М. А. Богословский

ВНУТРЕННИЕ ВОДНЫЕ ПУТИ

624.1
Б746

ПРЕДИСЛОВИЕ

В первом издании эта книга в 1940 году была утверждена Управлением учебных заведений Наркомречфлота в качестве учебника для судоводительских отделений техникумов речного флота. Действующая ныне программа курса «Внутренние водные пути», утвержденная для штурманских отделений речных училищ и техникумов Главным управлением учебных заведений Министерства речного флота Союза ССР, значительно расширена по сравнению с прежней программой: в курс дополнительно включены следующие два раздела: 1) судоходная обстановка внутренних водных путей и 2) речные порты и пристани.

Первое издание подверглось значительной переработке в связи с развитием техники речного транспорта и улучшением организации его работы. При переработке текста книги в основу положен важнейший документ, определяющий использование техники речного транспорта, — «Правила технической эксплоатации речного флота СССР» (третье издание), утвержденные Министром речного флота Союза ССР товарищем З. А. Шашковым и введенные в действие по его приказу № 32 от 30 октября 1946 года.

Соблюдение «Правил технической эксплоатации речного флота СССР» — непременное условие выполнения речным транспортом государственных планов перевозок, работы его строго по графику и расписанию и дальнейшего развития стахановского движения. Твердое знание этих правил, а также «Правил плавания по внутренним водным путям СССР» обязательно для всех работников речного транспорта, от бакенщика и матроса до начальника пароходства или бассейнового управления пути, поэтому представлялось уместным привести в учебнике, предназначенном для штурманов речного флота, ряд выдержек из правил технической эксплоатации и из Правил плавания по внутренним водным путям.

Автор стремился возможно полнее отразить в узких рамках учебника опыт передовых работников-стахановцев речного транспорта и те изменения, которые произошли на речном транспорте за последний период.

Автор выражает свою искреннюю признательность руководителю сектора пути Научно-технического совета Министерства речного флота инженеру А. А. Твердислову — ответственному

редактору книги, рецензентам первого издания — кандидату технических наук Л. П. Лавриновичу и инженеру В. Д. Беляеву, рецензентам второго издания — профессору доктору технических наук Б. Ю. Калиновичу и инженеру И. Ф. Попкову, сделавшим ценные замечания при редактировании и рецензировании книги. Одновременно автор благодарит товарищей речников: капитанов, штурманов, гидротехников и эксплоатационников, преподавателей речных училищ и техникумов, высказавших в своих письмах и беседах по поводу первого издания книги «Внутренние водные пути» ряд ценных соображений, которые были использованы при переработке книги для второго издания.

Автор надеется и в дальнейшем получать отклики на книгу «Внутренние водные пути».

Автор

213

ВВЕДЕНИЕ

Союз Советских Социалистических Республик имеет наибольшую по протяженности в мире сеть внутренних водных путей. За тридцать лет советской власти капитально улучшены условия судоходства на таких магистральных речных путях, как Волга, Днепр, Свирь и другие. В первые три сталинские пятилетки построено во много раз больше искусственных сооружений на водных путях, чем за 200 лет в дореволюционной России. Новые каналы: Беломорско-Балтийский канал имени И. В. Сталина, канал имени Москвы, Днепро-Бугский канал, западная часть Мариинского водного пути и новые узлы гидротехнических сооружений на реках Волхове, Днепре, Свири, три уже построенных и сданных в эксплоатацию сооружения на Волге. Иваньковский, Угличский и Щербаковский (б. Рыбинский) гидроузлы представляют собой величественные сооружения сталинской эпохи.

Советский Союз стал великой водной державой.

Закон о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 годы, принятый Верховным Советом Союза ССР, открывает перед речным транспортом широкие перспективы. В послевоенной сталинской пятилетке на восстановление и развитие речного транспорта отпускается огромная сумма денежных средств. Речной транспорт получит много новых судов, землечерпательных снарядов, перегрузочных механизмов для портов и пристаней. В первые годы послевоенной пятилетки речной транспорт досрочно выполнил навигационный план. Чтобы добиться дальнейших успехов, необходимо всем речникам повышать знания техники и организации своей работы.

Речное путевое хозяйство будет значительно усилено. В законе о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 годы записано: «Восстановить Беломорско-Балтийский канал имени И. В. Сталина и приступить к реконструкции Мариинского водного пути; довести общую протяженность судоходных путей до 115 000 километров в 1950 г.».

Командный судоводительский состав речного флота, капитаны и штурманы, должны хорошо знать водные пути и способы улучшения судоходных условий рек и озер; они должны уметь наилучшим образом использовать для судовождения современную технику, применяемую на каналах, шлюзах и гидроузлах, что требует знания устройства и действия гидротехни-

ческих сооружений. При этом объем теоретических знаний должен быть достаточным для дальнейшего самостоятельного изучения водных путей, сознательного обобщения опыта повседневной практической работы и внедрения новых методов судовождения.

Опыт судоводителей-стахановцев показывает, какое огромное значение имеет знание пути для безаварийной проводки большегрузных караванов. Капитан-орденоносец Н. И. Чадаев говорит, что судоводитель «должен находить рельсы на воде». Судоводитель должен вести судно наилучшим способом, экономя время и топливо, не допуская аварий с судами и путевыми сооружениями. Аварии наносят ущерб доверенной водникам социалистической собственности: судам, грузу, гидротехническим сооружениям многомиллионной стоимости, а также угрожают здоровью и жизни людей — ценнейшему капиталу в нашей стране.

В работе речного флота и в речном судовождении происходят значительные сдвиги как вследствие массового развития стахановского движения во всех речных бассейнах, так и вследствие коренной реконструкции сети внутренних водных путей. Возведенные после Великой социалистической октябрьской революции на основе передовой техники такие сооружения, как плотины, шлюзы, гидростанции на реках Волхове, Свири, Днепре, как Беломорско-Балтийский канал имени И. В. Сталина и канал имени Москвы, внесли уже значительные изменения в работу речного транспорта, в условия эксплоатации и судовождения. В связи с окончанием строительства гидротехнических сооружений на Волге у г. Углича и у г. Щербакова судоводителям волжского и соседних бассейнов необходимо детально знать условия плавания на участках водных путей громадного протяжения.

Сталинский план грандиозных работ по реконструкции водного хозяйства страны предусматривает соединение всех рек европейской части СССР в единую сеть связанных между собой внутренних водных путей.

Жизнь предъявляет к судоводителям новые, весьма высокие требования. Нет необходимости доказывать, что для успешной работы на новых каналах и водохранилищах судоводителям нужна хорошая техническая подготовка, чтобы в кратчайший срок примѐниться к новым условиям плавания. Переход на штурманскую систему, проводимый Министерством речного флота, оправдан жизнью. Полагаться на лоцманов при плавании по только что сданному в эксплоатацию водохранилищу нельзя, хотя бы только потому, что не может быть лоцманов, которые знали бы фарватеры вновь созданного искусственного озера. По мере реконструкции существующих водных путей и постройки новых судовождение неизбежно должно будет перейти в руки хорошо теоретически и практически подготовленных штурманов, отчетливо понимающих технические особенности водных путей различного типа и могущих овладеть в кратчайший срок специальной лоцией любого участка воднотранспортной сети Советского Союза.

«ЦК партии и вся наша партия могут сказать водникам только одно: будьте бо́льшими хозяевами своих путей... Вы — хозяева пути; добейтесь же такого положения, чтобы вы были хозяевами не формально, не на словах, а на деле».

(Речь товарища А. А. Жданова на совещании руководящих работников водного транспорта в ЦК ВКП(б) 30 мая 1935 года).

ГЛАВА I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДНЫХ ПУТЯХ

§ 1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

Реки, озера и моря использовались как пути сообщения уже в глубокой древности. Несмотря на развитие железнодорожного, автомобильного и воздушного транспорта, значение для народного хозяйства перевозок по водным путям остается весьма велико.

Дешевизна перевозок по водным путям обеспечивает развитие водного транспорта и в дальнейшем. Относительно небольшие издержки на перемещение грузов по водным путям объясняются в известной мере тем, что значительная часть водных путей используется в их естественном состоянии, что уменьшает расходы на устройство и содержание пути. «Примером выгодности речных перевозок является доставка нефти с Каспийского моря в Москву по водным путям, которая обходится государству в 3,5 раза дешевле, чем по железной дороге»[1].

Протяжение искусственных, т. е. созданных человеком, водных путей значительно меньше, чем протяжение естественных водных путей, используемых для судоходства в их природном виде или после улучшения их судоходного состояния.

Советский Союз занимает первое место в мире по протяженности речной сети. На территории нашей страны протекают многие из крупнейших рек земного шара: Енисей, Обь, Лена, Волга и др. Общая длина рек СССР достигает свыше 2 000 000 км. В СССР имеется около 2000 озер. В 1950 году общая протяженность судоходных путей будет доведена до 115 000 км.

Огромная сеть внутренних водных путей Союза далеко не однородна по своему техническому состоянию. Условия плавания по

[1] З. А. Шашков. Речной транспорт в новой сталинской пятилетке. Москва, 1947 г., стр. 4.

Волге, пропускающей грузов столько же, сколько могла бы перевезти интенсивно работающая пяти-шестиколейная железная дорога, и условия плавания на малых реках, являющихся подъездными путями местного значения, пригодными лишь для плавания мелких судов, весьма различны. Различие в условиях судоходства обусловлено прежде всего не одинаковыми размерами пути.

Основные размеры (габариты) водного пути, влияющие на размеры судов, плотов и в целом караванов (возов) следующие: 1) глубина судового хода; 2) ширина судового хода; 3) радиусы закругления судового хода; 4) подмостовые габариты: ширина пролета между опорами моста в свету и возвышение низа ферм моста над уровнем воды; 5) размеры судоходных шлюзов и других сооружений, используемых для пропуска судов по шлюзованным водным путям, т. е. по судоходным каналам, имеющим ступенчатый продольный профиль, или по рекам, прегражденным плотинами, увеличивающими глубину водного пути. Кроме габаритов пути очень большое значение для работы флота имеет скорость течения; оказывают также влияние и метеорологические условия (ветер, туман и пр.).

На большинстве водных путей габариты судового хода (глубина, ширина) и условия плавания значительно меняются в течение навигации.

Водные пути удобно классифицировать по условиям плавания на морские и внутренние водные пути (кратко называемые речными). Эта классификация полностью отвечает организации водного транспорта Советского Союза, руководство которым осуществляется Министерством речного флота Союза ССР и Министерством морского флота Союза ССР.

Морские водные пути

Естественные: 1) океаны, 2) моря, 3) заливы, 4) проливы, 5) устья рек, доступные для морских судов.

Искусственные: 1) морские соединительные каналы, например, Беломорско-Балтийский канал имени И. В. Сталина, Суэцкий, Панамский, Кильский, Коринфский; 2) морские каналы для подхода к портам с моря; эта группа каналов весьма многочислена в СССР; 3) каналы, проникающие в страну, например, Манчестерский канал.

Внутренние водные пути

Естественные: 1) реки в свободном состоянии, т. е. реки, не прегражденные плотинами, и 2) озера.

Искусственные: 1) шлюзованные реки, т. е. реки, прегражденные плотинами и оборудованные шлюзами — сооружениями для пропуска судов: 2) искусственные озера-водохранилища, 3) судоходные каналы.

Можно ввести для водных путей и такое деление: I) морские пути, II) озерные пути, III) речные пути: а) свободные и б) шлюзованные, IV) каналы.

Провести резкое разграничение между внешними, морскими, и внутренними, речными, водными путями довольно трудно. Не могут служить отличительными признаками ни соленость воды (например, флот на соленых озерах Аральском «море» и Балхаше, находится в ведении Министерства речного флота), ни географическое положение данного морского бассейна: например, перевозки по Каспийскому озеру-морю, изолированному от мировых морских путей, производятся Министерством морского флота, но в то же время Уральское речное пароходство тоже производит перевозки в северной части Каспийского моря, на линии Астрахань — Гурьев, а Куринское речное пароходство — на линии Баку — устье р. Куры. Амурское речное пароходство Министерства речного флота успешно справляется с крупными перевозками грузов по морю с острова Сахалин.

Расположение водных путей относительно государственных границ также не является достаточным признаком для деления водных путей на внешние и внутренние. Внутренние водные пути могут быть пограничными или пересекать территорию ряда государств. К пограничным внутренним водным путям СССР относятся реки Дунай, Амур, Уссури, озеро Ханка. Примером международной реки является Дунай, протекающий по территории Германии, Австрии, Чехословакии, Венгрии, Югославии, Румынии, Болгарии и СССР и доступный для судоходства со стороны моря.

С другой стороны, некоторые моря целиком находятся внутри государственной границы, например, Азовское, Белое.

«Правила технической эксплоатации речного транспорта Союза ССР» содержат в разделе первом («Пути и путевые сооружения») подробные определения внутренних водных путей.

К внутренним водным путям СССР относятся все реки и озера, пригодные для судоходства или сплава, искусственные водные пути, предназначенные для плавания речных и озерных судов и плотов, а также Аральское море (озеро).

Внутренние водные пути подразделяются:

а) в зависимости от густоты движения по ним, размеров плавающих судов и габаритов судового хода — на категории, устанавливаемые Министерством речного флота;

б) в зависимости от продолжительности плавания по ним судов — на водные пути круглонавигационного и периодического пользования;

в) в зависимости от наличия искусственных сооружений, перегораживающих русло реки с целью повышения глубин, — на свободные реки и шлюзованные (искусственные) водные пути; к искусственным водным путям относятся каналы и при отсутствии на них шлюзов;

г) в зависимости от способа транспортирования по ним грузов — на судоходные и сплавные.

К судоходным относятся водные пути, на которых обеспечено безопасное движение судов и плотов в обоих направлениях в течение всей навигации или части ее, а к сплавным те, по которым может совершаться движение несамоходных судов и леса в плотах и россыпью самосплавом только в одном направлении, т. е. вниз по течению.

Внутренние судоходные пути СССР находятся в ведении Министерства речного флота. Содержание водных путей, судоходных сооружений на них осуществляется Министерством через его линейные путевые органы — бассейновые управления пути (БУП) и их технические участки.

Примечание. В ведении Министерства речного флота не находятся: реки, расположенные на крайнем севере и подведомственные Главсевморпути, озеро Севан, река Рион, малые реки, находящиеся в ведении областных и краевых исполнительных комитетов, и устьевые участки рек, расположенные в пределах морских портов и ниже их.

Часть русла реки, пригодная для движения по ней судов, называется судовым ходом (фарватером).

Судовые ходы подразделяются на: а) основные; б) подходные (т. е. ответвления от основного судового хода к портам, отстойным пунктам, местам погрузки и т. п.), расположенные вне водной площади порта, судоремонтного завода или отстойного пункта; в) внутрипортовые, т. е. ответвления от основного судового хода к рейдам, причалам и т. п., расположенным в пределах водной площади порта.

§ 2. ТРЕБОВАНИЯ СУДОХОДСТВА К ВОДНЫМ ПУТЯМ

Нормальная безаварийная работа речного транспорта по перевозке грузов и пассажиров возможна лишь при наличии исправных и пригодных к эксплоатации: 1) судоходных и сплавных водных путей с их путевым хозяйством и сооружениями; 2) флота — транспортного, вспомогательного и технического; 3) портов и пристаней с оборудованием и сооружениями для грузовых работ и обслуживания пассажиров; 4) зимовочных пунктов, судоремонтных заводов, а также устройств для обслуживания и снабжения судов флота; 5) связи и сигнализации.

Водные пути должны содержаться в полной эксплоатационной исправности, их габариты должны быть не меньше установленных (см. § 7). Направление судового хода и границы ходовой полосы должны быть обозначены береговыми и пловучими обстановочными знаками (см. гл. II).

Скорости течения не должны превышать значений, позволяющих буксирным караванам подниматься против течения. Направления течений должны в общем совпадать с ходовой полосой, не создавая опасных для судоходства «раскатов» и косых навальных течений.

Все сооружения должны обеспечивать и удобный безаварийный проход судов и удобную стоянку судов под грузовыми, пассажирскими и техническими операциями.

Водные пути на всей ширине ходовой полосы, а также все водные площади (акватории) портов и пристаней должны постоянно очищаться от опасных для судоходства плавающих и подводных предметов. В случае невозможности немедленного удаления подводных предметов их обозначают предостерегательными знаками. Все виды сигнализации должны исправно действовать в течение всей навигации в любую погоду.

§ 3. ЕСТЕСТВЕННЫЕ ВНУТРЕННИЕ ВОДНЫЕ ПУТИ

Реки

Сеть внутренних водных путей СССР состоит в основном из свободных рек, т. е. из рек, не прегражденных плотинами.

Судоходные условия свободных рек весьма различны и меняются в течение года вследствие изменения уровня воды, глубины, скорости течения, перемещения русла и судового хода и ледовых явлений. Большинство судоходных рек и озер СССР (кроме рек Куры и Риона и озера Иссык-Куль) замерзает зимой на тот или иной срок.

По техническому состоянию и транспортному использованию свободные реки можно разделить на следующие группы:

1) реки круглонавигационного пользования, т. е. пригодные для судоходства в обоих направлениях в течение всей навигации. В зависимости от характеристики судоходства и сплава и от габаритов судового хода реки делятся на разряды и категории (см. таблицу 2);

2) реки периодического пользования, т. е. пригодные для судоходства в обоих направлениях только в течение части навигации. На многих малых реках движение судов возможно только во время высокой воды; при наступлении межени флот приходится отводить на более глубокие реки, а транспортное использование таких малых рек в межень ограничивается сплавом леса. По судоходным рекам запрещается производить сплав леса россыпью (молем), а также сплав челеньями, кошмами и подобными способами без разрешения Министерства речного флота Союза ССР;

3) реки, имеющие отдельные участки, где движение судов возможно только вниз по течению ввиду больших скоростей течения на порогах;

4) реки, имеющие пороги или водопады, разделяющие их на изолированные участки; например, Большой порог в верхнем течении Енисея исключает возможность сквозного судоходства;

5) сплавные реки, находящиеся в ведении Министерства лесной промышленности.

Озера

На территории СССР расположено несколько крупных пресноводных озер: Байкал, с площадью зеркала в 34 140 км² и с максимальной глубиной в 1600 м (самое глубокое пресноводное озеро на земном шаре), Ладожское —площадью в 18 724 км², Онежское — 9890 км², Белое, Ильмень, Чудское и др.

Министерством речного флота эксплоатируются следующие соленые озера СССР: Аральское море и Балхаш. В последнем вода не соленая, а солоноватая.

На крупных озерах при штормах бывает значительное волнение, что вынуждает строить для таких озер специальные озерные суда. На соленых озерах необходимо снабжать все суда питьевой водой, а пароходы обеспечивать пресной водой для питания котлов.

§ 4. ВИДЫ ПРЕПЯТСТВИЙ СУДОХОДСТВУ

Препятствия для судоходства на реках могут быть естественные и случайные.

1. Естественные препятствия, связанные с деятельностью речного потока и геологическим строением ложа реки

К естественным препятствиям можно отнести, независимо от причины их образования, следующие:

а) недостаточные для судоходства глубины на отдельных участках рек, перекаты различных типов, овражные выносы, пороги, отложения наносов в устьях рек (бары);

б) чрезмерно большие скорости течения, затрудняющие судоходство или совсем исключающие возможность движения судов не только против течения, но и по течению; перекаты с большим поверхностным уклоном, шиверы (так называются на р. Лене и на других реках Восточной Сибири узкости с большими скоростями течения), пороги и, наконец, водопады;

в) извилистый фарватер, затрудняющий проход судов из-за малых радиусов закругления;

г) неблагоприятные для судоходства направления течений, например прижимное, угрожающее навалом на берег, отмели или на суда и сооружения;

д) участки, засоренные камнями, т. е. места, где, несмотря на общую достаточную глубину, движение судов и плотов затруднительно или невозможно из-за наличия отдельных твердых выступов дна, обломков скалы или камней-одинцов, а также групп камней, называемых каменными грядами, «огрудками» и «заборами»;

е) водная растительность — слабое течение и илистый грунт способствуют разрастанию камыша, тростника и другой водной растительности, которая на малых реках, в каналах и при-

брежной части озер и водохранилищ может создавать затруднения для судоходства.

Естественные препятствия первых четырех видов устраняются дноуглублением (землечерпанием), выправлением русла, дополнительным питанием, шлюзованием и постройкой обходных каналов. Удаление камней-одинцов, огрудков и каменных гряд в порогах относится к руслоочистительным и дноочистительным работам.

2. Случайные препятствия

Случайные препятствия появляются на судовом ходу в результате процессов формирования русла или деятельности человека. К случайным препятствиям, возникающим вследствие формирования речного русла, следует отнести:

а) карчи, т. е. деревья и пни, упавшие с подмытого берега. Дерево, упавшее в русло с подмытого берега, обычно не остается на месте своего падения, а медленно перемещается по течению. При движении ветви дерева постепенно обламываются, карча намокает, тяжелеет, опускается на дно реки и, наконец, останавливается, так как поток уже не в состоянии ее передвигать. Остановившаяся карча задерживает влекомые по дну наносы и служит причиной образования отмели, которая располагается выше карчи по течению. В то же время сама карча, возвышаясь над дном реки, может повредить проходящие над нею суда. Это особенно часто наблюдается на перекатах, где весною карчи «врастают» в дно реки и покрываются наносами, а в межень при размыве перекатов они обнажаются и представляют серьезную угрозу для судоходства;

б) камни, попадающие в русло вследствие подмыва и обвала берегов или выносимые ледоходом с притоков и ливневыми высыпками из оврагов.

Случайные препятствия, возникающие вследствие деятельности человека, весьма разнообразны. Наиболее часто встречаются:

а) топляки, т. е. лесной материал, затонувший при лесосплаве, плывущие россыпью (молем) бревна и дрова, а также бревна, оторвавшиеся от плотов. Намокшее бревно, прежде чем окончательно утонуть, принимает обычно наклонное положение, с торчащим вверх концом: оно «кланяется», как говорят сплавщики. Такие бревна плохо видны с судна, и малоопытные судоводители и члены команды иногда принимают их за небольшие куски дерева, в то время как подобные топляки являются таранами, пробивающими обшивку судна.

Топляки часто попадают в колеса пароходов, что вызывает тяжелые аварии. Затонувшие бревна-топляки бывали не раз причиной вмятин и проломов обшивки корпуса и затопления судна;

б) утерянные якори и плотовые лоты;

в) затонувшие суда и обломки их;

г) остатки мостовых опор, выправительных сооружений, набережных и т. п. в виде свай, каменной

кладки и каменной наброски. Остатки этих сооружений в русле реки часто представляют большие неудобства для плавания, но так как местоположение их обычно известно, то до уборки их ограждают знаками обстановки — вехами, бакенами, буями;

д) различные случайные предметы — металлический лом, цепи, тросы, артиллерийские орудия, железнодорожные вагоны и т. д. Все это так же, как и карчи, крупные камни, якори, затонувшие суда, представляет опасность в двух отношениях: или самый предмет, возвышаясь над дном реки, угрожает аварией, или же он служит причиной образования водоворотов, отложения наносов, вырастающих иногда в целую отмель или остров, портящий судовой ход.

3. Препятствия на озерах и каналах

На озерах встречаются естественные препятствия: отмели, извилистые фарватеры и камни, и случайные, которые были перечислены выше. На водохранилищах, искусственных озерах могут быть препятствия, связанные с деятельностью человека, например остатки сооружений и деревьев; возможно также образование блуждающих островков из торфа, всплывающего при заполнении вновь выстроенного водохранилища водой.

На судоходных каналах обычно случайные препятствия наблюдаются реже, чем на реках, так как за состоянием каналов ведется более тщательное наблюдение. Если посторонний предмет попадает в русло канала, он вследствие ограниченных размеров поперечного сечения каналов, еще более опасен для судоходства, чем в реке, и должен быть немедленно удален, тем более, что при отсутствии течения признаков подводного предмета на поверхности воды не видно.

§ 5. СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ СУДОХОДНЫХ УСЛОВИЙ РЕК И ОЗЕР

1. Устранение препятствий судоходству

Как известно, даже большие реки в своем природном виде имеют часто те или иные препятствия для судоходства: подводные камни, карчи на фарватерах, мели, перекаты, пороги и пр.

Первым шагом к освоению реки для регулярного судоходства является ознакомление с фарватером и судоходными условиями ее.

Изучение рек обычно начинается с предварительных, рекогносцировочных, обследований и описаний, затем производятся съемки и составляются лоцманские и судоходные карты. Лоцманские и судоходные карты показывают направление и глубину судового хода, расположение препятствий и пр. Подробные судоходные карты весьма облегчают труд судоводителей.

2. Улучшение судоходных условий рек

Для улучшения судоходных условий рек проводятся следующие мероприятия.

1. Обстановка судового хода (судоходная обстановка) — ограждение препятствий, обозначение направления судового хода и габаритов его установленными обстановочными знаками.

Обозначение препятствий, ограждение судового хода плавучими и береговыми обстановочными знаками, а также сигнализация о глубинах и о возможности движения в излучинах и узких проходах значительно повышают безопасность плавания и улучшают использование флота; поэтому обстановку судового хода можно отнести к первичным мероприятиям по улучшению судоходных условий рек.

Обстановка судового хода совершенно необходима на всех естественных и искусственных водных путях со сколько-нибудь значительным движением судов (см. главу II).

2. Руслоочищение, т. е. очистка всего русла и берегов реки от отдельных предметов, которые могут препятствовать плаванию судов и плотов, как, например, камни, карчи, потерянные якори, затонувшие суда и т. д. Руслоочищение наряду с судоходной обстановкой представляет собой основной, первоочередный способ улучшения условий плавания (см. главу III).

3. Дноуглубление, или землечерпание, т. е. углубление судового хода посредством механизированной разработки грунта на дне реки дноуглубительными (землечерпательными) машинами. Углубление дна производится также и взрывами (см. главу IV).

4. Выправление рек, т. е. воздействие на речной поток различными сооружениями в целях образования речного русла желательной формы и глубины, или защиты берегов от размыва и т. п. (см. главу V).

5. Регулирование стока. Этот способ улучшения судоходных условий рек заключается в изменении режима речного стока в соответствии с нуждами судоходства, например, часть весеннего стока во время половодья задерживают в искусственном озере — водохранилище, а во время мелководья, т. е. в межень, накопленную весной воду спускают в реку, чем достигается увеличение глубины (см. главу VI).

6. Шлюзование рек — заключается в увеличении глубин посредством преграждения реки плотинами, поднимающими уровень воды.

После шлюзования река превращается в систему глубоких, с замедленным течением, похожих на озера участков — бьефов, разделенных плотинами. Продольный профиль реки получает ступенчатый вид. Разность уровней воды в соседних бьефах, т. е. разделенных плотиной участках шлюзованной реки, называется напором. Для пропуска судов вверх и вниз из одного бьефа в другой устраиваются судоходные шлюзы (см. главу VII).

7. Другие способы улучшения судоходных условий рек. Кроме перечисленных выше наиболее распространенных способов улучшения судоходных условий применяются туерная тяга и судовозные дороги.

Туеры — самоходные суда, обычно паровые, передвигаются по цепи, уложенной по дну реки и закрепленной на концах участка туерной тяги. Цепь или трос пропускается через тяговые блоки,

приводимые в движение от главной машины туера. Туер при той же мощности машины имеет бо́льшую силу тяги, чем буксир с колесным или винтовым движителем, а потому может поднимать баржи через пороги, где работа обычного буксира невозможна. Движение через Казачинский порог Енисея обслуживается пароходом-туером, работающим круглосуточно на проводке судов. При помощи туерной тяги река, судоходная только в одном направлении или прегражденная порогами, может быть освоена для сквозного движения в обе стороны, если скорость течения в порожистой ее части позволяет применить туерную тягу.

Судовозные дороги, наклонные плоскости устраиваются для перемещения судов по суше в обход порогов и водопадов, для преодоления напора, созданного плотиной, или преодоления разности уровней двух соседних водных путей. Этот способ мало удобен и возможен только при малых размерах судов.

8. Устройство портов, пристаней, судоремонтных баз и пунктов отстоя флота на зимний период хотя и не относится непосредственно к путевым работам, но имеет огромное значение для правильной организации перевозок, так как порты, пристани, судоремонтные заводы и затоны выполняют на водных путях ту же работу, что и станции, депо и паровозо-вагоноремонтные заводы на железных дорогах.

9. Комбинированные способы улучшения судоходных условий рек. Поскольку обстановка судового хода и те или иные портово-пристанские устройства должны быть на каждом сколько-нибудь благоустроенном водном пути, рассмотрим различные случаи комбинированного применения основных методов улучшения судоходных условий рек: а) руслоочищения, б) дноуглубления, в) выправления, г) регулирования стока и д) шлюзования.

В практике наиболее часто встречаются следующие комбинированные способы улучшения судоходных условий рек:

а) руслоочищение и дноуглубление;

б) руслоочищение и выправление;

в) руслоочищение, выправление и дноуглубление, причем выправительные работы обычно имеют целью закрепить и развить результаты, достигнутые землечерпанием;

г) руслоочищение и регулирование стока;

д) шлюзование и руслоочищение;

е) шлюзование, руслоочищение и дноуглубление на отдельных участках;

ж) регулирование стока, дноуглубление, руслоочищение и выправление;

з) регулирование стока и шлюзование.

Примером использования на одной реке всех основных методов улучшения судоходных условий является Волга.

Самый верхний участок Волги питается водой из Верхневолжского водохранилища. От г. Калинина до входа в канал имени Москвы Волга представляет собой водохранилище, называемое

Московским морем, — образованное подпором Иваньковской плотины.

С окончанием в 1942 году постройки гидротехнических сооружений у г. Углича и г. Щербакова (б. Рыбинск) завершилось шлюзование Волги от г. Калинина до г. Щербакова. Щербаковское (Рыбинское) водохранилище имеет настолько большой объем, что позволяет резко увеличить летние меженные расходы воды Волги на участке от г. Щербакова до Камского Устья, что вместе с дноуглублением, руслоочищением и выправлением отдельных перекатов дает глубину в 2,6 м, указанную в резолюции XVIII съезда ВКП(б).

От Камского Устья до Астрахани ~~постоянная~~ проектная глубина поддерживается за счет дноуглубления, выправления (отчасти) и дноочищения.

На верхней, шлюзованной, части р. Шексны применяются также регулирование стока, дноочищение и, частично, дноуглубление.

При совместном применении различных методов улучшения судоходных условий на одном и том же участке реки один из методов может быть основным решающим; так, например, уже в течение около 40 лет на Волге от г. Щербакова до Астрахани глубины поддерживаются в основном с помощью дноуглубления (землечерпания).

В результате дноуглубления, руслоочищения и выправления достигается (при правильном проектировании и производстве работ) увеличение глубин без ощутительного для судоходства изменения режима реки, в частности, скоростей течения.

Возможны случаи, когда после направления реки, разделявшейся в естественных условиях на рукава, в одно русло при выправлении или после расчистки порогов скорости течения значительно увеличиваются и затрудняют взводное судоходство.

Регулирование стока приводит к увеличению расхода воды и скоростей течения в межень и уменьшает расходы и скорости течения во время паводка.

Шлюзование уменьшает скорости течения, но вместе с тем число караванов, пропускаемых за сутки, ограничивается пропускной способностью судоходных шлюзов, соединяющих участки шлюзованной реки с разными уровнями (бьефы), в то время как на свободной реке, улучшаемой посредством дноочищения, дноуглубления, выправления, пропускная способность практически не ограничена. Однако постройкой параллельных шлюзов, т. е. двух и более линий шлюзов, можно увеличить пропускную способность шлюзованной реки до желаемых размеров. При регулировании стока участки рек ниже водохранилищ тоже остаются свободными, с неограниченной пропускной способностью.

3. Улучшение судоходных условий озер

Улучшение судоходных условий озер осуществляется посредством обстановки, дноочищения (удаления с фарватеров камней и затонувших предметов), дноуглубления на подходах к портам, к

М. А. Богословский
БИБЛИОТЕКА

устьям и истокам судоходных рек; устраиваются также прорези для получения транзитной глубины в самом озере; так, например, необходимым является землечерпание в Дерсинской узкости, соединяющей восточную и западную части озера Балхаш. Увеличения глубин озера можно достигнуть также и общим повышением уровня воды в озере, преграждая плотиной реку, вытекающую из озера.

§ 6. ИСКУССТВЕННЫЕ ВНУТРЕННИЕ ВОДНЫЕ ПУТИ

1. Шлюзованные реки

До конца XIX века шлюзование рек производилось исключительно в целях увеличения их глубин. Плотины и шлюзы при них строились малых напоров, обычно не более 2—3,5 м. По мере развития использования водной энергии оказалось целесообразным строить плотины гораздо бо́льшего напора.

На шлюзованных реках с сооружениями небольшого напора, затопляемыми ежегодно во время половодья, для пропуска весенних паводков плотины разбираются (открываются), и судоходство при высоких горизонтах воды производится в условиях свободной реки. В России до Великой Октябрьской социалистической революции строились исключительно затопляемые низконапорные сооружения, так как в экономически и технически отсталой царской России энергия судоходных рек совсем не использовалась.

На шлюзованных реках с незатопляемыми сооружениями плотины обеспечивают возможность круглогодовой работы гидроэлектрических станций, так как напор поддерживается весь год. Суда в течение всей навигации пропускаются через незатопляемые шлюзы.

После Великой Октябрьской социалистической революции в нашей стране построен ряд крупных незатопляемых сооружений: плотин, гидроэлектростанций и судоходных шлюзов. Построены Волховская, Нижне-Свирьская, Днепровская, Иваньковская, Угличская, Щербаковская и другие гидростанции, причем одновременно были шлюзованы реки Волхов, Свирь, Днепр, Верхняя Волга, сделавшиеся пригодными для транзитного судоходства в течение всей навигации.

Условия плавания в подпертых бьефах незатопляемых плотин могут походить и на речные (реки Волхов, Свирь) и на озерные условия плавания. Подпертый участок Днепра выше Днепровской плотины представляет собой озеровидный бьеф и носит название озера Ленина. Образованное на Верхней Волге Иваньковской плотиной, расположенной у входа в канал имени Москвы, водохранилище «Московское море» представляет собой большой искусственный водоем, площадью в 327 км^2.

2. Водохранилища

Крупные искусственные озера-водохранилища можно причислить по условиям плавания к озеровидным бьефам шлюзованных рек или к озерам. Однако ввиду некоторых особенностей эксплоа-

станции крупных водохранилищ их можно выделить в особую группу. Действительно, большие длина и ширина водохранилищ, способствующие образованию волн при штормовых ветрах, и изменение уровня воды в соответствии с графиком использования водных запасов создают ряд особенностей в работе флота. Возникает необходимость в усилении крепления судов, постройке портов-убежищ, устройстве зимовочных пунктов, приспособленных к отстою флота при зимнем понижении уровня воды во время постепенного спуска (сработки) воды из водохранилища, и т. д. СССР имеет крупнейшее в мире искусственное озеро-водохранилище, Щербаковское (б. Рыбинское), с площадью водной поверхности свыше 4000 км².

3. Судоходные каналы

Судоходные каналы могут использоваться: только для судоходства, для водоснабжения и для судоходства (например Канал имени Москвы), для судоходства и подвода воды к гидроэлектростанции, для судоходства и орошения.

По назначению каналы внутреннего судоходства разделяются на следующие группы:

а) соединительные каналы, например, Беломорско-Балтийский канал имени И. В. Сталина — этот канал соединяет Белое море с Онежским озером; Волго-Балтийский и другие каналы, представляющие сквозной (транзитный) путь из одной речной системы в другую;

б) обходные каналы, устраиваемые для обхода препятствий в русле реки в виде порогов, водопадов и т. д. для обхода бурных озер, плавание по которым небезопасно для речных судов (например Приладожские каналы); сюда же можно отнести спрямляющие реку деривационные каналы, а также так называемые боковые каналы, проведенные по долинам рек, непригодных для судоходства;

в) подходные каналы, предназначенные для подхода с реки или с озера к какому-либо порту или промышленному предприятию, например канал для подхода с Оки к пристани «Володары» (Сейма); с той же целью устраиваются и ответвления от каналов.

По устройству различают судоходные каналы открытые и шлюзованные.

Открытые каналы, не имеющие шлюзов, устраиваются для соединения двух водных путей с одинаковым уровнем воды.

Шлюзованные каналы с раздельным (водораздельным) бьефом. Шлюзы на каналах устраиваются для уменьшения объема земляных работ по выемке грунта на водоразделе, лежащем между соединяемыми водными путями.

Шлюзованный канал с одним склоном. Если устройство канала на водоразделе, разделяющем два водных пути с разными уровнями воды, не требует слишком большого объема земляных работ, то канал имеет только один шлюзованный спуск («лестницу шлюзов») и называется каналом с одной ветвью или односклонным (см. главу VIII).

§ 7. ГАБАРИТЫ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

В зависимости от народнохозяйственного значения данного водного пути, а также от осадки и размерений судов и плотов, плавающих по данному пути, назначаются габариты, т. е. основные размеры судового хода, путевых сооружений и мостов. Совершенно очевидно, однако, что габариты пути, существующие в данное время на данном участке сети водных путей, определяют собой размеры и осадку судов и плотов, а также размеры и способы счала баржевых возов и плотокараванов, которые могут двигаться на данном участке пути. При выборе размеров возов и плотокараванов необходимо учитывать, кроме того, скорость течения, определяющую часто наряду с габаритами пути способы учалки и наибольшие возможные размеры возов и плотокараванов.

Все судоходные пути и расположенные на них сооружения должны в пределах установленных габаритов обеспечивать безопасное движение судов, плотов и буксирных возов с установленными скоростями хода.

На искусственных водных путях и отдельных участках естественных водных путей бассейновые управления пути могут устанавливать ограничения скорости хода в целях охраны профиля водного пути и его сооружений от разрушения волной, образующейся при движении судов.

Судовые ходы и искусственные сооружения для пропуска судов на внутренних водных путях характеризуются глубиной, шириной и радиусом закруглений. Допущенные к плаванию на данном водном пути суда по своим размерам в плане и осадке должны соответствовать габаритам водного пути.

В зависимости от степени освоения водных путей для судоходства и от наличия технических средств все судоходные пути делятся на пути с гарантийными габаритами судового хода и без гарантийных габаритов. Гарантийные габариты, обеспечиваемые проведением путевых работ, устанавливаются дифференцированными, т. е. не только минимальными для самых низких уровней воды, но и увеличенными для других, повышенных, горизонтов воды; они могут устанавливаться на всю навигацию или на часть ее.

«Минимальные габариты судового хода, гарантированные к поддержанию, устанавливаются соответственно проектному горизонту воды. Степень обеспеченности проектного горизонта определяется Министерством речного флота для отдельных водных путей или их участков применительно к их гидрологическим характеристикам» [1].

Гарантийные габариты судовых ходов определяются ежегодно Министерством речного флота.

Габаритами внутренних водных путей являются: 1) глубина пути, 2) ширина судового хода, 3) радиус кривизны и 4) подмостовые габариты, а на искусственных водных путях (на шлюзо-

[1] «Правила технической эксплоатации речного транспорта Союза ССР». Москва, 1946 г., § 18.

ванных реках, на каналах и водохранилищах, вход судов в которые лежит через шлюзы) размеры судов, возов и плотокараванов определяются, кроме того, 5) габаритами судоходных шлюзов или других судопропускных сооружений.

1. Глубина судового хода

Глубина пути, определяемая осадкой судов или плотов и запасом глубины под их днищем (рис. 1), может быть выражена в общем виде формулой:

$$h = T + a \quad \text{см}, \tag{1}$$

где:

h — глубина пути в см;

T — осадка наиболее глубоко сидящих судов в см;

a — запас глубины под днищем судна в см.

Глубина на свободных реках в межень и глубина в каналах должны быть установлены такие, чтобы при проходе наибольших судов или возов, допущенных на основании технико-экономических расчетов к плаванию по данному водному пути, выдерживались запасы глубины под днищем в сантиметрах, указанные в табл. 1.[1]

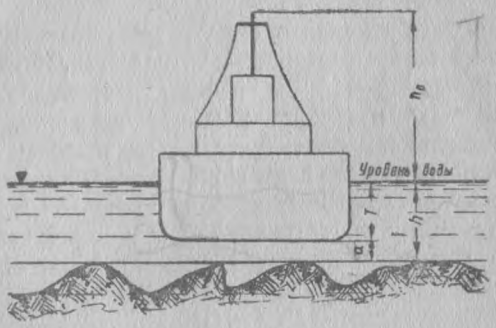


Рис. 1.
Запас глубины под днищем a, осадка судна T, глубина пути h, высота надводной части судна h_c

Если по данному участку пути с установленной глубиной h необходимо пропустить судно, имеющее чрезмерно большую строительную осадку $T_c > h$ (строительная осадка — наибольшая возможная для данного судна осадка в полном грузу), то судно придется загрузить на осадку меньше полной (строительной) осадки так, чтобы был выдержан установленный правилами технической эксплоатации и правилами плавания запас воды под днищем. Следовательно:

$$T_э = h - a \quad \text{см}, \tag{2}$$

где:

$T_э$ — эксплоатационная осадка судна (в см), т. е. осадка, на которую фактически загружено судно в данном рейсе.

Разумеется, $T_э \leqslant T_c$.

[1] «Правила технической эксплоатации речного транспорта Союза ССР». Москва, 1946 г., стр. 10.
«Правила плавания по внутренним водным путям Союза ССР». Москва, 1947 г., стр. 10.

Таблица 1

Наименьшие допустимые запасы глубины под днищем

Глубина в м	На свободных реках						На каналах
	несамоходные суда		несамоходные суда при перевозке нефтегрузов 1-го разряда или взрывчатых веществ		самоходные суда	плоты	все суда и плоты
	при песчаном и галечном грунте	при каменистом грунте	при песчаном или галечном грунте	при каменистом грунте			
До 1,5 . . .	5	10	10	15	10	20	15
От 1,5 до 3,0	10	15	15	20	15	25	20
Более 3,0 .	15	20	20	25	20	30	30

При большой скорости движения суда, в особенности винтовые и колесные самоходные суда, увеличивают свою осадку (углубление) на 10—15 см, а иногда и более. При следовании судна по участкам пути, где запас глубины под днищем меньше или равен увеличению осадки судна на полном ходу, во избежание ударов днищем судна о дно вахтенный начальник дает приказание в машину об уменьшении хода до среднего или даже до малого (в зависимости от свойств судна увеличивать осадку).

Запасы глубины в шлюзах приведены в главе VII (§ 67).

2. Ширина судового хода

Ширина судового хода определяется: а) шириной баржевых буксируемых или толкаемых возов, шириной плотокараванов, шириной самоходных судов; б) характером движения (однопутное или двухпутное) и в) запасами (интервалами) по ширине между судном (возом, плотокараваном) и границами судового хода при однопутном движении, а при двухпутном движении еще и г) запасом (интервалом) между расходящимися судами или возами. Совершенно очевидно, что запасы (интервалы) по ширине должны назначаться с полным учетом местных условий: скорости течения, способа учалки возов, управляемости возов и самоходных судов. В землечерпательных прорезях на свободных реках запасы по ширине устанавливаются для отдельных рек и их участков бассейновыми управлениями пути согласно гарантийным габаритам.

Ширина судового хода при однопутном движении определяется следующими формулами (рис. 2):

$$B_{1сх} = B_в + 2в \quad м; \qquad (3\text{-а})$$

$$B_{1сх} = B_{бк} + 2в' \quad м; \qquad (3\text{-б})$$

$$B_{1сх} = B_{пас} + 2в'' \quad м, \qquad (3\text{-в})$$

где:

$B_{1сх}$ — ширина судового хода при однопутном движении в м;

$B_в$ — ширина воза в м;

$B_{бк}$ — ширина буксирного паротеплохода в м;

$B_{пас}$ — ширина грузо-пассажирского (пассажирского) паротеплохода в м;

$в$, $в'$, $в''$ — запасы по ширине между подвижным составом флота и границами судового хода.

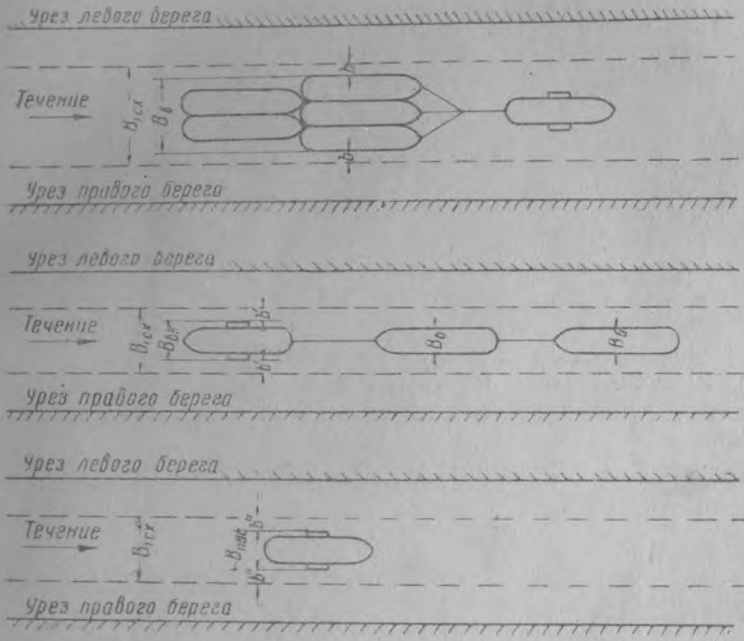


Рис. 2. Схемы определения ширины судового хода при однопутном движении

Ширина судового хода при двухпутном движении определится следующими формулами (рис. 3):

$$B_{2сх} = B_в + B_{бк} + в_1 + в_2 + в_{пр} \quad м; \qquad (4\text{-а})$$

$$B_{2сх} = B_{пл} + B_{бк} + в'_1 + в'_2 + в'_{пр} \quad м; \qquad (4\text{-б})$$

$$B_{2сх} = B_в + B_{бк} + в''_1 + в''_2 + в''_{пр} \quad м, \qquad (4\text{-в})$$

где:

$B_{2сх}$ — ширина судового хода при двухпутном движении в м;

$B_{пл}$ — ширина плота, идущего вниз, в м;

$в_{пр}$, $в'_{пр}$, $в''_{пр}$ — запас по ширине между расходящимися возами в м.

Остальные обозначения приведены в связи с формулой (3).

Кроме случаев, определяемых схемами, показанными на рис. 2 и 3, и формулами (3) и (4), могут быть и некоторые другие: на-

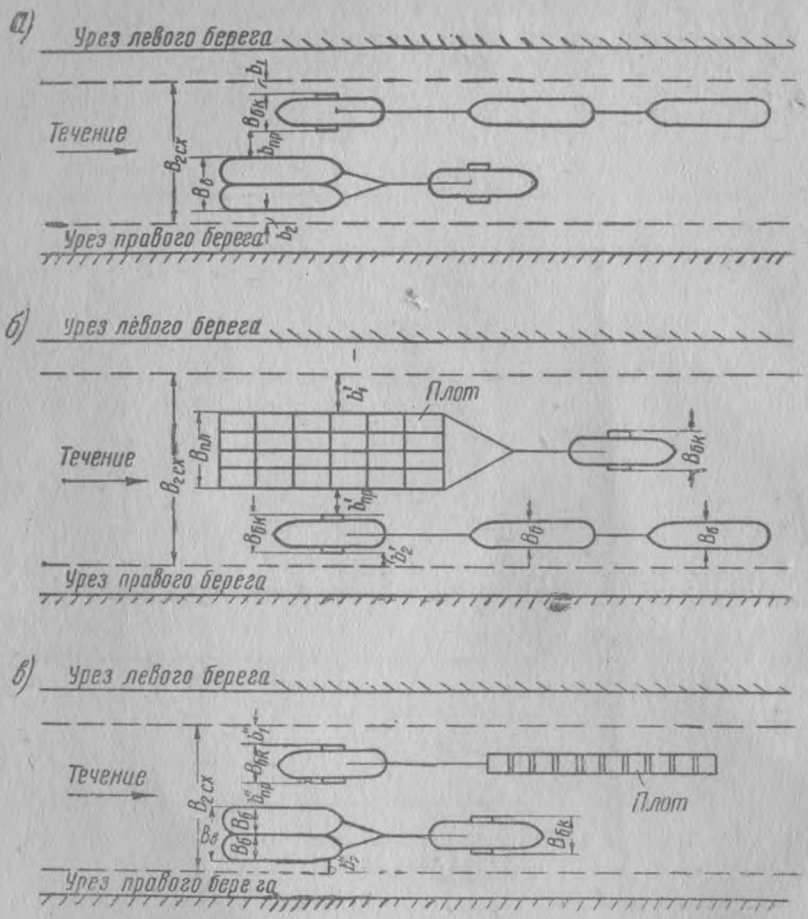


Рис. 3. Схемы определения ширины судового хода при двупутном движении

пример, если ширина буксирного паротеплохода (винтового) меньше ширины барж воза, учаленного в кильватерную колонну («гуськом», «врасчалку»), то формулы (3-б), (4-а) и (4-б) будут иметь вид:

$$B_{1сх} = B_б + 2в' \quad м;$$

$$B_{2сх} = B_в + B_б + в_1 + в_2 + в_{пр} \quad м;$$

$$B_{2сх} = B_{пл} + B_б + в'_1 + в'_2 + в'_{пр} \quad м, \qquad (4\text{-г})$$

где: $B_б$ — ширина несамоходного судна (баржи) в м.

Цифровые данные о запасах по ширине в шлюзах приведены в главе VII (§ 67), о запасах по ширине в каналах — в главе VIII (§ 82).

3. Радиусы кривизны судового хода

Радиусы кривизны судового хода, имеющиеся на данном водном пути, определяют наибольшую длину судна или наибольшую длину жестко счаленного воза (например воза, жестко учаленного для толкания), допущенного к плаванию на данном участке пути, а именно:

$$L_{max} = \frac{1}{6} R \div \frac{1}{5} R \quad м, \qquad (5\text{-а})$$

где:

R — радиус кривизны судового хода в м;

L_{max} — наибольшая допускаемая длина судна или жестко учаленного воза в м.

При устройстве же пути, рассчитанного на пропуск судов заданной длины L_{max} радиусы кривизны («радиус закругления») определяются следующей формулой (рис. 4):

$$R \geqslant 5L_{max} \div 6L_{max} \quad м. \qquad (5\text{-б})$$

Когда радиусы кривизны превышают длину наибольшего судна в пять-шесть раз, то движение флота на криволинейных участках

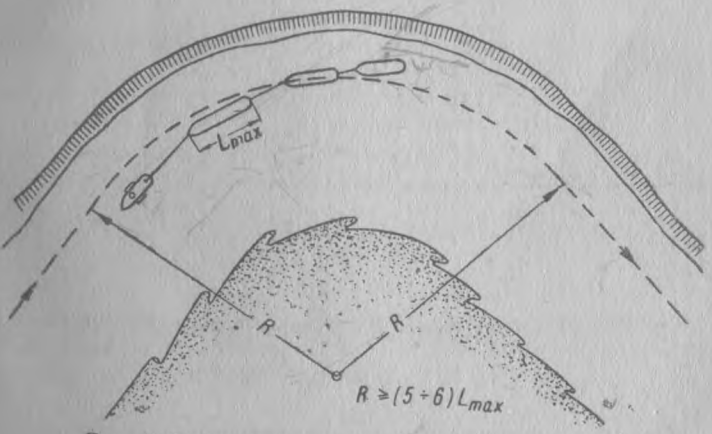


Рис. 4. Схема криволинейного участка пути

пути происходит без всяких осложнений (при непременном условии, что судоводители правильно учитывают свал воды и возможный раскат воза).

«Для отдельных участков в исключительных случаях может быть допущено снижение радиусов, но не менее, как до троекратной длины наибольшего судна» [1]:

$$R_{min} \geqslant 3L_{max} \quad м, \tag{6}$$

где:

R_{min} — минимальный радиус кривизны, допускаемый в исключительных случаях.

Судоводители должны принимать все меры предосторожности (расчалка воза, спуск цепей-волокуш и т. д.) при проводке возов через кривые участки пути со столь малыми радиусами кривизны.

На криволинейных прорезях, реконструируемых участках и вновь строящихся водных путях габаритная ширина судового хода должна быть больше, чем на прямых участках. Нормы уширения каналов на криволинейных участках приведены в главе VIII (§ 82).

4. Подмостовые габариты

Подмостовые габариты должны соответствовать Государственному общесоюзному стандарту ГОСТ 3035-45.

Подмостовым габаритом называется предельное поперечное, т. е. перпендикулярное оси моста и направлению течения, очертание мостового пролета в свету, которое должно оставаться совершенно свободным для беспрепятственного пропуска судов и лесосплава.

В пространство, ограниченное подмостовыми габаритами, не должны вдаваться никакие элементы конструкции моста.

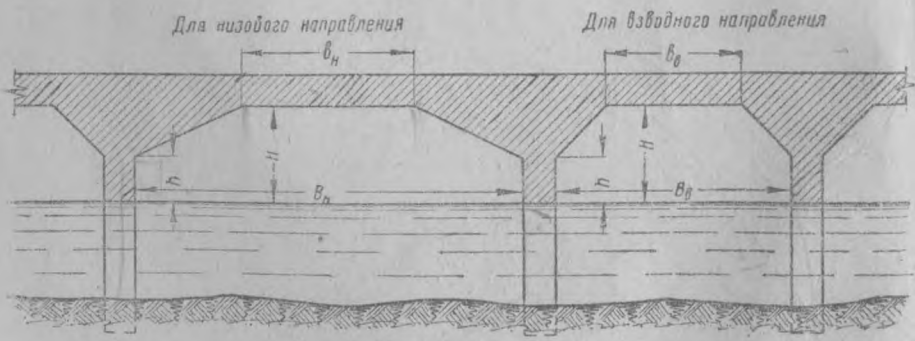


Рис. 5. Подмостовые габариты

При определении подмостового габарита вновь строящихся или реконструируемых мостов для установления категории реки надлежит согласно ГОСТ 3035-45 руководствоваться табл. 2.

[1] «Правила технической эксплоатации речного транспорта Союза ССР». Москва, 1947 г., § 21.

Таблица 2

Разряды и категории рек

Разряд реки	Характеристика судов и плотов	Категория реки	Глубина в межень в м
Сверхмагистрали	Трехэтажные пассажирские суда и нефтеналивные суда шириной до 24 м, плоты шириной до 100 м	Вне категории	Более 2,0
Магистрали 1-го разряда	Трехэтажные пассажирские суда, плоты шириной до 100 м	I	2,0 — 1,5
Магистрали 2-го разряда	Двухэтажные пассажирские суда, плоты шириной до 85 м	II	1,5 — 1,0
Реки местного значения	Двухэтажные пассажирские суда, плоты шириной до 56 м	III-а	1,0 – 0,7
То же	Полутораэтажные пассажирские суда, плоты шириной до 36 м	III-б	
Малые реки . . .	Полутораэтажные пассажирские суда, плоты шириной до 36 м . . .	IV-а	Менее 0,7
То же	Пассажирские катеры, плоты шириной до 24 м	IV-б	
Сплавные реки .	Пассажирские катеры, плоты шириной до 14 м	V-а	
То же	Сплав молем	V-б	

Установив категорию реки, определяют размеры подмостовых габаритов (рис. 5), согласно ГОСТ 3035-45, по табл. 3.

Таблица 3

Размеры подмостового габарита в м

Категория реки	Ширина B			Высота H	Высота h на мостах	
	постоянные мосты		временные мосты			
	для пролетов низового направления $B_н$	для пролетов взводного направления $B_в$	для обоих направлений		постоянных	временных
Вне категории	140	110	По согласованию с Министерством речного флота СССР	13,5	5,0	—
I	140	90		12,5	4,0	—
II	120	70		10,0	3,5	—
III-а	80	60	50	10,0	2,5	1,5
III-б	60	40	40	7,0	2,5	1,5
IV-а	50	30	30	7,0	1,5	1,0
IV-б	30	20	20	4,0	1,5	1,0
V-а	20	—	16	3,5	1,0	1,0
V-б	9	—	—	1,5	1,0	1,0

Ширина $B_н$ и $B_в$ подмостового габарита (см. рис. 5) определяется на уровне наименьшего меженного судоходного горизонта, причем ширина должна быть такой же и ниже этого горизонта до указанной в табл. 2 глубины в межень.

Ширину $в_н$ и $в_в$ определяют следующим образом. Для рек вне категории и I и II категорий $в = {}^2/_3 B$, если колебания горизон-

тов не превышают 4 м; при больших колебаниях горизонта для рек прочих категорий $в = 0{,}5\ B$. Высоты H и h отсчитывают от уровня расчетного судоходного горизонта. Определение расчетного судоходного горизонта производится на основании водомерных наблюдений за время существования на реке ближайших от моста водомерных постов.

5. Габариты воздушных проводных электролиний

При устройстве через водные пути проводных электролиний габариты пространства, ограниченного проводами и опорами электролиний, определяются ОСТ НКТП $\frac{8354}{1000}$.

«При пересечении судоходных и сплавных рек или каналов наинизшая точка провода должна быть на 1,5 м выше наиболее высоких мачт судов при наивысшем судоходном горизонте и на 1,5 м выше габарита сплава при горизонте наивысшего паводка. Вертикальное расстояние между наинизшей точкой провода и поверхностью самой высокой воды во всяком случае должно быть не менее 6 м.

В случае наличия на судоходной реке постоянных мостов, не имеющих разводных или подъемных пролетов, высота наинизшей точки провода берется на 1,5 выше нижнего пояса моста»[1].

«Расстояние наинизшей точки провода от наиболее высоких мачт судов при наивысшем горизонте воды должно быть не менее одного метра, а при переходе электрической линии высокого напряжения — не менее двух метров».

Мачты или опоры проводов, пересекающих водный путь, имеющий бечевник, должны быть расположены не ближе 10 м от верхней бровки откоса.

Подводные электрические кабели, как правило, должны быть уложены на прямых, глубоких и устойчивых участках реки, дно и берега которых мало подвержены размыву.

Не рекомендуется прокладывать подводные кабели на перекатах и других затруднительных участках пути, где требуется систематически производить дноуглубительные и дноочистительные работы. Не рекомендуется прокладывать подводные кабели через рейды, гавани, затоны, зимовочные акватории и у мостов. В местах прокладки подводных кабелей не допускается движение судов и плотов с опущенными цепями-волокушами и лотами.

§ 8. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПУТЕЙСКОГО ХОЗЯЙСТВА МИНИСТЕРСТВА РЕЧНОГО ФЛОТА СОЮЗА ССР

Внутренние судоходные пути Советского Союза находятся в ведении Министерства речного флота. Руководство всем путейским хозяйством осуществляется Главным управлением водных пу-

---

[1] Общесоюзный стандарт, Электрические линии сильного тока, $\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКТП}} — \frac{8354}{1000}$. Стандартгиз, Москва, 1935 г.

тей (Главводпуть) Министерства через его линейные органы — бассейновые управления пути (БУП) и их технические участки.

Начальник технического участка и главный инженер технического участка (начальник плеса) руководят всеми работами по поддержанию габаритов водных путей, входящих в границы участка, утверждаемые Министром речного флота.

Для поддержания габаритов пути бассейновые управления пути и технические участки имеют дноуглубительные и дноочистительные снаряды, водолазные краны, разъездные служебные паротеплоходы, паротеплоходы-шаландеры, буксировщики и прочие обслуживающие суда.

На каждом участке имеется начальник обстановки технического участка, которому подчинены начальники районов судоходной обстановки и производители дноочистительных и берегоочистительных работ. Обстановочный район делится на обстановочные старшинские участки, состоящие из нескольких обстановочных постов. Кроме того, при БУПах и технических участках имеются диспетчерско-информационные службы и взрывные партии.

Для проверки соответствия габаритов судов и возов габаритам пути технические участки бассейновых управлений пути имеют обмерные пункты.

