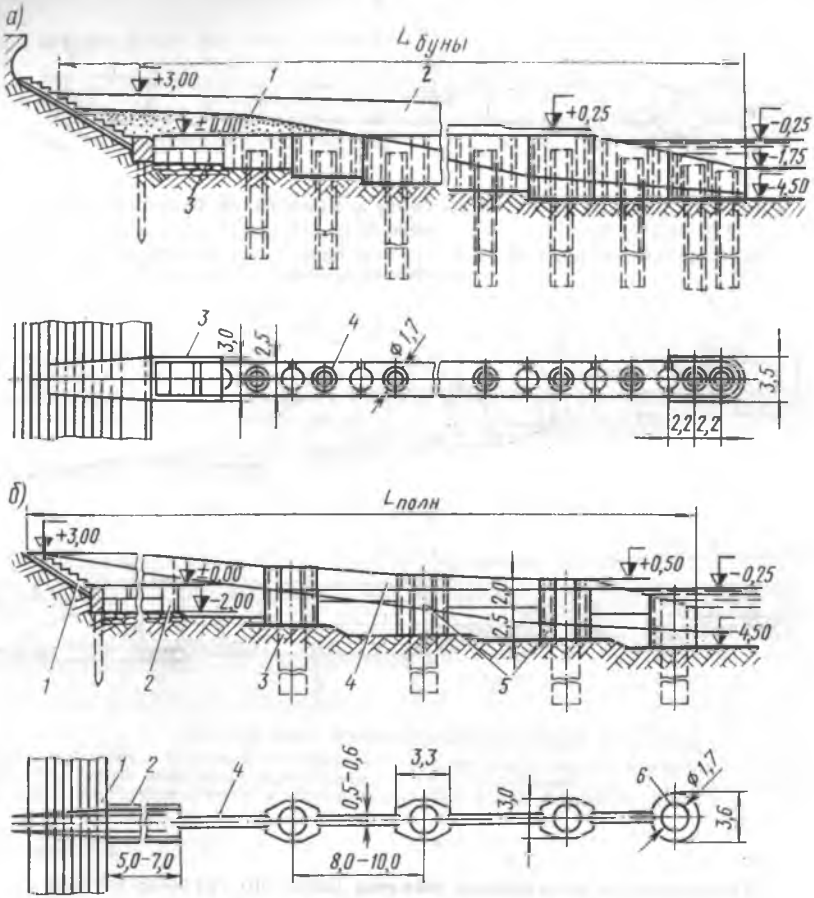


Рис. 17.7. Буны с использованием колонн-оболочек Ø1,6 *м*:

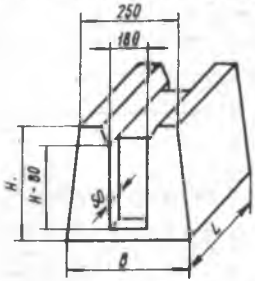
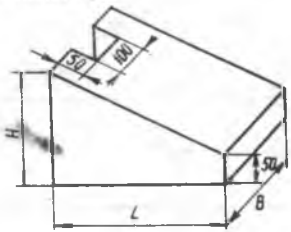
а — из бетонных призматических массивов: *1* — пляж; *2* — монолитная часть буны; *3* — сборная корневая часть буны; *4* — колонна-оболочка Ø 1,6 *м*; *б* — из плоских панелей с промежуточными опорами на колоннах-оболочках Ø 1,6 *м*; *1* — откосная стена; *2* — корневая часть буны; *3* — колонна-оболочка Ø 1,6 *м*; *4* — плиты экрана; *5* — промежуточная опора; *6* — головная опора

Свайно-шпунтовые буны строят из одного или двух рядов. Применяют железобетонные, металлические или деревянные (где нет древоточцев) сваи (шпунт). В двухрядных конструкциях бун промежуток между рядами заполняют крупным камнем (размером свыше 50 *см*). Крупность материала (песка, гальки, щебня), применяемого для искусственного заполнения промежутков между бунами, принимается не меньше чем крупность наносного материала, имеющегося на участке, где будет создаваться искусственное пляжеобразование.

Волноломы, предназначенные для образования пляжа, применяются как на берегах с галечными наносами, так и на песчаных берегах. Защитное действие волнолома с траверсами осуществляется в результате образования за волноломом пляжа. Волнолом (рис. 17.8) представляет собой гравитационное сооруже-

Таблица 17.6

Номенклатура элементов по типовым проектам Кавгипротранса для Кавказского побережья

Марка	Эскиз	Размеры, *см*			Марка бетона	Расход материалов на изделие		Вес блока, т
		Длина *L*	Высота *H*	Ширина *B*		Бетон, $м^3$	Сталь, кг	
	Промежуточные блоки бун и траверс							
П-1		350	150	288	БГТ-200	11,5	85	26
П-2		350	175	294	200	13,5	85	31
П-3		350	200	300	200	16	161	37
П-4		350	225	306	200	18,2	161	42
П-5		350	250	312	200	21	197	48
П-6		350	300	325	200	26	197	60
П-7		350	350	337	200	31	322	74
П-8		350	400	350	200	37	322	84
П-9		350	450	362	200	41,5	322	97
Ш-1 до Ш-9	Шпонка для крепления бун и траверс	70—370	90	90	300	1,4—3,0	3—26	1,4—6,9
Г-1	Головные блоки бун	350	250	312	200	15,5	85	36
Г-2		450	300	325	200	24	197	55
Г-3		480	350	337	200	29	197	67
Г-4		570	400	350	200	41	322	94
Г-5		530	450	362	200	43	322	99

Продолжение табл. 17.6

Марка	Эскиз	Размеры, *см*			Марка бетона	Расход материалов на изделие		Вес блока, *т*
		Длина, *L*	Высота *H*	Ширина *B*		Бетон, $м^3$	Сталь, *кг*	
Блоки волноломов		300	150	500	200	17,5	161	42
		385	200	400	200	22,5	197	53,3
		450	250	400	200	30	322	71
		540	300	300	200	31	322	74,5
		625	350	275	200	37,1	322	89,2
		715	400	225	200	38,4	322	92,2
		800	450	190	200	39,9	322	96,0
Подстилающий блок волнолома и бун		945	90	250	200	22,6	850	52,6
		945	120	250	200	29,3	850	68,1
		945	165	250	200	40,1	850	93,0

Примечания. 1. Марка шпонки «Ш» соответствует марке блока «П», а длина шпонки *L* равна высоте блока *H* минус 80 *см*.

2. Типоразмеры тетраподов см. в главе XIV.

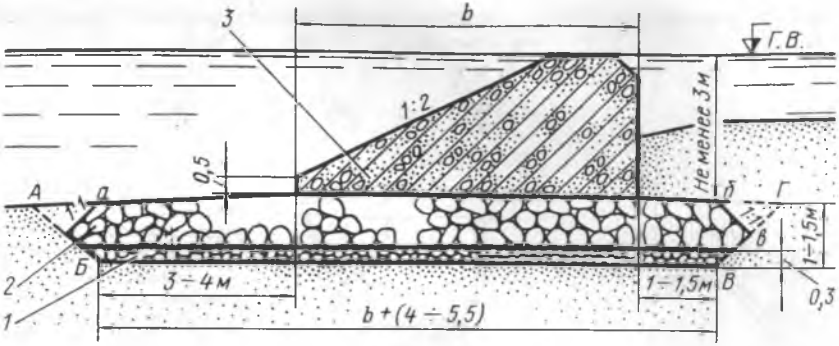


Рис. 17.8. Волнолом на каменной постели:

1 — щебеночная подготовка; *2* — каменная постель; *3* — бетонный массив волнолома

ние из скошенных массивов, установленных вдоль линии берега с галечными наносами обычно на глубине 3—4 *м* в один курс.

Искусственное основание под волнолом устраивают из каменной наброски толщиной от 1,0 до 1,5 *м*, укладываемой в подводную траншею. Верх каменной постели должен быть на глубине не менее 3 *м* и не возвышаться над поверхностью дна. Наброска выполняется из крупного камня размером не менее 35 *см*.

Гравитационные буны и волноломы сооружаются из типовых элементов, характеристика которых приведена в табл. 17.6.

§ 4. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ПОСТРОЙКЕ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ОТКРЫТЫХ ПОБЕРЕЖЬЯХ

Возведение берегоукрепительных сооружений на открытых побережьях в зоне морского прибоя и на малых глубинах требует применения технического флота с малыми осадками и обладающего хорошей мореходностью и скоростью. Наиболее удобными являются: плавучие краны типа «Черноморец» грузоподъемностью 100 *т* и «Астрахань-I» — 60 *т*, которые обладают мореходностью до 5 баллов, малой парусностью, оборудованы грейферами и могут работать без сопровождающих буксирных судов; самоходные баржи с откидной носовой частью и буксиры мощностью 400—1200 *л. с.*, шаланды с раскрывающимися днищами и понтоны грузоподъемностью 400 *т* (см. главу XIX).

Плавкраны должны работать круглосуточно: первые две смены (дневное время) — непосредственно на строительных работах и третью смену (ночью) — на транспортных работах.

Учитывая ограниченное время работы техфлота в открытом море по погодным условиям, которое обычно не превышает 80 — 120 дней в году, для сокращения непроизводительных переходов и укрытия флота во время штормов следует вдоль побережья строить специальные порты-убежища.

В портах-убежищах располагаются полигоны и парки для изготовления сборных конструкций и массивов, склады камня, щебня и других материалов. К ним подводятся железнодорожные и автомобильные пути для подвозки материалов и изделий заводского изготовления. Порты оборудуются кранами для погрузочно-разгрузочных работ.

Порты-убежища должны иметь причальный фронт длиной 200—300 *м* с глубинами у кордона не менее 4,5 *м* и располагаться на расстоянии 40—50 миль друг от друга (с учетом существующих портов).

Наибольшую трудность представляет постройка бун, частично располагаемых на берегу или мелководье. Практикой выработан ряд рациональных способов строительства таких сооружений.

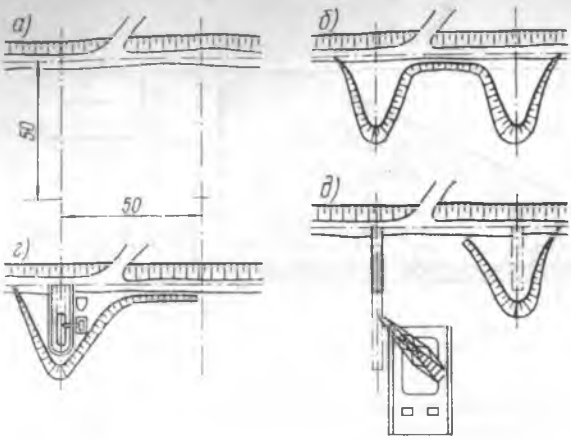


Рис. 17.9. Последовательность возведения бун с применением каменных банкетов:

а—разбивка осей; *б* — создание каменных банкетов до отметки +1,00; *в* — разработка котлована; *г* — укладка подводного бетона; *д* — монтаж буны 100 *т* плавучим краном

Постройка бун (см. рис. 17.6, *а*), где имеется пляжная полоса, начинается с устройства каменной постели и укладки больших массивов *1* плавкраном. Затем с берега экскаватором разрабатывают подводный котлован, в нем устраивают каменную постель и береговым краном устанавливают мелкие массивы 2 (вес 12 *т*).

Для возможности работы экскаватора в приурезовой зоне параллельно створу бун отсыпают каменный банкет до отметки +1,0 *м*, в котором работает экскаватор по устройству котлована и кран по установке массивов *2*.

Там, где пляжевая полоса отсутствует, буны строят следующим способом (рис. 17.9).

По оси бун в море отсыпают каменный банкет до отметки +1,0 *м*. Под прикрытием банкета экскаватором разрабатывают котлован, устраивают каменную постель, на которую устанавливают стальную опалубку и укладывают подводный бетон методом «островка».

Разработка котлована и укладка бетона производится двумя «захватками». После окончания корневой части буны каменный банкет убирают и достраивают головную часть буны из крупных массивов аналогично буне по рис. 17.6, *а*.

Описанные выше способы значительно ускоряют строительство и сокращают сроки применения плавучих средств на открытых акваториях.

Глава XVIII. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНОГО ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В главе приведены характеристики оборудования для земляных, монтажных и транспортных работ, а также некоторого другого оборудования различного назначения, применяемого при постройке гидротехнических портовых сооружений.

Даны характеристики главным образом машин последних марок. Оборудование для земляных и монтажных работ в основном соответствует типажу Министерства транспортного строительства на эти виды машин. Крановое оборудование представлено наиболее современными и часто применяемыми на строительстве типами кранов.

Для получения более полных данных по кранам рекомендуется обращаться к справочному пособию «Строительные краны» (Киев, «Будівельник», 1968), а по прочему виду строительного оборудования и механизированного инструмента — к «Справочнику механика транспортного строительства» (М., «Транспорт», 1966).

Данные по автомашинам и тракторам приведены по показателям, необходимым для строительных целей, для наиболее современных марок, применяемых на строительных работах. Более полные данные имеются в справочнике Ю. А. Долматовского и др. «Тракторы и автомобили» (М., «Колос», 1967).

§ 1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Таблица 18.1

Самоходные одноосные скреперы с гидравлическим управлением

Показатель	Единица измерения	Марка			
		Д-468	Д-357	Д-567	Д-392
Емкость ковша	$м^3$	4,5—5,5	9—10	10—13	15—18
Тип тягача	—	МАЗ-533	МАЗ-529	МАЗ-546	БЕЛАЗ-531
Наибольшая скорость передвижения	*км/ч*	43,5	—	40,0	45,0
Колея	*мм*	2100	2150	2400/2250	2490/2000
Габаритные размеры:					
длина	*мм*	8730	10250	11065	11065
ширина	»	3056	3246	3375	3375
высота	»	2500	2926	3350	3850
Вес с тягачом	*т*	12,2	19,0	20,0	28,0
Глубина резания	*см*	36	30	30	36
Толщина отсыпки	»	—	45	50	50
Ширина захвата	»	260	272	290	285

Показатель	Единица измерения	Марка				
		Э-1514	Э-2515	Э-302Б Э-302БС	Э-303А	Э-304Б Э-304В
1	2	3	4	5	6	7
Общая характеристика						
Ход экскаватора	—	Пневмоколесные				Гусе
Скорость передвижения	*км/ч*	2—17,3	2—17,3	1,4—15	1,1—5	0,8—1,9
Наибольший подъем	°	—	—	22	22	—
Тип и мощность двигателя	тип			Д-48	Д-48	Д-48
	л. с.	48	48	48	48	48
Угол поворота .	°	160	160	Полноповоротные		
Радиус, описываемый хвостовой частью	*м*	—	—	2,6	2,6	2,6
Высота с опущенной стрелой . . .	»	3,96	3,9	3,13	2,9	3,03
Ширина	»	—	2,0	2,64	2,42	3,22
Колея колес или усениц	»	1,5	1,5	—	2,06	2,22
Ширина гусениц	»	—	—	—	0,36	1,0
Удельное давление на грунт . . .	*кГ/см²*	—	—	—	—	0,2
Вес экскаватора	*т*	5,1	5,1	11,7/12,7	11,3	12,4/13,8
Оборудование						
Прямая лопата (рис. 18.1, *а*)						
Емкость ковша .	*м³*	0,15	0,25	0,4	0,4	—
Угол наклона стрелы α	°	—	—	—	—	—
Наибольшая глубина копания *А* .	*м*	0,7	—	—	—	—
Наибольшая высота копания *Б* .	»	3,2	3,1	6,2	6,0	—
Наибольший радиус копания *В* .	»	4,1	4,8	5,9	5,9	—
Наибольшая высота выгрузки *Г* .	»	2,6	3,3	4,3	4,0	—
Радиус выгрузки *Д*	»	2,4	2,8	5,4	5,4	—
Обратная лопата (рис. 18.1, *б*)						
Емкость ковша .	*м³*	0,15	0,25	0,4	0,4	0,4
Угол наклона стрелы α	°	—	—	—	—	—
Наибольшая глубина траншеи $A_т$.	*м*	2,2	3,1	4,0	4,4	4,2

Таблица 18.2

одноковшовые

экскаваторов

Э-5015	Э-652А Э-652БС	Э-10011А Э-10011АС	Э-1251Б Э-1252Б Э-1252БС	Э-1602 ЭО-6113С	Э-2503 Э-2505
8	9	10	11	12	13
ничные					
2	1,7—3	2	1,5	1,4/1,14	1,23
—	22	—	20	20	20
СМД-14 / 75	Д-108-1 / 82	Д-108 / 108	АМ-0,3 / 130	ЯМЗ-238 / 185	МА94—71/16 / 160 *квт*
Полноповоротные					
—	2,9	3,5	3,6	4,7	—
3,0	3,5	3,42	4,2	3,7/3,9	—
2,77	2,85	3,1	3,54	4,75	—
2,16	2,3	2,4	2,54	3,2	—
0,61	0,53	0,6	0,66	0,72/0,9	—
0,35	0,72	0,87	0,88	1,11	1,25
11,3	21/23,4	36	42	59/63	94
—	0,65	1,0	1,25	1,6—2,0	2,5
—	45 / 60	45 / 60	45 / 60	45	45 / 60
—	1,5 / 1,5	2 / 1,5	2 / 1,6	—	— / —
—	6,5 / 7,9	6,5 / 8,2	7,8 / 9,3	9,1	9 / 10
—	7,8 / 7,2	9,2 / 8,4	9,9 / 9,1	10,8	12 / 11
—	4,5 / 5,6	5,0 / 6,0	5,1 / 6,6	5,5	6,4 / 7
—	7,1 / 6.5	8,3 / 7,4	8,9 / 8,3	9,6	10,8 / 9,7
0,5	0,65	1,0	1,4	1,6—1,9	— / —
—	45 / 60	—	45 / 60	—	— / —
4,5	5,6	6,9	60	7,8	— / —

Показатель	Единица измерения	Марки									
		Э-1514	Э-2515	Э-302Б Э-302 БС	Э-303А	Э-304Б Э-304В	Э-5015	Э-652А Э-652БС			
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Наибольшая глубина котлована $A_к$	*м*	—	—	2,6	3,0	2,8	—	4,0		—	
Наибольший радиус копания B	»	4,1	5,0	7,8	7,8	7,8	7,0	9,2		—	
Начальная высота выгрузки $Г_н$	»	1,7	2,6	3,1	2,8	2,9	3,9	2,3		3,1	
Конечная высота выгрузки $Г_к$	»	2,6	—	5,6	5,4	5,4	—	5,3		6,1	
Начальный радиус выгрузки $Д_н$	»	2,1	2,65	4,15	4,15	4,15	4,9	5,0		3,8	
Конечный радиус $Д_к$	»	—	—	6,8	6,8	6,8	—	8,1		7,0	
Драглайн (рис. 18.1, *в*)											
Емкость ковша	$м^3$	—	—	0,4	0,4	0,4	—	0,8/0,5			
Длина стрелы	*м*	—	—	10,5	10,5	10,5	—	10		13	
Угол наклона стрелы α	°	—	—	—	—	—	—	30	45	30	45
Глубина копания при боковом проходе $A_б$	*м*	—	—	5,3	5,3	5,3	—	4,4	3,8	6,6	5,9
Глубина копания при концевом проходе $A_д$	»	—	—	7,6	7,6	7,6	—	7,3	5,6	10	7,8
Наибольший радиус выгрузки $Д$	»	—	—	10	—	10	—	10	8,3	12,5	10,4
Наибольшая высота выгрузки	»	—	—	6,3	—	6,3	—	3,5	5,5	5,3	8
Наибольший радиус копания B	»	—	—	—	—	—	—	11,1	10,2	14,3	13,2
Грейфер											
Емкость ковша	$м^3$	—	0,3	0,35	0,35	0,35	0,5	0,65			
Длина стрелы	*м*	—	—	10,5	10,5	10,5	—	10			
Глубина копания	»	—	3,5	—	—	—	5,8	6			
Наибольший радиус копания (выгрузки)	»	—	4,3	6,0	6,0	6	6,25	4—8			
Наибольшая высота выгрузки	»	—	3,2	8,5	8,3	7,8	2,25	7,6			

Примечания: 1. Э-1514 и Э-2515 выполнены на базе трактора «Беларусь» и имеют бульдозерные отвалы шириной 2,0 и высотой 0,7 *м*.

2. Экскаваторы с индексом «С» и экскаватор Э-2505 — северного исполнения для работ при температурах до —60°. При дробных обозначениях параметры экскаваторов северного исполнения даны в знаменателе.

3. Э-1514, Э-2515 и Э-5015 имеют гидравлический привод рабочих органов.

экскаваторов

Э-10011А Э-10011АЭ	Э-1251Б Э-1252Б Э-1252БС	Э-1602 ЭО-6113С	Э-2503 Э-2505
10	11	12	13
6,1	—	6,25	—
10,5	11,6	13	—
4,2	3,3 | 4,2	—	—
—	5,5 | 7,3	6,7	—
7,8	7,0 | 5,7	—	—
—	10,3 | 9,3	8,75	
1,0 12,5	1,5 12,5	2,85 и 1,5 15	1,6 и 1,0 20
0,75 15			
30 | 45	30 | 45	30 | 45	30 | 45
30 | 45	30 | 45	30 | 45	45 | 30
45 | 30			
5,5 | 4,4	6,0 | 5,1	6,45 | 5,5	8,8 | 7,6
7,8 | 5,7			
9,4 | 7,4	9,5 | 7,5	11 | 8,6	15,5 | 12,3
12 | 9,2			
12,2 | 10,2	12,4 | 10,4	14,8 | 12,2	19 | 15,7
14,4 | 12,0			
4,1 | 6,6	4,0 | 6,5	5,5 | 8	8,6 | 12,1
5,3 | 8,4			
13,5 | 12	14,3 | 12,9	18,5 | 15,5	21,5 | 20
16 | 14			
3,0 17,5	1,5 25		
45 | 30	45 | 30		
17,5 | 19,3	24,3 | 27,4		
1,0 12,5 и 15 6	1,5 12,5 и 15 6	2 15 —	— — —
12,2	12,3	12,1	—
10,7	10,7	11	—

4. Э-304Б и Э-304В предназначены для работы на слабых грунтах и для разработки траншей.

5. Э-652А имеют рыхлитель мерзлых грунтов для пробивания мерзлоты толщиной до 1,3 *м*.

6. Э-1251Б имеет привод от электродвигателя мощностью 90 *квт* при напряжении в сети 380 *в*.

7. ЭО-6113С оборудован только прямой лопатой.

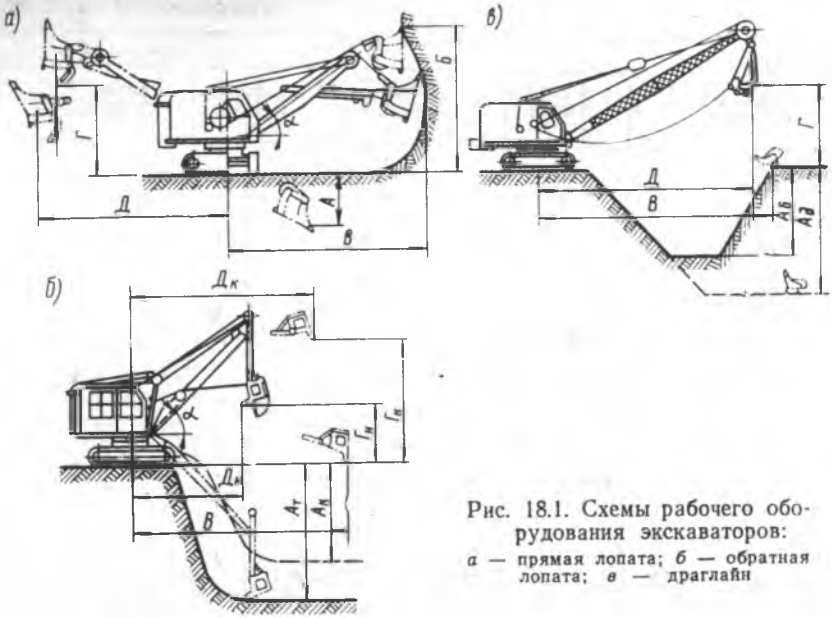


Рис. 18.1. Схемы рабочего оборудования экскаваторов:
а — прямая лопата; *б* — обратная лопата; *в* — драглайн

Таблица 18.3

Бульдозеры

Показатель	Единица измерения	Марка						
		Гусеничные					Колесные	
		Д-159 Д-159Б	Д-271	Д-494	Д-275	Д-384А	Д-456	Д-581
Размеры отвала:								
длина	*мм*	2280	2980	3030	3350	4500	1300	3600
высота	»	790	1100	1100	1385	1400	530	1200
Заглубление ниже гусениц (колес)	»	150	100	380	100	250	150	650
Управление отвалом		Гидравлическое	Лебедка	Гидравлическое	Лебедка	Гидравлическое		
Марка трактора .		ДТ-54	С-100	Т-100М	Т-140 (Т-180)	ДЭТ-250	ДТ-16 (ДТ-20)	МоАЗ-542
Габариты:								
длина	*мм*	4335	5250	5125	6700	6690	2050	7000
высота	»	2300	3050	3050	2800	3070	1300	3600
ширина . . .	»	2280	2980	3030	3360	4500	1580	2930
Вес	*т*	6,18	13,3	13,53	18,0	27,6	1,64	18,0

Таблица 18.4

Средняя производительность одноковшовых экскаваторов, $м^3/ч$

Емкость ковша, $м^3$	При работе лопатой						При работе драглайном					
	в отвал			на транспорт			в отвал			на транспорт		
	Грунты						Грунты					
	легкие	тяжелые	скальные	легкие	тяжелые	скальные	легкие	тяжелые	скальные	легкие	тяжелые	скальные
0,25	30	20	—	26	17	—	25	20	—	20	18	—
0,5	55	40	30	48	32	24	42	36	—	36	30	—
1,0	90	60	45	78	52	40	75	63	40	63	50	40
2,0	140	115	85	130	105	80	120	96	70	110	85	65
3,0	205	155	120	185	140	110	165	140	105	155	130	100

Примечание. Скальные грунты разрыхленные.

§ 2. МОНТАЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Полиспасты, блоки и тросы к ним подбирают по величине поднимаемого груза Q и усилию в сбегающем конце троса у лебедки P по формуле

$$P = \frac{Q}{K}, \tag{18.1}$$

где K — коэффициент, зависящий от числа нитей полиспаста и количества отводных блоков, определяемый по табл. 18.5.

Диаметр каната подбирают по сортаменту (ГОСТу) в соответствии с необходимым разрывным усилием, которое определяется величиной наибольшего натяжения и запасом прочности, соответствующим назначению каната.

Расчет ведется по формуле

$$P \geqslant kS, \tag{18.2}$$

где P — требуемое разрывное усилие каната в целом, *кГ;*
k — коэффициент запаса прочности (см. табл. 18.6);
S — наибольшее натяжение ветви каната (с учетом к. п. д. полиспаста, без учета динамических нагрузок), *кГ*.

Натяжение ветви каната в стропе определяется в зависимости от его угла наклона по формуле

$$S = \frac{1}{\cos\alpha}\,\frac{Q}{n} = m\,\frac{Q}{n}\ кГ, \tag{18.3}$$

где Q — вес поднимаемого груза, *кг;*
n — число ветвей в стропе;
α — угол наклона ветви стропа к вертикали.

$$m = \frac{1}{\cos\alpha};\ \text{при}\ \alpha = 0\ m = 1;\ \alpha = 30^\circ\ m = 1{,}15;$$

$$\alpha = 45^\circ\ m = 1{,}42;\quad \alpha = 60^\circ\ m = 2{,}0.$$

Таблица 18.5

Значения коэффициента *K*

Число рабочих нитей полиспаста	Число блоков полиспаста	Число отводных блоков					Коэффициент полезного действия полиспаста
		0	1	2	3	4	
1	0	1	0,94	0,88	0,83	0,78	1,0
2	1	1,94	1,82	1,71	1,61	1,51	0,94
3	2	2,82	2,65	2,49	2,35	2,20	0,88
4	3	3,65	3,43	3,23	3,04	2,85	0,83
5	4	4,43	4,17	3,92	3,68	3,46	0,78
6	5	5,17	4,86	4,57	4,29	4,04	0,73
7	6	5,86	5,51	5,18	4,87	4,57	0,69
8	7	6,51	6,12	5,75	5,40	5,07	0,65
9	8	7,12	6,69	6,29	5,91	5,56	0,61
10	9	7,69	7,23	6,79	6,39	6,20	0,57
11	10	8,23	7,73	7,27	6,83	6,42	0,54

Таблица 18.6

Наименьший допускаемый коэффициент запаса прочности канатов

Назначение канатов	Коэффициент запаса прочности
Грузовые и стреловые:	
ручной привод	4,0
машинный привод:	
легкий	5,0
средний	5,5
тяжелый и весьма тяжелый	6,0
Растяжки стрел, опор и мачт	3,5
Канаты лебедок, для изменения вылета стрелы без груза	4,0
Грейферные:	
с раздельным двухмоторным приводом	6,0
с одномоторным приводом и одноканатные	5,0
Несущие канаты кабельных кранов	3,5
Тяговые канаты, применяемые на кранах	4,0
Канаты полиспастов для заякоривания несущих канатов кабельных кранов	6,0
Канаты лебедок, предназначенных для подъема людей	9,0
Канаты, используемые при монтаже кранов	4,0
Стропы, имеющие на концах крюки, серьги и кольца	6,0
То же, предназначенные для обвязки груза	7,0

Размеры блочных обойм для устройства полиспастов приведены в табл. 18.7. Характеристика другого оборудования, применяемого для монтажных работ, дана в табл. 18.8—18.18.

Таблица 18.7

Блоки одно- и многороликовые

Показатель	Единица измерения	Грузоподъемность блока, т								
		5	10	15	20	20	25	25	25	30
Количество роликов . . .	шт.	1	2	3	3	4	3	4	5	5
Диаметр роликов	*мм*	220	300	410	520	410	520	520	520	520
» троса	»	15	17,5	22	25	22	26	22	24	28
Длина блока	»	735	1030	1350	1610	1460	1740	1740	1650	1650
Ширина »	»	300	400	420	530	420	530	530	530	560
Высота (толщина) блока .	»	120	200	310	380	380	350	420	530	560

Таблица 18.8

Домкраты ручные

Показатель	Единица измерения	Реечные			Винтовые					Паровозные				
		Грузоподъемность домкрата, т												
		3	5	10	2	5	10	15	20	10	15	20	25	30
Высота подъема груза	*мм*	350	300	375	240	183	290	330	370	280	345	360	360	360
Высота опущенного домкрата	»	700	980	950	250	296	560	610	660	540	660	680	690	730
Горизонтальный ход домкрата на салазках .	»	—	—	—	—	—	—	—	—	300	300	360	370	370
Вес домкрата . . .	*кг*	36	70	95	4,2	18	32	40	60	80	100	145	165	225

Таблица 18.9

Домкраты гидравлические

Показатель	Единица измерения	Общестроительные				Специальные		
		ДГ-А	ДГ-Б	Т-57	Т-58	Перпетуум	Типа ЦКБ мостотреста	
Грузоподъемность	*т*	100	200	100	200	200	200—500	500
Высота подъема груза . . .	*мм*	155	155	200	250	160	1400—600	800
Высота опущенного домкрата	»	310	330	425	510	600	1680	1600
Диаметр поршня	»	180	250	165	230	225	—	—
Длина (с тендером)	»	642	757	1350	1505	1050	800	780
Ширина . . .	»	275	380	350	430	820×820	600	600
Давление жидкости	*кГ/см²*	392	408	480	480	503	—	—
Вес домкрата	*кг*	175	320	172	310	750	—	—

Таблица 18.10

Лебедки ручные

Показатель	Единица измерения	Марка лебедки				
		Т-68	№ 2	Т-69	Т-102	Т-78
Тяговое усилие	*т*	1,0	1,5	3,0	5,0	7,5
Диаметр барабана	*мм*	180	180	200	270	400
» троса	»	11	13	17,5	19,5	24
Габаритные размеры:						
длина	»	700	700	1060	1180	1370
ширина (без рукояток)	»	790	765	936	1080	1420
высота	»	950	830	1240	1100	1160
Вес лебедки	*т*	0,20	0,21	0,56	0,77	1,43

Таблица 18.11

Лебедки приводные

Показатель	Единица измерения	Зубчато-фрикционные				Реверсивные			
		Однобарабанные		Двухбарабанные					
		Т-109	Т-40	Т-97	Т-136	Т-66	Л-1001	Л-3002	Т-145
Тяговое усилие	*т*	1	1,25	1,25	1,25	0,5	1	3	5
Диаметр барабана	*мм*	210	232	232	—	160	168	273	405
Длина барабана	»	396	460	460	—	450	470	500	1200
Канатоемкость барабана	*м*	80	83	152	78	85	75	150	220
Диаметр троса	*мм*	11	13	13	11,5	7,7	11	17,5	—
Мощность электродвигателя	*квт*	7	14	13	10	2,8	4,5	7	22
Скорость наматывания каната	*м/сек*	0,64	0,72	1,02	0,65	0,4—0,5	0,33	0,17	0,3—0,5
Габаритные размеры:									
длина	*мм*	1407	1670	1985	1783	860	890	1490	2100
ширина	»	1153	1734	1729	1180	855	813	1065	1950
высота	»	985	1225	1225	1185	565	479	—	850
Вес	*т*	0,48	0,64	1,1	0,83	0,36	0,27	0,68	—

Таблица 18.12

Универсальные деррик-краны

Показатель	Единица измерения	ДГ-2	ГМК 12/20		ДК 45/60	
		Длина стрелы (основной), *м*				
		20,09	20,09	30,09	26	32
Грузоподъемность при вылете стрелы:						
наибольшем . . .	*т*	12	11	5	28	22
наименьшем . . .	»	12	20	10	60	42,5
Вылет стрелы:						
наибольший . . .	*м*	19,8	19,8	28,5	26	32
наименьший . . .	»	4,3	4,8	6,5	7	8
Высота крюка над головой рельса при вылете стрелы:						
наибольшем . . .	»	—	—1	—0,5	—5	—5
наименьшем . . .	»	18,5	21	26,5	22	27,3
Угол поворота мачты	°	240	240		228	
Скорости:						
поворота мачты .	*об/мин*	0,75	0,75		0,38	
подъема груза . .	*м/мин*	10	8		3,1 —5	
» стрелы .	»	6	1,5—7,5		0,96—5	
Ширина колеи . . .	*м*	—	12,75		9	
Вес крана	*т*	34,8	36		121	
Наибольший вес монтажного элемента . .	»	1,8	1,8		5,2	

Примечания: 1. Краны ДГ-2 и ГМК 12/20 имеют на конце стрелы гусек длиной 4 *м* грузоподъемностью при всех вылетах 2,5 *т*. 2. Графики грузоподъемности см. на рис. 18.2 и 18.3.

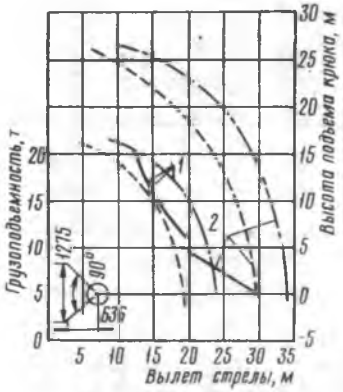


Рис. 18.2. Кривая грузоподъемности крана ГМК-12/20:

1 — при длине стрелы 20,09 *м*; *2* — то же, 30,09 *м*

——— грузоподъемность; — — — высота подъема основного крюка; —·—. высота подъема вспомогательного крюка

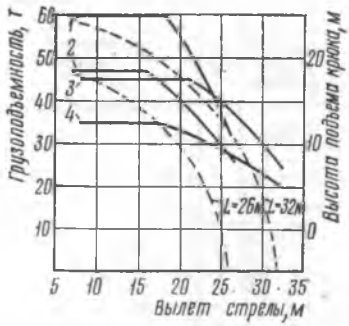


Рис. 18.3. Кривая грузоподъемности крана ДК-45/60:

——— грузоподъемность; — — — высота подъема крюка

1 — при вылете стрелы $L = 26$ *м*; высота мачты $H=14,7$ *м*; *2* — при $L=26$ *м*, $H=11,56$ *м*; *3* — при $L=32$ *м*, $H=14,7$ *м*; *4* — при $L=32$ *м*, $H=11,56$ *м*.

Таблица 18.13

Краны автомобильные

Показатель	Единица измерения	ЛАЗ-690	КТС-3	К-52		К-64		К-67		АК-7,5		К-104		К-162			
		Длина стрелы, *м*															
		6,2	8,5	7,5	12	7,35	11,15	8,4	12,4	7,5	12	10	18	10	14	18	22
Грузоподъемность на аутригерах при вылете стрелы:																	
наименьшем	*т*	3	3	5	3	6,3	3	6,3	3	7,5	2,75	10	6	16	12	8,5	5,5
наибольшем	»	0,75	1,2	2	1	2	1	1,7	0,9	1,7	1,2	2,2	0,75	2,8	1,5	1,2	1,14
Грузоподъемность без аутригеров:																	
при наименьшем вылете	»	1	—	2	1	2	1	2	0,7	—	—	4	1,5	4,4	3,0	2,2	—
при наибольшем вылете	»	0,4	—	0,75	0,25	0,75	0,25	0,6	0,16	—	—	1	0,25	1	0,43	0,24	—
Вылет стрелы:																	
наибольший	*м*	5,5	8,5	7	10	6,5	9	7,5	11	7,0	9	10	16	10	13	14	14
наименьший	»	2,5	3	3,8	4,5	3,3	4,6	3,5	5,2	2,9	5	4	5	3,9	4,2	5	6
Высота крюка при вылете стрелы:																	
наименьшем	»	6,6	13,3	7	11	7,7	12	8	11,7	8	12,4	9,5	16,4	10,4	14,5	18,3	22,3
наибольшем	»	5	5,5	4,8	8,2	5,3	9,3	—	—	5,2	9,8	4,5	10	4,7	7,6	13	18,4
Скорость подъема груза	*м/мин*	2,1—12	4,1—15,3	12	18	2,7		0,5—6,5		1,9—7,8		3,5—10	5,5—15	1,33—12,8			
Скорость вращения крана	*об/мин*	0,6—3,1	0,84—3,1	2,0		1,25—3		0,6—1,6		0,8—3,35		0,5—1,5		0,31—1			
Скорость передвижения крана	*км/ч*	45	30	30		40		40		40		35		30			
Емкость грейфера	*м*³	—	0,5	0,5		0,5		0,5		0,5		1,5		—			
Базовая автомашина		ЗИЛ-164	ЗИЛ-120	МАЗ-200		МАЗ-500		МАЗ-500		ЗИЛ-164		ЯАЗ-210		КрАЗ-257			
Вес крана	*т*	6,8	8,85	13		12		11,6		9,2		22,8		21,8			

Таблица 18.14

Козловые самоходные краны

Показатель	Единица измерения	К-4	К-6	К-305	К-451М
Грузоподъемность	*т*	5	10	30	60
Пролет плюс консоли	*м*	11,3+2×4	25+2×7,65	32	29,6
База крана	»	6	12	6	12
Количество грузовых крюков	шт.	1	1	1	2
Высота подъема крюков	*м*	7	11	10,5	23,8
Скорость подъема груза	*м/мин*	8	15	7,5	4,2
» передвижения тележки	»	30	30	25	25
Скорость передвижения крана	»	60	34	20	20
Мощность двигателей	*квт*	14,3	47	59	62
Общий вес крана	*т*	17,5	32	60	82
Трудоемкость монтажа	чел.-дни	12	34	130	140

Таблица 18.15

Транспортеры ленточные

Показатель	Единица измерения	Передвижные			Звеньевые	
		Т-44	Т-80	Т-144	Т-46А	Т-47
Длина ленты транспортера	*м*	5	10	15	40—80	240
Ширина » »	*мм*	400	400	500	500	650
Производительность	$м^3/ч$	65	27	65	60	200
Скорость движения ленты	*м/сек*	1,6	0,8	1,6	1,27	2
Наибольший угол подъема	°	—	22	20	22	22
Наибольшая высота разгрузки	*м*	0,7	3,8	5,4	7	15
Мощность двигателя	*квт*	1,8	1,5	2,8	7	27,5
Длина промежуточного звена	*м*	—	—	—	5	2,5
Вес	*т*	0,34	0,35	0,98	4,4	17,67

Показатель	Единица измерения	Э302Б и Э302БС			К-102	
		7,5	12	15	10	18
Грузоподъемность на аутригерах при вылете стрелы:						
наименьшем	*т*	—	—	—	—	—
наибольшем	»	—	—	—	—	—
Грузоподъемность без аутригеров при вылете стрелы:						
наименьшем	»	5	3	2	10	7,5
наибольшем	»	1,4	0,8	0,8	3	1
Вылет стрелы:						
наибольший	*м*	7	9	12	10	17
наименьший	»	3	4	5,5	4	4
Высота крюка при вылете стрелы:						
наименьшем	»	7,6	12	14,6	9,5	16,5
наибольшем	»	4,4	9,1	10,3	5,2	9,2
Скорость подъема груза	*м/мин*	18			19,5	29,2
» вращения крана	*об/мин*	1,6—6			3	
» передвижения крана	*км/ч*	1,2—10,7			3—7,2	
Тип двигателя и мощность	тип / *л. с.*	Д-48 / 48			КДМ-46 / 93	
Колея	*м*	2,04			3,0	
Число осей	шт.	2			3	
Радиус, описываемый хвостовой частью крана	*м*	3,03			3,1	
Емкость грейфера	$м^3$	0,35			1,5	
Вес крана	*т*	10,7			27,7	

Примечание. Кран К-252 имеет характеристики, аналогичные крану К-255,

Таблица 18.16

колесные

К-124			К-161				К-255		К-401		К-631	К-1001
Длина стрелы, м												
10	18	22	10	15	20	25	15	25	15	25	15	15
12	5,5	3,5	16	9	5,5	4	25	12	40	14	63	100
3	0,8	0,4	3,75	2,4	1,3	0,7	4	2	7	2,75	5	12,5
10	5	3	9	5,5	3,25	2,25	10	6	15	8	30	45
2,5	0,6	0,3	2,5	1,5	0,75	0,5	2	0,6	3,5	1	4,25	8,5
10	17	20	10	13,5	18	23	14	20	14	20	15	14
4,2	6	7	3,75	5	6,5	7,5	4,5	6,5	4,5	6,5	4,2	4,5
9	16,5	20,1	8,8	13,5	18,3	22,8	12,7	22,6	12,5	22	16	12,3
4,6	8,6	11,5	3,7	7,8	9,8	11,4	6,5	15	6,5	15	7	—
4,4—45	6,6—67		25—50				1—7,5		5—15		0,5—4,5	0,5—3
0,76—4,1			0,5—2,8				0,5—2		0,5—1,5		0,14—1,3	0,8
1,85—10			до 14,7				до 20		1,2—12		до 12	до 12
СМД-7 / 55			СМД-7 / 55				ЯАЗ-204А / 110		КДМ-100 / 100		ЯМЗ-236 / 180	
2,95			3,15				2,4		3,26		2,75	3,2
2			2				2		3		3	4
3,05			3				3,78		4,25		4,35	—
—			1,0				2		2		—	—
22,7			25,6				32,6		50		69	92

краны К-101 и К-106 имеют характеристики, аналогичные крану К-102.

Показатель	Единица измерения	Краны-экскаваторы											
		Э-303А			Э-652		Э-10011		Э-1251			Э-1602	
		Длина											
		7,5	12	15	10	18	12,5	25	12,5	20	25	15	20
Грузоподъемность при вылете стрелы:													
наименьшем	*т*	5	3	2	10	7,5	16	5,3	20	9	7	32	23
наибольшем	»	1,5	0,75	0,5	2,2	0,5	3,9	1,2	4	2,6	1,7	9	6
Вылет стрелы:													
наибольший	*м*	7	9	12	10	17	12	22,8	10,1	13,5	19	12,1	15,7
наименьший	»	3	4	5	3,7	4,3	4	7,6	4	5,65	6,5	4,8	5,7
Высота крюка при вылете стрелы:													
наименьшем	*м*	7,5	12	14,8	9,2	17,2	9,2	24	10,7	19,5	22,1	14	18,9
наибольшем	»	4,5	9	10	3,7	7,6	5,8	12,3	3,5	14,5	16,7	9,9	13,5
Скорость подъема груза	*м/мин*	18—30			12	18	10—16,8	13—21,6	16	24			—
Скорость вращения крана	*об/мин*	До 3			2,6—3,4		1,5		0,45—4,75			4,5	
Скорость передвижения	*км/ч*	См. таблицу 18.2											
Тип двигателя и мощность	тип / *л. с.*	То же											
Гусеничный ход:													
база (длина хода, прилегающего к грунту)	*м*	2,42			2,7		3,0		2,95			~4	
колея	»	См. таблицу 18.2											
Ширина гусениц	»	То же											
Радиус, описываемый хвостовой частью	»	» »											
Вес крана	*т*	» »											

Примечание. Все гусеничные краны работают без аутригеров.

Таблица 18.17

гусеничные

Э-2503				Тракторы КТС-5	Гусеничные краны											
					СКГ-25			СКГ-40			ДЭК-50			СКГ-100		
стрелы, м																
27,5	15	30	40	12,5	15	20	25	15	20	25	15	30	40	20	30	40
14	60	20	12	5	25	17	17	40	20	15	50	30	15	100	63	30
2,8	9,7	3,7	2,5	1,5	7,2	4,5	2,5	8,3	5,4	3,1	14,8	5,4	2,0	16,5	7,8	2,8
21	15,5	27,5	30	10	14	18	23	14	18	23	14	26	34	18	26	34
7,2	4,4	9	9,5	3	5,5	5,5	7	4,5	6,15	7,35	6	8	10	5	6,5	7,5
26,2	12,6	28	38	11,0	15,4	20,5	25	14,8	19,7	23,9	13,3	28,2	38,6	19,6	29,5	37,5
18,8	3,2	16,5	28,2	6,0	9,5	12,3	13,8	8,3	11,2	12,8	8,2	16,8	23,7	12,3	18,2	22,8
	12	20	30	13,2	7,1	10,6		0,75—6			0,8—5	1,3—7,7	1,5—15	0,47—13		
		1,5		2		0,7		0,45				0,3		0,25		
				2—10		0,68		0,8			0,43—0,68			0,5		
				КДМ-100 / 100		КДМ-46 / 93		64Н-14/12 / 120			Ч1-Д6-150 / 150			1Д-12 / 300		
		3,88		2,37 2,38		3,88 4,1		3,88 4,1			4,95 5			6,2 6,3		
				0,5		0,8		0,8			0,8			1,1		
				—		4		4			5			5,72		
				16,1		65		57,6			95			130—140		

Показатель	Единица измерения	МК-15			КДЭ-151		КДБ-15	
		Длина						
		12	14	18	15	20	14	18
Грузоподъемность на аутригерах при вылете стрелы:								
наименьшем . . .	*т*	15	15	7,5	15	13	15	—
наибольшем . . .	»	4,2	3,5	1,3	4,5	3	4,5	—
Грузоподъемность без аутригеров при вылете стрелы:								
наименьшем . . .	*т*	10	10	5	10	9,5	10	7,5
наибольшем . . .	»	2,8	2,3	0,9	3,1	2	2,5	1,5
Вылет стрелы:								
наибольший . . .	*м*	12	13	16	14	18	12	18
наименьший . . .	»	4,5	4,5	4,5	5	5	4	4,5
Высота крюка над Г. Р.:								
наибольшая . . .	»	11,4	12,5	17	14,2	19	12	18
наименьшая . . .	»	5,5	6	6,8	7,8	10,5	6	7
Скорость подъема груза	*м/мин*	11	11	22	8,8	26,5	15,4	30,8
Скорость вращения крана	*об/мин*	2,0			2,6		2,9	
Скорость передвижения крана	*км/ч*	10			12,9		11,6	
Тип двигателя и мощность	тип / *л. с.*	ЗИЛ-120 / 90			1Д6-150 / 150		ЗИЛ-120 / 90	
Радиус, описываемый хвостовой частью крана	*м*	—			3,3		3,3	
Вес крана	*т*	56			53		49,2	

Примечание. Паровой кран ПК-ЦУМЗ-15, снятый с производства, имеет

Таблица 18.18

нормальной колеи (1524 *мм*)

КДЭ-161		ДЭК-20		К-251		СК-30			Я-3		К-501	
стрелы, *м*												
15	20	14	20	15	25	15	20	25	14	24	12,5	32,5
16	11,1	20	10	25	12	30	20	15	45	15	50	20
4,8	3,3	5,5	1,8	5	4	9,5	6,5	4	7	4	11	5
10	7,5	15	—	15	7,5	16	12	8,5	20	7	25	—
3	1,9	3,7	—	3	0,25	2,75	1,25	0,9	3	1	4,5	—
14	18	12	17	14	20	14	18	23	14	20	13	20
5	6	5	6	6	6,5	5	6,2	7,3	4,6	9	4,5	11
14,1	19	10	16,5	11,6	21	14,5	19	24,3	11	22	8,5	28,5
7,8	10,5	8,5	13	7,8	17	8,4	11,4	12,8	7	16	5,5	—
17,6	26,5	5,5—11		12,5	25	6	9	9	6		6,5	26
2		1,8		2		0,7			2		2	
10,4		6,6		25		3,9			4,8		19,4	
— / 115		КДМ-100 / 100		2-Д6 / 150		КДМ-46 / 93			Паровой / 140		2-Д6 / 150	
—		—		3,66		4			3,85		4,6	
53		62		75,7		73			111		113	

характеристики, аналогичные крану МК-15.

Грузовые автомо

Показатель	Единица измерения	УАЗ-451Д	ГАЗ-51А	ГАЗ-52	ГАЗ-53	Урал-355М
Грузоподъемность на шоссе / грунте	*т*	0,8	2,5 / 2,0	2,5	4 / 3	3,5 / 3,0
Собственный вес снаряженного автомобиля	»	1,5	2,7	2,65	3,05	3,4
Скорость с полной нагрузкой	*км/ч*	95	70	75	80	75
Вес прицепа с грузом	*т*	—	3,5	3,5	4	4,5
Мощность двигателя	*л. с.*	70	70	85	115	95
Норма расхода топлива на 100 *км* на шоссе	*л*	10	20	24	25	24
Колея задних колес	*м*	1,44	1,65	1,65	1,65	1,68
Расстояние между осями (база)	»	2,3	3,3	3,3	3,7	3,8
Дорожный просвет (наименьший)	*мм*	220	245	272	265	262
Внутренние размеры кузова:						
длина	»	2600	3070	3070	3740	3540
ширина	»	1870	2070	2070	2170	2070
высота борта	»	420	605	605	680	580
Габаритные размеры:						
длина	»	4460	5715	5725	6400	6290
ширина	»	2044	2280	2280	2380	2280
высота	»	2020	2130	2155	2220	2095
Высота до пола кузова	*м*	—	1,1	1,1	1,0	1,1
Количество осей	шт.	2	2	2	2	2
Нагрузка от задней оси	*т*	1,4	3,75	—	4,5	5,2

Примечание. Автомобили КрАЗ-250 и КрАЗ-257 аналогичны КрАЗ-219, 60—70 *км/ч*.

Таблица 18.19

ОБОРУДОВАНИЕ
били бортовые

ЗИЛ-164	ЗИЛ-130	ЗИЛ-130Г	КАЗ-605	МАЗ-200	МАЗ-500	Урал-377	КрАЗ-219
4	4	4	5	$\frac{7}{5}$	7,5	7,5	$\frac{12}{10}$
3,8	4,27	4,58	4,3	6,4	6,5	7,5	11,3
75	94	94	70	65	75	75	55
4,5	5—6	5—6	—	9,5	12	10,5	15
97	150	150	109	110	180	180	180
27	27	27	27	32	55	50—55	60
1,74	1,80	1,80	1,74	1,92	1,86	2,0	1,92
4,0	3,8	4,5	3,2	4,5	3,9	4,2	5,8
265	275	275	—	290	300	400	290
3540	3750	4686	4200	4500	4860	4500	5770
2250	2325	2325	2250	2480	2325	2430	2480
584	685	685	535	600	665	872	824
6700	6670	7610	6300	7620	7360	7600	9660
2470	2500	2500	2400	2650	2500	2690	2650
2180	2300	2300	2370	2430	2640	2620	2620
1,2	1,4	1,4	1,2	1,4	1,4	1,6	1,5
2	2	2	2	2	2	3	3
6,2	6,0	6,0	—	10	10	—	9,4

но имеют мотор мощностью 240 *л. с.*, ввиду чего их скорость увеличивается до

Таблица 18.20

Грузовые автомобили бортовые, повышенной проходимости со всеми ведущими осями

Показатель	Единица измерения	УАЗ-469	УАЗ-452Д (фургон)	ГАЗ-63А	ГАЗ-66А	ЗИЛ-131	ЗИЛ-157К	МАЗ-502	Урал-375	КрАЗ-214
Грузоподъемность на шоссе / грунте	*т*	0,5	0,8	2 / 1,5	3 / 2	3	4,5 / 2,5	4	5	7
Собственный вес снаряженного автомобиля	»	1,4	1,7	3,4	3,7	6	5,8	7,7	8,4	12,3
Скорость с полной нагрузкой	*км/ч*	100	95	65	85	80	65	55	75	55
Вес прицепа с грузом	*т*	0,8	—	2	2	3	3,6	—	5—10	5—10
Мощность двигателя	*л. с.*	70	70	70	115	150	109	135	180	205
Норма расхода топлива на 100 *км* на шоссе	*л*	12	15	30	25	40	42	50	55	70
Колея задних колес	*м*	1,4	1,4	1,6	1,75	1,8	1,7	2	2	2
Расстояние между осями (база)	»	2,3	2,3	3,3	3,3	4,0	4,2	4,5	4,2	5,3
Дорожный просвет	*мм*	210	220	280	310	340	310	360	400	290
Глубина преодолеваемого брода	*м*	0,7	—	0,8	0,8	—	—	—	До 1,5	1,0
Наличие тяговой лебедки (— нет, + есть)		—	—	+	+	—	+	—	+	+
Внутренние размеры кузова:										
длина	*мм*	2600	—	2940	3300	3820	3565	3500	3900	4565
ширина	»	2070	—	1990	2050	2294	2090	2500	2430	2500
высота борта	»	420	—	890	890	360	584	1015	872	335
Габаритные размеры:										
длина	»	3960	4460	5860	5655	6650	6684	7150	7350	8530
ширина	»	1770	2044	2200	2342	2500	2315	2650	2690	2700
высота	»	1930	2040	2810	2440	2300	2360	2725	2680	2880
Высота до пола кузова	*м*	—	1,1	1,3	1,0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,65
Количество осей	шт.	2	2	2	2	3	3	2	3	3
Нагрузка от задней оси	*т*	1,2	1,4	3,3	3,0	3,0	3,9	7,45	4,65	6,9

Таблица 18.21

Автомобили-самосвалы

Показатель	Единица измерения	ГАЗ-93	ЗИЛ ММЗ-5854	ЗИЛ ММЗ-555	МАЗ-205	МАЗ-503Б	КрАЗ-222	МАЗ-525	БелАЗ-540
Грузоподъемность на шоссе / грунте	*т*	2,25 / 2,0	3,5 / 3	4,5	6 / 5	7	10	25	27
Объем кузова	$м^3$	1,65	2,4	—	3,6	5,1	8	14,3	15,3
Собственный вес снаряженного автомобиля	*т*	3,0	4,4	4,5	6,6	6,8	12,2	24,4	21
Скорость с полной нагрузкой	*км/ч*	70	75	94	52	60	47	30	55
Мощность двигателя	*л. с.*	70	100	150	110	180	180	300	360
Норма расхода топлива на 100 *км* на шоссе	*л*	20	29	27	35	28	80	160	—
Колея задних колес	*м*	1,65	1,74	1,8	1,9	1,9	1,9	2,2	2,4
База	»	3,3	4	3,3	3,8	3,2	4,8	4,8	3,55
Дорожный просвет	*мм*	245	265	275	290	290	290	460	—
Габаритные размеры:									
длина	»	5240	5940	5500	6065	5920	8190	8350	7200
ширина	»	2100	2290	—	2640	2500	2650	3220	—
высота	»	2130	2180	2315	2430	2620	2760	3675	3415
Высота до верха кузова	*м*	—	1,8	1,8	2,1	2,2	2,5	3,1	3,04
Количество осей	шт.	2	2	2	2	2	3	2	2
Нагрузка от задней оси	*т*	3,8	5,5	6,5	9,3	9,4	8,8	32,8	—

Автомобильные прицепы обычные

Таблица 18.22

Показатель	Единица измерения	Одноосные роспуски				Двухосные			
		1-АПМ-3	1-ПР-5	2-ПР-10	2Р-15	ГАЗ-710 (2ПН-2)	ЗИЛ-810 (2ПН-4)	А-731	А-741
Грузоподъемность	*т*	3	4,5	8	15	2	4	5	7
Вес собственный	»	0,95	1	1,9	3,1	1,5	2,4	2,5	3,4
Число осей	шт.	1	1	2	2	2	2	2	2
База прицепа	*м*	—	—	—	—	2,4	2,95	2,75	3,2
Погрузочная высота	»	1,2	1,3	1,5	1,6	0,77	0,8	1,2	1,4
Габаритные размеры:									
длина с дышлом	*мм*	3625	3460	4650	3645	5750	6240	6600	7300
то же для перевозки длинномеров	»	—	13370	12110	12900	—	—	—	—
ширина	»	2210	2100	2240	2640	2295	2350	2450	2650
» между стойками	»	1900	1780	2000	2100	—	—	—	—
высота со стойками	»	2315	2335	2505	2830	1530	1860	2225	2205

Тяжеловозные и специальные автомобильные прицепы

Таблица 18.23

Показатель	Единица измерения	Прицепы				Полуприцепы					
						Обычные		Тяжеловозные		Цементовозы	
		Золотоношенский завод	4МЗАП-5208	4МЗАП-5212	4МЗАП-5530	ММЗ-584	МАЗ-5215Б	Т-151А	4МЗАП-5203	С-571	С-570
Грузоподъемность	*т*	40	40	60	120	7	12,5	20	20	7	12
Собственный вес	»	10,4	13,5	18	40	3	4	—	—	2,7	4
Число осей	шт.	3	3	—	6	1	1	1	2	1	1
База прицепа	*м*	4,75	4,8	5,4	14,5	4,1	4,7	7,4	7,5	—	—
Площадь платформы	*м²*	4,9×3,2	4,9×3,2	5,5×2,77	11,0×4,0	6,3×2,3	7,4×2,25	5×2,7	6,54×3	—	—
Допустимая скорость перевозки	*км/ч*	—	40	32	—	50	65	35	50	—	—
Габаритные размеры:											
длина	*мм*	11756	9330	11370	21735	6500	7636	8820	10825	9150	11250
ширина	»	3200	3200	3300	—	2500	2480	2700	3000	2350	2700
высота	»	1250	1570	1870	—	2165	2330	1960	2005	2900	3200
погрузочная высота	*м*	1,25	1,14	1,0	0,84	1,4	1,48	0,8	1,35	—	—

Таблица 18.24

Тракторы

Показатель	Единица измерения	ДТ-20	МТЗ-50 („Беларусь")	ДТ-54А	ДТ-55А (болотный)	Т-74	Т-4	ТД-Т 40 М трелевочный	ТДТ-75 трелевочный	Т-100 М	Т-100 М Б (болотный)	Т-180	ДЭТ-250
Ход трактора	—	Колесные		Гусеничные									
Тяговое усилие наибольшее	*т*	0,72	1,4	2,85		3,35	5	4,3	6,8	9,5		14,7	22
Скорость	*км/ч*	0,9—15,6	1,5—24,3	3,6—7,9		2,4—12	3,3—9,2	2,3—10,3	2,1—7,6	0,1—10	2,4—5,4	2,7—12,5	2,3—20
Колея	*м*	1,1—1,5	1,2—1,8	1,44	1,58	1,44	1,38	1,48	1,91	1,88	2,28	2,04	2,45
База	»	1,4—1,8	2,96	1,62	2,69	1,62	2,46	2,36	2,40	2,4	2,78	2,32	3,0
Ширина гусениц или размер шин	*мм*×*дюйм*	8×32	12×38	390	533	390	420	340	460	500	970	700	690
Удельное давление на грунт	*кГ/см²*	—	—	0,42	0,22	0,42	0,35	0,45	0,41	0,50	0,27	0,42	0,56
Габаритные размеры:													
длина	*мм*	3083	3815	4190	4476	4315	4475	4500	5505	4255	4745	5300	6236
ширина	»	1710	1970	1865	2105	1845	1902	2014	2370	2460	3250	2740	3160
высота	»	1230	2485	2300	2240	2300	2615	2430	2660	3040	2765	2800	3180
Вес снаряженного трактора	*т*	1,7	2,9	5,8		5,9	8,1	6,7	10,7	11,5	14	15,6	26,8

Примечание. База для гусеничных тракторов—длина прилегания гусениц к грунту.