Существование обмерных пунктов не снимает с судоводителей ответственности за соответствие габаритов судов и возов габаритам данного пути, так как, по правилам плавания, «проверка соответствия габаритов судов и возов габаритам пути производится в пунктах отправления капитанами паротеплоходов»[1]. В вахтенных журналах за подписью капитана паротеплохода и капитана рейда отмечается осадка судов и плотов.

Обмеры судов и плотов в пути обмерными пунктами технических участков пути обязательны при наступлении мелководья, при пропуске через временно закрытые участки пути с малыми глубинами, перед входом на искусственные участки пути, а также по требованию судоходной инспекции.

ГЛАВА II

ОБСТАНОВКА РЕК И ОЗЕР

§ 9. ЗНАЧЕНИЕ СУДОХОДНОЙ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ РАБОТЫ ФЛОТА

Судоходная обстановка на внутренних водных путях обозначает границы, направление и глубину судового хода, границы акваторий, т. е. водных площадей, портов, пристаней и затонов, а также ограждает препятствия и сооружения, расположенные в границах судовых ходов или в непосредственной близости от них. Основная задача обстановочной службы, ведающей судоходной обстановкой, — обеспечение безопасного безостановочного движения судов и плотов в течение всей навигации. Кроме того, судоходная обстановка должна давать судоводителям возможность использовать при ходе вниз участки русла с наибольшими скоростями течения, а при движении вверх — участки русла с малыми скоростями течения, т. е. тиховоды. Обозначение знаками судоходной

[1] «Правила плавания по внутренним водным путям Союза ССР». Москва, 1947 г., § 14.

обстановки вторых ходов с тиховодами имеет особое значение в полноводный период, когда при высоких уровнях воды увеличивается и скорость течения. Правильно расставленная и тщательно обслуживаемая судоходная обстановка позволяет наиболее полно использовать грузоподъемность речного флота.

На регулярно эксплоатируемых водных путях судоходная обстановка должна действовать непрерывно с момента очищения водного пути от льда весной до наступления зимнего ледостава, а на временно эксплоатируемых водных путях — в течение всего периода эксплоатации. Все знаки судоходной обстановки должны точно соответствовать знакам, указанным в «Правилах плавания по внутренним водным путям Союза ССР», и установленным стандартам, содержаться в полной исправности в течение всего эксплоатационного периода и действовать в любую погоду.

Бассейновые управления пути и их линейные органы извещают судоводителей через диспетчеров, начальников пристаней, старшин обстановки и других должностных лиц, а также в информационных листках о времени открытия и закрытия обстановки. Такими же способами судоводители извещаются о всех производимых в течение навигации изменениях в составе, расположении, окраске и освещении знаков судоходной обстановки. Ввиду исключительного значения обстановки для безаварийной и успешной работы флота судоводители обязаны беречь знаки обстановки, не сбивать бакены и пловучие вехи, а о всех неисправностях обстановки немедленно сообщать начальникам пристаней, диспетчерам и органам Главводпути.

В случае неисправности обстановки вахтенный начальник судна вызывает звуковым сигналом постового бакенщика.

§ 10. КЛАССИФИКАЦИЯ СУДОХОДНОЙ ОБСТАНОВКИ

В зависимости от водного пути судоходная обстановка бывает речная, озерная, имеющая много общего с морской обстановкой (последняя в этом курсе не рассматривается), и канальная; наконец, ряд особенностей имеет обстановка шлюзов. Для удобства изучения обстановка шлюзов изложена после описания устройства и действия судоходных шлюзов (см. главу VII, § 79), а канальная обстановка — после описания судоходных каналов (см. главу VIII, § 87).

1. Двусторонняя (латеральная) и компасная (кардинальная) системы пловучей обстановки

Ограждение фарватеров пловучими обстановочными знаками можно производить по одной из двух систем.

Двусторонняя, или латеральная, система обстановки построена на различии границ (сторон) судового хода. Все реки, находящиеся в ведении Министерства речного флота, а также некоторые озера и водохранилища, обставлены по латеральной системе, причем правой границей (стороной) судового хода считает-

ся та, которая расположена по течению вправо, т. е. ближе к правому берегу; левая граница (сторона) судового хода лежит влево по течению, т. е. ближе к левому берегу.

На проточных озерах и водохранилищах, обставленных по латеральной системе, правой границей судового хода считается также находящаяся вправо по течению. Двусторонняя система очень удобна для обстановки фарватеров небольшой ширины.

Компасная, или кардинальная, система указывает положение опасности и ограждающего эту опасность знака относительно четырех главных румбов компаса: — севера N, востока E (East) или O (Ost), юга S и запада W.

Компасная система удобна для ограждения опасностей, расположенных у берегов или среди обширных водных пространств, доступных для движения кораблей в любом направлении; поэтому она применяется на морях и больших озерах. Знаки обстановки компасной системы, представляющие собой озерные и морские вехи и буи, надо оставлять с той стороны от курса судна, которая соответствует их значению; например, северный знак проходящее судно должно оставить к северу, а само пройти южнее его, так как препятствие (камень, отмель и т. п.) лежит к северу от данного знака.

2. Береговая и пловучая обстановка

По месту расположения знаков судоходная обстановка может быть береговая и пловучая.

Береговая обстановка имеет преимущественное применение вследствие более удобного обслуживания, лучшей сохранности знаков обстановки, бо́льшей надежности их действия, а также вследствие того, что береговая обстановка указывает направление фарватеров и тогда, когда пловучая обстановка снята из-за ледохода или по другим причинам.

Пловучая обстановка при наличии достаточной береговой обстановки носит вспомогательный характер и служит для более подробного обозначения границ судового хода и для ограждения опасностей (подводных камней, затонувших судов и т. п.), находящихся в границах судового хода. При частых изменениях судового хода пловучая обстановка очень удобна.

Капитаны и штурманы речного флота должны уметь безаварийно водить суда при отсутствии пловучей обстановки, когда приходится ориентироваться только по естественным приметам (очертания берегов, горы, холмы, леса, отдельные деревья, здания и поселки на берегах, направление течения). Пловучая обстановка отсутствует во время ледохода.

3. Дневная и освещаемая (ночная) обстановка

Береговая и пловучая обстановка может быть дневная, не освещаемая, и ночная, освещаемая. Дневная обстановка применяется на водных путях со слабым движением. Ночная обстановка

применяется на водных путях с большим движением судов. Освещаемая обстановка должна тщательно обслуживаться и удовлетворять следующим требованиям:

1) все огни на освещаемых знаках должны гореть от захода до восхода солнца; 2) надлежащая яркость огней в течение всей ночи должна обеспечиваться при всякой погоде; 3) цвет огней береговых и пловучих знаков судоходной обстановки должен быть хорошо различим на расстояниях, установленных «Правилами плавания по внутренним водным путям Союза ССР».

4. Меженняя и паводковая (весенняя) речная обстановка

На реках с значительными колебаниями уровня воды положение меженнего фарватера может сильно отличаться от положения фарватера во время паводка. Это вынуждает устанавливать весенние обстановочные знаки. На большинстве рек СССР главный паводок проходит весной, поэтому эти знаки и называются весенними. Они ограждают временно затопленные бровки яров и острова.

5. Категории судоходной обстановки

В зависимости от значения водного пути и условий плавания применяются три категории судоходной обстановки. Когда же категория обстановки уже определена, то наличие на данном водном пути обстановки той или иной категории определяет в свою очередь характер возможного движения судов и плотов.

Первая категория обстановки — береговая и пловучая освещаемая обстановка — необходима на реках с круглосуточным двусторонним движением и применяется на водных путях большого, государственного, значения. Знаки обстановки первой категории располагают так, чтобы от любого знака можно было видеть не менее одного смежного знака как вверх, так и вниз по течению. Береговые знаки должны быть расставлены настолько часто, чтобы можно было водить суда от знака на знак днем и с огня на огонь ночью.

Вторая категория обстановки — освещаемая береговая и частично освещаемая (только на наиболее затруднительных участках) пловучая обстановка — служит для обеспечения круглосуточного движения судов при условии использования судоводителями не только знаков обстановки, но и естественных примет.

Третья категория обстановки — дневная береговая и пловучая обстановка, обеспечивающая плавание судов только в светлый период суток, — применяется на водных путях с незначительным судоходством. Знаки обстановки третьей категории не освещаются, поэтому движение судов и плотов происходит днем (иногда в светлые ночи) при использовании судоводителями одновременно знаков обстановки и естественных ориентиров.

6. Классификация знаков судоходной обстановки по их назначению

Обстановочные знаки по своему назначению разделяются на: а) указательные, б) оградительные, в) разрешительные, г) предупредительные и оповестительные.

а) Указательные знаки обозначают направление судового хода. К ним относятся: 1) перевальные, 2) створные, 3) ходовые и 4) мостовые знаки и огни, расположенные в середине мостовых пролетов, 5) путевые огни на каналах, 6) маяки и 7) опознавательные знаки.

б) Оградительные знаки обозначают границы судового хода, а также ограждают опасности, препятствия и сооружения, расположенные в границах судового хода или в непосредственной близости от них. К оградительным знакам относятся: 1) вехи, 2) бакены, 3) буи, 4) весенние знаки и 5) мостовые знаки и огни на мостовых быках и устоях.

в) Разрешительные и запретительные знаки служат для регулирования движения судов на отдельных участках пути, где имеются шлюзы, мосты, а также узкости, допускающие только однопутное движение. К разрешительным и запретительным знакам относятся: 1) семафоры, 2) светофоры на шлюзах и переправах, 3) мостовые граничные столбы.

г) Предупредительные и оповестительные знаки. К ним относятся: 1) сигнальные мачты, служащие для показания глубины и ширины судового хода; 2) столбы сигнальные у подводных сооружений, ограничивающие охранную зону в местах прокладки подводных кабелей, тоннелей, нефтепроводов; 3) столбы сигнальные у надводных сооружений, находящиеся в местах пересечения водного пути воздушными линиями электропередач, телеграфа т. п.; 4) знаки «сигнал» или сигнальные столбы, оповещающие судоводителей о необходимости дать звуковой сигнал на подходе к засемафоренному участку; 5) мачты флажные, обозначающие местонахождение обстановочного поста; 6) штормовые мачты, служащие для вывешивания сигналов об ожидаемых штормах на морях, на больших озерах и водохранилищах; 7) обстановочные знаки у шлюзов и 8) свальные бакены, показывающие наличие свальных, т. е. косых и поперечных к направлению судового хода, течений.

7. Развитие судоходной обстановки на внутренних водных путях СССР

Как видно из приведенной классификации обстановочных знаков по их назначению, современная обстановка внутренних водных путей СССР представляет собой весьма совершенную систему зрительной сигнализации, при надлежащем содержании которой обстановочной службой линейных органов Главводпути и правильном использовании судоводителями полностью гарантируется безаварийное движение судов и плотов при наилучшем возмож-

ном в данный период навигации использовании грузоподъемности и мощности речного флота.

Такого совершенства судоходная обстановка внутренних водных путей достигла лишь при советской власти, когда за 30 лет было сделано для развития обстановки гораздо больше, чем за предыдущие 75 лет.

Первые предохранительные знаки появились на реках России в 1842 году, но обстановка была бессистемной, технически примитивной и вплоть до Великой Октябрьской социалистической революции обслуживала лишь небольшую часть сети внутренних водных путей.

Увеличение протяженности водных путей, обслуживаемых обстановкой, показывает табл. 4.

Таблица 4

Годы	Протяженность водных путей, обслуживаемых обстановкой, в км		
	дневная обстановка	освещаемая обстановка	всего
1913	4000	35 900	39 900
1931	18 800	44 600	63 400
1937	22 800	57 400	80 200
1940	25 200	66 000	91 200
1950	28 200 (план)	71 700 (план)	99 900

Наряду с увеличением протяженности обставленных водных путей происходит значительное улучшение системы обстановки и усовершенствование техники ее. Введенные с 1926 года освещаемые вывески глубин очень облегчают труд судоводителей в ночное время. С 1924 года применяются в судоходной обстановке СССР электрические мигающие фонари, а уже в 1937 году был сдан в эксплоатацию канал имени Москвы, вся судоходная обстановка которого полностью электрифицирована. Электролампы огней обстановки могут автоматически включаться фотоэлементом при наступлении сумерек и так же автоматически выключаться на рассвете. Для освещения береговых знаков широко применены газосветные огни.

В послевоенной пятилетке проводится значительная реконструкция судоходной обстановки: будет усилена видимость обстановочных огней посредством применения линз Френеля, будет использован природный газ для освещения знаков и еще шире будет распространена электрификация освещаемых знаков. В дальнейшем будут проводиться опыты применения предостерегательных знаков с звуковыми сигналами, используемых во время туманов (сирены, наутофоны), радиомаяков, ведущих кабелей, инфракрасных лучей и других усовершенствований.

§ 11. БЕРЕГОВАЯ РЕЧНАЯ ОБСТАНОВКА

Береговая обстановка должна иметь преимущественное применение на внутренних водных путях. В четвертой пятилетке «широкое развитие получат береговые обстановочные знаки с повышенной видимостью. По мере развития штурманской системы плавания основной упор будет сделан на береговую обстановку с соответствующим уменьшением пловучей»[1].

Преимущества береговой обстановки перед пловучей весьма существенны: береговые знаки требуют меньше труда для их обслуживания, чем пловучие; береговые знаки всегда легко доступны для обслуживающего персонала, в то время как объезд на шлюпках пловучих знаков, установленых на участках реки с быстрым течением или при шторме и волнении, требует большого труда и не всегда безопасен; береговые знаки отличаются бо́льшей сохранностью и надежностью действия, чем пловучие знаки, которые нередко сбиваются плотами, топляками, карчами и льдинами; береговые знаки легче снабдить усовершенствованным освещением (приключение к береговой электросети, аккумуляторы, газобаллоны, линзы Френеля и т. д.). Наконец, что существенно важно для судоходства, береговая обстановка продолжает действовать и во время осеннего ледохода, в то время как пловучие освещаемые знаки с появлением льда и шуги осенью приходится снимать и заменять вехами, а также устанавливать дополнительные береговые створные знаки.

Преимущества береговой обстановки очевидны. Приведенное выше указание Министра речного флота Союза ССР товарища З. А. Шашкова предопределяет дальнейшее широкое развитие береговой обстановки.

Знаки береговой обстановки могут иметь различное назначение (см. § 10).

Из числа указательных знаков береговыми являются: 1) перевальные, 2) створные, 3) ходовые, 4) опознавательные, 5) путевые огни, 6) маяки.

Из числа оградительных знаков на берегу устанавливаются только весенние знаки.

Из группы разрешительных и запретительных знаков береговыми являются: 1) семафоры, 2) светофоры на шлюзах, 3) мостовые граничные столбы.

Из предостерегательных и оповестительных знаков береговыми являются: 1) сигнальные мачты, 2) сигнальные столбы у подводных сооружений, 3) то же у надводных сооружений, 4) знаки «сигнал», 5) мачты флажные, 6) штормовые мачты, 7) остановочные знаки у шлюзов.

Для всех знаков береговой обстановки стандартами и «Правилами плавания по внутренним водным путям Союза ССР» установлены размеры, форма и окраска. Для лучшей видимости зна-

[1] З. А. Шашков. Речной транспорт в новой сталинской пятилетке, Москва, 1947 г., стр. 89.

ков в дневное время разрешается в отдельных случаях отступать от установленной окраски в зависимости от фона, на который проектируются знаки; например, проектирующиеся на фоне белой меловой горы створные знаки левого берега надо покрасить в черный цвет вместо белого.

1. Перевальные и ходовые знаки

а) Перевальный знак служит для указания направления судового хода и обозначения начала и конца прямого отрезка судового хода достаточной ширины, не требующей строгого ограничения. Эти знаки устанавливаются у перевалов судового хода от одного берега к другому. Перевальный знак состоит из столба с подкосами, оборудованного лестницей-стремянкой, фонарем и устройством для подъема и опускания фонаря в виде кронштейна с роликом, через который пропущен подъемный фал. Вдоль столба вертикально натянуты две проволоки, направляющие фонарь при спуске и подъеме. К столбу на 50 см ниже его вершины крепится гвоздями квадратный деревянный щит, плоскость которого располагается перпендикулярно линии судового хода на перевале. Ночью на освещаемых перевальных знаках против центра щита подвешивается зажженный фонарь. Перевальный знак показан на рис. 6. Окраска перевальных знаков и цвета огней установлены (по стандарту 3232-46, тип 1) следующие:

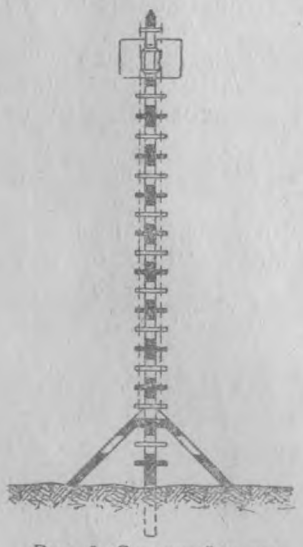


Рис. 6. Створный и перевальный знак 1-го типа

перевальный знак на правом берегу — щит красный, столб с подкосами и стремянкой окрашивается горизонтальными полосами в белый и красный цвета; ночью перевальные знаки правого берега освещаются белыми огнями с красными траверзными стеклами;

перевальный знак на левом берегу — щит белый, столб с подкосами и стремянкой окрашиваются горизонтальными полосами в белый и черный цвета; перевальные знаки левого берега освещаются белыми огнями с зелеными траверзными стеклами.

Если к одной точке берега сходятся два направления судового хода, то оба перевала можно обозначить на этом берегу всего лишь одним перевальным столбом, к которому прикрепляют два щита (спаренный щит), причем плоскость каждого щита располагается перпендикулярно к направлению соответствующего судового хода на перевале. Перевальный знак для двух направлений дает возможность экономить труд и материал. Дальность видимости перевальных знаков типа, показанного на

рис. 6, — до 3000 м. При большей длине перевала применяются перевальные знаки других типов и бо́льших размеров.

б) Ходовой знак устанавливается для указания направления судового хода вдоль берега, например, вдоль пойменного яра или вдоль коренного берега. От перевального ходовой знак отличается тем, что квадратный щит на нем прикрепляется в виде ромба, т. е. одна диагональ щита вертикальная, а другая горизонталь-

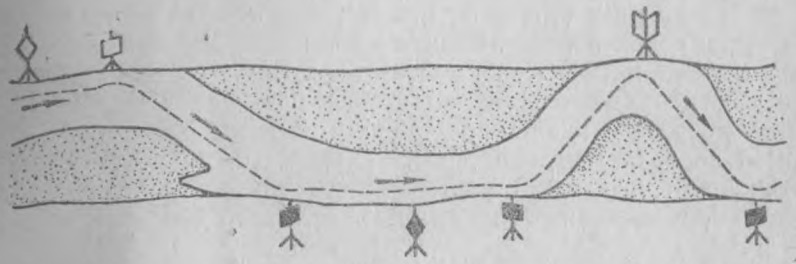


Рис. 7. Схема обстановки участка реки перевальными и ходовыми знаками

ная. Ромбовидный щит ходового знака устанавливается параллельно линии берега.

Дальность видимости всех этих знаков — до 3000 м при наибольших размерах знаков, предусмотренных стандартами.

Схема обстановки участка реки перевальными и ходовыми знаками показана на рис. 7, где в последовательном порядке вниз по течению показаны: ходовой знак левого берега (белый ромб на столбе с черными и белыми поперечными полосами), перевальный знак левого берега (белый щит на столбе, окрашенном черными и белыми поперечными полосами), затем после перевала от левого берега к правому видим перевальный знак правого берега (красный щит на столбе, окрашенном белыми и красными полосами), ходовой знак правого берега (красный ромб на столбе, окрашенном белыми и красными полосами), показывающий направление судового хода вдоль правого берега между предыдущим и последующим перевальными знаками; далее в начале перевала к левому берегу поставлен перевальный знак правого берега; у конца этого перевала на левом берегу установлен перевальный знак для двух направлений (два белых щита на одном столбе, окрашенном черными и белыми полосами), так как судового хода вдоль левого берега в этом месте нет, а сразу начинается перевал к правому берегу.

Пользование перевальными знаками. При следовании судна по перевалу, обставленному перевальными знаками, можно проверять курс судна и его местонахождение на перевальной части судового хода следующим образом. Находясь в диаметральной плоскости судна, вахтенный начальник (капитан или штурман) проверяет, находятся ли нос судна и перевальный знак на одной прямой, и в случае отклонения носа судна от линии,

направленной на перевальный знак, поворачивает судно до достижения указанного положения. Затем, повернувшись к корме, он проверяет, находится ли кормовая мачта и оставленный за кормой перевальный знак на одной прямой. Совершенно очевидно, что если глаз судоводителя, стоящего в диаметральной плоскости судна, нос судна и расположенный впереди знак находятся на одной прямой и одновременно на одной прямой находятся глаз судоводителя, корма судна и оставленный за кормой перевальный знак, то значит, судно идет строго по прямой, проходящей через перевальные знаки обоих берегов. Если же прямая, проходящая через глаз судоводителя и кормовую мачту, уклоняется от оставленного за кормой перевального знака, то, чтобы выйти на ось перевала, надо класть руль на тот борт, по которому расположен оставленный за кормой перевальный знак (рис. 8). Затем через короткие промежутки времени следует повторять эту проверку, пока судно не выйдет приблизительно на прямую, проходящую через перевальные знаки. При этом надо находиться возможно ближе к диаметральной плоскости судна, отклоняясь в сторону от нее лишь настолько, чтобы труба паротеплохода не закрывала кормовой мачты и оставленного за кормой перевального знака.

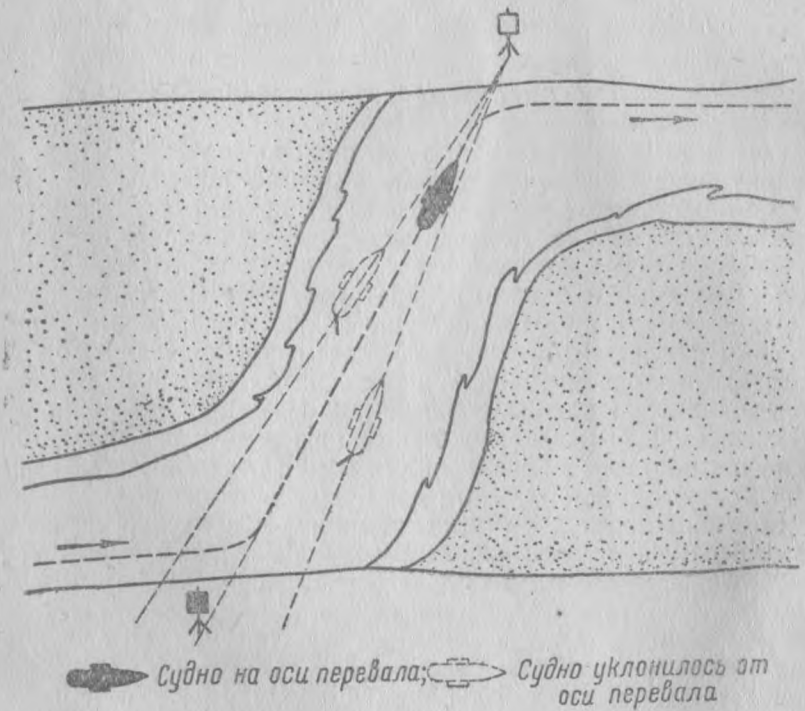


Рис. 8. Схема пользования перевальными знаками

Все изложенное полностью применимо только к самоходному судну, идущему без воза. При проводке буксирного воза или буксируемого плотокаравана, в зависимости от влияния ветра, поперечных свальных течений (слива воды), а также раскатов воза при входе на перевал и при выходе с него, приходится иногда вести буксирный паротеплоход не по оси перевала.

2. Створы. Створные знаки

Для обстановки достаточно широких и безопасных перевалов судового хода от одного берега к другому применяются перевальные знаки. Если же фарватер имеет строго определенное прямолинейное направление, ограничен по ширине отмелями или опасностями и значительное уклонение судна от оси судового хода грозит посадкой на мель или повреждением при ударе о какое-либо препятствие, то для точного указания фарватера на берегу на продолжении оси прямолинейной части фарватера устанавливаются два створных знака.

а) Ось створа. Осью створа или створной линией называют горизонтальную прямую, из каждой точки которой середины створных знаков, а ночью их огни видны на одной вертикали. При уклонении судна от оси створа влево или вправо середины створных знаков, а ночью их огни будут видны на разных вертикалях, или, как принято говорить, будут находиться в расстворе.

Увеличение расстворa означает увеличение отклонения судна от оси створа и, наоборот, уменьшение расстворa показывает, что судно приближается к створной линии. Очевидно, что судоводителю нельзя подобным способом, буквально ощупью, выводить судно на ось створа, поэтому для быстрого определения положения судна относительно оси створа ближайший к воде знак, т. е. «ближний», или «передний», делают меньшей высоты, чем «дальний», или «задний» знак. При разной высоте знаков судоводитель сразу же может определить, в какую сторону уклонилось судно от оси створа и куда надо поворачивать судно, чтобы выйти на створ. Как видно из схемы, изображенной на рис. 9, для выхода на ось створа надо поворачивать судно всегда на передний, т. е. более низкий, створный знак. Излишне пояснять, что такой маневр допустим при небольшом уклонении судна от оси створа и только при том условии, что перед судном нет опасностей (камней, огрудков и т. п.).

б) Ходовая часть створа. Всякий прямолинейный участок фарватера имеет вполне определенную и ограниченную длину; поэтому та часть створной линии, по которой плавание судов безопасно, называется ходовой частью створа, остальная же часть створа называется неходовой (рис. 10). Если местных естественных примет недостаточно, то концевые точки ходовой части створа обозначаются знаками обстановки, например другим створом. Второй створ необходим, когда следующий участок судового хода прямолинейный, но имеет ограниченную ширину. Примыкание узкого судового хода, обозначенного створом, к широкому и без-

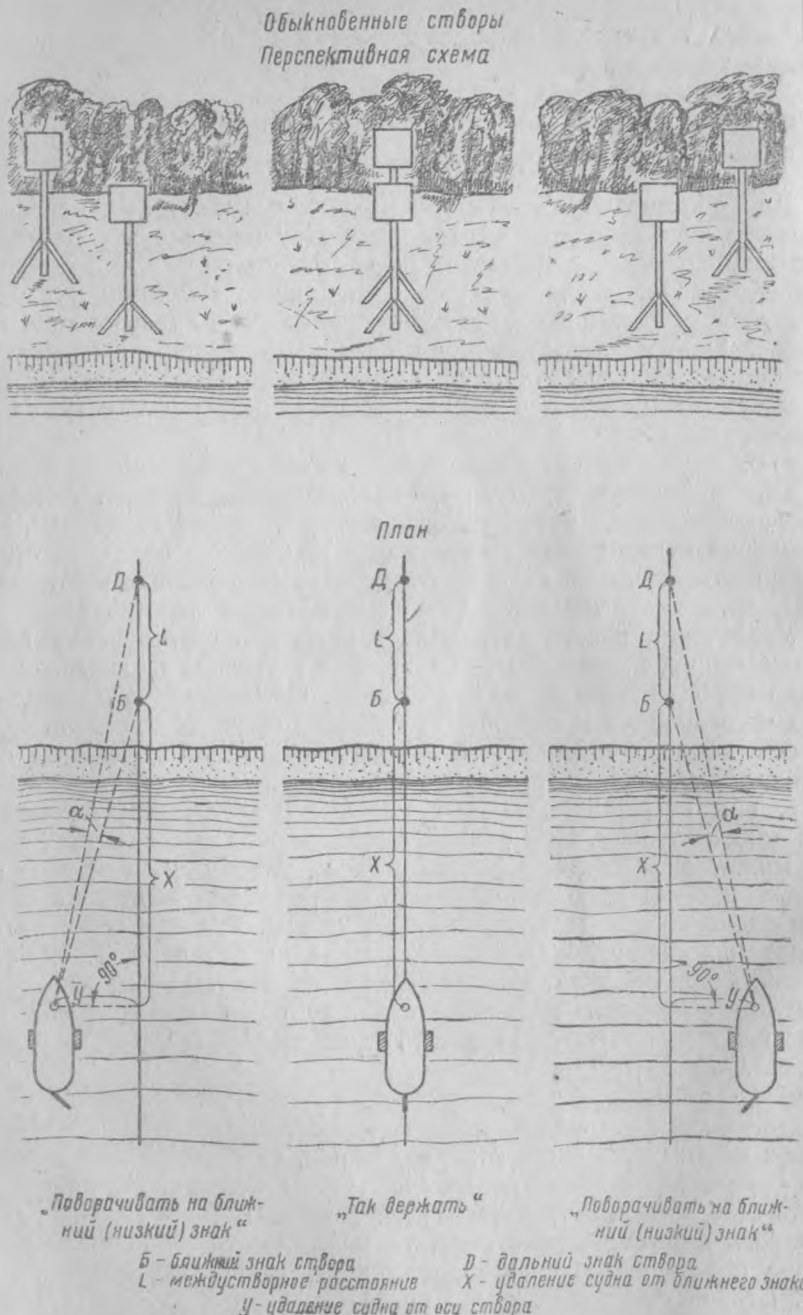


Рис. 9. Схемы пользования створами

опасному для плавания плесу может быть обозначено перевальным знаком.

Створные знаки устраиваются разных типов в зависимости от требуемой дальности видимости и фона местности.

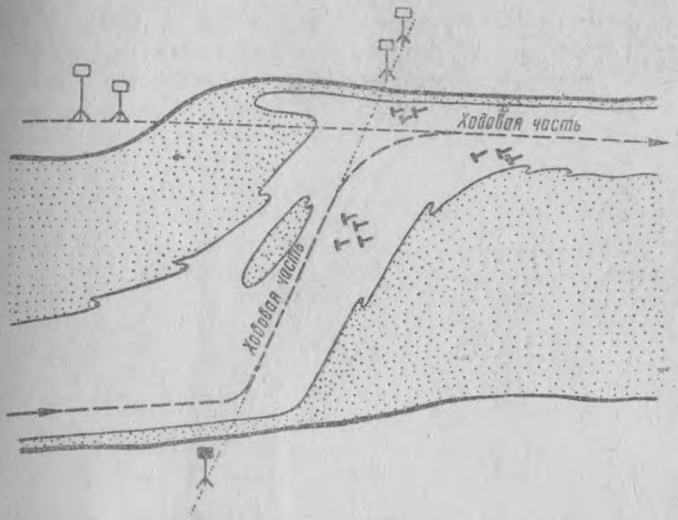


Рис. 10. Ходовая и неходовая части створов

в) Створный и перевальный знак, тип 1 (см. рис. 6). Передний створный знак делается ниже заднего. Дальность видимости — до 3 км.

Окраска створных знаков и цвета их огней следующие.

Створные знаки на правом берегу: щит и весь знак — красные; ночью на каждом створном знаке горит по одному белому огню; свет обоих створных огней направлен в одну сторону, по оси створа.

Створные знаки на левом берегу: щит и весь знак белые; створные знаки левого берега несут ночью белые огни, как и на створах правого берега.

г) Створный знак, тип 3 имеет кроме верхнего квадратного щита большой решетчатый щит трапецоидальной формы, что значительно улучшает видимость знака днем. Для обозначения оси створа на трапецоидальных щитах наносится черной краской вертикальная полоса (рис. 11). Этот знак может быть использован и в качестве перевального (рис. 11, *б*) и створно-перевального знака (рис. 11, *а*). Дальность видимости — до 4 км.

д) Створный знак, тип 4 — для дальности видимости до 6 км, устраивается в виде трехгранной пирамиды высотой от 7,5 до 9,25 м.

е) Створный знак, тип 5 делается в виде четырехгранной пирамиды. Такой знак можно считать маяком упрощенного типа. Дальность видимости — до 6 км. Этот знак может быть использован и в качестве перевального.

Положение оси створа обозначается на знаках типов 4 и 5 черной вертикальной полосой по красной (правый берег) или по белой (левый берег) решетчатой грани. Если же знак используется только как перевальный, то он весь окрашивается или в красный, или в белый цвет.

Ранее применялись створные знаки со щитами треугольной формы для обстановки створов, где дальность видимости знаков не должна превышать 4 км. Эти знаки хотя и не вошли в стандарты обстановки 1946 г., но будут в действии в установленный

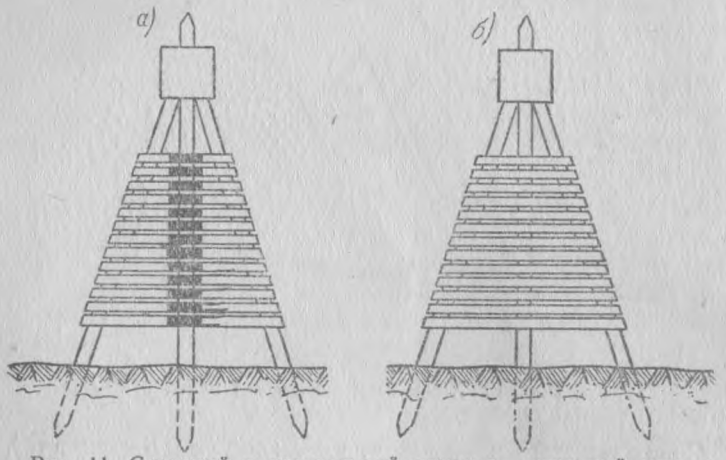


Рис. 11. Створный и перевальный знаки: *а* — створный знак, *б* — перевальный знак

стандартами переходный трехлетний период, а в бассейнах Дальнего Востока и Средней Азии — в течение пяти лет.

Створные знаки со щитами треугольной формы окрашены на правом берегу в красный цвет, а на левом — в белый.

Ночью створные знаки и правого и левого берегов освещаются белыми огнями с дальностью видимости не менее 4 км. Свет створных огней должен быть направлен по линии судового хода.

3. Краткое понятие о расчете створов

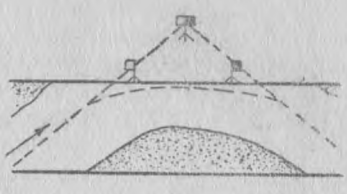
Ось створа обозначается двумя точками (см. рис. 9 и 10). Для безопасности судоходства необходимо, чтобы расстояние между створными знаками, называемое междустворным расстоянием, было достаточно велико. Действительно, уменьшив междустворное расстояние настолько, что две точки сольются в одну, нельзя будет найти створную линию, так как через одну точку можно провести бесчисленное множество прямых линий. Понятно, что при малых междустворных расстояниях точность определения оси створа уменьшается. Об этом должен знать и помнить каждый судоводитель, чтобы безаварийно управлять судном.

а минимальное междустворное расстояние найдем по приближенной формуле:

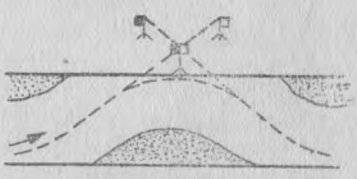
$$L > 0{,}5\frac{b}{y}x = 0{,}5\frac{bx}{(0{,}5B_{тр} - P)} \text{ м.} \qquad (14)$$

Формулы (11)—(14) можно применять только для приближенных расчетов створов дальностью действия не свыше 4 км.

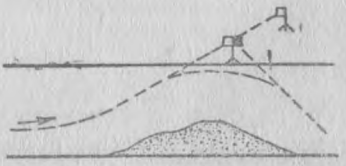
Точная теория створов большой дальности действия разработана трудами советских гидрографов проф. Г. С. Максимова, Н. Н. Струйского, П. А. Красильникова и других. Ознакомиться с теорией створов можно по следующим специальным работам: П. И. Башмаков «Навигационные ограждения», 1935 год, «Записки по гидрографии», том XIII за 1919 год, том LVI, том LVIII за 1929 год.



а)



б)



в)

Рис. 15. Применение створно-перевальных знаков

4. Створно-перевальные знаки. Тройники

Когда оси двух створов пересекаются на берегу (пересекаются, разумеется, своими неходовыми частями), то устанавливают для экономии, не четыре створных знака, а всего три створно-перевальных знака, т. е. так называемый тройник (рис. 15,а и 15,б).

На рис. 15,а показан вогнутый тройник, на рис. 15,б — выпуклый тройник, у которого передний знак створно-перевальный, а оба задних — створные. На рис. 15,в показана береговая обстановка двух перевалов. При движении по одному из них (расположенному выше по течению) ориентируются по створам, при движения по другому, обозначенному как перевал, ориентируются по второй доске створно-перевального знака.

Вид и окраска типовых створно-перевальных знаков описаны выше в этом параграфе.

5. Сигнальные мачты для показания габаритов пути

Сигнальные мачты для показания габаритов пути относятся по своему назначению к предупредительным и оповестительным знакам.

На сигнальных мачтах вывешиваются сигналы, показывающие глубину и ширину судового хода (рис. 16), т. е. делается «вывеска глубин».

а) Перекатные сигнальные мачты устанавливаются для показания габаритов судового хода на отдельном перекате или на группе близко лежащих перекатов. Эти мачты называются перекатными сигнальными мачтами. Мачты, устанавливаемые на правом берегу, окрашивают полосами красного и белого цветов, мачты устанавливаемые на левом берегу, — полосами белого и черного цветов. Прикрепленный над реей щит окрашивают белой краской. На щите черными цифрами надписывается километр, на котором расположен перекат, поэтому щит называется километровым (см. дополнение 1 на стр. 355).

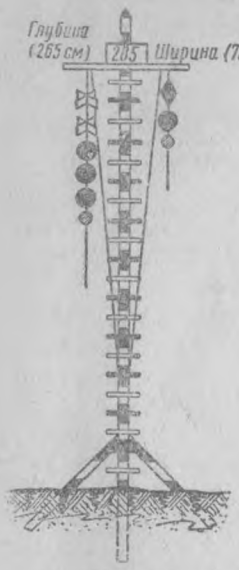


Рис. 16. Сигнальная мачта. Вывешенные сигналы показывают габариты пути, слева вывеска глубины, справа вывеска ширины

б) Участковая сигнальная мачта устанавливается для показания габаритов пути на всем плесе, т. е. минимальных габаритов, имеющихся в данный день где-либо на этом плесе. Участковая сигнальная мачта окрашивается полосами белого и черного цветов. Участковые мачты устанавливают на границах плесов.

в) Знаки для обозначения глубин или знаки для вывески глубин состоят: 1) из прямоугольного щита-«доски», обозначающей один метр глубины, 2) большого круглого щита-«шара», обозначающего 20 см глубины, 3) из малого шара, обозначающего 5 см глубины, и 4) крестообразного знака, обозначающего, что глубина на перекате больше той, начиная с которой на сигнальной мачте должна показываться глубина.

Метровая «доска» и «шары» делаются из соединенных под прямым углом двух щитов и двух дисков; такое устройство гарантирует хорошую видимость знаков при любом их положении. Доски и большие шары окрашиваются в черный цвет, малые шары и крестообразный знак — в яркий красный тон. Однако при проектировании знаков на темный фон допускается окраска досок, шаров и крестообразного знака белилами.

Рея сигнальной мачты располагается вдоль судового хода. Когда судно находится на траверзе сигнальной мачты, сигналы будут отчетливо видны сразу на обоих ноках (концах) реи. Знаки, указывающие глубину судового хода, вывешиваются на верховом по течению ноке реи сигнальной мачты; на низовом по течению ноке вывешиваются знаки, показывающие ширину судового хода.

Изображенная на рис. 16 сигнальная мачта есть мачта левого берега, так как для наблюдателя, смотрящего с реки, верховой по течению нок мачты находится слева (на мачтах правого берега верховой по течению нок будет виден с судна всегда справа). На этом верховом по течению ноке вывешены: две доски, обозначающие каждая по 1 метру глубины; три больших шара, обозначающие каждый по 20 см, и один малый шар, обозначающий 5 см. Вывешенная в данный момент на сигнальной мачте глубина судового хода составляет 265 см. При такой вывеске глубины, руководствуясь табл. 1 (§ 7), осадки судов и плотов, которые могут быть пропущены через перекаты, определяются так: а) для самоходного судна $T_э \leqslant 265-15=250$ см; б) для несамоходного судна, перевозящего нефтегрузы 1-го разряда или взрывчатые вещества, $T_э \leqslant 245$ см при каменистом грунте и $T_э \leqslant 250$ см при песчаном или галечном грунте; в) для несамоходного судна $T_э \leqslant 250$ см, при каменистом грунте и $T_э \leqslant 255$ см при песчаном и галечном грунте; г) для плотов $T \leqslant 240$ см.

Если под метровыми досками или одной метровой доской подвешен один шар или два или три шара одинаковых размеров, цвет которых разобрать не удается, то во избежание грубой ошибки в чтении глубины (которая при трех больших шарах включала бы сверх целых метров 60 см, а при трех малых шарах—всего 15 см), надо сопоставить диаметр шара (диска) с высотой доски, показывающей глубину 1 м. Диаметр диска большого шара в точности равен высоте доски, а диаметр диска малого шара составляет половину высоты доски. Помня это, можно гарантировать себя от ошибок при чтении глубин (см. дополнение 2 на стр. 355).

в) Знаки для обозначения ширины судового хода вывешиваются на низовом по течению ноке рей сигнальной мачты. Ромбовидный черный знак обозначает ширину судового хода 50 м; большой черный шар, диаметр диска которого равен малой диагонали ромба, обозначает ширину 20 м; малый красный шар, с диаметром диска в два раза меньшим диаметра большого шара, обозначает ширину 5 м.

На рис. 16 на низовом ноке левобережной сигнальной мачты вывешены: один ромб, один большой шар и один малый шар, которые все вместе обозначают ширину судового хода 75 м.

6. Семафоры. Обстановка засемафоренных и временно закрытых участков пути

По своему назначению семафоры относятся к разрешительным и запретительным знакам судоходной обстановки и устанавливаются на берегу выше и ниже по течению участка водного пути с узким судовым ходом, не допускающим расхождения буксирных возов или даже одиночных судов.

На засемафоренных участках одновременное движение нескольких возов или судов разрешается только в одном направлении. Пропуск судов регулируется установленными на двух постах семафорами, на которых в любой данный момент должны быть вы-

вешены одинаковые сигналы, так как при не согласованных сигналах может произойти встреча двух возов или судов, которые не смогли бы разойтись в узкости. Связь между обоими постами, расположенными у входа и выхода на засемафоренный участок, осуществляется обычно по телефону.

а) Семафорные мачты делаются таких же размеров, как и сигнальные, но окрашиваются в сплошной красный цвет. Для наилучшей видимости семафорных сигналов судоводителями реи семафорных мачт располагают перпендикулярно к оси судового хода на траверзе семафорной мачты. Знаки вывешивают на ноке, обращенном к водному пути.

б) Знаки «сигнал» устанавливаются на подходах к обеим семафорным мачтам на расстоянии 1000 — 500 м. Знак «сигнал» состоит из столба, окрашенного черными и белыми спиральными полосами, и белого диска с надписью «сигнал». Ночью на знаке «сигнал» поднимают зеленый огонь. При подходе судна или плота к засемафоренному участку на траверзе знака «сигнал» вахтенный начальник паротеплохода дает продолжительный сигнал свистком или сиреной, непаровые (несамоходные) суда и самосплавные плоты извещают о своем приближении к семафорному посту ударами в колокол, в металлическую доску или звуками рожка.

в) Знаки и огни семафоров. Для регулирования движения судов днем на ноках семафорных мачт вывешивают один над другим два сигнала: 1) конус семафора, подвешиваемый вершиной вверх и раструбом (основанием) вниз и обозначающий запрещение прохода через засемафоренный участок (конус изготовляется из двух плоских перпендикулярно скрепленных треугольных щитов и окрашивается в красный цвет, но при темном фоне допускается окраска конуса семафора белилами); 2) цилиндр семафора, изготовленный из двух перпендикулярно скрепленных плоских щитов и обозначающий разрешение на проход засемафоренного участка; он окрашивается в черный цвет, но при темном фоне можно окрашивать цилиндр семафора в белый цвет.

Ночными сигналами служат: 1) красный огонь, заменяющий ночью красный (или белый) конус семафора для запрещения прохода через засемафоренный участок, и 2) зеленый огонь, заменяющий ночью черный (или белый) цилиндр семафора при разрешении прохода по засемафоренной узкости.

Так как семафорые знаки дают указания судам, идущим вверх и вниз, то их подвешивают на одном ноке реи один под другим. Верхний сигнал дает указания судам и плотам, идущим сверху, нижний сигнал дает указания судам, идущим вверх. На рис. 17 изображены дневные семафорные знаки и огни семафоров: 1) при разрешении движения вниз по течению и запрещении прохода против течения: днем — вверху цилиндр, внизу конус, а ночью—вверху зеленый огонь, внизу красный огонь («ход открыт сверху»); 2) при запрещении прохода вниз по течению и разрешении движения против течения: днем—вверху конус, внизу цилиндр, а ночью—

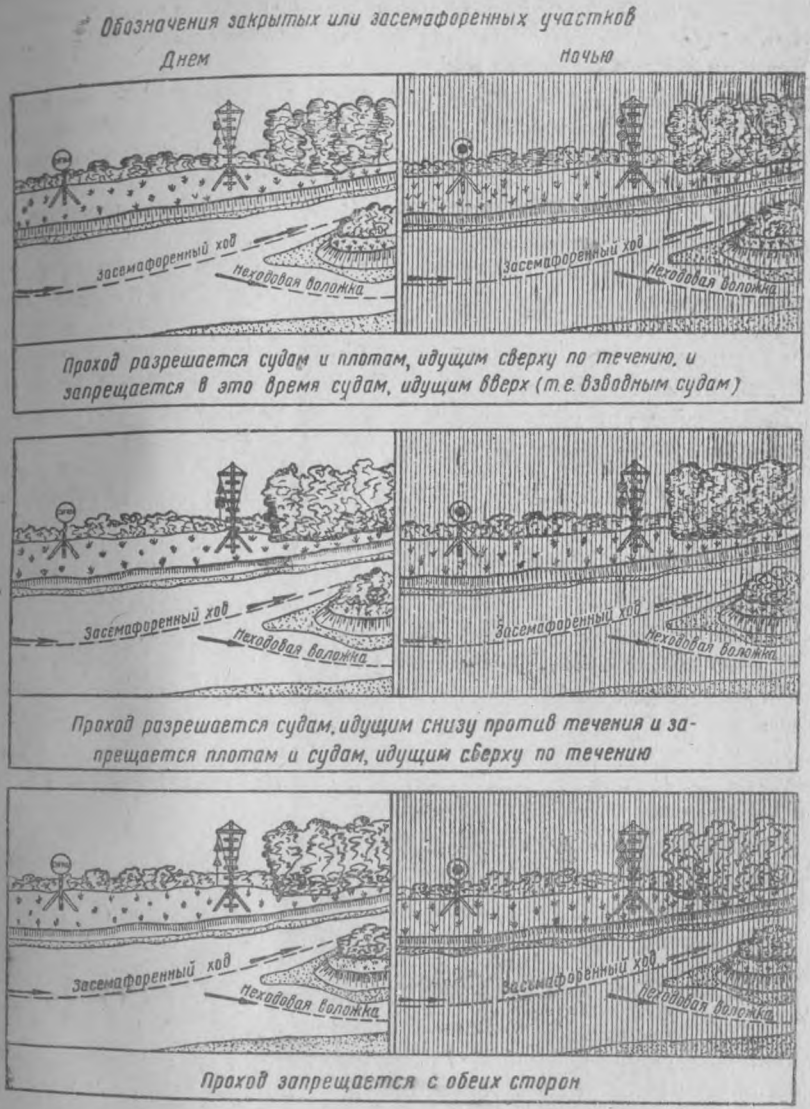


Рис. 17. Судоходная обстановка на засемафоренных и временно закрытых участках пути

вверху красный огонь, внизу зеленый огонь («ход открыт снизу»), 3) при запрещении прохода в обе стороны: днем — два конуса один над другим, а ночью — два красных огня по вертикали («ход закрыт»).

Если ни на засемафоренном участке, ни на подходах к нему нет судов и плотов, то все знаки или огни с семафорных мачт снимают, но непременно оставляют ночью зеленый огонь на знаке «сигнал», чтобы предупреждать судоводителей на подходе к засемафоренному участку о необходимости дать один продолжительный звуковой сигнал. Услышав сигнал, вахтенный семафорщик вывешивает на семафорной мачте те или другие сигналы, руководствуясь § 210 «Правил плавания по внутренним водным путям Союза ССР», где содержатся подробные указания об очередности пропуска судов через участки пути с ограниченной пропускной способностью, а также через временно закрытые для движения участки пути.

При отсутствии сигнальных знаков на семафорной мачте или при наличии только одного сигнального знака нельзя вводить судно или плот на засемафоренный участок, а следует вызвать свистком, сиреной или колоколом вахтенного семафорного поста для объяснений.

Пропуск судов или плотов через временно закрытые по каким-либо причинам (обмеление переката, авария с судном или плотом, в результате чего произошло заграждение или стеснение судового хода, ремонт шлюза) участки пути производится по тем же правилам, и применяется та же сигнализация, как на засемафоренных участках.

7. Обстановка мест пересечения водных путей подводными сооружениями и воздушными линиями

а) Береговые знаки у проложенных через водные пути кабелей, дюкеров, тоннелей, нефтепроводов и других подводных сооружений. В месте пересечения водного пути подводным кабелем, дюкером, тоннелем, нефтепроводом, водопроводом, газопроводом или другими сооружениями выделяется охранная зона, обозначаемая у подводных сооружений береговыми обстановочными знаками в виде сигнальных столбов. Сигнальный столб окрашен вместе с подкосами полосами в черный и желтый цвета.

У вершины столба прикрепляется красный круглый щит-диск с белой горизонтальной полосой.

На рис. 18 показана обстановка места прокладки подводных сооружений через реку шириной более 300 м. При такой ширине реки охранная зона обозначается двумя створами из сигнальных столбов, описанных выше. Ночью на каждом створном столбе должен быть желтый огонь.

При ширине реки меньше 300 м на одном из берегов, обычно на более высоком, устанавливают два одиночных столба — один из них на 100 м выше по течению от оси подводного сооружения, второй на 100 м ниже ее по течению.

Окраска знаков такая же точно, как описано выше, но ночью на одиночных сигнальных столбах у подводных сооружений долж-

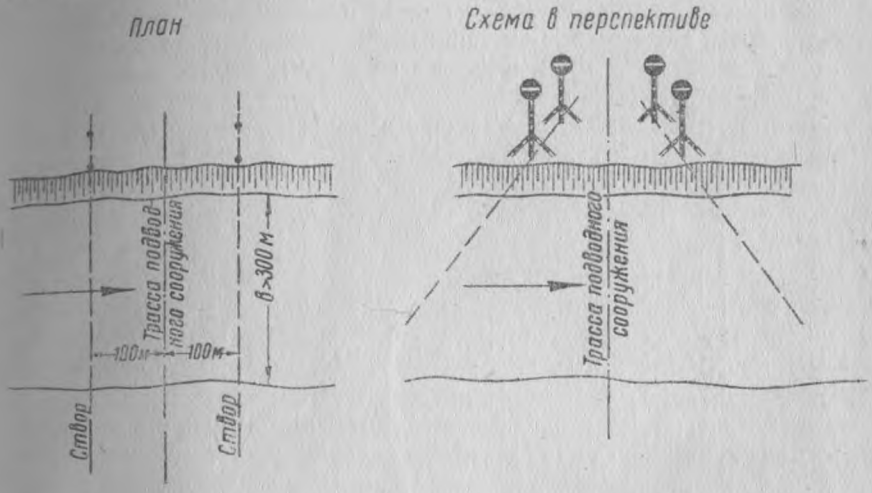


Рис. 18. Обстановка в месте прокладки подводных сооружений при ширине реки более 300 метров

но быть два желтых огня, расположенных по вертикали один над другим на расстоянии 1 м друг от друга.

В пределах охранной зоны нельзя класть якорей; при подходе к охранным зонам необходимо поднимать с грунта цепи-волокуши и плотовые лоты.

б) Береговые знаки воздушных переходов через водные пути телеграфных, телефонных и силовых проводов. Место пересечения водного пути с воздушными линиями электропередач, телеграфными линиями и другими надводными сооружениями (кроме мостов) обозначается сигнальным столбом у надводных сооружений. Этот знак имеет размеры и конструкцию совершенно одинаковые с сигнальным столбом у подводных сооружений, но в отличие от последнего окрашивается полосами в белый и красный цвета. У вершины столба прикрепляется белый диск с двумя вертикальными красными полосами. Ночью на щите не ниже 4 м над уровнем воды должны гореть два горизонтально расположенных желтых огня (рис. 19).

«Правилами плавания по внутренним водным путям Союза ССР» предусматривается установка белых дисков с двумя вертикальными красными полосами, а ночью двух горизонтально расположенных на дисках желтых огней не только на специальных сигнальных

столбах, но и непосредственно на переходных мачтах телефонных и телеграфных линий и линий высокого напряжения.

Перед проходом под линией воздушных проводов, пересекающих водный путь, вахтенному начальнику не мешает лишний раз проверить соответствие надводного габарита своего судна h_c (см. рис. 1) возвышению наинизшей точки проводов над уровнем воды с учетом необходимого запаса между наинизшей точкой провода и топом мачты (см. § 7).

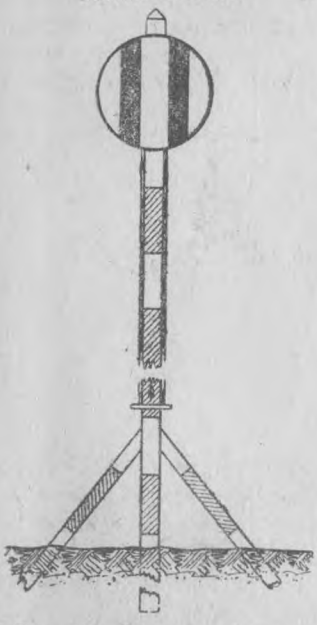


Рис. 19. Обстановка места пересечения водного пути с воздушными линиями проводов

§ 12. ПЛОВУЧАЯ РЕЧНАЯ ОБСТАНОВКА

Знаки речной пловучей обстановки расставляются по двусторонней (латеральной) системе. Пловучая обстановка служит для обозначения границ судового хода и для ограждения опасностей, находящихся в границах судового хода. Для этих целей пловучая обстановка очень удобна, так как нет пока других способов ограждения береговыми знаками подводных препятствий, находящихся в границах судового хода, кроме устройства створов. Особенно удобна пловучая обстановка при частых и значительных изменениях судового хода, когда приходится переносить створные, перевальные и другие береговые знаки.

Недостатки пловучей обстановки весьма значительны. Главнейшие из них: а) трудность обслуживания пловучих знаков, особенно освещаемых, на широких реках при сильном течении и при штормах и туманах; б) недостаточная надежность действия пловучих знаков, которые нередко сбиваются плотами, бревнами-топляками, карчами и штормовой волной; в) необходимость снятия пловучей обстановки перед появлением осеннего льда (шуги, сала).

При затяжных осенних ледоходах, когда после появления льда, вынуждающего снимать пловучую обстановку, наступает потепление, судоводителям приходится работать в течение нескольких недель при полном отсутствии пловучей обстановки.

Все это убедительно доказывает, что штурманам речного флота необходимо уметь водить суда при полном отсутствии пловучей обстановки, а иногда и береговой, пользуясь лишь местными естественными приметами и лоцманскими картами.

В дальнейшем развитии обстановки наибольшее применение получит береговая обстановка (см. § 11), а пловучая обстановка

все больше будет приобретать только вспомогательный характер и будет применяться для более подробного обозначения границ судового хода и опасностей, расположенных в границах судового хода.

1. Бакены

Наиболее распространенные знаки пловучей речной обстановки — бакены (рис. 20). Бакен состоит из трехгранной пирамидки высотой от 55 см (при необходимой дальности видимости менее 1000 м) до 125 см (при необходимой дальности видимости 2000 м)

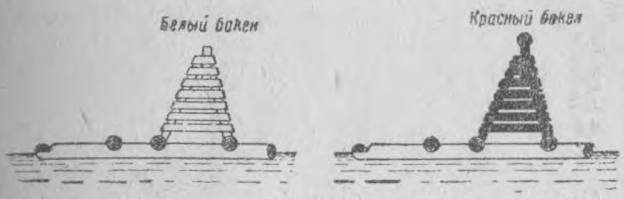


Рис. 20. Бакены. В дневное время фонари с освещаемых бакенов снимают и на красные бакены устанавливают надставку — черный шар

и плотика-щуки, на котором устанавливается пирамидка. В вершине пирамидки проделано отверстие для постановки фонаря. Плотик бакена имеет треугольную в плане форму. Для уменьшения сопротивления текущей воде плотик бакена устанавливают вершиной треугольника против течения, для чего якорную снасть (сторожок) крепят за короткую, ближайшую к вершине, поперечину плотика. На противоположном конце якорной снасти (сторожка) крепится якорь (кошка) или достаточного веса камень, обвязанный тросом, или, иногда, плетеная корзина, плотно загруженная печинистой глиной, или, наконец, при глубине, не превышающей 3 м, сторожок крепят за свайку, забиваемую в дно реки.

При любом из перечисленных способов установки бакена он в случае навала на него судна или плота может быть сбит с места. При разрыве снасти (сторожка) бакен уносится течением, и образуется пробел в пловучей обстановке. Еще более неприятные последствия могут получиться, когда бакен будет сбит и перемещен на ненадлежащее место, что может вызвать аварию с судами и плотами. При обнаружении неисправностей в обстановке судоводитель зызывает звуковым сигналом постового бакенщика.

Судоводители должны беречь пловучую обстановку и не допускать сбивания бакенов, вех и буев. Каждый штурман должен помнить, что в случае посадки на мель или другой аварии, при которой знаки пловучей обстановки будут сбиты, ответственность за аварию ложится на судоводителя.

Для более надежного обозначения места постановки бакена он учаливается не за якорь, а за промежуточную вешку, которая

обычно остается на месте, даже если будет сбит плотик с бакеном.

Красные, белые и пестрые бакены устанавливаются на глубине, показанной на вывеске сигнальной мачты.

а) Красные бакены речной судоходной обстановки, устанавливаемой по двусторонней системе, обозначают правую по течению границу судового хода. Ночью освещаемый красный бакен несет красный огонь. Против солнца цвет бакенов различить очень трудно, поэтому с восходом солнца, когда с освещаемых бакенов снимают фонари, на каждый красный бакен надевается надставка — черный шар, устроенный из двух черных дисков, соединенных крест-накрест. В исключительных случаях при отсутствии надставок на красный бакен временно надевается пучок хвороста (веник-голик) раструбом вверх. На не освещаемых красных бакенах надставки или голики находятся постоянно.

б) Белые бакены обозначают левую по течению границу судового хода. Ночью на освещаемом белом бакене горит белый огонь. С восходом солнца фонари со всех бакенов снимаются.

Днем ввиду отсутствия на белых бакенах черных шаров-надставок (или голиков) они резко отличаются от красных бакенов, несущих днем эти надставки.

В местах скопления огней на рейдах крупных портов и пристаней белые огни бакенов заменяются зелеными огнями.

в) Пестрые бакены состоят из двух рядом стоящих пирамид, красной и белой, и означают возможность прохода и слева и справа от препятствия, обставленного таким пестрым бакеном.

На освещаемых пестрых бакенах с заката до восхода солнца горят рядом и красный и белый огни.

Точно так же пестрые бакены ставятся при разделении судового хода у приверха или у ухвостья острова (см. рис. 26). Пестрые бакены устраиваются на плотике несколько увеличенных размеров, на котором рядом установлены красная и белая пирамидки.

Применяемые в настоящее время пестрые бакены, состоящие из двух пирамид, очень хорошо различимы при любом дневном освещении, а применявшиеся несколько лет назад и ныне изъятые из употребления одиночные пестрые бакены, окрашенные полосами красного и белого цветов, неразличимыми против яркого солнца, бывали причиной недоразумений и аварий.

г) Свальные бакены представляют собой предупредительные и оповестительные плавучие знаки речной обстановки, обозначающие наличие в данном месте опасных для судоходства и сплава свальных течений, т. е. течений, направленных косо или даже поперечно к линии судового хода. Опасные для судоходства свальные течения могут отклонить с судового хода («свалить с фарватера») буксируемый воз или плотокараван, а тем более самосплавной плот. При непринятии судоводителем мер предосторожности в результате такого отклонения могут произойти посадка на мель, навал на опоры моста или другая авария. Для предупреждения всего этого и применяются свальные бакены, устанав-

ливаемые за той кромкой судового хода, на которую направлено свальное течение.

Так как свальный бакен стоит вне границ судового хода, то против него на кромке фарватера выставляется обычный бакен соответствующего цвета. Буксируемый воз обычно надо проводить на возможно большем расстоянии от той кромки фарватера, за которой стоит свальный бакен.

Форма, цвета и огни свальных бакенов установлены действующим стандартом следующие. На обычном бакенном плотике устанавливается цилиндр из досок высотой от 60 до 90 см при необходимой дальности видимости от 1000 до 2000 м. С мостика судна свальный бакен кажется прямоугольником. Об установке свальных бакенов обстановочная служба оповещает судоводителей.

Свальные бакены, стоящие за правой по течению границей (кромкой) судового хода, окрашиваются в красный цвет, стоящие за левой по течению кромкой фарватера — в белый. Схема установки свального бакена показана на рис. 26.

На свальных бакенах для отличия их от обычных ночью устанавливаются проблесковые огни, например, обычные керосиновые бакенные фонари с остекленными через одну створками и с промежуточными глухими железными створками. Фонарь свального бакена вращается прикрепленной к свальному бакену турбинкой довольно простого устройства.

Цвет проблесковых огней свальных бакенов соответствует окраске самого бакена, т. е. за правой по течению кромкой фарватера, огражденной красным огнем, будет виден красный проблесковый огонь свального бакена, показывающего, что свальное течение направлено к этой правой кромке, а за левой кромкой фарватера свальные бакены несут белые проблесковые огни.

2. Вехи (вешки пловучие)

К пловучим знакам обстановки относятся пловучие вехи, а также вехи, втыкаемые прямо в грунт (рис. 21), что допустимо при глубине меньше 3 м и слабом течении. Изготовление и окраска вех

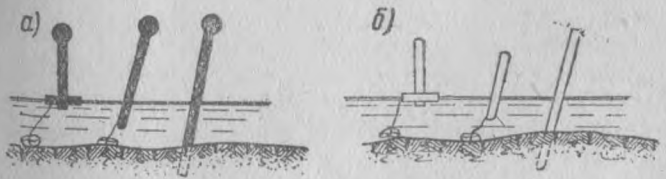


Рис. 21. Вехи речной обстановки: *а* — красные, *б* — белые

обходятся значительно дешевле, чем бакенов, поэтому вехи применяются в дополнение к пловучим бакенам; они обозначают более точно границы судового хода. Вехи могут служить ориентиром только днем или в светлые ночи.

На реках и озерах с неосвещаемой (дневной) обстановкой вехи применяются вместо бакенов.

Красные вехи с черными шарами (или голиками раструбом вверх) ограждают правую по течению кромку судового хода, белые вехи ограждают левую по течению кромку судового хода.

3. Буи

Буи, представляющие собою металлические (и очень редко деревянные) поплавки различной формы, применяются для обозначения границ фарватеров и ограждения опасностей на тех водных путях, где бывает сильное волнение: на очень широких реках и во время речных паводков, на озерах, в водохранилищах и на морях. Буи, как правило, освещаются с заката до восхода солнца. Для освещения буев чаще всего используются газоаккумуляторные автоматические фонари (фонари Далена), дающие проблесковый, реже постоянный свет. Применяются также электрические автоматические фонари и очень редко керосиновые фонари, так как ежедневное двукратное обслуживание последних весьма затруднительно в штормовую погоду.



Рис. 22. Металлический освещаемый буй

Металлический освещаемый буй изображен на рис. 22.

§ 13. ПАВОДКОВАЯ ОБСТАНОВКА

Во время паводков положение фарватеров сильно отличается от летнего их положения. Весенний фарватер обычно бывает короче меженного ввиду возможности движения судов над затопленными песчаными побочнями, косами и отмелями по спрямленным направлениям. Вследствие больших глубин движение судов возможно почти по всей ширине русла, а потому не требуется ~~повсеместно~~ повсеместно обозначать границы ходовой полосы.

Для лучшего использования тяги в полноводный период следует при ходе вверх по реке (против течения) вести судно по рукавам реки (воложкам), если там скорость течения меньше, чем в главном русле реки, — т. е. по тиховодам. Особенно это важно, когда вверх буксируется тяжелый воз.

Удобные для плавания тиховоды, пригодные во время паводка по своим габаритам для пропуска судов, должны быть обставлены. Знаки и правила обстановки применяются те же, что для главного русла в меженний период.

Весенние знаки

В дополнение к меженней береговой обстановке устанавливаются береговые знаки, ограждающие временно затопленные бровки яров и островов. Поскольку поймы и острова заливаются во время наибольшего паводка, который на реках русского типа про-

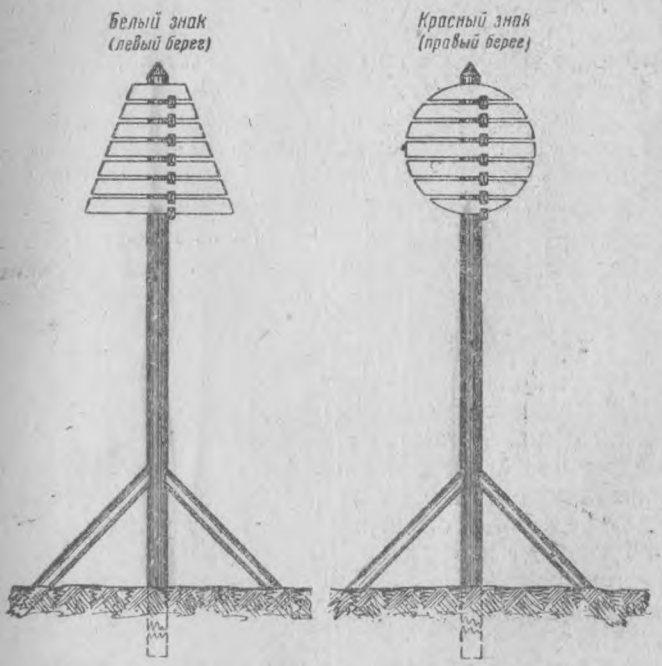


Рис. 23. Весенние знаки паводковой береговой судоходной обстановки

ходит весной, то знаки называют весенними. Если же учесть, что на р. Амуре и его притоках, на Кубани и Аму-Дарье наибольшие паводки проходят летом, то эти знаки было бы правильнее называть не весенними, а паводковыми.

Весенний знак правого берега имеет вид диска (шара) закрепленного на вершине столба (рис. 23). Для лучшей видимости зна-

ка со всех сторон устанавливаются два диска, соединенных крест-накрест. Весь правобережный весенний знак окрашивается в красный цвет.

Весенний знак левого берега имеет вид трапеции (пирамиды), закрепленной на вершине столба (см. рис. 23). Для лучшей видимости знака со всех сторон надо устанавливать два трапецоидальных щита, соединенных крест-накрест.

Весь левобережный весенний знак окрашивается в белый цвет.

Расстановка береговых весенних знаков показана на рис. 26 (см. § 15).

Плавучие знаки паводковой (весенней) обстановки применяются те же, что и в межень: бакены, вехи и буи. Кроме того, в тех местах, где из-за ледохода нельзя поставить береговые знаки, применяются так называемые весенние буи, представляющие собой бревна длиною в 3—5 м, окрашенные в красный цвет на правом берегу и в белый на левом берегу. Весенние буи закрепляются снастью за мертвый якорь, т. е. заранее зарытое в грунт на берегу бревно. В качестве снасти можно применять цепь.

При быстром течении во время паводка для более надежного удержания на месте обычные бакены крепятся к якорю следующим образом: сторожок предварительно крепится к плавающей бочке, за которую закрепляется снасть, идущая к бакену. При очень сильном течении бакен устанавливают в лодке, удерживаемой надежной шеймой, закрепленной на достаточно солидном якоре.

§ 14. ОБСТАНОВКА МОСТОВ И ПРИМОСТОВЫХ УЧАСТКОВ

1. Обстановка мостов

На подходах к мостам и при проходе под мостами вахтенный начальник судна должен проявлять особую бдительность и принимать все меры предосторожности для безаварийной проводки буксируемого каравана.

Обстановка моста состоит днем из щитов, укрепленных в середине ходовых пролетов мостовых ферм, а ночью из огней в середине ходовых пролетов и огней на быках и устоях моста (рис. 24).

а) Проход для судов сверху. Пролет моста, предназначенный для прохода судов, идущих сверху вниз, по течению, обозначен ромбовидным красным щитом, а ночью двумя красными огнями.

б) Проход для судов снизу. Пролет моста, предназначенный для прохода снизу, против течения, обозначен квадратным красным щитом, а ночью двумя красными огнями.

в) Проход для плотов. Пролет моста, предназначенный для пропуска плотов (сплавной пролет), обозначен круглым белым щитом (белым диском), а ночью двумя зелеными огнями.

г) Огни на опорах моста. Устои и быки моста, ограничивающие судоходные и сплавные его пролеты, ограждены ночью с помощью четырех зеленых огней, прикрытых колпаками сверху так, что свет отбрасывается вниз и образует на быке или устое

вертикальную линию из четырех зеленых световых точек. На мостовых опорах, имеющих высоту меньше 18 м над меженным уровнем воды, устанавливают два зеленых огня. Такое освещение мостовых опор очень помогает штурману и рулевым в выборе правильного курса судна. Например, если при подходе к какому-либо мосту следует ввести буксирный паротеплоход в середину пролета моста (а это будет правильно только при отсутствии свальных течений и бокового ветра), то надо следить, чтобы не только два красных огня на нижнем поясе в середине пролета ферм моста были все время в створе, но чтобы одновременно вертикальные линии из четырех или двух зеленых огней были видны на равных расстояниях слева и справа по носу паротеплохода; при этом красные огни на фермах будут видимы на равных расстояниях между зелеными огнями на мостовых опорах.

Полагаться на точность створа из двух красных огней в середине ферм моста нельзя, так как междустворное расстояние между ними очень мало (порядка 4—7 м), а разрешающая сила человеческого глаза ночью ослабевает, и такой «створ» имеет совершенно недостаточную чувствительность (см. § 11, «Краткие понятия о расчете створов»).

Действительно, при междустворном расстоянии ночного створа из огней $L = 4 \div 7$ м ординаты визирных окружностей на расстоянии всего 1000 м от моста могут достигнуть 200—150 м. Такая ошибка в определении положения судна относительно опор моста может привести при большой технической скорости судна к тяжелым последствиям, поэтому при подходе к мосту надо издали убедиться, освещены ли опоры моста четырьмя или двумя зелеными огнями на вертикали, и руководствоваться одновременно и ими и красными огнями в середине пролета моста. Если по какой-либо причине зеленые огни не горят, а очертания быков не видны в темноте, то надо принять особые меры предосторожности перед проходом под мостом, особенно если на гаке тяжелый буксирный воз. На близком расстоянии должны быть хорошо различимы внутренние стенки устоев или быков ходового пролета, освещаемые белыми фонарями, свет которых направлен вниз и в сторону ходового пролета.

2. Обстановка примостовых участков

Кроме знаков и огней в середине ферм ходовых пролетов и огней на опорах моста примостовой участок водного пути обставляется и другими знаками пловучей и береговой обстановки.

У мостов со сложным характером течений устанавливаются бакены. У охраняемых мостов или при необходимости регулирования движения на примостовом участке устанавливаются выше и ниже моста береговые знаки в виде мостовых граничных столбов.

Бакены на подходах к мосту устанавливаются для точного обозначения границ безопасного судового хода непосредственно у моста.

На прямолинейном участке реки, перекрытом мостом, где отсутствуют косоструйные свальные течения, ограничиваются постановкой на 100—200 м выше моста по течению одной пары бакенов на подходах к каждому пролету, предназначенному для движения судов вниз, а также на подходе к сплавному пролету (рис. 24 и рис. 25).

При сложном характере течений, при наличии косоструйности и свала воды на быки или какой-либо устой моста на подходах к

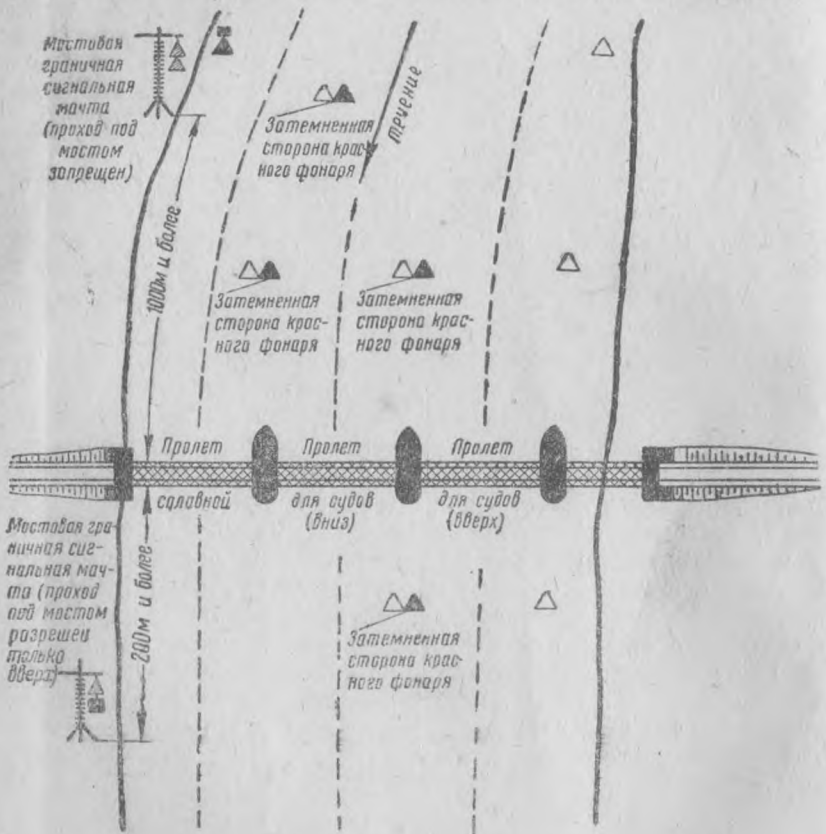


Рис. 25. Схема обстановки примостового участка

сплавному пролету и пролетам, предназначенным для движения вниз, устанавливают две пары бакенов на 300—500 м выше каждого пролета (см. рис. 25), а на подходе снизу к пролету, предназначенному для взводного судоходства, устанавливают одну пару бакенов.

Мостовые пограничные столбы (или мостовые граничные сигнальные мачты) устанавливаются выше моста не ближе 1000 м, ниже моста — не ближе 200 м. Конструкция и размеры мостовых граничных мачт совершенно одинаковы с сигнальными и семафор-

ными мачтами. Окрашиваются мостовые мачты, как и семафорные, сплошь в красный цвет. У мостовых сигнальных мачт самоходные суда дают три продолжительных свистка или гудка сиреной, а несамоходные подают три продолжительных звуковых сигнала доской или рожком на расстоянии не менее 500 м.

Остановка судов и плотов между мостовыми сигнальными мачтами запрещается.

На ноках мостовой граничной сигнальной мачты могут быть вывешены сигналы двух значений: 1) разрешающие или 2) запрещающие проход под мостом. Сигналы закрытия и разрешения прохода под охраняемыми мостами те же, что и для обозначения закрытых и засемафоренных участков реки [1] (см. дополнение 3 на стр. 355).

§ 15. РАССТАНОВКА ЗНАКОВ СУДОХОДНОЙ РЕЧНОЙ ОБСТАНОВКИ

Ранее уже были описаны схемы расстановки перевальных и ходовых знаков, створных знаков, сигнальных и семафорных мачт, сигнальных столбов у подводных сооружений и воздушных проводных линий (§ 11), весенних знаков паводковой обстановки (§ 13) и знаков обстановки на мостах и примостовых участках (§ 14). Для расстановки знаков судоходной обстановки разработаны определенные правила.

1. Основные правила расстановки знаков судоходной обстановки

Знаки судоходной обстановки расстанавливаются в соответствии с категорией обстановки и характером участка [2]. Правила расстановки речных обстановочных знаков дают подробные указания для обстановки: 1) плесовых участков, 2) перекатов, 3) подходов к судоходным пролетам мостов (см. § 14).

2. Обстановка плёсов

На плёсовых участках рек устанавливается преимущественно береговая обстановка, указывающая направление судового хода (перевальные, створные, створно-перевальные знаки, створные знаки — тройники и ходовые знаки).

Перевальные знаки устанавливаются при ширине судового хода не менее двойной гарантийной и при длине перевала не более 3 км. Для обозначения оси судового хода на перевалах с шириной ходовой полосы меньше двойной гарантийной или с протяжением более 3 км устанавливаются створы, ограждающие подводные косы-заманихи, камни, каменные гряды, огрудки, лежащие у кромок судового хода. Кромку судового хода, расположенную у подошвы высокого берега, бросающего ночью на воду тень, могущую ввести судоводителя в опасное заблуждение, следует обозначать освещаемыми бакенами.

---

[1] «Правила плавания по внутренним водным путям СССР». Москва, 1947 г., стр. 39, 33—34, §§ 76, 0,71.

[2] Правила расстановки знаков обстановки на речных путях. Москва, 1945.

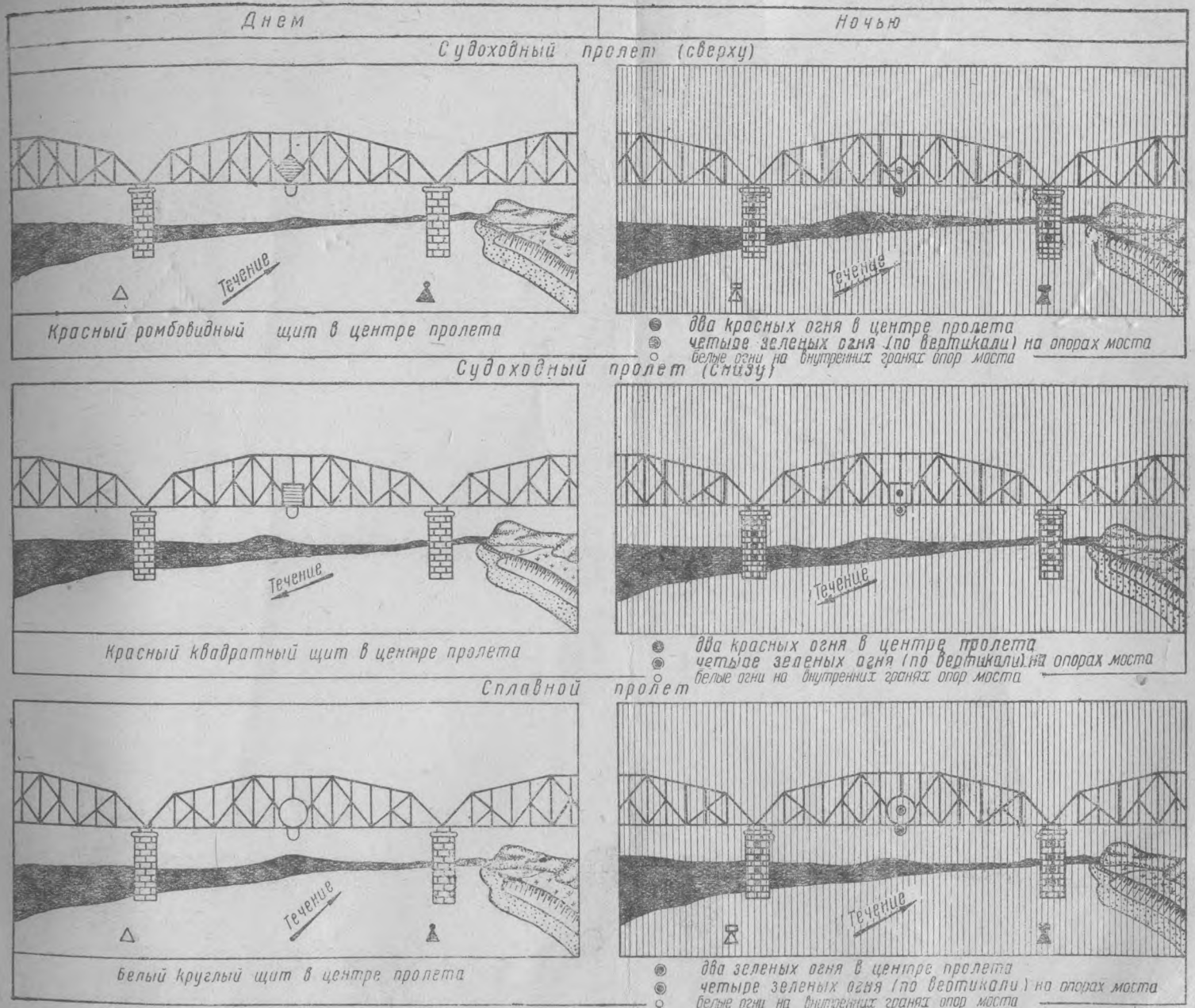


Рис. 24. Обстановка ходовых пролетов моста

Если судовой ход, расположенный у яра, имеет ширину более полуторной гарантийной, то кромка, противоположная ходовому яру, обставляется бакенами только в случае наличия тиховода, используемого идущими вверх судами.

3. Обстановка перекатов

Перекаты, расположенные на перевалах судового хода, от одного берега к другому, обставляются береговыми и пловучими знаками, ограждающими обе кромки судового хода.

Судовой ход на перекатах, где длина мелководного участка меньше ширины ходовой полосы («перекаты с коротким гребнем»), обставляется одной парой бакенов или вех, несколько сдвинутых в продольном направлении так, что бакен или веха у верхней косы располагаются выше по течению.

При длине мелководного перекатного участка большей, чем ширина судового хода, кроме береговой обстановки ставят две пары пловучих знаков — входных и выходных, с некоторым сдвигом в каждой паре вдоль течения.

Прямую линию, соединяющую два одноцветных бакена или две одноцветных вехи, не должны пересекать никакие косы и заструги с глубиной меньшей, чем вывеска на сигнальной мачте.

При наличии выступающих в сторону судового хода кос и заструг работники обстановочной службы обязаны выставлять дополнительные пловучие знаки.

Тем не менее, проводя судно непосредственно вдоль пловучих знаков, следует приказать вахтенному матросу промерять глубину наметкой (или необходимо непрерывно следить в ходовой рубке за показаниями автоматической наметки системы советского изобретателя Юдина, если она установлена на судне). Принимая эти меры предосторожности, всегда можно избежать посадки на мель глубокосидящего буксируемого каравана, даже в том случае, когда работники обстановочной службы не обставят отмель, выдающуюся за прямую линию между двумя соседними одноцветными пловучими знаками.

На перекатах с ломаным судовым ходом и на перекатах типа россыпи, кроме двух пар пловучих знаков (по паре на входе и выходе), необходимо устанавливать дополнительно один или несколько пловучих знаков.

Следует тщательно ограждать случайные препятствия, в особенности препятствия, недавно появившиеся, не отмеченные в лоциях и на картах, а следовательно, не известные судоводителям. Опасности небольшого размера, лежащие у кромки судового хода, ограждаются пловучим знаком соответствующего цвета. Опасности большой длины ограждаются двумя и более пловучими знаками. Препятствия, лежащие в границах ходовой полосы, ограждаются двойным (красным и белым) бакеном, а при большой длине двумя двойными бакенами.

4. Пример обстановки участка реки

Ознакомившись с основными положениями правил расстановки знаков судоходной обстановки, необходимо хотя бы на одном примере рассмотреть полностью всю систему береговой и пловучей обстановки 1-й категории (см. § 10) небольшого участка реки.

Двигаясь по реке вниз, по течению, судно в начале рассматриваемого листа лоцманской карты (рис. 26) находится в нижней ча-

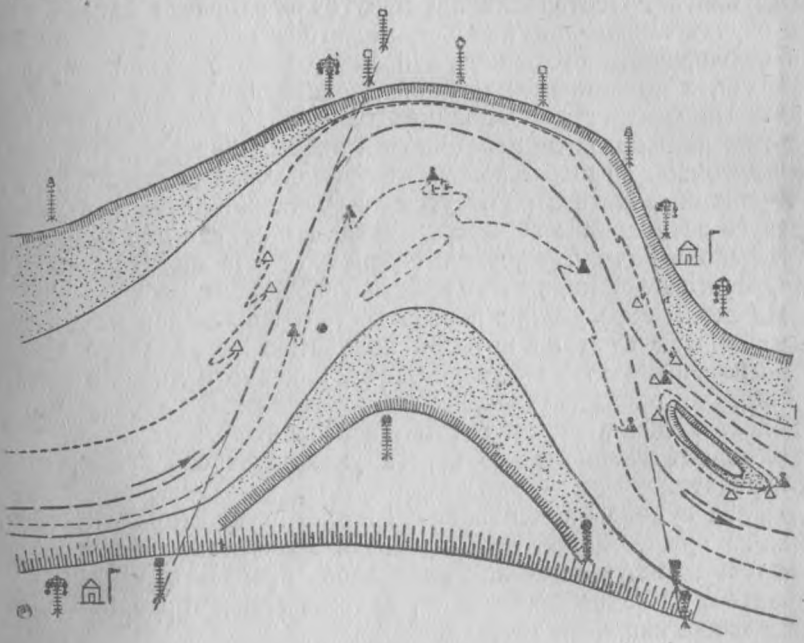


Рис. 26. Схема береговой и пловучей обстановки участка реки

сти плесовой лощины, расположенной у правого («горного») коренного берега, где расположен обстановочный пост. Обстановочный пост обозначен флажной мачтой (см. справа от постового домика), представляющей собою окрашенный полосами черного и белого цвета шест с красным угловым флагом, поднимаемым к клотику мачты (шеста) во время прохождения судна в районе обстановочного поста. Красный флаг показан условно сплошной черной краской, как и все остальные красные обстановочные знаки и сигналы. У постового домика выше входа на перекат стоит сигнальная мачта, на соответствующих ноках которой вывешены: глубина судового хода — 220 см, ширина судового хода — 70 м.

Начало перевала к левому берегу обозначено перевальным столбом, красный квадратный щит которого показан на рисунке условно черным. Вход с верховой стороны на перекат обозначен парой входных бакенов, которые установлены не один против другого, а несколько сдвинуты в продольном направлении.

За правой кромкой фарватера, огражденной красным входным бакеном, стоит свальный красный бакен (на рисунке он обозначен черным кружком), оповещающий судоводителей о наличии свального течения через нижнюю песчаную косу по имеющейся на нижней косе небольшой неходовой лощине (на рисунке лощинка показана пунктиром).

На левой (по течению) кромке судового хода поставлено три белых бакена. Постановка промежуточного белого бакена в данном случае совершенно необходима, чтобы соблюсти очень важное для безопасности судоходства правило расстановки пловучей обстановки, а именно: прямая линия, соединяющая два соседних одноцветных бакена, ограждающих одну и ту же кромку судового хода, не должна нигде пересекаться косами, застругами и шалыгами с глубиной на них меньшей, чем показанная на сигнальной мачте глубина переката. При отсутствии среднего бакена выступающая заструга осталась бы не огражденной, что опасно для судоходства.

В районе подвалья переката у выхода в нижнюю плесовую лощину поставлена пара выходных бакенов.

На левом берегу ниже переката стоит сигнальная мачта, вывеска габаритов пути на которой полностью совпадает с вывеской на сигнальной мачте выше переката, как оно и должно быть, так как вывески обеих сигнальных мачт показывают глубину и ширину судового хода на одном и том же перекате.

Створные знаки левого берега указывают ось судового хода на перекате.

Далее судовой ход направлен вдоль несколько вогнутого пойменного яра. Ходовой левобережный знак в виде белого ромба указывает, что судовой ход идет вдоль яра. По стрежневой части фарватера выгодно вести суда, идущие вниз, чтобы использовать наибольшие скорости течения.

Правая (по течению) граница судового хода обставлена красным бакеном, ограждающим опасность — камни. Обставить эти камни необходимо потому, что для судов, идущих вверх, выгоднее будет итти в зоне малых скоростей вдоль красных бакенов, ограничивающих подводную часть правобережной косы.

Начало перевала к правому берегу обозначено перевальным знаком с белым квадратным щитом.

Левобережный, пойменный яр, затопляемый во время паводка, огражден левобережным весенним знаком — белой трапецоидальной решетчатой пирамидой на вершине столба.

Далее на левом берегу находятся сигнальная мачта и обстановочный пост, а ниже его по течению — сигнальная мачта, указывающая габариты пути в левом рукаве, который могут использовать мелкосидящие суда и плоты.

У приверха острова в месте разделения судового хода стоит пестрый бакен, т. е. на одном бакенном плотике-щуке рядом установлены обычные красная и белая бакенные пирамидки.

Направление главного судового хода по правому рукаву указывается створными знаками правого берега (см. на рисунке внизу

справа). Сигнальные мачты, установленные на подходе к перекату снизу, оказались за рамками рассмотренного листа лоцманской карты.

Остается отметить еще весенние знаки правого берега — красные решетчатые шары (диски) на вершине столба, ограждающие затопляемую пойменную террасу под правым коренным берегом, где пролегает весенний судовой ход, значительно спрямляющий путь.

Разобранная схема далеко не исчерпывает всех случаев расстановки береговых и пловучих обстановочных знаков. Так, например, на перекатах типа россыпи, где судовой ход извилист и не может быть подробно обозначен береговой обстановкой, значение пловучей обстановки намного увеличивается. С другой стороны, на участках рек с устойчивым каменистым или печинистым руслом в ряде случаев можно совсем обойтись без пловучей обстановки, установив достаточное количество береговых знаков.

§ 16. СУДОХОДНАЯ ОБСТАНОВКА ОЗЕР

Обстановка озер и водохранилищ может быть выполнена или по двусторонней (латеральной) системе, применяемой на реках (см. §§ 9—13 и рис. 26), или по компасной (кардинальной) системе.

Выбор системы обстановки делается в зависимости от очертаний фарватера в данном озере или водохранилище.

Если озеро или водохранилище имеет вытянутую форму или если при большой ширине озера или водохранилища фарватеры их строго ограничены отмелями или опасностями и имеют малую ширину, то удобнее всего будет двусторонняя (латеральная) система обстановки с применением тех же знаков, которые используются в речной судоходной обстановке; если же озеро при большой ширине и глубине не имеет явно выраженных и ограниченных фарватеров, то наиболее целесообразной будет компасная (кардинальная) система обстановки, с успехом применяемая на морях и крупных озерах для ограждения опасностей, лежащих среди озерных просторов или у берегов озера (рис. 27).

1. Вехи

Для ограждения опасностей на озерах по компасной системе применяются пловучие озерные вехи пяти видов:

а) Южная веха («зюйдовая» веха); ее надо оставлять к югу от курса судна, так как ограждаемая южной вехой опасность лежит к югу от южной вехи, устанавливаемой на северной оконечности опасности. Южная веха имеет черный голик раструбом вниз на белой вехе; на схемах она условно обозначается вертикальной линией с треугольником или с трапецией раструбом вниз на вершине (см. на рис. 27 веху на северной оконечности отмели).

б) Северная веха («нордовая» веха); ее надо оставлять к северу от курса судна, так как северная веха устанавливается на южной оконечности опасности. Северная веха — красная, красный голик устанавливается на ее вершине раструбом вверх; на схемах

она условно обозначается вертикальной линией с трапецией раструбом вверх (см. на рис. 27 веху на южной оконечности отмели и веху, ограждающую камни, лежащие у северного побережья озера).

в) Западная веха («вестовая» веха); ее надо оставлять к западу от курса судна, так как западная веха устанавливается на восточной оконечности опасности. Западная веха несет сверху

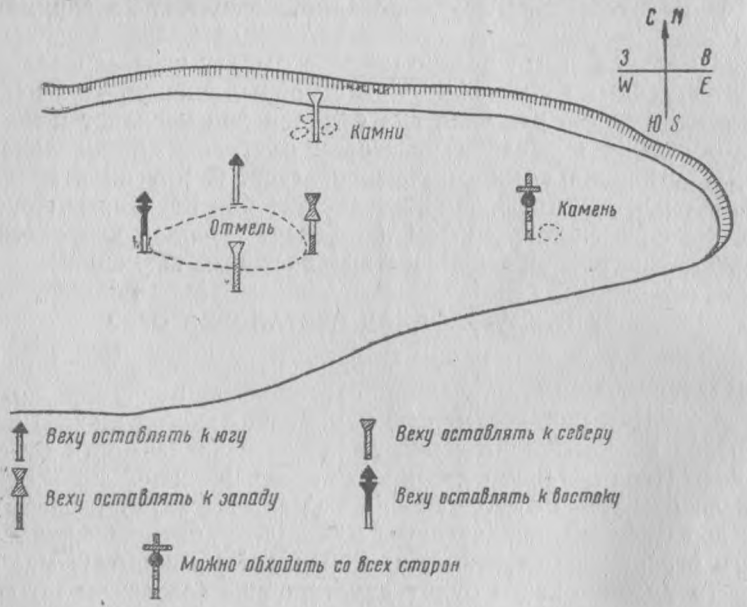


Рис. 27. Схема ограждения опасностей озерными вехами

два красных голика вершинами вместе, раструбами врозь. Самая веха снизу красная, вверху белая. Условно обозначается на схемах вертикальной линией с двумя треугольниками или трапециями вершинами вместе, раструбами врозь (см. на рис. 27 веху у восточной оконечности отмели).

г) Восточная веха («остовая» веха); ее надо оставлять к востоку от курса судна, так как восточная веха устанавливается на западной оконечности опасности.

Восточная веха несет на верхнем своем конце два черных голика раструбами вместе, а вершинами врозь. Веха вверху черная, внизу — белая. На схемах восточная веха условно изображается двумя треугольниками или трапециями раструбами вместе и вершинами врозь (см. на рис. 27 веху у западной оконечности отмели).

д) Пестрая крестовая веха; вертикальный шест ее окрашивается полосами попеременно в красный и белый цвета. Эту веху можно обходить с любой стороны, не сближаясь, конечно, вплотную с нею. Пестрая крестовая веха служит для ограждения опасностей небольших размеров. Для различия двух соседних пестрых крестовых вех на одну из них надевают черный шар.

Если наинизший навигационный горизонт совпадает с нулем водомерного поста, то $h_н = 0$ и срезка:

$$\Delta h = h_р = \nabla_р - \nabla_н \quad \text{см.} \qquad (17)$$

Если наинизший навигационный горизонт ниже нуля поста (а такое положение имелось на многих реках в маловодные навигации 1936, 1937, 1938 и 1939 годов), то отсчет $h_н$ нужно брать со знаком минус:

$$\Delta h = h_р - (-h_н) = h_р + h_н = \nabla_р - \nabla_н \quad \text{см.} \qquad (18)$$

Наконец, если и рабочий горизонт окажется ниже нуля поста, то:

$$\Delta h = -h_р - (-h_н) = h_н - h_р = \nabla_р - \nabla_н \quad \text{см.} \qquad (19)$$

Во всех случаях глубина опускания жесткого трала (промерной рамы) будет:

$$h = h_г + \Delta h \quad \text{см.} \qquad (20)$$

где $h_г$ — гарантийная глубина.

Высота стоек трала должна соответствовать наивысшему рабочему горизонту траления и высоте сухого борта судов, несущих трал.

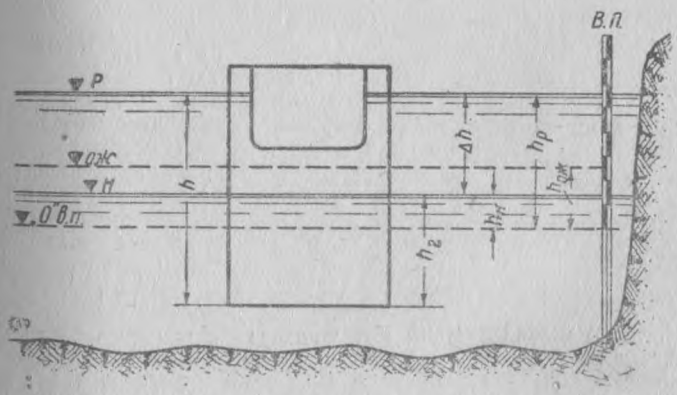


Рис. 33. Схема к расчету глубины опускания трала

При задевании трала за подводное препятствие лодки останавливают, обследуют препятствие при помощи наметки, данные о нем записывают в журнал и немедленно отмечают его обстановочным знаком: плавучей вехой, буйком, бакеном.

Применяемые на внутренних водных путях простейшие тралы мало совершенны, не гарантируют выявления всех препятствий, например, камней округлой формы, вследствие чего иногда возможны удары судов о предметы, не обнаруженные при тралении. Советские конструкторы и изобретатели Лысенко, Ручкин и др. предложили ряд новых типов тралов.

На Енисее применяются тралы, состоящие из ряда рамок, подвешенных на балку, поддерживаемую лодками. По отклонившимся рамкам можно быстро найти встреченное тралом препятствие. При задевании же за препятствие трала обычной конструкции приходится тратить время на поиски препятствий наметкой вдоль трала.

При тралении на морях, крупных озерах, водохранилищах и озеровидных бьефах применяются более совершенные тралы, довольно сложного устройства. Эти тралы также бывают жесткие и гибкие, а по способу приведения их в движение разделяются на буксирные (буксируемые кораблем) и судовые, которые устанавливаются на шлюпке, катере или даже на пароходе.

4. Судовые тралы, трал Котельникова

Судовые тралы устанавливаются на самоходных судах (при быстром течении на пароходах в 80—150 и. л. с.) или на несамоходных буксируемых судах. Рассмотрим один из этих тралов — трал Котельникова, представляющий собой раму, выполненную из металлических труб $a = 4$—6 см и состоящую из тральной полосы или горизонтального ригеля P—P (рис. 34) длиной до 22 м, жестко соединенного двумя подкосами $П$—$П$ с валом-трубой B уложенной поперек судна и опирающейся на подшипники $Ш$—$Ш$, установленные на палубе судна. Тросы (топенанты) T—T удерживают трал в нужном положении. Эти тросы зацеплены в носовой части судна за скобы с помощью крючьев из мягкого железа. При ударе ригеля P—P о препятствие крючья отгибаются, что и предохраняет трал от поломки. Ванты $б$—P служат для подъема трала из воды (за кормой судна). Подъем производится с помощью блока $б$ на мачте.

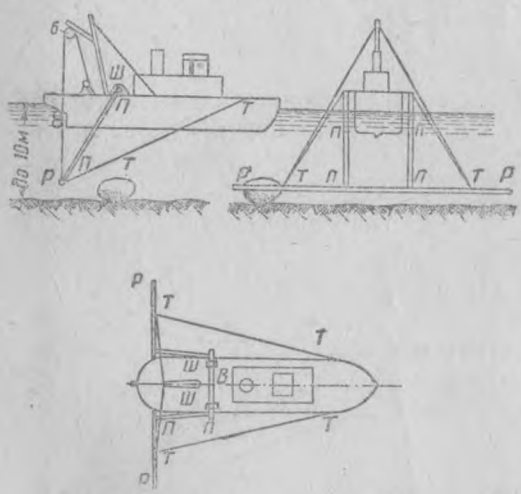


Рис. 34. Судовой трал системы Котельникова

Трал Котельникова можно снабдить приспособлением для автоматического сбрасывания буйка при задевании ригелем за препятствие.

С производством траления в крупных водоемах и конструкциями большей части современных тралов можно познакомиться по специальным пособиям [1].

5. Определение эксплоатационной осадки по данным траления

Имея сведения о выполненных на данном участке пути тральных работах, именно: а) о глубине опускания жесткого трала, б) о дате (месяц и число) производства тральных работ и в) об уровне воды в день траления, и получив прогноз об ожидаемых в ближайшие дни уровнях воды, можно определить (если после

[1] Проф. Б. В. Близняк. Производство исследования рек, озер и водоразделов 1936 г.; проф. Г. С. Максимов. Гидрография, 1935 г.

траления не произошло нарастания перекатов) допускаемую эксплоатационную осадку, а следовательно, и загрузку судна в предстоящем рейсе по формуле (см. рис. 33):

$$T_э = h - h_р + h_{ож} + a \text{ см}, \qquad (21)$$

где:

$T_э$ — эксплоатационная осадка судна в см;
h — глубина, на которую было выполнено траление, в см;
$h_р$ — рабочий уровень воды при тралении в см;
$h_{ож}$ — ожидаемый (предсказанный) уровень воды в см;
$h_н$ — наинизший навигационный уровень воды, отсчитываемый от нуля В. П. в см;
a — запас воды под днищем (см. § 7).

Пример. Из акта траления известно, что участок пути был протрален жесткими тралами, опущенными на глубину $h = 325$ см; траление производилось 5 и 6 июня при рабочих уровнях воды $+200$ см, $+196$ см; принимаем в запас $h_р = +200$ см. Паводков после траления не было. По имеющимся прогнозам (предсказанием) на ближайшие четыре-пять дней (за которые можно окончить рейс) ожидаются уровни воды $+50$, $+60$ см; принимаем в запас $h_{ож} = +50$ см. На какую осадку можно загрузить наливную баржу с нефтегрузом 1-го разряда, если на данном участке грунт каменистый?

Решение. Принимаем по табл. 1 (§ 7) запас под днищем $a = 20$ см и находим допустимую эксплоатационную осадку баржи по формуле (21):

$$T_э = h - h_р + h_{ож} - a = 325 - 200 + 50 - 20 = 155 \text{ см}.$$

§ 20. КАРЧЕПОДЪЕМНЫЕ РАБОТЫ

Мелкие карчи могут быть удалены с фарватера бакенщиками. Для успешного выполнения карчеподъемных работ большое значение имеет способ захвата карчи. Обычно она остропливается (обвязывается) пеньковым или стальным тросом или цепью. Чтобы обвести трос или цепь вокруг карчи, применяют приспособления различного устройства, в зависимости от того, выдается ли карча над дном реки или погружена в грунт. На малой глубине в теплое время года остропливание карчей можно производить вручную. Во всех остальных случаях захват карчей производится с судна с помощью различных приспособлений или водолазами.

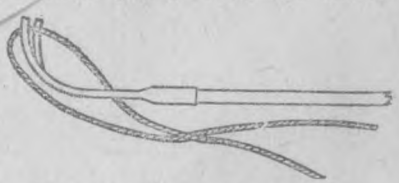


Рис. 35. Вилка для остропки карчей

Если карча выдается над дном реки, применяется вилка, которая представляет собою железный изогнутый стержень с раздвоенным концом (рис. 35). К тросу (канату, цепи) привязывают тонкий трос, который затем вилкой проталкивают под карчу и вылавливают его с другой стороны карчи. Тонкий трос тащит за собой цепь или канат, который охватывает карчу, или же трос, пропускаемый под карчу, свертывают петлей, в которую затем продевают другой конец троса. Эти способы закрепления троса на карче недостаточно удобны, поэтому чаще применяют серьгу (рис. 36).

Серьга представляет собою разомкнутое кольцо из круглого или полосового железа. Свободные концы кольца соединены болтом, к которому прикрепляется трос. При помощи вилки, описанной выше, трос с кольцом подводят под карчу и затем вытаскивают на поверхность воды; болт, замыкающий коль-

цо, вынимают; середину троса вкладывают в серьгу, и болт снова завинчивают. Полученная таким образом петля постепенно затягивается на карче. Этот способ дает надежный захват и удобен тем, что не требует пропуска всего троса через кольцо и свободный конец троса может быть постоянно закреплен на лебедке.

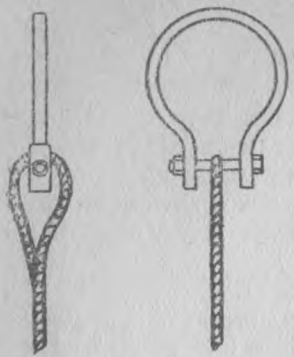


Рис. 36. Серьга для остропки карчей

Если карча погружена в грунт, то прежде чем применять вышеописанные способы захвата, нужно оторвать ее от дна, что выполняется при помощи крюка-«козы», который подводят под карчу баграми (рис. 37, *а*).

Если не надо предварительно отрывать занесенную карчу, можно захватить ее клещами, лезвия которых изогнуты и с внутренней стороны имеют зазубрины (рис. 37, *б*). Клещи накладывают на карчу путем постепенного опускания цепи, к которой они подвешены; при этом шестами им придается правильное направление. Клещи надежно захватывают, ими можно вынимать карчи, погруженные в грунт на значительную глубину.

Для подъема карчей, сильно погруженных в грунт, применяется заершенный лом или ввинчиваемый в карчу железный винт (рис. 37, *в*).

Захваченную тем или иным способом карчу извлекают из воды при помощи карчеподъемного снаряда, который представляет собою подъемный кран, установленный на судне.

Карчи можно раздроблять взрывами.

Извлеченные со дна карчи необходимо удалять из русла и складывать

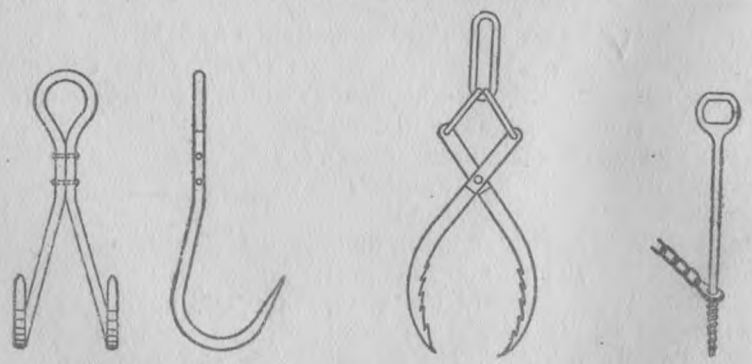


Рис. 37. Приспособления для захвата карчей, погруженных в грунт: *а* — крюк-коза, *б* — клещи, *в* — винт для подъема карчей

на береговой полосе так, чтобы при паводке они не могли быть снесены течением в русло.

Встречающийся при дноочищении мореный, или черный, дуб представляет большую ценность, как материал для производства мебели.

Для предупреждения попадания карчей в реку необходимо систематически вести берегоочищение, т. е. очищать береговую полосу от подмываемых деревьев и выкорчевывать прибрежные пни.

§ 21. КАМНЕУБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ

Небольшие камни при малой глубине реки удаляют обычно ручным способом. При этом пользуются железными граблями. Работа производится с плота или лодки или же стоя в воде (в теплое время года).

Для захвата и подъема камней весом более 80 кг применяются цепи, клещи, храпы и стальные болты.

Цепь петлей (рис. 38, *а*) накладывают на камень при помощи багров или применяют цепную сеть (рис. 38, *б*), которую подводят под камень сбоку, затем камень накатывают на нее, и четыре конца сети собирают на крюк, который поднимают вместе с сетью.

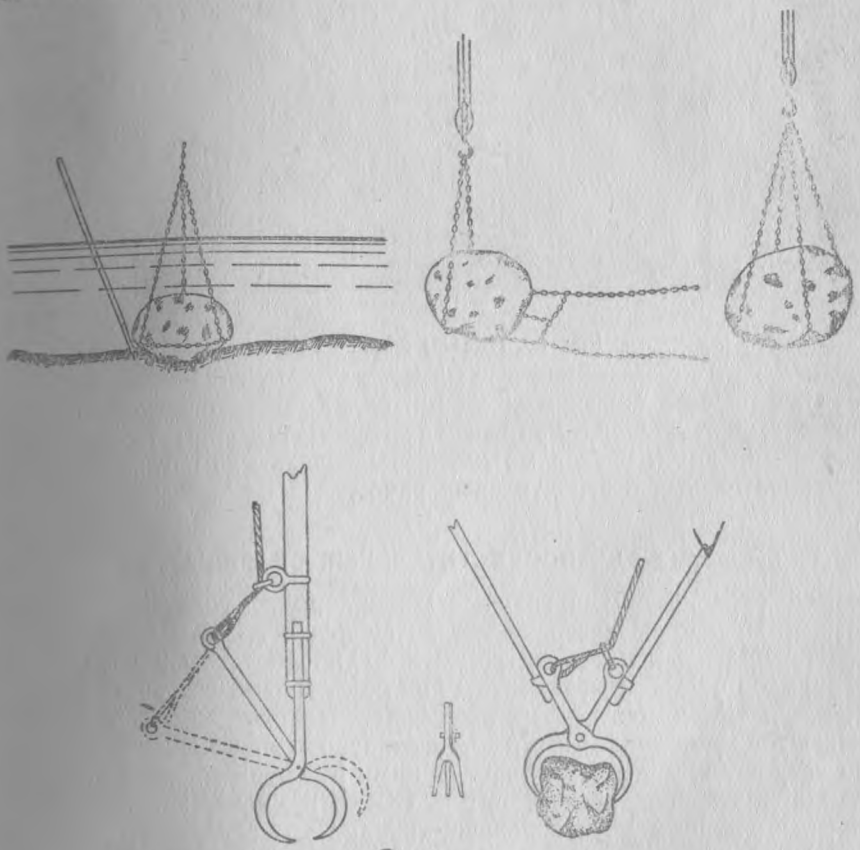


Рис. 38. Устройство ~~из болта~~ подъема подводных камней:
а — цепная петля, *б* — цепная сетка, *в* — малые клещи,
г — тяжелые клещи-храп

Малые клещи (рис. 38, *в*), как и тяжелые — до 150 кг — клещи-храп (рис. 38, *г*), служат также для захвата камней.

Стальной болт, часто применяемый для захвата и вытаскивания камней, используется следующим образом. В камне в стороне от его центра тяжести пробуравливают наклонную к горизонту воды скважину глубиной в 10—15 см, в эту скважину заводят болт, без всякой расклинки или крепления, и затем камень осторожно поднимают. Вследствие трения болт удерживается в

скважине вначале подъема и затем прочно зажимается вследствие эксцентричного положения скважины (рис. 39).

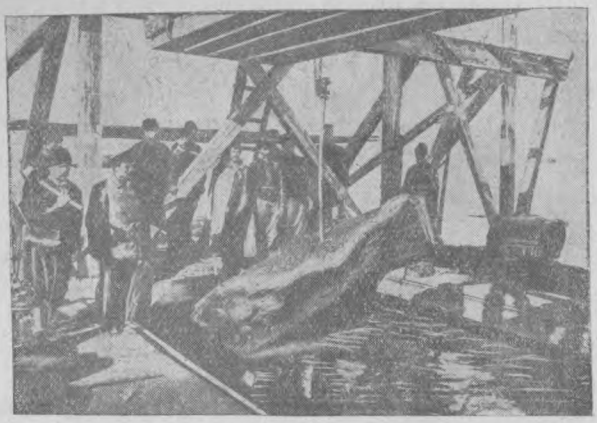


Рис. 39. Подъем камня на болте

Извлеченные камни необходимо складывать так, чтобы они не могли вызвать аварию при высоких горизонтах воды. Поднятые со дна камни почти всегда можно использовать для различных берегоукрепительных и строительных работ.

§ 22. ДНООЧИСТИТЕЛЬНЫЕ СНАРЯДЫ

Все сколько-нибудь крупные карчи, камни, топляки и прочие предметы удобнее всего извлекать со дна с помощью специально приспособленных пловучих средств — дноочистительных снарядов, т. е. судов с установленными на них подъемными устройствами, которые, в зависимости от их преимущественного использования, называются карчеподъемными или камнеуборочными снарядами, хотя по устройству и действию между ними нет существенной разницы.

На внутренних водных путях СССР применяются дноочистительные снаряды двух основных типов:

1) снаряды на одном судне и
2) снаряды на двух судах.

Дноочистительные снаряды на одном судне представляют собой палубные суда довольно прочного крепления. Широко распространены так называемые водолазные краны с кормовой стрелой, лебедкой на палубе и плоско срезанной кормой, на которой имеется лестница-трап для спуска водолазов в воду. Водолазные камнеподъемные краны имеют подъемную силу обычно в 10 т, но бывают краны с подъемной силой в 15 т и выше. Имеются пловучие краны грузоподъемностью до 100—150 т, используемые в портах и для удаления с фарватера особенно тяжелых предметов.

Дноочистительный снаряд первого типа обычно представляет собою плоскодонное судно, снабженное стрелой с определенным выносом за борт судна и лебедкой для подъема предметов. Стрела может быть установлена или на борту, или только на корме, как у водолазных кранов, или на борту и на корме одновременно (рис. 40). Бывают снаряды с одной стрелой и с несколькими стрелами. Верхний конец стрелы снабжается блоком, в который заведен подъемный трос. Один конец троса спускается в воду для захвата поднимаемого предмета, а другой навивается на барабан лебедки. При

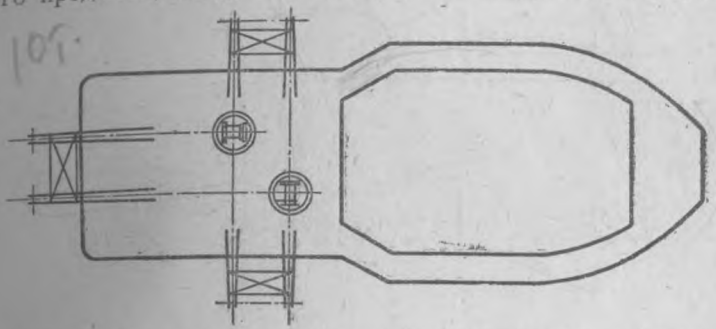


Рис. 40. План палубы дноочистительного снаряда, на одном судне с кормовыми и бортовыми стрелами. Лебедки показаны в положении, позволяющем обслуживать стрелы разных направлений

неподвижной установке лебедок для каждой стрелы требуется особая лебедка, поэтому у дноочистительных снарядов более совершенных типов лебедки устраиваются поворотными. Так как одновременно могут работать только две стрелы одного направления, то при наличии шести стрел (две кормовых и по две с каждого борта) требуется всего две лебедки. Последние устанавливаются на пересечении осей трех стрел различных направлений и обслуживают одновременно две стрелы (см. рис. 40).

В дноочистительных снарядах на двух судах подъемное устройство обычно расположено посредине между судами и представляет собою козлы, стрелу или ферму, к которым подвешен блок с подъемной цепью или тросом, закрепленным одним концом на барабане лебедки. Последняя помещается на палубе между судами в кормовой или носовой части (рис. 41). Снаряды на двух судах более остойчивы.

Иногда два судна соединяют вплотную, а стрелы устраивают с бортов. Такого рода конструкция аналогична снаряду первого типа (т. е. на одном судне с бортовыми стрелами), но отличается от нее большей остойчивостью.

Для подъема крупных камней, крупных карчей и других крупных предметов употребляются снаряды, состоящие из двух судов, установленных параллельно, с просветом между ними. Пролет перекрыт деревянной пространственной фермой, опирающейся на суда и соединенной с ними. В верхней части фермы уложены рельсы, по которым перемещается тележка. На продольных брусьях первой тележки в перпендикулярном направлении также уложены рельсы, по которым ходит вторая тележка с подъемной лебедкой (рис. 42). Такое устройство дает возможность поднимать камни со дна реки в пределах движения тележек без перемещения всего снаряда, что особенно удобно при

наличии большого количества камней, лежащих близко друг от друга. На реках с быстрым течением между судами спускается струеотводный щит до дна реки: за щитом образуется тиховод, что дает возможность производить выемку камней в спокойных условиях.

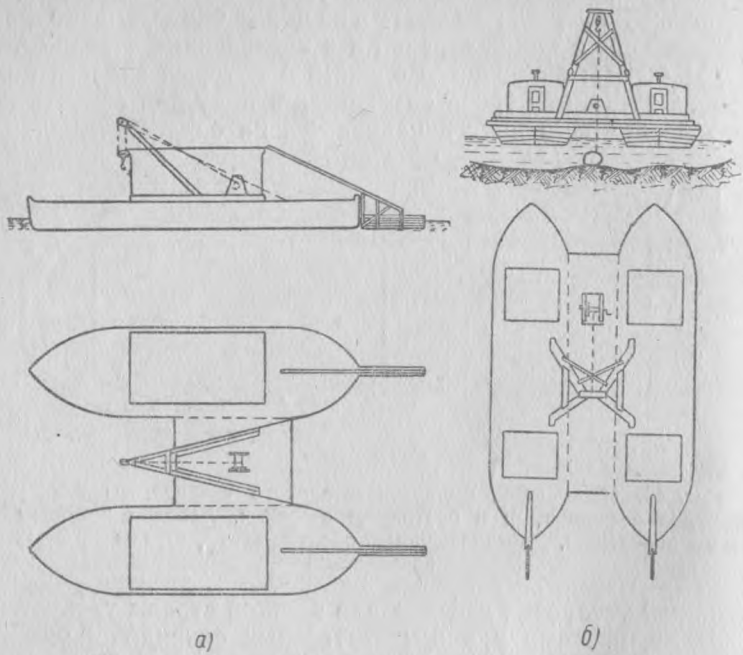


Рис. 41. Дноочистительные снаряды на двух судах

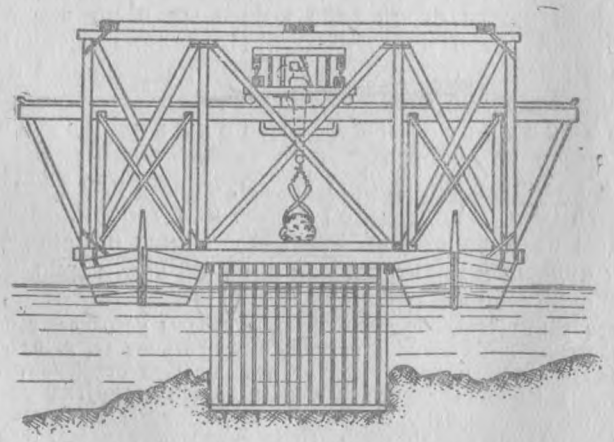


Рис. 42. Камнеподъемница на двух судах с подъемным устройством на катучих тележках. Между судами опущен щит, создающий тиховод

При работе все дноочистительные снаряды получают наибольшую нагрузку или в момент отрыва поднимаемого предмета от дна реки, или в момент выхода его из воды.

Водолазные краны, карчеподъемницы и другие дноочистительные снаряды, а также подъемные плавучие краны при подводных работах поднимают днем зеленый флаг, а ночью поднимают на мачте два зеленых огня, расположенных вертикально на расстоянии одного метра друг от друга и видимых со всех сторон.

§ 23. ПОДВОДНЫЕ ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Для удаления больших карчей, плотно засевших в грунте, или очень больших камней, которые не удается поднять с помощью обычных дноочистительных снарядов, приходится предварительно раздроблять их подводными взрывами.

Взрыв производится: 1) при помощи заряда бризантного, т. е. дробящего взрывчатого вещества, свободно положенного вплотную к камню, карче (лучше, если можно, под камень, под карчу), или на каменную породу, или 2) при помощи заряда взрывчатого вещества, заложенного в специально пробуренные во взрываемом предмете скважины — бурки (шпуры), или 3) путем проводки штолен и минных камер в подводном скалистом грунте, который нужно взорвать.

Взрывные работы под водою отличаются следующими особенностями:

а) бурение скважин затруднительно, поэтому при значительной глубине производятся водолазные работы;

б) накладные заряды необходимо надежно прикреплять к взрываемому объекту, чтобы заряд не всплыл или не был отнесен течением на судовой ход или рейд, где заряд представляет опасность для судов;

в) забойка, т. е. заполнение скважин поверх заложенного заряда грунтом может отсутствовать, так как ее заменяет слой воды: чем больше слой воды над взрываемым предметом, тем сильнее разрушительное действие взрыва;

г) при малых глубинах паление производится с помощью огнепроводов, например бикфордова шнура. При большой глубине огневой запал почти неприменим и заменяется электрическим, хотя последний и требует тщательной изоляции проводников во избежание короткого замыкания. Качество изоляции всей электрической сети перед взрывами, до присоединения к патронам, должно быть тщательно проверено;

д) радиус разбрасывания разрушенных частей меньше и звук взрыва значительно слабее, чем при взрывании на воздухе.