§ 4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Таблица 18.25

Передвижные компрессоры

Показатель	Единица измерения	Передвижные на прицепах						Самоходные
		ПК-10	ДК-9М	КС-9	ЗИФ-ВКС 6	ПКС-5	ЗИФ-ВКС-5	АПКС-5
Производительность	*м³/мин*	10,5	10	9	7	5	4,6—5	6
Рабочее давление	*кГ/см²*	7	6	6	7	7	7	7
Число одновременно присоединяемых шлангов	шт.	6	4	6	6	6	6	6
Емкость рессивера	*л*	350	500	520	260	200	260	200
Двигатель	—	КДМ-100	КДМ-100	КДМ-46	ЯАЗ-204	ЗИЛ-120	Электродвигатель	ЗИЛ-120
Габариты:								
длина с дышлом	*мм*	4700	6500	5080	3455	4896	4480	6720
ширина	»	1890	1850	2020	1880	1870	1880	2385
высота	»	2610	2550	2125	1990	2020	1915	2175
Вес	*т*	5	5,5	6,1	3,5	2,9	3,1	5,6

Таблица 18.26

Основные технические характеристики энергопоездов

Показатель	Единица измерения	Тип энергопоезда		
		Б-4000	4-2500	Д-1000; В-1000
Мощность	*квт*	4000	2500	1000
Количество вагонов	шт.	8—12	8—11	2
Тип турбины		Конденсационная безредукторная		Конденсационная с редуктором
» котла		Водотрубный однобарабанный		Водотрубный двухбарабанный
Напряжение генератора	*кв*	6,3	6,3	6,3
Удельный расход условного топлива	*кг/квт·ч*	0,9	0,9	1,1
Расход воды	*м³/ч*	45	40	15
Количество обслуживающего персонала	чел.	62—78	53—70	33—40
Размер площади для установки поезда (со складом топлива)	*м*	270×75	200×70	150×70

Примечание. Энергопоезда могут работать на угле, мазуте или газе.

Таблица 18. 27

Передвижение электростанции с генераторами трехфазного тока

Показатель	Единица измерения	Тип электростанции					
		ЖЭС-9С	ЖЭС-30	ЖЭС-65	ПЭС-60	ПЭС-100	ВЭС-3
Мощность . . .	*квт*	7,2	24	52	52	82	200
Напряжение . .	*в*	230	400/230				
Тип двигателя .		Л12/4	Д-40-Р	КДМ-46	КДМ-46	1Д-6	1Д-12
Расположение .		На раме			На автоприцепе		В вагоне
Габариты:							
длина	*мм*	1825	2510	3100	6100	6100	Габарит двухосного вагона нормальной колеи
ширина . . .	»	650	1026	1090	2300	2300	
высота	»	1155	2480	2270	3500*	3500*	
Вес	*т*	0,55	3,0	4,0	—	7,0	15,5

* От уровня дороги.

Таблица 18.28

Паровые котлы

Показатель	Единица измерения	Передвижной котел Д-163	Вертикальные котлы Шухова			
Поверхность нагрева	*м²*	12,5	35	25	19,5	10
Давление пара . . .	*кГ/см²*	8,5	8	8	8	8
Температура пара .	°C	176	169	169	169	169
Паросъем	*кГ/м²ч*	40	17	17	17	17
Производительность	*кг/ч*	500	595—875*	425—625*	330—490*	170—250*
Габариты:						
диаметр	*мм*	1810	1550	1524	1156	1030
высота	»	2200	4628	3500	2942	2915
длина	»	4440	—	—	—	—
Сухой вес	*т*	2,8	5,6	—	3,8	2,3
Топливо		Соляровое масло, дизельное топливо	Уголь или мазут			

* Первая цифра при естественной тяге, вторая—при искусственном дутье.

Глава XIX. ПЛАВУЧИЕ СРЕДСТВА

В главе приведены основные технические характеристики плавучих средств, применяемых в портовом строительстве и имеющихся, как правило, на вооружении строительных организаций (табл. 19.1—19.12).

В перечне плавсредств не приведены характеристики судов старой постройки, а из судов новой постройки представлены наиболее типичные.

В таблицу плавучих кранов грузоподъемностью 150 *т* и выше включены в основном краны, отсутствующие у нас, но применяемые в портовом строительстве за рубежом.

В табл. 19.13 дана характеристика сборно-разборных кранов, которые в отдельных случаях могут быть собраны при строительстве речных портов.

Характеристику землесосных и землечерпательных судов и обслуживающих их грузоотвозных шаланд см. в главах III и IV.

§ 1. САМОХОДНЫЕ СУДА

Таблица 19.1

Основные технические характеристики самоходных барж отечественного производства

Показатель	Единица измерения	Баржа морская самоходная МСБ	Баржа морская самоходная модернизированная МСБ
Грузоподъемность	*т*	200	250
Габаритные размеры:			
длина	*м*	48,2	48,25
ширина	»	6,5	8,3
высота борта	»	2,6	2,57
Осадка:			
в грузу	»	2,0	2,2
порожнем	»	1,2—1,0	1,2
Водоизмещение:			
в грузу	*т*	421	515
порожнем	»	200	242
Главная силовая установка:			
мощность двигателя	*л. с.*	2×300	2×300
тип двигателя	—	Дизель	Дизель
марка »	—	3Д12	3Д12
Скорость хода	узлы	10,5	9,7
Состав команды	чел.	12	12
Носовая часть в виде	—	откидного моста	откидного моста
Ширина трюма	*м*	4,0	—

Таблица 19.2

Основные технические характеристики некоторых буксирных судов

Показатель	Единица измерения	Типы судов									
		Буксирный катер	Рейдовый буксир РБТ-300	Морские буксиры						Портовый буксир	Морской буксир
Мощность	л. с.	150	300	400	500	500	750	800	1200	1200	2000
Главные размерения:											
длина	м	14,0	14,3	28,9	30,5	32,9	34,7	47,9	44,5	29,3	47,3
ширина	»	3,9	3,87	6,5	7,6	7,8	8,5	9,7	9,5	8,3	10,3
высота борта	»	2,8	2,6	3,4	4,0	3,5	3,7	4,7	4,4	4,3	6,0
осадка	»	1,9	1,65	3,0	3,1	2,65	2,75	3,6	3,34	3,02	4,17
Водоизмещение	т	22	40,6	169	390/260	271	356	630/533	627/566	300	618
Скорость хода	узлы	6	9,5	10	10	9,5	10,5	10	12	12	13,3
Главная силовая установка: тип/марка двигателя		Дизель 3Д6	Дизель 3Д6	Дизель 6NVД48	Паровая машина ПМ-2	Паровая машина	Дизель 6-Вольф	Паровая машина	Дизель 6ДР	Дизель	Дизель 5ГД50М
Количество и мощность двигателей	л. с.	1×150	2×150	1×400	1×500	1×500	1×750	1×800	2×600	2×600	2×1000
Топливо		Дизельное			Мазут	Уголь	Дизельное	Мазут		Дизельное	

Таблица 19.3

Основные технические характеристики водолазных ботов, завозней и катеров различного назначения

Показатель	Единица измерения	Водолазные боты		Мотозавозни			Буксирные речные катера		Служебные катера			
		ВРД	ВРД	МЗ	МЗ	МЗ	БМК-90	БМК-90	Морской на подводных крыльях	Озерно-речной	Озерно-речной	Озерно-речной
Габаритные размеры:												
длина	м	18,7	21,0	14,6	18,7	20,2	7,5	7,85	8,5	7,0	4,3	5,7
ширина	»	3,2	4,0	4,1	3,7	6,0	2,0	2,1	2,1	2,14	1,65	2,20
высота	»	2,0	3,0	1,8	2,0	2,37	1,4	1,5	1,47	0,92	0,70	0,94
Осадка:												
в грузу	»	1,14	1,38	1,45	1,12	1,09	0,53	0,62	0,85	0,68	0,22	0,32
порожнем	»		1,0	0,69		0,9	0,49		0,55*	0,28**		
Водоизмещение:												
в грузу / порожнем	т	22,7	32	70	29,7	85,3	2,9	3,8	1,9 / 1,35	1,72 / 1,16	0,84 / 0,53	2,32 / 1,67
Скорость хода	узлы	8	10	6,1	10	8	4,5	10,5	30	20	16	26
Главная силовая установка:												
мощность двигателя	л. с.	150	150	150	150	2×22,5	90	110		70	36	180
тип	»	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель	Бензиновый	Дизель	—	—	Бензиновый	Дизель
марка	»	3Д6	3Д6	3Д6	3Д6	6Г6	ЗИЛ-120	ЯАЗ-204В	—	—	М36	ЗИЛ-375В

* Осадка при ходе на крыльях.
** Осадка средняя по корпусу.

§ 2. НЕСАМОХОДНЫЕ СУДА

Таблица 19.4

Основные технические характеристики несамоходных барж

Показатель	Единица измерения	Баржи морские сухогрузные		Баржа сухогрузная	Шаланда морская саморазгружающаяся	Баржа саморазгружающаяся
Грузоподъемность	*т*	250 (450)*	380	500	315	500
Главные размерения:						
длина	*м*	45,4	43,2	49,5	40,1	40,7
ширина	»	8,4	7,4	8,7	9,8	8,0
высота	»	3,0	3,6	3,6	5,2	4,3
Осадка:						
в грузу	»	1,5(2,3)*	2,6	2,4	1,8	4,0
порожнем	»	0,65	0,9—1,3	1,07	—	2,0
Число трюмов		1	2		1	1
Водоизмещение:						
в грузу	*т*	360	595	678	476	
порожнем	»	110	215	178		
Разгружающие устройства	—	—	—	—	Гидравлические	

* В скобках—при речных условиях плавания.

Таблица 19.5

Основные технические характеристики несамоходных шаланд

Показатель	Единица измерения	Грузоподъемность, *т*	
		300	800
Главные размерения корпуса:			
длина	*м*	38,3	50,0
ширина	»	9,3	9,4
высота борта	»	2,6	2,9
Осадка:			
в грузу	»	1,8	2,44
порожнем	»	0,85	0,45
Водоизмещение:			
в грузу	*т*	509	968
порожнем	»	198	168
Емкость трюма	$м^3$	200	505

Таблица 19.6

Основные технические характеристики плашкоутов и понтонов

Показатель	Единица измерения	Плашкоут грузоподъемностью 100 т	Понтоны грузоподъемностью, т				Понтон грузоподъемностью 27 т КСУ
			100	200	300	400	
Главные размерения судна:							
длина	м	24,8	20,14	21,6	20,54	21,22	7,2
ширина	»	6,2	15,42	10,8	14,7	15,22	3,6
высота	»	2,2	1,86—2,12	1,8	2,7	2,9	1,8
Осадка:							
в грузу	»	1,4	0,8		1,9	1,86	1,3
порожнем	»	0,6	~0,5		0,7	0,51	0,25
Водоизмещение:							
в грузу	т	142	240		480		33
порожнем	»	40	140		180		6
Корпус		Не секционный			Секционный из 7 секций	Не секционный	

Таблица 19.7

Основные технические характеристики судов, обслуживающих суда технического флота

Показатель	Единица измерения	Танкер	Наливная баржа	Угольная баржа	Водолейная баржа	Топливозаправщик
Главные размерения корпуса:						
длина	м	48,25	42,5	47,4	25,0	51,78
ширина	»	9,05	9,0	8,2	6,0	9,2
высота борта	»	4,15	3,4	3,6	1,8	3,7
Осадка:						
в грузу	»	3,78	2,8	2,4	1,21	3,1
порожнем	»	1,57	0,5	0,8	0,36	0,6
Водоизмещение:						
в грузу	т	1050	777	—	155	1246
порожнем	»	373	277	—	43	316
Емкость трюма	$м^3$	—	—	—	112	1034
Грузоподъемность	т	—	680	875	—	—
Скорость хода	узлы	8	Несамоходные			
Количество и мощность дизеля	л. с.	1×420	1×40	—	—	—

Таблица 19.8

Основные технические характеристики некоторых судов производственной базы

Показатель	Единица измерения	Бетонный плавучий завод	Склад заполнителей на барже	Землесос морской для добычи песка	Плавучая электростанция	Брандвахта железобетонная	Плавучие мастерские	Плавучая электростанция «Северное сияние»
Мощность	*квт*	—	—	—	800	—	—	20 000
Производительность		15 000 *м*³/год	—	250 *м*³/*ч*	—	—	—	—
Емкость:								
щебня крупного/среднего	*м*³	—	84/60					
» мелкого/песка	»	—	60/70					
цемента	»	60	—	—	—			
Количество мест		—	—	—	—	130	—	—
Производственное оборудование		Бетономешалка С-336	Кран К-102					Грузовая стрела грузоподъемностью 16 *т*
Габаритные размеры:								
длина	*м*	45,4	45,4	41,2	25,8	69	70	75
ширина	»	8,4	8,4	7,5	6,5	13,4	11,47	16,7
высота борта	»	3,0	3,0	3,75	1,8	4,5	3,2	3,7
Осадка:	»	1,5	1,5	3,19	0,9	2,65	1,2	2,1/1,5
Водоизмещение	*т*	—	—	746	112	1745	1000	—
Грузоподъемность	»	250	250	—	—	—	—	—
Главная силовая установка		Паровой котел	—	Дизель	Дизель	Паровой котел	—	Газовая турбина
Численность экипажа (при двухсменной работе)	чел.	—	—	12	—	14	—	26
Скорость хода:								
в грузу	узлы	Несамоходные		7	Несамоходные			
порожнем	»			8				
Глубина забора грунта (до)	*м*	—	—	15	—	—	—	—
Забор грунта при волнении (до)	баллы	—	—	3	—	—	—	—

Таблица 19.9

Основные технические характеристики плавучих кранов грузоподъемностью 10—15 *т*

Показатель	Единица измерения	Тип кранов			
		КПлГ/К 10-30	КПл-15-30	«Валмет»	«Блейхерт»
Страна-изготовитель		СССР	СССР	Финляндия	ГДР
Максимальная грузоподъемность	*т*	10	15	10	15
Вылет стрелы при максимальной грузоподъемности	*м*	30	30	18	25
Высота подъема крюка при указанном вылете	»	19,6	22	25	15
Вылет стрелы:					
максимальный	»	30	—	26	25
минимальный	»	7,5	10	9	8
Грузоподъемность при максимальном вылете	*т*	10	15	5	15
Высота подъема крюка при минимальном вылете	*м*	~22	~23	~28	
Емкость грейфера	*м*³	3	5	5 и 2	7,5
Угол сектора работы		Полноповоротные			
Время оборота на 360°	*мин*	0,7	0,8	1,0	1,5
Расстояние от оси вращения до торца корпуса	*м*	~15	11,2	6,5	15
Габаритные размеры корпуса:					
длина	»	~30	28,4	22,8	38
ширина	»	15	15	15	14
высота борта	»	—	2,54	2,95	3,5
Осадка:					
в рабочем положении	»	1,0	1,04	1,33	1,8
в транспортном положении	»	~0,9	~0,95	~1,1	~1,5
Водоизмещение	*т*	~400	400	320	810
Скорость подъема груза	*м/мин*	49	46	15—30	45
» изменения вылета стрелы	»	51	42	40	45
Высота крана:					
при опущенной стреле	*м*		9,6	25	12
после частичного демонтажа	»	10	—	12	—
Скорость хода	узлы	Несамоходные			8—5
Количество и мощность двигателей (дизеля)	*л. с.*	360	500	2×180	2×400
Численность команды (при двухсменной работе)	чел.		10	11	14

Примечания: 1. Вылеты стрелы указаны от оси вращения. 2. Высоты крюка и крана даны от уровня воды. 3. Краны КПлГ/К и КПл-15-30 применяются только на внутренних водных путях.

Таблица 19.10

Основные технические характеристики плавучих кранов грузоподъемностью 50—60 *т*

Показатель	Единица измерения	Типы кранов				
		«Блейхерт»	«Драво»	«Астраханец»	«Геркулес»	«Ле-Титан»
Страна-изготовитель		ГДР	США	СССР	Финляндия	Бельгия
Максимальная грузоподъемность	*т*	50/10	60/15	60/15	50/12,5	60
Вылет стрелы при максимальной грузоподъемности	*м*	28,5/40	22,5/32	19/41,8	6/10	16
Высота крюка при указанном вылете	»	38/31	24/20	38,4/10,4	10,5/16,4	21
Вылет стрелы: максимальный	»	14/16,7	13,1/14,5	14/15,5	6/10	8,5
минимальный	»	35,2/40	30,4/32	25,3/41,8	6/10	20
Грузоподъемность при максимальном вылете	*т*	40/10	15,6/15	50/15	50/12,5	15
Высота подъема крюка:						
при максимальном вылете	*м*	30/31	18/20	35/10,4	10,5/16,4	15,5
при минимальном вылете	»	41,5/45	27/29	39/39,8	10,5/16,4	26,5
Емкость грейфера	$м^3$	5	7	3—5	—	—
Скорость:						
подъема груза	*м/мин*	4,5/30	7/18	5,5/20,9	—	—
изменения вылета стрелы	»	4	—	5,15	—	—
Время оборота на 360°	*мин*	4,25	2,5	4	Неповоротный	Полноповоротный
Расстояние от оси вращения до транца корпуса	*м*	10	11,4	8,6	0	8,0
Габаритные размеры понтона:						
длина	»	40	36,6	46,5	21,25	29,0
ширина	»	20	18,3	17,64	11,95	16,0
высота борта	»	~3,6	3,04—2,54	4,1	3,5	2,8
Осадка:						
максимальная (при работе)	»	3,3	2,01	2,70	1,8	2,1

Показатель	Единица измерения	Типы кранов				
		«Блейхерт»	«Драво»	«Астраханец»	«Геркулес»	«Ле-Титан»
минимальная (транспортная)	»	2,1	1,84(1,5)	2,47		1,25
Вес груза, принимаемого на палубу	*т*	—	200	200	—	—
Высота крана в транспортном положении	*м*	15	~22	21	~6,5	18,5
То же, при частичном демонтаже	*м*	—	16	14,5	—	
Водоизмещение (вес крана)	*т*	1437	645	1080	275	503
Скорость хода	узлы	4—7	Несамоходный	4—5	Несамоходный	2—3
Количество и мощность двигателей (дизеля)	*л. с.*	3×150	1×275	2×450	1×100	1×150
Численность команды при двухсменной работе	чел.	22	—	14		

Примечания: 1. Данные в числителе—для основного крюка, в знаменателе—для вспомогательного. 2. Вылеты стрелы указаны от оси вращения, а для крана «Геркулес»—от транца понтона. 3. Высота крюка и крана дана от горизонта воды.

Таблица 19.11

Основные технические характеристики плавучих кранов грузоподъемностью 90—100 *т*

Показатель	Единица измерения	Типы кранов			
		«Драво»	«Ганс»	«Черноморец»	«Ле-Титан»
Страна-изготовитель		США	ВНР	СССР	Бельгия
Максимальная грузоподъемность	*т*	90/20	100/25	100/25	100/20
Вылет стрелы при максимальной грузоподъемности	*м*	24/38	19,7/34,7	20/30	9/16
Высота крюка при указанном вылете	»	29,6/24	27/29	28,5/32	11/18,5
Вылет стрелы:					
максимальный	»	32/38	33,2/34,7	26/30	9/20
минимальный	»	17/20	9,4/10,7	14/16,5	9/8,5
Грузоподъемность при максимальном вылете	*т*	45/20	35/25	60/25	100/15
Высота подъема крюка:					
при максимальном вылете	*м*	20/24	~28/29	28,5/33	11/15
» минимальном »	»	31,5/—	26,8/27,0	32/36	11/26
Скорость:					
подъема груза	*м/мин*	4,2	3/12	3,5—4,0/12	Стрела неподвижная, 100 *т*
изменения вылета стрелы	»	—	4,7	1,5/3,5	
Время оборота на 360°	*мин*	3	5	4	Неповоротный
Расстояние от оси вращения до торца корпуса	*м*	—	9,5	10	—
Габаритные размеры корпуса:					
длина	*м*	42,85	40	40,5	29
ширина	»	21,5	19	20,0	16
высота борта (нос-корма)	»	~3,8	3,3—2,5	3,4	2,8
Осадка:					
максимальная	»	2,3	2,5	2,2	2,22
минимальная	»	1,7	1,3	1,4	1,25
Водоизмещение (без груза)	*т*	1300	830	954	503
Вес груза, принимаемого на палубу	»	350	200	300	—
Высота крана при опущенной стреле	*м*	22	~38	14,1	~18
Скорость хода	узлы	Несамоходный	4,0	6,0	2—3
Количество и мощность двигателей (дизеля)	*л. с.*	2×300	2×160	2×450	1×120
Численность команды при двухсменной работе	чел.		22	16	—

Примечания: 1. Данные в числителе для основного крюка, в знаменателе—для вспомогательного.

2. Вылеты стрелы показаны от оси вращения, а для крана «Ле-Титан» — от транца понтона.

3. Высоты крана и подъема крюка даны от горизонта воды.

4. Кран «Черноморец» имеет грейфер емкостью 4 $м^3$ с глубиной опускания под воду до 34 *м*.

Таблица 19.12

Основные технические характеристики плавучих кранов грузоподъемностью 150 *т* и более

Показатель	Единица измерения	Типы кранов			
		«Красное Сормово»	«Демаг»	«Крупп»	«Богатырь»
Страна-изготовитель		СССР	Германия (1940 г.)	ФРГ	СССР
Максимальная грузоподъемность	*т*	250/140	350/60	150/30	300/100
Вылет стрелы при максимальной грузоподъемности	*м*	40/65	30/55	20/32	27,2/48,2
Высота крана при указанном вылете	»	56/60	55/57	25/30	43/36
Вылет стрелы:					
максимальный	»	46/65	60/55	30/32	38,2/48,2
минимальный	»	25/34	30/20	—	16,2/19,5
Грузоподъемность при максимальном вылете	*т*	200/140	50/60	70/30	150/100
Высота подъема крюка:					
при максимальной высоте	*м*	48/60	52/55	25/30	46/60
» минимальной »	»	65/86	55/70	—	28,4/36
Скорость:					
подъема груза	*м/мин*	3/5,1	2,4—8/10—7	—	3/9
изменения вылета стрелы	»	2×2	7	—	6
Время оборота на 360°	*мин*	9,27	10	—	6
Габаритные размеры корпуса:					
длина	*м*	129,7	62,5	~40	54,5
ширина	»	50,5/18*	33	26	25,2
Расстояние от оси вращения до транца	»	9	16,5	13	12,6
Осадка:					
максимальная	»	4,0	3,1	—	2,8
минимальная	»	3,5	—	—	2,04
Водоизмещение	*т*	11 400	5000		3150
Вес груза, принимаемого на палубу	»	1500	~1000	300	900
Высота при транспортировке	*м*	55	85	~30	32
Скорость хода	узлы	10	6	4,9	6
Мощность двигателя (дизеля)	*л. с.*	2×3000+1×1200	3×1100	2×500	2×952
Численность команды	чел.		23		20

Примечания: 1. Данные в числителе—для основного крюка, в знаменателе—для вспомогательного.
2. Вылеты стрелы указаны от оси вращения.
3. Высота крана и крюка дана от горизонта воды.

* Корпус катамаранного типа, в числителе—полная ширина корпуса, в знаменателе—ширина одного судна.

Таблица 19.13

Основные технические характеристики некоторых плавучих кранов сборно-разборного типа для речных условий отечественного производства

Показатель	Единица измерения	Типы кранов				
		Деррик-кран ДГ-2	Гусеничный кран Э-2508	ПРК-30/40	ПРК-100	
					Облегченной сборки	Основной сборки
Максимальная грузоподъемность	*т*	10	20	40	70/30	100/30
Вылет стрелы при максимальной грузоподъемности	*м*	17,1	5,4	2	5/12,5	10,5/12,5
Высота подъема крюка при указанном вылете	»	20	29	30	30/33	30/33
Длина стрелы	»	20	30	32,5	46	46
Вылет стрелы:						
максимальный	»	17,1	24	20,5	20/22	20/22
минимальный	»	1,6	5,4	0	3/5	3/5
Грузоподъемность при максимальном вылете	*т*	10	3,5	15	28/15	55/15
Высота подъема крюка: при максимальном вылете	*м*	20	14,3	15,5	24/26,5	24/26,5
при минимальном вылете	»	19	29	30,5	32/35	32/35
Емкость грейфера	$м^3$	1,5	3	—	—	—
Максимальный угол сектора работы	°	240	360 (полноповоротный	0 (неповоротный)	0/180	0/180
Время поворота	*мин*	1	—	—	—/5	—/5
Расстояние от оси вращения до торца корпуса	*м*	2,7	3,6	7,5	12,9	12,9
Габаритные размеры корпуса:						
длина	»	19,8	18	27,1	28,8	28,8
ширина	»	14,4	14,4	10,8	14,4	21,6
высота борта	»	1,8	1,8	1,2	1,8	1,8

Показатель	Единица измерения	Типы кранов				
		Деррик-кран ДГ-2	Гусеничный кран Э-2508	ПРК-30/40	ПРК-100	
					Облегченной сборки	Основной сборки
Осадка:						
в рабочем положении	»	0,9	1,36	1,01	1,5	1,55
» транспортном »	»	—	0,88	—	~1,0	~0,85
Водоизмещение	*т*	—	—	150	400	530
Количество понтонов типа КС-3 для сборки корпуса	шт.	10	10	12	16	24
Скорость подъема груза	*м/мин*	10	—	0,9	1,7/3	1,7/3
Высота крана:						
при опущенной стреле	*м*	13	8	14	16	16
после частичного демонтажа	»	—	—	6	7	7
Вес крана:						
корпуса (понтоны) .	»	60	60	72	96	144
конструкций	»	6	10	—	—	—
оборудования, механизмов	»	34,8	—	61	125	205
Вес балласта	*т*	65	—	40	93	93
Скорость хода	*км/ч*	Несамоходный	Несамоходный	9	Несамоходные	
Тип двигателя		ЖЭС-65	Дизель	ЖЭС-65	Дизель	Дизель
Мощность	*л. с.*	90	180	90	150	150
Численность команды при двухсменной работе .	чел.	—	6	10	—	—
При работе крана в качестве копра:						
длина копровой стрелы	*м*	17	—	27,8	—	—
расстояние стрелы от торца плашкоута . .	»	2,3—11,8	—	0,4—8,0	—	—
молот—тип и вес . .	*т*	дизель-молот 1,2	—	8,0	—	—
наклон стрелы . . .		—	—	4:1	—	—

Примечания: 1. Вылеты стрелы показаны от транца плашкоута.
2. Высота крана и подъема крюка показана от уровня воды.
3. Данные в числителе—для основного крюка, в знаменателе для вспомогательного.

Таблица 19 14

Основные технические характеристики плавучих копров

Показатель	Единица измерения	Типы копров				
		ПМК	КСПК	«Ниленс»	«Юбигау»	СССМ-680
Страна-изготовитель		СССР	СССР	Бельгия	ГДР	СССР
Вес ударной части молота одиночного действия	*т*	6,0	6,0	8,0/5,5*	6,1/1,1*	—
Наибольшая высота копра	*м*	—	—	33,4	34	—
Полезная высота стрелы (от воды до молота)	»	17,5	25	25,4	25,8	24
Вес забиваемых свай (до)	*т*	12	10	12	12	13
Вес парового молота	»	7,5		10	8	6
Наклон стрелы:						
вдоль понтона	—	—	3:1	3:1	3:1	3:1
поперек понтона (на борт)		3:1	Не допускается	Не допускается	10:1	Не допускается
Максимальный вылет стрелы (от транца)	*м*	—	—	6,5	6,5	9
Грузоподъемность на максимальном вылете	*т*	—	—	10	10	13
Максимальная грузоподъемность	»	—	—	30	30	25
Вылет стрелы при максимальной грузоподъемности от транца	*м*	—	—	3,25	3,25	4,4
Габаритные размеры понтона:						
длина	*м*	23,8	20,5	25	28,2	27,8
ширина	»	14,9	14,7	10	13,4	12,3
высота борта	»	2,5	2,7	2,5	2,6	—
Осадка в рабочем состоянии	»	1,15	1,42	1,9—1,5	1,65—1,5	1,3
Водоизмещение	*т*	315	376	469—400	578—521	—
Высота в транспортном положении	*м*	—	—	11	~10,5	9,4
Длина	»			40	41,5	39
Поворот стрелы	—	Неповоротный	На 180°	На 360°	На 360°	—
Силовая установка:						
мощность паровой машины	*л. с.*	—	85	85—28	22	—
площадь нагрева в котле	*м²*	55/5	50/8	40,8	34/10	50/6—8
мощность дизеля	*кГ/с.м²* *л. с.*	—	—	10	100+20	—
Численность команды	чел.	12	10	—	—	10

* Данные в знаменателе — для молота двойного действия.

Глава XX. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ

§ 1. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Растяжение и сжатие

Действие внешних сил по направлению оси стержня вызывает сжатие ($-N$) или растяжения ($+N$) стержня, в поперечном сечении которого равномерно распределяются нормальные напряжения

$$\sigma = \pm \frac{N}{F}, \tag{20.1}$$

где F — площадь поперечного сечения стержня.

Относительная линейная деформация стержня

$$\varepsilon = \pm \frac{\Delta l}{l}, \tag{20.2}$$

где Δl — абсолютная деформация;

l — начальная длина стержня.

Величины σ и ε связаны между собой в пределах упругости материала зависимостью

$$\sigma = \pm E\varepsilon \quad \text{или} \quad \varepsilon = \pm \frac{N}{EF}, \tag{20.3}$$

где E — модуль упругости.

При растяжении или сжатии упругого тела по двум взаимно перпендикулярным направлениям нормальные и касательные напряжения по косой площадке,

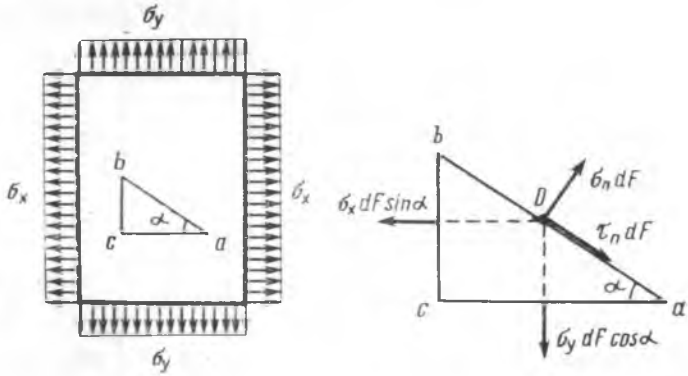


Рис. 20.1. Определение нормальных и касательных напряжений по косой площадке

наклоненной под углом α к горизонтальному сечению, определяют по формулам (см. схему рис. 20.1):

$$\sigma_\alpha = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{(\sigma_x - \sigma_y)\cos 2\alpha}{2}. \qquad (20.4)$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha. \qquad (20.5)$$

Геометрические характеристики сечения

При расчете конструкций необходимо определение геометрических характеристик поперечного сечения.

Статические моменты сечения S_x и S_y относительно осей координат x и y определяют по формулам;

$$\left.\begin{aligned} S_x &= \int_F y dF = F y_c; \\ S_y &= \int_F x dF = F x_c, \end{aligned}\right\} \qquad (20.6)$$

где F — площадь сечения рассматриваемого элемента;

x_c и y_c — расстояния от соответствующих осей координат до центра тяжести рассматриваемого сечения (рис. 20.2,*а*).

Оси, проходящие через центр тяжести сечения, называются центральными. Статические моменты относительно центральных осей равны нулю.