В качестве взрывчатого вещества чаще всего употребляются аммонит, аммонал и динамит. Взрывные работы выполняются взрывными партиями бассейновых управлений пути или специальной организацией (Союзвзрывпромом или ЭПРОНОМ), а горно-техническая инспекция следит за выполнением правил техники безопасности; поэтому ниже приводятся лишь некоторые особенности производства подводных взрывов, так как члены судовых команд нередко помогают взрывникам, особенно в зимнее время.

Применяя свободно положенные заряды, необходимо предварительно тщательно обследовать предмет, подлежащий взрыву, и наметить место укладки заряда. Последний прикрепляют к шесту и опускают с плота, установленного на якорях над взрываемым предметом. Чтобы заряд не унесло водой, его закрепляют у взрываемого предмета.

При взрывании небольших камней или карчей рекомендуется помещать заряд в бутылку для усиления действия взрыва. Горлышко бутылки должно быть герметически закупорено. Бикфордов шнур следует покрыть слоем жира. Бутылку нужно поместить по возможности под взрываемый предмет и закрепить, чтобы она не могла быть сорвана водой. На больших глубинах заряд укладывает и закрепляет водолаз.

Большие камни можно раздроблять накладными зарядами бризантных взрывчатых веществ, но если камень очень велик и объем его превышает 4—5 м^3,

то дробление накладными зарядами приведет к значительному расходованию взрывчатых веществ и большой затрате времени. В таких случаях заряды закладывают в бурки (шпуры), пробуренные в камне. Бурки для закладки зарядов взрывчатых веществ устраивают также, если необходимо взорвать каменную гряду или отдельный твердый выступ дна или берега, мешающий судоходству. Бурки бурят машинным способом с поверхности воды — с плавучих понтонов и с подмостей, и под водой, с помощью водолазного колокола или кессона.

После взрывов производят контрольное траление и удаляют с судового хода все обломки камня, представляющие опасность судоходству.

Расход взрывчатых веществ можно приблизительно подсчитать по следующим найденным из практики соотношениям.

Вес накладных (свободно положенных) зарядов при групповых и одиночных взрывах камня определяется в зависимости от объема камня, твердости каменной породы и глубины воды над камнем. При глубине воды над камнем более 0,5 м вес взрывчатки определяется:

$$Q = kV \quad \text{кг}, \tag{22}$$

где:

Q — вес взрывчатки в накладном заряде в килограммах;

k — коэфициент, зависящий от твердости каменной породы; $k = 5 \div 7$ для камня твердых пород (гранит); $k = 3 \div 4$ для камня мягких пород (известняки, мел);

V — объем камня в м³.

Для взрыва накладным зарядом одного кубического метра камня мягкой породы требуется примерно 3 кг взрывчатого вещества.

Вес зарядов, заложенных в бурках (углубленные заряды), рассчитывается по формуле:

$$Q = ch^3 \quad \text{кг}, \tag{23}$$

где:

c — коэфициент, зависящий от рода грунта, а именно: $c = 1{,}4$ для очень твердых скальных пород грунтов (гранит); $c = 0{,}8$ для твердых грунтов (слабый известняк, мел, глинистые сланцы); $c = 0{,}4$ для слабых грунтов (глины, слежавшиеся глинистые пески);

h — средний линейный размер куска породы в метрах.

Вес накладного заряда для взрыва карчей и одиночных свай рассчитывается по диаметру карчи или сваи с учетом плотности древесной породы:

$$Q = k_\partial D^2 \quad \text{кг}, \tag{24}$$

где:

D — диаметр карчи или сваи в метрах,

$k_\partial = 10 \div 35$ — коэфициент, зависящий от породы и состояния дерева.

Вес накладного заряда для разрушения группы бревен или свай (свайного куста) подсчитывается по формуле:

$$Q = 9D_{\text{общ}} \quad \text{кг}, \tag{25}$$

где:

$D_{\text{общ}}$ — общий наибольший диаметр свайного куста в метрах.

Специалисты-взрывники, ответственные за производство взрывных работ, должны принимать меры, обеспечивающие соблюдение правил техники безопасности. Судоводители обязаны во избежание несчастных случаев принимать меры предосторожности в районе производства взрывных работ и ни в коем случае не вводить суда на закрытый участок (см. § 45).

§ 24. УДАЛЕНИЕ ПРЕПЯТСТВИЙ ЗА ПЕРЕМЫЧКАМИ

При большом объеме дноочистительных работ, сосредоточенных в одном месте, например, при удалении каменной гряды или огрудков, т. е. скопления камней, может оказаться целесообразным про-

изводство работ не в воде, а насухо. Тогда место работ ограждают временными плотинами — перемычками — и затем откачивают воду насосами. При небольшой глубине часто бывает выгодно применить песчаные перемычки.

Устройство песчаных перемычек возможно, если дно реки трудно размываемое и вблизи места работ имеется песок в достаточном количестве.

При глубинах более 4 м устройство песчаных перемычек невыгодно, так как требуется слишком большое количество песка.

Прежде всего выполняется тщательная съемка места работ и уточняются границы площади, подлежащей ограждению.

Проектируемое местоположение перемычки наносят на план, на котором должны быть показаны направления речных течений, результаты зондировки грунта и промеров глубины. На плане обозначается также проектируемое расположение охранных и струеотводных приспособлений (рис. 43).

Сооружение перемычки начинается с постройки охранных козел, которые устанавливаются в русле реки выше по течению и предназначаются для защиты перемычки от навала плотов. Козлы устраивают из дерева. Чтобы они не всплывали, к ним подвязывают камни или мешки с песком. Затем устраивают струеотводные щиты, представляющие собою козлы, обшитые досками для предохранения песчаной отсыпки от размыва. Эти охранные и струеотводные сооружения устанавливают с верховой стороны перемычки, а при косом течении прикрывают и боковые ее стороны.

После устройства охранных приспособлений приступают к сооружению самой перемычки: по периметру осушаемой площади устанавливают ряд козел, связанных друг с другом продольными брусьями и обшитых снаружи досками. Полученную таким образом стенку обсыпают снаружи песчаным грунтом, обычно с помощью дноуглубительных снарядов. Для достижения водонепроницаемости толщина этой отсыпки должна быть приблизительно вдвое больше ее высоты. Для защиты отсыпки от размыва с наружной стороны устанавливают второй дощатый забор на сваях, который не доходит до дна и при помощи поперечин связывается с основной деревянной стенкой перемычки (рис. 44).

После устройства перемычки из огражденного пространства откачивают воду.

Когда рабочая площадь осушена, приступают к очистке ее от камней или других подлежащих удалению предметов. Производство взрывов за перемычками отличается той особенностью, что в пробуренные в породе или камне шпуры кладут по возможности минимальные заряды взрывчатого вещества и взрывают их постепенно, а не сразу. При сильных взрывах куски раздробленной породы могут вылетать за перемычку и засорять фарватер, что потребует дополнительных и часто дорого стоящих работ по расчистке фарватера.

Удаление взорванных камней или скальной породы на берег производится тем или иным видом сухопутного транспорта, например, по железной дороге нормальной или узкой колеи.

С помощью перемычек возводятся плотины, шлюзы, набережные, иногда опоры мостов и другие сооружения. За перемычками могут также удаляться затонувшие суда и остатки разрушенных сооружений.

Стеснение реки перемычками вызывает увеличение скоростей течения и кососструйность, о чем необходимо помнить судоводителям. Скорость течения в участке реки, стесненном перемычкой, увеличивается прямо пропорционально отношению площади живого сечения реки в естественных (бытовых) условиях к площади живого сечения реки, стесненной перемычкой.

Например, если после устройства перемычки сечение реки уменьшилось вдвое, то и скорость течения увеличится вдвое.

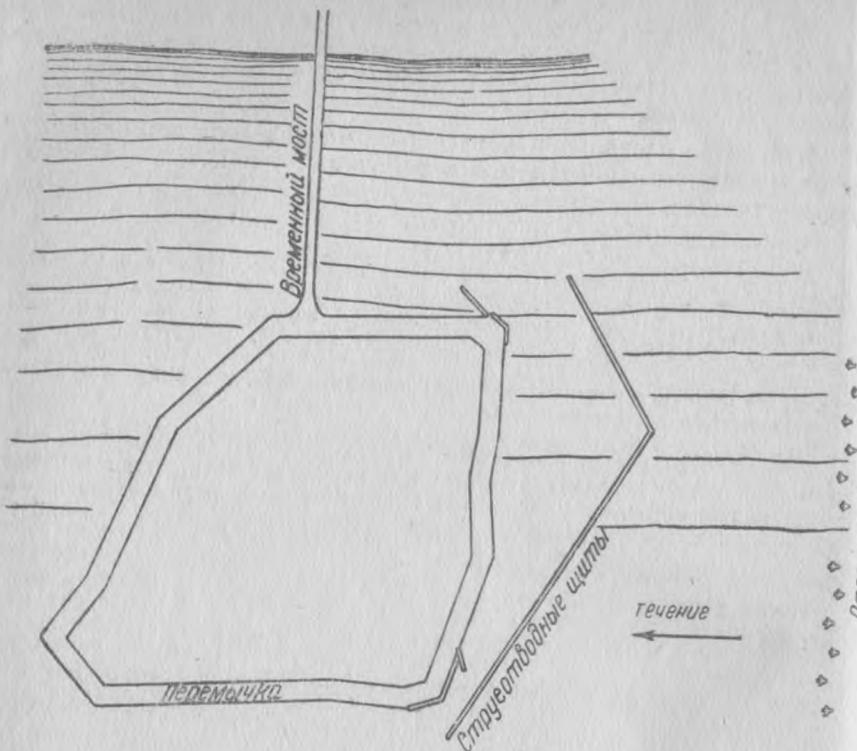


Рис. 43. План перемычки

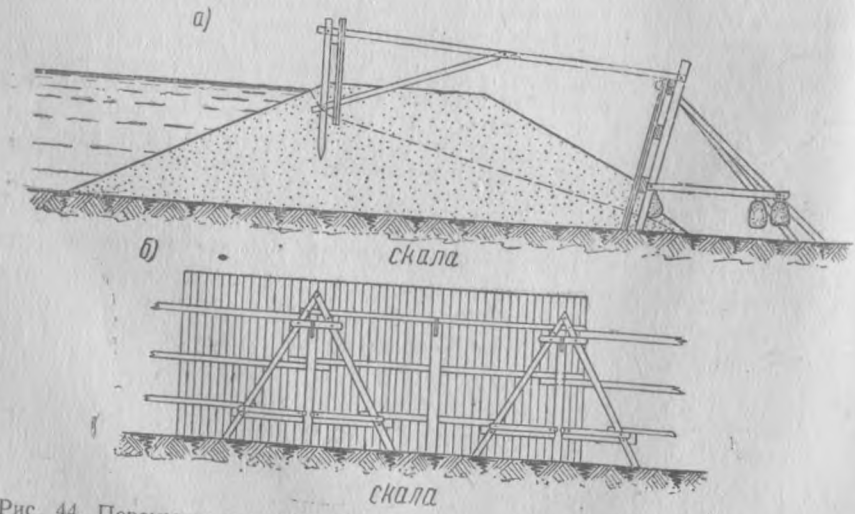


Рис. 44. Перемычка с песчаной загрузкой: *а* — поперечный разрез перемычки, *б* — фасад перемычки со стороны осушаемого пространства

Такая простая зависимость между скоростями в естественных условиях и после стеснения реки перемычками справедлива только для средних скоростей течения. На самом же деле скорость на судовом ходу на участке стесненном перемычкой увеличивается больше, чем прямо пропорционально отношению живых сечений реки бытового к стесненному перемычкой, так как устройство перемычки вызывает косоструйность течений, и образование суводей и водоворотов.

Когда перемычка примыкает к одному из берегов, то обычно получается косина струй, образующих свальное течение к противоположному от перемычки берегу. Основная мера предосторожности при следовании мимо перемычки с буксируемым возом — вести паротеплоход-буксировщик по кромке судового хода, прилегающей к перемычке.

Кроме песчаных перемычек применяются перемычки и других конструкций, например, перемычки, в состав которых входят ряжи, т. е. срубы из бревен или клетки из брусков, загруженные камнем. Во избежание аварий от навала судов или плотов нельзя допускать движения буксируемого воза в тесном приближении к перемычкам, ограниченным со стороны судового хода ряжами или каменной наброской.

§ 25. УДАЛЕНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПРЕПЯТСТВИЙ. ЗИМНЕЕ ДНО ОЧИЩЕНИЕ. ВЫМОРАЖИВАНИЕ КАМНЕЙ. БЕРЕГООЧИЩЕНИЕ

1. Удаление случайных препятствий

Кроме удаления карчей и камней, в дноочистительные работы входят подъем и удаление с фарватеров и рейдов всяких других препятствий. Сваи удаляются взрыванием (§ 23) или выдергиванием. В последнем случае на сваю накладывают захваты в виде клещей или снасти, закрепляемой на болте, заложенном в просверленное в свае сквозное отверстие.

Вылавливание снастей, оборванных кабелей и других длинных тонких предметов производится с помощью проволакиваемых по дну дреков и стоног, т. е. стержней с лапами.

Подъем судов производится обычно водолазами, реже применяются перемычки.

Для разборки подводных препятствий с успехом используются одночерпаковые дноуглубительные снаряды (см. § 32).

2. Зимние дноочистительные работы

Дноочистительные работы целесообразно производить не только во время навигации, но и зимой, при ледяном покрове. Для экономии средств, расходуемых на околку майн, траление производят еще до осеннего ледохода и береговыми створами тщательно обозначают положение препятствий. Иногда про-

изводится зимнее траление. После того как будет обнаружен подводный предмет, который надо удалить, в определенной точке его ставится наметка, поддерживаемая с лодки в вертикальном положении. На берегу выставляют два створа, линии которых проходят через препятствие (см. рис. 31). Для того, чтобы перед началом зимних дноочистительных работ можно было наиболее точно определить место на льду над препятствием, нужно, чтобы угол между створными линиями был близким к прямому и во всяком случае не менее 60°. Створы у вех прочно закрепляют кольями-сторожками с надписями на затесе, в которых указаны характер препятствия и номер створа. Схема расположения препятствия и обозначающих его местоположение створов прилагается к акту траления. Если подводный предмет очень большой, то створами обозначают его крайние, выдающиеся, точки или выделяют створами целый участок дна, занятый крупным предметом или их группой, например, огрудками. Иногда бывает целесообразнее не выставлять много створов на местности, а составить, находясь в лодках над препятствием, эскиз препятствия с указанием его размеров и ориентировки относительно двух створов.

После образования льда, способного выдержать группу людей, намечают на льду по береговым створам границы майны и выкалывают лед.

Препятствия убирают водолазы. На проектную глубину опускают промерную раму, водолаз собирает в корзину весь камень, лежащий выше рамы. При постановке рамы надо учитывать срезку, которая при зимних работах может иметь как положительную, так и отрицательную величину (см. § 19, рис. 33). Если рабочий горизонт окажется ниже наинизшего навигационного, то глубина опускания рамы с поверхности льда определится:

$$h = h_г - \Delta h + d = h_г + \nabla p - \nabla_н + d \quad м, \tag{26}$$

где d — возвышение поверхности льда над уровнем воды в майне,
$h_г$ — гарантийная глубина.

3. Вымораживание камней

При отсутствии водолазного снаряжения в районах с морозной зимой при зимних работах для удаления камней применяют вымораживание.

Вымораживание подводных предметов проводится теми же способами, что и вымораживание подводных частей судов при судоремонте. Над камнем, подлежащим удалению, обозначенным береговыми створами, делается во льду выемка так, чтобы небольшой слой льда оставался нетронутым и чтобы размеры выемки несколько превосходили размеры камня (рис. 45). Под действием мороза оставленный на дне выемки тонкий слой льда утолщается со стороны воды; после этого снова производят выколку льда на дне выемки, оставляя слой льда, отделяющий выемку от воды. Повторив эту операцию несколько раз, постепенным наращиванием стенок выемки получают ледяной колодец, вымороженный ко дну реки. Внутри этого колодца насухо производят работы по удалению камня.

Если вода прорвет стенку колодца, то необходимо немедленно закрыть отверстие, если же это не удается, то следует забить колодец снегом со льдом и плотно утрамбовать. После смерзания эту массу значительно легче удалить, чем сплошной лед.

При сильном течении перед устройством ледяного колодца с верхней (по течению) стороны забивают в два ряда полукругом колья, в пространстве между ними выбирают лед и опускают фашины или хворост. В образованном под прикрытием этой стенки тиховоде устраивают ледяной колодец обычным способом.

При очень сильном течении вокруг камня, подлежащего удалению, устанавливают вплотную одна к другой железные трубы, которые быстро обмерзают и образуют сплошную ледяную стенку.

Выморозка камней выгодна при расположении камней группами: при этом условии рабочая бригада не простаивает по два-три дня в ожидании, пока нарастает лед, а переходит от одного колодца к другому. Выморозка неприменима на реках с зимними колебаниями уровня воды, так как ледяные колодцы, уже приморо-женные ко дну, разрушаются, и всю работу приходится начинать снова.

Чтобы избежать несчастных случаев и обмораживания попавших в воду людей, ледорубов обвязывают толстой прочной веревкой, конец которой находится наверху у дежурного. Кроме того, на месте работ постоянно находится утепленная будка с железной печкой, поставленная на сани.

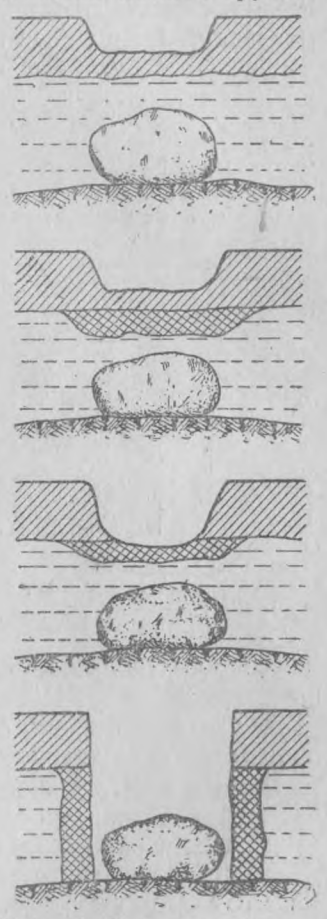


Рис. 45. Схема процесса выморозки камня

4. Берегоочистительные работы

Для уменьшения объема дноочистительных работ необходимо принимать предупредительные меры против засорения фарватера. Меры эти заключаются в следующем: необходимо строго соблюдать постановление правительства о прекращении молевого сплава на судоходных реках, бороться с утерей древесины из плотов, вести наблюдение за размываемыми берегами реки и заблаговременно удалять деревья, угрожающие падением, и камни, лежащие на бровке подмываемого берега; вынутые из русла реки камни необходимо удалять на такое расстояние, чтобы они не могли попасть снова в русло. В устьях притоков и у оврагов с крупными выносами устраивают регуляционные сооружения, которые предотвращают отложение наносов на фарватере реки. Берега судоходных рек и их притоков должны регулярно очищаться от подмываемых деревьев и пней. Карчи и топляки особенно опасны потому, что появляются на перекатах внезапно. Бакенщик должен тщательно следить за фарватером и при обнаружении карчей немедленно обставлять их предостерегательными знаками. Известны случаи, когда бакенщики-стахановцы помногу часов дежурили в лодке у обнаруженных карчей, предостерегая проходящие суда от удара об опасный предмет.

§ 26. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОЛАЗОВ НА ДНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ

При дноочищении с большим успехом применяются водолазные работы. При удалении затонувших судов и остатков сооружений, а также при большом объеме взрывных работ для

удаления камней или скалистых выступов дна участие водолазов неизбежно.

В период подготовительных работ водолаз осматривает и обмеряет подводные препятствия, и на основании представленных им сведений составляется проект дноочистительных работ. При производстве работ водолаз принимает в них непосредственное участие: закрепляет подъемные приспособления для вытаскивания затонув-



Рис. 46. Уборка камней водолазом

ших предметов, бурит шпуры и закладывает заряды при взрывных работах, убирает камни (рис. 46) и выполняет ряд других работ.

В настоящее время существует большое количество водолазных аппаратов различных систем и конструкций.

Водолазное снаряжение состоит из трех основных частей:

1) водолазного костюма (скафандра);
2) воздухопроводных шлангов;
3) воздухонагнетательной помпы.

Водолазный костюм, скафандр, состоит из металлического шлема (рис. 47, *а*) с тремя или четырьмя круглыми стеклами (иллюминаторами); шлем скрепляется с металлической манишкой, прикрывающей верхнюю часть корпуса водолаза; металлическая верхняя часть костюма соединяется винтами с воротом резиновой рубахи, которая не пропускает воду и не выпускает накачиваемый воздух. На грудь и на спину водолаза навешивают свинцовые грузы, а на ноги надевают кожаные калоши со свинцовыми подошвами (рис. 47, *б*). Грузы служат для уменьшения пловучести водолаза и для придания ему устойчивости на грунте.

Под скафандр водолаз надевает шерстяной костюм, рукавицы и две пары носков. Шерстяная одежда надевается для тепла, а также для смягчения толчков и давления от металлических частей водолазного снаряжения.

К шлему присоединен воздухопроводный шланг, который выходит на поверхность воды и присоединяется к нагнетательной помпе (рис. 47, *в*), с помощью которой накачивается воздух для дыхания водолаза. Воздух наполняет резиновую рубаху, сообщающуюся со шлемом; выдыхаемый воздух удаляется через открываемый водолазом специальный клапан в шлеме или через автоматические клапаны в водолазной рубахе. Конструкция клапанов не допускает попадания воды внутрь водолазного костюма.

При спуске водолаза в воду необходимо держать воздух в костюме под давлением, равным или немного бо́льшим внешнего давления воды: например, при нахождении на глубине 10 м водолаз будет находиться под давлением в 2 атм., на 15 м — 2,5 атм. и т. д. Работающие у воздушного насоса вахтенные должны тщательно

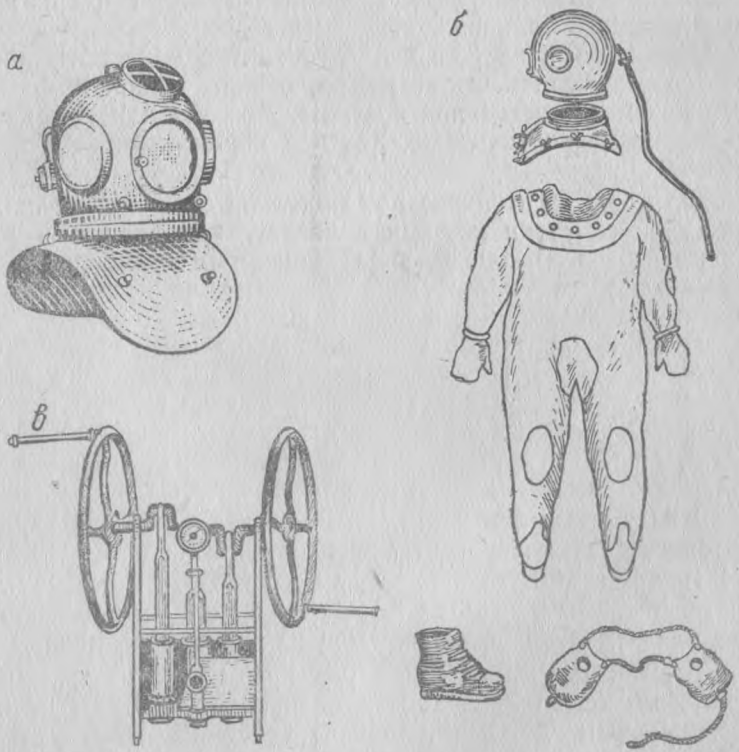


Рис. 47. Водолазное снаряжение: *а* — водолазный шлем, *б* — водолазный костюм, обувь водолаза, грузы и *в* — нагнетательный воздушный насос

следить за показаниями манометра, смонтированного на помпе. Водолаз может выпускать (травить) воздух из костюма по своему усмотрению через клапан в шлеме.

В случае защемления, обмерзания или разрыва воздухопроводящего шланга, а также в случае выхода из строя воздушного насоса жизни водолаза угрожает опасность.

Работая под повышенным давлением, водолаз сравнительно быстро утомляется; рабочий день водолаза под водой не превышает обычно четырех часов при спусках на небольшую глубину. Водолазы должны обладать крепким здоровьем; они допускаются к работе после тщательного медицинского осмотра.

К водолазному снаряжению относится сигнальный конец, при помощи которого водолаз, находясь на дне реки, подает сигналы наверх. Для переговоров с водолазом применяется телефон. Употребление телефона обязательно при работах, требующих особой осторожности, например, в трюме затонувшего судна, на ряжах и т. п., при спусках на большую глубину и при работах под льдом.

В последние годы стали употребляться бесшланговые водолазные костюмы, в которых воздух по мере надобности освежается воздухом или кислородом, выпускаемым водолазом из висящего на нем грудного баллона.

Для работы на больших глубинах применяется бронированный костюм. В этом костюме давление воды влияет лишь на свободу движения в сочленениях костюма. Условия для дыхания водолаза приблизительно такие же, как при нормальном атмосферном давлении.

Для быстрого спуска под воду при спасании людей, в частности, при оказании помощи водолазу, находящемуся под водой, применяются легководолазные аппараты, состоящие из маски, закрывающей глаза и нос водолаза. Подача воздуха из баллона в маску регулируется клапаном, рычаг которого водолаз берет в рот и, нажимая зубами, по мере надобности впускает воздух в маску. Водолаз вдыхает воздух из маски носом и выдыхает ртом, в воду. На тело водолаз надевает обычно легкую одежду, на руки — нитяные перчатки, на ноги — легкие туфли, голову повязывает полотенцем или платком. Одежда служит для предохранения тела от ударов о камни и другие подводные предметы.

Для уменьшения пловучести водолаз надевает свинцовый пояс на помочах, к которому прикрепляется сигнальный конец.

Время возможного пребывания водолаза в маске под водою: на глубине 40 м — 15 минут, на глубине 60 м—10 минут. Подъем водолаза должен производиться как можно быстрее.

Водолазная маска имеет ряд преимуществ перед мягким скафандром: одевание водолаза происходит быстрее; не стесненный специальным костюмом, водолаз свободно передвигается под водой; возможен спуск на значительные глубины; пользование маской дает экономию времени, затрачиваемого на спуск и подъем водолаза, а также сокращение числа обслуживающего персонала.

Недостатками маски являются: возможность спуска лишь в теплое время года; необходимость точной регулировки давления в маске; необходимость предварительной упорной тренировки дыхания, так как, если водолаз в скафандре делает обычно 30 дыханий в минуту, то в маске в силу особых условий число дыханий должно быть не более пяти в минуту. Водолаз, работающий в маске,

должен обладать особой выдержкой, спокойствием и самообладанием.

Легководолазные аппараты применяются спасательными станциями.

Для срочной ликвидации аварий, пробоин и для осмотра подводной части корпуса судна в составе судовых команд должны быть люди, имеющие вторую специальность — легководолазы.

Кроме водолазных масок применяются легководолазные изолирующие аппараты (рис. 48).

В настоящее время распространены мягкие резиновые скафандры. Спуск водолаза в них производится с водолазного крана или со специального бота или баркаса, на котором должна быть легкая шлюпка.

Обычно личный состав водолазной станции состоит из старшины, двух водолазов и двух-трех подручных.

Снаряжение при мелководных спусках: 1) водолазный аппарат с необходимыми запасными частями (обычно один шлем и два костюма); 2) дрек (небольшой якорь) с дректовом, якорной снастью, длиной в 100 м; 3) найтовый конец длиной в 75 м; 4) лот для измерения глубины; 5) спусковой трап; 6) тент;



Рис. 48. Легководолазы

7) часы; 8) два красных флага, а для ночных спусков — красный фонарь; 9) топор и другие необходимые инструменты; 10) сумка с медикаментами; 11) баллон с кислородом, если спуск производится на глубину более 12,8 м, т. е. 7 морских саженей.

После установки водолазного крана на месте работы измеряют глубину. Все части водолазного аппарата размещают по местам; при этом помпу закрепляют неподвижно на палубе, шланг и сигнальный конец укладывают в бухту около помпы, с кормы спускают трап. Водолазный старшина расстанавливает людей по местам, затем водолаз под наблюдением старшины производит рабочую проверку аппарата. После проверки три человека под наблюдением старшины одевают водолаза. Одевание и раздевание водолаза должны производиться в закрытом помещении, в холодное время года отапливаемом. Одетый, но с открытым иллюминатором, водолаз спускается по трапу, пока вода не достигнет до колен, затем начинает работать воздушный насос, и водолаз на-слух проверяет его работу. Когда водолаз убедится, что воздух к нему поступает, завинчивают иллюминатор, и водолаз спускается под воду по трапу, а затем по сигнальному концу на дно.

В течение всего времени пребывания водолаза под водой один человек следит за показаниями манометра, другой держит в руках сигнальный конец и сообщает старшине о получаемых сигналах. Специальные рабочие обслуживают помпу.

Подъем водолаза при небольших глубинах, до 12,8 м, производится без остановок, при бóльших глубинах — с остановками, число и продолжительность которых определяются специальными таблицами, в зависимости от глубины спуска[1]. Неправильный подъем водолаза с большой глубины может вызвать у него болезненные явления, угрожающие здоровью и даже жизни.

При производстве водолазных работ необходимо соблюдать следующие правила:

1) на водолазном боте должен находиться врач или фельдшер (в зависимости от масштаба работ), знакомый с декомпрессионными заболеваниями и с правилами водолазного дела;

2) место производства водолазных работ должно быть обозначено днем красным флагом, а ночью — красным фонарем;

3) во время производства водолазных работ следует предупреждать проходящие близко суда о необходимости уменьшения хода;

4) нельзя разрешать судам причаливать в месте производства водолазных работ;

5) над местом погружения водолаза не следует производить никаких работ, так как случайно упавший в воду предмет может послужить причиной гибели водолаза;

6) во время производства взрывов водолазы не должны находиться под водой;

7) производить подъем каких-либо предметов из воды можно только по указанию водолаза, причем последний должен предварительно выйти из воды;

8) одновременное производство водолазных работ и не связанных с ними другого рода подводных работ в районе работы водолаза не допускается.

---

[1] «Правила по охране труда и технике безопасности на водолазных работах». Наркомвод, 1938 г.

Водолазные станции имеются почти во всех бассейновых управлениях пути, они выполняют дноочистительные и подводные работы на гидротехнических сооружениях. В этом последнем случае надо



Рис. 49. Подготовка к зимнему спуску водолаза под лед

соблюдать особые меры предосторожности во избежание гибели водолазов.

Водолазные работы ведутся и в зимнее время (рис. 49).

§ 27. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙ ОТ ЗАСОРЕНИЯ СУДОВОГО ХОДА

Гораздо целесообразнее затрачивать средства на предупреждение аварий, чем нести несравненно бо́льшие расходы по ликвидации аварий и происшествий.

Борьба против потерь якорей и плотовых лотов. Наиболее опасными видами засорения фарватера являются утерянные якори и плотовые лоты. Если оборвавшийся якорь или другой утерянный предмет, опасный для судоходства, не может быть поднят судовыми средствами, то необходимо поставить над ним буек, известить бакенщика ближайшего обстановочного поста и возможно скорее сообщить о препятствии другим работникам пути, диспетчеру ближайшей пристани и инспектору судоходной инспекции.

Если упущенный в воду и не удаленный предмет представляет опасность для судоходства, то кроме обозначения его буйком вахтенный начальник судна, с которого был упущен опасный для судоходства предмет, ставит около него в ночное время лодку с соответствующим огнем до прибытия обстановочного работника, который ограждает предмет знаками обстановки и принимает меры к удалению предмета.

Берегоочистительные работы состоят в уборке с берегов реки камней, деревьев и пней, могущих упасть в реку (см. § 25).

§ 28. РАСЧИСТКА КАМЕНИСТЫХ ПОРОГОВ

Улучшение судоходных условий на каменистых порогах производится путем расчистки порогов при помощи взрывных работ. Расчистку можно вести взрывами зарядов, свободно накладываемых с поверхности воды, или взрывами зарядов, закладываемых водолазами в шпуры, сделанные с помощью специальных плавучих средств — механизированных бурильниц. Кроме того, расчистку можно производить насухо за перемычками.

Перед тем, как приступить к расчистке, следует проверить расчетами возможность получения заданной глубины. Известны случаи, когда при расчистке в порогах слишком широкой ходовой полосы уровень воды понижался и существенного увеличения глубины не было получено.

Наибольший технический и экономический эффект достигается шлюзованием порожистых участков рек. В результате этого получается удобный судоходный путь и источник дешевой электроэнергии. После Великой Октябрьской социалистической революции в СССР уже выполнено шлюзование порогов рек Волхова, Днепра и Свири; предстоит шлюзование порожистых участков ряда других рек.

ГЛАВА IV

ДНОУГЛУБЛЕНИЕ И ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ СНАРЯДЫ

§ 29. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДНОУГЛУБЛЕНИИ (ЗЕМЛЕЧЕРПАНИИ). ЦЕЛИ И ЗНАЧЕНИЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ (ЗЕМЛЕЧЕРПАТЕЛЬНЫХ) РАБОТ

Все работы, проводимые с целью увеличения глубины судового хода, можно назвать дноуглубительными. «Правила технической эксплоатации речного транспорта Союза ССР» содержат следующее определение: «Дноуглубительные (землечерпательные, взрывные, легковыправительные) и дноочистительные работы имеют целью поддержание в течение всей навигации или ее части габаритов пути не ниже гарантийных, а также чистоты судового хода»[1].

В данной главе рассматривается дноуглубление в более узком смысле, т. е. дноуглубление, выполняемое землечерпательными снарядами технического флота, т. е. механическое дноуглубление, а также взрывное дноуглубление.

Механическое дноуглубление, или землечерпание, заключается в углублении судового хода путем выемки грунта со дна механизированным способом, с помощью дноуглубительных снарядов технического флота.

В отличие от дноочистительных работ, проводимых с целью удаления с судового хода отдельных препятствий, дноуглубитель-

[1] См. «Правила технической эксплоатации речного транспорта Союза ССР». Изд. 2-е, Москва, 1947, § 36.

ные работы преследуют цель общего углубления дна в границах судового хода или рейда. По мере усовершенствования дноуглубительных снарядов дноуглубление получает все большее применение как на морском транспорте для углубления акваторий портов и подходов к ним, так и на внутренних водных путях, где дноуглубительные работы имеют широкое и самое разнообразное применение.

При советской власти дноуглубительный флот внутренних водных путей СССР вырос численно в несколько раз против дореволюционного времени.

Рост дноуглубительного флота происходил главным образом за счет увеличения числа снарядов небольшой мощности, которые были необходимы для приведения в судоходное состояние ряда заброшенных ранее, при царском правительстве, малых рек Севера и Сибири.

В настоящее время на основе внедрения рационализаторских предложений и достижений стахановцев технического флота производительность отдельных снарядов и всего дноуглубительного флота значительно увеличилась.

На многих реках с помощью дноуглубления в межень поддерживаются глубины на перекатах в два-три раза бо́льшие, чем минимальные глубины в естественном состоянии. В XVI веке глубина на перекате Телячий брод, у Нижнего Новгорода, падала в межень до одного аршина, т. е. до 70 см, теперь же на плесе Горький — Камское Устье поддерживается глубина в 260 см.

Все сказанное выше показывает большое значение дноуглубительных работ для речного транспорта. Несмотря на производимые в больших масштабах работы по шлюзованию (с одновременным использованием водной энергии) главнейших рек европейской части СССР, значение дноуглубления не уменьшается: дноуглубительные снаряды будут работать и на шлюзованных реках, а частично будут переведены на притоки, ныне «малые» реки, которые обратятся в весьма важные подъездные пути. Кроме того, дноуглубительные снаряды используются при постройке плотин, шлюзов, портов, пристаней и подходов к ним, а также на строительстве промышленных предприятий Министерства речного флота и других министерств. Вот почему необходимо и в дальнейшем усиливать дноуглубительный флот. В конце второй и в начале третьей пятилетки дноуглубительный флот СССР пополнился рядом мощных снарядов большой производительности. В послевоенной сталинской пятилетке технический флот будет значительно пополнен.

§ 30. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДНОУГЛУБЛЕНИЯ. ВИДЫ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Углубление дна механизированным способом применимо при всяких грунтах: от мелкого песка и разжиженного ила до скальных пород, выбираемых непосредственно дноуглубительным снарядом или предварительно разрушаемых подводными взрывами.

Извлекаемый со дна грунт тем или иным способом удаляют от места выемки и складывают на берег или в воду вне границ судовых ходов и рейдов. Он может быть использован для строительства плотин, запруд, для подсыпки берегов и т. д.

Дноуглубительные снаряды применяются также для добычи из-под воды таких строительных материалов, как песок, гравий и галька. Землечерпательные машины — драги широко используются в золотодобывающей промышленности.

Классификация дноуглубительных работ

Дноуглубительные работы производятся на внутренних водных путях и на морских путях. На море дноуглубление производится в морских портах, в подходных каналах, при строительстве морских каналов и различных морских сооружений. Морское дноуглубление в данном курсе не рассматривается.

Дноуглубительные работы на внутренних водных путях производятся на свободных и шлюзованных реках, на озерах и водохранилищах, на каналах и при строительстве водных путей (шлюзов, каналов), портов (набережные, подсыпка территории) и судоремонтных баз (слипов, эллингов, доков). По основному назначению различают два вида речных дноуглубительных работ: транзитное дноуглубление и внетранзитные дноуглубительные работы.

1. Транзитное дноуглубление

Дноуглубительные работы, выполняемые для достижения и поддержания заданных габаритов транзитного водного пути, т. е. сквозного водного пути магистрального значения между двумя какими-нибудь портами, являются важнейшим видом дноуглубления на внутренних водных путях. Так, от результатов дноуглубления на транзите Волги и дноуглубления на Приладожских каналах зависят условия судоходства и перевозки по Волге и далее на Ленинград.

По месту производства транзитного дноуглубления следует отметить такие виды работ:

а) дноуглубление на транзите свободных рек представляет собой основной вид дноуглубительных работ и заключается как в углублении судового хода на перекатах, так и в устройстве новых спрямляющих фарватеров, прорезающих побочни и излучины реки;

б) дноуглубление на транзите шлюзованных рек, где приходится углублять расположенные в верхних частях бьефов перекаты, если они покрыты недостаточным слоем воды при подпорном горизонте. Дноуглубительные снаряды выполняют на шлюзованных реках расчистку плотин и шлюзов от песчаных наносов, скопляющихся иногда на сооружениях во время весеннего половодья;

в) дноуглубление на транзите каналов необходимо для расчистки каналов от наносов и береговых обвалов, оползней и оплывин грунта;

г) транзитное дноуглубление на озерах производится в истоках и устьях судоходных рек, впадающих в озера, на подходах к портам и для обеспечения глубин судового хода в самих озерах (например на озере Балхаш);

д) дноуглубление на подходах к портам и крупным пристаням можно отнести к транзитным работам.

Дноуглубительные работы на речном транзите производятся в реках на течении, на каналах и озерах — в покойной или почти покойной воде. При организации дноуглубления на больших озерах необходимо учитывать возможность штормов.

Дноуглубительные работы на реках могут иметь различное назначение и оказывать не одинаковое влияние на состояние речного потока. Они подразделяются на:

а) капитальные, создающие такие прорези, которые воздействуют на движение речного потока, приводя к устойчивому изменению судового хода;

б) восстановительные, имеющие задачей очищение судового хода от отложившихся в период паводка наносов на перекатах по существующему судовому ходу;

в) эксплоатационно-ремонтные подчистки судовых ходов на перекатах от занесения их в течение межени.

2. Внетранзитные дноуглубительные работы

а) углубление входов в затоны и портовые бассейны (ковши, гавани). Этот вид дноуглубительных работ особенно важен в период расстановки судов на зимовку перед осенним ледоходом. Своевременная расчистка подходов к портам и пристаням, расположенным в затонах и портовых бассейнах, имеет важное значение для правильного использования флота. Были случаи, когда из-за недостаточных глубин на подходах к соляной пристани «Владимировка» и к левобережной части Днепропетровского порта (портовый бассейн «Амур») десятки судов оказывались запертыми на несколько дней, что нарушило график работы флота Волги и Днепра;

б) углубление рейдов, затонов и портовых бассейнов, а также устройство новых искусственных портовых бассейнов;

в) устройство подходных каналов к различным предприятиям и сооружениям. Очень часто приходится устраивать подходы с реки к заводам, фабрикам, мельницам, элеваторам, судостроительным верфям, водоприемникам водоснабжения и т. п. как для обеспечения подхода судов, так и для подвода воды;

г) выполнение земляных работ на новостройках. Дноуглубительные снаряды с успехом используются при

строительстве каналов, дамб, плотин, шлюзов, гидроэлектрических станций, набережных, водопроводов и т. д.

Во всех разобранных выше случаях может происходить не только выемка и удаление грунта, но и использование извлекаемого грунта для подсыпки берегов, засыпки староречий и болотистых участков;

д) возведение различных насыпей и земляных сооружений: подсыпка берегов, устройство запруд на закрываемых рукавах, устройство дамб для защиты зимующих в затоне судов от ледохода и т. д.;

в) добыча строительных материалов, например, песка, гравия, гальки. Извлекаемые дноуглубительными снарядами грунты бывают иногда уже промытыми и отсортированными течением реки, что повышает их ценность для строительства.

Внетранзитные работы выполняются не только для Министерства речного флота, но и для других министерств. Выполнение внетранзитных работ не должно наносить ущерба дноуглублению на транзите, а потому оно проводится обычно весной и осенью; в межень же, когда все дноуглубительные снаряды должны быть использованы на транзите, выполняются лишь неотложные (например расчистка входов в порты) и особо важные внетранзитные работы.

§ 31. ТИПЫ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ СНАРЯДОВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Дноуглубительные машины, или дноуглубительные снаряды, называют также землечерпательными машинами или снарядами (последнее название относится, строго говоря, только к снарядам, имеющим черпаки). Сокращенно их называют земснарядами, земмашинами и т. д. Во избежание неясностей в дальнейшем все вообще механизированные средства для дноуглубления будем называть дноуглубительными снарядами; во всех остальных случаях будут применяться названия в соответствии с типом и устройством снаряда, например: землесос, многочерпаковая камнечерпательница и т. д.

Дноуглубительные работы включают следующие операции: 1) отделение грунта от дна, 2) выемку грунта, 3) удаление извлеченного грунта от места работ и 4) укладку грунта на месте свалки. Для удаления и укладки грунта на месте свалки дноуглубительные снаряды оборудуются различными приспособлениями или же им придаются обслуживающие суда, отвозящие грунт от углубляемого участка дна, называемого при транзитных работах дноуглубительной прорезью.

Классификация дноуглубительных снарядов

Классификацию дноуглубительных снарядов удобно проводить по следующим признакам: а) по способу отделения грунта от дна и выемки грунта, б) по способу удаления извлеченного грунта, в) по способу перемещения дноуглубительного снаряда во время работы, г) по способу передвижения снаряда из одного пункта работ в другой и д) по главным двигателям.

1. Классификация снарядов по способу отделения грунта от дна и выемки его

Извлечение грунта со дна можно производить механическим, гидравлическим и смешанным — механическо-гидравлическим — способами.

Одночерпаковые и многочерпаковые снаряды извлекают грунт механическим способом, вычерпывая его черпаками, и потому называются землечерпательницами, а приспособленные для работы на каменистых грунтах — камнечерпательницами. У одночерпаковых снарядов устройством для извлечения грунта служит самосхватный храп (грейфер), почему снаряд называют грейферным одночерпаковым снарядом, или черпак, укрепленный на рукояти (штанге); такой снаряд называют штанговым одночерпаковым снарядом (см. § 32).

Многочерпаковые снаряды имеют рабочее устройство, представляющее собой ряд черпаков, закрепленных на звеньевой бесконечной цепи (см. § 33).

Снаряды гидравлического действия всасывают грунт вместе с водой или размывают грунт струей воды.

Землесосы — снаряды с насосами, присоединенными к сосуну, т. е. трубе, опускаемой до дна, всасывают грунт вместе с водой.

Гидромониторы размывают грунт струей воды, выбрасываемой через трубы под давлением, создаваемым насосом. При очистке от наносов шлюзов также используется размывающее действие струи воды, выбрасываемой землесосом. Смешанный механическо-гидравлический способ разработки грунта применяется при работе землесосов с разрыхлителями — механическими устройствами, разрыхляющими грунт перед всасыванием.

Комбинированные снаряды имеют устройство для выемки грунта различными способами.

2. Классификация снарядов по способу удаления грунта от места работ

Существуют снаряды, удаляющие грунт тем же устройством, которое его разрабатывает; например, одночерпаковые машины при работе на очень узких каналах и малых реках могут выбрасывать грунт непосредственно на берег.

Гидромониторы не имеют устройств для удаления грунта. Размытый струей гидромонитора грунт уносится течением или его сгоняют в сторону струей гидромонитора.

Снаряды шаландовые выгружают извлекаемый грунт в землеотвозные суда, шаланды.

Снаряды самоотвозные выгружают грунт в собственные трюмы, после заполнения которых снаряд прекращает выемку грунта и идет к месту разгрузки. Эти снаряды применяются на морях и крупных озерах, где волнение затрудняет использование шаланд и других устройств для удаления грунта.

На снарядах лотковых (лонгкулуарных) разжиженный водой грунт отводится по длинным наклонным лоткам или трубам (кулуарам).

Снаряды транспортерные удаляют грунт ленточными транспортерами. Этот способ удаления грунта не получил широкого распространения.

Снаряды рефулерные удаляют грунт, смешанный с водой (одна часть грунта на пять-семь частей воды), по трубам под напором, создаваемым центробежным насосом. Линия труб для отвода грунтовой смеси называется рефулером. У землесосов обычно бывает только рефулерный отвод грунта.

Комбинированные снаряды имеют различные устройства для удаления извлеченного грунта. Чаще всего встречается сочетание шаландового и рефулерного отвода грунта от многочерпакового снаряда (многочерпаковая шаландово-рефулерная землечерпательница) и сочетание шаландового и лоткового отвода грунта, а именно — многочерпаковые шаландово-лотковые (лонгкулуарные) землечерпательницы.

3. Классификация снарядов по способу перемещения снаряда во время работы

По мере выемки грунта необходимо перемещать снаряд. Рабочие перемещения производятся у большинства снарядов посредством нескольких (пять или шесть) механизированных лебедок, на которые навиваются тросы или цепи. Расчаленный на якорях и тросах снаряд можно подавать поперек и вдоль прорези. Такой способ называется п а п и л ь о н а ж е м. Этот способ применяется при работе многочерпаковых машин, землесосов и одночерпаковых машин. Можно также подавать снаряд носовой становой лебедкой только вдоль прорези, проделывая на дне траншею; такой способ работы землесосов называется т р а н ш е й н ы м.

При проходе около снаряда, перемещающегося папильонажным или траншейным способом, судоводитель должен учитывать наличие папильонажных якорей и тросов и во избежание аварии не проходить мимо работающего снаряда до получения от него установленных правилами плавания сигналов; особую осторожность надо соблюдать при проводке плотов и крупных нефтеналивных возов по узким судовым ходам.

Имеются землесосы, которые во время работы передвигаются своим ходом.

4. Классификация снарядов по способу передвижения из одного пункта в другой

Снаряды могут быть самоходными и несамоходными, которые передвигают с одного места работ на другое (иногда на несколько сот километров) на буксире за паротеплоходами.

Речные дноуглубительные снаряды большей частью несамоходные.

5. Классификация по силовому хозяйству (по главным двигателям)

Дноуглубительные снаряды могут иметь силовые установки паровые, двигатели внутреннего сгорания (дизельные), паро-электрические (турбо-электрические), дизель-электрические.

Есть и чисто электрические силовые установки, но они применимы лишь на снарядах, работающих на каналах, где имеется возможность подводить к снаряду ток по проводам.

Дноуглубительные снаряды с ручными и конными приводами давно вышли из употребления.

Топливом для снарядов служат уголь, дрова, торф, нефть и нефтепродукты (мазут, крекингмазут).

Большая часть дноуглубительных снарядов имеет металлические клепаные и сварные корпуса, но встречаются снаряды с металлическим набором и металлической обшивкой бортов и с деревянным днищем. Деревянные корпуса строят редко и лишь для малых снарядов (малыми условно называют снаряды с производительностью до 100 м³/час, а большими — свыше 250 м³/час).

Производительность снарядов измеряется объемом грунта, который вырабатывается за час чистой работы и выражается в кубических метрах в час (м³/час).

6. Условные обозначения типов и марок снарядов

В СССР применяются условные обозначения марок дноуглубительных снарядов:

многочерпаковый снаряд — М;
многочерпаковый снаряд для работы на скальном грунте (камнечерпательница) — МК;
одночерпаковый грейферный снаряд — ОГ;
одночерпаковый штанговый снаряд — ОШ;
землесос без разрыхлителя — З;
землесос с разрыхлителем — ЗР;
комбинированный многочерпаково-землесосный снаряд — МЗ.

Способ удаления грунта обозначается так:

непосредственное удаление грунта — Н;
удаление шаландами — Ш;
самоотвозной способ удаления — С;
лотковый (лонгкулуарный) способ удаления — Л;
транспортерный способ удаления — Т;
рефулерный способ удаления — Р;
комбинированный шаландово-рефулерный — ШР;
комбинированный шаландово-лотковый — ШЛ.

Добавив к этим обозначениям цифру часовой производительности, получим условное обозначение типа снаряда, например: а) многочерпаковая камнечерпательница шаландовая производительностью в 150 м³/час кратко обозначается МК-Ш-150; б) землесос производительностью в 750 м³/час с разрыхлителем и рефулерным отводом грунта — ЗР-Р-750; в) комбинированный многочерпаковый снаряд с сосуном и шаландово-рефулерным отводом грунта производительностью при работе черпаком в 400 м³/час и сосуном в 500 м³/час — МЗ-ШР-400/500 и т. д.

В практике землечерпания применяются иногда также обозначения в виде дроби, например, вместо М-РШ-250 пишут $\frac{М/250}{РШ}$

§ 32. ОДНОЧЕРПАКОВЫЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ СНАРЯДЫ

Все одночерпаковые снаряды являются машинами периодического действия. При разработке грунта черпак проделывает последовательно ряд движений: опускается в грунт, захватывает его,

поднимается и отводится в сторону, освобождается от грунта, возвращается в положение, близкое к исходному, и снова опускается в грунт, начиная новый цикл движений. Длительность цикла, в зависимости от размеров, конструкции и условий работы снаряда, составляет от 3 минут до 20 секунд, следовательно, снаряд может делать от 20 до 180 черпаний в час.

1. Одночерпаковые грейферные (храповые, самосхватные) снаряды. Марка ОГ-НШ

Грейферные снаряды (рис. 50) работают ковшом-грейфером *К*, подвешиваемым на тросах к поворотной стреле *С*.

Силовая установка (обычно паровая машина) и поворотная стрела устанавливаются на небольшом судне или понтоне. Стрела,

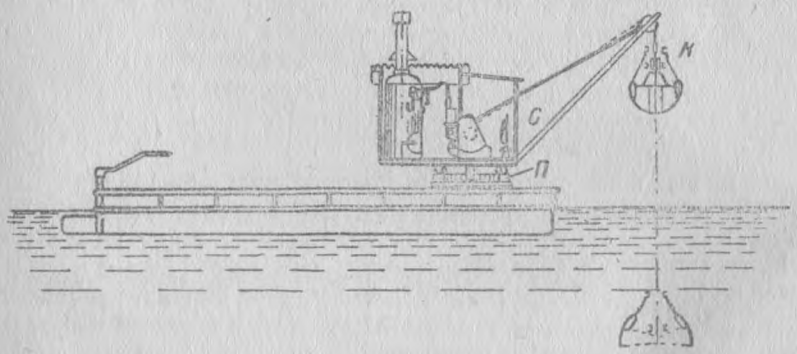


Рис. 50. Одночерпаковый грейферный речной дноуглубительный снаряд

смонтированная на поворотной платформе *П*, может вращаться на 120—180° и менять угол наклона к горизонту от 30 до 60°. У малых грейферных снарядов котел, паровые лебедки и стрела устанавливаются на одной поворотной платформе, вращающейся на 360°. Такие снаряды называются полноповоротными.

Грейфер представляет собой ковш, состоящий из двух створок, раскрывающихся по вертикальной плоскости *1—1* (рис. 51). В закрытом состоянии (рис. 51, *а*) грейфер удерживается натяжением тросов *Т*, проходящих через ролики *Р*. Для открытия грейфера надо травить тросы *Т* и держать в натянутом состоянии тросы *П* (рис. 51, *б*), подтягивающие рычаги *С*, шарнирно соединенные со створками; при этом ролики *Р* опускаются, и грейфер открывается (рис. 51, *в*). Для закрывания грейфера, врезавшегося при опускании в грунт, надо набивать тросы *Т* и травить тросы *П*: при этом створки смыкаются под действием собственного веса и захватывают грунт.

Имеется много грейферов других конструкций, они приспособлены для работы на различных грунтах, в том числе и на каменис-

тых. Для работы на камне грейферы снабжаются стальными зубьями. На снарядах должен быть комплект разных типов грейферов.

Цикл работы снаряда ОГ-НШ: 1) опускание ковша, 2) закрытие грейфера с одновременным захватом грунта, 3) подъем грейфера, 4) поворот всей стрелы вместе с грейфером к шаланде или к

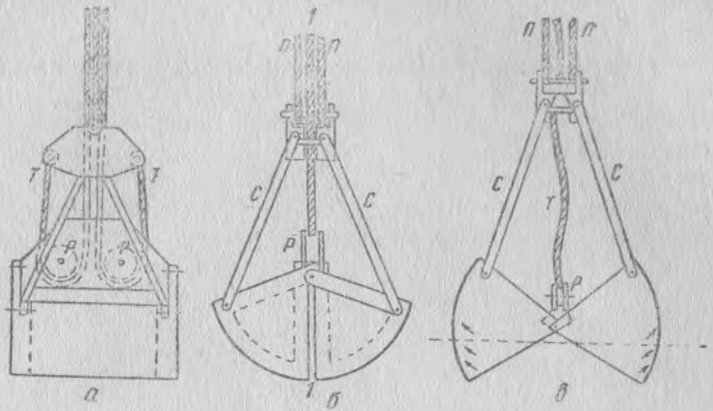


Рис. 51. Грейферный ковш

месту свалки, 5) открытие грейфера и опорожнение его, 6) поворот стрелы в исходное или близкое к нему положение.

На больших судоходных реках грейферные снаряды применяются редко, но они зато хорошо приспособлены для работы на малых реках, засоренных мелкими карчами.

Применение грейферных снарядов на малых реках имеет следующие преимущества: возможность работы в узких местах благодаря малым размерам корпуса, возможность быстрой смены ковшей при встрече с камнями, карчами или при изменении рода грунта, возможность выработки некоторого участка дна без передвижки снаряда—путем изменения угла наклона стрелы и поворотов ее вокруг вертикальной оси вращения. Имеются грейферные снаряды с алюминиевыми стрелами длиною до 73 м. При таких длинных стрелах возможности применения грейферов расширяются.

2. Одночерпаковые штанговые снаряды. Марка ОШ-НШ

Одночерпаковые штанговые снаряды, или паровые лопаты (рис. 52), имеют рабочий орган в виде открытого сверху ковша *К*, жестко закрепленного на штанге *Ш* (рукоять), которая может двигаться с помощью зубчатой рейки вдоль своей оси и может вращаться вокруг зубчатки *З*, имеющей направляющую обойму, которая через ролики нажимает на штангу и не дает ей отходить от зубчатки. Вращение достигается с помощью блоков *Б* и тросов *Т*, подтягивающих ковш из положения *I* в положение *II*. Опорой для штанги служит стрела, представляющая собой две решетчатые металлические фермы. Стрела устанавливается на поворот-

ном круге *П*. Вся система приводится в движение от паровых лебедок через передачи, снабженные тормозами.

Ковш штангового снаряда может делать следующие движения: 1) двигаться вдоль оси штанги, 2) вращаться вокруг горизонтальной оси зубчатки *З* (при подъеме эти два движения происходят одновременно) и 3) вращаться вместе со стрелой вокруг вертикальной оси.

Цикл работы снаряда ОШ-НШ: 1) опускание ковша на дно при положении штанги, близком к вертикальному, 2) подъем ковша с одновременным поворотом штанги вокруг горизонтальной оси; при

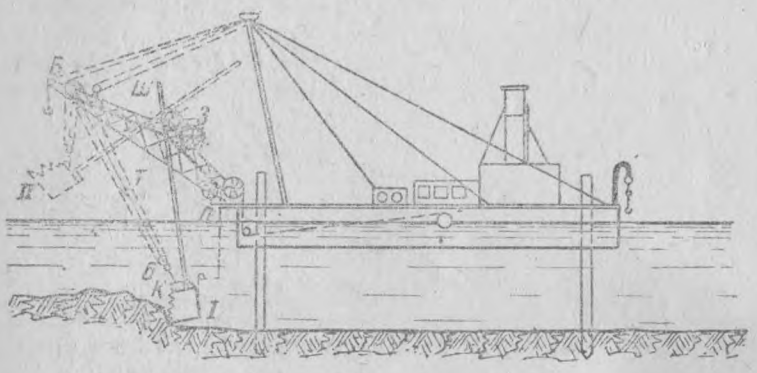


Рис. 52. Одночерпаковый штанговый снаряд (схема)
Ковш жестко скреплен со штангой и движется вместе с ней

этом происходит наполнение ковша грунтом, 3) поворот всей стрелы вокруг вертикальной оси вращения в сторону шаланды, 4) опорожнение ковша через откидное дно, открываемое с поста управления веревкой, оттягивающей защелку днища, 5) поворот стрелы вокруг вертикальной оси в первоначальное или близкое к нему положение.

При опускании ковша днище его захлопывается на защелку при ударе о воду.

Рабочие перемещения и удержание снаряда на месте производятся обычно с помощью кормового якоря, четырех боковых якорей и трех свай, входящих в дно и создающих необходимый упор снаряду при врезывании ковша в грунт. Сваи проходят через колодцы в корпусе: две сваи по бортам рядом с поворотным кругом и одна в корме. Сваи имеют квадратное сечение, со стороной квадрата от 20 до 100 см, они делаются из дерева, а при большой длине — из стали. Для бо́льшей пригрузки свай применяется передача части веса понтона на сваи через зубчатые или фрикционные передачи: в результате понтон приподнимается на 5—10—20 см выше ватерлинии, чем достигается большая загрузка свай. Установка на сваях занимает две-четыре минуты. Общий вид одночерпакового штангового снаряда показан на рис. 53.

После выработки грунта с кольцевой полосы дна (с центром на оси поворотной платформы) черпак кладут на дно в направлении

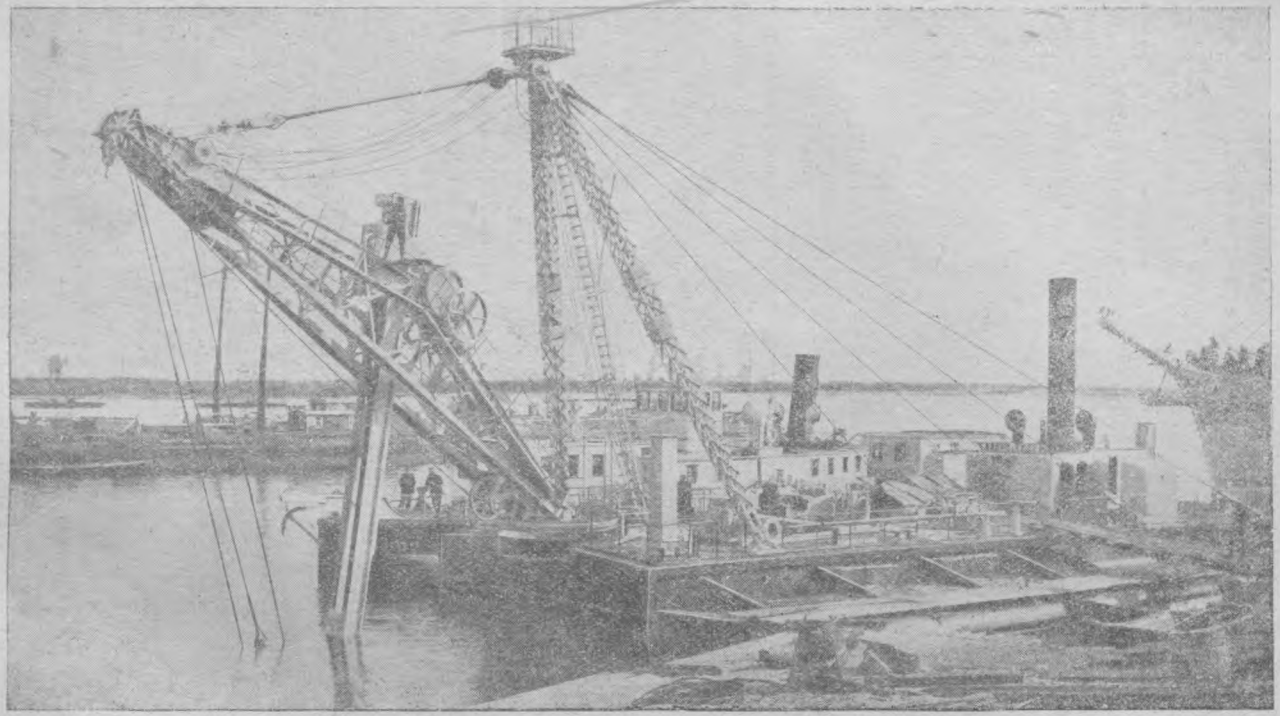


Рис. 53. Одночерпаковый штанговый снаряд

подачи, сваи поднимают и снаряд подтягивают к лежащему на дне черпаку, затем снова опускают сваи, — и начинается дальнейшая разработка грунта. Для получения большего упора снарядом ОШ-НШ выгоднее работать по течению.

Емкость, т. е. внутренний объем черпаков штанговых снарядов — от 0,5 до 12 м³. Так как работа главной машины передается на один черпак, то им можно поднимать очень тяжелые предметы (были случаи, когда наиболее мощными снарядами поднимали камни весом до 40—50 т).

В качестве примера рассмотрим одночерпаковый штанговый снаряд «Волжская-20» (ОШ-НШ-100). Корпус его композитный, металлический, с деревянным днищем, размерами: $L = 38{,}0$ м, $B = 10{,}67$ м, $T = 1{,}07$ м; мощность главной (черпаковой) машины — 300 и. л. с., машины для поворота платформы — 100 и. л. с. Наибольшая глубина черпания — около 5 м.

Для уменьшения крена при боковом положении стрелы снаряд имеет два понтона, которые можно учаливать по бортам. Чтобы не мешать учалке шаланд, понтонам придана трапецоидальная форма в плане.

На глинисто-песчаном грунте, когда ковш берет грунт с «шапкой», производительность снаряда может быть значительно выше 100 м³/час; при разработке камня — ниже 100 м³/час.

Снаряд ОШ-НШ может выдерживать перегрузку, поэтому он незаменим при выполнении специальных работ (удаление препятствий, выдергивание старых свай, разборка корпусов затонувших судов) и разработке скальных грунтов. Но для разработки прорезей большого объема на транзите применение снаряда ОШ-НШ невыгодно. На транзите рациональнее использовать снаряд ОШ-НШ для уничтожения отдельных шалыг на фарватере, чтобы для выполнения сравнительно мелкой работы не снимать снаряды большой производительности с прорезей значительного объема.

Кроме снарядов ОГ-НШ и ОШ-НШ имеются одночерпаковые снаряды и других типов: скреперы, башенные экскаваторы и драглайны, у которых ковш заполняется грунтом при проволакивании его тросом к снаряду.

3. Производительность одночерпаковых снарядов

Производительность одночерпаковых снарядов всех типов подсчитывается по формуле:

$$P = \frac{3600}{t} \varphi V = n \varphi V \text{ м}^3/\text{час}, \qquad (27)$$

где:

P — производительность в кубических метрах за час работы;

t — длительность цикла в секундах;

$n = \frac{3600}{t}$ — число циклов снаряда в час;

V — объем ковша в кубических метрах;

φ — коэфициент заполнения ковша; он может быть меньше единицы при каменистом или засоренном грунте и больше единицы, если грунт заполняет ковш с «шапкой».

Багермейстеры-стахановцы, уплотняя рабочее время и совмещая операции, сокращают длительность цикла и, увеличивая тем самым число циклов в час, повышают производительность снарядов.

§ 33. МНОГОЧЕРПАКОВЫЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ СНАРЯДЫ

Многочерпаковые снаряды (землечерпательницы и камнечерпательницы) являются машинами непрерывного действия. Черпаки, закрепленные на звеньях бесконечной черпаковой цепи, при движении один за другим наполняются грунтом и так же непрерывно, без остановки цепи, опорожняются от грунта. Лишь при перебоях в удалении грунта приходится останавливать цепь. Рабочее перемещение, папильонаж, происходит одновременно с движением черпаковой цепи. Приблизительно 75% всех снарядов речного дноуглубительного флота СССР — многочерпаковые. Наиболее распространены снаряды марок М-Ш и М-ШР; остальные приспособлены для работы в особых условиях.

1. Устройство многочерпаковых снарядов

а) Черпаки Ч (рис. 54 и 55) насажены на бесконечную цепь. Емкость черпаков у самых маленьких машин — всего 10—12 л, у крупных — до 1500 л; речные снаряды имеют черпаки от

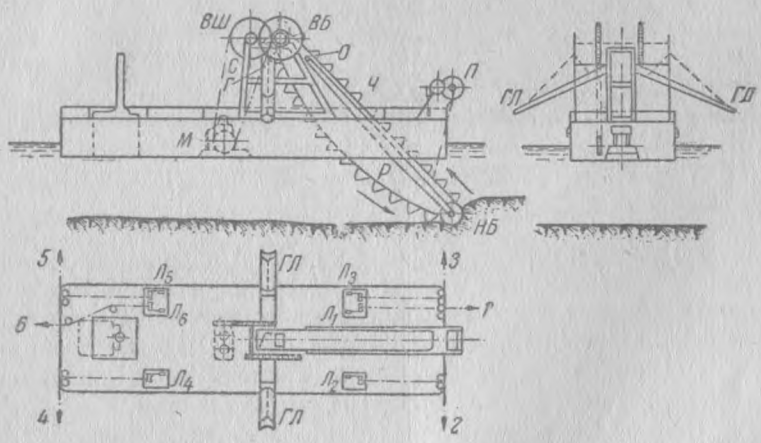


Рис. 54. Многочерпаковый снаряд шаландовый (схема)

54 до 450 л при весе от 50 до 700 кг. Число черпаков на снаряде — от 20 до 60.

Черпаки речных снарядов — обычно клепаные или сварные из котельного железа. Литые применяются редко, преимущественно на

морских снарядах. Режущий край черпака (козырек или резак) делается из марганцовистой стали или наваривается сталинитом.

Козырьки в виде полос в верхней части ковшей видны на рис. 55. Черпаки камнечерпательниц вместо козырьков имеют массивные зубья из марганцовистой стали (рис. 56).

б) Черпаковая цепь состоит из черпаков, плоских звень-

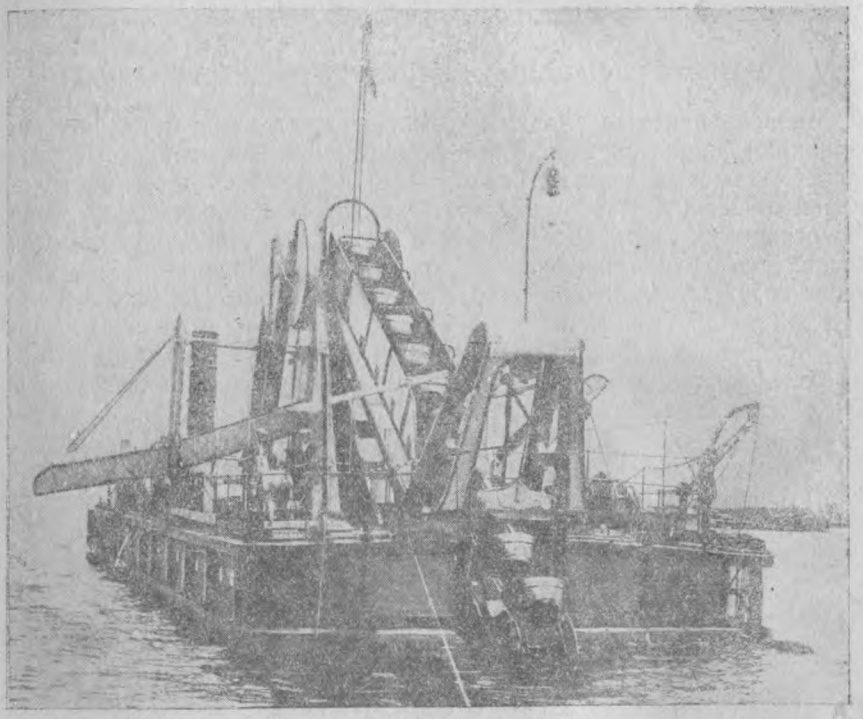


Рис. 55. Многочерпаковый шаландовый дноуглубительный снаряд

ев (майонов) и штырей (черпаковых пальцев), шарнирно соединяющих звенья наподобие цепи Галля. Черпаки размещаются в цепи обычно через звено: одно звено черпаковое, другое—холостое. Черпаковые звенья или приклепываются к черпакам, или отливаются вместе с черпаком. Черпаковая цепь приводится в движение от верхнего барабана *ВБ* (см. рис. 54) и огибает внизу нижний барабан *НБ*. При выемке грунта черпаки движутся в врехней части цепи всегда от нижнего барабана к верхнему. Загруженные грунтом черпаки в верхней части цепи поддерживаются роликами, установленными на черпаковой раме *Р*. В нижней части черпаковая цепь с порожними черпаками несколько провисает, а у нижнего барабана лежит на грунте двумя-тремя черпаками, образуя шлейф. Небольшой шлейф необходим для более ровной выработки дна и

большего заполнения черпаков. При слишком большом шлейфе цепь соскакивает с нижнего барабана. Для регулирования натяжения цепи близ верхнего барабана имеется натяжное устройство в виде подвижного подшипника *О*, на который опирается черпаковая рама.

в) Черпаковая рама *Р* (см. рис. 54) состоит из двух соединенных между собой клепаных железных балок или решетчатых ферм. Рама подвешена в двух точках: на подшипнике *О*, представляющем ось вращения рамы, и в точке, находящейся недалеко от нижнего барабана (на тросах, идущих к рамоподъемной лебедке *П*). С помощью рамоподъемной лебедки рама опускается на заданную глубину черпания (до наибольшей возможной по конструкции снаряда глубины опускания рамы) и поднимается над уровнем воды при переходах снаряда с одного места работы на другое.

г) Верхний и нижний барабаны. Верхний барабан *ВБ* (см. рис. 54), называемый ведущим, приводит в движение черпаковую цепь. Он имеет четыре-пять граней; при большем числе граней барабан плохо захватывает черпаковую цепь («проворачивается»). Бывают даже случаи проворачивания и пятигранных ба-

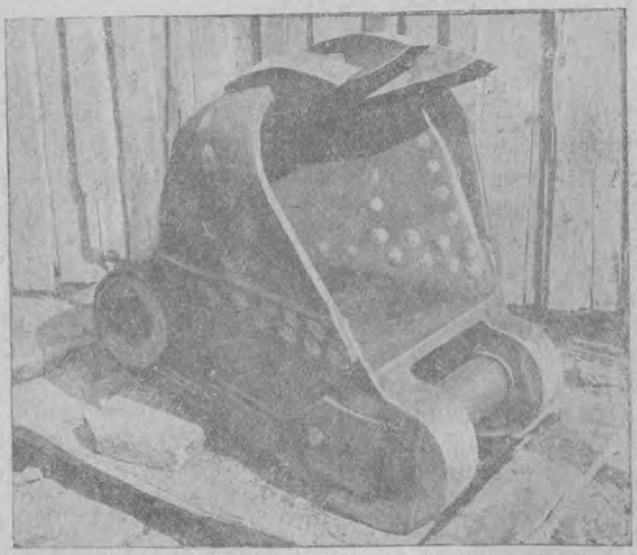


Рис. 56. Черпак многочерпакового камнечерпательного снаряда

рабанов, если черпаки на больших скоростях встречают какое-нибудь препятствие (камень, печинистый грунт). Четырехгранные барабаны наиболее надежны, но они сильно изнашиваются от ударов цепи. Верхний барабан приводится в движение через зубчатую передачу, верхний шкив *ВШ* и ременную передачу от главной машины *М*, помещающейся в корпусе снаряда. Верхний барабан, верх-

ний шкив и подшипник *О*, поддерживающий раму, укреплены на главной станине *С* (на черпаковой башне).

Нижний барабан *НБ*, установленный на самом конце черпаковой рамы, является направляющим и имеет обычно пять граней.

д) Грунтовой колодец и грунтоотводящие лотки. Грунтовой колодец *Г*, расположенный под верхним барабаном, принимает в себя грунт, вываливающийся из черпаков при

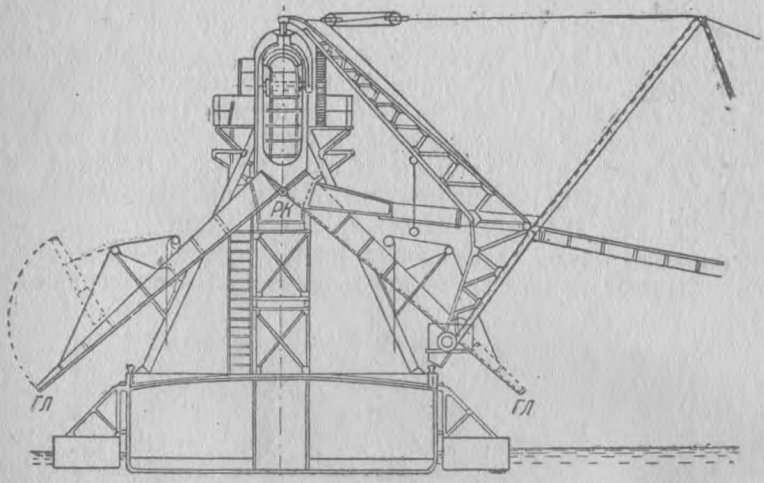


Рис. 57. Поперечный разрез многочерпакового лотково-шаландового снаряда

огибании ими верхнего барабана. Установленный в грунтовом колодце распределительный перекидной клапан *РК* может направлять грунт в грунтоотводящий лоток *ГЛ* правого или левого борта (см. рис. 54 и 57).

Грунтоотводящие лотки делают из железа толщиной в 5—6 мм; они состоят из двух частей: верхней, неподвижной, с постоянным уклоном к борту под углом в 30—45° и более, и нижней, которая может изменять свой уклон в зависимости от условий подачи грунта в шаланду. При переходах снаряда или на стоянке (когда снаряд не работает), если ширина пути или рейда ограничена, подвижную часть лотка поднимают вверх (см. рис. 57 и 58). Лотки должны подавать грунт приблизительно в середину грунтового люка шаланды. При подводке и швартовке порожней шаланды к борту снаряда лотки должны находиться в положении, исключающем возможность задевания лотками даже при волне за фальшборт, поручни, лебедки, шпили и прочие палубные устройства шаланды (см. рис. 58). Так как при малых уклонах лотка грунт по нему с трудом передвигается, в лотки подают воду от специального насоса для разжижения грунта. В этом случае грунт стекает по лоткам при углах наклона всего в 10—8 градусов.

е) Корпусы многочерпаковых снарядов строятся теперь исключительно металлические клепаные и иногда сварные (последнее очень выгодно для снаряда с малой осадкой).

Главнейшей особенностью корпусов многочерпаковых снарядов (и землесосов) является наличие в них прореза или рамного колодца, в котором помещается черпаковая рама.

Рамные колодцы могут быть закрытыми и открытыми. Открытые колодцы (рис. 59, *а*) наиболее удобны в речных условиях, так как позволяют поднимать раму из воды, что дает возможность работать на мелких местах и разрабатывать берега и сухие отмели. При значительных переходах снаряда за буксиром или своим ходом (если снаряд самоходный) рамный колодец будет являться кормовой частью снаряда. У самоходных снарядов винтовые движители расположены по обе стороны рамного колодца (применение гребных колес для шаландовых машин исключается). Только при передвижении машины на короткие расстояния (не более 1,5—

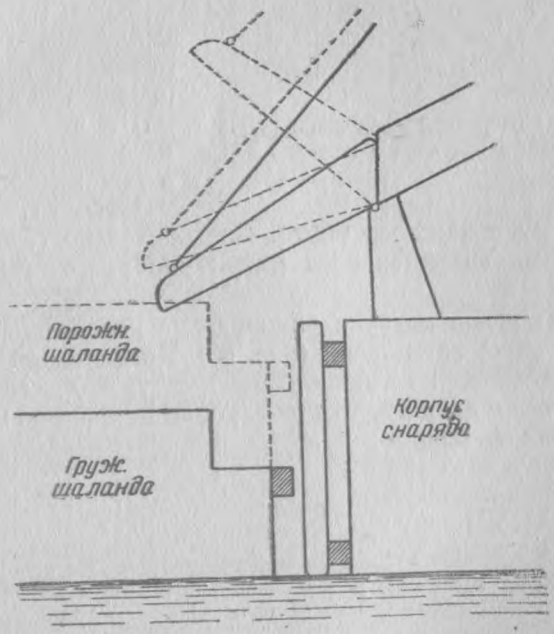


Рис. 58. Положение грунтоотводящего лотка при подаче грунта в шаланду и в поднятом положении (пунктиром вверху)

2 км) иногда буксируют снаряды рамным колодцем вперед, если снижение скорости хода из-за повышенного сопротивления воды в рамном колодце перекрывается экономией времени на учалке снаряда буксирующим паротеплоходом, а также на сокращении маневровой работы, например, если отпадает необходимость делать два оборота со снарядом.

Корпус снаряда с закрытым рамным колодцем (рис. 59, *б*) обладает большей прочностью и лучше выдерживает волнение, чем корпус снаряда с открытым колодцем, но зато рама его не может быть поднята из воды, что увеличивает осадку снаряда, затрудняет работу на мелководьи и исключает возможность разработки сухих отмелей.

У некоторых старых снарядов рамы подвешивались с борта без устройства рамного колодца (рис. 59, *в*). При этом способе подвески рамы очень неудобно подводить шаланды, выравнивание крена снаряда приходится производить балластными цистернами и т. д.

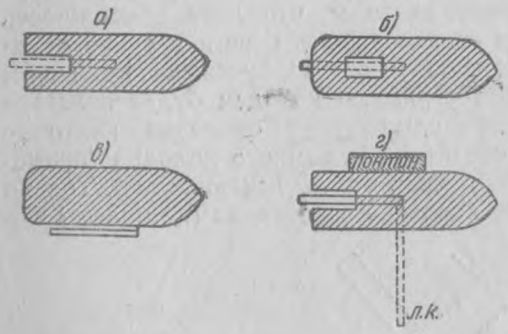


Рис. 59. Схемы очертаний корпусов дноуглубительных снарядов в плане

Крен от лонгкулуара, заполненного грунтом, погашается пришвартовкой (с присоединением болтами) к борту снаряда одного понтона (рис. 59, *г*), а при недостаточной остойчивости — двух понтонов, по одному с каждого борта. Следовательно, для многочерпаковых речных снарядов всех марок удобнее открытый рамный колодец.

Подвороты углов корпуса рационально не оставлять прямыми, а скашивать ниже ватерлинии (рис. 60). Когда снаряд в процессе работы подтягивается на папильонажных тросах и якорях (см. рис. 63) к кромке прорези, то при глубине за кромкой меньшей, чем осадка снаряда, приходится разворачивать на тех же папильонажных устройствах весь корпус снаряда под большим углом к кромке прорези (рис. 61). Скашивание подворотов углов корпуса уменьшает угол разворота корпуса снаряда, а следовательно, уменьшает и все связанные с таким разворотом затруднения. Если глубина на кромках прорези больше осадки снаряда, то папильонаж происходит без разворота снаряда на кромках.

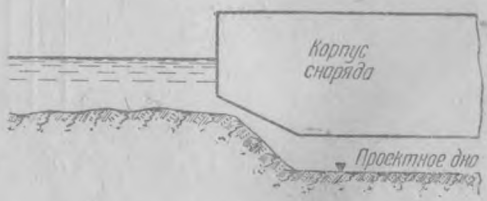


Рис. 60. Скашивание подворотов корпуса дноуглубительного снаряда

ж) Вспомогательные палубные механизмы — лебедки, шпили и пр. —имеют весьма большое значение для работы дноуглубительных снарядов всех типов. Ими производятся пе-

редвижения снаряда во время работы, подводка и отводка шаланд, подъем и опускание рам и лотков и т. д. Наконец, в случае необходимости несамоходный снаряд может передвигаться на небольшие расстояния без буксира, при помощи лебедок, тросов и якорей.

Многочерпаковые снаряды имеют наибольшее количество лебедок различного назначения, поэтому изложение сведений о палубных механизмах включено в параграф «Многочерпаковые снаряды». Дноуглубительные снаряды других типов, например, одночерпаковые штанговые снаряды и некоторые землесосы, имеют кроме лебедок еще и механизмы для подъема и опускания свай.

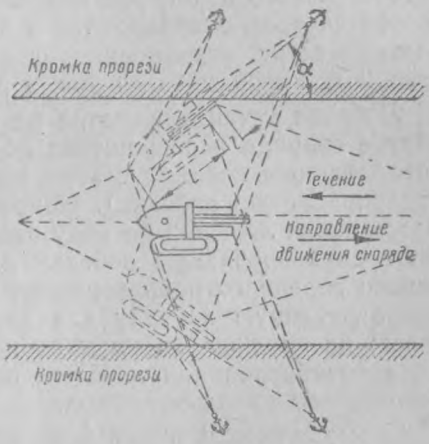


Рис. 61. Веерный папильонаж

Перемещения многочерпаковых снарядов во время выемки грунта выполняются с помощью лебедок, тросов или цепей (см. рис. 54) и якорей, расположение которых относительно снаряда показано на рис. 62. Подача снаряда вперед обычно производится против течения, т. е. прорезь разрабатывается от нижней плесовой лощины с нижнего (по течению) конца прорези до верхней плесовой лощины. По направлению подачи завозится передний становой якорь *1*, соединенный передним становым тросом с передней становой лебедкой. Остальные якори носят соответственно следующие названия: правый передний папильонажный *2*, левый передний папильонажный *3*, правый задний папильонажный *4*, левый задний папильонажный *5* и задний (кормовой) становой якорь *6*

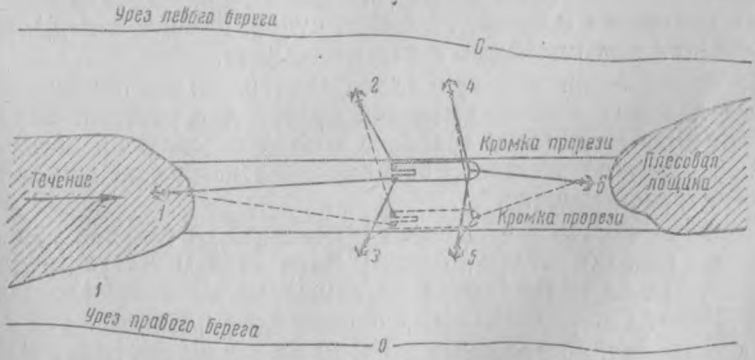


Рис. 62. Схема установки дноуглубительного снаряда на прорези с помощью станового и папильонажных якорей и тросов

и лебедка. Папильонажные лебедки, тросы и якори называются также боковыми.

Движение снаряда производится путем набивания (натягивания) лебедками одних тросов и потравливания противоположных. Для передвижки снарядов от правой (по работе) кромки к левой, в положение, показанное пунктиром на рис. 62, необходимо набивать левые папильонажные тросы и травить правые. При работе на течении ограничиваются закладкой только пяти якорей: переднего станового и четырех папильонажных. Задний становой якорь завозится только при работе в стоячей воде или на течении при сильном ветре, отжимающем снаряд против течения, а также при разработке прорезей от верхней плесовой лощины к нижней.

Лебедки устанавливаются на палубе. Для экономии места на палубе снаряда и сокращения обслуживающего штата вместо однобарабанных лебедок ставят сдвоенные и строенные (двух- и трехбарабанные лебедки). Наиболее практична следующая схема расстановки лебедок: по одну сторону рамного колодца устанавливают двухбарабанную лебедку для переднего станового троса и одного переднего папильонажного, а по другую его сторону — однобарабанную лебедку для другого переднего папильонажного троса; на противоположном от колодца конце снаряда ставится одна трехбарабанная лебедка, обслуживающая задние тросы (становой и оба папильонажных).

Кроме становых и папильонажных лебедок на многочерпаковых снарядах имеются следующие палубные механизмы: рамоподъемная лебедка, лебедка для подъема подвижной части грунтоотводящих лотков *ГЛ* (см. рис. 54 справа и рис. 57) и перекидки клапана грунтового колодца, лебедки для подъема и поворота лонгкулуаров, краны для подъема черпаков при сборке и разборке черпаковой цепи и для снятия с ковшей попавших в них громоздких и тяжелых предметов (карчей, обломков судов, камней и т. д.), шпили или лебедки для подводки и спуска шаланд.

На большей части снарядов лебедки работают от двухцилиндровых паровых машин, имеющих кулису для реверса. Барабаны лебедок имеют тормоз и храповое колесо с собачкой, предупреждающей обратное вращение барабана под нагрузкой при застопоренной паровой машине.

Всякие механические приводы и передачи от главной машины к лебедкам непрактичны и должны быть изъяты из употребления. Ручные лебедки применяются на самых малых снарядах или для таких работ, как подъем лотка и перекидка клапана.

На снарядах, построенных в СССР за последние годы, имеются электрифицированные лебедки.

Мощность двигателей лебедок определяется по формуле:

$$N = \frac{Pv}{75\eta_м\eta_л} = \frac{Pv}{75\eta} \text{ л. с.,} \qquad (28)$$

где:

N — мощность паровой машины или электромотора в лошадиных силах;

P — максимальное натяжение тросов и цепей в килограммах; у становых лебедок $P = 3000 \div 10\,000$ кг, у папильонажных $P = 1500 \div 5000$ кг;

v — скорость движения снаряда по тросу в м/сек; скорость папильонажа $v = 0{,}2 \div 0{,}15$ м/сек.;

$\eta = \eta_м \eta_л$ — общий к. п. д. установки;

$\eta_м$ — к. п. д. двигателя;

$\eta_л$ — к. п. д. лебедки.

Зная скорость движения снаряда по папильонажному тросу и ширину прорези, можно легко рассчитать время, необходимое для перемещения снаряда поперек всей прорези:

$$t = \frac{B_{пр}}{v} \text{ сек.} \qquad (29)$$

Пусть, например:

$B_{пр} = 60{,}0$ м — ширина прорези;

$v = 0{,}15$ м/сек. — скорость перемещения дноуглубительного снаряда по папильонажным тросам;

$u_н = 4$ м/сек. $= 4 \times 3{,}60$ км/час $= 14{,}4$ км/час — техническая скорость самоходного судна при ходе вниз (по течению);

$l = 1{,}5$ км — расстояние, с которого вахтенному штурману самоходного судна виден снаряд, т. е. расстояние, с которого самоходное судно подает звуковой сигнал дноуглубительному снаряду с просьбой о пропуске (по правилам плавания, при ходе вниз сигнал подается не ближе, чем за 1 км от дноснаряда).

Если дноуглубительный снаряд в момент получения звукового сигнала от самоходного судна, требующего пропуска, окажется у кромки с прижимным навальным течением, где ему оставаться при пропуске судна рискованно, то для обеспечения безопасного пропуска судна ему надо отойти к противоположной кромке прорези. Это передвижение на папильонажных тросах займет время:

$$t = \frac{B}{v} = \frac{60{,}0}{0{,}15} = 400 \text{ сек.} = 6 \text{ мин. } 40 \text{ сек.}$$

Самоходное же судно сможет, идя полным ходом, подойти к дноснаряду уже через:

$$t_{хн} = \frac{l}{u_н} = \frac{1{,}5}{14{,}4} = 0{,}104 \text{ часа} = 6 \text{ мин, } 15 \text{ сек.}$$

Очевидно, что во избежание навала на дноуглубительный снаряд или его папильонажные тросы вахтенному штурману самоходного судна необходимо при малейшей задержке ответного сигнала дноуглубительного снаряда принять меры предосторожности и дать команду «средний ход». При получении же запретительного сигнала (тревожных коротких свистков или частых ударов в колокол) необходимо остановить судно, а если оно ведет буксирный воз вниз по течению, то надо сделать оборот (подробнее об этом см. § 44).

з) Судовые устройства и системы дноуглубительных снарядов. На речных дноуглубительных снарядах, в частности, на многочерпаковых, применяются преимущественно однолапые якори, которые можно закладывать на неглубоких фарватерах, так как они не могут повредить суда, имеющие недостаточный запас воды под днищем. Четырехлапые якори можно укладывать или вне судового хода или на такой глубине, при которой исключается возможность повреждения корпуса проходящих судов. Применяют также двухлапые шарнирные якори на вспомогательных судах.

Вес якорей — от 25 до 1000 кг. В исключительных случаях при недостаточном весе одного якоря закладывается второй, вспомогательный, присоединенный к тому же тросу.

Иногда вместо станового или папильонажного якоря применяются деревянные, «мертвые», якори, заделываемые на берегу.

Чтобы можно было быстро обнаружить место брошенного якоря, применяется следующая оснастка: к якорю прикрепляется трос, называемый буйрепом, к которому подвязывается буек-поплавок из металла или, чаще, из дерева, а для выхаживания якоря к нему прикрепляется шейма (якорный канат). Во избежание долгих поисков якоря при срыве буйка плотами и судами к буйрепу подвязывают на сторожке вешку, которая обычно остается на месте и при срыве буйка.

Снаряды имеют: водоотливные и противопожарные системы, водопровод, электрическое освещение, паровое отопление, вентиляцию, тенты над палубами, мачты для вывешивания сигналов и сигнализацию для передачи распоряжений с поста багермейстера в машину и к лебедкам. При централизованном управлении на электрифицированных снарядах багермейстерский пост связывается сигнализацией только с машиной. Сигнализация — обычно машинный телеграф судового типа с обратными сигналами.

и) Отбойные приспособления и швартовые устройства. Для защиты корпуса от ударов на уровне палубы и ватерлинии служат привальные брусья. Чтобы привальные брусья шаланд и других судов не зацеплялись за привальные брусья снаряда, к ним прикрепляются вертикальные отбойные брусья — стойки (см. рис. 58). Для швартовки служат четыре-шесть причальных кнехтов обычного типа. Буксирный канат у снаряда на носовой части закрепляется за буксирный кнехт.

к) Такелаж дноуглубительных снарядов состоит из становых и боковых (папильонажных) тросов или цепей. Кроме того, имеются запасные и якорные судовые тросы или цепи (шеймы и дректовы). Буксир («больная») бывает металлический или пеньковый. Остальные снасти — лодочные, буевые, легости и запасные — пеньковые.

Тросы гораздо легче и удобнее цепей, которые выходят из употребления. Длина переднего станового троса — до 1000 м, диаметр — 24—32 мм, длина заднего — до 500 м, диаметр — 22—

26 мм, длина папильонажных тросов — от 150 до 500 м, диаметр — 19—24 мм.

Тросы навивают на катушечные барабаны лебедок, вмещающие до 800—1000 м троса. Для цепей требуются ребристые барабаны, на которых навертывается два-четыре витка цепи, а остальная часть цепи спускается в цепной ящик.

2. Остойчивость дноуглубительных снарядов

Вследствие наличия черпаковой башни центр тяжести многочерпаковых снарядов находится довольно высоко, что снижает их остойчивость.

Во избежание опрокидывания снаряда под влиянием кренящего момента от веса лонгкулуара или транспортера к его борту крепится понтон. На время буксировки лотки (лонгкулуары) располагают вдоль корпуса, поворачивая на шарнире, или разбирают.

Многочерпаковые шаландовые снаряды при несоблюдении мер предосторожности могут легко опрокинуться. На рис. 63 показано выпрямление мощным пловучим краном опрокинувшегося много-

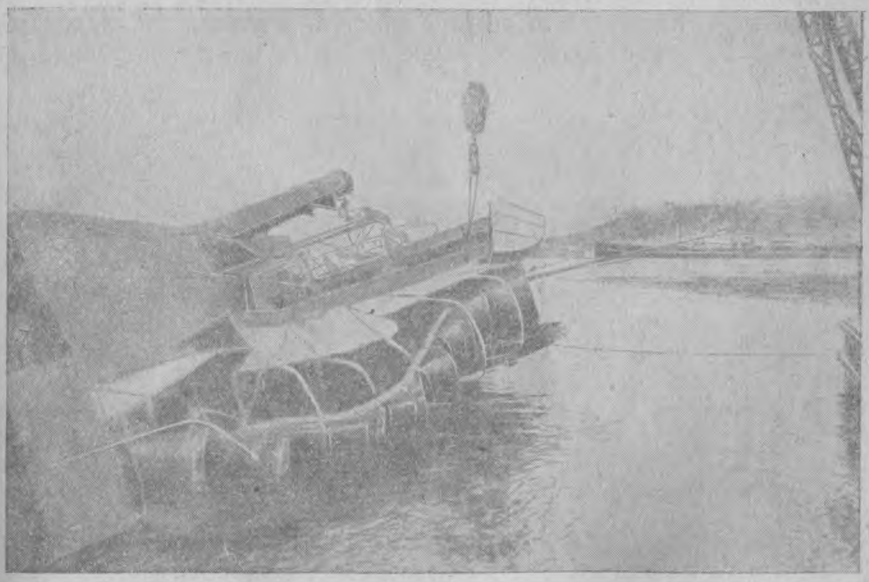


Рис. 63. Опрокинувшийся многочерпаковый дноуглубительный снаряд

черпакового дноуглубительного снаряда. Остойчивость этого снаряда была увеличена после аварии путем удлинения корпуса.

Опрокидывание может произойти: от перегрузки лотков грунтом; при повороте снаряда, если буксирный канат занимает положение, близкое к перпендикулярному относительно оси снаряда; при навале судна на работающий снаряд; от рывка шаланды паро-

теплоходом-шаландером и т. д. При буксировках многочерпаковых снарядов по большим рекам во время высоких вод (при разливе) или при буксировках по озерам и водохранилищам надо учитывать остойчивость снарядов и при волнении, которое может создать опасный крен, отстояться в укрытом от шторма месте. К переходу по озеру или водохранилищу дноуглубительный снаряд необходимо подготовить: понизить, насколько возможно, центр тяжести, подложить брусья под черпаковую раму и т. д. Капитан и штурманы паротеплохода, буксирующего многочерпаковый дноуглубительный снаряд, не должны допускать рывков при выходе на буксир и при оборотах.

3. Многочерпаковые лотково-шаландовые снаряды марки М-ЛШ

Эти снаряды удобны только на каналах и малых реках, где грунт можно сваливать прямо на берег, при большой же ширине прорезей они неприменимы, так как наибольшая длина лотков (лонгкулуаров) не превышает обычно 70 м, а ширина прорезей на реках магистрального значения достигает 60, 80 и даже 100 м.

Длинные лотки делают открытые (в виде лотка) или закрытые, в виде труб, имеющих люки для очистки в случае забивки трубы грунтом. Длинный лоток подвешивается на вантах к поворотной

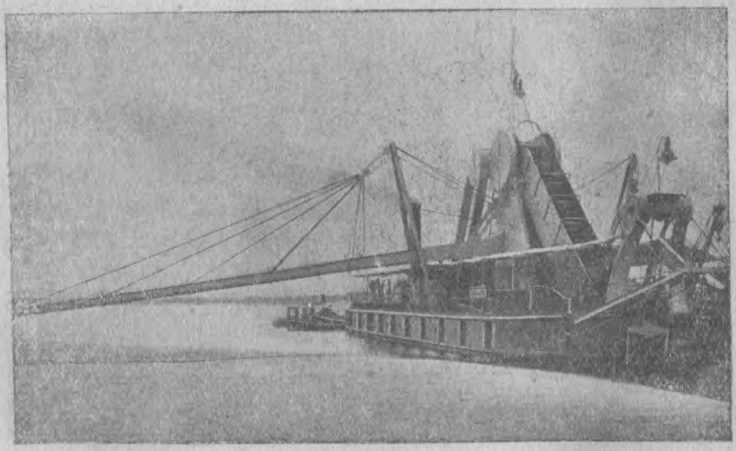


Рис. 64. Многочерпаковый лотково-шаландовый дноуглубительный снаряд

стреле, установленной на борту снаряда (см. рис. 57 и 64). Грунт, разжижаемый водой, накачиваемой специальным насосом в грунтовой колодец, движется самотеком, поэтому лоток должен иметь уклон к месту свалки. Во избежание опрокидывания к борту М-ЛШ прикрепляют понтон (см. рис. 59, *г*). Перед буксировкой длинный лоток разбирают или поворачивают вдоль корпуса снаряда.

4. Многочерпаковые рефулерно-шаландовые снаряды

Наиболее эффективно работают эти снаряды на следующих грунтах: песке, песчано-глинистом, а особенно илистом и мелкопесчаном. Эти грунты выгоднее удалять не шаландами, а по рефулерным трубам. При этом: 1) не нужен паротеплоход для буксировки шаланд; 2) снаряд не простаивает при подводке и отводке

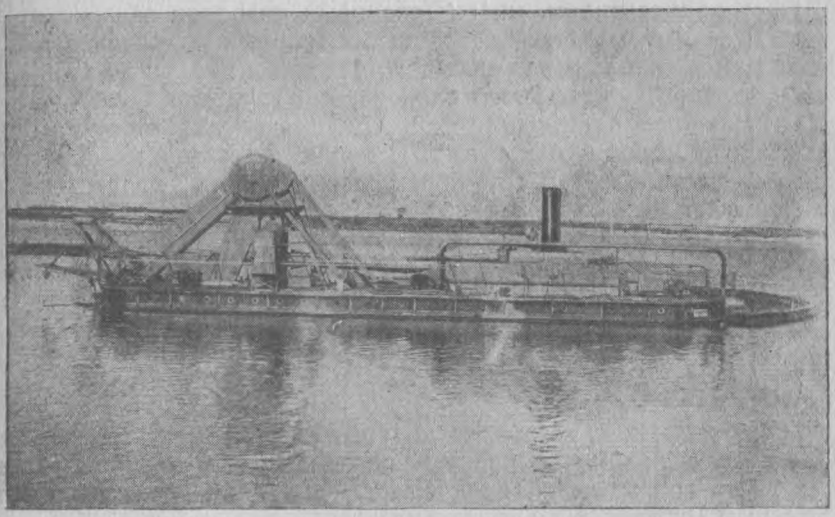


Рис. 65. Многочерпаковый шаландово-рефулерный дноуглубительный снаряд; напорный трубопровод его смонтирован выше надстроек

шаланд и в ожидании их; 3) исключается просор грунта из шаланд; 4) грунт можно сваливать не только на глубокие места, доступные груженым шаландам, но и на отмели, на сухие пески и в случае необходимости укладывать на берегу на высоте до 10—15 м над уровнем воды; 5) отвод по рефулерам требует обычно меньшей затраты энергии, чем шаландирование, и обходится обычно дешевле.

На тяжелом же грунте снаряд М-РШ работает на шаланду. В снарядах М-РШ при работе на рефулер извлекаемый черпаками грунт, вывалившись из них при огибании верхнего барабана, попадает в грунтовой колодец. Грунт не идет в лотки или кулуары, как у снарядов типов М-Ш и М-ЛШ, а проваливается при открытом клапане через колосниковую решетку в нижнюю часть грунтового колодца, находящуюся в корпусе ниже ватерлинии. Через клинкет в нижнюю часть грунтового колодца поступает забортная вода, необходимая для разжижения грунта перед всасыванием его в насос (в помпу), которым грунт прогоняется по рефулеру (см. § 34) на место свалки.

На рис. 65 показан снаряд М-РШ с присоединенным к нему рефулером. Во время работы М-РШ на рефулер необходимо следить

лается или металлическим, состоящим из двух шаровых патрубков, вставляемых один в другой, с заполнением зазора сальниковой набивкой, или же в виде гибкого кожаного рукава — манжета. Необходим постоянный надзор за шарнирным соединением: если оно начнет пропускать воду и воздух во всасывающую часть тру-

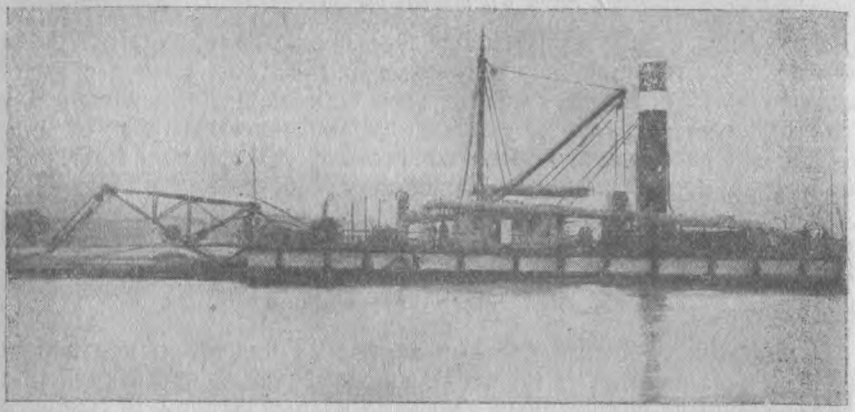


Рис. 67. Землесос. Подвеска сосуна на поворотной ферме вида стрелы-укосины; напорный трубопровод расположен выше надстроек

бопровода, то производительность землесоса понизится весьма сильно. При обнаружении прососа надо уплотнить шарнир или сменить износившиеся части.

а) Помпа землесоса — центробежный насос, приводимый в действие от главной машины или от электромотора. Помпа состоит из металлического корпуса или кожуха (рис. 68), в центре которого находится ось вращения *О* рабочего колеса помпы или

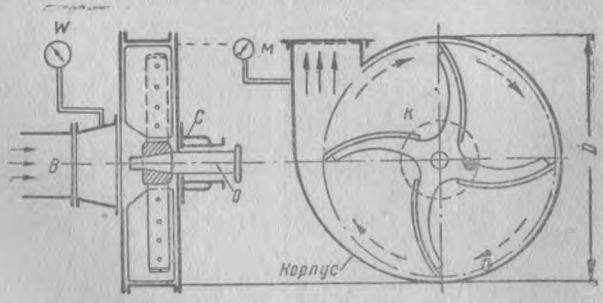


Рис. 68. Центробежный насос (помпа) землесоса

крылача *К*. Лопатки рабочего колеса имеют изогнутую форму: это обеспечивает наилучшее отбрасывание смеси грунта с водой к периферии помпы под действием центробежной силы, развивающейся при вращении крылача. Направление вращения показано на рис. 68 пунктирными стрелками.

Вследствие отбрасывания воды к периферийной части кожуха там создается давление на две-четыре атмосферы выше атмосферного. Под этим напором смесь грунта с водой уходит в напорную трубу (на рис. 68 сплошные стрелки показывают направление движения смеси).

В центральной части насоса, откуда вода отбрасывается центробежной силой к периферии, давление будет меньше атмосферного, и здесь устанавливается разрежение, вакуум. Благодаря вакууму в центральную часть насоса всасываются все новые массы смеси воды с грунтом, поступающие через сосун *С*, шарнир *Ш* (см. рис. 66) и входной или всасывающий патрубок *В* (см. рис. 66 и 68). На рис. 68 направление движения смеси при всасывании показано сплошными стрелками слева.

Для контроля за работой землесоса ко входному патрубку присоединяется вакуумметр *W*, а к напорному патрубку—манометр *М*. Вакуум не может быть больше 1 атм, т. е. 10 м водяного столба; практически же при работе насоса вакуум держится ниже одной атмосферы и достигает максимально 6—6,5 м водяного столба, что соответствует 45—49 см ртутного столба. Если вакуумметр начинает показывать вакуум ниже нормального для данного насоса и данных условий работы, то это свидетельствует о неплотности всасывающей линии или сальника *С* (рис. 68), через который проходит вал крылача от двигателя в корпус помпы, т. е. происходит пропуск воздуха через сальник. Кроме того, помпа плохо создает разрежение при слишком большом зазоре между лопастями крылача и облицовкой корпуса.

Если показание по вакуумметру повышается (иногда достигает 0,80—0,85 атм, что соответствует 60—65 см ртутного столба), а давление по манометру падает, то это указывает на завал, забивание всасывающей линии, которая немедленно должна быть промыта (приподниманием сосуна от дна). Если это не помогает, всасывающую линию надо осмотреть от решетчатого наконечника сосуна до всасывающего патрубка помпы и очистить. Для очистки сосун поднимается.

При забивании грунтом напорной линии и рефулеров давление по манометру сначала поднимается, а затем падает. Если не очистить сразу нагнетательную линию через имеющиеся в ней люки, то грунт забьет и всасывающую трубу. Чтобы не останавливать помпу, лучше всего при первых признаках забивания трубопроводов приподнять сосун от дна и попытаться промыть всю линию водой, а после устранения завалов снова опустить сосун на дно.

б) Сосуны. Всасывающая часть грунтопровода состоит из наконечника сосуна, трубы сосуна, шарнира, корпусного и входного патрубков.

Наконечники сосунов могут быть приспособлены для работы землесосов по различным схемам. Траншейные землесосы могут иметь наконечники сосунов с площадью отверстия, перпендикулярной оси сосуновой трубы (рис. 69, *а*). Для лучшего засасывания грунта наконечник делается конусообразным или в виде эллипти-

ческого конуса. Края входного отверстия (зева) сосуна скашиваются. При таких наконечниках грунт засасывается только при подаче землесоса вперед по траншее на переднем становом тросе, а спуск по становому тросу приходится делать вхолостую. Землесосы «Волжская-7» и «Волжская-8» имеют горизонтальную плоскость зева и могут засасывать грунт как при подъеме, так и при спуске по становому тросу.

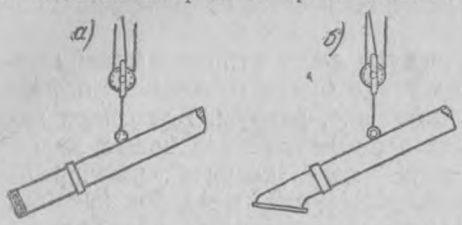


Рис. 69. Наконечники сосунов землесосов: *а* — наконечник для работы траншейным способом, *б* — наконечник для работы папильонажным способом

Папильонажные землесосы должны иметь кривой наконечник с горизонтальной плоскостью зева (рис. 69, *б*). Траншейные землесосы могут быть переведены на папильонажный способ работы только при условии смены наконечника.

Хоботовые землесосы, имеющие вращающийся сосун, работают, стоя на месте, пока сосун не уберет грунт с площади, близкой по форме к полукругу, а затем переходят на новое место по той же схеме передвижений, что и у ОШ-НШ и ОГ-НШ.

Работающие на ходу землесосы имеют волочащиеся за снарядом по дну сосуны специальной формы.

Траншейные, папильонажные и хоботовые землесосы могут иметь сосуны без разрыхлителей и с разрыхлителями. Разрыхлите-

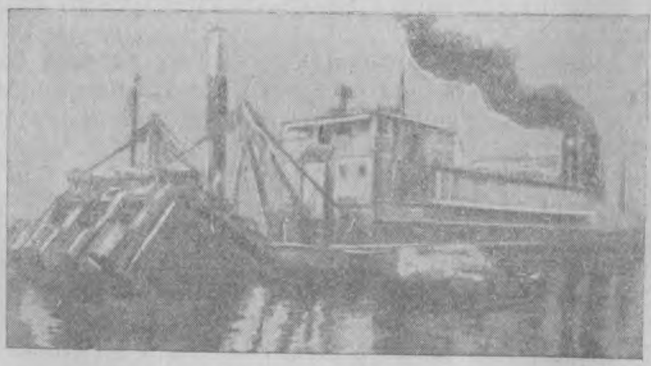


Рис. 70. Землесос «Волжская-8»

ли могут иметь форму ножей (рис. 70) или фрез (рис. 71) и приводятся в движение валопроводом, прикрепленным к сосуновой трубе. Разрыхлители дают возможность применять землесосы в связных грунтах, не поддающихся размыву при скоростях 2—3 м/сек., которые наблюдаются у наконечника сосуна. Несвязные грунты можно размывать сильной струей воды, выбрасываемой гидравлическим разрыхлителем (см. § 35).

Зев сосуна закрыт решеткой (рис. 72) для защиты грунтопроводов от забивания, а крылача помпы — от поломок. Если все же вместе с грунтом проникнут камни и куски железа, то помпу не-

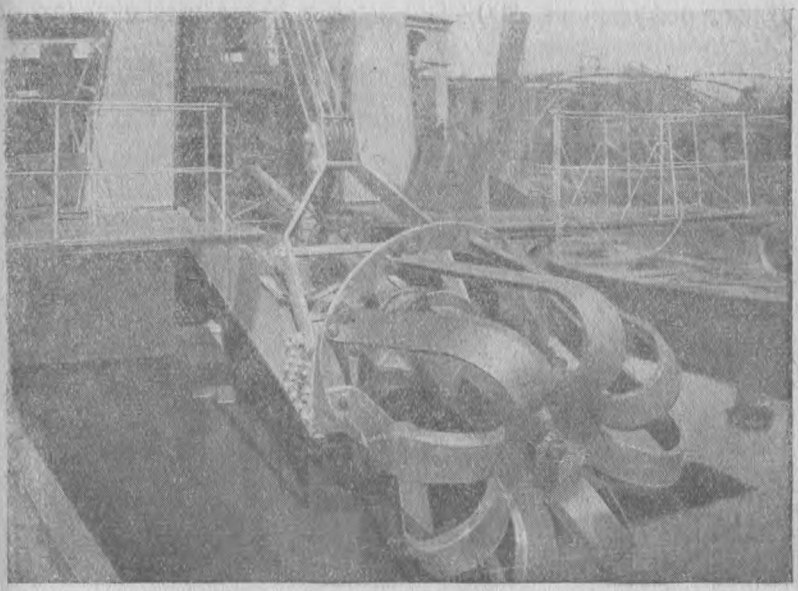


Рис. 71. Разрыхлитель землесоса

медленно останавливают (попадание камня и железа обнаруживается сильным стуком), иначе сломается и крылач (рис. 73), и кожух помпы.

2. Рефулеры (напорные грунтопроводы)

Напорный грунтопровод состоит из напорного патрубка помпы, линии грунтопровода на судне, пловучего грунтопровода — рефулера, к которому в случае свалки на берег присоединяют береговые, или «сухие», трубы.

Судовая часть грунтопровода или может быть смонтирована внутри корпуса (см. рис. 66), или установлена выше палубы и палубных надстроек (см. рис. 65, 67, 74). На землесосах современной постройки напорный трубопровод выводится от помпы непосредственно вверх, что уменьшает сопротивление движению смеси.

Соединение судовой, постоянной, части напорного трубопровода с рефулером (первым понтоном пловучей части трубопровода), делается шарнирное (рис. 74), сальниковое или в виде гибкого рукава — манжета.

Пловучая часть напорного трубопровода, рефулер, состоит из звеньев (секций), поддерживаемых металлическими понтонами или

деревянными брусьями и плотиками. Последние создают большое сопротивление при буксировке, а потому непригодны для землесосов, работающих на транзите, где за навигацию приходится делать не один десяток перестановок (буксировок) с переката на перекат.

Длина рефулеров — 200 ÷ 500 м, а в отдельных случаях более

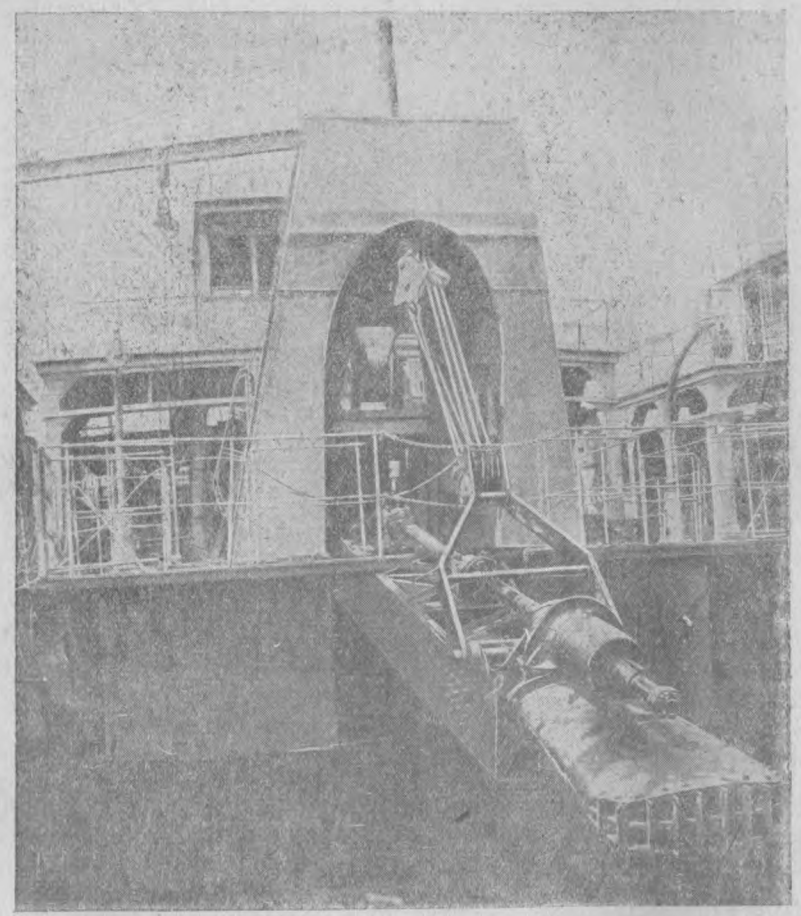


Рис. 72. Наконечник сосуна траншейного землесоса, отверстие сосуна снабжено решеткой

1000 м. Длина звена у снаряда ЗР-250 — 6,7 м, у ЗР-400 и при более высокой производительности — 7,2 м. Диаметр грунтопровода $D = 0{,}40 \div 0{,}50$ м и до 1 м, толщина стенок — 3÷5 мм.

Труба рефулерного грунтопровода находится между двумя поплавками (рис. 75), концам которых придают обтекаемые очертания для уменьшения сопротивления воды при буксировках. Для работы при волнении строят круглые в плане, так называемые дисковые

понтоны. На каждой секции есть два люка для прочистки грунтопровода. Металлические поплавки (бочки) также имеют люки.

Секции трубы грунтопровода соединяются гибкими манжетами, позволяющими соседним секциям находиться по отношению друг к другу под углом до 20° в горизонтальной плоскости. Угол больше 20° нежелателен, так как в местах поворота грунтопровода сопротивление движению смеси грунта с водой заметно увеличивается.



Рис. 73. Поврежденное камнем рабочее колесо центробежного насоса — (помпы) землесоса

Свалка грунта устраивается всегда в стороне от прорези, поэтому рефулер, отжимаемый течением вниз по реке, образует бухту, т. е. дугообразную линию (рис. 76) с более длинной прямой ветвью, идущей к землесосу, и более короткой ветвью, идущей к выкидному концу рефулера, удерживаемому специальными якорями: бухтовым становым и бухтовым отломным; последний служит для стягивания концевого понтона с мели, образующейся на месте свалки грунта.

Секции рефулера соединяются секторами, т. е. металлическими горизонтальными листами, склепанными с понтонами посредством уголков. В овальное отверстие секторов вставляется штырь (шкворень), закрепляемый чекой. Это соединение называют форкопным. Кроме форкопного соединения секции рефулера скреплены между собой по бокам цепями, препятствующими повороту секции более, чем на 20°. Указанное скрепление рефулера хорошо противодействует разрыву и выдерживает речное волнение. Все же пароте-плоходам, проходящим в непосредственной близости от рефулера, следует уменьшать ход.

Манжеты рефулеров изготовляются из кожи толщиной в 8—11 мм, из резины или из брезента и заключаются для большей прочности в стальную проволочную сетку (рис. 77), обжатую плоскими железными обручами. Манжеты соединяются с секциями труб фланцами с прокладками и стягиваются болтами. Применяются и металлические соединения труб грунтопровода.

Осадка груженых понтонов должна быть не более 0,45—0,50 м, порожних — не более 0,20—0,30 м.

Если свалка грунта производится не в воду, а на берег, то концевая часть напорного трубопровода собирается на фланцах из металлических труб и соединяется гибким рукавом с концевой

секцией плавучей части грунтопровода. Выкидной конец устанавливается на деревянных козлах (сабанах), а выбрасываемая рефулером пульпа, т. е. смесь грунта с водой, принимается в дере-

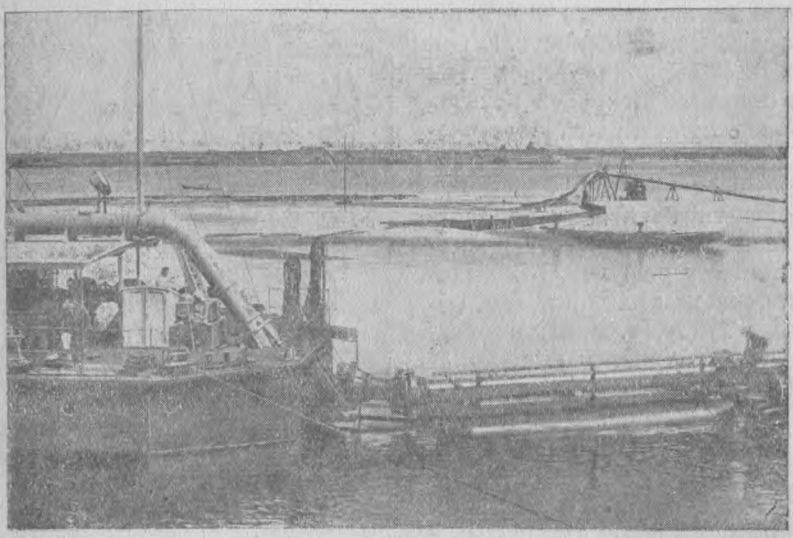


Рис. 74. Присоединение рефулера посредством шарнира к корпусу дноуглубительного снаряда ЗР-Р-250; на заднем плане виден выкидной конец сухих труб на берегу, к которым присоединен рефулер

вянный лоток (см. рис. 74, на заднем плане), препятствующий размыву грунта в месте падения струи смеси.

Перекладка береговых (сухих) труб требует много рабочей силы и времени, поэтому иногда применяют воздушные концевые грунтопроводы, подвешиваемые к понтону на стрелах и вантах наподобие длинных лотков.