Моменты инерции относительно центральных осей x и y определяют по формулам

$$I_x = \int_F y^2 dF; \quad I_y = \int_F x^2 dF. \qquad (20.7)$$

Полярный момент инерции относительно выбранной точки есть интеграл произведений элементарных площадок на квадрат их радиусов-векторов, проведенных из полюса:

$$I_p = \int_F r^2 dF. \qquad (20.8)$$

Для сложных сечений момент инерции находят как сумму моментов инерции отдельных его частей относительно той же оси. При параллельном переносе осей

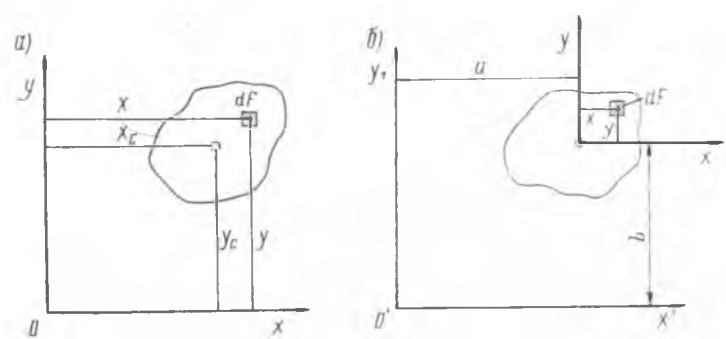


Рис. 20.2. Определение статических моментов сечения S_x и S_y

координат $x_1 = x + a$ и $y_1 = y + b$ относительно системы осей x и y моменты инерции определяются по формулам (рис. 20.2,*б*):

$$\left.\begin{aligned} I_{x_1} &= I_x + b^2F; \\ I_{y_1} &= I_y + a^2F, \end{aligned}\right\} \qquad (20.9)$$

где a и b — расстояния до осей x_1 и y_1 новой системы координат.

Радиус инерции сечения относительно оси X вычисляют по формуле

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{F}}, \qquad (20.10)$$

относительно оси y

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{F}}. \qquad (20.11)$$

Отношение момента инерции к расстоянию от оси до наиболее удаленной точки контура сечения называется *моментом сопротивления*, т. е.

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\text{макс}}}. \qquad (20.12)$$

Моменты инерции, моменты сопротивления, площади и радиусы инерции сечений некоторых плоских фигур приведены в табл. 20.1.

Изгиб

При изгибе нормальные напряжения определяют по формуле

$$\sigma = \frac{M_x}{I_x} y, \qquad (20.13)$$

где M_x — изгибающий момент;

y — расстояние от нейтральной (центральной) оси до рассматриваемой элементарной площади сечения.

Соответственно нормальные напряжения в крайних точках сечения стержня:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{M_x}{I_x} y_1 = \frac{M_x}{W_1}; \\ \sigma_2 &= \frac{M_x}{I_x} y_2 = \frac{M_x}{W_2}, \end{aligned}\right\} \qquad (20.14)$$

где y_1 и y_2 — расстояния от нейтральной оси до крайних точек контура сечения.

Касательные напряжения определяются формулой

$$\tau = \frac{Q_y S_x}{I_x b}, \qquad (20.15)$$

где Q_y — поперечная сила в рассматриваемом сечении;

S_x — статический момент части поперечного сечения относительно нейтральной оси;

b — ширина изгибаемого элемента в рассматриваемом сечении.

В табл. 20.2 приведены для наиболее часто встречающихся схем нагрузок величины опорных реакций, максимальных изгибающих моментов, прогибов и расстояние места максимального изгибающего момента от опоры для однопролетных балок, а в табл. 20.3 приведены опорные реакции и изгибающие моменты для неразрезных балок. Существуют площадки наклонных сечений, на которых нор-

Таблица 20.1

Формулы моментов инерции, моментов сопротивления, площади сечения и радиусов инерции

Форма сечения	Момент инерции I_x	Момент сопротивления W_x	Площадь сечения F	Радиус инерции i
	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$	bh	$0{,}289h$
	$\frac{h^4}{12}$	$\frac{h^3}{6\sqrt{2}} = 0{,}1179h^3$	h^2	$0{,}289h$
	$\frac{\pi D^4}{64} = 0{,}0491D^4$	$\frac{\pi D^3}{32} = 0{,}0982D^3$	$\frac{\pi D^2}{4}$	$0{,}25D$
	$0{,}039D^4$	$0{,}088D^3$	$0{,}740D^2$	$0{,}23D$
	$0{,}038D^4$	$0{,}087D^3$	$0{,}693D^2$	$0{,}235D$
	$0{,}044D^4$	$0{,}092D^3$	$0{,}763D^2$	$0{,}240D$
	$0{,}00687D^4$ $l_1 = 0{,}212D$	$W_1 = 0{,}0323D^3$ $W_2 = 0{,}0238D^3$	$\frac{\pi D^2}{8}$	$0{,}135D$

Таблица 20.2

Опорные реакции и изгибающие моменты для однопролетных балок

Схемы балки и нагрузки	Опорные реакции	Максимальный изгибающий момент	Максимальный прогиб	Расстояние места максимального изгибающего момента от опоры A
	$A = \frac{Pb}{l}$ $B = \frac{P \cdot a}{l}$	$\frac{Pab}{l}$	$\frac{Pbl^2}{27EI}\left(1 - \frac{b^2}{l^2}\right) \times$ $\times \sqrt{3\left(1 - \frac{b^2}{l^2}\right)}$	a
	$A = B = P$	$\frac{Pl}{3}$	$\frac{23}{648}\frac{Pl^3}{EI}$	от $\frac{1}{3}l$ до $\frac{2}{3}l$
	$A = B = P$	$P \cdot a$	$\frac{Pa^3}{24EI} \times$ $\times \left(3\frac{l^2}{a^2} - 4\right)$	от a до $(l - a)$
	$A = B = \frac{ql}{2}$	$q\frac{l^2}{8}$	$\frac{5}{384}\frac{ql^4}{EI}$	$\frac{l}{2}$
	$A = \frac{ql}{6}$ $B = \frac{ql}{3}$	$0{,}0642ql^2$	$0{,}00652\frac{ql^4}{EI}$	$0{,}578l$

Схемы балки и нагрузки	Опорные реакции	Максимальный изгибающий момент	Максимальный прогиб	Расстояние места максимального изгибающего момента от опоры A
	$A = B = P$	$-Pa$	$\frac{Pal^2}{8EI}$	от 0 до l
	$A = P$	$-Pl$	$\frac{Pl^3}{3EI}$	0
	$A = ql$	$-q\frac{l^2}{2}$	$\frac{ql^4}{8EI}$	0
	$A = \frac{11}{16}P$ $B = \frac{5}{16}P$	$\frac{-3Pl}{16}$ $+\frac{5Pl}{32}$	$\frac{Pl^3}{107,3EI}$	0 $0,5l$
	$A = \frac{5}{8}ql$ $B = \frac{3}{8}ql$	$-q\frac{l^2}{8}$ $+\frac{9}{128}ql^2$	$\frac{ql^4}{185EI}$	0 $\frac{3}{8}l$
	$A = B = \frac{P}{2}$	$-P\frac{l}{8}$ $+P\frac{l}{8}$	$\frac{Pl^3}{192EI}$	0; l $0,5l$
	$A = B = \frac{ql}{2}$	$\frac{-ql^2}{12}$ $+\frac{ql^2}{24}$	$\frac{ql^4}{384EI}$	0; l $0,5l$

мальные и касательные напряжения могут быть больше, чем при нормальных сечениях. Эти напряжения называются главными и определяются по формулам:

$$\sigma_{\substack{\text{макс}\\ \text{мин}}} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}; \qquad (20.16)$$

$$\tau_{\substack{\text{макс}\\ \text{мин}}} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}. \qquad (20.17)$$

Таблица 20.3

Опорные реакции и изгибающие моменты в неразрезных балках с равными пролетами l

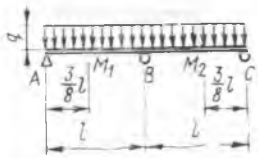
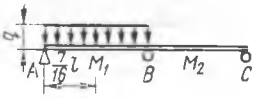
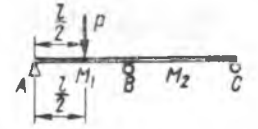
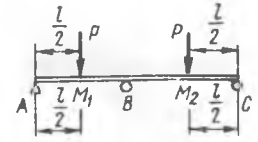
Схема балки и нагрузки	Опорные реакции	Изгибающие моменты			
		в пролетах		на опорах	
		максимальный M_1	максимальный M_2	M_B	M_C
	$A = C = \frac{3}{8} ql$ $B = \frac{5}{4} ql$	$0{,}07ql^2$	$0{,}07ql^2$	$-0{,}125ql^2$	—
	$A = \frac{7}{16} ql$ $B = \frac{5}{8} ql$ $C = -\frac{1}{16} ql$	$0{,}096ql^2$	—	$-0{,}063ql^2$	—
	$A = 0{,}406P$ $B = 0{,}688P$ $C = -0{,}094P$	$0{,}203Pl$	—	$-0{,}094Pl$	—
	$A = C = \frac{5}{16} P$ $B = \frac{11}{8} P$	$0{,}156Pl$	$0{,}156Pl$	$-0{,}188Pl$	—

Схема балки и нагрузки	Опорные реакции	Изгибающие моменты			
		в пролетах		на опорах	
		максимальный M_1	максимальный M_2	M_B	M_C
	$A = \frac{5}{6}P$ $B = \frac{4}{3}P$ $C = -\frac{1}{6}P$	$0,278Pl$	—	$0,167Pl$	—
	$A = C = \frac{2}{3}P$ $B = \frac{8}{3}P$	$0,222Pl$	$0,222Pl$	$-0,333Pl$	—
	$A = 0,433ql$ $B = 0,650ql$ $C = -0,100ql$ $D = 0,017ql$	$0,094ql^2$	—	$-0,067ql^2$	$-0,017ql^2$
	$A = 0,333ql$ $B = 1,200ql$ $C = 0,450ql$ $D = -0,033ql$	$0,073ql^2$	$0,053ql^2$	$-0,117ql^2$	$-0,033ql^2$
	$A = D = 0,4ql$ $B = C = 1,1ql$	$0,080ql^2$	$0,025ql^2$	$-0,100ql^2$	$-0,100ql^2$
	$A = D = 0,45ql$ $B = C = 0,55ql$	$0,101ql^2$	$-0,050ql^2$	$-0,050ql^2$	$-0,050ql^2$
	$A = D = -0,05ql$ $B = C = 0,55ql$	—	$0,075ql^2$	$-0,050ql^2$	$-0,050ql^2$

Схема балки и нагрузки	Опорные реакции	Изгибающие моменты			
		в пролетах		на опорах	
		максимальный M_1	максимальный M_2	M_B	M_C
	$A = 0{,}400P$ $B = 0{,}725P$ $C = -0{,}150P$ $D = 0{,}025P$	$0{,}200Pl$	—	$-0{,}100Pl$	$0{,}025Pl$
	$A = D = -0{,}075P$ $B = C = 0{,}575P$	$-0{,}038Pl$	$0{,}175Pl$	$-0{,}075Pl$	$-0{,}075Pl$
	$A = 0{,}325P$ $B = 1{,}30P$ $C = 0{,}425P$ $D = -0{,}050P$	$0{,}162Pl$	$0{,}138Pl$	$-0{,}175Pl$	$-0{,}050Pl$
	$A = D = 0{,}425P$ $B = C = 0{,}575P$	$0{,}213Pl$	$-0{,}075Pl$	$-0{,}075Pl$	$-0{,}075Pl$
	$A = D = 0{,}35P$ $B = C = 1{,}15P$	$0{,}175Pl$	$0{,}100Pl$	$-0{,}150Pl$	$-0{,}150Pl$

§ 2. РАСЧЕТ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Для изготовления стальных конструкций строительных сооружений временного характера в основном используют стали марок Ст. 3; Ст. 4 и Ст. 5. Модуль упругости всех марок сталей принимают $E = 2{,}1 \times 10^6$ *кГ/см*². Расчетные сопротивления сталей и соединений стальных конструкций принимают по табл. 20.4—20.6. В табл. 20.7 приведены расчетные формулы.

Расчетные сопротивления материалов и соединений, приведенные в табл. 20.4—20.6, умножаются на соответствующие коэффициенты условий работы m, характеризующие отличие условий работы одних элементов по сравнению с другими (табл. 20.8).

Коэффициенты продольного изгиба φ для формулы 2 табл. 20.7 принимают согласно табл. 20.9 по наименьшей гибкости стержня.

При расчете болтового соединения на центральноприложенную силу принимают равномерное распределение ее между всеми болтами. Расчетным числом болтов считают в соединениях внахлестку полное число болтов, в соединениях с накладками — число болтов, расположенных по одну сторону по оси стыка.

Болты, работающие одновременно на срез и растяжение, проверяют отдельно на каждое из этих воздействий. Размещение болтов см. в табл. 20.11.

При расчете сварного шва его высоту принимают равной:

при стыковой сварке — наименьшей из толщин стыкуемых элементов;

при сварке угловых швов — $0{,}7\delta$, где δ — толщина элемента.

Расчетная длина стыкуемого шва $l_{шв}$ принимается на 10 *мм* меньше его проектной длины.

Таблица 20.4

Расчетные сопротивления прокатной стали R, *кГ/см²*

Вид напряженного состояния	Ст. 3, Ст. 4	Ст. 5
Растяжение, сжатие и изгиб R	2100	2300
Срез $R_{ср}$	1300	1400
Смятие торцевой поверхности (при наличии пригонки) $R_{см.т}$	3200	3400
Смятие местное при плотном касании $R_{см.м}$	1600	1700

Таблица 20.5

Расчетные сопротивления R сварных швов, *кГ/см²*

Вид сварных соединений	Вид напряженного состояния	Электроды типов Э-42 и Э-42А, Ст. 3, Ст. 4
Встык	Сжатие $R_c^{св}$	2100
»	Растяжение $R_p^{св}$	1800
»	Срез $R_{ср}^{св}$	1300
Угловые швы (лобовые, фланговые, втавр)	Сжатие, растяжение, срез $R_у^{св}$	1500

Таблица 20.6

Расчетные сопротивления R болтовых соединений, $кГ/см^2$

Вид болтового соединения	Вид напряженного состояния	Расчетные сопротивления	
		Ст. 3, Ст. 4	Ст. 5
Болты черные:	Растяжение $R_р^б$; $R_{отр}$	1700	1900
в одноболтовых соединениях	Срез $R_{ср}^б$	1500	1600
в многоболтовых соединениях	Растяжение $R_р^б$	1700	1900
	Срез $R_{ср}^б$	1300	1400
Анкерные болты	Растяжение $R_р^а$	1400	1500

Таблица 20.7

Сводная таблица основных расчетных формул

Характер деформации	Характеристика расчета	Расчетная формула	№ формулы
Растяжение, сжатие	Прочность	$N \leqslant RF_{нт}$	1
Сжатие (продольный изгиб)	Устойчивость	$N \leqslant \varphi RF_{бр}$	2
Внецентренное растяжение и внецентренное сжатие	Прочность	$\frac{N}{F_{нт}} + \frac{M}{W_{нт}} \leqslant mR$	3
		$M \leqslant RW_{нт}$	4
Поперечный изгиб	Прочность	$Q \leqslant R_{ср} \frac{I_{бр}\,\delta}{S_{бр}}$	5
Болтовые соединения при действии осевой силы	Срез	$N \leqslant n \cdot n_{ср} R_{ср}\, \sigma \frac{\pi d^2}{4}$	6
	Смятие	$N \leqslant nR_{см}\, d \sum \delta$	7
	Растяжение (отрыв головки)	$N \leqslant nR_{отр} \frac{\pi d^2}{4}$	8
Сварные соединения встык при действии осевой силы	Растяжение (сжатие)	$N \leqslant R_{р(с)}^{св}\, l_{шв}\, \delta$	9
	Изгиб	$M \leqslant R_{р(с)}^{св}\, W_{шв}$	10
Сварные соединения с угловыми швами при действии осевой силы	Срез	$N \leqslant 0{,}7 R_у^{св}\, l_{шв}\, h_{шв}$	11

Обозначения величин, входящих в расчетные формулы табл. 20.7:

N; M; Q — нормальная сила, изгибающий момент и поперечная сила в рассчитываемом элементе;

$F_{нт}$; $W_{нт}$ — площадь и момент сопротивления с учетом и без учета ослабления поперечного сечения элемента;

$I_{бр}$, $S_{бр}$ — момент инерции и статический момент сдвигаемой части сечения, вычисленные относительно нейтральной оси;

δ — толщина стенки;

R; $R_{ср}$; $R_{см}$; $R_{отр}$; $R_у^{св}$; $R_у$ — расчетные сопротивления, принимаемые согласно табл. 20.4—20.6.

d — диаметр болта;

n — число болтов;

$n_{ср}$ — число рабочих срезов одного болта.

Таблица 20.8

Коэффициенты условий работы m

Элементы конструкций, соединения	Значения m
Колонны и опоры	0,9
Сжатые элементы ферм, сплошные балки перекрытий	0,9
Элементы из одиночных уголков, прикрепляемых односторонне	0,75
Анкерные болты, работающие на растяжение	0,65
Для прочих элементов конструкций и соединений	1

Таблица 20.9

Коэффициент продольного изгиба φ

Гибкость элементов λ	Коэффициент φ для стали марок		Гибкость элементов λ	Коэффициент φ для стали марок	
	Ст. 3, Ст. 4	Ст. 5		Ст. 3, Ст. 4	Ст. 5
0	1	1	110	0,52	0,43
10	0,99	0,98	120	0,45	0,38
20	0,97	0,95	130	0,4	0,32
30	0,95	0,93	140	0,36	0,28
40	0,92	0,9	150	0,32	0,27
50	0,89	0,84	160	0,29	0,24
60	0,86	0,8	170	0,26	0,21
70	0,81	0,74	180	0,23	0,19
80	0,75	0,66	190	0,21	0,17
90	0,69	0,59	200	0,19	0,15
100	0,6	0,5			

Примечание. Гибкость элемента определяется по формуле

$$\lambda = \frac{l_0}{r} \tag{20.18}$$

где l_0 — расчетная длина элемента, принимаемая по табл. 20.10;
r — радиус инерции сечения.

Гибкости определяются в плоскостях главных моментов инерции.

Таблица 20.10

Расчетные длины сжатых стоек и колонн постоянного сечения

Схема закрепления концов и характер загружения						
Расчетная длина	$l_0=h$	$l_0=0{,}725h$	$l_0=2h$	$l_0=1{,}12h$	$l_0=0{,}7h$	$l_0=0{,}5h$

Таблица 20.11

Размещение болтов

Характеристика расстояния	Величина расстояния
Расстояния между центрами болтов в любом направлении:	
а) минимальное	$3{,}5d$
б) максимальное в крайних рядах при отсутствии окаймляющих уголков при растяжении и сжатии	$8d$ или 12δ
в) максимальное в средних рядах, а также в крайних рядах при наличии окаймляющих уголков:	
при растяжении	$16d$ или 24δ
» сжатии	$12d$ или 18δ
Расстояния от центра болта до края элемента:	
а) минимальное, вдоль усилия	$2d$
б) » поперек усилия:	
при обрезных кромках	$1{,}5d$
» прокатных »	$1{,}2d$
в) максимальное	$4d$ или 8δ
Обозначения:	
d—диаметр отверстия для болта;	
δ—толщина наиболее тонкого наружного элемента	

§ 3. РАСЧЕТ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Деревянные элементы несущих конструкций временного назначения изготовляют преимущественно из древесины хвойных пород. Объемный вес древесины при расчете конструкций принимают по табл. 20.12, расчетные сопротивления древесины сосны и ели — по табл. 20.13.

Таблица 20.12

Объемный вес древесины, *кг/м³*

Породы дерева	Объемный вес древесины в конструкциях	
	защищенных от увлажнения	не защищенных от увлажнения
Хвойные		
Лиственница	650	800
Сосна, ель, кедр, пихта	500	600
Твердые лиственные		
Дуб, береза, бук	700	800

Примечание. Объемный вес свежесрубленной древесины хвойных пород принимают 850 *кг/м³*, твердых лиственных пород—1000 *кг/м³*.

Таблица 20. 13

Расчетные сопротивления R древесины сосны и ели, $кГ/см^2$ для расчета на одновременное воздействие постоянной и временной нагрузок

Вид напряженного состояния и характеристика элементов	Обозначение	Расчетное сопротивление
Изгиб:		
а) элементы с высотой сечения до 50 см за исключением упомянутых в п. «б» и «в»	$R_и$	130
б) элементы сплошного прямоугольного сечения с размерами сторон 14 *см* и более при высоте сечения до 50 *см*	$R_и$	150
в) бревна, не имеющие врезок в расчетном сечении	$R_и$	160
Растяжение вдоль волокон:		
а) элементы, не имеющие ослабления в расчетном сечении	$R_р$	100
б) элементы, имеющие ослабление в расчетном сечении	$R_р$	80
Сжатие и смятие вдоль волокон	$R_с$; $R_{см}$	130
» » по всей поверхности поперек волокон	$R_{с90}$; $R_{см90}$	18
Смятие местное поперек волокон:		
а) в опорных плоскостях конструкций	$R_{см90}$	24
б) в лобовых врубках и шпонках	$R_{см90}$	30
в) под шайбами при углах смятия от 90 до 60°	$R_{см90}$	40
Скалывание вдоль волокон при изгибе и в соединениях (для максимального напряжения)	$R_{ск}$	24
Скалывание поперек волокон (для максимального напряжения)	$R_{ск90}$	12

Примечания: 1. Расчетное сопротивление древесины смятию под углом α к направлению волокон определяется по формуле

$$R_{см\alpha} = \frac{R_{см}}{1 + \left(\frac{R_{см}}{R_{см90}} - 1\right)\sin^3 \alpha}. \qquad (20.\ 19)$$

Расчетное сопротивление древесины скалыванию под углом α к направлению волокон определяется по формуле (20.19), в которой $R_{см}$ заменяется величиной $R_{ск}$.

2. Расчетные сопротивления для различных пород дерева и при особых воздействиях определяют умножением значений, данных в табл. 20.13, на коэффициенты, приведенные в таблицах:

а) для древесины других пород — табл. 20.14;

б) для конструкций, находящихся в условиях повышенной влажности и под воздействием только постоянной нагрузки — табл. 20.15;

в) для конструкций, рассчитываемых с учетом воздействия ветровых и монтажных (кратковременных) нагрузок — табл. 20.16.

Основные расчетные формулы приведены в табл. 20.17.

Таблица 20.14

Коэффициенты для расчета сопротивления древесины различных пород дерева

Породы дерева	Коэффициенты для расчета сопротивления		
	растяжению, изгибу, сжатию и смятию вдоль волокон	смятию и смятию поперек волокон	скалыванию
Лиственница	1,2	1,2	1
Кедр сибирский	0,9	0,9	0,9
Пихта	0,8	0,8	0,8
Дуб	1,3	2	1,3
Береза, бук	1,1	1,6	1,3

Таблица 20.15

Коэффициенты условий работы для конструкций, находящихся в условиях повышенной влажности, при воздействии только постоянной нагрузки

Условия эксплуатации конструкций	Коэффициент
Кратковременное увлажнение древесины с последующим высыханием	0,85
Длительное увлажнение древесины в воде, в грунте	0,75
Воздействие постоянной нагрузки	0,8

Таблица 20.16

Коэффициенты условий работы конструкций при воздействии кратковременных нагрузок

Нагрузка	Коэффициент	
	для всех видов сопротивления, кроме смятия поперек волокон	для смятия поперек волокон
Ветровая	1,2	1,4
Монтажная	1,2	1,4

Таблица 20.17

Сводная таблица основных расчетных формул

Характер деформаций	Характеристика расчета	Расчетная формула	№ формулы
Растяжение, сжатие	Прочность	$N \leqslant R_{р(с)} \cdot F_{нт}$	1
Сжатие (продольный изгиб)	Устойчивость	$N \leqslant \varphi R_c F_{бр}$	2
Поперечный изгиб	Прочность	$M \leqslant R_и W_{расч}$	3
		$Q \leqslant R_{ск} \dfrac{I_{бр} \cdot b_{расч}}{S_{бр}}$	4
Соединение на гвоздях, винтах	Выдергивание	$T \leqslant R_{вд} \pi d l_1 n$	5
	Срез	$T \leqslant 30 l d n$	6
Соединение на врубках, шпонках	Смятие	$T = R_{см} \alpha \cdot F_{см}$	7
	Скалывание	$T = R_{ск} \cdot F_{ск}$	8

Обозначения, принятые в табл. 20.17:

N, Q, M, T — нормальная поперечная сила, изгибающий момент и несущая способность соединения;

$b_{расч}$ — расчетная ширина сечения (нетто);

$F_{нт}, W$ — площадь и момент сопротивления с учетом ослабления сечения;

$I_{бр}, S_{бр}$ — момент инерции и статический момент сдвигаемой части сечения, вычисленные относительно нейтральной оси;

$R_р, R_с, R_и, R_{ск}, R_{см}$ — расчетные сопротивления, принимаемые согласно табл. 20.13—20.16;

d — диаметр гвоздя или винта;

n — количество гвоздей или винтов в соединении;

l_1 — длина части гвоздя или винта, сопротивляющейся выдергиванию, *см*;

l — наименьшая толщина соединяемых элементов, *см;*

$R_{вд}$ — расчетное сопротивление выдергивания гвоздя или винта на единицу поверхности соприкасания гвоздя с деревом. Для гвоздя и воздушно-сухой древесины $R_{вд}=3$ *кГ/см²*, для сырой древесины, высыхающей при эксплуатации $R_{вд}=1$ *кГ/см²*, для винта — $R_{вд}=10$ *кГ/см²*.

В формуле 2 табл. 20.17 коэффициент продольного изгиба φ определяется по формулам:

$$\text{при } \lambda \leqslant 75 \qquad \psi = 1 - 0{,}8 \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2; \tag{20. 20}$$

$$\text{при } \lambda > 75 \qquad \psi = \frac{31000}{\lambda^2}. \tag{20. 21}$$

Гибкость λ цельных элементов определяется по формуле

$$\lambda = \frac{l_0}{\sqrt{\dfrac{I_{бр}}{F_{бр}}}}, \tag{20. 22}$$

где l_0 — расчетная длина элемента;

$I_{бр}$ и $F_{бр}$ — момент инерции и площадь поперечного сечения брутто элемента. Расчетная длина l_0 определяется умножением его действительной длины на коэффициенты: 1 — при обоих шарнирно закрепленных концах; 0,8 — при одном защемленном и другом шарнирно закрепленном конце и 0,65 — при обоих защемленных концах.

Гибкость сжатых элементов не должна превышать: для основных элементов конструкции $\lambda = 120$, для второстепенных элементов $\lambda = 150$.

Соединение деревянных элементов см. в табл. 20.18.

Таблица 20.18

Расположение болтов, винтов и гвоздей при соединении деревянных элементов

Расстояние между болтами и гвоздями	Болтовые соединения	Соединения на винтах	Гвоздевые соединения при толщине элемента $C \geqslant 10\,d$
Вдоль волокон и до торца элемента	$7d$	$10d$	$15d$
Поперек волокон	$3{,}5d$	$5d$	$4d$
До края элемента	$3d$	$5d$	$4d$

Примечания: 1. d — диаметр болта, винта или гвоздя.

2. При толщине пробиваемого элемента $C = 4d$ расстояние между гвоздями принимается $25d$, промежуточные расстояния определяются по интерполяции.

3. При шахматной расстановке гвоздей $C = 3d$.

4. Диаметр гвоздей не должен превышать 1/4 толщины пробиваемых элементов.

§ 4. ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПАЛУБКИ

При расчете опалубки и лесов принимают следующие значения нормативных нагрузок.

Вертикальная нагрузка:

а) собственный вес опалубки и лесов;

б) вес свежеуложенной бетонной смеси, принимаемый для тяжелого бетона $\gamma = 2500$ *кГ/см*^{2};

в) вес арматуры, принимаемый ориентировочно 100 *кг* на 1 *м*^{3} железобетонной конструкции;

г) нагрузки от людей и транспортных средств, принимаемые 250 *кг* на 1 *м*^{2} настила;

д) нагрузки от вибрирования бетонной смеси (учитываются только при отсутствии нагрузок по п. «г») — 100 *кг* на 1 *м*^{2} горизонтальной поверхности;

Горизонтальные нагрузки:

е) давление свежеуложенной бетонной смеси на боковые элементы опалубки, определяемое по данным табл. 20.19.

ж) нагрузки от сотрясений, возникающие при выгрузке бетонной смеси в опалубку бетонируемой конструкции, принимаемые по данным табл. 20.20;

з) нагрузки от вибрирования бетонной смеси — 200 *кГ/м*^{2} вертикальной поверхности опалубки.

Примечания: 1. Указанные нагрузки по пп. «е», «з» учитываются только при отсутствии нагрузок по п. «ж».

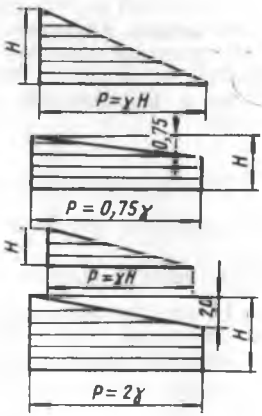
2. Наиболее невыгодные сочетания нагрузок при расчете опалубки и поддерживающих лесов следует выбирать в соответствии с указаниями табл. 20.21.

3. При расчете элементов опалубки и лесов по несущей способности нормативные нагрузки нужно умножать на коэффициенты перегрузки, приведенные в табл. 20.22.

Таблица 20.19

Боковое давление свежеуложенной бетонной смеси

Способ уплотнения бетонной смеси	Расчетные формулы для определения максимальной величины бокового давления, *кГ/м²*	Пределы применимости формулы	Вид нагрузки
При помощи внутренних вибраторов	$P=\gamma H$	$H \leqslant 0{,}75$	
То же	$P=0{,}75\gamma$	$H > 0{,}75$	
При помощи наружных вибраторов	$P=\gamma H$	$H \leqslant 2$	
То же	$P=2\gamma$	$H > 2$	



В таблице приняты следующие обозначения:

P — максимальное боковое давление бетонной смеси, *кГ/м²*;

γ — объемный вес бетонной смеси, *кг/м³*;

H — высота уложенного слоя бетона, *м*.

Таблица 20.20

Нагрузки от сотрясений при выгрузке бетонной смеси

Способ подачи бетонной смеси в опалубку	Горизонтальная нагрузка на боковую опалубку, *кГ/м²*
Спуск по лоткам и хоботам, а также непосредственно из бетоноводов	400
Выгрузка из емкостей:	
до 0,2 *м³*	200
от 0,2 до 0,8 *м³*	400
Выгрузка из емкостей более 0,8 *м³*	600

Таблица 20.21

Нагрузки для расчета опалубки и лесов

Наименование элементов опалубки	Виды нагрузок на опалубку, леса и крепления	
	по несущей способности	по прогибам
Опалубка плит, сводов и поддерживающие ее конструкции	а+б+в+г	а+б+в
Опалубка колонн со стороной сечения до 300 *мм* и стен толщиной до 100 *мм*. Боковая опалубка балок и прогонов.	е+з	е
Днища коробов балок, прогонов	а+б+в+д	а+б+в
Опалубка массивов, колонн со стороной сечения более 300 *мм* и стен толщиной более 100 *мм*	е+ж	е

Таблица 20. 22

Коэффициенты перегрузок

Наименование нормативных нагрузок	Коэффициенты перегрузки
Собственный вес опалубки и лесов	1,1
Вес бетона, арматуры	1,2
Нагрузки от движения людей и транспортных средств, вибрирования бетона, бокового давления бетона и динамические нагрузки при выгрузке бетона	1,3

Прогиб элементов опалубки под действием нагрузок не должен превышать: для опалубки открытых лицевых поверхностей $\frac{1}{400}\,l$; внутренних поверхностей $\frac{1}{250}\,l$. Упругий прогиб или просадка поддерживающих опалубку лесов $\frac{1}{1000}\,l$, где l — пролет элемента опалубки или лесов (подмостей). При этом коэффициенты перегрузок (табл. 20.22) не применяются.

При определении прогибов древесины принимают $E=10^5$ *кГ/см²*.

§ 5. НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА СВАЙ

Несущую способность P забивной сваи-стойки определяют по формуле

$$P=KmR^{н}F, \tag{20.23}$$

где $R^{н}$ — нормативное сопротивление грунта основания в плоскости острия сваи, принимаемое для скальных и крупнообломочных грунтов 2000 *т/м²*;

F — площадь поперечного сечения нижнего конца сваи, *м²*.

Для пустотелых свай и оболочек, заполненных в нижней части бетоном на высоту не менее трех диаметров, F принимают как для сплошного сечения, при отсутствии заполнения F принимают по сечению стенки сваи;

K, m — коэффициент однородности грунта и коэффициент условий работ.

Произведение коэффициентов принимают: для забивных свай-стоек — 0,7, для свай-оболочек и набивных свай — 0,5.

Несущую способность P забивной висячей сваи квадратного, прямоугольного или круглого сечения диаметром до 0,8 *м* определяют по формуле:

$$P=Km\,(R^{н}F+u\,\Sigma f_i^{н}\,l_i);\ K=0{,}7;\ m=1, \tag{20.24}$$

где $R^{н}$ — нормативное сопротивление грунта под нижним концом сваи, принимаемое по табл. 20.23;

F — площадь опирания сваи на грунт, принимаемая по площади поперечного сечения сваи брутто;

u — периметр поперечного сечения сваи, *м*;

$f_i^{н}$ — нормативное сопротивление i-го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, *т/м²*, принимаемое по табл. 20.24;

l_i — толщина i-го слоя грунта.

Расчетное сопротивление сваи $P_{в}$ *т*, работающей на выдергивание, определяется по формуле

$$P_{в}=Kmu\,f_i^{н}l_i, \tag{20.25}$$

где K, u; f_i, l_i — те же значения, что и в формуле (20.24);

m — коэффициент условий работы, принимаемый для свай, забиваемых в грунт на глубину до 4 *м*, равным 0,6; 4 *м* и более — 0,8.

Таблица 20.23

Нормативные сопротивления грунта под нижними концами забивных свай $R^н$, $т/м^2$

Глубина забивки свай от поверхности грунта, *м*	Песчаные грунты средней плотности						
	гравелистые	крупные	—	средней крупности	мелкие	пылеватые	
	Глинистые грунты консистенции *B*, равной						
	⩽ 0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	700	400	300	200	120	100	60
4	830	510	380	250	160	125	70
5	880	620	400	280	200	130	80
7	970	690	430	330	220	140	85
10	1 050	730	500	350	240	150	90
15	1 170	750	560	400	280	160	100

Примечания: 1. Для полых свай, имеющих диаметр полости более 40 *см*, значения $R^н$ принимают с коэффициентом 0,7.

2. При вибропогружении свай в глинистые грунты консистенции $B = 0,5$ принимают следующие понижающие коэффициенты к $R^н$: супеси — 0,9, суглинки — 0,8, глины — 0,7.

Таблица 20. 24

Нормативные сопротивления грунта по боковой поверхности забивных свай $f^н$, $т/м^2$

Средняя глубина расположения слоя грунта, *м*	Песчаные грунты (для свай, забитых без подмыва)					
	крупные и средней крупности	мелкие	пылеватые			
	Глинистые грунты при консистенции *B*					
	⩽ 0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
1	3,5	2,3	1,5	1,2	0,5	0,2
3	4,8	3,5	2,5	2,0	0,8	0,4
5	5,6	4,0	2,9	2,4	1,0	0,6
7	6,0	4,3	3,2	2,5	1,1	0,7
10	6,5	4,6	3,4	2,6	1,2	0,8
15	7,2	5,1	3,8	2,8	1,4	1,0

Примечание. Для свай, погружаемых в песчаный грунт с подмывом при добивке свай на последнем метре и погружаемых в глинистые грунты с консистенцией $B=0,5$, значения $f^н$ принимают с коэффициентом 0,9.

§ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ГРУНТА НА ПОДПОРНЫЕ СТЕНКИ

В расчетах используют следующие характеристики грунта: угол внутреннего трения φ, сцепление *C*, объемный вес γ.

Объемный вес грунта определяют по формулам:

на воздухе

$$\gamma = (1 - \varepsilon_0)\gamma_0, \tag{20.26}$$

под водой

$$\gamma_{вз} = \gamma + \varepsilon_0 - 1, \tag{20.27}$$

где γ_0 — удельный вес твердых частиц грунта, который обычно принимают

$$\gamma_0 = 2,6 \frac{т}{м^3};$$

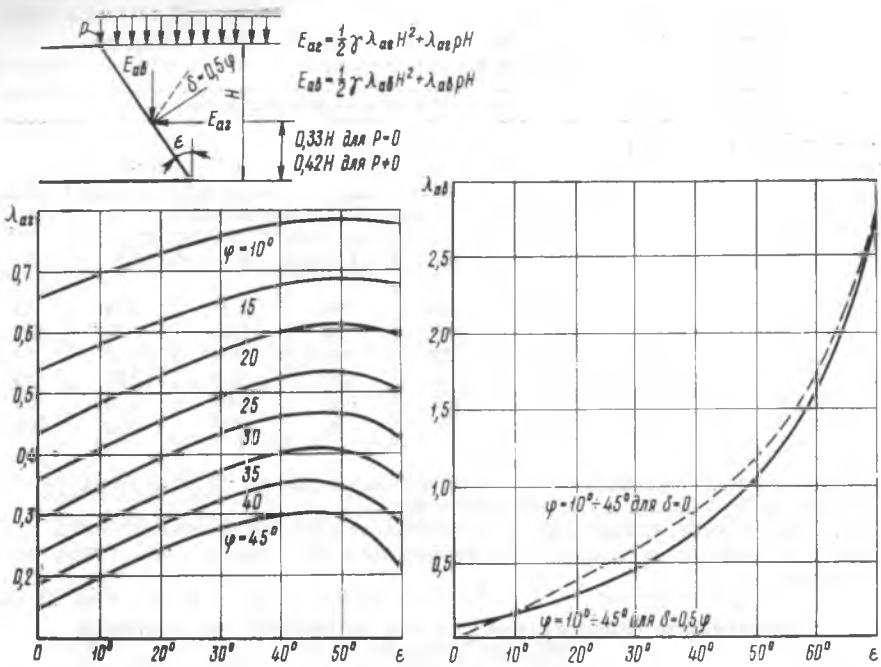


Рис. 20.3. Схема давления грунта на жесткие подпорные стенки и графики определения $\lambda_{аг}$ (при $\delta=0{,}5\varphi$) и $\lambda_{ав}$

H — высота стенки; φ — угол внутреннего трения грунта засыпки; γ —объемный вес грунта; δ — угол трения грунта засыпки о стенку; ε — угол наклона подпорной стенки

ε_0 — объем пор в грунте. Обычно при расчетах принимают $\gamma=1{,}8$ $т/м^3$ и $\gamma_{вз}=1$ $т/м^3$.

При перемещении стенки в сторону от грунта засыпки на стенку действует активное давление грунта. При определении этого давления учитывают уклон тыловой грани стенки, конфигурацию поверхности грунта, внешнюю нагрузку на грунт и конструктивные особенности подпорной стенки и ее фундамента.

Горизонтальное давление определяют по формуле

$$E_{а.г}=\frac{1}{2}\gamma\lambda_{а.г}(H^2+pH). \qquad (20.28)$$

Вертикальное давление определяют по формуле

$$E_{а.в}=\frac{1}{2}\gamma\lambda_{а.в}(H^2+pH). \qquad (20.29)$$

Условные обозначения и значения величин $\lambda_{аг}$; $\lambda_{ав}$ приведены на графиках рис. 20.3.

Перемещение стенки в сторону грунта вызывает реактивное давление грунта, которое в предельном состоянии называется пассивным.

Ординаты пассивного давления грунта определяют по формуле

$$\sigma_п=(\gamma h+p+\frac{C}{tg\,\varphi})\lambda_п \qquad (20.30)$$

где $\lambda_п=tg^2\left(45^\circ+\frac{\varphi^\circ}{2}\right)$

h — глубина от поверхности выпираемого грунта до точки определения ординаты;

p — интенсивность распределенной пригрузки на поверхности грунта;

φ — угол внутреннего трения грунта;

C — сцепление грунта (табл. 20.25).

Таблица 20. 25

Характеристики грунтов засыпки пазух подпорных стен

Виды грунтов	Характеристика грунтов	Коэффициент пористости ε		
		0,41—0,50	0,51—0,60	0,61—0,70
		Объемный вес грунта $\gamma_{об}$, $г/см^3$		
		1,75—1,80	1,60—1,65	1,55—1,60
Песчаные:				
гравелистые и крупные	φ	42	39	37
средней крупности	φ	39	37	34
мелкие	φ	37	35	31
		Коэффициент водонасыщения		
		$\geqslant 0,8$	$< 0,8$	$\geqslant 0,8$	$< 0,8$	$\geqslant 0,8$	$< 0,8$
Пылеватые	φ	34	36	32	34	28	30
	C	0	0	0	0	0	0
Супеси	φ	24	27	23	26	22	24
	C	0,03	0,06	0,02	0,05	0,01	0,03

Примечание. φ — угол внутреннего трения, *град*,
C — удельное сцепление, $кГ/см^2$.

§ 7. РАСЧЕТ ШПУНТОВЫХ СТЕНОК

Расчет незаанкерованных стенок. В результате расчета определяют действующие усилия в шпунте, глубину его погружения и подбирают по найденным усилиям сечения шпунта.

Расчет незаанкерованных стенок производят обычно графоаналитическим способом (рис. 20.4).

На чертеж наносят схему стенки, геологическое напластование грунтов и положение горизонтальных сил. Затем со стороны стенки, противоположной действию горизонтальных сил, строят эпюру отпора грунта. Ординаты эпюры определяют по формуле

$$\sigma_{пр} = \gamma y\ (\lambda_п - \lambda_а), \tag{20.13}$$

где γ — объемный вес грунта;
$\lambda_а$, $\lambda_п$ — соответственно коэффициенты активного и пассивного давления грунта.

Полученную эпюру разбивают на полоски. Площадь каждой полоски заменяют равной ей по величине сосредоточенной силой, приложенной в центре тяжести полоски. Затем строят силовой и веревочный многоугольники.

Глубину погружения стенки и нижнюю границу эпюры отпора определяют уровнем пересечения веревочного многоугольника с замыкающей. Положение уровня пересечения находят методом последовательного приближения.

Полная глубина забивки шпунта:

$$t_{мин} = t_0 + \frac{E'_п}{2\gamma t_0 (\lambda_п - \lambda_а)}. \tag{20.32}$$

Величину $E'_п$ принимают по силовому многоугольнику. $E'_п$ соответствует отрезку, отсекаемому в основании треугольника последним его лучом и линией, параллельной замыкающей.

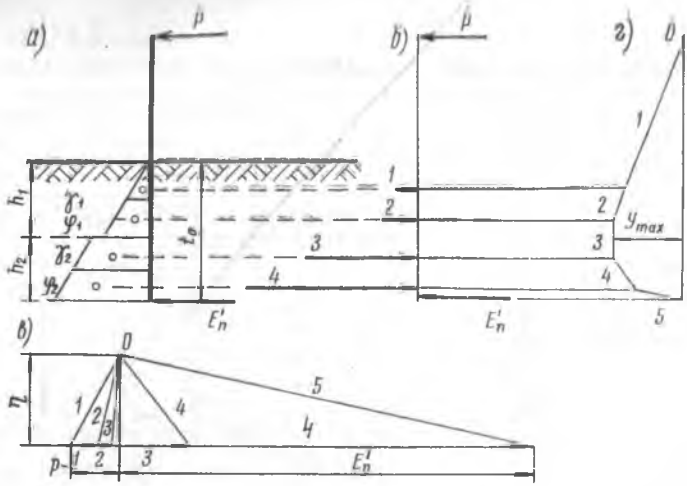


Рис. 20.4. Схема графоаналитического расчета незаанкерованной шпунтовой стенки:

а — расчетная схема; *б* — система сил; *в* — силовой многоугольник, *г* — веревочный многоугольник

Максимальный изгибающий момент в стенке равен:

$$M_{макс} = \eta \cdot y_{макс}. \tag{20.33}$$

где η — полюсное расстояние в масштабе сил;

$y_{макс}$ — максимальная ордината веревочного многоугольника в линейном масштабе чертежа стенки.

Расчет заанкерованных шпунтовых стенок. Расчеты по определению глубины забивки шпунта, изгибающих моментов в шпунте и усилия в анкере выполняют графо-аналитически (рис. 20.5). Порядок расчета следующий.

1. Вычерчивают в масштабе схему стенки и строят суммарную эпюру давления грунта на стенку. Со стороны засыпки действует активное давление грунта, а с противоположной стороны — пассивное давление.

2. Разделяют эпюру давлений на полоски и, заменив распределенные давления каждой полоски сосредоточенными силами, строят веревочный многоугольник этих сил.

3. Проводят через точку пересечения α веревочного многоугольника с направлением анкерной тяги замыкающий луч так, чтобы максимальный момент в пролете стенки $M_{макс}$ превышал на 10—15% максимальный момент в заделке M_c.

4. Полученную эпюру моментов также разбивают на полоски и, заменив каждую полоску сосредоточенной силой, строят графически упругую линию оси стенки.

5. Если упругая линия подходит к первоначальной оси стенки как касательная на уровне точки пересечения замыкающего луча с лучом w, то повторных построений упругой оси не требуется.

При повторном построении изменением угла наклона замыкающего луча добиваются удовлетворения вышеприведенному условию.

Расчетный изгибающий момент в шпунте получают умножением максимальной ординаты эпюры моментов на полюсное расстояние:

$$M_{расч} = M_{макс} \cdot p_1 \tag{20.34}$$

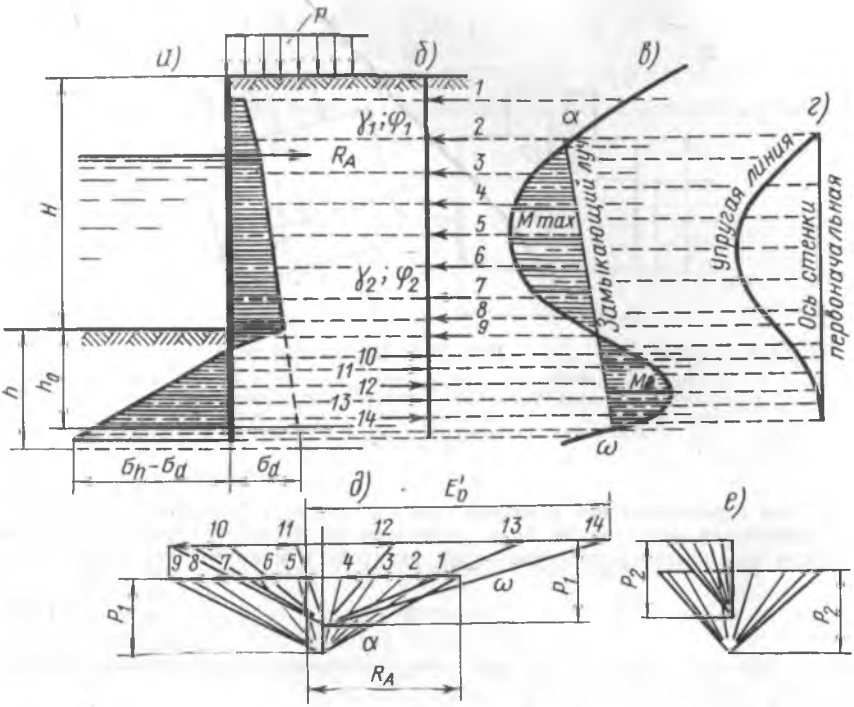


Рис. 20.5. Схема графоаналитического расчета заанкерованной шпунтовой стенки:

а — расчетная схема; *б* — система сил; *в* — веревочный многоугольник для определения изгибающих моментов; *г* — веревочный многоугольник для определения изогнутой стенки; *д* — силовой многоугольник для определения изгибающих моментов; *е* — силовой многоугольник для определения изогнутой оси стенки

Глубина забивки шпунта h определяется по формуле

$$h = h_0 + \frac{E_0'}{2(\lambda_п - \lambda_а)}. \qquad (20.35)$$

Величина усилия R_A, на которое должно быть рассчитано анкерное устройство, получается в результате графического расчета.

§ 8. РАСЧЕТ ОСТОЙЧИВОСТИ

Способность плавающих тел после крена, получающегося при воздействии внешних сил, возвращаться в первоначальное положение, называется остойчивостью.

Вертикальная сила давления воды V, называемая водоизмещением, приложена в центре тяжести наружного объема погруженной части тела (рис. 20.6). При нормальном положении тела центр тяжести его лежит на одной вертикали с центром водоизмещения. Прямая, проходящая через центр тяжести судна и центр водоизмещения, называется осью плавания.

При повороте оси плавания судна на небольшой угол (до 15°) центр тяжести судна остается на месте, а центр водоизмещения перемещается в новое положение по дуге с радиусом ρ.

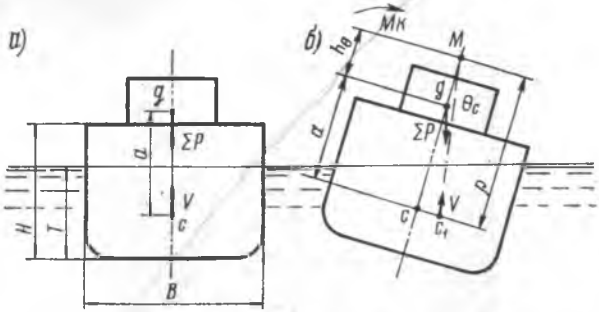


Рис. 20.6. Положение тела:

а — при отсутствии крена; *g* — центр тяжести; *c* — точка приложения давления воды; *V* — центр водоизмещения при отсутствии крена; *б* — при наличии крена; c_1 — то же при крене; *M* — точка пересечения силы *V* с осью *gc*

Точка пересечения оси плавания судна с новым направлением силы давления называется метацентром *M*, а расстояние от метацентра до центра водоизмещения называется метацентрическим радиусом ρ и определяется по формуле

$$\rho = \frac{I}{V}, \tag{20.36}$$

где I — момент инерции площади ватерлинии относительно продольной оси, $м^4$;

V — водоизмещение судна;

$V = \alpha LBT$ — объем вытесненной воды, $м^3$;

L — длина; B — ширина и T — осадка судна, *м;*

α — коэффициент полноты корпуса судна, приближенно принимаемый 0,8.

При небольших углах крена и дифферента угол наклона к горизонту определяют по формулам:

крена

$$\operatorname{tg}\theta_c = \frac{M_к}{\sum P h_\theta}, \tag{20.37}$$

дифферента

$$\operatorname{tg}\psi_c = \frac{M_д}{\sum P h_\psi}, \tag{20.38}$$

где $M_к$ и $M_д$ — моменты крена и дифферента;

ΣP — вес;

h_θ и h_ψ — метацентрические высоты при крене и дифференте;

$$h_\theta = \frac{I_\theta}{V} - a; \quad h_\psi = \frac{I_\psi}{V} - a; \tag{20.30}$$

I_θ и I_ψ — моменты инерции площади ватерлинии относительно диаметральной (продольной) и миделевой (поперечной) осей судна;

a — расстояние между центром тяжести судна и центром водоизмещения при горизонтальном положении судна, *м.*

Если $\rho - a = h > 0$, то судно остойчиво, если $\rho - a = h \leqslant 0$, то судно не остойчиво.

Остойчивость судов характеризуется величиной метацентрической высоты; чем она больше, тем судно остойчивее.

ПРИЛОЖЕНИЯ

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ОБЩЕГО ХАРАКТЕРА

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Меры длины

1 метр (*м*) = 3 футам 3,37 дюйма.
1 дюйм (in) = 2,54 *см*.
1 фут (ft) = 12 дюймам = 0,3048 *м*.
1 ярд (yard) = 3 футам = 0,9144 *м*.
1 английская сухопутная миля (statute mile) = 1760 ярдам = 1,609 *км*.
1 кабельтов = 185,2 *м*.
1 международная морская миля = 1,852 *км*.
1 английская морская миля (nautical mile) = 1,853 *км*.
1 американская морская миля = 1,855 *км*.

Меры площади

1 гектар (га) = 10^4 $м^2$.
1 квадратный метр ($м^2$) = 10,764 кв. фута.
1 квадратный сантиметр ($см^2$) = 0,1550 кв. дюйма.
1 акр = 4840 кв. ярдам = 4047 $м^2$.
1 квадратный фут = 929 $см^2$.
1 квадратный дюйм = 6,451 $см^2$.

Меры объемов

1 кубический метр ($м^3$) = 35,317 куб. фута.
1 гектолитр (*гл*) = 100 *л*.
1 кубический дюйм (cu · in) = 16,39 $см^3$.
1 кубический фут (cu · ft) = 28,32 $дм^3$.
1 кубический ярд = 27 куб. футам = 0,765 $м^3$.
1 галлон (Imperial Gallan) = 4,544 *л*.
1 бушель (англ.) = 8 галлонам = 36,35 *л*.

Меры веса

1 английская тонна (long ton) = 2240 англ. фунтам (lbs) = 1016 *кг*.
1 английская судовая тонна (chort ton) = 2000 lbs = 907,19 *кг*.
1 английский фунт (lbs) = 16 унциям = 0,4536 *кг*.
1 центнер (англ.) = 112 фунтам = 50,80 *кг*.
1 центнер (америк.) = 4 квартерам = 100 фунтам = 45,36 *кг*.

Соотношение между единицами теплоты, работы и мощности

1 *ккал* (большая калория) = 426,935 $кГ \cdot м$ = $1{,}163 \cdot 10^{-3}$ *квт · ч.* = $1{,}5812 \cdot 10^{-3}$ *л.с.ч.*
1 $кГ \cdot м$ (килограммометр) = $2{,}34228 \cdot 10^{-3}$ *ккал*.
1 *л.с.* (лошадиная сила) = 75 $кГ \cdot м/сек$ = 0,735499 *квт* = 0,17564 *ккал/сек*.
1 *квт · ч* (киловатт-час) = 367 098 $кГ \cdot м$ = 860 *ккал* = 1,36 *л.с.ч.*

1 *квт* (киловатт) = 1000 *вт* = 1000 *дж/сек* = 1,36 *л.с.* — 0,239 *ккал/сек.*
1 *л.с.ч.* (лошадиная сила-час) = 270 000 *кГ·м* = 632,416 *ккал.*

Соотношение между техническими единицами

1 англ. фунт/фут = 1,488 *кг/м.*
1 англ. фунт/кв. фут = 4,883 *кг/м²*.
1 англ. фунт/кв. дюйм = 0,0703 *кг/см²*.
1 англ. фунт/куб. фут. = 16,02 *кг/м³*.
1 дюйм⁴ = 41,62 *см⁴* (моменты инерции).
1 куб. дюйм = 16,39 *см³* (моменты сопротивления).
1 атмосфера (*ат*) = 1 *кГ/см²* = 10 000 *кГ/м²* = 10 *т/м²* = 10 *м. вод. ст.* (при 4°) = = 14,223 англ. фунт/кв. дюйм.
1 узел = 1 миля/час = 1,852 *км/ч* (скорость).

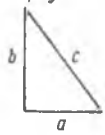
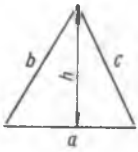
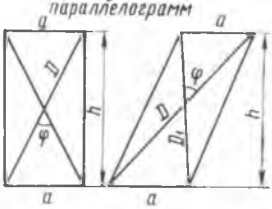
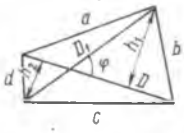
Некоторые единицы измерения физических величин по Международной системе единиц СИ

Величина	Единица измерения	Сокращенное обозначение единицы измерения		Размер единицы
		русское	латинское	
Основные единицы				
Длина	метр	*м*	*m*	
Масса	килограмм	*кг*	*kg*	
Время	секунда	*сек*	*s*	
Сила электрического тока	ампер	*а*	A	
Термодинамическая температура	градус Кельвина	°К	°К	
Сила света	свеча	*св*	*cd*	
Дополнительные единицы				
Плоский угол	радиан	*рад*	*rad*	
Телесный угол	стерадиан	*стер*	*sr*	
Некоторые производные единицы				
Частота	герц	*гц*	*Hr*	1:(1 *сек*)
Линейная скорость	метр в секунду	*м/сек*	*m/s*	(1м):(1 *сек*)
Угловая скорость	радиан в секунду	*рад/сек*	*rad/s*	(1 *рад*):(1 *сек*)
Плотность, объемная масса; насыпная масса	килограмм на кубический метр	*кг/м³*	*kg/m³*	(1 *кг*):(1 *м³*)
Сила (в частности сила тяжести — вес)	ньютон	*н*	*N*	(1 *кг*):(1*м/сек²*)
Количество электричества, электрический заряд	кулон	*к*	C	(1 *а*):(1 *сек*)
Электрическое напряжение э. д. с.	вольт	*в*	*V*	(1 *вт*):(1 *а*)
Электрическое сопротивление	ом	*ом*	Ω	(1 *в*):(1 *а*)
Яркость	нит	*нт*	*nt*	(1 *св*):(1 *м²*)
Освещенность	люкс	*лк*	*lx*	(1 *лм*):(1 *м²*)
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	*дж*	*I*	(1 *н*):(1 *м*)
Мощность, тепловой поток	ватт	*вт*	*W*	(1 *дж*):(1 *сек*)

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ МАТЕМАТИКИ

Таблица 1

Площади геометрических фигур

Изображение	Формула площади
Прямоугольный треугольник 	Площадь прямоугольного треугольника $$F = \frac{1}{2}ab,$$ $$a^2 + b^2 = c^2,$$ где a, b, c — длины сторон треугольника
Треугольник 	Площадь треугольника $$F = \frac{1}{2}ah = \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)},$$ где $S = \frac{a+b+c}{2}$, a, b, c — длины сторон треугольника; h — высота треугольника
Прямоугольник, параллелограмм 	Площадь прямоугольника $$F = ah = \frac{1}{2}D^2 \sin\varphi.$$ Площадь параллелограмма $$F = ah = \frac{1}{2}DD_1 \sin\varphi,$$ где D и D_1 — длины диагоналей; a — длина основания; h — высота; φ — угол между диагоналями
Четырехугольник 	Площадь четырехугольника $$F = \frac{1}{2}DD_1 \sin\varphi = \frac{1}{2}(h_1 + h_2)D,$$ где D_1 и D — длины диагоналей; φ — угол между диагоналями; h_1 и h_2 — высоты треугольников, образованных сторонами abD и cdD
Трапеция	Площадь трапеции $$F = \frac{a + a_1}{2}h,$$ где a и a_1 — длины оснований; h — высота трапеции

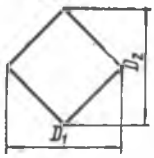
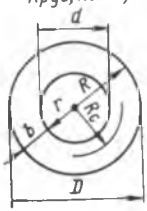
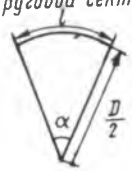
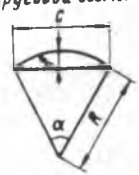
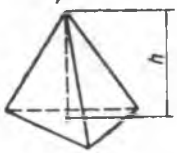
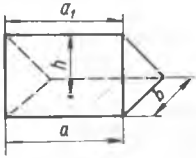
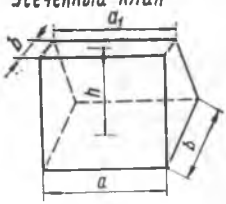
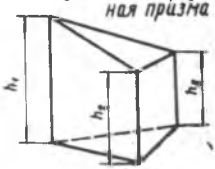
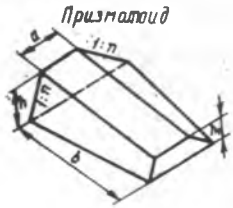
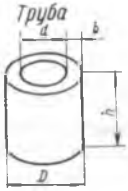
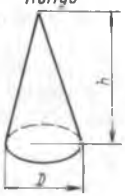
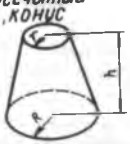
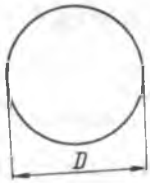
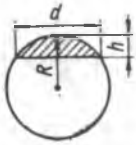
Изображение	Формула площади
Ромб 	Площадь ромба $F = 0{,}5 \cdot D_1 \cdot D_2$, где D_1 и D_2 — длины диагоналей
Круг, кольцо 	Площадь круга $F = \frac{\pi D^2}{4} = \pi R^2 = 0{,}7854 D^2$ Длина окружности $L = \pi D = 2\pi R$; D и d — диаметры окружностей; R и r — радиусы, R_c — средний радиус кольца. Площадь кольца $F = \pi (R^2 - r^2) = 2\pi R_c b$, b — ширина кольца
Круговой сектор 	Площадь сектора $F = \frac{lD}{4} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}$, где l — длина дуги; D — диаметр окружности; α — центральный угол, °
Круговой сегмент 	Площадь сегмента $F = \frac{1}{2} R^2 \left(\frac{\alpha^\circ \pi}{180^\circ} - \sin \alpha \right)$, где R — радиус круга; α — центральный угол, °. Площадь пологого сегмента приближенно $F = \approx \frac{2}{3} fc$

Таблица 2

Объемы и поверхности геометрических тел

Изображение	Формула объема
Пирамида 	Объем пирамиды $V = F_0 \frac{h}{3}$, где F_0 — площадь основания; h — высота пирамиды.