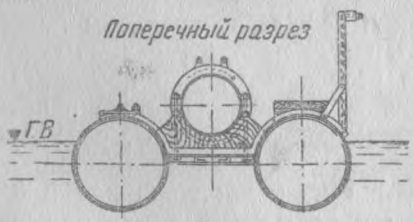


Рис. 75. Рефулер

Ввиду отсутствия черпаковой башни остойчивость землесосов достигается при меньших размерах корпуса по сравнению с многочерпаковыми землечерпательницами той же производительности. Для опускания сосуна в речных землесосах делается обычно рамный колодец в корпусе. За последние годы заводом «Красное Сормово» построено несколько снарядов типа ЗР-Р-250 с цельносварными корпусами L=35 м, B=8,5 м. Глубина опускания сосуна — 7 м. Разрыхлители съемные. Землесосы дизель-электрические, полностью электрифицированные. Электролебедки управляются из одного центрального поста. Длина рефулера — 300 м; по нему можно подавать грунт на высоту 4—6 м.

3. Производительность землесосов

Производительность землесосов, имеющихся в речном техническом флоте СССР, колеблется от 150—250 до 500—800 м³/час; имеются два мощных землесоса «Волжская -7» и «Волжская-8» с четырьмя сосунами (см. рис. 70) производительностью в 1500 м³/час.

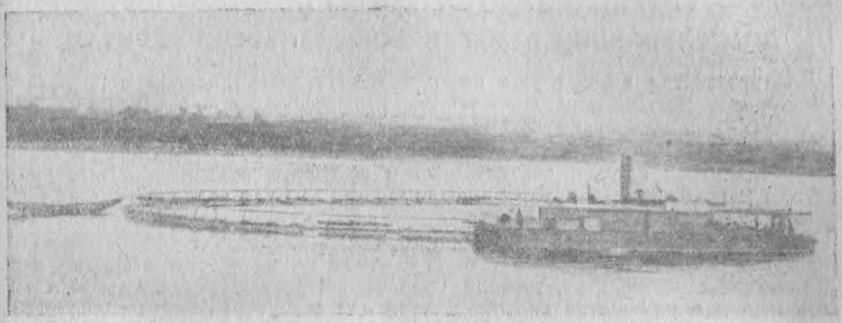


Рис. 76. Землесос работает на прорези, рефулер изогнут течением в «колышку»

Существуют морские землесосы производительностью до 6500 м³/час.

Производительность землесосов зависит от очень многих причин. На нее влияют: состояние главной машины и соединения ее с

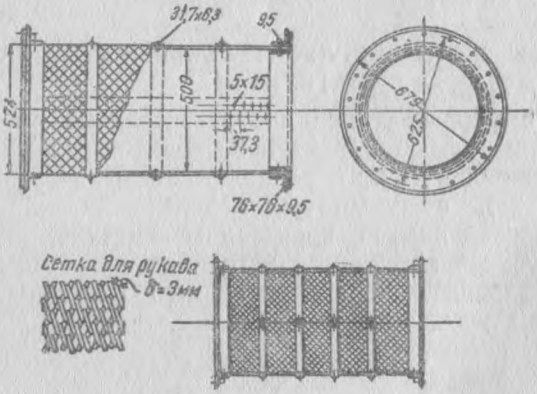


Рис. 77. Рефулерный манжет в проволочной сетке («бронированный манжет»)

помпой (валопроводы, передачи, редуктор), устройство и состояние помпы и грунтопровода, начиная от наконечника сосуна до выкидного отверстия, род грунта, соотношение в смеси грунта и воды (это соотношение составляет обычно от 1 : 5 до 1 : 7), высота подачи грунта, длина рефулера и условия рабочего перемещения земле-

соса. Стахановцы показали возможность значительного повышения производительности землесосов: так, например, команда землесоса «Волжская-28» под руководством командира-стахановца И. П. Охотникова повысила производительность землесоса на 50%, а именно: с проектной (паспортной) производительности в 500 м³/час до 700—800 м³/час.

§ 35. ГИДРОМОНИТОРЫ И ДРУГИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДНОУГЛУБЛЕНИЯ В МЯГКИХ (НЕСКАЛЬНЫХ) ГРУНТАХ

Для разработки выемок уже несколько десятилетий наряду с различными землеройными механизмами применяются гидромониторы — специальные большие сопла (брандспойты),выбрасывающие струю воды под давлением в 2÷4÷6 атм. Они укреплены на шарнирной подставке, что дает возможность менять направление струи воды в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Гидромониторы и вообще гидромеханизация земляных работ с большим успехом применялись и применяются на крупных стройках СССР.

В конце прошлого столетия был предложен гидравлический разрыхлитель для размыва грунта на дне реки. В 1938—1939 гг. на рр. Суре и Оке испытан пловучий гидромонитор, давший удовлетворительные результаты. По мере конструктивного улучшения гидромониторов они станут пригодными для работы на малых реках, с перекатами малой длины, и для уничтожения отдельных песчаных шалыг на транзите крупных рек. Если удастся экономично разрешить проблему удаления грунта, то гидромониторы будут применимы и для устройства длинных прорезей.

Неоднократно делались предложения об устройстве различных приспособлений и снарядов в виде граблей, волокуш, плугов, лопастных разрыхлителей и т. п., а также различных струенаправляющих щитов, понтонов и т. п., что относится уже скорее к области выправительных сооружений (см. главу V). Для изобретательской мысли в области дноуглубления остается большое поле деятельности. Примером удачных предложений является введенное в СССР впервые в мировой практике углубление песчаных перекатов подводными взрывами (см. § 45).

§ 36. СНАРЯДЫ ДЛЯ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

Удаление с фарватера при дноочистительных работах отдельных камней или целых групп их производится с помощью дноочистительных снарядов (§ 22), подводных взрывов (§ 23), вымораживания (§ 25), с участием водолазов (§ 26). Удаление больших скоплений камней производится насухо, за перемычками (§ 24); если же приходится устраивать на скальном, каменистом грунте сплошные прорези, то применяются дноуглубительные снаряды специальных типов.

1. Камнечерпательницы

Дноуглубительные работы в слабой скале можно выполнять непосредственно штанговыми одночерпаковыми снарядами и многочерпаковыми снарядами — камнечерпательницами особо прочной конструкции, специально приспособленными для работы на скале. Черпаки камнечерпательниц снабжаются зубьями из марганцовистой стали (см. рис. 56).

При сколько-нибудь прочной скале необходимо сначала раздробить скалу подводными взрывами или ударным способом; только после этого можно убирать обломки камнечерпательницей.

2. Бурильницы

При сплошных скальных массах свободно накладываемые заряды взрывчатого вещества (§ 23) дают очень малый эффект. Для усиления действия взрывчатки выгодно в случае большого объема скальных подводных работ применять механическое бурение снарядами-бурильницами. Бурильница является понтоном, на котором установлены буровые аппараты, перфораторы (паровые или пневматические). На больших бурильницах устанавливаются бурильные металлические решетчатые башни, бурение с которых ведется специальными буровыми станками. Пробуренные скважины водолазы заполняют взрывчаткой и взрывают.

3. Скалодробители

Скалодробители — специально оборудованные пловучие средства для механического раздробления скалы под водой. Они состоят из понтона с колодцем в центре, над которым подвешивается на башне или треноге свая-долото. Свая-долото, сделанная из литого железа, наваривается на конце сталью. Длина сваи — до 10 м, вес — 10 — 20 т. Свая поднимается паровой лебедкой и, падая, наносит удары, разрушающие скалу. После четырех-десяти ударов скала разрушается на глубину 0,90 — 1,50 м.

Разрушение скалы скалодробителями обходится дешевле, чем бурильницами с последующим взрыванием заряженных водолазами скважин, но при механическом дроблении скалы работа идет медленнее.

§ 37. ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ КАРАВАНЫ И ОБСЛУЖИВАЮЩИЕ ИХ СУДА

1. Состав дноуглубительного каравана

А. Дноуглубительный снаряд.

Б. Грунтоотводные приспособления: а) грунтоотвозные суда-шаланды (не менее двух); б) рефулеры, в составе рефулера должно быть не менее трех секций, снабженных площадками и оборудованных шпилями, лебедками, кнехтами, такелажем, необходимым для установки рефулера; в) понтоны воздушных грунтопроводов; г) понтоны для увеличения остойчивости дноуглубительных снарядов с длинными лотками и для укладки разобранного длинного лотка (лонгкулуара).

В. Вспомогательные суда: а) брандвахты; б) пловучие склады топлива: нефтянки с нормальной емкостью на месячный запас топлива, углярки, дровянки и торфянки с нормальной емкостью на двухнедельный запас топлива; в) пловучий склад для запасных частей и материалов грузоподъемностью в 40—50 т.

Г. Мелкие обслуживающие суда: а) завозни (не менее трех); одна из завозней, предназначенная для завозки и подъема станового якоря, должна быть больших размеров, грузоподъемностью в 10 — 15 т и обладать достаточной остойчивостью; б) лодки разъездные вместимостью на 10 человек каждая, в количестве $\frac{n}{10} + 1$, где n—численность команды снаряда; в) боты — один-два, для поддержания становой цепи или троса.

Д. Обслуживающие паровые и моторные суда: а) при шаландовом снаряде — пароход-шаландер или баржа-шаландер мощностью в 100—200 л. с. Мощность парохода-шаланд-

дера выбирается в зависимости от емкости отводимых шаланд, производительности снаряда, дальности места свалки и скорости течения (см. § 41); б) при рефулерном снаряде — мелкосидящий пароход или баркас мощностью в 80—100 л. с для операций с понтонами, завозки становых якорей и для другой работы; в) при кулуарных снарядах — баркас лишь в исключительных случаях.

2. Пароходы-буксировщики

Пароходы-буксировщики бывают мощностью 200—400 и до 600 л. с. Мощность буксировщиков определяется из условий, чтобы скорость буксировки каравана на свободных реках была не меньше 110 км в сутки против течения и 200 км в сутки по течению. Буксировщики не входят в состав каравана, а обслуживают его по специальным для каждого рейса планам-приказам. Обслуживающие пароходы могут участвовать в буксировке. Буксировка вниз, по течению, всего дноуглубительного каравана, кроме небольших караванов, одним возом не рекомендуется.

3. Шаланды

Шаланды являются грунтоотвозными судами и могут быть самоходными и несамоходными. На реках преимущественно используются несамоходные шаланды, так как условия плавания допускают буксировку; установка же на шаланде двигателей увеличивает осадку шаланды, ее стоимость и количество квалифицированного персонала. Большая осадка шаланд недопустима из-за трудности выбора места для свалки грунта, а увеличение строительной стоимости и эксплоатационных расходов на две-четыре самоходных шаланды не окупится той экономией, которая будет получена в связи с отсутствием парохода-шаландера, так как для завозки якорей, выполнения маневров, подачи судов-складов, топлива и другой работы при караване все же необходимо будет иметь самоходный баркас.

Шаланды бывают: а) *саморазгружающиеся с откидными дверцами* (створками, люками) в днище или, что реже, по бортам и б) с *глухими днищами и бортами*. Из грунтовых ящиков саморазгружающихся шаланд грунт вываливается в воду при открытии створок. Шаланды с глухими днищами, которые приходится применять при невозможности разгрузки в воду (например на каналах), разгружаются на берег механизмами — шаландоразгружателями.

Наиболее распространенные на реках несамоходные саморазгружающиеся шаланды с откидными створками в днище имеют в середине корпуса грунтовые ящики, а по бортам и в фор- и ахтерпиках помещаются воздушные камеры, обеспечивающие плавучесть шаланды (рис. 78). Грунтовые ящики могут быть расположены также и по бортам, в таком случае в середине корпуса находятся воздушные ящики; оси вращения створок могут быть расположены и вдоль и поперек оси шаланды.

Створки днища бывают двух типов: 1) шаланды со створками, не опускающимися при открытии ниже днища, — так называемые шаланды с сухими люками (см. рис. 78); загруженную шаланду с такими створками легко снять с мели: стоит только открыть створки — грунт вывалится и шаланда всплывает; кроме того, такая шаланда не становится на мель, образованную только что высыпанным ею грунтом; 2) шаланды со створками, опускающимися

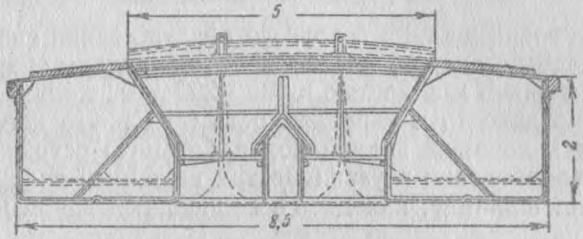


Рис. 78. Поперечный разрез саморазгружающейся шаланды с «сухими» двустворчатыми люками

ниже днища (шаланда с мокрыми люками); для снятия с мели такие шаланды нередко приходится разгружать вручную, что отнимает много времени и срывает план работы и парохода-шаландера и земснаряда; кроме того такие шаланды требуют большой глубины на месте свалки.

Створки днища после разгрузки подтягиваются на цепях (тросах) от ручных или гидравлических лебедок (рис. 79). Во избежа-

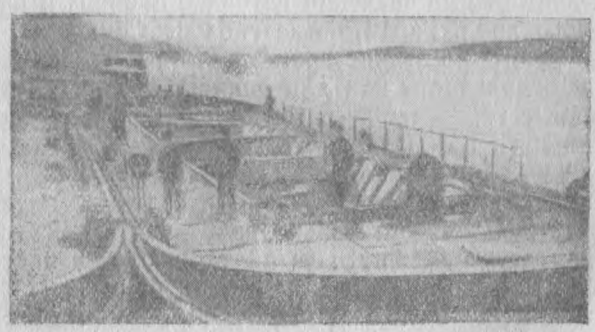


Рис. 79. Шаланда; на палубе видна лебедка для маневрирования люками

ние утечки (просора) песчаного и илистого грунта необходимо постоянно следить, чтобы перед загрузкой шаланды створки были плотно пригнаны. При утечке и невозможности немедленно отремонтировать створки стахановцы земкараванов применяют промазку створок глиной (во время буксировки с места свалки к снаряду)

и другие способы уплотнения, например, прокладку щелей хворостом с промазкой глиной и т. п.

Грузоподъемность речных шаланд — 40—150 м³. Корпуса их железные. Грунтовые колодцы и створки обшивают деревом, чтобы ослабить износ металла от ударов камней.

4. Буксиры-шаландеры

Для буксировки шаланд и другого обслуживания снаряда необходимы буксиры-шаландеры. Пароходы-шаландеры, баркасы или мотокатеры, обычно мощностью в 100—250 л. с., должны иметь хорошую поворотливость и управляемость (два винта или колеса на разных валах), хороший задний ход и большую остойчивость, так как при маневрировании в узких местах шаландер сплошь и рядом разворачивает шаланду, находясь в перпендикулярном к ее оси положении.

На паротеплоходе-шаландере должны быть насос и рукава для смыва грунта со стенок грунтовых ящиков шаланд, прожектор для ночной работы; желателен также и кран для подъема якорей, карчей и т. д.

§ 38. ДНОУГЛУБЛЕНИЕ (ЗЕМЛЕЧЕРПАНИЕ) НА ТРАНЗИТЕ РЕК

1. Гарантийные габариты

На всех водных путях, имеющих общегосударственное значение, и на некоторых водных путях местного значения габариты гарантируются (нормируются). Гарантийными габаритами называют предельно минимальные значения глубины, ширины и радиуса кривизны судового хода. Гарантийные габариты судового хода устанавливаются ежегодно Министерством речного флота для каждого плеса реки в отдельности или для данного водного пути в целом. Эти гарантийные габариты должны поддерживаться бассейновыми управлениями пути (БУП) и их техническими участками проведением тех или иных путевых работ, сочетая различные их виды.

В этом параграфе кратко излагаются сведения о системе дноуглубительных (землечерпательных) работ на транзите рек.

Гарантийные габариты пути устанавливаются в настоящее время (в соответствии с приложением № 1 к приказу Народного комиссара речного флота Союза ССР № 71 от 16 мая 1942 г.) или как минимальные навигационные, или как диференцированные, т. е. изменяющиеся в зависимости от горизонтов воды.

2. Минимальные навигационные гарантийные габариты

Минимальные навигационные гарантийные габариты устанавливаются применительно к проектному горизонту, за который принимается один из наинизших меженних горизонтов воды, имеющий среднемноголетнюю навигационную обеспеченность в пределах

85—95 % [1]. Обеспеченность горизонтов воды, выраженная в процентах от продолжительности навигации (считая среднемноголетнюю продолжительность физической навигации за 100%), показывает, в течение какой части физической навигации уровень (горизонт) воды держится равным данному горизонту или превышает его. Например: 1) горизонт обеспеченностью 100% будет наинизшим навигационным; 2) горизонт обеспеченностью 90% соответствует низкому меженному, ниже которого уровни воды могут падать в течение 10% длительности физической навигации.

3. Диференцированные гарантийные габариты

Диференцированные гарантийные габариты устанавливаются переменными, в зависимости от горизонтов воды: чем выше горизонт воды, тем бо́льшие габариты должны поддерживать путейцы. Диференцированные габариты пути определяются графически (на чертежах) кривыми зависимости глубины и ширины судового хода от высоты уровня воды.

Диференцированная гарантия наименьших глубин плеса, предложенная советским инженером Л. И. Кустовым [2], в значительной степени упорядочивает организацию работ на плесе. Проведя на графике, показывающем связь между горизонтами воды и наименьшими глубинами плеса, некоторую плавную кривую (рис. 80, жирная плавная линия), получают заданные диференцированные глубины, которые надо поддерживать при определенных горизонтах. Планирование путевых работ на отдельных перекатах производится по фактическим графикам зависимости глубин от горизонтов за несколько предыдущих характерных навигаций. Применительно к этим ломаным линиям фактической (отчетной) зависимости глубин

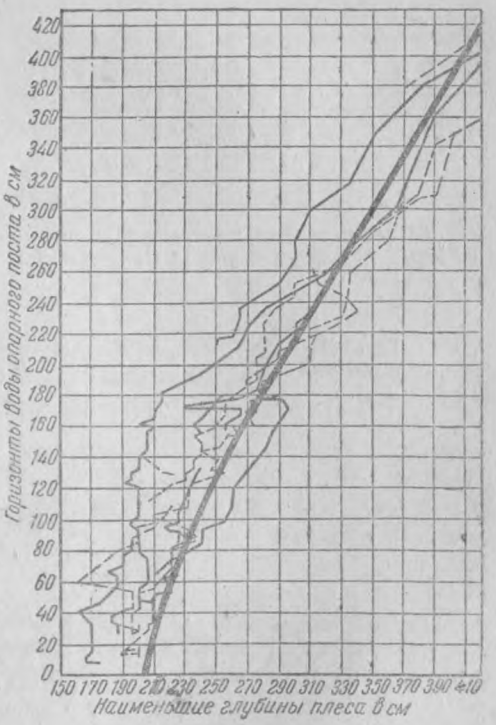


Рис. 80. Зависимость минимальных глубин плеса от горизонтов воды (ломаные линии) и кривая диференцированной гарантии глубин (жирная кривая).

[1] Положение о дноуглубительных работах. Москва, 1944 г.

[2] Инж. Л. И. Кустов, О системе и планировании речного транзитного землечерпания. Журнал «Водный транспорт», 1939 г., № 5, стр. 31.

от горизонтов проводятся пограничные кривые (рис. 81). Верхняя пограничная кривая дает связь между горизонтом воды и наименьшими возможными глубинами данного переката. Точка пересечения верхней пограничной с кривой дифференцированной гарантии плеса (см. рис. 81) показывает горизонт воды, к наступлению которого на перекате должны быть проведены те или иные путевые работы. Такие задания дают и обстановочной службе, доводя их до бакенщика, который обязан стремиться выдерживать заданные глубины путем тщательной обстановки судового хода. Однако при этом надо усилить контроль за правильностью вывесок. Подробное изложение всей системы дифференцированной гарантии глубин дано в специальном труде [1].

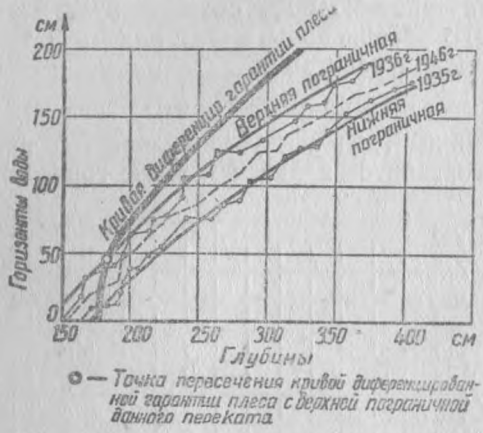


Рис. 81. Фактические и пограничные кривые зависимости глубин переката от горизонтов воды

4. Проектное дно

Дно реки на продольном профиле изображается весьма неровной зубчатой линией (рис. 82). Как известно из курса гидрологии, продольные и поперечные профили рек вычерчиваются в неодинаковых масштабах: вертикальный масштаб берется крупнее горизонтального. Понижения линии дна

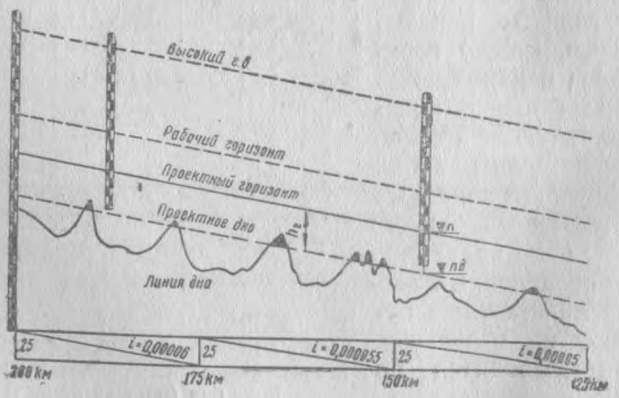


Рис. 82. Продольный профиль реки

представляют собой глубокие плесовые лощины, возвышения — перекаты. Все гребни перекатов, возвышающиеся над линией проектного дна, должны быть разработаны снарядами. На рис. 82 за-

[1] Н. А. Доманевский, Диференцированные глубины. Москва, 1944 г.

тушеваны до проектного дна прорези перекатов, требующих разработки. Отметку проектного дна определяют по формулам:

$$\nabla_{пд} = \nabla_{п} - h_{пд} \text{ м}; \qquad (32\text{-а})$$

$$h_{пд} = h_{п} - h_{п} \text{ м}, \qquad (32\text{-б})$$

где:

$\nabla_{пд}$ — отметка проектного дна (абсолютная или условная);
$\nabla_{п}$ — отметка проектного горизонта воды (рис. 82);
$h_{пд}$ — отсчет от нуля водомерного поста до проектного дна, причем, как правило, $h_{пд}$ получается со знаком минус (рис. 83);
$h_{п}$ — отсчет от нуля поста до проектного горизонта;
$h_{г}$ — гарантийная глубина.

Когда во время маловодной межени горизонты воды падают ниже проектных горизонтов, то и глубины могут оказаться ниже гарантийных. Если и траление было выполнено от проектного горизонта воды, то при этом возможны аварии, так как при дальней-

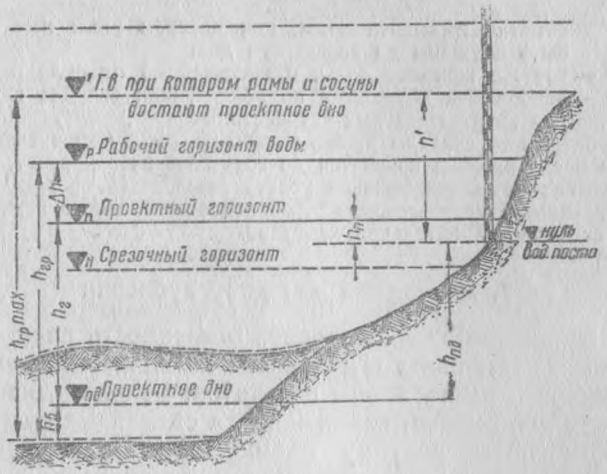


Рис. 83. Схема к расчету отметки проектного дна и глубины опускания грунтозахватных устройств дноуглубительных снарядов

шем падении горизонта воды суда могут получить пробоины на подводных предметах, не обнаруженных ранее тралением. Вот почему, в интересах безопасности судоходства, следует настаивать, чтобы траление производилось на гарантийную глубину от наинизшего навигационного горизонта воды (см. § 19), а не от проектного.

5. Глубина опускания грунтозахватных устройств

Ковши дноуглубительных снарядов ОГ и ОШ, черпаковые рамы и сосуны опускаются несколько ниже проектного дна, так как иначе из-за просора грунта, неровностей выработанного дна и других причин гарантийная глубина не может быть обеспечена.

Этот запас глубины опускания грунтозахватных устройств называется багермейстерским запасом ($h_б$ на рис. 83). В зависимости от грунта, типа снаряда и режима переката $h_б = 5 \div 20$ см. Глубина опускания грунтозахватных устройств определяется по формуле:

$$h_{гр} = \Delta h + h_г + h_б = \nabla р - \nabla_{пд} + h_б \quad м, \tag{33}$$

где:

$h_{гр}$ — глубина опускания грунтозахватных устройств в м.

Все остальные размеры надо, разумеется, брать тоже в метрах.

6. Горизонт начала дноуглубления на транзите

Горизонт начала дноуглубления на транзите определяется наибольшей возможной по конструкции снаряда глубиной опускания грунтозахватных устройств $h_{гр\ max}$ и гарантийной глубиной $h_г$. Этот горизонт рассчитывается по формуле:

$$\nabla' = \nabla_н - h_г - h_б + h_{гр\ max} = \nabla_{пд} - h_б + h_{гр\ max} \quad м, \tag{34-а}$$

$$h' = h_н - h_г - h_б + h_{гр\ max} = h_{пд} - h_б + h_{гр\ max}, \tag{34-б}$$

где:

∇' — отметка горизонта воды, при котором рамы или сосуны могут быть опущены до проектного дна;

h' — тот же горизонт воды, отсчитываемый от нуля поста;

$h_{гр\ max}$ — наибольшая возможная по конструкции снаряда глубина опускания грунтозахватных устройств.

Дноуглубительные снаряды должны начинать работу на транзите, когда горизонт воды после паводка понизится до горизонта начала работ, чтобы до наступления низких меженних уровней успеть разработать прорези на перекатах. Полное и правильное использование этого подготовительного периода обеспечивает успех всей дноуглубительной кампании.

7. Изыскания при дноуглублении

Чтобы правильно распланировать очередность расстановки снарядов по перекатам плеса и правильно назначить направление прорези, необходимо иметь планы перекатов. Рельеф дна перекатов подвергается постоянным изменениям, а сделанные снарядами прорези деформируются, поэтому съемку одного и того же переката приходится производить несколько раз за навигацию. Первичные съемки производятся до начала дноуглубительных работ при горизонтах воды более высоких, чем горизонт начала работ (см. рис. 83). Поскольку часто нехватает изыскательских партий, первичные съемки производятся и в ходе дноуглубительной кампании. После устройства прорезей их состояние обследуется контрольными съемками. Многие прорези заносятся наносами и требуют повторных ремонтных работ; в таких случаях и контрольные съемки приходится делать несколько раз за одну навигацию.

Изыскания для дноуглубления имеют очень большое значение для путевых работ и судоходства, так как промеры глубин и составляемые по ним планы перекатов и участков реки дают возможность находить наилучшее расположение судового хода и контролировать расстановку береговых и пловучих знаков судоходной обстановки.

Эксплоатационные изыскания получили определенную организацию. Изыскания для землечерпания производятся изыскательскими партиями, состоящими из 14—22 работников. Весь штат изыскательской партии помещается на брандвахте. С одного места работ на другое брандвахты буксируются паротеплоходами, баркасами и катерами. Иногда они сплывают вниз по течению на короткие расстояния без использования тяги. Промеры производятся с гребной или моторной лодки наметкой, а при очень больших глубинах — лотом и засекаются мензулой. По плану переката с наведенными на нем линиями равных глубин (план в изобатах) назначается положение землечерпательной прорези и подсчитывается ее объем (кубатура выемки). Очень полезно, а на трудных для судоходства участках совершенно необходимо, производить наблюдения над направлениями течений с помощью поплавков, гидрометрических шестов и вертушек, чтобы выявить места с косиной струй и свалом воды, а затем обставить их свальными бакенами (§ 12) и своевременно информировать судоводителей.

8. Информация о глубинах

Информация о глубинах на всех перекатах плеса составляется ежедневно техническими участками и БУПами из записей в вахтенных журналах проходящих судов, по вывескам глубин на сигнальных мачтах у перекатов, а также по информациям специальных курьеров, собирающих сведения о глубинах, и по телеграфным донесениям обстановочной службы. Во многих пароходствах специальным приказом вменено в обязанность капитанам паротеплоходов пассажирских и грузопассажирских скорых линий производить через вахтенных начальников запись глубин всех перекатов днем и ночью (по световым вывескам) и сведения о наименьших глубинах сдавать на каждой пристани начальнику ее под расписку независимо от времени прихода паротеплохода на данную пристань. Данные о горизонтах воды и глубинах опубликовываются к сведению судоводителей.

9. Информационные листки

Бассейновые управления пути издают во время навигации ежедневные «Информационные листки о состоянии речных путей». В них обязательно помещаются следующие сведения и сообщения:

а) сведения о горизонтах воды на 8 часов утра (сведения о горизонтах воды передаются по телеграфу);

б) сведения о наименьших глубинах и ширинах судового хода по всем плесам с указанием названия плеса и переката, ограничивающего (нормирующего) габариты пути;

в) декадные или пятидневные прогнозы (предсказания) наименьших глубин по плесам;

г) сведения о работе технического флота с указанием, какой снаряд, где и с какого числа работает или куда буксируется;

д) сообщения о состоянии и изменении судовых ходов, обстановки их; указания об условиях прохода по затруднительным участкам.

Кроме того, в информационных листках по мере надобности помещают:

правила прохода судов и плотов под мостами, правила движения и стоянки судов на рейдах портов и пристаней, правила расстановки судов на рейдах и другие правила, подлежащие неуклонному выполнению судоводителями; указания управлений пути, инспекции судоходства и начальников портов; перечни подводных кабелей и трубопроводов;

«К сведению судоводителей» — информация о ходовых воложках (рукавах), о семафорах, отдельных препятствиях в плесах и на подходах к пристаням и т. п.;

извещения о направлении течений на опасных перекатах и под мостами;

сведения о температуре воды и воздуха, сведения о ледоходе и т. д.

По отдельным перекатам сведения о наименьших глубинах опубликовываются в листках иногда с опозданием на один-два дня (при нарушении работы связи). Если же учесть затрату времени на печатание и рассылку информационного бюллетеня на отдельные пристани, то приходится признать, что в отношении глубин бюллетень является иногда последующей регистрацией событий. Поэтому судоводители должны добиваться получения более своевременной информации о глубинах ближайших к пристани перекатов. Иногда эти сведения имеются в планах-приказах и указаниях диспетчеров пути и движения.

10. Путевые листки

Путевые листки, составляемые техническими участками пути при расположении их вдали от пароходства, дают возможность снабжать судоводителей своевременной информацией.

Путевые листки имеют то же содержание, что и информационные, но сведения в этих листках приводятся только по данному техническому участку пути.

11. Организация транзитного землечерпания

Дноуглубительные работы по отдельным участкам реки, плесам, производятся под руководством главного инженера участка (начальника плеса), в распоряжении которого находятся изыскательские партии, дноуглубительные снаряды и обслуживающий их флот. Начальник плеса должен так маневрировать всеми этими средствами, чтобы обеспечить одновременно на всех перекатах плеса глубины, не ниже заданных, так как обмеление хотя бы одного переката нарушает движение судов на всем транзите реки.

§ 39. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ ПРОРЕЗЕЙ И РАЗБИВКА РАБОТ НА МЕСТНОСТИ

Как известно из курсов гидрологии и общей лоции внутренних водных путей, перекаты являются мелкими участками речного русла между глубокими участками — верхней и нижней плесовыми лощинами. Основные элементы участка реки на перекате: а) верхняя плесовая лощина, б) верхний склон переката, полого поднимающийся от верхней плесовой лощины к гребню переката, в) гребень (вал) переката, имеющий наименьшие глубины, г) крутой скат от гребня в сторону нижней плесовой лощины — подвалье переката, д) корыто (лощина) переката, т. е. наиболее глубокая часть его, соединяющая плесовые лощины, е) песчаные побочни (косы), верхний и нижний, имеющие продолжение под водой в виде подводных кос-заструг. Перекаты, если глубина на них больше гарантийной и они не затрудняют судоходства, называются перевалами.

Неоднократно делались попытки классификации перекатов по их форме. Для краткого ознакомления с проектированием прорезей ограничимся делением перекатов на четыре типа: 1) хорошие перекаты, корыто которых представляет более или менее плавный переход из верхней плесовой лощины в нижнюю; 2) плохие перекаты, у которых верхняя плесовая лощина заходит за нижнюю, а корыто переката изгибается в плане, соединяя плесовые лощины довольно извилистым и обычно весьма неудобным ходом; 3) перекаты-россыпи, не имеющие ясно выраженного корыта, а представляющие собой широкий мелкий участок русла, беспорядочно загроможденный застругами и шалыгами; 4) перекаты в месте разделения реки островами на рукава и в месте соединения рукавов с главным руслом.

Наибольшие затруднения создают плохие перекаты, называемые также сдвинутыми.

Проектирование прорезей состоит в основном из назначения глубины и ширины прорези, ее направления и формы в плане, а также мест свалки грунта. Назначение направления прорези и ее формы в плане называется трассировкой прорези и является весьма ответственным и сложным делом, требующим больших знаний в области гидрологии и знания особенностей режима перекатов данного плеса. Последнее дается опытом и вдумчивым анализом результатов предыдущих дноуглубительных работ. Прорези, как правило, трассируются начальником плеса. Здесь ограничимся лишь самыми краткими сведениями о трассировке прорезей.

На хороших перекатах направление (трасса) прорези обычно совпадает или почти совпадает с корытом переката, которое соединяет плесовые лощины путем, близким к кратчайшему, и совпадает с направлением течения в меженнем русле (рис. 84).

На схеме сдвинутого переката, т. е. переката «плохого», удобно разобрать три основных способа трассировки прорезей (рис. 85).

I. Способ наименьших объемов (минимальных кубатур) дает возможность разработать прорезь в наиболее короткий срок, так как трасса прорези имеет наименьшую возможную на данном пере-

кате длину и проходит вблизи естественного корыта переката (на рис. 85 корыто переката показано пунктиром), т. е. на сравнительно больших глубинах. Однако прорези по трассе I, составляющие большой угол с направлением судового хода в плесовых лощинах («крутые прорези»), очень неудобны для судоходства, так как при входе в прорези как сверху, так и снизу, с подвалья переката, раскат барж воза при повороте и свал воды приводят к посадкам на мель буксируемых судов и плотов, а в особенности самосплавных плотов. Требуются особая бдительность и знание слива воды при проходе через перекат с крутой прорезью. Устройство уширений (раструбов) может несколько облегчить проход по прорези, но не устраняет отмеченных выше недостатков трассы. Кроме того, крутые прорези, трассируемые по принципу наименьших объемов, обычно быстро заносятся и искривляются, принимая в плане форму, близкую к форме естественного корыта переката, — в виде латинской буквы S.

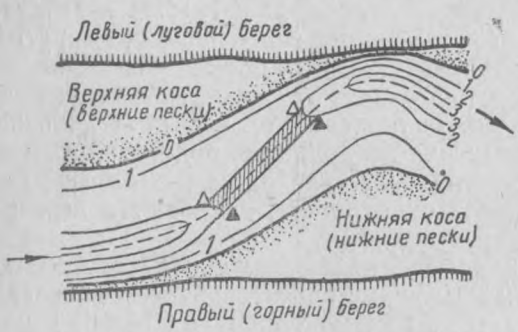


Рис. 84. Трасса прорези на перекате хорошего типа. Цифры на плане указывают глубины изобат. *О* – урез воды, *1* – 1 м глубины и т. д.

II. Придание прорези более удобной для судоходства трассы при небольшом сравнительно объеме вынимаемого грунта приводит

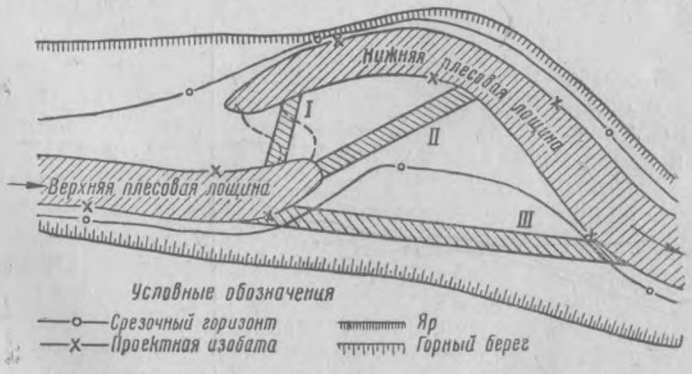


Рис. 85. Схемы возможных трасс прорезей на перекате плохого (сдвинутого) типа.

к назначению пологой трассы вида II (см. рис. 85). Прорези по трассе II тоже не отличаются особой устойчивостью и легко заносятся не только во время весенних половодий, которые в большинстве случаев бесследно уничтожают прорези по трассам I и II, но и во время летне-осенних паводков. Совершенно очевидно, что да-

же частичное занесение прорези требует повторных ремонтных дноуглубительных работ.

III. Устройство прорези, устойчивой при паводках, такой прорези, которая могла бы энергично размываться самой рекой, требует обычно извлечения больших объемов грунта (на крупных реках в ряде случаев — нескольких сот тысяч кубических метров). Такие прорези, разрабатываемые не по существующему, а по вновь создаваемому судовому ходу, называются капитальными; для разработки их требуются крупные капитальные затраты; работы проводятся одним или двумя дноуглубительными снарядами в течение иногда довольно длительного периода времени, преимущественно в конце навигации или во время паводка, когда разработка восстановительных и эксплоатационно-ремонтных прорезей была бы преждевременна. Капитальные прорези дали в большинстве случаев вполне устойчивый ход.

Трассирование прорезей на перекатах типа россыпей представляет особенно трудную задачу вследствие неустойчивости рельефа дна таких перекатов. Для повышения устойчивости прорезей на перекатах-россыпях целесообразно применять выправительные сооружения (см. главу V). Рекомендуется трассировать прорезь ближе к тому яру, через который происходит слив воды на пойму весной, но, конечно, это общее соображение надо применять, только сообразуясь с местными условиями.

Работы по устройству прорезей на перекатах у приверхов и ухвостьев островов, т. е. в местах ответвления рукавов от главного русла и в местах соединения с ним, целесообразно комбинировать с работами по регулированию рукавов (см. главу V), учитывая, какой из рукавов служит для пропуска основной массы наносов.

Свалки грунта надо размещать, сообразуясь с направлением течений, учитывая, что направление внутренних течений имеет обычно в плесах вид спирали (штопора, винта): поверхностные струи подходят под некоторым углом к яру вогнутого, ведущего берега, затем эти струи опускаются в придонные слои и направляются по дну к пескам выпуклого берега. Однако встречаются и более сложные типы внутренних течений.

Назначая место для свалки грунта, необходимо убедиться, что из свалки он не будет попадать непосредственно в прорезь. Очень удобно сваливать грунт при шаландовой отвозке (иногда и при рефулировании) в ту часть нижней плесовой лощины, которая остается выше (по течению) выхода прорези на подвалье переката. Засыпая грунтом верхнюю затонскую часть этой плесовой лощины, достигают более полного собирания расхода воды в прорезь и уменьшают слив воды через верхнюю подводную косу в затонскую часть верхней плесовой лощины.

Кроме устройства раструбов для облегчения проводки караванов во многих случаях полезно (предложение инж. Бородзича) делать переуглубление нижней части прорези. Такое переуглубление уменьшает скорости течения на входе в прорезь с подвалья,

представляющего наибольшие затруднения для заводки каравана. Одновременно это переуглубление создает запас глубины в наиболее заносимой части прорези.

Практика землечерпания показывает, что многие прорези подвергаются занесению и требуют повторных (ремонтных) разработок. Отдельные неустойчивые прорези разрабатываются три-четыре раза в одну навигацию. Количество повторных постановок снарядов доходит иногда до 60—90% общего числа углубляемых в данную навигацию перекатов. В связи с этим дноуглубительные работы подразделяются на: капитальные, создающие устойчивые изменения судового хода (см. рис. 85, трасса III), восстановительные и эксплоатационно-ремонтные подчистки судовых ходов от наносов, отложившихся в межень.

Ширина прорезей назначается одинаковой для всего плеса в зависимости от густоты движения и размеров судов и плотов. На реках с большим движением ширина прорези назначается из расчета беспрепятственного расхождения двух караванов наибольшей ширины; при этом обгон расходящихся караванов третьим судном далеко не всегда возможен и может закончиться аварией. Ширина прорезей на наших реках колеблется от 25 до 75 м. На Волге намечается дать в будущем ширину прорезей в 100 м. Однако в настоящее время даже на такой крупной реке, как Волга, имеются отдельные участки с узким судовым ходом, допускающие движение только одного воза, а потому обставленные семафорами. Засе-

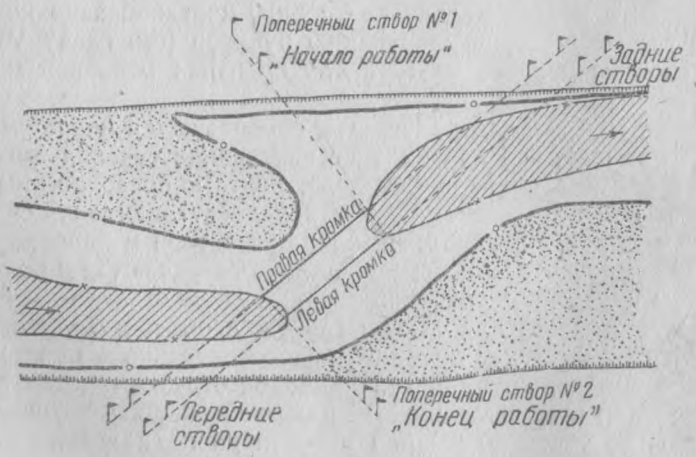


Рис. 86. Разбивка прорези на местности

мафоренные участки реки с большим грузооборотом затрудняют движение, вызывают простои судов в ожидании очереди прохода и поэтому подлежат быстрейшему расширению до размеров, обеспечивающих двухстороннее движение караванов. При небольшом грузообороте однопутные участки не создают особых затруднений для движения флота.

Протрассированную прорезь надо разбить и закрепить на местности, т. е. обозначить на берегах реки положение всех проектных линий прорезей, для чего необходимо выставить продольные створы по линии кромок прорези и поперечные контрольные створы, по которым, в процессе работы контролируется положение земснаряда на разрабатываемой прорези (рис. 86). Разбивку делает изыскательская партия. Положение створов закрепляется прочными кольями с надписями. Если створы располагаются вдоль реки и их нельзя выставить на берегу (например верхние створы трассы III на рис. 85), то обозначают проектные линии пловучими створами. Положение буев и вешек пловучих створов закрепляют береговыми створами точно так же, как положение подводных препятствий (см. § 19, рис. 31).

По прибытии дноуглубительного снаряда на перекат на береговых створах выставляют окрашенные вехи, освещаемые ночью фонарями, а на пловучих створах — буи и вехи; последние—настолько часто, чтобы при ночной работе снаряда можно было ясно видеть ближайшие две-три вехи в створе при освещении прожектором дноуглубительного снаряда.

§ 40. ЗАДАНИЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНОМУ СНАРЯДУ

Дноуглубление на транзите должно производиться по единому плану, под руководством начальника плеса. Каждый дноуглубительный снаряд, в соответствии с общим планом работ и состоянием глубин на перекатах, получает от начальника плеса задание, определяющее основные размеры и технические детали каждой работы, а также необходимое для выполнения ее время. Задание состоит из плана и текста, составляемого по специальной форме.

План переката является основной частью задания. На этом плане указываются следующие данные: название водного пути и участка предстоящей работы (название переката), километры по лоцманской или судоходной карте, даты съемки и промеров, величина срезки.

Если промеры производились несколько дней, то срезка должна быть указана отдельно за каждый день промеров. Надписывается вывешенная на сигнальной мачте глубина и показывается то место судового хода с наименьшей глубиной на перекате, которое определяет вывеску. На плане наносятся красной тушью запроектированная прорезь и все створы, определяющие ее положение, указывается местонахождение кольев, которыми закреплены створы, и место свалки грунта, выписываются ширина прорези, углы поворота и прочие данные для разбивки (если прорезь трассирована не по прямой линии) и объем подлежащего удалению грунта. Чтобы командир дноуглубительного снаряда мог правильно назначить глубину опускания рамы или сосуна (см. § 38, рис. 83), на перекате изыскательской партией устанавливается водомерный кол, а на плане указывается его местонахождение, дата его установки и превышение его над проектным горизонтом. Кроме того, на план

наносятся все прочие данные, обязательные для судоходных карт: масштаб, условные обозначения, направление стран света, вся обстановка фарватера, препятствия в русле, отличительные береговые предметы — здания и сооружения.

Текст задания на бланке специальной формы повторяет все данные о размерах прорези и, кроме того, содержит указания о способах удаления грунта и укладки его на месте свалки, о стороне и порядке пропуска караванов, о валовом времени, отводимом на выполнение работы, и заданной производительности в один рабочий час, о коэфициенте, характеризующем степень трудности разработки грунта на данном перекате.

В задании указываются пароход, который будет буксировать снаряд на место работ, и время забуксирования. В целях наилучшего использования времени после разработки прорези в задании указывается следующая очередная работа, так как, зная направление и расстояние предстоящего перехода, командир снаряда будет иметь возможность самым удобным способом подготовить к переходу снаряд и его караван.

Полученное снарядом задание является основой для заданий отдельным вахтам. Задание снаряду и повахтенный план работ прорабатываются вместе с командой. Повахтенное планирование включает также и работу обслуживающих снаряд самоходных судов, т. е. пароходов-шаландеров и баркасов, поэтому их команды должны участвовать в проработке задания.

По окончании работы производятся контрольные промеры судового хода и проверка обстановки (во время работы командир снаряда несет полную ответственность за обстановку переката). Законченная прорезь сдается по акту работникам обстановки.

§ 41. РАБОЧИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ СНАРЯДОВ И СПОСОБЫ УДАЛЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕННОГО СНАРЯДАМИ ГРУНТА

Способы разработки грунта снарядами различных типов рассмотрены в § 32—34. Процессы извлечения и удаления грунта рассмотрим только в той части, которая непосредственно связана с проходом судов и плотов мимо работающего снаряда или с обслуживанием снаряда самоходными судами — буксировщиками и шаландерами. Ограничимся при этом рассмотрением работы снарядов М-Ш, М-РШ, ЗР-Р и З-Р.

1. Извлечение грунта многочерпаковыми снарядами

Извлечение грунта многочерпаковыми снарядами сопровождается непрерывным перемещением их с помощью становых и папильонажных якорей, тросов (цепей) и лебедок. Схема движений снаряда при папильонаже изображена на рис. 87, где линии *1-2*, *3-4* и т. д. изображают перемещения снаряда от кромки до кромки в поперечном к оси прорези направлении, а линии *2-3*, *4-5* и т. д.— подачу снаряда вперед по становому тросу. Величина подачи впе-

ред составляет обычно около 1,5 шага черпаковой цепи и не должна превышать длины шлейфа, которая, в свою очередь, не превышает 2—2,5 шага цепи (см. § 33). Для получения достаточно равномерной выработки дна скорость папильонажа должна быть

$$v \leqslant 0{,}6bn \text{ м/мин.}, \qquad (35)$$

где:

v — скорость папильонажа в м/мин;

b — ширина следа черпака, т. е. ширина полосы дна, прорабатываемая одним черпаком, в метрах;

n — число черпаков, проходящих в одну минуту.

Такой простейший вид папильонажа называется параллельным. Если глубина за кромками прорези меньше осадки снаряда, то

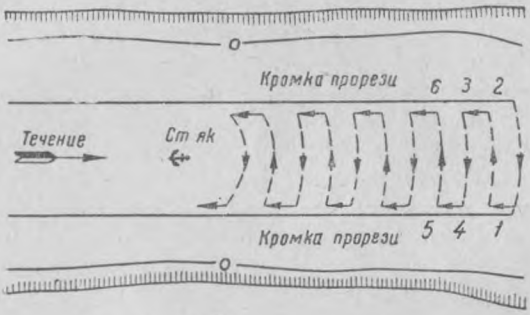


Рис. 87. Схема папильонажа

при подходе к кромкам необходимо разворачивать корпус снаряда. Такой вид папильонажа называется веерным (см. рис. 61). При малой ширине прорези веерный папильонаж может сильно стеснять движение по прорези.

2. Извлечение грунта землесосами

Извлечение грунта землесосами может производиться как папильонажем, в точности похожим на папильонаж многочерпаковых снарядов, так и при движении землесоса вдоль прорези, причем грунт вынимается продольными траншеями (рис. 88а), поэтому такие землесосы и получили название траншейных. Папильонажные землесосы обычно имеют разрыхлители, траншейные землесосы могут их не иметь. При перемещении некоторых землесосов применяется свайный папильонаж. Сосун траншейного землесоса опускают на 0,8—1,2 м ниже проектного дна, чтобы на гребне между траншеями получилась заданная глубина. На рис. 88б одиночной штриховкой показана полезная площадь поперечного сечения прорези, а перекрестно заштрихованные площади треугольников представляют излишнюю, лежащую ниже проектного дна часть поперечного сечения прорези. Очевидно, что траншейный

способ рабочих перемещений землесосов сопряжен с переуглублением прорези и выемкой излишнего объема грунта.

При толщине снимаемого слоя грунта в 1 м объем переуглубле-

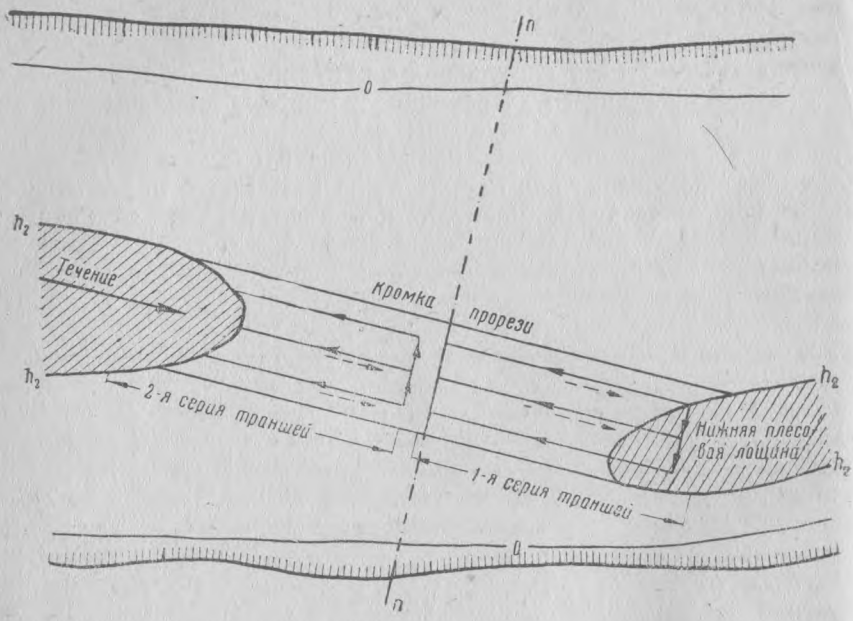


Рис. 88а. Схема работы траншейного землесоса. План прорези, разрабатываемой траншеями

ния при обычно применяемом числе траншей составляет около 120%, но при толщине снимаемого слоя в 0,5 м объем переуглубления составляет уже около 240%, а при 0,2 м — около 600%.

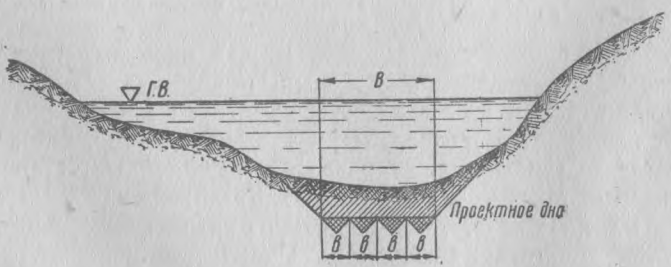


Рис. 88б. Схема работы траншейного землесоса. Поперечный профиль реки по линии *П-П* (см. рис. 88а)

Таким образом работа траншейным землесосом невыгодна при малой толщине снимаемого слоя грунта, переуглубление же не всегда способствует устойчивости прорези.

Это является основанием для предложения о переводе траншейных землесосов на папильонажную работу, для чего требуется постановка сосуна соответствующей формы (см. § 34, рис. 69). Схема рабочих перемещений траншейного землесоса приведена рис. 88а, где сплошными стрелками показаны направления движения землесоса по траншее при выемке грунта, а пунктирными — направления движения вхолостую. Имеются примеры удачной разработки прорезей сверху вниз, по течению.

3. Перекладка якорей

В процессе работы папильонажный снаряд понемногу подтягивается к переднему становому якорю. Становой якорь завозят на возможно большее расстояние, достаточное для выполнения всей прорези. При очень длинных прорезях приходится перекладывать становой якорь, если снаряд приблизится к нему на 150—200 м, так как при более коротком переднем становом тросе папильонаж затрудняется, а также усложняется пропуск судов и плотов мимо работающего дноуглубительного снаряда. Перекладка переднего станового якоря заключается в подъеме заложенного якоря и завозке его вперед, что требует перерыва работы снаряда, но стахановцы технического флота доказали возможность свести затрату времени на перекладку к минимуму, используя второй запасной становой якорь и трос. Становой трос состоит из частей длиной в 250—300 м. Концы тросов заделаны в коуши с внутренним диаметром кольца не менее 100 мм, чтобы в них свободно вкладывались два замка якорного типа (рис. 89). Завозня с запасным становым якорем и концом троса в 250—300 м с коушами поднимается к новому месту укладки якоря и закладывает его, а затем сплывает, вытравляя трос в воду, к буйку рабочего станового якоря. Выловив буек, выхаживают и выключают из троса становой якорь и соединяют якорным замком становой трос, чем и заканчивается перекладка станового якоря. С момента начала выхаживания якоря до окончания выбирания слабины, получающейся после выключения дополнительной части троса, работа снаряда приостанавливается. Чтобы снаряд не сносило течением, опускают раму на дно.

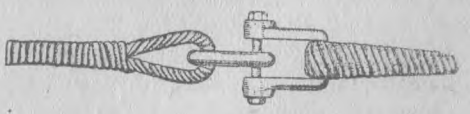


Рис. 89. Соединение частей станового или папильонажных тросов якорными замками в коушах по методу стахановца-командира землесоса И. П. Охотникова

Перекладка папильонажных и вообще боковых якорей может производиться без перерыва работы по извлечению грунта. Для безостановочной перекладки надо иметь запасные папильонажные якори и дополнительные части троса с коушами по концам. Когда снаряд подойдет к кромке прорези, включают в коуш натянутого папильонажного троса дополнительную часть троса вторым якор-

ным замком (поэтому коуши и должны свободно пропускать два якорных замка), после чего завозня отходит для отдачи запасного папильонажного якоря, а ранее заложенный выхаживается затем известными уже способами.

4. Удаление извлеченного грунта шаландами

Способ удаления извлекаемого снарядом грунта сильно влияет на условия пропуска судов и плотов мимо работающих дноуглубительных снарядов.

Свалки грунта бывают: а) глубоководные — с глубинами, достаточными для опорожнения саморазгружающихся шаланд с откидными створками в днище (§ 37); б) мелководные, где грунт можно сваливать лишь рефулером; в) сухие, расположенные выше уреза воды. На сухие свалки грунт можно подавать береговыми трубами рефулера (см. рис. 74) или выгружать из шаланд, шаландоразгружателями.

Глубоководные места свалок грунта, а иногда и подходы к ним обставляются в дневное время вехами, а ночью фонарями. Окраска вех и цвет огней должны резко отличаться от окраски обычных знаков обстановки, но знаки, отграничивающие судовой ход от свалки, должны ставиться в полном соответствии с правилами обстановки.

Удаление грунта шаландами требует наличия парохода-шаландера и достаточного числа шаланд. Шаланда при работе на течении устанавливается с плотно закрытыми люками под лоток снаряда кормовой частью грунтовых ящиков. По мере наполнения грунтовых ящиков шаланду, не прерывая работы снаряда, спускают или переводят вдоль борта вручную или лебедками к носу снаряда. Для уменьшения износа днища шаланды вследствие трения о папильонажные цепи и тросы в носовой части подворотов шаланды ставят охранные брусья или держат ее нос в несколько отодвинутом от снаряда положении, или кладут переднюю папильонажную цепь поверх палубы шаланды. Чтобы папильонажная снасть не задевала за палубные устройства, она должна проходить через роульсы на специальном выстреле, обычно устанавливаемом впереди рамы.

Каменистый или вообще тяжелый грунт распределяется в грунтовых ящиках неравномерно по их ширине, поэтому приходится иногда разворачивать (кантовать) шаланду. Кантовка на течении производится отталкиванием носа шаланды от снаряда шестами, баграми и т. п., при этом используются также шпили и лебедки.

Если условия позволяют подводить шаланды с обоих бортов, и имеется лебедка для быстрой перекидки грунтового клапана, то смена шаланд не должна вызывать остановки черпаковой цепи.

При погрузке шаланд у одного борта снаряда смена шаланд также не влечет сколько-нибудь длительных перебоев в извлечении грунта. В этом случае возможны различные способы смены шаланд:

1) загруженную шаланду спускают под нос снаряда, по сигналу со снаряда пароход-шаландер подводит порожнюю шаланду, во время установки которой к борту снаряда, под лоток, производится передача буксира парохода-шаландера с порожней шаланды на груженую. Если пароход-шаландер должен увести на место свалки груженую шаланду под бортом, то он переходит к ее борту. Если подводка и отводка шаланд производятся на буксире, то пароход-шаландер, отрабатывая тихим ходом вперед, при передаче буксира с порожней шаланды на груженую держится несколько выше рамы снаряда;

2) порожнюю шаланду подводят на буксире и ставят к борту груженой, чалки порожней шаланды передают на лебедку, шпиль или кнехты снаряда, буксир переносят с порожней шаланды на груженую, которую пароход-шаландер выводит вверх (против течения), а порожнюю шаланду подводят затем к борту снаряда;

3) после передачи чалок с порожней шаланды на снаряд груженую шаланду спускают под нос снаряда, где ее учаливают затем к шаландеру;

4) если течение быстрое и свалка находится ниже снаряда на расстоянии не более 500—700 м, груженую шаланду можно спустить на тросе, а после разгрузки поднять, т. е. подтянуть к дноуглубительному снаряду лебедкой;

5) в стоячей воде малые шаланды можно отводить шестами.

5. Расчет числа шаланд

Для бесперебойной работы снаряда М-Ш у его борта постоянно должна быть шаланда, принимающая грунт из лотка снаряда. Если ее нет, приходится останавливать черпаковую цепь. При снаряде должны быть минимально две шаланды, но этого в ряде случаев оказывается недостаточно. Чтобы избежать простоев снаряда, рассчитывают число шаланд применительно к условиям отвозки грунта.

Обозначим:

P — производительность снаряда в м³/час;

q — емкость шаланды в кубических метрах (емкость всех шаланд полагаем одинаковой);

m — число шаланд в одном возу, буксируемом шаландером;

M — общее необходимое для снаряда число шаланд;

l — расстояние от снаряда до места свалки в км;

c — скорость течения в км/час;

$v_{гр}$ — скорость хода с груженными шаландами в покойной воде в км/час;

$v_{пор}$ — скорость хода с порожними шаландами в покойной воде в км/час;

$u_{гр} = v_{гр} \pm c$ — скорость хода с груженными шаландами относительно берега (техническая скорость) в км/час;

$u_{пор} = v_{пор} \mp c$ — скорость хода с порожними шаландами относительно берега (техническая скорость) в км/час.