Изображение	Формула объема
Усеченная пирамида	Объем усеченной пирамиды $$V = \frac{h}{3}(F_0 + f + \sqrt{F_0 f}),$$ где F_0 и f — площади параллельных оснований; h — расстояние между основаниями
Клин 	Объем клина $$V = \frac{hb}{6}(2a + a_1),$$ где a и b — стороны основания; a_1 — длина верхней грани; h — высота клина (перпендикуляр от верхнего ребра до плоскости основания)
Усеченный клин 	Объем усеченного клина $$V = \frac{h}{6}[(2a + a_1)b + (2a_1 + a)b_1],$$ где a и b — стороны нижнего основания; a_1 и b_1 — стороны верхнего основания; h — высота между параллельными основаниями
Призма	Объем призмы $$V = Fh,$$ где F — площадь основания призмы; h — высота призмы
Косоусеченная треугольная призма 	Объем косоусеченной треугольной призмы $$V = \frac{F_0}{3}(h_1 + h_2 + h_3),$$ где F_0 — площадь сечения призмы, перпендикулярного ребрам; h_1, h_2, h_3 — длины трех параллельных ребер
Призматоид 	Объем призматоида $$V = b\left[\frac{1}{2}a(h + h_1) + \frac{1}{3}n\left(h^2 + hh_1 + h_1^2\right)\right].$$ при $h_1 = 0$ $V = bh\left(\frac{a}{2} + \frac{n}{3}h\right)$, где n — заложение откоса; b — длина, расстояние между сечениями; h и h_1 — высота сечений; a — ширина верхнего основания

Изображение	Формула объема
Цилиндр	Объем цилиндра $$V = Fh,$$ где F — площадь основания; h — высота. Объем усеченного цилиндра $$V = F_0 h_0,$$ где F_0 — площадь основания, перпендикулярного к h_0; h_0 — расстояние между центрами тяжести оснований
Труба 	Объем полого цилиндра (трубы) $$V = \pi h (R^2 - r^2) = \pi h b (D - b),$$ где R и r — наружный и внутренний радиусы; D — наружный диаметр трубы; b — толщина трубы; h — высота трубы
Конус 	Объем конуса $$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{h}{3} = \pi R^2 \frac{h}{3}.$$ Поверхность конуса $$F = \frac{\pi D^2}{4} + \frac{\pi D}{2} \sqrt{h^2 + \frac{D^2}{4}},$$ где D — диаметр основания; R — радиус основания; h — высота конуса
Усеченный конус 	Объем усеченного конуса $$V = \frac{\pi h}{3} (R^2 + Rr + r^2),$$ где R и r — радиусы оснований; h — высота
Шар 	Объем шара $$V = \frac{\pi D^3}{6}.$$ Поверхность шара $$F = \pi D^2,$$ где D — диаметр шара
Сферический сегмент 	Объем сферического сегмента $$V = \pi h^2 \left(R - \frac{h}{3}\right).$$ Поверхность сферического сегмента $$F = 2\pi R h + \frac{\pi d^2}{4},$$ где R — радиус сферического сегмента; d — диаметр основания сегмента; h — высота сегмента

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ НА ПОРТОВЫЕ ПРИЧАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

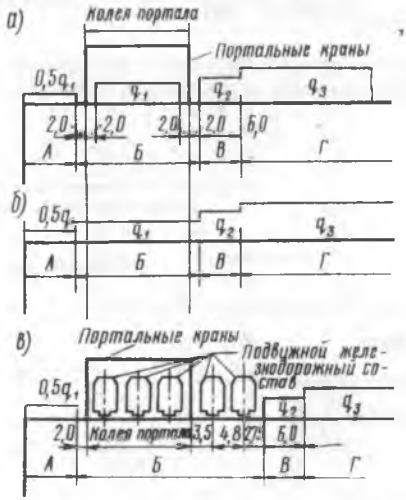
Таблица 1

Назначение морских причалов и категории нагрузок

Назначение причалов	Категория нагрузки
Для металла, оборудования тяжеловесов и навалочных грузов (уголь, руда)	I
Для штучных, лесных грузов и минерально-строительных материалов	II
Для грузо-пассажирских операций, зерновых, нефтеналивных грузов и для служебно-вспомогательных судов	III

Таблица 2

Величина и расположение нагрузок на морские причалы



Схемы эксплуатационных нагрузок на прикордонной территории морских портов. Вне портала крана железнодорожные пути могут не укладываться, что определяется при проектировании. (Размеры в *м*)

Категория нагрузки	Портальные краны	Подвижной состав		Нагрузка от складируемых грузов, *т/м²*, в зонах		
		железнодорожный, *т* на 1 *м* пути	автомобильный	прикордонной q_1	переходной q_2	тыловой q_3
I	К-30	14	Н-30	4	6	10
II	К-25	14	Н-30	3	4	6
III	—	—	Н-10	1,5	2	2

Примечания: 1. Крановая нагрузка принимается по нормам «Технологического проектирования морских портов», ММФ, 1967.

2. Подвижной состав принимается по нормам «Технических условий проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб» СН-200-62.

Для причалов I и II категории нагрузки принимаются по схемам *а, б* и *в* и определяется невыгоднейшая из них.

Для причалов III категории нагрузки принимаются по схеме *б* или по всей ширине причала нагрузкой от автотранспорта, либо произвольным сочетанием этих нагрузок, возможным в производственных условиях.

Нагрузки от навала судов и швартовные определяются по СН-144—60.

Таблица 3

Нагрузки на речные причалы

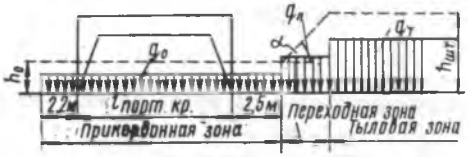


Схема эксплуатационных нагрузок на прикордонной территории речных портов

Назначение причала	Нагрузка от складируемых грузов (равномерно-распределенная), $т/м^2$, в зонах		
	прикордонной q_0	переходной $q_п$	тыловой $q_т$
Грузовые причалы портов	4	$q=\frac{h_{шт}+h_0}{2}\gamma_{ск}$	$q_т=h_{шт}\gamma_{ск}$
Грузовые причалы пристаней	2		

Обозначение в табл. 3 и на схеме:

$h_{шт}$ — высота штабеля в тыловой зоне, *м;*

$\gamma_{ск}$ — объемный вес складируемого груза в тыловой зоне, $т/м^3$;

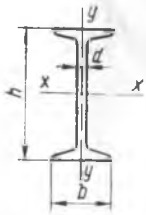
h_0 — приведенная высота условного штабеля в прикордонной зоне, равная $q_0 : \gamma_{ск}$;

α — угол естественного откоса материала штабеля в тыловой зоне.

СОРТАМЕНТЫ ПРОКАТНОЙ СТАЛИ, ШПУНТА, ТРУБ И ГВОЗДЕЙ

Таблица 1

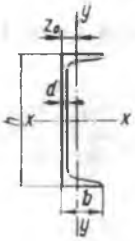
Сортамент двутавровых балок (по ГОСТ 8239—56)



№ профилей	Вес 1 *пог. м*, *кг*	Площадь сечения, *см*²	Размеры сечения, *мм*			Момент инерции, *см*⁴		Момент сопротивления, *см*³	
			h	b	d	I_x	I_y	W_x	W_y
10	9,46	12	100	55	4,5	198	17,9	39,7	6,49
12	11,5	14,7	120	64	4,8	350	27,9	58,4	8,72
14	13,7	17,4	140	73	4,9	572	41,9	81,7	11,50
16	15,9	20,2	160	81	5,0	873	58,6	109	14,5
18	18,4	23,4	180	90	5,1	1290	82,6	143	18,4
18а	19,9	25,4	180	100	5,1	1430	114	159	22,8
20	21,0	26,8	200	100	5,2	1840	115	184	23,1
20а	22,7	28,9	200	110	5,2	2030	155	203	28,2
22	24,0	30,6	220	110	5,4	2550	157	232	28,6
22а	25,8	32,8	220	120	5,4	2790	206	254	34,3
24	27,3	34,8	240	115	5,6	3460	198	289	34,5
24а	29,4	37,5	240	125	5,6	3800	260	317	41,6
27	31,5	40,2	270	125	6,0	5010	260	371	41,5
27а	33,9	43,2	270	135	6,0	5500	337	407	50,0
30	36,5	46,5	300	135	6,5	7080	337	472	49,9
30а	39,2	49,9	300	145	6,5	7780	436	518	60,1
33	42,2	53,8	330	140	7,0	9840	419	597	59,9
36	48,6	61,9	360	145	7,5	13380	516	743	71,1
40	56,1	71,4	400	155	8,0	18930	666	947	85,9
45	65,2	83,0	450	160	8,6	27450	807	1220	101
50	76,8	97,8	500	170	9,5	39290	1040	1570	122
55	89,8	114	550	180	10,3	55150	1350	2000	150
60	104	132	600	190	11,1	75450	1720	2510	181
65	120	153	650	200	12,0	101400	2170	3120	217
70	138	176	700	210	13,0	134600	2730	3840	260
70а	158	202	700	210	15,0	152700	3240	4360	309
70б	184	234	700	210	17,5	175370	3910	5010	373

Таблица 2

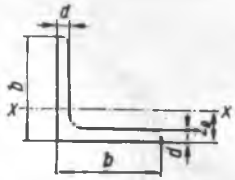
Сортамент швеллеров (по ГОСТ 8240—56)



№ профилей	Вес 1 *пог. м* *кг*	Площадь сечения, *см*²	Размеры сечения, *мм*			Момент инерции, *см*⁴		Момент сопротивления, *см*³		Z_0, *см*
			h	*b*	*d*	I_x	I_y	W_x	W_y	
5	4,84	6,16	50	32	4,4	22,8	5,61	9,1	2,75	1,16
6,5	5,90	7,51	65	36	4,4	48,6	8,7	15,0	3,68	1,24
8	7,05	8,98	80	40	4,5	89,4	12,8	22,4	4,75	1,31
10	8,59	10,9	100	46	4,5	174	20,4	34,8	6,46	1,44
12	10,4	13,3	120	52	4,8	304	31,2	50,6	8,52	1,54
14	12,3	15,6	140	58	4,9	491	45,4	70,2	11,0	1,67
14а	13,3	17,0	140	62	4,9	545	57,5	77,8	13,3	1,87
16	14,2	18,1	160	64	5,0	747	63,3	93,4	13,8	1,80
16а	15,3	19,5	160	68	5,0	823	78,8	103	16,4	2,0
18	16,3	20,7	180	70	5,1	1090	86,0	121	17,0	1,94
18а	17,4	22,2	180	74	5,1	1190	105	132	20,0	2,13
20	18,4	23,4	200	76	5,2	1520	113	152	20,5	2,07
20а	19,8	25,2	200	80	5,2	1670	139	167	24,2	2,28
22	21,0	26,7	220	82	5,4	2110	151	192	25,1	2,21
22а	22,6	28,8	220	87	5,4	2330	187	212	30,0	2,46
24	24,0	30,6	240	90	5,6	2900	208	242	31,6	2,42
24а	25,8	32,9	240	95	5,6	3180	254	265	37,2	2,67
27	27,7	35,2	270	95	6,0	4160	262	308	37,3	2,47
30	31,8	40,5	300	100	6,5	5810	327	387	43,6	2,52
33	36,5	46,5	330	105	7,0	7980	410	484	51,8	2,59
36	41,0	53,4	360	110	7,5	10820	513	601	61,7	2,68
40	48,3	61,5	400	115	8,0	15220	642	761	73,4	2,75

Таблица 3

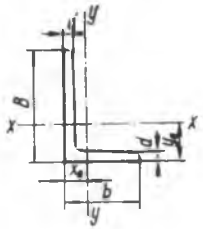
Сортамент равнобоких уголков (по ГОСТ 8509—57)



№ профилей	Размеры, мм b	d	Вес 1 пог. м, кг	Площадь сечения, см²	I_x, см⁴	Z_0, см
5	50	3	2,32	2,96	7,11	1,33
		4	3,05	3,89	9,21	1,38
		5	3,77	4,80	11,2	1,42
5,6	56	3,5	3,03	3,86	11,6	1,5
		4	3,44	4,38	13,1	1,52
		5	4,25	5,41	16,0	1,57
6,3	63	4	3,90	4,96	18,9	1,69
		5	4,81	6,13	23,1	1,74
		6	5,72	7,28	27,1	1,78
7	70	4,5	4,87	6,20	29,0	1,88
		5	5,38	6,86	31,9	1,9
		6	6,39	8,15	37,6	1,94
		7	7,39	9,42	43,0	1,99
		8	8,37	10,7	48,2	2,02
7,5	75	5	5,80	7,39	39,5	2,02
		6	6,89	8,78	46,6	2,06
		7	7,96	10,1	53,3	2,1
		8	9,02	11,5	59,8	2,15
		9	10,01	12,8	66,1	2,18
8	80	5,5	6,78	8,63	52,7	2,17
		6	7,36	9,38	57,0	2,19
		7	8,51	10,8	65,3	2,23
		8	9,65	12,3	73,4	2,27
9	90	6	8,33	10,6	82,1	2,43
		7	9,64	12,3	94,3	2,47
		8	10,9	13,9	106	2,51
		9	12,2	15,6	118	2,55
10	100	6,5	10,1	12,8	122	2,68
		7	10,8	13,8	131	2,71
		8	12,2	15,6	147	2,75
		10	15,1	19,2	179	2,83
		12	17,9	22,8	209	2,91
		14	20,6	26,3	237	2,99
		16	23,3	29,7	264	3,06
11	110	7	11,9	15,2	176	2,96
		8	13,5	17,2	198	3,0
12,5	125	8	15,5	19,7	294	3,36
		9	17,3	22,0	327	3,40
		10	19,1	24,3	360	3,45
		12	22,7	28,9	422	3,53
		14	26,2	33,4	482	3,61
		16	29,6	37,8	539	3,68
14	140	9	19,4	24,7	466	3,78
		10	21,5	27,3	512	3,82
		12	25,5	32,5	602	3,90
16	160	10	24,7	31,4	774	4,3
		11	27,0	34,4	844	4,35
		12	29,4	37,4	913	4,39
		14	34,0	43,3	1046	4,47
		16	38,5	49,1	1175	4,55
		18	43,0	54,8	1299	4,63
		20	47,4	60,4	1419	4,70
18	180	11	30,5	38,8	1216	4,85
		12	33,1	42,2	1317	4,89
20	200	12	37,0	47,1	1823	5,37
		13	39,9	50,9	1961	5,42
		14	42,8	54,6	2097	5,46
		16	48,7	62,0	2363	5,54
		20	60,1	76,5	2871	5,70
		25	74,0	94,3	3466	5,89
		30	87,6	111,5	4020	6,07
22	220	14	47,4	60,4	2814	5,93
		16	53,8	68,6	3175	6,02
25	250	16	61,5	78,4	4717	6,75
		18	68,9	87,7	5247	6,83
		20	76,1	97,0	5765	6,91
		22	83,3	106,1	6270	7,0
		25	94,0	119,7	7006	7,11
		28	104,5	133,1	7717	7,23
		30	111,4	142,0	8177	7,3

Таблица 4

Сортамент неравнобоких уголков (по ГОСТ 85105—57)



№ профилей	Размеры, *мм*			Вес 1 *пог. м*, *кг*	Площадь сечения, *см*²	I_x, *см*⁴	y_0, *см*	I_y, *см*⁴	x_0, *см*
	B	*b*	*d*						
6,3/4,0	63	40	4	3,17	4,04	16,3	2,03	5,16	0,91
			5	3,91	4,98	19,9	2,08	6,26	0,95
			6	4,63	5,90	23,3	2,12	7,28	0,99
			8	6,03	7,68	29,6	2,20	9,15	1,07
7/4,5	70	45	4,5	3,98	5,07	25,3	2,25	8,25	1,03
			5	4,39	5,59	27,8	2,28	9,05	1,05
7,5/5	75	50	5	4,79	6,11	34,8	2,39	12,5	1,17
			6	5,69	7,25	40,9	2,44	14,6	1,21
			8	7,43	9,47	52,4	2,52	18,5	1,29
8/5	80	50	5	4,99	6,36	41,6	2,6	12,7	1,13
			6	5,92	7,55	49,0	2,65	14,8	1,17
9/5,6	90	56	5,5	6,17	7,86	65,3	2,92	19,7	1,26
			6	6,70	8,54	70,6	2,95	21,2	1,28
			8	8,77	11,18	90,9	3,04	26,1	1,36
10/6,3	100	63	6	7,53	9,59	98,3	3,23	30,6	1,42
			7	8,70	11,1	113	3,28	35,0	1,46
			8	9,87	12,6	127	3,32	39,2	1,50
			10	12,1	15,5	154	3,40	47,1	1,58

№ профилей	Размеры, *мм*			Вес 1 *пог. м*, *кг*	Площадь сечения, *см*²	I_x, *см*⁴	I_0, *см*	y_y, *см*⁴	x_0, *см*
	B	*b*	*d*						
11/7	110	70	6,5	8,98	11,4	142	3,55	45,6	1,58
			7	9,64	12,3	152	3,57	48,7	1,6
			8	10,9	13,9	172	3,61	54,6	1,64
12,5/8	125	80	7	11	14,1	227	4,01	73,7	1,8
			8	12,5	16	256	4,05	83,0	1,84
			10	15,5	19,7	312	4,14	100	1,92
			12	18,3	23,4	365	4,22	117	2,0
14/9	140	90	8	14,1	18	364	4,49	120	2,03
			10	17,5	22,2	444	4,58	146	2,12
16/10	160	100	9	18	22,9	606	5,19	186	2,23
			10	19,8	25,3	667	5,23	204	2,28
			12	23,6	30	784	5,32	239	2,36
			14	27,3	34,7	897	5,40	272	2,43
18/11	180	110	10	22,2	28,3	952	5,88	276	2,44
			12	26,4	33,7	1123	5,97	324	2,52
20/12,5	200	125	11	27,4	34,9	1449	6,5	446	2,79
			12	29,7	37,9	1568	6,54	482	2,83
			14	34,4	43,9	1801	6,62	551	2,91
			16	39,1	49,8	2026	6,71	617	2,99
25/16	250	160	12	37,9	48,3	3147	7,97	1032	3,53
			16	49,9	63,6	4091	8,14	1333	3,69
			18	55,8	71,1	4545	8,23	1475	3,77
			20	61,7	78,5	4987	8,31	1613	3,85

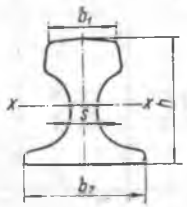
Таблица 5

Сортамент железнодорожных рельсов
(по ГОСТ 8161—63; ГОСТ 7174—65; ГОСТ 7173—54; ГОСТ 3542—47; ГОСТ 6368—52)

Колея	Тип рельса	Основные размеры, *мм*			Площадь сечения рельса, *см*²	Вес 1 *пог. м*, *кг*	Нормальная длина, *м*	Вес одного рельса, *кг*		Момент инерции, *см*⁴	Момент сопротивления, *см*³
		высота рельса	ширина подошвы	ширина головки				длиной 12,5 *м*	длиной, 25 *м*		
Широкая	Ia	140	114	70	55,7	43,6	12,5 и 25	545	1090	1472	214
	IIa	135	114	68	49,1	38,4	12,5 и 25	480	960	1222	180
	IIIa	128	110	60	42,8	33,5	12,5 и 25	418	836	—	—
	IVa	120,5	100	53,5	39,5	30,9	12,5 и 25	386	772	—	—
	P65	180	150	75	82,6	64,6	12,5 и 25	808	1616	3548	436
	P50	152	132	70	65,9	51,6	12,5 и 25	645	1290	2018	286
	P43	140	114	70	57,0	44,7	12,5 и 25	558	1116	1489	217
	P38	135	114	68	49,1	38,4	12,5 и 25	480	—	1222	180
Узкая	P8	65	54	25	10,8	8,4	7	—	—	59,3	20,6
	P11	80,5	66	32	14,3	11,2	7	—	—	125	31,7
	P15	91,5	76	37	19,2	15,0	7	—	—	221,6	49,2
	P18	90,0	80	40	23,1	18,1	8	—	—	240	56,1
	P24	107,0	92	51	30,8	24,1	8	—	—	468	87,2

Таблица 6

Рельсы крановые (по ГОСТ 4121—62)

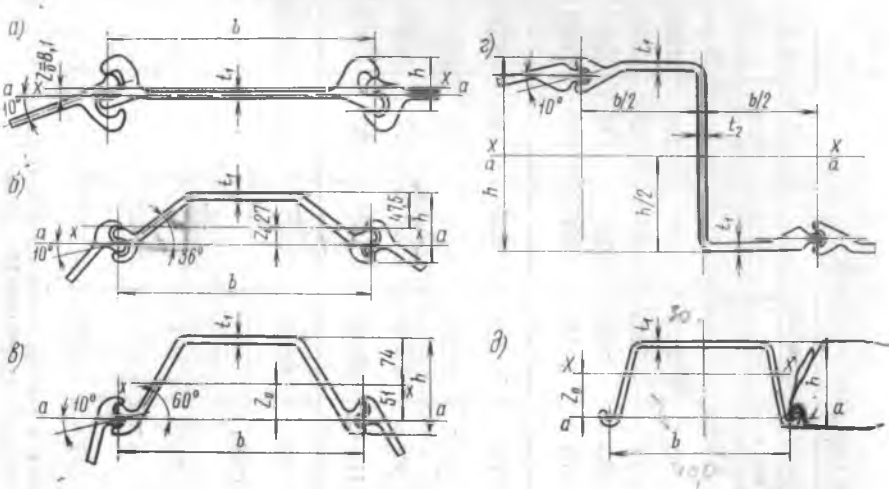


Типы рельсов	Ширина головки b, *мм*	Ширина подошвы b_2, *мм*	Толщина s, *мм*	Высота рельса h, *мм*	Площадь поперечного сечения рельса, *см*²	Вес 1 *пог. м*, *кг*	Момент инерции I_x, *см*⁴	Момент сопротивления W, *см*³
КР-50	50	90	20	90	38,02	29,85	357,54	82,76
КР-60	60	105	24	105	50,99	40,03	654,60	135,52
КР-70	70	120	28	120	67,30	52,83	1081,99	182,46
КР-80	80	130	32	130	81,13	63,69	1547,40	240,65
КР-100	100	150	38	150	113,32	88,96	2864,73	376,94
КР-120	120	170	44	170	150,44	118,10	4923,79	584,08
КР-140	140	190	50	190	195,53	153,49	7427,23	754,35

Рельсы изготовляются из стали марок К62 или М62. Временное сопротивление при растяжении не менее 75 *кГ/мм*².

Таблица 7

Стальной шпунтовый прокат отечественного производства



Стальной шпунт:

а — плоский шпунт ШП; *б* — корытный шпунт ШК-1; *в* — ШК-2; *г* — зетовый шпунт ШД-3 и ШД-5; *д* — корытный шпунт типа Ларсен

Профиль	Схема на рисунке	Размеры шпунтины, *мм*				Одиночная шпунтина				1 *пог. м* стенки			Угол поворота в замке, *град*	Технические условия
		h	*b*	t_1	t_2	площадь, $см^2$	вес 1 *пог. м*, *кг*	I_x, $см^4$	W_x, $см^3$	вес 1 $м^2$, *кг*	I_a, $см^4$	W_a, $см^3$		
ШП-1	*а*	81	400	10	—	82,1	64	332	73	160	960	188	10	ЧМТУ — ГОСТ 4781—55
ШП-2		57	200	8	—	39	30	80	28	150	482	166	15	
ШК-1	*б*	110	400	10	—	64	50	730	114	125	2980	400	10	
ШК-2	*в*	160,5	400	10	—	74	58	2243	260	145	10050	840	10	
ШД-3	*г*	240	400	10	9	78	61	7600	630	153	19000	1575	10	
ШД-5	*г*	320	400	14	12	119	93	20100	1256	213	50250	3140	10	
Л-III	*д*	145	400	13	—	79	62	2760	258	155	23200	1600	5	ЧМТУ 5154—55
Л-IV	*д*	180	400	14,8	—	94	74	4380	330	185	39600	2200	5	
Л-V	*д*	180	420	21	—	127	100	5900	420	238	54000	3000	5	

Примечания: 1. Профили ШП-1, ШД-5 изготовляют из стали марок Ст.3, Ст.4 по ГОСТ 380—60.

2. Профили Л-III—Л-V (Ларсен) изготовляют из сталей Б-3 и БНЛ-2, механические свойства которых следующие:

Марка стали	Предел прочности, *кГ/мм²*	Предел текучести, *кГ/мм²*
Б3	38—37	24
БНЛ-2	45—63	32

3. Шпунтовая сталь поставляется длиной от 8 до 25 *м*.

Таблица 8

Стальной шпунтовый прокат японских фирм (тяжелые профили)

Профиль	Схема	Размеры шпунтины, *мм*				Одиночная шпунтина				1 *пог. м* стенки		
		h	b	t_1	t_2	площадь, *см²*	вес 1 *пог. м*, *кг*	Ix, *см⁴*	Wx, *см³*	вес 1 *м²*, *кг*	I, *см⁴*	W, *см³*
FSP IV		170	400	15,5	—	96,9	76,1	4670	362	190	38600	2270
FSP IV A		185	400	16,1	—	94,2	74	5300	400	185	41600	2250
FSP V *L*		200	500	24,3	—	133,8	105	7960	520	210	63000	3150
FSP VI *L*		225	500	27,6	—	153	120	11440	680	240	86000	3820
FSPZ-25		305	400	13	9,6	94,3	74	15300	1000	185	38300	2510
FSPZ-32		344	400	14,2	10,4	107,7	84,5	22000	1280	211	55000	3200
FSPZ-38		364	400	17,2	11,4	122,2	96	27700	1520	240	69200	3800
FSPZ-45		367	400	21,9	13,2	148,2	116	33400	1820	290	83500	4550
YSP B-74		410 (486)	400 (420)	13,5	10,0	165 (211)	130 (166)	54800	2670	394	180000	7420

Примечания: 1. Длина проката от 15 до 30 *м*. 2. Размеры в скобках с учетом соединительного элемента. 3. Временное сопротивление 55—50 *кГ/мм²*, предел текучести 40—36 *кГ/* [illegible] относительное удлинение 16—18 %

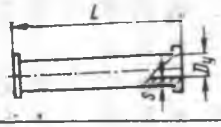
Таблица 9

Сортамент труб стальных водогазопроводных (газовых) (по ГОСТ 3262—62)

Условный проход, *мм*	Наружный диаметр, *мм*	Обыкновенные трубы		Усиленные трубы		Легкие трубы	
		толщина стенки, *мм*	теоретический вес 1 *м* (без муфт), *кг*	толщина стенки, *мм*	теоретический вес 1 *м* (без муфт), *кг*	толщина стенки, *мм*	теоретический вес 1 *м* (без муфт), *кг*
6	10,2	2,0	0,40	2,5	0,47	1,8	0,37
8	13,5	2,2	0,61	2,8	0,74	2,0	0,57
10	17,0	2,2	0,80	2,8	0,98	2,0	0,74
15	21,3	2,8	1,28	3,2	1,43	2,5	1,16
20	26,8	2,8	1,66	3,2	1,86	2,5	1,50
25	33,5	3,2	2,39	4,0	2,91	2,8	2,12
32	42,3	3,2	3,09	4,0	3,78	2,8	2,73
40	48,0	3,5	3,84	4,0	4,34	3,0	3,33
50	60,0	3,5	4,88	4,5	6,16	3,0	4,22
70	75,5	4,0	7,05	4,5	7,88	3,2	5,71
80	88,5	4,0	8,34	4,5	9,32	3,5	7,34
90	101,3	4,0	9,60	4,5	10,74	3,5	8,44
100	114	4,5	12,15	5,0	13,44	4,0	10,85
125	140	4,5	15,04	5,5	18,24	4,0	13,42
150	165	4,5	17,81	5,5	21,63	4,0	15,88

Таблица 10

Трубы грунтопроводные (по ГОСТ 5466—68)
(для напорных плавучих грунтопроводов земснарядов для морских и внутренних водных путей)



Условный проход $D_у$, *мм*	Длина труб с фланцами в сборе L, *мм*		Толщина стенки S, *мм*
	для промежуточного и шпилевого (свайно-якорного) понтонов	для концевого понтона	
250 300	6400	6400	7 8
350 400 450	8000	8200	9 8
500 600 700 800	9600	10300 12300	8
900 1000	10300	14400	8

Грунтопроводные трубы изготовляются на условные давления $p_у$=6, 10 и 16 *кГ/см²*.

Пример условного обозначения грунтопроводной трубы для промежуточного понтона с $D_у$=400 на $p_у$=6 *кГ/см²* с горловиной: труба ПГ-400-6 ГОСТ 5466—68.

Таблица 11

Сортамент труб стальных бесшовных горячекатаных (по ГОСТ 8732—58)

Наружный диаметр, *мм*	Толщина стенки, *мм*														
	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20
	Теоретический вес 1 *пог. м* труб, *кг*														
102	9,67	10,82	11,96	13,09	14,21	16,40	18,55	20,64	22,69	24,69	26,63	30,38	33,93	37,29	40,44
108	10,26	11,49	12,70	13,90	15,09	17,44	19,73	21,97	24,17	26,31	28,41	32,45	36,30	39,95	43,40
114	10,85	12,15	13,44	14,72	15,98	18,47	20,91	23,31	25,65	27,94	30,19	34,53	38,67	42,62	46,36
121	11,54	12,93	14,30	15,67	17,02	19,68	22,29	24,86	27,37	29,84	32,26	36,94	41,43	45,72	49,82
127	12,13	13,59	15,04	16,48	17,90	20,72	23,48	26,19	28,85	31,47	34,03	39,01	43,80	48,39	52,78
133	12,73	14,26	15,78	17,29	18,79	21,75	24,66	27,52	30,33	33,10	35,81	41,00	46,17	51,65	55,73
140	—	15,04	16,65	18,24	19,83	22,95	26,04	29,08	32,06	34,99	37,88	43,50	48,93	54,19	59,19
146	—	15,70	17,39	19,06	20,72	24,00	27,23	30,41	33,54	36,62	39,66	45,57	51,30	56,82	62,15
152	—	16,37	18,13	19,87	21,60	25,03	28,41	31,74	35,02	38,25	41,43	47,65	53,66	59,48	65,11
159	—	17,15	18,99	20,82	22,64	26,24	29,79	33,29	36,75	40,15	43,50	50,06	56,43	62,59	68,56
168	—	—	20,10	22,04	23,97	27,79	31,57	35,29	38,97	42,59	46,17	53,17	59,98	66,59	73,00
180	—	—	21,59	23,70	25,75	29,87	33,93	37,95	41,92	45,85	49,72	57,31	64,71	71,91	78,92
194	—	—	23,31	25,60	27,82	32,28	36,70	41,06	45,38	49,64	53,86	62,15	70,24	78,13	85,28
203	—	—	—	—	29,14	33,83	38,47	43,05	47,59	52,08	56,52	65,94	73,78	82,12	90,26
219	—	—	—	—	31,52	36,60	41,63	46,61	51,54	56,43	61,26	70,78	80,10	89,23	98,15

245	—	—	—	—	—	41,09	46,76	52,38	57,95	63,48	68,95	79,76	90,36	100,77	110,98
273	—	—	—	—	—	45,92	52,28	58,60	64,86	71,07	77,24	89,42	101,41	113,20	124,79
299	—	—	—	—	—	—	57,41	64,37	71,27	78,13	84,93	98,40	111,67	124,74	137,61
325	—	—	—	—	—	—	62,54	70,14	77,68	85,18	92,63	107,38	121,93	136,28	150,44
351	—	—	—	—	—	—	67,67	75,91	84,10	92,23	100,32	116,35	132,19	147,82	163,26
377	—	—	—	—	—	—	—	81,68	90,51	99,29	108,02	125,33	142,44	159,36	176,08
402	—	—	—	—	—	—	—	87,21	96,67	106,06	115,41	133,94	152,30	170,45	188,40
426	—	—	—	—	—	—	—	92,55	102,59	112,58	122,52	142,25	161,78	181,11	200,25
450	—	—	—	—	—	—	—	97,87	108,50	119,08	130,61	150,52	171,24	191,76	212,08
480	—	—	—	—	—	—	—	104,52	115,90	127,22	139,49	160,88	—	—	—
500	—	—	—	—	—	—	—	108,96	120,83	132,65	145,41	167,79	—	—	—
530	—	—	—	—	—	—	—	115,62	128,23	140,78	154,29	178,14			—
560	—	—	—	—	—	—	—	122,28	135,63	148,92	163,16	188,50			—
600	—	—	—	—	—	—	—	131,17	145,50	159,78	175,00	202,31			—
630	—	—	—	—	—	—	—	137,81	152,89	167,91	183,88	212,67			—
720	—	—	—	—	—	—	—	157,80	175,09	192,29	209,51	243,74			—
820	—	—	—	—	—	—	—	179,99	199,75	219,44	239,10	278,26			—

Таблица 12

Сортамент круглых гвоздей

С плоской головкой			С конической головкой		
Диаметр стержня, *мм*	Длина, *мм*	Вес 1000 гвоздей, *кг*	Диаметр стержня, *мм*	Длина, *мм*	Вес 1000 гвоздей, *кг*
		Гвозди строительные (по ГОСТ 4028—63)			
0,8	8	0,035	1,8	32	0,675
	12	0,054		40	0,817
1,0	16	0,105		50	0,997
1,2	16	0,154	2,0	40	0,986
	20	0,196		50	1,23
	25	0,232	2,5	50	1,93
1,4	25	0,320		60	2,31
	32	0,403	3,0	70	3,88
	40	0,500		80	4,44
1,6	25	0,420	3,5	90	6,8
	40	0,656	4,0	100	9,8
	50	0,814		120	11,77
			5,0	120	18,3
				150	22,4
			6,0	150	33,2
				200	44,2
			8,0	250	98,2
		Гвозди толевые (по ГОСТ 4029—63)			
2,0	20	0,519			
	25	0,642			
2,5	32	1,28			
	40	1,58			
3,0	40	2,31			
		Гвозди кровельные (по ГОСТ 4030—63)			
3,5	40	2,78			

Таблица 1

ТРОСЫ

Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6×19(1+6+6/6)»+1 о. с. (по ГОСТ 2688—69)

Диаметр каната, *мм*	Расчетная площадь сечения всех проволок, *мм²*	Расчетный вес 1000 *м* смазанного каната, *кг*	Маркировочная группа по временному сопротивлению разрыву, *кГ/мм²*							
			120	140	160	170	180	200	220	240
			Расчетное разрывное усилие каната в целом, *кГ* (не менее)							
4,1	6,55	64,1					1 000	1 110	1 190	1 275
4,8	8,61	84,2					1 315	1 420	1 535	
5,1	9,76	95,5					1 490	1 615	1 740	
5,6	11,90	116,5					1 820	1 965	2 125	
6,9	18,05	176,6			2 450	2 695	2 685	2 930		
8,3	26,15	256,0			3 555	3 775	3 895	4 245		
9,1	31,18	305,0			4 235	4 505	4 640	5 065		
9,9	36,66	358,6			4 985	5 295	5 455	5 955		
11,0	47,19	461,6			6 415	6 815	7 025	7 665		
12,0	53,87	527,0			7 325	7 780	8 020	8 750		
13,0	61,00	596,6		7 255	8 295	8 810	9 085	9 910		
14,0	74,40	728,0		8 850	10 100	10 750	11 050	12 050		
15,0	86,28	844,0		10 250	11 700	12 450	12 850	14 000		
16,5	104,61	1025,0		12 400	14 200	15 100	15 550	16 950		
18,0	124,73	1220,0		14 800	16 950	18 000	18 550	20 250		
19,5	143,61	1405,0		17 050	19 500	20 750	21 350	23 300		
21,0	167,03	1635,0		19 850	22 700	24 100	24 850	27 100		
22,5	188,78	1850,0		22 450	25 650	27 250	28 100	30 650		
24,0	215,49	2110,0		25 600	29 300	31 100	32 050	35 000		
25,5	244,0	2390,0		29 000	33 150	35 250	36 300	39 650		

Диаметр каната, *мм*	Расчетная площадь сечения всех проволок, *мм²*	Расчетный вес 1000 *м* смазанного каната, *кг*	Маркировочная группа по временному сопротивлению разрыву, *кГ/мм²*							
			120	140	160	170	180	200	220	240
			Расчетное разрывное усилие каната в целом, *кГ* (не менее)							
28,0	297,63	2 911,0		35 400	40 450	43 000	44 300	48 350		
30,5	356,72	3 490,0		42 400	48 500	51 500	53 100	57 950		
32,0	393,06	3 845,0		46 750	53 450	56 750	58 500	63 850		
33,5	431,18	4 220,0		51 300	58 600	62 300	64 200	70 050		
37,0	512,79	5 016,0		61 000	69 700	74 050	76 350	83 300		
39,5	586,59	5 740,0	59 800	69 800	79 750	84 750	87 350	95 300		
42,0	668,12	6 535,0	68 100	79 500	90 850	96 500	99 500	108 500		
44,5	755,11	7 385,0	77 000	89 850	102 500	106 000	110 000			
47,5	861,98	8 431,0	87 900	102 500	117 000	121 000	126 000			
51,0	976,03	9 546,0	99 500	116 000	132 500	137 000	142 500			
56,0	1 190,53	11 650,0	121 000	141 500	161 500	167 000	174 000			

Примечания: 1. Канаты, разрывное усилие которых указано справа от жирной линии, изготовляются только из светлой проволоки.

2. Изготовление канатов с временным сопротивлением разрыву 170 *кГ/мм²* допускается только по соглашению сторон.

3. Канаты изготовляются:

а) по назначению:

грузо-людские — ГЛ
грузовые — Г

б) по механическим свойствам проволоки:

высшей марки — В
первой » — I
второй » — II

в) по виду покрытия поверхности проволоки:

из светлой проволоки
» оцинкованной проволоки для условий работы:
легких — ЛС
средних — СС
жестких — ЖС

г) по направлению свивки:

правой свивки
левой » — Л

д) по сочетанию направлений свивки элементов каната:

крестовой свивки
односторонней свивки — О

е) по способу свивки:

раскручивающиеся — Р
нераскручивающиеся — Н

4. Пример условного обозначения:

Канат 12,0-ГЛ-В-ЛСО-Н-180 ГОСТ 2688—69,

где 12,0 — диаметр, *мм*; 180 — временное сопротивление, *кГ/мм²*,

Таблица 2

Канаты стальные. Канат двойной свивки многопрядный типа ЛК-Р конструкции 18×19(1+6+6/6)+1 о. с. (по ГОСТ 3088—69)

Диаметр каната, *мм*	Расчетная площадь сечения всех проволок, *мм²*	Расчетный вес 1000 *м* смазанного каната, *кг*	Маркировочная группа по временному сопротивлению разрыву, *кГ/мм²*						
			120	140	160	170	180	200	220
			Расчетное разрывное усилие каната в целом, *кГ* (не менее)						
6,3	16,88	165,5					2 580	2 865	3 070
6,7	19,66	193,0					3 005	3 340	3 575
7,7	25,85	253,5					3 955	4 275	4 620
8,2	29,28	287,0					4 475	4 845	5 230
9,1	35,72	350,1					5 460	5 910	6 380
11,0	54,16	531,0			7 365	7 825	8 065	8 800	
13,5	78,45	769,0			10 650	11 300	11 650	12 700	
14,5	93,54	917,0			12 700	13 500	13 900	15 200	
16,0	109,98	1 080,0			14 950	15 850	16 350	17 850	
18,5	141,58	1 390,0			19 250	20 450	21 050	23 000	
20,0	161,63	1 585,0			21 950	23 350	24 050	26 250	
21,0	170,40	1 670,0		20 250	23 150	24 600	25 350	27 650	
23,0	223,22	2 190,0		26 550	30 350	32 250	33 200	36 250	
24,5	258,85	2 540,0		30 800	35 200	37 400	38 550	42 050	
27,0	303,04	2 970,0		36 050	41 200	43 750	45 100	49 200	
29,5	374,21	3 670,0		44 500	50 850	54 050	55 700	60 800	
31,5	430,83	4 225,0		51 250	58 550	62 250	64 150	70 000	
34,0	501,10	4 911,0		59 600	68 100	72 400	74 600	81 400	
36,0	566,34	5 551,0		67 350	77 000	81 800	84 350	92 000	
38,5	646,48	6 336,0		76 900	87 900	93 400	96 250	105 000	
41,0	732,02	7 175,0		87 100	99 550	105 500	109 000	118 500	
45,5	892,89	8 751,0		106 000	121 000	129 000	132 500	145 000	
49,5	1 070,17	10 500,0		127 000	145 500	154 500	159 000	173 500	
52,0	1 179,18	11 550,0		140 000	160 000	170 000	175 500	191 500	
54,5	1 293,55	12 700,0		153 500	175 500	186 500	192 500	210 000	
59,5	1 538,38	15 080,0		183 000	209 000	222 000	229 000	249 500	
64,0	1 759,77	17 250,0	179 000	209 000	239 000	254 000	252 000	285 500	
68,0	2 004,37	19 650,0	204 000	238 500	272 500	289 500	298 500	325 500	

Примечания: 1, 2, 3— те же, что и к ГОСТ 2688—69 (стр. 438) со следующими изменениями:

3. Канаты изготовляются:

а) по назначению: грузовые

д) по степени крутимости:

крутящиеся

малокрутящиеся МК.

4. Пример условного обозначения: канат 13,5-Г-1-Л-О-МК-Н—180 ГОСТ 3088—69.

Таблица 3

Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ТК конструкции 6×19(1+6+12)+1 о. с. (по ГОСТ 3070—66)

Диаметр каната, *мм*	Расчетная площадь сечения всех проволок, *мм²*	Расчетный вес 1000 *пог. м* смазанного каната, *кг*	Маркировочная группа по временному сопротивлению разрыву, *кГ/мм²*								
			120	140	160	170	180	200	220	240	260
			Расчетное разрывное усилие каната в целом, *кГ* (не менее)								
3,3	3,62	35,5	—	—	—	—	553	615	676	718	764
3,6	4,38	42,9	—	—	—	—	669	744	818	868	922
3,9	5,20	51,0	—	—	—	—	795	884	969	1 030	1 095
4,2	6,10	59,8	—	—	—	—	930	1 035	1 135	1 205	1 285
4,5	7,07	69,3	—	—	—	—	1 075	1 195	1 285	1 375	—
4,8	8,12	79,6	—	—	—	—	1 240	1 375	1 475	1 580	—
5,5	10,42	102,5	—	—	1 415	1 500	1 590	1 720	1 860	—	—
5,8	11,67	114,5	—	—	1 585	1 680	1 785	1 925	2 080	—	—
6,5	14,53	142,5	—	—	1 970	2 095	2 220	2 400	2 595	—	—
8,1	22,64	222,0	—	—	3 075	3 265	3 370	3 675	—	—	—
9,7	32,52	319,0	—	—	4 420	4 695	4 840	5 280	—	—	—
11,0	44,21	433,5	—	5 255	6 005	6 385	6 580	7 180	—	—	—
13,0	57,70	565,5	—	6 860	7 845	8 330	8 560	9 340	—	—	—
14,5	72,96	715,0	—	8 670	9 900	10 500	10 800	11 800	—	—	—
16,0	90,02	882,5	—	10 700	12 200	13 000	13 400	14 600	—	—	—
17,5	108,86	1 070,0	—	12 900	14 750	15 700	16 150	17 650	—	—	—
19,5	130,11	1 275,0	—	15 450	17 650	18 750	19 350	21 100	—	—	—
21,0	152,58	1 495,0	—	18 100	20 700	22 000	22 700	24 750	—	—	—
22,5	176,86	1 735,0	—	21 000	24 000	25 500	26 300	28 700	—	—	—
24,0	202,92	1 990,0	—	24 100	27 550	29 250	30 200	32 900	—	—	—
25,5	230,76	2 265,0	—	27 450	31 350	33 300	34 300	37 450	—	—	—
27,0	260,41	2 555,0	—	30 950	35 400	37 600	38 750	42 250	—	—	—
29,0	291,84	2 860,0	—	34 700	39 650	42 150	43 400	47 400	—	—	—
32,0	360,06	3 530,0	—	42 800	48 950	52 000	53 600	58 500	—	—	—
35,0	435,47	4 270,0	44400	51 800	59 200	61 450	64 800	70 700	—	—	—
38,5	518,03	5 080,0	52800	61 600	70 400	74 800	77 100	84 050	—	—	—
42,0	610,34	5 985,0	62200	72 550	83 000	87 950	90 600	99 100	—	—	—
45,0	707,42	6 935,0	72100	84 150	96 050	102 000	105 000	114 500	—	—	—
48,0	811,66	7 955,0	82700	96 450	110 000	116 500	120 500	131 500	—	—	—

Примечания: 1. Канаты, разрывное усилие которых указано справа от жирной линии, изготовляются только из светлой проволоки.

2. Изготовление канатов с временным сопротивлением разрыву 170 *кГ/мм²* допускается только по соглашению сторон.

3. То же, что к ГОСТ 2688—69 (стр. 438)

4. Пример условного обозначения: канат 16-ГЛ-В-Р-180 ГОСТ 3070—66.

Таблица 4

Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ТК конструкции 6×37 (1+6+12+18)+1 о. с. (по ГОСТ 3071—66)

Диаметр каната, *мм*	Расчетная площадь сечения всех проволок, *мм*	Расчетный вес 1000 *пог. м* смазанного каната, *кг*	Маркировочная группа по временному сопротивлению разрыву, *кГ/мм²*						
			120	140	160	170	180	200	220
			Расчетное разрывное усилие каната в целом, *кГ* (не менее)						
5,0	8,48	82,5	—	—	—	—	1 250	1 385	1 525
5,4	10,08	98,1	—	—	—	—	1 480	1 650	1 815
5,8	11,84	115,5	—	—	—	—	1 745	1 935	2 130
6,3	13,73	134,0	—	—	—	—	2 025	2 250	2 390
6,7	15,75	153,5	—	—	—	—	2 320	2 580	2 745
7,6	20,22	197,0	—	—	2 650	2 815	2 980	3 200	3 440
8,5	25,25	246,0	—	—	3 310	3 515	3 725	4 000	4 305
9,0	28,10	273,5	—	—	3 685	3 915	4 145	4 455	4 785
11,5	43,85	427,0	—	—	5 750	6 105	6 255	6 795	—
13,5	63,05	613,5	—	—	8 240	8 770	8 960	9 765	—
15,0	85,77	834,5	—	9 840	11 200	11 900	12 200	13 250	—
18,0	111,99	1 090,0	—	12 800	14 650	15 550	15 950	17 300	—
20,0	141,67	1 380,0	—	16 200	18 550	19 700	20 200	21 900	—
22,5	174,84	1 705,0	—	20 000	22 900	24 350	24 900	27 050	—
24,5	211,50	2 060,0	—	24 250	27 700	29 450	30 150	32 750	—
27,0	252,26	2 455,0	—	28 900	33 050	35 100	36 000	39 050	—
29,0	295,93	2 880,0	—	33 900	38 750	41 200	42 200	45 800	—
31,5	343,11	3 340,0	—	39 350	44 950	47 800	48 950	53 150	—
33,5	393,78	3 835,0	—	45 150	51 650	54 850	56 150	61 000	—
36,5	447,91	4 360,0	—	51 400	58 750	62 400	63 950	69 400	—
38,0	505,54	4 920,0	—	58 000	66 250	70 400	72 150	78 250	—
39,5	566,67	5 515,0	—	65 000	74 300	78 950	80 850	87 550	—
44,5	699,34	6 805,0	—	80 250	91 400	97 150	99 500	108 000	—
49,0	846,01	8 235,0	83 200	96 750	110 500	117 500	120 500	130 500	—
54,0	1 006,61	9 795,0	98 800	115000	132 000	140 000	143 500	155 500	—
58,5	1 183,73	11 500,0	116000	135500	154 500	164 500	168 500	183 000	—
63,5	1 372,43	13 350,0	134500	157000	179 500	191 000	195 500	212 000	—
66,5	1 575,07	15 350,0	154500	180500	206 500	219 000	224 500	244 000	—

Примечания: 1. Канаты, разрывное усилие которых указано справа от жирной линии, изготовляются только из светлой проволоки.

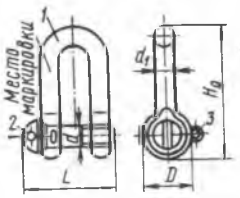
2. Изготовление канатов с временным сопротивлением разрыву 170 *кГ/мм²* допускается только по соглашению сторон.

3. То же, что к ГОСТ 2688—69 (стр. 438).

4. Пример условного обозначения: канат 36,5-ГЛ-В-ЖС-Л-О-Р-160 ГОСТ 3071-66.

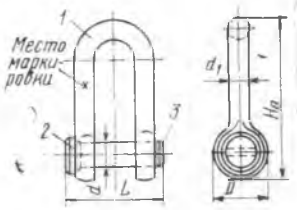
Таблица 5

Скобы такелажные (по ГОСТ 2476—65)



Скоба с резьбовым штырем:

1 — скоба; *2* — штырь; *3* — шплинт



Скоба с гладким штырем:

1 — скоба; *2* — штырь; *3* — шплинт

Типоразмеры скобы	Допускаемая нагрузка, *кГ*	Диаметр стального троса наибольший, *мм*	Размеры, *мм*			Диаметр штыря, *d*	Диаметр скобы, d_1	Теоретический вес скобы в сборе, *кг*
			H_0	*L*	*D*			
Тип СА с резьбовым штырем для стальных тросов								
0,1	100	3,3	36	25	12	6	5	0,017
0,2	250	4,8	49	34	16	8	6	0,043
0,4	400	6,1	63	44	20	10	8	0,09
0,6	600	8,4	72	53	24	12	10	0,15
0,9	900	9,3	87	64	30	16	12	0,29
1,2	1250	11,0	102	73	35	18	14	0,45
1,7	1750	13,0	116	82	40	20	16	0,67
2,1	2100	15,5	132	98	45	24	20	1,07
2,7	2750	17,5	147	108	50	27	22	1,49
3,5	3500	19,5	164	121	60	33	24	2,17
4,5	4500	22,5	182	136	68	36	28	3,15
6,0	6000	26,0	200	157	75	39	32	4,49
7,5	7500	28,5	226	176	80	45	36	6,13
9,5	9500	30,5	255	194	90	48	40	8,50
11,0	11000	35,0	285	217	100	56	45	12,03
14,0	14000	39,0	318	236	110	60	48	15,46
17,5	17500	43,5	345	255	120	64	50	19,40
21,0	21000	48,5	375	289	130	72	60	27,92
24,0	24000	52,0	405	307	140	76	65	35,82
28,0	28000	56,5	435	327	150	85	70	44,85
32,0	32000	60,5	465	344	160	90	75	54,15
37,0	37000	65,0	490	363	170	95	80	64,52
Тип СБ с гладким штырем для стальных тросов								
0,2	250	4,8	49	33	16	8	6	0,048
0,4	400	6,1	63	43	20	10	8	0,097
0,6	600	8,4	72	53	24	12	10	0,16
0,9	900	9,3	87	63	30	16	12	0,31
1,2	1 250	11,0	102	71	35	18	14	0,48
1,7	1 750	13,0	116	81	40	20	16	0,71
2,1	2 100	15,5	132	96	45	24	20	1,13

ПИЛОМАТЕРИАЛЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД (по ГОСТ 8486—66)

Пиломатериалы разделяются на следующие виды:

а) доски (шириной более двойной толщины)—тонкие (толщиной до 32 *мм* включительно), толстые (толщиной более 40 *мм*);

б) бруски (шириной не более двойной ширины);

в) брусья (толщиной и шириной более 100 *мм*).

Размеры пиломатериалов по длине от 1 до 6,5 *м* устанавливаются с градацией 0,25 *м*. Пиломатериалы длиной свыше 6,5 *м* поставляются по специальному заказу.

Таблица 1

Размеры пиломатериалов хвойных пород

Наименование пиломатериалов	Толщина, *мм*	Ширина, *мм*									
Доски	13	80	90	100	110	130	150	—	—	—	—
	16	80	90	100	110	130	150	180	—	—	—
	19	80	90	100	110	130	150	180	200	—	—
	22	80	90	100	110	130	150	180	200	—	—
	25	80	90	100	110	130	150	180	200	220	250
	32	—	—	100	110	130	150	180	200	220	250
	40	—	—	100	110	130	150	180	200	220	250
	45	—	—	—	—	130	150	—	—	—	—
Бруски	50	—	—	100	110	130	150	180	200	220	250
	60	—	—	100	—	130	150	180	200	220	250
	70	80	—	100	—	—	150	—	200	—	—
	75	—	—	100	—	130	150	180	200	220	250
	100	—	—	100	—	130	150	180	200	220	250
Брусья	130	—	—	—	—	130	150	180	—	—	—
	150	—	—	—	—	—	150	180	200	—	—
	180	—	—	—	—	—	—	180	—	220	—
	200	—	—	—	—	—	—	—	200	—	250
	220	—	—	—	—	—	—	—	—	220	250
	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	250

Таблица 2

Объемы одной штуки пиломатериала длиной 6,5 *м* в *м*³ (по ГОСТ 5306—64)

Толщина, *мм*	Ширина, *мм*									
	80	90	100	110	130	150	180	200	220	250
13	0,00676	0,0076	0,00845	0,0093	0,01098	0,01268	—	—	—	—
16	0,0083	0,0094	0,0104	0,0114	0,0135	0,0156	0,0187	—	—	—
19	0,0099	0,0111	0,0124	0,0136	0,0161	0,0185	0,0222	0,0247	—	—

Толщина, *мм*	Ширина, *мм*									
	80	90	100	110	130	150	180	200	220	250
22	0,0114	0,0129	0,0143	0,0157	0,0186	0,0215	0,0257	0,0286	—	—
25	0,0130	0,0146	0,0163	0,0179	0,0211	0,0244	0,0293	0,0325	0,0358	0,0406
32	—	—	0,0208	0,02288	0,02704	0,0312	0,03744	0,0416	0,04576	0,0520
40	—	—	0,0260	0,0286	0,0338	0,0390	0,0468	0,0520	0,0572	0,0650
45	—	—	—	—	0,0380	0,0439	—	—	—	—
50	—	—	0,0325	0,0358	0,0423	0,0488	0,0585	0,0650	0,0715	0,0813
60	—	—	0,0390	0,0429	0,0507	0,0585	0,0702	0,0780	0,0858	0,0975
70	0,0364	—	0,0455	—	—	0,0683	—	0,0914	—	—
75	—	—	0,0488	0,0536	0,063	0,073	0,088	0,0980	0,107	0,122
100	—	—	0,0650	—	0,085	0,098	0,117	0,130	0,143	0,163
130	—	—	—	—	0,110	0,127	0,152	—	—	—
150	—	—	—	—	—	0,146	0,176	0,195	—	—
180	—	—	—	—	—	—	0,211	—	0,257	—
200	—	—	—	—	—	—	—	0,260	—	0,325
220	—	—	—	—	—	—	—	—	0,315	0,358
250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,406

КРУГЛЫЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД (по ГОСТ 9463-60)

Лесоматериалы по толщинам разделяются на:
мелкие — от 8 до 13 *см* с градацией в 1 *см*,
средние — от 14 до 24 *см* } с градацией в 2 *см*.
крупные — от 26 *см* и более }

Таблица 1

Размеры лесоматериалов в зависимости от назначения

Назначение лесоматериалов	Размеры			Породы древесины
	Длина, *м*	Градация по длине, *м*	Толщина, *см*	
Лесоматериалы для распиловки				
Для строительства	4,0—6,5	0,5	Не менее 14	Все породы
Для палубной и шлюпочной обшивки	3,0—6,5	0,5	Не менее 28	» »
Лесоматериалы для использования в круглом виде				
Для свай, гидротехнических сооружений и элементов мостов	6,5—8,5	—	22—34	Сосна, ель, лиственница, пихта европейская и кавказская
Для изготовления плавучестей . .	4,0—6,5	0,5	Не менее 24	Сосна, ель, кедр
Для мачт радио	4,0—12,0	0,5	Не менее 16	Сосна, лиственница
Для опор линий электропередач . .	6,5 и 8,5	—	20—32	Сосна, лиственница
	7,0 и 7,5	—	22—36	
	9,0	—	22—30	
	11 и 16	—	20—27	
	13 и 18	—	26—28	

Таблица 2

Объемы круглых лесных материалов (по ГОСТ 2108—44)

Средний диаметр в верхнем отрубе, *см*	Длина, *мм*											
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
	Объем, $м^3$											
11	0,045	0,053	0,062	0,070	0,080	0,090	0,098	0,108	0,120	0,130	0,140	0,157
12	0,053	0,063	0,073	0,083	0,093	0,103	0,114	0,125	0,138	0,150	0,166	0,180
13	0,062	0,074	0,085	0,097	0,108	0,120	0,132	0,144	0,158	0,173	0,190	0,20
14	0,073	0,084	0,097	0,110	0,123	0,135	0,150	0,164	0,179	0,195	0,21	0,23
15	0,084	0,097	0,110	0,125	0,140	0,154	0,169	0,185	0,20	0,22	0,24	0,25

Средний диаметр в верхнем отрубе, *см*	Длина, *мм*											
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
	Объем, $м^3$											
16	0,095	0,110	0,124	0,140	0,155	0,172	0,189	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28
17	0,107	0,124	0,140	0,158	0,175	0,192	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31
18	0,120	0,138	0,156	0,175	0,194	0,21	0,23	0,25	0,28	0,30	0,32	0,35
19	0,133	0,153	0,174	0,194	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30	0,33	0,36	0,38
20	0,147	0,170	0,190	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42
21	0,163	0,186	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33	0,36	0,40	0,42	0,46
22	0,178	0,20	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,50
23	0,195	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,47	0,51	0,54
24	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,40	0,43	0,47	0,50	0,55	0,58
25	0,23	0,26	0,29	0,32	0,36	0,39	0,43	0,47	0,50	0,54	0,59	0,63
26	0,25	0,28	0,32	0,35	0,39	0,43	0,46	0,50	0,54	0,58	0,63	0,67
27	0,27	0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,58	0,63	0,68	0,73
28	0,29	0,33	0,37	0,41	0,45	0,49	0,53	0,58	0,63	0,67	0,72	0,78
29	0,31	0,35	0,39	0,44	0,48	0,53	0,58	0,62	0,67	0,72	0,78	0,83
30	0,33	0,38	0,42	0,47	0,52	0,56	0,61	0,66	0,72	0,78	0,83	0,89
31	0,36	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,66	0,71	0,77	0,83	0,88	0,95
32	0,38	0,43	0,48	0,53	0,59	0,64	0,70	0,76	0,82	0,88	0,94	1,00
33	0,40	0,46	0,51	0,57	0,62	0,68	0,74	0,80	0,87	0,93	1,00	1,07
34	0,43	0,49	0,54	0,60	0,66	0,72	0,78	0,85	0,92	0,98	1,06	1,13
35	0,45	0,51	0,57	0,63	0,70	0,76	0,83	0,90	0,96	1,04	1,12	1,20
36	0,48	0,54	0,60	0,67	0,74	0,80	0,88	0,95	1,02	1,10	1,18	1,26
37	0,50	0,57	0,63	0,71	0,78	0,85	0,93	1,00	1,08	1,16	1,24	1,33
38	0,53	0,60	0,67	0,74	0,82	0,90	0,97	1,05	1,13	1,22	1,30	1,40
39	0,56	0,63	0,70	0,78	0,86	0,94	1,02	1,11	1,20	1,28	1,37	1,47
40	0,58	0,66	0,74	0,82	0,90	0,99	1,07	1,16	1,25	1,35	1,44	1,54

РАЗЛИЧНЫЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Коэффициенты линейного расширения металлов и материалов

Сталь	0,000012
Чугун	0,000010
Медь	0,000017
Бронза	0,000018
Свинец	0,000029
Бетон	0,000010
Каменная кладка	0,000008
Кирпичная »	0,000007
Стекло	0,000006—0,000009
Дерево вдоль волокон	0,000003

Удлинение или укорочение, вызываемые действием температуры, равно $\Delta = \alpha L t$,

где α — коэффициент линейного расширения;

L — длина стержня;

t — температура нагрева или охлаждения.

Сила, вызывающая укорочение или удлинение закрепленного стержня при изменении температуры на t *град*, равна

$$P = \alpha E t F,$$

где E — модуль упругости, *кГ/см*²;

F — площадь поперечного сечения стержня, см².

Таблица 1

Модули упругости бетона при сжатии и растяжении

Проектная марка бетона по прочности на сжатие	Начальные модули упругости бетона $E_б$, *кГ/см*²					
	тяжелого		легкого			
	обычного	на мелком заполнителе с расходом цемента порядка 500 *кг/м*³ и более	на искусственном крупном и мелком заполнителях		на естественном крупном и мелком заполнителях	
			при объемном весе крупного заполнителя, *кг/м*³			
			>700	300—700	>700	300—700
35	—	—	50 000	35 000		30 000
50	—	—	70 000	50 000		40 000
75	—	—	95 000	65 000		50 000
100	190 000	140 000	110 000	80 000		65 000
150	230 000	170 000	130 000	100 000		80 000
200	265 000	200 000	150 000	115 000		95 000
250	—	—	165 000	125 000		—
300	315 000	235 000	180 000	135 000		—
400	350 000	255 000	—	—		—
500	380 000	285 000	—	—		—
600	400 000	300 000	—	—		—

Примечания: 1. За начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении принимается отношение нормального напряжения в бетоне σ к его относительной деформации ε, при величине $\sigma \leqslant 0{,}2\ R^{н}_{пр}$.

2. Если легкий бетон применяется в конструкциях, для которых невыгодно повышение модуля упругости бетона, значение его определяется по таблице с коэффициентом 1,3.

3. Для легких бетонов значение начальных модулей упругости допускается принимать по таблице с коэффициентом 1,3, если мелкий заполнитель является кварцевым песком.