Примечания: 1. Верхние знаки плюс и минус относятся к случаю буксировки груженых шаланд по течению, а порожних — против течения; нижние знаки минус и плюс относятся к случаю нахождения свалки выше (по течению) от снаряда. Свалку грунта вообще выгоднее иметь ниже (по течению) от снаряда, но местные условия вынуждают иногда делать свалку и выше.

2. Скорости хода в покойной воде $v_{гр}$ и $v_{пор}$ зависят от мощности парохода-шаландера и, разумеется, от размерений и обводов шаланд, а также от

числа шаланд в одном возу, буксируемом шаландером. Они устанавливаются по паспортам шаланд и шаландера. При отсутствии или ненадежности паспортов можно определить скорости $v_г$ и $v_{пор}$ непосредственными испытаниями в каком-нибудь просторном затоне.

$t_з$ — время, затрачиваемое на зачалку шаланд, в часах; эта операция занимает 2—6 минут, но так как скорости выражены в км/час, то и время удобнее выразить в долях часа например: $t_з = 3$ мин. $= 0{,}05$ часа;

$t_о$ — время на опорожнение шаланд, выраженное в долях часа;

$t_с$ — время на смену шаланд, выраженное в долях часа.

Время (в часах), необходимое для нагрузки одного воза, состоящего из m шаланд, будет:

$$T_{нагр} = \frac{mq}{P} \quad \text{час.} \tag{36}$$

Время на спуск одной шаланды и установку другой не учитываем, так как шаланды в ряде случаев можно подводить с обоих бортов и, перекидывая клапан в грунтовом колодце лебедкой, не останавливать черпаковой цепи при смене шаланд.

Время, в течение которого шаландер заканчивает операцию с одним возом шаланд, определим уравнением времени оборота:

$$T_{об} = t_з + \frac{l}{u_{гр}} + t_о + \frac{l}{u_{пор}} + t_с \quad \text{час.} \tag{37}$$

Чтобы не было простоя дноуглубительного снаряда при одном пароходе-шаландере, необходимо, чтобы:

$$T_{нагр} > T_{об}.$$

При соблюдении этого условия снаряд не будет ожидать шаланд и сможет работать непрерывно. В случае $T_{нагр} = T_{об}$ исключаются простои и парохода-шаландера.

Подставив значения $T_{нагр}$ и $T_{об}$, получим:

$$\frac{mq}{P} \geqslant t_з + \frac{l}{u_{гр}} + t_о + \frac{l}{u_{пор}} + t_с, \tag{38}$$

откуда число шаланд в одном возу шаландера должно быть:

$$m \geqslant \frac{P}{q}\left(t_з + \frac{l}{u_{гр}} + t_о + \frac{l}{u_{пор}} + t_с\right). \tag{39}$$

При работе одним пароходом-шаландером общее минимально необходимое снаряду число шаланд должно быть:

$$M = 2m. \tag{40}$$

В целях гарантии от простоев снаряда при каких-либо задержках с выполнением маневров достаточно добавить еще одну шаланду; тогда:

$$M = 2m + 1. \tag{41}$$

В практике обычно снарядам с производительностью $P = 100 \div 150$ м³/час придают шаланды емкостью $q = 50 \div 100$ м³; при $P = 150 \div 50$ м³/час $q = 100 \div 150$ м³ и при $P = 250 \div 600$ м³/час $q = 150$ м³. Таким образом, время на

загрузку одной шаланды составит: $\frac{q}{P} = 1{,}0 \div 0{,}25$ часа, т. е. $60 \div 15$ минут, а обратное отношение $\frac{P}{q} = 1 \div 4$ показывает число шаланд, загружаемых снарядом в течение одного часа работы.

Если окажется, что при известной мощности шаландера время оборота парохода-шаландера с шаландами слишком велико и дноуглубительный снаряд простаивает, то это показывает на необходимость:

а) всемерно сократить затрату времени на маневры, составляющую в среднем $t_з = 2 \div 6$ мин., $t_о = 3 \div 10$ мин., $t_с = 2 \div 6$ мин., что указывает на возможность выигрыша времени, или

б) изменить условия шаландирования, например уменьшить пробег, чтобы новое расстояние l' от снаряда до места свалки было:

$$l' < l = \frac{\left(\frac{mq}{P} - t_з - t_о - t_с\right) u_{гр}\, u_{пор}}{u_{гр} + u_{пор}} \text{ км.} \qquad (42)$$

Наконец, если эти мероприятия не дают результата, то приходится назначить на работу более мощный пароход-шаландер, который даст скорости $u'_{гр} > u_{гр}$ и $u'_{пор} > u_{пор}$ или назначить два шаландера такой мощности, которая была принята в первоначальном расчете. Минимальное необходимое число шаланд будет при этом:

$$M = 3\,m. \qquad (43)$$

При недостатке места для маневрирования пароходу-шаландеру приходится водить только одну шаланду. В нормальных условиях, как показал опыт передовых команд снарядов типа М-Ш, хорошо иметь при снаряде четыре шаланды.

6. Удаление грунта рефулированием и другими способами

В процессе работы снарядов с рефулерным отводом грунта (М-ШР и З-Р) приходится периодически переставлять рефулер как вследствие заполнения места свалки грунтом, так и вследствие передвижения снаряда вперед по прорези.

Перестановка рефулера на глубоком месте может быть проведена достаточно мощным пароходом без распускания рефулера. Пароход заходит в колышку рефулера и держится (на якоре или тихим ходом) против концевой площадки рефулера, куда подается буксир. После уборки якорей рефулера пароход, не давая рефулеру распуститься по течению, переводит его к новому месту свалки.

При этом маневре следует считаться с большим давлением воды на колышку рефулера, а потому необходимо принять все меры предосторожности против навала парохода на место свалки и постановки его на мель, в особенности при ветре неблагоприятного направления. Если из-за недостаточной глубины пароход не может подойти к концевой платформе рефулера, перестановку последнего производят путем завозки якорей и подтягивания рефулера на шпилях и лебедках.

При рефулировании грунта на берег к пловучему рефулеру присоединяют береговые трубы. Значительное содержание воды в пульпе заставляет принимать различные меры к закреплению

рефулируемого грунта на месте свалки. Пульпа выпускается в пространство, огороженное земляными валиками или деревянными щитами, где грунт частично оседает, а отстоявшуюся воду отводят по лоткам, чтобы грунт не был смыт с откоса обратно в реку. Можно закреплять грунт на свалках и при помощи плетней.

Лотковыми (лонгкулуарными) снарядами удобнее всего удалять грунт непосредственно на берег; в крайнем случае в речных условиях производят свалку прямо в воду, возможно дальше от прорези. Лотковые (лонгкулуарные) снаряды — самые удобные для работы по подчистке судоходных каналов, где использование рефулеров очень затруднительно или невозможно, а свалка грунта из саморазгружающихся шаланд полностью исключена.

Саморазгружающиеся шаланды могут применяться на судоходных каналах лишь в тех случаях, когда их можно выводить для разгрузки из канала в озеро или реку.

§ 42. УЧАЛКА И БУКСИРОВКА ДНОУГЛУБИТЕЛЬНОГО КАРАВАНА

Способы учалки дноуглубительного каравана зависят от типа снаряда, наличия на нем движителя, количества обслуживающих его пловучих средств, дальности перехода и направления движения — по течению или против течения.

Наибольшее число обслуживающих пловучих средств имеют при себе комбинированные снаряды МЗ-РШ и М-РШ, в состав каравана которых входят как шаланды, так и пловучий рефулер (см. § 34). Поэтому рассмотрим способы учалки наиболее тяжелых караванов снарядов МЗ-РШ и М-РШ (учалка караванов снарядов М-Ш и З-Р может производиться приблизительно по таким же схемам с соответствущими упрощениями).

При переходах на близкие расстояния (3—4 км) учалки каравана не требуется: понадобится меньше времени, если отдельно забуксировать дноуглубительный снаряд и устройства для отвода грунта, а затем, после установки снаряда в рабочее положение, прибуксировать к месту работ остальные суда каравана.

В некоторых случаях возможны переходы снаряда на самые короткие расстояния с помощью якорей, тросов и лебедок, но для передвижения против течения этот способ мало удобен вследствие большой затраты времени и сил команды на завозку якорей. Так, например, 10 июня 1936 года стахановский волжский землесос В-28, не получив парохода-буксировщика, вынужден был затратить 10 час. 40 мин. на переход в 1,5 км. При этом снаряд, учитывая его производительность в 850 м³/час (если вычесть время, которое было бы затрачено на нормальную буксировку и установку), мог бы вынуть около 8000 м³ грунта из прорези.

При правильной учалке дноуглубительный караван испытывает наименьшее сопротивление воды. В голове воза ставят земснаряд и другие суда, имеющие наибольший тоннаж, а легкие пловучие средства учаливают за ними. Караван должен иметь наименьшее число пыжей, причем по длине и ширине он не должен пре-

вышать предельных размеров караванов, установленных правилами плавания для данного участка водного пути. Группировку судов в караван надо производить с наименьшей затратой времени как при учалке, так и при установке на новом месте работ. Учалка пыжей требуется возможно жесткая, чтобы избежать взаимных ударов судов во время волнения, а учалка каравана по длине должна быть достаточно гибкой. При этом надо обеспечивать достаточно удобное сообщение между судами каравана во время буксировки.

1. Буксировка на дальние расстояния

Буксировка на дальние расстояния требует для уменьшения сопротивления установки снаряда носом вперед (т. е. рамным колодцем назад). Брандвахту ставят близко к снаряду (рис. 90, *а, б, в*); рефулер разделен на возможно меньшее число лент, из которых каждая должна иметь по концам секции со шпилями, которые учаливают одну с другой. Вспомогательные суда, не требующиеся при установке снаряда на прорези, следует учаливать так, чтобы их удобно было отвести все сразу от каравана по прибытии на место работы. Суда — склады топлива, а в особенности нефтянки должны быть подчалены так, чтобы в случае экстренной надобности (подача под прием топлива, пожар) их можно было быстро отчаливать от каравана. При буксировке сосуны поднимают из воды. Черпаковая рама должна быть поднята настолько высоко, чтобы черпаковая цепь не провисала ниже днища снаряда. Для предотвращения падения черпаковой рамы в случае обрыва рамоподъемного троса под раму закладывается толстый брус, опирающийся на палубу по обе стороны рамного колодца корпуса снаряда.

На рис. 90, *а* показана учалка караванов снарядов М-ШР и МЗ-ШР при буксировке на дальние расстояния против течения, на рис. 90, *б* — учалка того же каравана при переходе вниз по течению, на рис. 90, *в* — буксировка того же каравана врасчалку как вверх, так и вниз по течению. Буксировка врасчалку может производиться двумя пароходами или, в крайнем случае, одним пароходом в два приема. При этом необходимо подготовить караван к немедленной установке на новом месте работ. Выемку грунта и удаление его надо начинать без задержки, не ожидая прибытия второй части каравана. Мощность буксирующих паротеплоходов подбирается из такого расчета, чтобы скорость движения земкаравана была не менее 110 км в сутки против течения и 200 км в сутки по течению. Буксировка дноуглубительного каравана в полном его составе одним возом двумя и более паротеплоходами не рекомендуется ввиду возможности аварий. Буксировка дноуглубительного каравана должна производиться без остановок. Последние допускаются лишь в шторм, туман, при боковом ветре, при проходе под мостами (для расчалки воза) и для передачи заболевших членов экипажа (команды) на берег, если этого нельзя сделать при помощи катера.

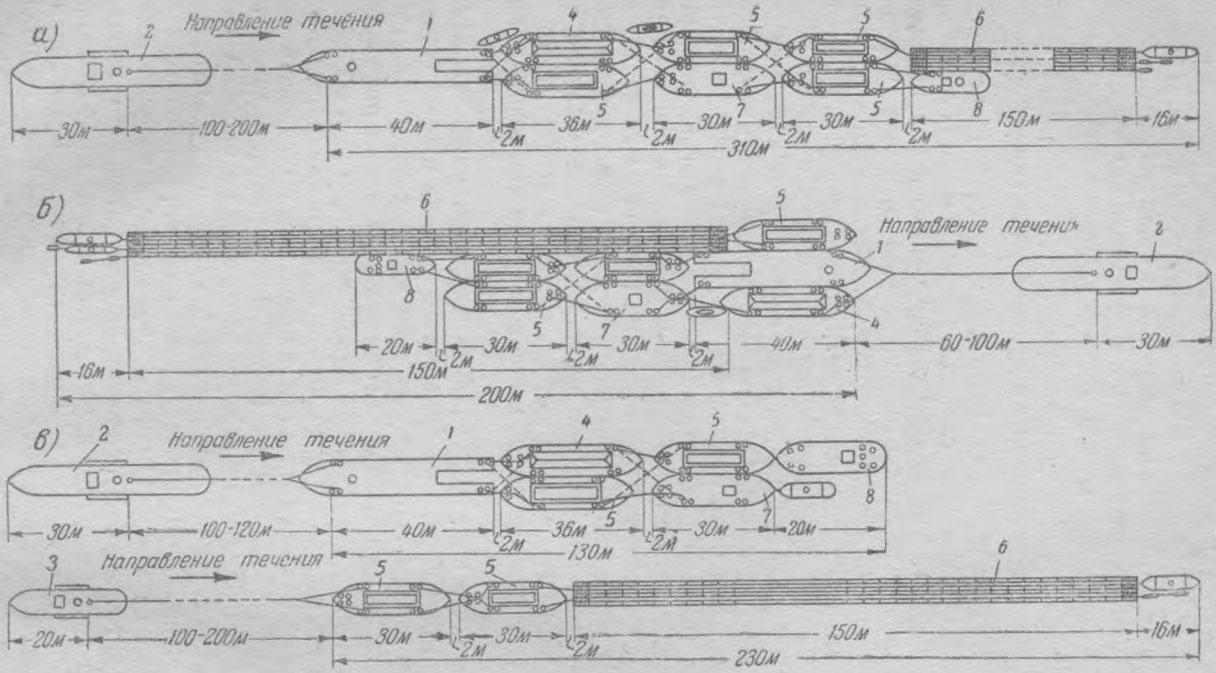


Рис. 90. Схемы учалки дноуглубительного каравана земснарядов М-ШР и МЗ-ШР при буксировках на дальние расстояния: *а* — буксировка против течения *б* — буксировка по течению; *в* — учалка в два воза для буксировки в любом направлении

2. Буксировка дноуглубительного каравана на небольшие расстояния

Буксировка дноуглубительного каравана на небольшие расстояния может быть произведена без оборота дноуглубительного снаряда, рамным колодцем вперед, даже при буксировке против течения (рис. 91), так как при этом выигрывается время, необходимое на два оборота снаряда.

Если экономия времени на маневрах превышает потерю его от уменьшения скорости движения каравана, то целесообразно уча-

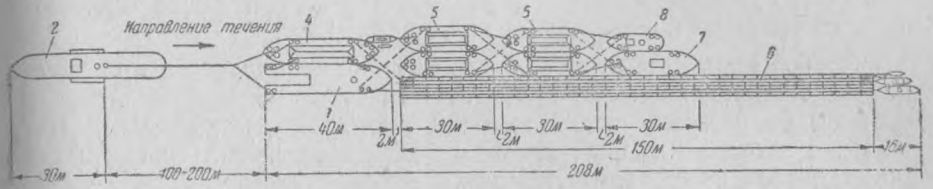


Рис. 91. Схема учалки дноуглубительного каравана при буксировке на малые расстояния

ливать караван по схеме, показанной на рис. 91. Дальность буксировки таким способом зависит от размеров снаряда, состава каравана, фактически затрачиваемого на маневры времени и от скорости течения. Допустимая дальность буксировки рамным колодцем вперед может колебаться от 4 до 10 км на реках и до нескольких десятков километров в каналах.

Учалку любого дноуглубительного каравана лучше всего производить днем, вне судового хода (за косой, под ухвостьем острова или осередка и т. п.). На большей части лучших снарядов в учалке каравана участвует вся команда или по крайней мере две вахты.

Примерная схема дноуглубительного каравана, буксируемого на дальние расстояния, приведена на рис. 90 и на малое—на рис. 91, где: *1*—дноуглубительный снаряд, *2*—паротеплоход-буксировщик, *3*—паротеплоход-шаланде́р (буксирующий часть дноуглубительного каравана), *4*— брандвахта, *5*—шаланда, *6*—рефулер, учаленный в несколько линий, *7*—пловучий склад, *8*—судно с топливом (углярка, нефтянка или дровянка). Мелкие суда (завозни, лодки и т. п.) показаны в соответствующем масштабе.

§ 43. УСТАНОВКА ДНОУГЛУБИТЕЛЬНОГО КАРАВАНА НА МЕСТЕ РАБОТ И СБОРКА ЕГО ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ РАБОТЫ

Для быстрой и правильной установки снаряда на новом месте работ очень важно иметь готовые створы. Вехи, выставляемые изыскательской партией, не всегда сохраняются ко времени прихода снаряда; во всяком случае разбивка прорези должна быть проверена в процессе работы. Многие стахановцы-командиры снарядов выезжают вперед, чтобы лично участвовать в установке и

поверке створов. При отсутствии катера к этой работе приступают немедленно по прибытии снаряда на перекат, причем руководство расчалкой воза и установкой снаряда поручается помощнику командира (багермейстеру). Если в составе команды имеются лица, которые могут правильно выставить створы, то выезд командира необязателен. Во всяком случае продольные створы и створы «начала работ» (см. рис. 86) должны быть выставлены еще при движении снаряда, чтобы установку его можно было произвести с хода, без потери времени на ожидание установки створов. Для сокращения времени на установку снаряда эта работа производится авралом; вся команда заранее разделяется на бригады, выполняющие по графику определенные виды работ [1].

Особое внимание надо уделить технике безопасности при установке снаряда на место работ. Несчастные случаи происходят вследствие падения людей за борт, опрокидывания завозней при завозке и отдаче якорей, захвата людей колышками тросов и цепей, захвата шестернями лебедки.

Основные условия безопасности таковы: перила по бортам снаряда, брандвахты, шаландера и всех прочих судов, а также понтонов рефулеров должны быть в полной исправности; завозни должны быть достаточно большими и остойчивыми: вахтенному начальнику паротеплохода, заводящего завозню для кладки станового якоря, следует проявлять особую осторожность, избегая опасных для завозни рывков; все набираемые в завозни и лодки снасти надо укладывать правильными бухтами; при отдаче якорей надо следить, чтобы никто не становился ногой в колышки снасти и чтобы снасть не зацепилась за какие-нибудь предметы на завозне; на всех судах, завознях, лодках и рефулере (через каждый 30—40 м) должны быть спасательные круги с легостями; зубчатые передачи лебедок закрывают кожухами.

1. Установка снаряда и разводка (разборка) каравана по прибытии на место работ

Установка снаряда и разводка (разборка) каравана по прибытии на место производятся различно, в зависимости от способа учалки при переходе. Пароход-буксировщик, как правило, должен устанавливать снаряд вместе со всем караваном сразу к месту начала работ — к одной из кромок прорези или, при соответствующей глубине, за одну из кромок, чтобы не мешать движению судов при разборке каравана. Если многочерпаковый снаряд буксировался рамой вперед, то она осаживается на дно, являясь надежным якорем во время последующих маневров. Если землесос буксировался сосуном вперед, то кладется судовой якорь, так как удерживать снаряд на месте с помощью сосуна, уложен-

[1] И. П. Охотников. Землечерпательные работы. С. А. Никольский. Стахановский опыт работы землесоса «Камская-6», 1938 г.

ного на грунт, не всегда возможно. Если снаряд буксировался вперед носом, т. е. рама или сосун были при буксировке сзади, то необходимо поставить снаряд на судовой якорь и развернуть (растурить) снаряд. Это можно выполнить разными способами: с кормы снаряда завозят папильонажный якорь, набивая снасть этого якоря, и, выходив судовой якорь, разворачивают снаряд

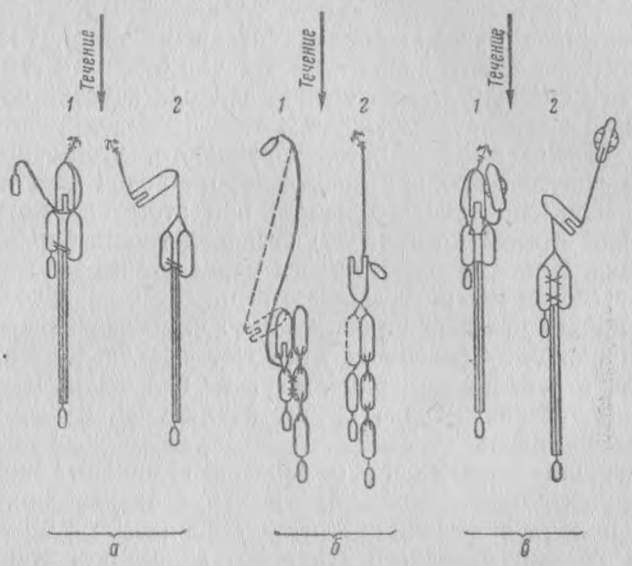


Рис. 92. Схемы растуривания дноуглубительного снаряда по приходе на место работ

(рис. 92, *а*). При растуривании снаряда непосредственно на месте работ становой якорь завозят до развертывания на завозне, буксируемой паротеплоходом. Набивая становой трос и выходив судовой якорь, растуривают снаряд (рис. 92, *б*). Можно разворачивать снаряд с помощью парохода, который подходит к борту снаряда и подает буксир, закрепляемый на корме снаряда. Пока паротеплоход выходит на буксир, надо успеть выходить якорь и подготовиться к растуриванию (рис. 92, *в*). При малой остойчивости снаряда этот прием надо применять осторожно ввиду возможности рывков со стороны буксировщика.

а) Завозка переднего станового якоря во всех случаях, когда позволяет глубина, должна производиться паротеплоходом-буксировщиком или шаландером, так как подъем завозни на веслах отнимает много времени. Если снаряд буксировался рамным колодцем вперед, то по выходе на створ «начало работ» со снаряда дают свистком сигнал о прекращении буксировки, после чего немедленно отдается судовой якорь или опускается на дно черпаковая рама или рама сосуна. Буксировщик спускается к снаряду за завозней, последняя со становым якорем и набранной в нее бухтой снасти (трос, цепь) подчаливается к

баркасу или пароходу, который осторожно буксирует завозню к месту укладки станового якоря, руководствуясь сигналами, даваемыми со снаряда. Во время буксировки с завозни травят цепь или трос. Буксировщик перед подходом к снаряду иногда не отдает буксир, лучше же отдать буксир с буйком в воду. После отдачи станового якоря буксир выбирают на снаряд или на пароход-буксировщик.

Если караван буксировался на становом тросе, то буксировщик, не отдавая своего якоря и не отдавая буксир с гака, немного спускается к снаряду для ускорения подхода завозни со становым якорем. Винтовые паротеплоходы могут производить этот маневр только со всеми мерами предосторожности, чтобы не намотать буксир на винт. Подчалив завозню, паротеплоход идет к месту закладки переднего станового якоря; при этом на дноуглубительном снаряде сматывают (травят) становой трос с барабана становой лебедки. Конец станового троса передают на завозню, где его соединяют с якорем, который затем отдается с завозни. Чтобы ускорить подачу станового троса на завозню и соединение его с якорем, на пароход-буксировщик передают несколько метров троса не концом, а в некотором расстоянии от включенного уже станового якоря; эту часть троса крепят не на гаке, а закрепляют на буксирных кнехтах.

Дальнейшие подробности о завозке станового якоря можно найти в упомянутых выше брошюрах стахановцев-командиров снарядов и в технической инструкции по дноуглублению.

После завозки переднего станового якоря под становой трос или становую цепь подводится бот, поддерживающий становую снасть на весу для обеспечения правильности маневрирования снаряда на прорези. Задний становой якорь кладут лишь при отсутствии течения или при слабом течении и низовом ветре.

б) Завозка передних боковых якорей часто делается одновременно с завозкой переднего станового якоря. Если снаряд папильонажный, то боковые якори закладываются на 50—100 м от кромок прорези и на 20—50 м вперед от места выхода троса из бортовых роульсов снаряда; поэтому папильонажные якори иногда (во всяком случае у одной ближайшей к снаряду кромки) нет смысла завозить баркасом или паротеплоходом, если даже позволяют глубины.

У траншейных землесосов передние боковые якори завозятся далеко вперед, на 250—500 м: это обеспечивает удобную работу по всей длине серии траншей, поэтому передние боковые якори траншейных землесосов рационально завозить паротеплоходом или баркасом. При малой глубине на месте закладки боковых якорей буксировщик подводит завозню возможно ближе к месту отдачи якоря, а затем завозня идет на веслах или на шестах.

После закладки переднего станового и передних боковых якорей снаряд может немедленно начать работу, для чего к снарядам О-Ш и М-Ш должна быть подведена шаланда, а у снарядов М-РШ и З-Р установлен рефулер.

Задние боковые якори, имеющие вспомогательное значение, закладываются после начала работы.

в) Заводка (завозка) и установка рефулера производятся, как правило, с помощью паротеплохода. Во время закладки передних якорей рефулер подготовляют к установке: разобранный во время буксировки на две-три нитки (ленты, линейки) рефулер собирают в одну линию и присоединяют к выкидному патрубку в корпусе снаряда. Подготовляют также снасти и завозни, необходимые для заводки и установки рефулера. Перед заводкой рефулера снаряд оттягивается к кромке, ближайшей к месту свалки.

При наличии достаточно мощного паротеплохода хвост понтона берут на буксир и подводят к месту свалки, где и кладут два якоря, удерживающие хвост рефулера: становой якорь рефулера и оттяжной (отломный) якорь.

Если мощность паротеплохода недостаточна для установки рефулера по первому способу, то снаряд вместе с рефулером поднимают по становому тросу до тех пор, пока хвост рефулера не окажется против намеченного места свалки; тогда баркас или паротеплоход оттягивает (отрыскивает) хвост рефулера к месту свалки, где и кладут якори рефулера.

При малой глубине в районе свалки или отсутствии вспомогательного самоходного судна установку рефулера делают лебедками, подтягивая хвост рефулера к корме снаряда и оттягивая его затем шпилем вручную к предварительно заложенному на месте свалки становому якорю рефулера. Возможны и другие приемы, например, подъем снаряда с рефулером по становому тросу с последующим оттягиванием хвоста рефулера на место свалки и т. п.

Установку берегового трубопровода («сухих труб») производит специальная бригада. Так как эта операция требует от судоводителей только косвенного участия (подвода к берегу баржи или шаланды для выгрузки труб берегового трубопровода), то она здесь не рассматривается.

Установка многочерпаковых снарядов рамой вниз (по течению) применяется теперь все чаще, например при необходимости пробиться сверху вниз через перекат с глубинами меньше осадки снаряда. При установке снаряда рамой вниз по течению обязательно кладут задний становой якорь, все боковые якори кладут несколько вверх (по течению), а рефулер устанавливается в виде дуги, обращенной выпуклостью против течения, на нескольких якорях. Несмотря на эти трудности, некоторые командиры землесосов с успехом работают по течению.

2. Сборка и учалка каравана

Сборка и учалка каравана после окончания разработки прорези должны выполняться в кратчайший срок. Задние боковые и рефулерные якори (кроме станового рефулерного) убирают во время работы снаряда. Для подъема передних станового и боковых якорей паротеплоход отводит завозни к буйкам якорей. Заложив

буевую на шпиль или на барабан лебедки, бригада рабочих выхаживает якорь. Трос или цепь быстрее всего можно убрать лебедкой снаряда, для чего якорь выключается на завозне. Иногда не удается выходить якорь с завозни. В этом случае следует выходить его подъемными кранами какого-либо из обслуживающих судов или, подтянув снаряд к якорю, подрыть (подсосать) его, а затем поднять лебедками снаряда или завозни. Если подойти к якорю снарядом невозможно, то выхаживают его лебедками снаряда, подведя под снасть бревно («баран»), опирающееся на две завозни.

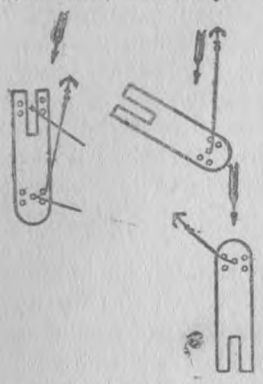


Рис. 93. Растуривание дноуглубительного снаряда при сборке каравана

Рефулер при уборке разделяют на две-три нитки или ленты, которые затем подтягивают друг к другу для учалки (см. § 42).

Если требуется растуривание снаряда, то его можно произвести разными способами, например, по схеме, показанной на рис. 93.

3. Достижения стахановцев дноуглубительного флота

Выше были уже изложены некоторые приемы работы стахановцев, рационализировавших многие процессы работы дноуглубительных снарядов (постановка земкаравана на место работы, перекладка якорей без приостановки работы земснаряда и т. д.).

Командир землесоса «Волжская-8» стахановец А. Рудаков с успехом применил прием разработки прорези не снизу, с подвалья, а сверху, от верхней плесовой лощины. Такой прием работы землесоса вполне оправдал себя: прорезь в нижней части не засорялась наносами из верхней ее части, выработка дна получалась чище.

Основой же достижений и успехов стахановцев технического флота являются, наряду с техническими усовершенствованиями, четкая организация всего рабочего процесса, дисциплина и воспитание навыков стахановской работы у всего коллектива [1].

§ 44. ПРОХОД СУДОВ И ПЛОТОВ МИМО РАБОТАЮЩИХ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ И ДНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ СНАРЯДОВ

Всем капитанам и вахтенным начальникам транспортного флота, не говоря уже о комсоставе судов, непосредственно обслуживающих дноуглубительный флот, надо хорошо знать устройство и действие дноуглубительных снарядов, чтобы при всех обстоятель

[1] «Наши методы работы». 1936 г. Статья И. П. Охотникова, А. Ф. Тугова и др. «Стахановские методы работы на землечерпательных снарядах», стр. 79. С. А. Никольский. Командир земснаряда. Стахановский опыт работы землесоса «Камская-6». 1938 г. И. П. Охотников. Землечерпательные работы.

ствах без потери времени и без аварий проходить мимо работающих дноуглубительных и дноочистительных снарядов.

На большей части рек и каналов транспортное судно проходит иногда по нескольку раз в сутки мимо работающих снарядов. Из-за недисциплинированности, невыполнения правил плавания и из-за технической неграмотности судоводителей, в особенности плотоводителей, случались аварии, наносившие ущерб как техническому, так и транспортному флоту. Ввиду важности этого вопроса ниже мы полностью приводим текст тех параграфов «Правил плавания по внутренним водным путям Союза ССР», которые касаются прохода транспортных судов мимо работающих снарядов. Помимо текста правил здесь изложены приемы сигнализации, предусмотренные инструкцией по дноуглубительным работам.

1. Огни на дноуглубительных и дноочистительных снарядах

«§ 144. На дноуглубительных снарядах во время их работы поднимается на мачте или флагштоке один зеленый огонь, видимый со всех сторон (360°). Кроме того:

а) на рефулерных снарядах, откладывающих грунт на правый берег, со стороны судового хода имеются отличительные красные огни в следующих местах: один на боте-завозне, стоящем на становой цепи, два на стрежневом борту снаряда, на высоте тента (на носу и на корме), по одному красному огню через каждые 50 м по длине трубопровода (понтонов) на высоте двух метров. При работе рефулерных снарядов у левого берега в тех же местах должны быть белые огни; на лотковых лонгкулуарных снарядах — такие же огни, как и на рефулерных (за исключением огней на трубопроводах-понтонах), и на лотке — огни соответственно свалке грунта: при работе на правый берег — красные, при работе на левый берег — белые;

б) на боте-завозне шаландовых снарядов, стоящем на становой цепи, имеется красный или белый огонь на высоте одного метра, в зависимости от того, с какой стороны надо обходить снаряд.

§ 145. На понтонах рефулерных снарядов во время стоянки у берега и буксировки должно быть по одному белому огню через каждые 50 м по длине на высоте в 2 м; первый огонь—на краю головной части понтона и последний — на конце последнего понтона.

§ 146. На дноуглубительных снарядах (шаландовых и рефулерных) и находящихся при них брандвахтах и шаландах во время стоянки на якоре или у берега и во время буксировки их поднимаются огни, как на несамоходных судах. Если дноуглубительный снаряд передвигается при помощи своего двигателя, то на нем поднимаются отличительные ходовые огни, как на паротеплоходах».

На нефтянках поднимается днем один красный квадратный флаг, размером в 2 м², а ночью один красный огонь на мачте и два белых огня (один на носу, другой на корме).

2. Звуковые и зрительные сигналы

Сигналы при проходе мимо стоящих на работе дноуглубительных и дноочистительных снарядов.

«§ 185. Суда и плоты, приближаясь к дноуглубительному или дноочистительному снаряду, стоящему на фарватере, дают предупредительные звуковые сигналы на расстоянии — снизу 500 метров, сверху — одного километра: паротеплоходы — одним продолжительным свистком, а непаровые суда и плоты — ударами в доску или в колокол или трубят в рожок.

§ 186. Если проход мимо стоящего на фарватере дноуглубительного или дноочистительного снаряда свободен, то по получении предупредительного от судов и плотов сигнала со снаряда должны дать продолжительный свисток или ударять в колокол, или трубить в рожок.

Днем отмашкой (манишкой) со снаряда указывают ход с той стороны, с которой следует проходить мимоидущим судам и плотам, а ночью указывают ход миганием двух бортовых огней на высоте тента: если снаряд отошел к красным бакенам, — красными огнями, если он отошел к белым бакенам — белыми. По окончании отмашки дноуглубительный снаряд, работающий без рефулера, огни выключает, а рефулерный или лотковый земснаряд продолжает держать огни на высоте тента.

Суда, получив отмашку со снаряда, обязаны дать ответный сигнал, отмашку, согласно §§ 134 и 135.

§ 187. Если проход мимо стоящего на фарватере дноуглубительного или дноочистительного снаряда не свободен или на фарватере работает взрывная партия, то экипаж снаряда или личный состав взрывной партии предупреждают подходящие суда и плоты тревожными свистками или частыми ударами в колокол или в металлическую доску. Получив такой сигнал, судно или плот останавливается. Дальнейшее движение разрешается по подаче со снаряда продолжительного свистка и отмашки с соответствующей стороны. Дноуглубительные снаряды подают сигналы, требующие остановки судов или плотов, когда последние находятся не ближе 1 км от земснаряда».

«§ 115. Паротеплоходы-шаландеры, работающие у земснарядов, при буксировке шаланды несут, кроме бортовых цветных огней, гакобортных и двух белых топовых на мачте, еще зеленый топовый огонь, расположенный выше топовых белых».

3. Пропуск судов и караванов мимо работающих дноуглубительных снарядов

Пропуск судов и караванов мимо работающих дноуглубительных снарядов требует в ряде случаев заблаговременного отвода снаряда в сторону, чтобы дать проходящему каравану достаточно широкую и удобную ходовую полосу. Проходить мимо дноуглубительного снаряда можно лишь после получения разрешения.

Снаряд отводят в сторону боковыми тросами и лебедками, причем, если направление папильонажа совпадает с направлением отхода снаряда для освобождения прохода каравану и скорость папильонажа достаточна для своевременного освобождения фарватера, то снаряд не прекращает работу.

При необходимости спешно отвести снаряд в сторону, извлечение грунта прекращается, черпаковая рама или сосуны приподнимаются со дна, и снаряд отводят к одной из кромок прорези или даже за кромку при наибольших возможных скоростях вращения барабанов папильонажных или боковых (у траншейного землесоса) лебедок.

Если ширина фарватера недостаточна, то при отходе снаряда к кромке прорези бывает необходимо для обеспечения безопасного прохода каравана отвести снаряд за кромку прорези; если же это невозможно из-за малой глубины или других препятствий, то снаряду приходится отходить в безопасное место при помощи обслуживающего парохода или своим ходом, причем в случае необходимости экстренной отдачи становых и боковых тросов и цепей к ним заранее подвязываются буйки. Для освобождения судо-

вого хода земснаряд в ряде случаев может отойти в безопасное место за границами прорези, спускаясь на становом тросе.

Выбор стороны пропуска судов и плотов делает вахтенный начальник земснаряда с учетом типа пропускаемого судна или каравана (самоходное судно, буксирный воз, плот за тягой, самосплавной плот и т. д.), размеров каравана, которые ночью приходится определять приближенно, руководствуясь топовыми огнями и огнями буксируемого воза, если последние видны со снаряда. В зависимости от типа пропускаемого судна или каравана, его размеров, осадки, направления течения и ветра, положения на прорези самого снаряда, его шаланд и парохода-шаландера вахтенный начальник снаряда выбирает сторону для пропуска проходящих судов. Обычно удобнее пропускать суда со стороны, противоположной борту, у которого нагружается шаланда, но обстоятельства заставляют иногда пропускать караван и со стороны нагружаемой шаланды.

Рефулерные, кулуарные и транспортерные снаряды для пропуска судов, как правило, отводят в сторону свалки грунта. Если отход в сторону свалки грунта не обеспечивает безопасности движения (раскат, свал течения и т. п.), то приходится уходить в противоположную от свалки сторону, разъединяя для этого рефулер у снарядов М-РШ, З-Р, ЗР-Р, а у снарядов М-ШЛ, М-ШТ,—поворачивая стрелу кулуара или весь снаряд в положение, допускающее беспрепятственное движение судов. Только при большом возвышении кулуара над уровнем воды возможен проход под ним судов с невысокими трубами и рангоутом. Очевидно, что разъединение рефулера и распускание его по течению требуют времени, почему снаряд в ряде случаев не может сразу пропустить караван, и последнему приходится останавливаться до получения от снаряда сигналов, разрешающих проход.

Схема сигнализации при пропуске караванов показана на рис. 94.

4. Меры предосторожности при проходе мимо работающего снаряда

Для предотвращения аварий при проходе мимо работающих дноуглубительных снарядов проводятся следующие мероприятия:

1) открытие временного хода в стороне от работающего снаряда — это наилучшее решение вопроса: снаряд в этом случае не тратит непроизводительно время на пропуск караванов, поэтому следует всегда стремиться к открытию временного хода, найти который особенно легко при работе в подготовительный период при высоких уровнях воды. При большой густоте движения открытие временного хода в стороне от снаряда особенно желательно; например, на средней Волге были случаи прохода мимо снаряда за одни сутки 12—18 самосплавных транзитных плотов;

2) организация выше переката, разрабатываемого снарядом, поста для предупреждения судо- и плотоводителей об условиях прохода мимо снаряда, о подъеме лотов и якорей, подготовке рысковых якорей и снастей и т. д.;

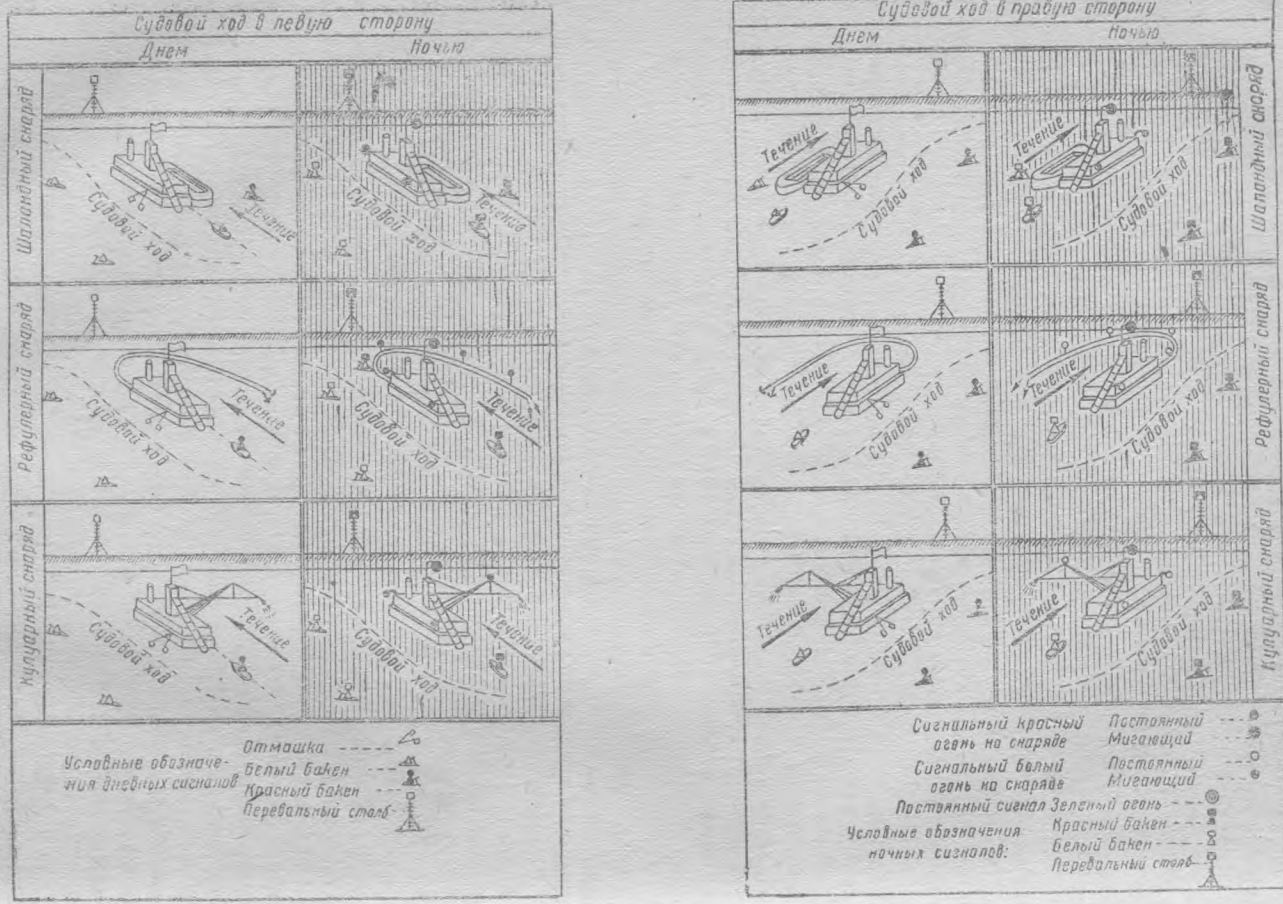


Рис. 94. Схемы сигнализации при пропуске судов мимо работающих дноуглубительных снарядов.

3) высылка навстречу приближающемуся каравану катера или баркаса для предупреждения судо- и плотоводителей;

4) оказание помощи обслуживающим снаряд пароходом или баркасом проходящим судо- и плотокараванам;

5) расчалка чрезмерно крупных буксирных возов;

6) заблаговременное стравливание или уборка цепей и тросов, которые могут быть задеты и захвачены лотами или якорями плотокаравана, если с плотокаравана сообщают о невозможности подъема на крамбалы лотов, якорей и цепей-волокуш; в исключительных случаях приходится поднимать боковые якори;

7) отталкивание шестами и баграми со снаряда (шаланды, брандвахты) наваливающегося судна или плота;

8) выявление поплавками и сплавом в лодке направления течения на перекате в целях более обоснованного выбора стороны пропуска караванов;

9) запрещение прохода при исключительно неблагоприятных стихийных условиях (шторме, плохой видимости при тумане и снегопаде и т. п.).

Ликвидация последствий происшествий. Если, несмотря на все принятые меры, происшествия или аварии не удалось избежать, то последствия должны быть как можно скорее ликвидированы. Если в результате аварии произошло закрытие судового хода, то необходимо прежде всего и немедленно освободить судовой ход.

Если вблизи дноуглубительного снаряда судно или плот сядет на мель, то ему необходимо оказать помощь: послать обслуживающий пароход, помочь лебедками снаряда стащить судно или плот с мели, подсосать грунт из-под севшего на мель судна или плота.

В случае навала судо- или плотокараванов на снаряд, а также в случае зацепления лотов и якорей проходящих плотокараванов за становые или боковые тросы и цепи снаряда необходимо:

а) опустить раму на грунт, т. е. встать на раму, являющуюся тяжелым и надежным видом якоря (для землесосов со слабой конструкцией сосуна постановка на сосун вызовет поломку последнего, а потому недопустима); если имеются якорные или ходовые сваи, немедленно спустить их в грунт;

б) стравить снасти, за которые зацепился лот; если приходится отдавать тросы или цепи, то к ним подвязывают буйки и вешки;

в) разобрать прежде всего спутавшиеся снасти, если снаряд был сорван с места при навале, отделить навалившееся судно или плот от снаряда, а затем на буксире обслуживающего парохода или, завезя якори, на лебедках отвести снаряд в сторону от прорези для приведения его в порядок, если это необходимо перед продолжением работы.

5. Сигнализация для связи с обслуживающими судами

Вызов к снаряду обслуживающих паротеплоходов производится тремя короткими гудками снаряда, на которые обслуживающее судно отвечает тоже тремя короткими гудками, после чего и под-

ходит к снаряду. При невозможности подойти к снаряду сразу паротеплоход, ответив снаряду тремя короткими гудками, сообщает на снаряд в рупор или флажками о причинах задержки и срок подхода. Вызов на снаряд командира (с брандвахты или с берега) производится двумя короткими гудками.

При завозке рефулера и при завозке и перекладке якорей пароходом или вручную сигнализация производится гудками, отмашкой, рупором и флажками.

Внутренняя сигнализация на снаряде, палубная и машинная, состоит из машинного телеграфа, рычагов с проводниками к свисткам или сиренам, кнопочного управления бортовыми мигающими белыми и красными огнями, отмашки, рупора и т. д. Общеобязательных сигналов внутренней связи снаряда пока не установлено.

§ 45. УГЛУБЛЕНИЕ ПЕСЧАНЫХ ПЕРЕКАТОВ ВЗРЫВАМИ

По инициативе советского специалиста Г. А. Бородзича, применившего в 1934—1935 годах взрывание для углубления песчаных перекатов, этот метод дноуглубления получил широкое распространение.

Для взрывания песчаных перекатов в качестве взрывчатого вещества применяются аммонал и аммониты, которые патронируются в восковую или пергаментную бумагу, а при глубине не больше 4 м — в простую бумагу, промазанную варом. Вес накладного заряда аммонита для взрывания перекатов, дно которых сложено из рыхлого песка, берется в зависимости от глубины воды [1] по табл. 5.

Таблица 5

Глубина воды в м	0,50	1,00	1,5	1,50	2,00	2,25 и выше
Вес заряда аммонита в кг	2,00	1,50	1,1	3,3	2,5	2,2
Расстояние между зарядами в м	3,5	3,5	3,5	4,5	4,5	4,5

Взрыв патрона производится посредством капсуля-детонатора и бикфордова шнура или электрозапала. Балласт для погружения патрона лучше применять песчаный (в мешочках), так как пригрузка камнем может дать опасные осколки, отлетающие на значительное расстояние.

Углубление дна производится как одиночными (рис. 95), так и групповыми взрывами, когда групповые заряды располагают вдоль прорези в три или пять линий (для лучшего выброса грунта берется нечетное число линий), расстояние между ними — 3 ÷ 4 м; среднее расстояние между двухкилограммовыми зарядами — 2 ÷ 3 м. При групповых взрывах применяется только электрический запал. Групповые взрывы допустимы только при глубинах не свыше 1 м и при скорости течения не больше 0,7 м/сек.

[1] Инструкция по взрывному дноуглублению и днооочищению на внутренних водных путях. Москва, 1948 г., стр. 19.

Не касаясь здесь правил безопасности и техники взрывных работ, производимых специалистами, следует отметить лишь некоторые обстоятельства, важные для судоводителей.

Безопасное расстояние от места взрыва до судов, находящихся выше по течению, — 1000 м и более, а до судов, находящихся ниже по течению места взрыва, — 1800 м и более. С момента начала опускания групповых зарядов на дно движение судов закрывается вывешиванием запретительных знаков на сигнальных мачтах (§ 11), устанавливаемых так, чтобы суда, идущие сверху, могли остановиться в местах, удобных для оборота и стоянки, на якоре, не ближе, чем на 1000 м, а суда, идущие снизу, — не ближе, чем за 1800 м.



Рис. 95. Подводный одиночный взрыв

Если заряд не взорвется, подходить или подъезжать к нему в лодке разрешается не ранее, чем через 15 минут. Если нет полной уверенности, что заряд размокнет и станет безопасным (при патронировании в бумагу заряд размокает), то его уничтожают взрывом заряда, положенного рядом. До этого вводить транспортное судно на перекат нельзя.

В результате взрывов, при правильной трассировке прорези, ось которой должна совпадать с направлением течения на перекате, удается очень быстро увеличить глубину на перекатах малых рек на 20 ÷ 50 см. При длинных прорезях действие взрывов дает меньшее увеличение глубин. Весьма значительную помощь при углублении переката взрывами оказывают легкие выправительные сооружения и даже надлежаще поставленные пленки плотов [1].

§ 46. СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ ЗЕМЛЕЧЕРПАНИЯ НА ТРАНЗИТЕ РЕК

В связи с ростом сети внутренних водных путей и освоением новых рек необходимо усиливать дноуглубительный флот путем строительства новых снарядов, модернизации существующих, а также рационализации их работы.

Ниже рассматриваются только некоторые вопросы из области реконструкции дноуглубительного дела.

Самоходность дноуглубительных снарядов. Дноуглубление на транзите требует частой перестановки снаряда со всем караваном обслуживающих судов с одного переката на другой. За навигацию снаряд проходит несколько сот, а иногда и 2—3 тысячи километров. Имеется опыт постройки мощных речных землесосов, развивающих под своими собственными машинами

[1] Инж. Л. П. Лавринович. Комплексные методы углубления перекатов рек. Журн. «Водный транспорт», 1939 г., № 4, стр. 28.

скорость от 14 до 18 км/час. Самоходные снаряды необходимо иметь на длинных водных магистралях для подачи «скорой помощи» по углублению обмелевших перекатов.

Такая скорая помощь будет весьма эффективной, если учесть, что обмеление переката вызывается иногда даже маленькими шалыгами песка.

После реконструкции Волги, Камы и других рек условия плавания в бьефах будут сходны с озерными, поэтому, очевидно, потребуются и самоходные снаряды озерного и морского типов.

Увеличение глубины опускания грунтозахватных устройств. Глубина опускания рам и сосунов должна быть увеличена, чтобы обеспечить возможность работы снарядов на водных путях с большой глубиной и в весеннее время. Поскольку сверхмагистральные и магистральные водные пути приобретают постепенно глубину до $3 \div 5$ м, глубина опускания грунтоподъемных устройств не должна быть меньше 8 м, а на реках с длительным половодьем — не менее $8 \div 10$ м, чтобы за время спада паводка снаряды могли разработать возможно большее количество перекатов.

Рационализация системы транзитного дноуглубления на основе использования паспортов перекатов

Планирование очередности весенних дноуглубительных работ производится в настоящее время не на основании каких-либо технических документов, а по соображениям иногда довольно случайного характера. Между тем имеющиеся уже данные о режиме перекатов позволяют перейти к технически обоснованному планированию землечерпания, а также к прогнозу глубин на перекатах. Планирование землечерпания можно производить также, используя паспорта перекатов.

Паспорт переката в его наиболее упрощенном виде состоит из: 1) совмещенных графиков колебаний горизонта воды и изменений наивысшей отметки дна переката в границах судового хода; 2) графика зависимости глубин от горизонтов и 3) графика изменения кубатуры прорези в зависимости от времени. На рис. 96, *а* видно, как дно переката за время прохождения весеннего половодья, с начала апреля до середины июня, наросло за счет отложения наносов больше, чем на 3,50 м, а при спаде высокой воды, с середины июня до 25 июля, подверглось сильному размыву. Понижение дна на судовом ходу достигло 3,20 м.

На рис. 96,*б* показана зависимость между глубиной судового хода, отложенной на горизонтальной оси, и горизонтом воды на водомерном посту (вертикальная ось). Ввиду большого нарастания переката во время паводка глубина на подъеме воды $y_п$ (пунктир) оказывается больше, чем глубина на спаде воды $y_с$ (сплошная линия), т. е. $y_п > y_с$. Так, например, при абсолютной отметке г. в. над уровнем Черного моря $+5{,}0$ м глубина на подъеме составляла 3,8 м, а при той же отметке г. в. $+5{,}0$ глубина на спаде была всего 1,4 м, так как к этому моменту на перекате оставался не смытый еще рекой грунт слоем в 2,4 м. При абсолютной отметке г. в. $+4{,}0$ м глубина на подъеме воды — 2,85 м, на спаде — всего 2,30 м. Нарастание некоторых перекатов во время паводка и последующий размыв их приводят к тому, что кубатура, которую надо было бы вынуть для достижения проектного дна, быстро уменьшается на спаде вследствие размыва переката самой рекой; например, с 25 июня по 10 июля с переката только в границах судового хода было смыто около 500 000 м^3 (см. рис. 96, *в* сплошная линия). На вертикальной оси графиков (рис. 96, *в* и 97, *в*) кубатура прорези показана в тыс. куб. м.

Кроме перекатов, подвергающихся сильным намывам и размывам, имеются перекаты, дно которых почти не испытывает деформации при проходе паводка. Паспорт такого переката показан на рис. 97.

Очевидно, в начале дноуглубительной кампании нет смысла ставить снаряды на разработку перекатов, подвергающихся сильному размыву, чтобы не тратить средств на выполнение работы, которую выполнит сама река. Разработка в подготовительный период прорезей на перекатах, где весной больших отложений наносов не происходит, будет полезной работой, помогающей поддержать глубины в межень. Переход на новую систему планирования весеннего землечерпания даст возможность увеличить глубину транзита при наличном дноуглубительном флоте.

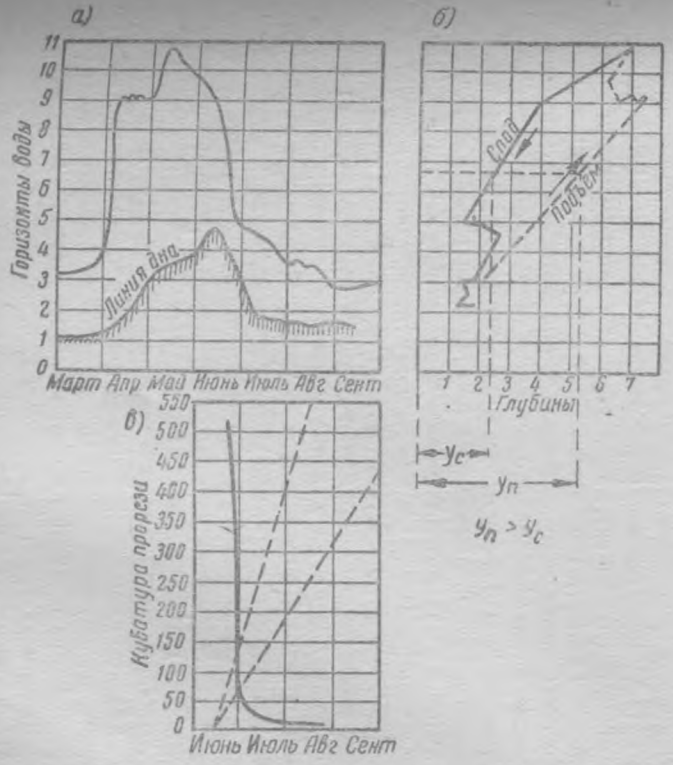


Рис. 96. Паспорт переката, подвергающегося большому намыву дна во время подъема паводка и сильному размыву на спаде

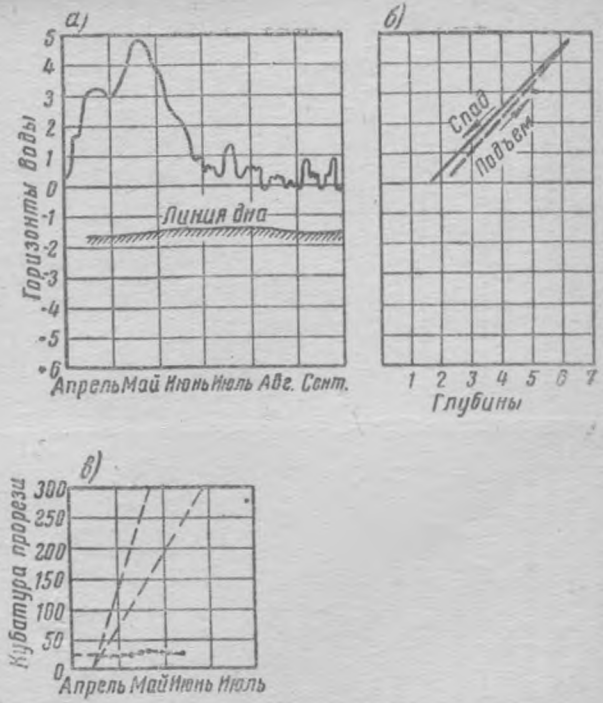


Рис. 97. Паспорт переката, не подвергающегося намыву при подъеме паводка.

На вертикальной оси графиков в отложена кубатура прорези в тысячах кубических метров

Если не ожидается в будущем большого движения через данный шлюз, то подходные каналы должны быть рассчитаны на расхождение двух караванов:

$$B = 2(b-2e)+3a \quad \text{м}. \tag{76}$$

На рис. 190 показан узел гидротехнических сооружений на судоходной реке. В состав гидроузла входят: судоходный однокамерный параллельный шлюз в две нитки с подходными каналами к шлюзу, плотина, гидроэлектрическая станция (на плане сокращенно обозначенная ГЭС), набережные верхнего и нижнего подходных каналов и другие сооружения.

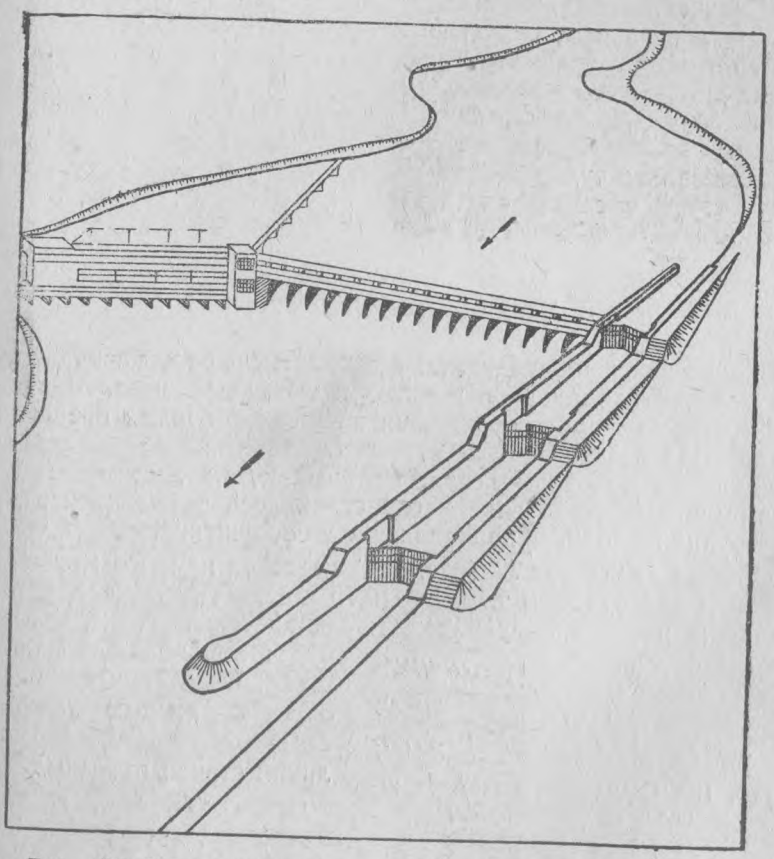


Рис. 191. Гидроузел на судоходной реке в составе двухкамерного шлюза, плотины и гидроэлектрической станции

В верхнем и нижнем подходных каналах можно устраивать аванпорты для грузовых операций и удобной стоянки судов (гл. IX).

На рис. 191 показан перспективный вид на гидроузел, состоящий из судоходного двухкамерного шлюза, плотины и гидроэлектростанции. Подходы к шлюзу ограждены со стороны реки в верхнем и нижнем бьефах разделительными сооружениями.