Модули упругости некоторых строительных материалов, *кГ/см²*

Гранит	490 000
Каменная кладка	60 000
Кирпичная »	30 000
Древесина воздушная сухая	100 000
» во влажном состоянии	70 000
Сталь	2 100 000
Чугун	1 150 000—1 600 000

Таблица 2

Ориентировочные значения коэффициентов трения скольжения

Материалы	Коэффициенты трения			
	покоя		движения	
	насухо	со смазкой	насухо	со смазкой
Сталь по стали	0,15	0,10—0,12	0,15	0,05—0,10
Мягкая сталь по дубу	0,60—0,42	0,12	0,40—0,60	0,10
Дерево по дереву	0,40—0,60	0,10	0,20—0,50	0,07—0,15
Резина » чугуну	—	—	0,80	0,50
Кладка » грунту:				
для глин, суглинков, супесей, известняков и сланцев	0,30	0,25	—	—
для песков	0,40	—	—	—
» галечных и гравийных грунтов	0,50	—	—	—
для скалистых грунтов	0,60	—	—	—
Кладка по бетону	0,76	—	—	—
Кирпич » кирпичу	0,53—0,73	—	—	—
Камни » дереву	0,46—0,60	—	—	—
Сталь » льду	0,027	—	0,014	—
Деревянные полозья по каменному или деревянному пути	—	—	0,38	0,07—0,15
Деревянные полозья по снегу и льду	—	—	0,035	—
Деревянные полозья, обитые железом, по снегу и льду	—	—	0,02	—

Таблица 3

Ориентировочные значения коэффициентов трения качения

Материалы трущихся тел	Коэффициенты качения
Мягкая сталь по мягкой стали	0,005
Закаленная сталь по закаленной стали (шарик в подшипнике)	0,001
Чугун по чугуну	0,005
Дерево по стали	0,03—0,04
» » дереву	0,05—0,08
Экипажи и повозки на дорогах:	
по хорошей асфальтовой дороге	0,010
» булыжной мостовой в хорошем состоянии	0,015—0,020
» шоссейной дороге	0,016—0,028
» грунтовой »	0,045—0,160
» песку	0,150—0,300

Таблица 4

Расчетные характеристики естественных песчаных и глинистых грунтов *C, кГ/см²*, φ, *град* **(по СНиП—Б. 1—62)**

Виды грунтов	Характеристика грунтов	Коэффициент пористости ε				
		0,41—0,5	0,51—0,6	0,61—0,7	0,71—0,8	0,81—0,95
Песчаные грунты						
Гравелистые Крупные	*C*	—	—	—	—	—
	φ	41	38	36	—	—
Средней крупности	*C*	—	—	—	—	—
	φ	38	36	33	—	—
Мелкие	*C*	0,01	—	—	—	—
	φ	36	34	30	—	—
Пылеватые	*C*	0,02	0,01	—	—	—
	φ	34	32	28	—	—
Глинистые грунты при W_p, %	*C*	0,03	0,01	—	—	—
9,5—12,4	φ	23	22	21	—	—
12,5—15,4	*C*	0,14	0,07	0,04	0,02	—
	φ	22	21	20	19	—
15,5—18,4	*C*	—	0,19	0,11	0,08	0,04
	φ	—	20	19	18	17

Виды грунтов	Характеристика грунтов	Коэффициент пористости ε				
		0,41—0,5	0,51—0,6	0,61—0,7	0,71—0,8	0,81—0,95
18,5—20,4	*C*	—	—	0,28	0,19	0,10
	φ	—	—	18	17	16

Примечание.

$$\varepsilon = \frac{\text{Объем пор грунта}}{\text{Объем минеральной части грунта}}$$

W_p = Влажность грунта на границе раскатывания.

Таблица 5

Веса некоторых строительных материалов

Наименование материала	Измеритель	Вес, *кг*
Асбестовый картон	1 $м^2$	3
Асбестоцементные плитки	1 $м^2$	12—18
Бетон:		
с каменным щебнем или гравием	1 $м^3$	2 400
» кирпичным »	1 $м^3$	1 800
шлаком	1 $м^3$	1 600
с керамзитом	1 $м^3$	1 000—1 400
Войлок строительный в кипах	1 $м^3$	300
Глина:		
комовая	1 $м^3$	1 600—1 700
в рыхлом состоянии	1 $м^3$	1 500
Гравий в россыпи	1 $м^3$	1 600—1 800
Грунт растительный	1 $м^3$	1 300
Гидроизол	Рулон	20
Дрова:		
хвойные	1 $м^3$	400—450
березовые	1 $м^3$	500—600
Железобетонные изделия	1 $м^3$	2500
Известь:		
негашеная комовая (в россыпи)	1 $м^3$	800—1 250
пушонка	1 $м^3$	450—550
молотая негашеная	1 $м^3$	700—800
Известняки:		
обыкновенные	1 $м^3$	2 400
плотные	1 $м^3$	2 600
Камень булыжный в штабеле	1 $м^3$	1 800
» бутовый (известняковый, средних и твердых пород в штабеле)	1 $м^3$	1 400—1 700
Камыш	1 $м^3$	120—150

Наименование материала	Измеритель	Вес, *кг*
Кирпич:		
красный	1000 шт.	3 350—3 750
пористый	1000 шт.	1 500—1 600
силикатный	1000 шт.	3700
Лес:		
круглый хвойный сырой	1 $м^3$	750—850
» дубовый »	1 $м^3$	1 000
пиленый хвойный полусухой	1 $м^3$	550—600
» дубовый »	1 $м^3$	750—850
Мусор строительный сухой	1 $м^3$	1200
» » мокрый с песком	1 $м^3$	1800
Опилки древесные навалом	1 $м^3$	200
Песок речной и горный	1 $м^3$	1 500—1 800
» шлаковый	1 $м^3$	800
Пек (в куске)	1 $м^3$	1250
Плиты:		
гипсолитовые	1 $м^3$	1 100
камышитовые	1 $м^3$	360
фибролитовые	1 $м^3$	400
Растворы:		
известковые и смешанные	1 $м^3$	1 900
цементные	1 $м^3$	2 200
Рубероид	Рулон	20—30
Толь	»	11—15
Сухая штукатурка:		
гипсовая	1 $м^3$	700—1 100
древесно-волокнистая	1 $м^3$	500—600
Снег:		
рыхлый	1 $м^3$	100
слежавшийся	1 $м^3$	280
Стекло оконное толщиной 1,5 *мм*	1 $м^2$	4
Фанера	1 $м^3$	700
Уголь:		
каменный навалом	1 $м^3$	900
антрацит »	1 $м^3$	1 000—1 200
Хворост	1 $м^3$	250
Цемент:		
россыпью	1 $м^3$	1 300
в мешках	1 $м^3$	1 700
Шифер искусственный	1 $м^2$	8—10
Щебень из природного камня:		
твердый	1 $м^3$	1 700—1 800
средней прочности	1 $м^3$	1 600
слабой прочности	1 $м^3$	1 450
Шлак:		
доменный гранулированный	1 $м^3$	600—8000
котельный	1 $м^3$	800—1000

Таблица 6

Шкала бальности ветра

Баллы	Характеристика ветра	Скорость		Описание явлений сопровождающих ветер
		м/сек	*км/ч*	
0	Штиль	0,0—0,5	0—2	Дым поднимается отвесно, листья деревьев неподвижны
1	Тихий ветер	0,6—1,7	2—6	Движения флюгера незаметны; направление ветра определяется без прибора
2	Легкий ветер	1,8—3,3	7—12	Дуновение ветра ощущается кожей лица; листья шелестят; флюгер начинает двигаться
3	Слабый ветер	3,4—5,2	13—18	Листья и тонкие ветки деревьев все время колышутся; ветер развевает легкие флаги
4	Умеренный	5,3—7,4	19—26	Ветер поднимает пыль; тонкие ветки деревьев качаются
5	Свежий	7,5—9,8	27—35	Качаются тонкие стволы деревьев; на воде появляются волны с гребешками
6	Сильный	9,9—12,4	36—44	Качаются толстые ветки деревьев; гудят телефонные провода; трудно удержать в руках раскрытый зонтик
7	Крепкий	12,5—15,2	45—54	Качаются стволы деревьев; гнутся большие ветки; при ходьбе против ветра испытывается заметное затруднение
8	Очень крепкий	15,3—18,2	55—65	Ветер ломает тонкие ветки и сухие сучья деревьев; затрудняет движение
9	Шторм	18,3—21,5	66—77	Небольшие разрушения; ветер срывает дымовые трубы и черепицу
10	Сильный шторм	21,6—25,1	78—90	Значительные разрушения; деревья вырываются с корнем
11	Жестокий шторм	25,2—29	91—104	Большие разрушения
12	Ураган	Более 29	Свыше 104	Производит опустошение

Давление ветра в $кГ/м^2$ может быть определено по приближенной формуле

$$q = Kv^2,$$

где q — давление ветра, $кГ/м^2$;
v — скорость ветра, *м/сек*;
K — коэффициент, принимаемый при ветре до 7 баллов — 0,25, свыше 7 баллов 0,14.

Таблица 7

Шкала балльности волнения на морях, озерах и крупных водохранилищах

Баллы	Высота волны, *м*	Характеристика волнения	Состояние водной поверхности
0	0	Волнение отсутствует	Зеркально-гладкая поверхность
1	До 0,25	Слабое	Рябь, появляются небольшие гребни волн
2	0,25—0,75	Умеренное	Небольшие гребни волн начинают опрокидываться, но пена не белая, а стекловидная
3	0,75—1,25	Умеренное	Хорошо заметны небольшие волны, гребни некоторых на них опрокидываются, образуя местами белую клубящуюся пену — «барашки»
4	1,25—2	Значительное	Волны принимают хорошо выраженную форму, повсюду образуются «барашки»
5	2—3,5	Сильное	Появляются гребни большой высоты, их пенящиеся вершины занимают большие площади, ветер начинает срывать пену с гребней волн
6	3,5—6	Сильное	Гребни очерчивают длинные валы ветровых волн: пена, срываемая с гребней ветром, начинает вытягиваться полосами по склонам волн
7	6—8,5	Очень сильное	Длинные полосы пены, срываемой ветром, покрывают склоны волн и местами, сливаясь, достигают их подошв
8	8,5—11	Очень сильное	Пена широкими плотными сливающимися полосами покрывает склоны волн, отчего поверхность становится белой только местами, во впадинах волн видны свободные от пены участки
9	11 и более	Исключительное	Поверхность моря покрыта плотным слоем пены: воздух наполнен водяной пылью и брызгами; видимость значительно уменьшена

АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Автомобили грузовые 11,372—373
Автоприцепы 32, 374
Анкерные плиты 231, 234, 235, 273, 275, 277
Анкерные сваи 270, 271, 273—277
Анкерные тяги 232, 235, 237, 240, 265, 269—271, 273—277
Арматура стальная
— заготовка 178—180, 185, 218—219
— материалы 176—178, 186
— монтаж 184—186, 218—219
— напряжение силовое 187—189, 215—216, 219
— напряжение термическое 213—214
— оборудование 178—179, 183, 187—188, 219
— сварка 180—184, 218
— упрочнение 186—187
Асфальтобетон
— оборудование 334—335
— приготовление 334—336
— состав 333—334
— укладка 336—337

Баржи 378, 381
Бетон
— водонепроницаемость 189
— водоцементное отношение 197
— морозостойкость 189—192, 198
— подвижность смеси 196
— расчетные характеристики 190—191, 451
Бетонирование
— испытание 207—208, 221
— оборудование 199, 201—202
— подводное 108—112
— подогрев материалов 21, 205
— пропаривание 204, 215, 220
Бульдозеры 356
Буксирные суда 379
Буны берегозащитные 344—350

Веса материалов 450—451
Ветер 452
Взрывные работы
— карьерные 309
— подводные 95—101
Водолазные станции 91—92, 380
Водоотлив
— грунтовой 167—171, 173—174
— открытый 165—168, 171—173
Водосбросные колодцы 73—74, 90
Волнение, допустимое при производстве работ 7, 301, 453
Волноломы берегозащитные 344, 346—347, 349
Волноотбойные стены 341, 344

Габариты
— автодорожные 15—17
— железнодорожные 14—16
— инженерных сетей 19, 22
Габионы 322, 325—326
Геодезические знаки 46—47
Гидроизоляция
— анкерных тяг 240, 275—277
— железобетонных шпунтин 271
— » элементов 240
Гидромониторы 63, 66—70, 94
Гидроэлеваторы 94—95
Грунт
— давление 412—413
— классификация при разработке земснарядами 59—62, 79—83
— расчетные характеристики 449—450
— уплотнение 157—161
Грунтонепроницаемость
— больверков 261, 268—271, 274—276

— массивов-гигантов 282, 302
— уголковых стенок 230—236, 240

Дальномеры 54
Домкраты 188, 359

Землесосные снаряды
— на тракторах 76
— плавучие морские 87
— плавучие речные 66—67
Землечерпательные снаряды морские 86

Иглофильтровые установки 169—171

Каменные глыбы 303—304, 307—309
— постели, виброуплотнение 106—108
— конструкция 222, 230—232, 280, 282—283, 339—340, 345—346, 349
— отсыпка 102—103
— ровнение водолазами 105—106
— » планировщиками 103—105
Камень
— для оградительных сооружений 303—304
— основные характеристики 195, 448
Катки 158—159, 335
Качество строительных работ 43—45
Коэффициенты
— линейного расширения 447
— трения 448—449
Компрессоры 376
Контрфильтры (обратные фильтры) 222, 224, 230, 232, 270, 280, 282—283, 320—322
Котлы паровые 377
Краны
— деррики 361
— портальные 363
— самоходные стреловые 362—369
— плавучие 384—390

Лебедки 360
Лед, грузоподъемность 102
Линии разбивки 46—48, 51

Массивы-гиганты
— изготовление элементов 212—216
— основные характеристики 286
— полигоны 213, 292—295
Массивы обыкновенные
— выдержка 209
— изготовление 210—212.
— парки массивов 209—210
— установка и огрузка 228—229
Модуль
— крупности песка 192
— упругости 177, 410, 447—448
Моменты
— изгибающие 394, 396, 399 — 401
— инерции 393—395
— статические 396
— сопротивления 394—395

Насосные станции плавучие 64—65
Насосы
— глубинные 169
— диафрагмовые 165
— самовсасывающие 166
— центробежные 165—166
Нивелиры 56
Нормы
— вертикальных нагрузок на причалы 423—424
— жилой и культурно-бытовой площади 29, 30
— погружения свай 131
— оболочек 146
— продолжительности строительства 38
— расходов воды 19
— складских площадей 27—28
— температуры в помещении 21
— устройства буровых свай 155

Оболочки железобетонные
— изготовление 218—221
— оборудование для погружения 120, 122—123, 134, 136, 144—145, 148—149
— определение несущей способности 137, 138
— основные характеристики 217, 248, 252
Оболочки железобетонные
— полигоны для изготовления 216—218
— предупреждение от повреждений при погружении 147—148
— срезка 253
— удаление препятствий при погружении 150—152
Объемы геометрических тел 420—422
Опалубки
— расчеты 408—410
— термическое сопротивление 206
Опорные реакции 396—397, 399—401
Откосы
— грунтов 156
— подпричальные 246—247, 253, 256—257

Плашкоуты 382
Площади геометрических фигур 419—420
Полиспасты 351, 358
Потеря напора в трубах 71—72, 141
Продольный изгиб 403, 407
Проекты
— производства работ 6—7
— технический 4, 6
— техно-рабочий 5—6

Производственный запас материалов 8
Противопожарные меры
— водоснабжение 16, 19
— разрывы 12—14
—огнестойкость зданий 13

Рабочие чертежи 4
Радиус инерции 394—395
Разгрузочные каменные призмы 222, 229, 270, 340
Рельсовые пути слипов и эллингов 313, 318—319
Рельсы
— железнодорожные 15, 429
— крановые 430

Сборные железобетонные элементы
— бортовая балка 245—247, 249, 250, 252
— допуски 208, 216, 220
— короб коммуникаций 247—252
— оголовки 246, 252
— панели двухребристые 234—236, 245, 249—250, 253
— лицевые 234—236
— фундаментные 234—236
— плиты верхнего строения 249, 253
— контрфорсные 234—236
— кордонные и облицовочные 265, 270, 277—278
— ригель 245—246, 248—250
— тыловая балка 246, 252
— элементы надстройки 272—273, 287, 293
Сваи
— выдергивание 154—155
— деревянные 116—118
— допуски при изготовлении 209
— железобетонные 118—120, 247, 252
— оборудование для погружения 121, 123, 125, 127—130, 134, 136
— определение несущей способности 129—130, 132
— расчеты 410—411
— стальные 118
Сетевые графики 39—43
Слипы 310—311
Сметы 5—6
Скобы такелажные 444
Скреперы 357

Телевизионная подводная установка 93—94
Теодолиты 55
Тетраподы 305
Техника безопасности 4
Тракторы 375
Транспортеры 363
— автомобильный
— непрерывный
Триангуляция 49, 54—55
Турбобур реактивный 149, 151

Укрупненные показатели морских береговукреплений
— буны 345
— волноотбойные стенки 344
— полуоткосные 344
— откосные 342
Укрупненные показатели речных береговукреплений 342
— габионами 325—326
— железобетонными плитами
— монолитными 329—330
— сборными 331—332
— каменной наброской 324
— мощением 324—325
— хворостяными тюфяками 328
Укрупненные показатели набережных
— типа больверк из оболочек 274
— плоского шпунта 271
— таврового шпунта 274
— из массивов-гигантов 288—289
— из массивов обыкновенных 225—226
— уголкового профиля 283
— эстакад на оболочках 1,6 *м* 254—255
— — 1,2 *м* 257
— на сваях 256

Центрифугирование 217, 220—221

Шпунт
— деревянный 261—264
— железобетонный
— плоский 262—263, 265—271
— тавровый 262—263, 266—270, 273—275
— цилиндрический 248, 262—263, 274, 277
— стальной 262—265, 431—432
— расчеты 413—415
Шаланды
— грунтоотвозные 88
— обычные 381

Экскаваторы 352—357
Электрические провода
— голые 35
— изолированные 36
Электростанции
— передвижные 376—377
— плавучие 383
Эллинги 310—311

ЛИТЕРАТУРА

Андреев Н. П., Дубровский А. И., Файнштейн И. С. Справочник по постройке искусственных сооружений. М., Трансжелдориздат, 1962, 512 с.

Багратуни Г. В. (и др.). Справочник геодезиста. М., «Недра», 1966, 984 с.

Биткин Г. В., Горин М. А., Вавилов Н. Г. Гидромеханизация на транспортном строительстве. М., «Транспорт», 1970, 304 с.

Вейнблат Б. М. (и др.). Краны для строительства мостов и транспортных гидротехнических сооружений. М., «Транспорт», 1966, 235 с.

Госстрой СССР. Временная инструкция по разработке проектов и смет для промышленного строительства (СП202—69). М., 1969.

Госстрой СССР. Инструкция о порядке составления и утверждения проектов организации строительства и проектов производства работ. М., Стройиздат, 1967. 49с.

Госстрой СССР. Строительные нормы и правила (СНиП).

Госстрой СССР. ЦНИИОМТП. Справочник инженера-строителя. Том I и II. М., Стройиздат, 1968 (I т, 1008 с.), 1970 (II т, 1045 с.).

Гуревич В. Б. Речные портовые гидротехнические сооружения. М., «Транспорт», 1969.

Джунковский Н. Н. (и др.). Порты и портовые сооружения. Часть II. М., Стройиздат, 1967, 448 с.

Долматовский Ю. А. Тракторы и автомобили. М., «Колос», 1967.

Дуброва Г. А. Методы облегчения и удешевления гидротехнических сооружений. М., «Речной транспорт», 1959. 340 с.

Министерство морского флота СССР. Указания по обеспечению долговечности бетонных и железобетонных морских гидротехнических сооружений (ВСН6-69). М., 1970. 113 с.

Министерство транспортного строительства СССР. Технические условия (указания) производства и приемки работ по возведению морских и речных портовых сооружений (ВСН34—60 и ВСН34—70). М., Оргтрансстрой 1960—1962 и 1970.

Министерство транспортного строительства СССР. Технические указания по повышению морозостойкости бетона транспортных сооружений (ВСН 150—68). М., Оргтрансстрой, 1969.

Министерство транспортного строительства СССР. Технические указания по технологии изготовления и защите бетонных и железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений в суровых климатических условиях (ВСН 118—65). М., Оргтрансстрой, 1965.

Министерство транспортного строительства СССР. Указания по составлению и применению сетевых графиков в транспортном строительстве. М., Оргтрансстрой, 1967.

Справочник механика транспортного строительства. М., «Транспорт», 1966, 640с.

Строительные краны. Справочное пособие. Киев, «Будівельник», 1968.

Министерство транспортного строительства СССР. Технические указания по строительству фундаментов мостов из буровых и бурообсадных станков (ВСН165—70). М., Оргтрансстрой, 1970.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. **Организация строительства портовых гидротехнических сооружений** 3

§ 1. Основные положения 3
Строительные организации 3
Проектно-сметная документация 4
Материально-техническое снабжение 7
Механизация строительных работ 10
§ 2. Организация строительной площадки 11
Территория стройплощадки и размещение производственных сооружений 11
Подъездные железнодорожные пути 14
Автомобильные дороги 15
Водоснабжение 18
Канализация 20
Теплофикация 20
Временные производственные здания 22
Временные складские помещения 27
Временные жилые и культурно-бытовые здания . . 29
§ 3. Электроснабжение 33
Организация электроснабжения 33
Определение потребной мощности 33
Линии электропередач 34
Расчет электросетей на стройплощадках . . . 35
§ 4. Планирование строительства 37
Порядок планирования и сроки строительства . . . 37
Графики выполнения строительных работ . . . 38
§ 5. Контроль качества материалов и исполнительная документация 43
§ 6. Сдача сооружений в эксплуатацию 44

Глава II. **Геодезические и разбивочные работы** 46

§ 1. Основные положения 46
§ 2. Разбивка сооружений на местности 49
§ 3. Точность измерений и ошибки 51
§ 4. Измерение расстояний 52
§ 5. Измерение углов 54
§ 6. Нивелирование 55

Глава III. **Возведение земляных сооружений гидромеханизированным способом** 58

§ 1. Основные положения 58
§ 2. Разработка и транспортирование грунта . . . 58

Разработка грунта гидромониторами 63
Разработка грунта плавучими землесосными снарядами 66
Разработка профильных и непрофильных выемок . . 67
Гидравлическое транспортирование грунта . . . 71
§ 3. Намыв земляных сооружений 72
Подготовительные и вспомогательные работы . . 72
Технология намыва сооружений 72
Обвалование в процессе намыва 73
Сооружение для сброса воды 73
Возведение земляных сооружений на болотах . . 76
§ 4. Производство работ в зимнее время 77

Глава IV. **Морские дноуглубительные и намывные работы** . . . 78

§ 1. Основные положения 78
§ 2. Дноуглубительные работы 84
§ 3. Намывные работы 89

Глава V. **Подводно-технические водолазные работы** 91

§ 1. Основные положения 91
§ 2. Водолазное обследование 92
Обследование дна 92
Обследование сооружений 92
Обследование подводных коммуникаций . . . 93
Обследование с помощью телевидения 93
§ 3. Подводная разработка грунта 94
§ 4. Буровзрывные работы под водой и расчистка дна . . 95
§ 5. Устройство оснований для гравитационных портовых сооружений под водой 101
Устройство песчаных и гравелистых оснований . . . 101
Устройство каменной постели 102
Виброуплотнение подводных каменных постелей . . 106
§ 6. Подводное бетонирование 108
Метод вертикально перемещаемой трубы . . . 108
Метод восходящего раствора 111
Бетонирование методом втрамбовывания . . . 111
Укладка бетона в мешках 112
§ 7. Сварка и резка металла под водой 112
Подводная сварка 112
Подводная резка 114

Глава VI. **Погружение свай и оболочек** 116

§ 1. Конструкция свай 116
Деревянные сваи 116
Стальные сваи 118
Железобетонные сваи 118
§ 2. Направляющие устройства 120
§ 3. Забивка свай молотами 125
§ 4. Погружение свай и оболочек вибропогружателями . 133
§ 5. Подмыв свай 138
§ 6. Особенности погружения шпунтовых рядов . . 141
Стальной шпунт 141
Железобетонный шпунт 142
§ 7. Особенности погружения железобетонных оболочек . 143
Транспортирование оболочек 143
Погружение оболочек без выемки грунта и без применения подмыва 144

Подмыв оболочек и удаление грунта 148
Буровые работы при погружении оболочек . . . 150
§ 8. Устройство буровых свай с уширенной пятой . . 153
§ 9. Выдергивание свай 155

Глава VII. **Ограждение котлованов и водоотлив** 156

§ 1. Перемычки 156
Земляные перемычки 157
Перемычки из каменной наброски и комбинированные . 161
Ряжевые перемычки 162
Шпунтовые перемычки 162
Расчет перемычек 163
§ 2. Удаление воды из котлована 165
Осушение котлованов 165
Поддержание котлована в осушенном состоянии . . 167
§ 3. Гидрогеологические расчеты притока грунтовых вод . 171

Глава VIII. **Бетонные и железобетонные работы** 175

§ 1. Опалубка 175
§ 2. Заготовка и монтаж арматуры 176
Материал и сортамент арматуры 176
Правка, резка и гнутье арматуры 178
Стыкование и сварка арматуры 180
Монтаж арматуры 184
§ 3. Предварительное напряжение арматуры . . . 186
Арматурная сталь 186
Упрочнение арматуры 186
Натяжение арматуры 187
§ 4. Гидротехнический бетон и материалы для его приготовления 189
Общие данные 189
Цемент, добавки и вода 190
Песок 192
Крупный заполнитель 193
§ 5. Подбор состава бетона 195
§ 6. Приготовление и транспортировка бетона . . . 199
§ 7. Укладка бетона 201
§ 8. Уход за бетоном 203
§ 9. Особенности бетонирования в зимнее время . . . 205
§ 10. Контроль качества и допуски 207
§ 11. Изготовление бетонных и бутобетонных массивов . 209
Парки массивов 209
Особенности производства бетонных работ при изготовлении массивов 210
§ 12. Изготовление сборных железобетонных элементов набережных из массивов-гигантов с надстройкой . . 212
§ 13. Изготовление центрифугированных железобетонных оболочек 216
Оборудование полигонов 216
Заготовка, монтаж и натяжение арматуры . . . 218
Формование оболочек методом центрифугирования . 220
Стыкование звеньев оболочек 221

Глава IX. **Причальные сооружения из правильной массивовой кладки** . 222

§ 1. Конструкция причальных набережных 222
§ 2. Конструкция массивов 224
§ 3. Производство работ 228

Глава. X. **Причальные сооружения уголкового типа** 230

§ 1. Конструкция причальных набережных 230
§ 2. Конструкция основных элементов 234
§ 3. Укрупненная сборка элементов уголковых набережных 237
§ 4. Монтаж набережных уголкового типа 238
§ 5. Антикоррозионные мероприятия и уплотнение стыков . 240

Глава XI. **Причальные сооружения эстакадного типа** 241

§ 1. Краткая характеристика и условия применения . . 241
§ 2. Конструкция эстакадных причальных сооружений . 242
Портовые набережные на колоннах-оболочках диаметром 1,6 *м* 242
Набережные и пирсы СРЗ на колоннах-оболочках диаметром 1,6 *м* 242
Набережная для морских рыбных портов на колоннах-оболочках диаметром 1,2 *м* 246
Портовые набережные на призматических сваях сечением 45×45 *см* 246
§ 3. Технические характеристики железобетонных элементов причалов 248
§ 4. Монтаж причалов 257
Погружение и срезка верха колонн-оболочек и свай . 257
Устройство подпричального откоса 257
Монтаж элементов верхнего строения 258

Глава XII. **Причальные набережные типа больверк** 260

§ 1. Краткая характеристика и условия применения . . 260
§ 2. Больверк из деревянного шпунта 262
§ 3. Больверк из стального шпунта 263
§ 4. Больверк из железобетонного шпунта 265
§ 5. Анкерные устройства 275
§ 6. Оголовок, надстройка и засыпка пазух грунтом . . 277

Глава XIII. **Причальные сооружения из сборных массивов-гигантов** . 280

§ 1. Конструкция причальных набережных 280
§ 2. Конструкция массивов-гигантов и надстройки . . . 283
§ 3. Полигоны для монтажа и спуска массивов-гигантов в в воду 293
§ 4. Монтаж массивов-гигантов 295
Сборка 295
Омоноличивание стыков 296
Испытание массивов-гигантов на водонепроницаемость 298
§ 5. Спуск массивов-гигантов на воду 298
§ 6. Буксировка массивов-гигантов 300
§ 7. Установка массивов-гигантов в сооружении и монтаж надстройки 301

Глава XIV. **Набросные оградительные сооружения** 303

§ 1. Конструкции оградительных сооружений . . . 303
§ 2. Производство работ 306
Пионерный способ 306
Строительство с воды 307
Устройство откосов и гребня сооружения из каменных глыб 307
Устройство откосов и гребня сооружения из обыкновенных массивов и фасонных блоков (тетраподов). . 308
§ 3. Карьерные работы по заготовке каменных глыб . . 308

Глава XV. **Судоподъемные сооружения** 310

§ 1. Основные положения 310
§ 2. Строительство подводной части судовозных дорожек . 312
Судовозные дорожки на шпально-балластном основании (тип. I) 312
Судовозные дорожки из сборных железобетонных балок или блоков на грунтовом основании (тип II). . 316
Судовозные дорожки из сборно-монолитных балок, укладываемых на свайное основание (тип. III) . . 317
Судовозные дорожки из сборных железобетонных блоков, укладываемых на отдельные опоры (тип IV) . 317
§ 3. Строительство горизонтальной части слипа . . . 318

Глава XVI. **Укрепление речных берегов и откосов земляных гидротехнических сооружений** 320

§ 1. Подготовка оснований и устройство обратных фильтров 320
§ 2. Укрепление естественным камнем 322
§ 3. Укрепление хворостяными тюфяками с загрузкой камнем 326
§ 4. Укрепление железобетонными плитами 328
§ 5. Укрепление асфальтобетоном 332

Глава XVII. **Морские берегоукрепительные сооружения** 338

§ 1. Основные положения 338
§ 2. Берегоукрепления пассивной защиты 338
§ 3. Берегоукрепления активной защиты 344
§ 4. Организация работ при постройке берегозащитных сооружений на открытых побережьях 349

Глава XVIII. **Технические характеристики основного общестроительного оборудования** 351

§ 1. Оборудование для земляных работ 351
§ 2. Монтажное оборудование 357
§ 3. Транспортное оборудование 370
§ 4. Энергетическое оборудование 376

Глава XIX. **Плавучие средства** 378

§ 1 Самоходные суда 378
§ 2. Несамоходные суда 381
§ 3. Плавучие краны и копры 384

Глава XX. **Расчет конструкций при производстве работ** 392

§ 1. Сопротивление материалов 392
Растяжение и сжатие 392
Геометрические характеристики сечения 393
Изгиб 394
§ 2. Расчет стальных конструкций 400
§ 3. Расчет деревянных конструкций 404
§ 4. Данные для расчета опалубки 408
§ 5. Некоторые данные для расчета свай 410
§ 6. Определение давления грунта на подпорные стенки . . 411
§ 7. Расчет шпунтовых стенок 413
§ 8. Расчет остойчивости 415

Приложения. Справочные данные общего характера . . . 417

1. Единицы измерений 417
2. Некоторые сведения из математики 419
3. Вертикальные нагрузки на портовые причальные сооружения 423
4. Сортаменты прокатной стали, шпунта, труб и гвоздей . . 425
5. Тросы 437
6. Пиломатериалы хвойных пород 443
7. Круглые лесоматериалы хвойных пород 445
8. Различные дополнительные сведения 447

Алфавитно-предметный указатель 454

Литература 457