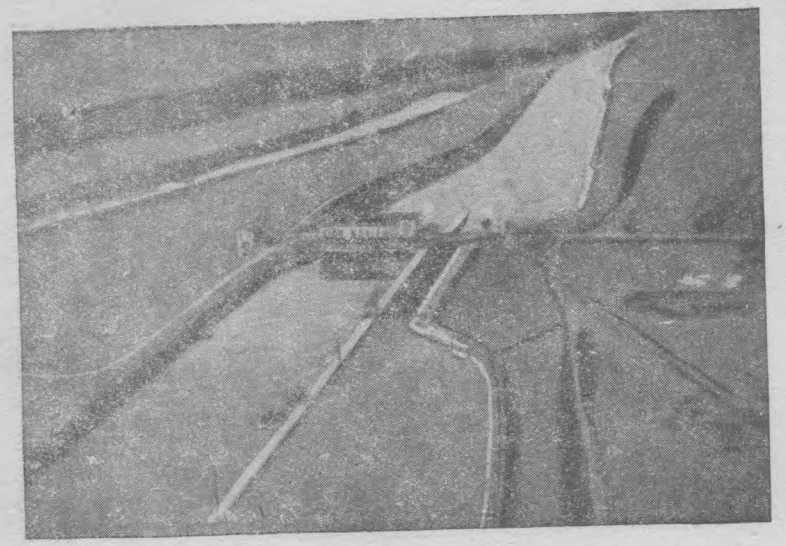


Рис. 189. Судоходный шлюз и гидроэлектрическая станция, расположенные в деривационном канале, вдали видно русло реки

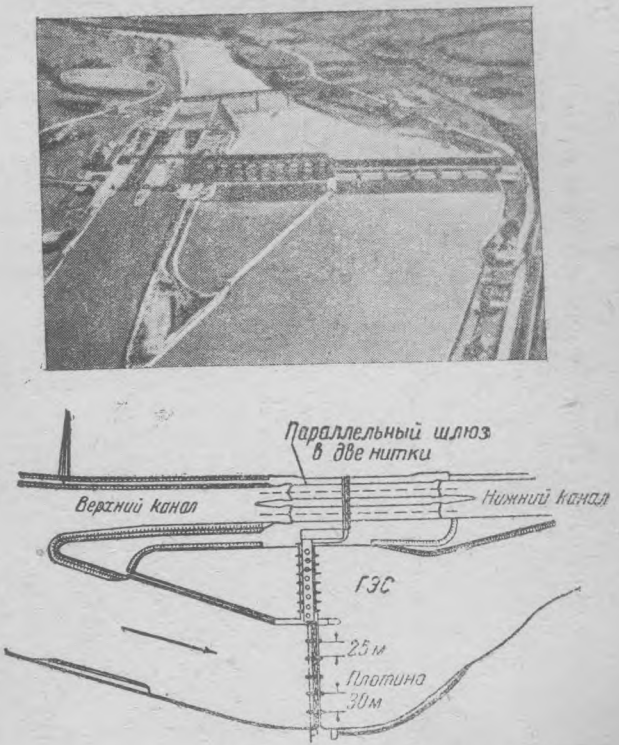


Рис. 190. Гидроузел на судоходной реке: *а* — общий вид гидроузла, *б* — план

На рис. 96, *в* сплошной линией показано уменьшение кубатуры прорези, происходящее вследствие размыва переката самой рекой при спаде паводка. На рис. 96, *в* и 97, *в* пунктиром нанесены кубатуры грунта, которые сможет вынуть дноуглубительный снаряд той или иной производительности, поставленный на разработку переката в день, отмеченный на графике пересечением пунктира с горизонтальной осью времени. Подобные графики помогают правильно рассчитать длительность работы и задание на углубление переката.

На основе паспортов перекатов (см. рис. 96 и 97) и сведений об ожидаемых горизонтах воды можно делать достаточно обоснованные предсказания ожидаемых глубин на перекатах.

Капитаны, штурманы и диспетчеры движения должны понимать, что на деформирующихся перекатах (а такие перекаты имеются на всех реках с подвижным ложем) глубина на спаде воды при каком-либо горизонте будет меньше, чем была глубина на подъеме при том же самом горизонте (см. рис. 96, *б*), поэтому нельзя автоматически, без контроля глубин, загружать флот после прохода пика паводка из расчета тех глубин, которые наблюдались при таком же горизонте воды во время подъема уровней воды.

ГЛАВА V

ВЫПРАВЛЕНИЕ РЕК

§ 47. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЫПРАВЛЕНИИ РЕК. СУЩНОСТЬ И ЗАДАЧИ ВЫПРАВЛЕНИЯ

Выправление, или регулирование, русла реки заключается в воздействии на речной поток посредством различных сооружений. В отличие от дноуглубления, когда желательная глубина и форма судового хода достигаются выемкой грунта механизированным способом (с помощью дноуглубительных снарядов), при выправлении результаты достигаются за счет деятельности самого речного потока по размыву, переносу и отложению наносов. Деятельность потока управляется постоянными и временными выправительными сооружениями, в результате возведения которых достигается: а) углубление перекатов, б) закрытие второстепенных рукавов, в) спрямление чрезмерно крутых поворотов меженного русла, препятствующих движению караванов и большемерных судов, г) поддержание судового хода на данном участке (например, у пристани, у города, у входа в затон и т. д.) или подведение судового хода к порту, к городу (если, как это, например, было у Саратова, река успела уже отойти в сторону), д) выправление русла у мостов для предотвращения или устранения косины струй и подмыва устоев и быков, е) укрепление размываемых берегов.

Укрепление берегов проводят в том случае, если на разрушаемом рекой участке берега расположены портовые сооружения, промышленные предприятия, жилые здания и т. п. Кроме того берегоукрепительные работы очень часто входят в систему мероприятий по регулированию реки.

Выправительные работы производят также на сплавных реках и даже на оврагах. Оврагоукрепительные работы имеют на некото-

рых реках (верхняя Ока, верхний и средний Дон и др.) весьма существенное значение для поддержания глубин судового хода, так как в весеннее время, а особенно при ливнях, из оврагов выносится огромное количество размытого грунта. Овражные выносы портят или даже временно преграждают фарватер.

В ряде случаев выправление перекатов начинают с закрепления и засаждения лесом оврагов, засоряющих судовой ход реки своими выносами.

Иногда под регулированием реки понимают всю совокупность работ по приведению реки в порядок, включая не только собственно выправительные работы, но и дноочищение, дноуглубление и регулирование стока, так как все эти мероприятия в какой-то степени влияют на формирование речного русла. Например, капитальные прорези (§ 39) могут оказывать сильное воздействие, вплоть до перемещения всей реки в новое русло. В дальнейшем под выправлением будем понимать собственно выправительные работы, но провести резкую грань между выправлением и регулированием бывает иногда довольно трудно, тем более, что в практической деятельности чаще всего комбинируют выправление с другими мероприятиями. Так, вполне целесообразно бывает закреплять выправительными сооружениями дноуглубительные прорези, т. е. производить дноуглубление на выправленном участке в дополнение к выправительным сооружениям и тем самым ускорять их воздействие, результаты которого могут в полной мере выявиться иногда только через значительный промежуток времени.

Производство выправительных работ должно быть тщательно подготовлено изысканиями и проектированием. Начатые выправительные работы необходимо вести систематически, ремонтируя и развивая систему выправительных сооружений в соответствии с результатами воздействия на поток первой очереди сооружений. Приступать к выправлению без изысканий, без проекта и без обеспечения всей работы надлежащими средствами и материалами, значит обрекать все предприятие на неудачу.

§ 48. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИ ВЫПРАВЛЕНИИ РЕК. РАБОТА РЕЧНОГО ПОТОКА ПО ФОРМИРОВАНИЮ РУСЛА

При выправлении используют работу потока по размыву, переносу и отложению наносов, регулируемую в желаемом направлении при помощи выправительных сооружений. Последние в основном действуют двояко: или ослабляют размывающее действие потока в определенных пунктах речного русла, или, наоборот, усиливают размыв, чтобы не допустить отложения наносов в данном пункте или удалить уже ранее отложившиеся наносы. Для того, чтобы с успехом воздействовать на речной поток, необходимо знать законы, которые им управляют, поэтому прежде, чем говорить о выправительных сооружениях, необходимо остановиться на условиях движения речного потока и формирования его русла.

Извилистая форма русла наиболее устойчива и присуща всем рекам. Извилины, направленные в противоположные стороны, со-

единяются между собою короткими более или менее прямолинейными участками. На криволинейных участках русла бо́льшие глубины обычно находятся у вогнутых берегов. Так как извилины чередуются, обращаясь выпуклостью то к правому, то к левому берегу, то и наибольшие глубины, по которым проходит фарватер, переходят от правого берега к левому, потом снова к правому и так далее до устья реки.

Если русло реки сложено из размываемых пород, то течение размывает вогнутый берег, откладывая продукты размыва у выпуклых берегов. Благодаря этому процессу извилины русла постепенно перемещаются вниз, по течению. Перемещением русла объясняется периодический отход рек от населенных пунктов и иногда обратное их возвращение к этим пунктам через некоторый, довольно значительный период времени. При мелкопесчаных, песчано-илистых или илистых грунтах, легко поддающихся размыву, реки имеют очень извилистое русло, блуждающее по широкой и плоской долине. Извилины местами настолько сближаются, что в период половодья река прорывает узкий перешеек, отделяющий одну петлю от другой, и спрямляет русло. При этом в новом русле благодаря увеличенному уклону скорости увеличиваются и происходит более интенсивный размыв берегов, а старое русло мелеет, отмирает и превращается в затон, а затем в пойменное озеро (рис. 98).

Часто в результате спрямления русла образуются острова, и река разделяется на рукава. Обычно один из рукавов разрабатывается рекой, а остальные мелеют и постепенно отмирают, образуя старицы и пойменные озера. Большое количество таких озер находится в пойме Волги и других равнинных рек.

Иногда река, разделившись на несколько рукавов, ни одного из них достаточно не разрабатывает, глубины в рукавах малы, и судоходство на таких участках весьма затруднительно.

Рукава в свою очередь могут дробиться, если река промывает остров, разделяющий коренное русло, или размывает коренной берег. Отложение мелей в русле также может служить причиной повторного дробления рукавов.

Значительные деформации русла могут происходить в результате действия ледяных зажоров и заторов. При зажорах большая часть живого сечения реки заполняется снеговидной массой, шугой. Шуга может скопляться как при наличии ледового покрова, так и без него. В части сечения, свободной от шуги, скорости течения возрастают, усиливая размыв русла. Заторы при ледоходе представляют собою скопление льдин, остановившихся и нагромоздившихся друг на друга из-за наличия какого-либо препятствия: крутого изгиба русла, острова. Приплывающие сверху льдины задерживаются в месте образования затора и часто забивают все живое сечение реки до дна; получается как бы ледяная плотина, которая преграждает русло реки и создает подпор; горизонт реки выше затора начинает повышаться до тех пор, пока вода не про-

рвет затор. Прорыв затора всегда сопровождается деформациями русла, так как при прорыве затора образуются большие скорости.

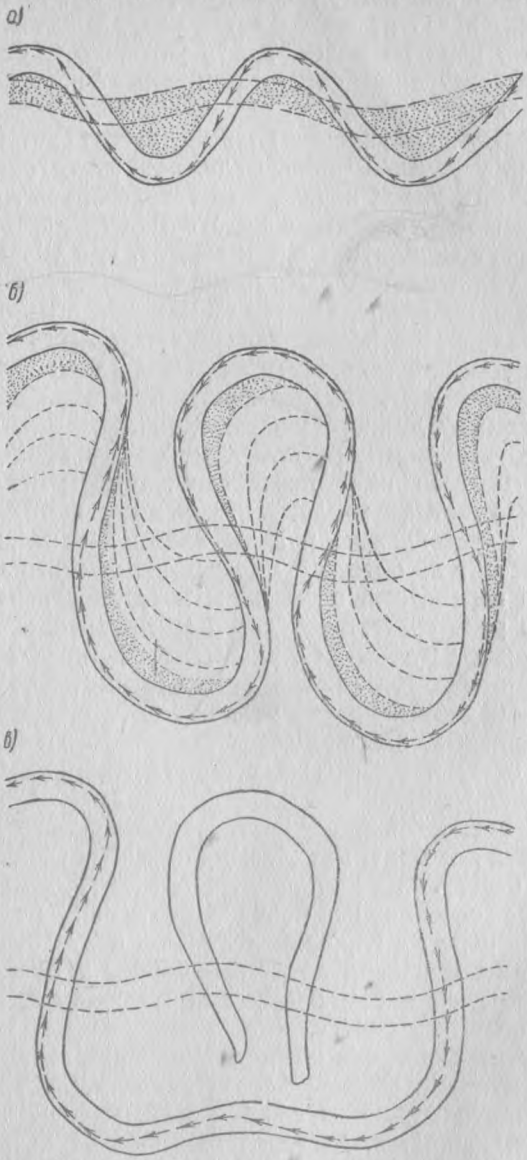


Рис. 98. Отмирание извилин, образование пойменных озер

Иногда река прорывает затор в стороне от главного русла и разрабатывает себе новый ход.

Описанные выше деформации русла происходят с большей или меньшей интенсивностью, в зависимости от того, имеет ли ре-

ка устойчивое или неустойчивое русло. Если уклон реки велик, а грунт берегов и дна легко поддается размыву, то энергия потока будет несоразмерна встречаемым им сопротивлениям. При таких условиях русло реки не может иметь устойчивую форму, река интенсивно размывает дно и берега и переносит наносы, не фиксируя их в определенных пунктах.

Таким образом, получается блуждающее, неустойчивое русло, как, например, у р. Аму-Дарьи. Если, наоборот, грунт, слагающий русло, устойчив, а уклон невелик, то энергия реки даже при больших расходах может оказаться недостаточной для влечения наносов, и они могут скопляться в тех местах, где энергия полых вод почему-либо уменьшается. При низких горизонтах воды эти скопления наносов, перекаты, вызывают местный подпор, и, как следствие его, усиливается размывающая способность потока. Происходит смыв переката, который продолжается до тех пор, пока не наступит равновесие между размывающей силой потока и сопротивлением размыву данного участка реки.

В реках с устойчивым руслом деформации происходят медленнее; размыв берегов идет постепенно; наносы откладываются в определенных участках русла. Продольный профиль меженного уровня реки с устойчивым руслом имеет характерный ступенчатый вид и состоит из плесов с малыми уклонами, разделенных перевалами или перекатами с бо́льшим поверхностным уклоном.

Во всякой реке существует связь между рельефом дна и плановым очертанием русла. Как указывалось выше, русло рек, протекающих в более или менее однородных легко размываемых грунтах, при средних и низких уровнях воды представляет в плане чередование кривых, направленных вогнутостью попеременно в ту и другую сторону и соединенных короткими прямыми вставками, перевалами.

У вогнутых берегов происходит размыв берега и дна и образуется глубокая ложбина, называемая плесовой лощиной, прижатая к вогнутому берегу.

Поперечное сечение реки на закруглении не симметрично: у вогнутого берега глубина больше, а у выпуклого меньше. Чем больше кривизна вогнутого берега в плане, тем больше глубина около него и тем ближе эта глубокая плесовая лощина прижата к вогнутому берегу.

Как вогнутый берег, так и противолежащий выпуклый представляют собою в плане кривые переменного радиуса. В начале закругления радиус кривизны очень велик, ниже (по течению) он постепенно уменьшается, достигая наименьшей величины в точке, лежащей несколько ниже середины вогнутого берега, затем снова возрастает, и в конце вогнутости радиус кривизны равен бесконечности, т. е. кривая переходит в прямую линию.

Наибольшая глубина находится несколько ниже (по течению) вершины кривой вогнутого берега. Так как течение прижимается к вогнутому берегу, то при переходе от одного вогнутого берега к другому, лежащему ниже (по течению) и обращенному вогну-

тостью в другую сторону, стрежень потока должен пересечь русло. Место перехода стрежня реки от одного вогнутого берега к другому называется перевалом. На перевалах глубины значительно меньше, чем в плесовых лощинах у вогнутых берегов, а ширина реки больше. Если перевалы имеют малые глубины, препятствующие судоходству, то они называются перекатами.

Продольный профиль дна меженного русла по линии наибольших глубин показан на рис. 82. Продольный профиль меженного горизонта реки характеризуется бо́льшими уклонами и скоростями течения на перевалах и перекатах и меньшими уклонами и скоростями в плесовых лощинах. При повышении горизонтов воды во время по́ловодья характер продольного профиля меняется: река заполняет пойму и стремится спрямить свой путь, следуя уклону долины; при этом влияние формы меженного русла стушевывается и начинает преобладать влияние плановых очертаний поймы. Иногда перераспределение уклонов начинается при уровнях воды, незатопляющих пойму, но заливающих песчаные косы.

Продольный профиль поверхности реки при половодье будет отражать влияние формы долины, а именно: на расширенных участках уклон будет меньше, а на суженных больше. Кроме того, на продольном профиле реки будет сказываться движение паводочной волны, поэтому продольный профиль реки, снятый при высоких горизонтах, отражает лишь тот момент, когда производилась съемка. Вообще же продольный профиль поверхности реки не является постоянным, а меняется в связи с колебаниями горизонта воды как в межень, так, особенно, в паводок.

Основным фактором формирования русла реки является движение воды. Благодаря движению потока происходят размыв грунта и перемещение как продуктов размыва, так и наносов, попадающих в русло из притоков и с поверхности водосборного бассейна. Движение воды в реке происходит не параллельными струйками, а вихреобразно, турбулентно. При турбулентном движении скорости внутри потока непрерывно изменяются как по величине, так и по направлению. Кроме горизонтальной составляющей скорости, непрерывно меняющей свою величину и направление, имеются вертикальные составляющие, направленные то вверх, то вниз.

На закруглениях реки (рис. 99) поверхностные течения направлены к вогнутому размываемому берегу, придонные течения переносят продукты размыва к противоположному выпуклому берегу, где они и откладываются, наращивая отмель.

В конце прошлого столетия русский инженер Лелявский впервые произвел наблюдения над направлением внутренних течений в реке при помощи изобретенного им «подводного флюгера», показывающего направление скорости в данной точке. На основании наблюдений инж. Лелявский пришел к выводу, что в реках на криволинейных участках русла существуют внутренние течения. Этот тип течения инж. Лелявский назвал сходящимся, сбойным течением.

ка устойчивое или неустойчивое русло. Если уклон реки велик, а грунт берегов и дна легко поддается размыву, то энергия потока будет несоразмерна встречаемым им сопротивлениям. При таких условиях русло реки не может иметь устойчивую форму, река интенсивно размывает дно и берега и переносит наносы, не фиксируя их в определенных пунктах.

Таким образом, получается блуждающее, неустойчивое русло, как, например, у р. Аму-Дарьи. Если, наоборот, грунт, слагающий русло, устойчив, а уклон невелик, то энергия реки даже при больших расходах может оказаться недостаточной для влечения наносов, и они могут скопляться в тех местах, где энергия полых вод почему-либо уменьшается. При низких горизонтах воды эти скопления наносов, перекаты, вызывают местный подпор, и, как следствие его, усиливается размывающая способность потока. Происходит смыв переката, который продолжается до тех пор, пока не наступит равновесие между размывающей силой потока и сопротивлением размыву данного участка реки.

В реках с устойчивым руслом деформации происходят медленнее; размыв берегов идет постепенно; наносы откладываются в определенных участках русла. Продольный профиль меженнего уровня реки с устойчивым руслом имеет характерный ступенчатый вид и состоит из плесов с малыми уклонами, разделенных перевалами или перекатами с бо́льшим поверхностным уклоном.

Во всякой реке существует связь между рельефом дна и плановым очертанием русла. Как указывалось выше, русло рек, протекающих в более или менее однородных легко размываемых грунтах, при средних и низких уровнях воды представляет в плане чередование кривых, направленных вогнутостью попеременно в ту и другую сторону и соединенных короткими прямыми вставками, перевалами.

У вогнутых берегов происходит размыв берега и дна и образуется глубокая ложбина, называемая плесовой лощиной, прижатая к вогнутому берегу.

Поперечное сечение реки на закруглении не симметрично: у вогнутого берега глубина больше, а у выпуклого меньше. Чем больше кривизна вогнутого берега в плане, тем больше глубина около него и тем ближе эта глубокая плесовая лощина прижата к вогнутому берегу.

Как вогнутый берег, так и противолежащий выпуклый представляют собою в плане кривые переменного радиуса. В начале закругления радиус кривизны очень велик, ниже (по течению) он постепенно уменьшается, достигая наименьшей величины в точке, лежащей несколько ниже середины вогнутого берега, затем снова возрастает, и в конце вогнутости радиус кривизны равен бесконечности, т. е. кривая переходит в прямую линию.

Наибольшая глубина находится несколько ниже (по течению) вершины кривой вогнутого берега. Так как течение прижимается к вогнутому берегу, то при переходе от одного вогнутого берега к другому, лежащему ниже (по течению) и обращенному вогну-

тостью в другую сторону, стрежень потока должен пересечь русло. Место перехода стрежня реки от одного вогнутого берега к другому называется перевалом. На перевалах глубины значительно меньше, чем в плесовых лощинах у вогнутых берегов, а ширина реки больше. Если перевалы имеют малые глубины, препятствующие судоходству, то они называются перекатами.

Продольный профиль дна меженного русла по линии наибольших глубин показан на рис. 82. Продольный профиль меженного горизонта реки характеризуется бо́льшими уклонами и скоростями течения на перевалах и перекатах и меньшими уклонами и скоростями в плесовых лощинах. При повышении горизонтов воды во время половодья характер продольного профиля меняется: река заполняет пойму и стремится спрямить свой путь, следуя уклону долины; при этом влияние формы меженного русла стушевывается и начинает преобладать влияние плановых очертаний поймы. Иногда перераспределение уклонов начинается при уровнях воды, незатопляющих пойму, но заливающих песчаные косы.

Продольный профиль поверхности реки при половодье будет отражать влияние формы долины, а именно: на расширенных участках уклон будет меньше, а на суженных больше. Кроме того, на продольном профиле реки будет сказываться движение паводочной волны, поэтому продольный профиль реки, снятый при высоких горизонтах, отражает лишь тот момент, когда производилась съемка. Вообще же продольный профиль поверхности реки не является постоянным, а меняется в связи с колебаниями горизонта воды как в межень, так, особенно, в паводок.

Основным фактором формирования русла реки является движение воды. Благодаря движению потока происходят размыв грунта и перемещение как продуктов размыва, так и наносов, попадающих в русло из притоков и с поверхности водосборного бассейна. Движение воды в реке происходит не параллельными струйками, а вихреобразно, турбулентно. При турбулентном движении скорости внутри потока непрерывно изменяются как по величине, так и по направлению. Кроме горизонтальной составляющей скорости, непрерывно меняющей свою величину и направление, имеются вертикальные составляющие, направленные то вверх, то вниз.

На закруглениях реки (рис. 99) поверхностные течения направлены к вогнутому размываемому берегу, придонные течения переносят продукты размыва к противоположному выпуклому берегу, где они и откладываются, наращивая отмель.

В конце прошлого столетия русский инженер Лелявский впервые произвел наблюдения над направлением внутренних течений в реке при помощи изобретенного им «подводного флюгера», показывающего направление скорости в данной точке. На основании наблюдений инж. Лелявский пришел к выводу, что в реках на криволинейных участках русла существуют внутренние течения. Этот тип течения инж. Лелявский назвал сходящимся, сбойным течением.

Сбойное течение в поверхностных слоях потока направлено косо к вогнутому берегу, у которого струи опускаются вниз и, проходя над дном, размывают его. Донное течение подхватывает продукты размыва и уносит их к выпуклому берегу. На закруглении оно разрабатывает глубокий ход у вогнутого берега; при большой кривизне возникает опасность навала судов на вогнутый берег вследствие так называемого «раската».

Существовавшее ранее стремление только увеличивать скорости течения для размыва перекатов обычно не давало благоприят-

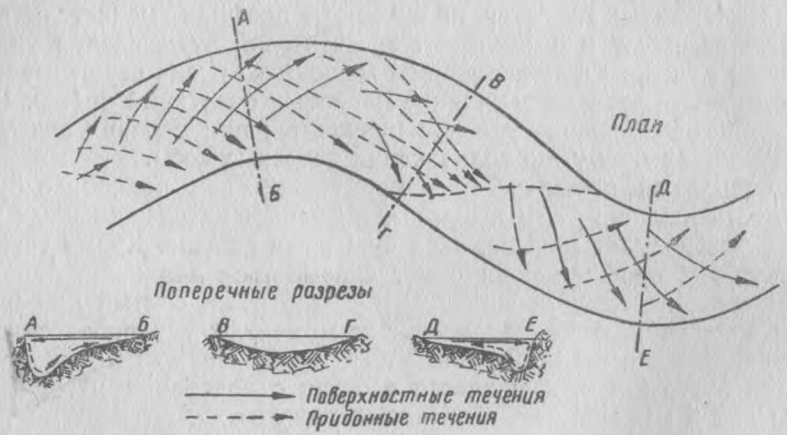


Рис. 99. Направление поверхностных и донных течений на закруглениях реки

ных результатов. Добиваясь размыва затруднительных для судоходства участков русла, необходимо одновременно обеспечивать удаление продуктов размыва за пределы судоходной трассы путем создания внутренних течений соответствующего направления.

Выправление рек, как метод улучшения судоходных условий, часто применяется в расчете на низкие горизонты воды, так как в это время судоходство испытывает наибольшие затруднения из-за мелководья, кривизны судового хода, разделения русла на рукава и т. п. При выправлении рек необходимо уделять больше внимания влиянию паводков, хотя при высоких горизонтах глубины достаточны и, если путь правильно обставлен, судоходство не испытывает затруднений. В отдельных случаях, регулируя русло высоких вод, можно коренным образом улучшить и меженний судовой ход.

Вопрос о выправительных работах в половодье может возникнуть главным образом в связи с защитой берегов от разрушений и наводнений. Рост портового строительства также может вызвать необходимость в выправительных работах, так как создание незатопляемых портовых территорий меняет паводочный режим прите-

гающего участка реки, и может потребоваться регулирование смежных участков русла.

Выправительные работы при высоких горизонтах, улучшая условия прохода паводка и устраняя опасность затопления прибрежных земель, не всегда могут оказать должное влияние на условия судоходства в межень, в особенности, если направление течения в паводок не совпадает с направлением меженного русла. Поэтому воздействие на паводочный поток в целях улучшения судоходных условий часто рационально производить в форме регулирования стока (см. главу VI), перераспределяя расходы воды по времени, т. е. уменьшая расходы воды в паводок и увеличивая их в межень.

Перед выправлением должны быть установлены следующие характерные горизонты воды: наивысший горизонт воды за много лет, средний из высоких горизонтов, горизонт наивысшего и среднего весеннего ледоходов, горизонт наивысшего и среднего осеннего ледоходов, горизонты ледостава и наинизший горизонт ледохода.

Следующим этапом проектирования является определение ширины проектной трассы.

§ 49. ВЫПРАВИТЕЛЬНАЯ ТРАССА. РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕК ВЫПРАВИТЕЛЬНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Проектной трассой в данном случае называют очертание выправленного потока в плане между проектируемыми берегами реки. Проектируемые берега иначе называются границами трассы и могут очерчиваться или естественными берегами реки или выправительными сооружениями. Ширина трассы принимается равной ширине прилегающих хороших в судоходном отношении участков реки, находящихся в приблизительно одинаковых условиях с выправляемым участком в отношении расхода, качества грунтов и уклона. На каждой реке имеются перевальные участки, где естественная глубина достаточна для судоходства и в продолжение долгого времени сохраняется без изменения в сторону уменьшения. На таких более или менее устойчивых участках выбираются средние типовые, «нормальные», поперечные профили, которые служат затем образцом при назначении ширины трассы на смежном выправляемом участке; при этом нужно стараться создать на выправляемом участке условия, соответствующие тем, которые наблюдаются на нормальном участке реки. Часто случается, что ширина нормальных плесов, лежащих выше и ниже (по течению) выправляемого участка, различна: тогда ширина на выправляемом участке должна быть такая, чтобы переход от одного плеса к другому был постепенным.

Ширина выправительной трассы должна удовлетворять требованиям судоходства и слагаться из ширины судового хода (см. § 7) плюс запас по обеим сторонам судового хода. Запас необходим для того, чтобы избежать навала судов на выправительные сооружения. При каменных и фашинно-каменных полузапрудах откосам их голов придается уклон до 1 : 5,—следовательно, сооружение мо-

жет выдаваться в пределы выправительной трассы на длину $5\ h$, где h — глубина. Перед головами сооружений обычно укладывают тюфяк (см. § 50) шириною до 10 м. Он должен находиться вне пределов судового хода: это предохранит его от повреждения якорями. Следовательно, необходимый запас ширины выправительной трассы на уклон сооружений и ширину тюфяка будет равен $5h + 10$ м.

На криволинейных участках реки линия наибольших глубин прижимается к вогнутому берегу; соответственно и судовой ход перемещается в сторону вогнутого берега. При этом расстояние от границы судового хода до берега должно быть больше, чем на прямолинейных участках. Его можно принимать равным $5h + 15$ м.

Судовой ход приходится удалять от берега вследствие большой опасности навала судов на вогнутый прижимной берег, а также потому, что вогнутый берег часто бывает подвержен размыву и для защиты его укладывают донные тюфяки большей ширины, чем тюфяки выправительных сооружений на прямолинейных участках.

При установлении проектной глубины выправительной трассы следует ориентироваться на перевалы с достаточной и устойчивой глубиной. Если имеются сведения за ряд лет о глубинах на перевалах, по бытовым условиям близких к выправляемому перекату, то можно установить глубину перевала при расчетном уровне и принять ее за расчетную или проектную.

Если на перевалах глубины окажутся значительно бо́льшими, чем требуют судоходные условия, то за расчетную принимается глубина, необходимая для судоходства с учетом перспектив его развития.

Поперечному сечению реки на выправленных перекатах желательно придать симметричную параболическую форму (рис. 100)

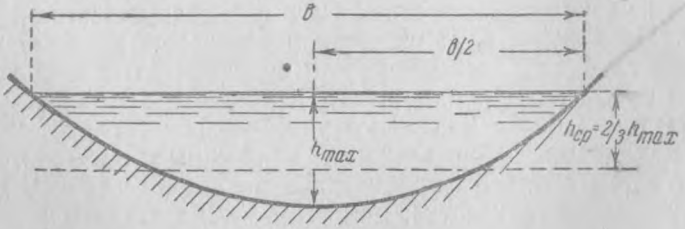


Рис. 100. Поперечное сечение русла параболической формы

Для правильного назначения плановых очертаний трассы следует учитывать связь между плановыми формами и рельефом дна реки:

1) наибольшая глубина находится ниже (по течению) вершины кривой вогнутого берега. Наибольший выступ отмели у выпуклого берега находится непосредственно ниже (по течению) вершины выпуклой кривой;

2) глубина у вогнутого берега тем больше, чем больше кривизна в вершине кривой;

3) продольный профиль дна реки по стрежню будет тем правильнее, чем плавнее изменяется кривизна русла (по оси его). Всякое резкое изменение этой кривой вызывает резкое же изменение глубин.

Рекомендуется намечать на планах выправительную трассу в виде чередующихся вогнутых и выпуклых кривых с переменной кривизной, как это наблюдается в природе, т. е. начиная с нуля, и, непрерывно увеличивая, до максимума у вершины кривой в плесовой лощине, затем кривизна должна непрерывно уменьшаться до нуля у прямой вставки между кривыми. Величину радиуса кривых на выправительной трассе следует принимать в соответствии с существующими радиусами на закруглениях данной реки в естественном состоянии, но не менее требуемой судоходными условиями величины (см. § 7).

При проектировании выправительной трассы необходимо учитывать ледовый режим реки и избегать крутых поворотов русла для предотвращения заторов льда во время ледохода. Следует учитывать также возможность образования зажоров шуги.

Первоначально выправительные работы были в значительной степени обусловлены способом эксплоатации флота.

Когда паровая тяга на реках еще не применялась, суда могли перемещаться трояким способом: 1) вниз по течению самосплавом, 2) под парусами, применение которых на реках весьма ограничено ввиду трудности лавирования, и 3) тягой с берега лошадьми или людьми (бурлаками). Последний наиболее распространенный способ движения против течения требовал удобной и непрерывной береговой полосы — бечевника. Между тем река в естественном состоянии часто разделяется на рукава, и береговая линия прерывается протоками, препятствующими тяге с берега, поэтому выправительные работы в прошлом имели целью собрать течение в одном русле и подчинить судовой ход очертанию берега, бечевника, для удобства береговой тяги.

Этот этап развития выправительных работ характеризуется господством «водостеснения продольными сооружениями».

Как известно, при одном и том же расходе воды, чем меньше живое сечение реки, тем больше скорость течения и глубина потока. Отсюда возникла мысль стеснять живое сечение реки, чтобы увеличить скорость течения, а следовательно, и размыв дна для увеличения судоходных глубин. Водостеснение в этом случае производилось при помощи постройки двух линий параллельных дамб, ограничивающих выправительную трассу. Местами, где это находили возможным, ограничивались одной линией дамб, а роль второй линии выполнял берег, соответствующим образом укрепленный.

При постоянном расходе Q (в межень река обычно имеет более или менее постоянный расход) площадь живого сечения реки до постройки дамб имела величину:

$$\omega = \frac{Q}{v} \quad м^2 \tag{44}$$

После стеснения потока двумя линиями параллельных дамб площадь живого сечения уменьшалась, и соответственно должна была увеличиться скорость, чтобы пропустить тот же расход воды. Если после регулирования площадь живого сечения ω_1 будет меньше площади живого сечения в естественном состоянии, т. е. $\omega_1 < \omega$, то средние скорости течения v_1 на зарегулированном участке будут больше, чем средние скорости в естественном состоянии:

$$v_1 = \frac{Q}{\omega_1} > v = \frac{Q}{\omega} \quad м/сек. \tag{45}$$

Стеснение реки параллельными сооружениями способствовало размыву дна и увеличению глубин, но при этом не был предусмотрен способ удаления продуктов размыва дна, а поэтому наносы выносились из суженного дамбами участка и массами откладывались на более широких участках реки, образуя здесь мели, препятствующие движению судов. Приходилось тянуть продольные дамбы все дальше и дальше, чтобы не дать отлагаться наносам; затраты росли, а устойчивых глубин не получалось. При чрезмерном водостеснении продольными сооружениями, охватывающими участки большого протяжения, получается неравномерный размыв русла. Даже в узких пределах выправительной трассы река образовывала крутые извилины, размывая дно в одном месте и отлагая наносы в другом. При повышении горизонта и переливе воды через дамбы размывались подошвы сооружений, что причиняло значительные повреждения. Для предупреждения подмыва сооружений при затопленных дамбах последние связывались с берегом поперечными короткими сооружениями — траверсами. В то же время в продольных дамбах делались разрывы, чтобы наносы и при низких горизонтах могли попадать в пространство между дамбами и берегом, отлагаясь здесь и защищая подошвы дамб от размыва.

Несмотря на эти усовершенствования, выправительные работы, выполненные по способу водостеснения продольными сооружениями, в большинстве случаев не давали благоприятных результатов.

Дальнейшим этапом развития выправительных работ было применение поперечных сооружений, или «водостеснение поперечными сооружениями». В основу этого способа выправления легла более правильная мысль о необходимости предусмотреть места отложения наносов, смытых рекою с фарватера. Для этого вместо продольных сооружений стали сжимать реку системой поперечных сооружений, называемых полузапрудами или бунами. Это — сплошные сооружения в виде дамбы или плетня. Один конец сооружения заделывали в берег (корень полузапруды), а другой выдавался в реку (голова полузапруды). Под действием полузапруд река размывает фарватер, а продукты размыва откладываются между сооружениями. При этом обеспечиваются достаточные глубины. Но обе системы водостеснения имеют крупный недостаток: они вызывают повышение эксплоатационных скоростей течения, что, как известно, влечет за собой уменьшение нагрузки на индикаторную силу парохода при движении вверх, против течения, что в свою очередь вызывает необходимость уменьшения возов. Сами по себе полузапруды обладают тем недостатком, что на вогнутых берегах, где течение стремится прижать суда к берегу, имеется опасность навала проходящих плотов и судов на головы полузапруд.

Недостатки описанных двух систем привели к созданию третьего, менее несовершенного способа, который основан на принципе создания плавных кривых в русле реки при помощи полузапруд на выпуклых берегах намеченной трассы и берегоукрепления, а также продольных сооружений на вогнутых берегах запроектированной трассы. Побочные рукава и протоки при этом закрываются запрудами.

Опыт производства выправительных работ по этой системе дал более благоприятные результаты, чем при возведении одних продольных или одних поперечных сооружений. Эта система выправления не представляет опасности для проходящих судов и достаточно согласуется с режимом реки, так как берега, подверженные размыву, укрепляются или защищаются продольными дамбами, а полузапруды у выпуклых берегов ускоряют процесс отложения здесь наносов. Таким образом, сохраняется естественное направление деформации русла, что позволяет достигнуть более устойчивых результатов выправления. Однако, как показывает практика, система продольных и поперечных сооружений не всегда обеспечивает создание устойчивого судового хода. На рис. 101, показан перекат до выправления (на план переката нанесены запроектированные сооружения). Из рис. 101, *б* видно, что в результате выправления продольными и поперечными сооружениями проектной глубины не получилось.

Ближе согласуется с режимом равнинных рек предложенная русским инженером Лелявским система выправления перекатов, основанная на принципе создания, вернее, сохранения, на перекате сбойного течения верхней плесовой лощины (см. § 48, рис. 99). Для

продолжения сбойного течения на перекате инж. Лелявский предложил продолжить ведущий вогнутый берег верхней плесовой лощины на перекате продольным сооружением. Для предотвращения местного сильного размыва вогнутого берега нижней плесовой лощины (рис. 102, *а*) необходимо укрепить этот берег.

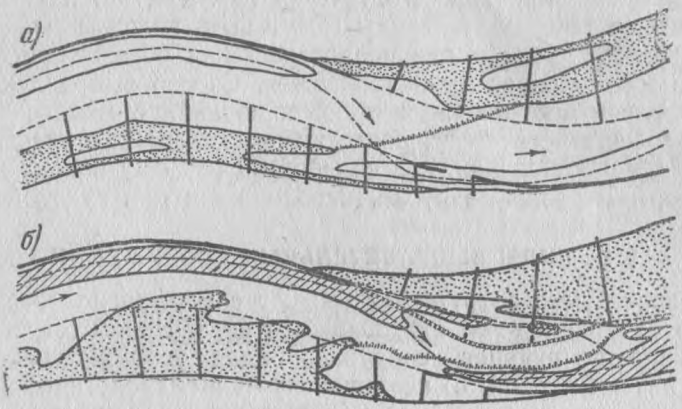


Рис. 101. Выправление переката продольными и поперечными сооружениями

В систему сооружений на перекате, выправленном по способу инж. Лелявского, входят следующие сооружения (рис. 102, *б*) — берегоукрепительное сооружение *1-1* вогнутого, ведущего, берега

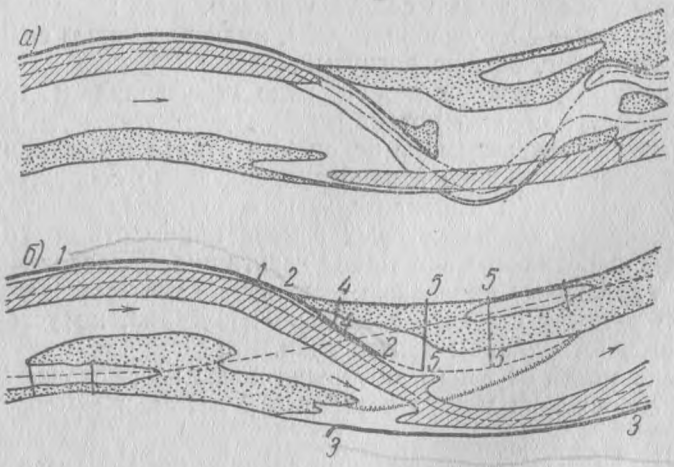


Рис. 102. Выправление переката по способу инж. Лелявского

верхней плесовой лощины; продольная струенаправляющая дамба *2-2*, продолжающая ведущий вогнутый берег верхней плесовой лощины и сохраняющая на перекате сбойное течение; берегоукрепительное сооружение *3-3* вогнутого, ведущего, берега нижней пле-

совой лощины, предназначенное предотвращать местное разрушение берега; траверс *4-4*, соединяющий продольное струенаправляющее сооружение с берегом (траверсов бывает и больше одного); поперечные сооружения — полузапруды *5-5*, устраиваемые на выпуклых берегах с целью обеспечить отложение наносов, выносимых придонными струями сбойного течения (см. рис. 99) на выпуклые берега; кроме того, полузапруды могут быть полезны для ограничения ширины трассы и для предотвращения образования мелких протоков между берегами и побочнями. Способ выправления рек, разработанный русскими инженерами, начиная с Лелявского, и с успехом совершенствуемый советскими инженерами и учеными, состоит не в водостеснении, а в содействии речному потоку в выработке форм и размеров русла, необходимых для судоходства.

§ 50. ВИДЫ ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Выправительные сооружения бывают самых разнообразных типов. Это объясняется: а) их различным назначением (берегоукрепление, закрытие рукавов, сооружения для управления течением речного потока и т. п.); б) неодинаковостью гидрологических условий (высота подъема высоких вод, условия прохождения ледоходов, скорость течения и пр.); в) разнообразием материалов, применяемых для выправительных сооружений, причем для удешевления последних следует употреблять наиболее дешевые местные материалы.

По назначению можно выделить следующие виды выправительных сооружений:

1) берегоукрепительные сооружения (см. § 52);

2) продольные сооружения, дамбы, имеющие целью создать или продолжить берег, обычно вогнутый;

3) поперечные сооружения в виде полузапруд и траверсов, ограничивающие ширину потока;

4) запруды, закрывающие неходовые рукава и протоки;

5) струенаправляющие и наносоуправляющие сооружения.

По сроку службы выправительные сооружения делятся на постоянные, срок службы которых измеряется многими годами, и временные, работающие лишь одну навигацию. К последним можно отнести и различные наплавные выправительные сооружения, которые хотя и могут служить несколько навигаций, но устанавливаются временно в данном пункте реки.

В зависимости от типа сооружения и местных условий выправительные сооружения можно возводить и летом, и зимой.

1. Постоянные выправительные сооружения тяжелого типа

Материалом для постоянных выправительных сооружений служат: хворост, колья и свайки, грунты, вязальные материалы (веревки, проволока), камень, реже бетон и железобетон, металлические сетки, металлические изделия (скобы, болты и т. п.), дерево, растительные материалы (дерн, мох), посадочные и посевные мате-

риалы для образования покрытий из травы, кустарников и деревьев. Из этих материалов возводятся постоянные сооружения следующих типов: 1) хворостяная кладка; 2) фашинная кладка; 3) многорядные плетни по тюфячному основанию или без него, с заполнением промежутков между плетнями фашинной кладкой, камнем и землей, покрытой каменной мостовой; 4) земляные насыпи (дамбы, запруды, береговые подсыпки), возведенные на основании из расстилочных тюфяков или прямо на дне и укрепленные с поверхности каменной одеждой или хворостяными тюфяками; 5) сооружения из каменной наброски; 6) сооружения из сухой каменной кладки; 7) смешанные сооружения из каменной наброски во внешних частях сооружения и засыпки грунтом внутри; 8) сооружения из камня, заключенного в проволочные сетки (габионные сооружения); 9) укрепления берегов хворостяными тюфяками, каменными мостовыми и т. п.; 10) берегоукрепительные сооружения в виде различных набережных — деревянных, каменных и бетонных. Ниже рассмотрим лишь некоторые типы выправительных сооружений и их наиболее распространенные элементы: тюфяки и фашины.

Тюфяки. Для защиты от размыва дна и подводных откосов с успехом применяются тюфяки, изготовленные из хвороста. Употребление гибкого ивового хвороста и постоянное нахождение тюфяка под водой обеспечивают достаточно длительную службу тюфячного укрепления. Изготовление тюфяка начинается с заготовки хворостяных канатов, которые вяжут на козлах (рис. 103, вверху). Толщина хворостяных (прутяных) канатов — около 12 см, длина — 50 м и более. Канаты связывают в виде сетки со стороной квадрата от 1 до 2 м (рис. 103, план). Каждое пересечение продольно и поперечно уложенных канатов связывают концом веревки или проволоки, настолько длинным, чтобы после загрузки нижней сетки хворостом можно было подвязать верхнюю сетку тюфяка (рис. 103, разрез). Изготовленный тюфяк для погружения в воду загружается камнем.

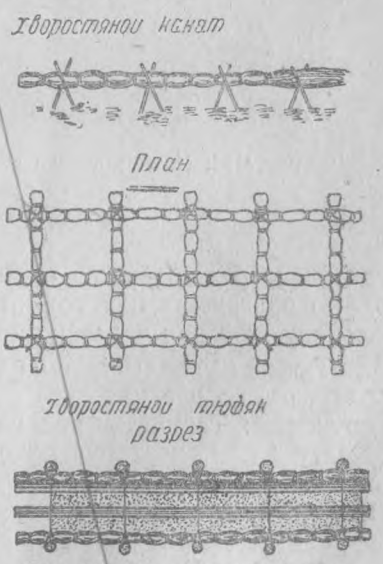


Рис. 103. Хворостяной тюфяк

Тюфяки вяжут на береговых или плавучих стапелях, с которых тюфяк спускают в воду на катках или на склизах (рис. 104), а затем на плаву с помощью лодок и катеров подводят к месту погружения. Размеры тюфяков бывают весьма значительны, например $20 \times 50 = 1000$ м^2 и больше. Крупные тюфяки, особенно при сильном течении, удобно спускать с поддерживающими пароходами. Пароходы используются также для оказания помощи при стягивании тюфяков со стапе-

лей на воду. Подведенный к месту укладки тюфяк загружается камнем (0,12 м³ камня на 1 м² тюфяка толщиной в 0,45 м). До окончательного погружения на дно тюфяк удерживается на тросах или травках, называемых так потому, что эти снасти надо потравливать в процессе спуска тюфяка.

Вязать и погружать тюфяки можно и зимой, для чего необходимо вскрывать майны (рис. 105). В этом случае тюфяки вяжут на брусьях, укладываемых поперек майны.

Можно погружать тюфяк и без вскрытия майны, непосредственно на карте льда, выколотой по очертанию тюфяка, но при

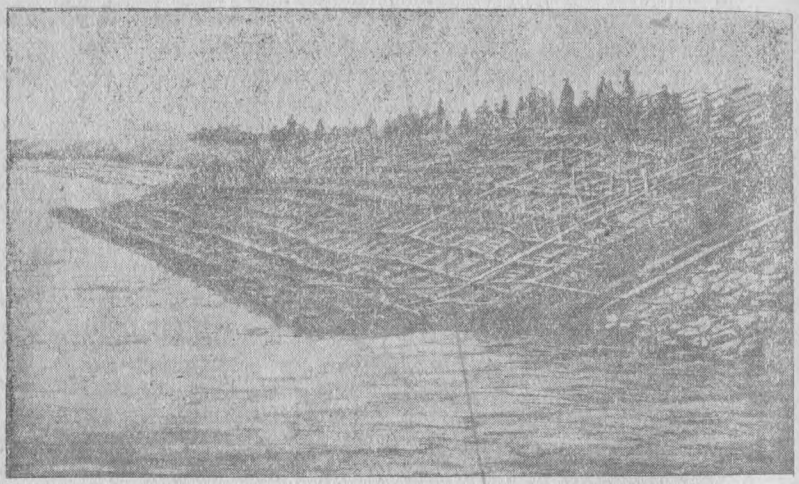


Рис. 104. Начало спуска в воду готового тюфяка по склизам, уложенным на откосе берега

этом способе требуется значительно больше камня, так как необходимо пригрузить не только тюфяк, но и находящуюся под ним льдину, которая через несколько дней растает на дне.

Тюфяки укладывают не только для защиты дна и откосов от размыва, но и в качестве оснований каменных дамб и прочих сооружений. Такие тюфяки называются расстилочными тюфяками. Выступая за очертания подошвы на несколько метров, они предохраняют сооружения от подмыва. Кроме того, тюфяки используются для возведения сооружений из тюфячной кладки.

Фашины. Фашины (рис. 106) вяжут из хвороста, таким же образом, как хворостяные канаты; толщина их 25—40 см, длина 2—4 м и более. Если заложить внутрь фашины грунт или камень, то получается тяжелая фашина. Ее делают длиной до нескольких десятков метров и скатывают в воду для создания упора и защиты от размыва подошвы берегоукрепительных сооружений.

Сооружения из комбинированных материалов. Кроме сооружений из хворостяной, фашинной и тюфячной кладки применяются также сооружения из грунта с обделкой камнем в виде мостовых или в виде каменных призм. Такая полуза-



Рис. 105. Майна, вскрытая для производства зимних выправительных работ со льда

пруда показана на рис. 107. Берегоукрепительное каменное сооружение, построенное на расстилочном тюфяке, защищающем сооружение от подмыва, показано на рис. 116 и 117. Широкое использование хвороста как материала для выправительных сооружений

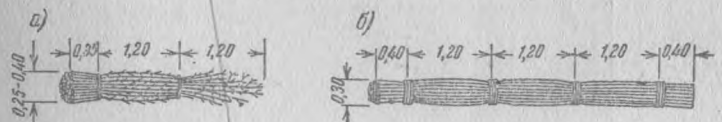


Рис. 106. Фашины: *а* — однокомельная фашина, *б* — двухкомельная фашина

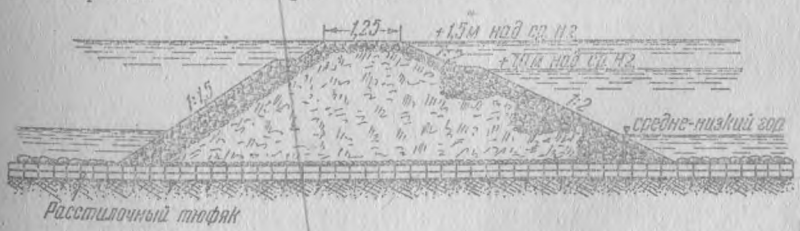


Рис. 107. Полузапруда из грунта с откосами, укрепленными каменной мостовой и каменной призмой. Сооружение возведено на расстилочном тюфяке

сопровождается усиленной вырубкой зарослей кустарника в прибрежных зонах. В некоторых речных бассейнах уже ощущается недостаток хвороста, в связи в чем необходимо производить рас-

садки ивняка на прибрежных песках (побочнях), на островах, а иногда даже на поймах, где заросли ивняка будут способствовать отложению наносов и тем самым улучшать состояние судового хода. После того как рассадки ивняка укоренятся и разрастутся, их можно использовать для заготовки хвороста и небольших кольев.

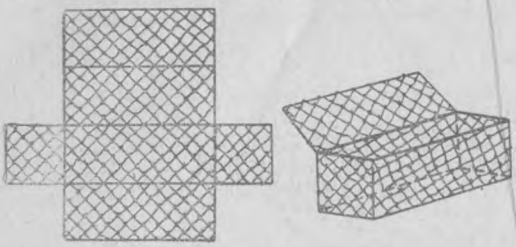


Рис. 108. Габионные сетки

Габионы. При необходимости срочного производства выправительных работ и отсутствии хвороста можно применять выправительные сооружения из металлических сеток с загрузкой камнем, так называемые габионы (рис. 108), их можно с успехом применять в районах, изобилующих камнем. Габионы изготовляют из оцинкованной проволоки, сплетаемой на станках в виде сетки; на месте их собирают в призмы и загружают камнем. Берегоукрепительные сооружения из габионов показаны на рис. 109.

Туры. Необходимость возведения устойчивых выправительных сооружений на реках с большими скоростями течения и слабо размываемыми грунтами дна привела советских путейцев к разработке



Рис. 109. Берег, укрепленный габионами

нового элемента выправительных сооружений — туров. Туры устраиваются из хворостяного плетения в виде треугольных призм длиной 2,5÷4,0 м, высотой 0,8÷1,5 м, при ширине граней 0,90 - 1,75 м. Торцы заплетаются не меньше, чем на половину высоты (рис. 110). Туры представляют собою габионы из хвороста, но выгодно отличаются от габионов из проволоки тем, что туры можно загружать не только камнем, но и галькой, гравием, дерном, неразмываемой плотной печинистой глиной. В случае применения тур в качестве полузапруд, водонаправляющих и наносоуправляющих сооружений стыки между звеньями перекрывают хворостяными пучками, удерживаемыми якорным грузом (см. рис. 110).

Время выполнения работ. Зимой дешевле и проще, чем летом, производить следующие работы: а) укладку стрежневых частей тюфяков (ширина стрежневой части тюфячного покрытия назначается, в зависимости от размывающей деятельности рек, от 20 до 40 м); б) укладку подводных расстилочных тюфяков под дамбы; в) возведение тюфячной кладки; г) подвозку каменных ма-

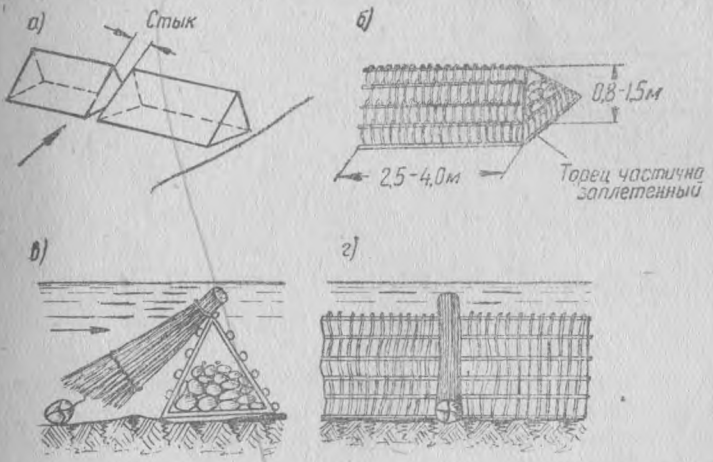


Рис. 110. Выправительное сооружение из тур: *а* — схема постановки тур, *б* — тура (одно звено), *в* — поперечный разрез, *г* — фасад

териалов, если они доставляются не по воде и не автомобилями, а гужевым транспортом. Для зимней укладки тюфяков и фашин необходимо вскрывать майны, загоняя выколотые куски (карты) льда под ледяной покров. Чтобы карты льда легко увлекались течением, их необходимо перед подводкой под ледяной покров кантовать, т. е. переворачивать баграми.

Летом производят: а) укладку береговых тюфячных лент, б) устройство упорных береговых призм, в) планировку откосов, г) постройку дамб смешанного типа, с земляным ядром и т. д., т. е. все земляные работы, выполнение которых зимой неудобно или даже недопустимо, а также все работы на урезе воды и выше, поскольку околка берегового льда и уборка снега требуют лишних затрат по сравнению с летними работами.

2. Временные легкие выправительные сооружения

К сооружениям временного типа относятся: 1) ветвистые заграждения, 2) плетневые сооружения, 3) временные сооружения и устройства в виде реевых запаней, плотовых пленок, плетней, кулей и, наконец, 4) поставленные на якорь ниже переката суда и плоты, создающие подпор на перекате стеснением русла реки.

Временные ветвистые и плетневые сооружения называются также выправительными сооружениями легких типов или легковыправительными сооружениями.

а) Ветвистые заграждения, применяемые для закрытия рукавов, представляют собою ряд деревьев, хвойных или лиственных, установленных в русле реки на мертвых якорях или на камнях. Деревья погружают вместе с ветвями; чем гуще ветви, тем лучше задерживаются наносы. Деревья устанавливают очень близко друг к другу — так, чтобы они соприкасались ветвями, иногда в несколько рядов поперек рукава. Вода, протекая между

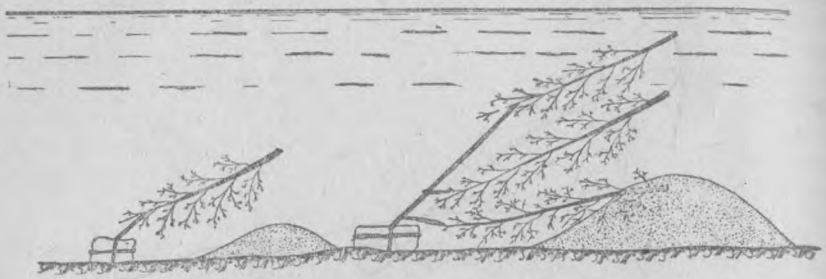


Рис. 111. Ветвистые заграждения

ветвями деревьев, теряет скорость, вследствие чего происходит интенсивное выпадение наносов в месте погружения деревьев (рис. 111). Таким образом, ветвистые заграждения способствуют отмиранию рукава, в котором они поставлены, а следовательно, и

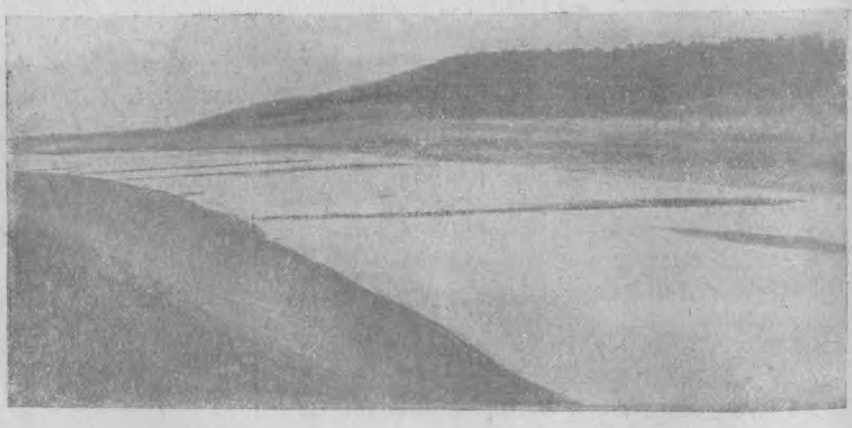


Рис. 112. Участок реки, застроенный плетневыми выправительными сооружениями

усилению размыва главного русла. При больших глубинах применяются гирлянды, связанные из двух, трех и большего числа деревьев. Ветвистые заграждения, поставленые летом, могут быть сорваны осенним ледоходом. Но иногда их устанавливают ниже самого низкого горизонта ледохода, в этом случае работа по установке деревьев может производитсья весной, со льда.

Известные издавна ветвистые заграждения применялись на ряде рек, но не всегда с одинаковым успехом. Это зависело, отчасти, от слишком больших скоростей течения, которые пытались погасить ветвистыми заграждениями. В отдельных случаях применение таких заграждений дало вполне благоприятные результаты.

б) Плетневые сооружения. Для регулирования перекатов малых рек, а иногда в качестве вспомогательной меры для повышения устойчивости землечерпательных прорезей применяются плетни, заплетаемые на кольях, вбитых в русло реки. Установку плетневых выправительных сооружений удобно производить в теплое время. Участок реки, застроенный плетневыми выправительными сооружениями, изображен на рис. 112. Постановкой плетней иногда удается увеличить глубину на перекате на 20—30, иногда даже на 50 см, но бывают случаи, когда постановка плетней дает незначительные результаты.

§ 51. СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ РУСЕЛ РЕК, РАЗРАБОТАННЫЕ СОВЕТСКИМИ ГИДРОТЕХНИКАМИ

Советские ученые, проф. докт. техн. наук М. В. Потапов и канд. техн. наук А. И. Лосиевский, разработали новые способы выправления рек, основанные на управлении внутренними течениями речного потока, а следовательно, на управлении явлениями размыва русла и отложения наносов. По способу проф. М. В. Потапова с помощью струенаправляющих щитов в потоке создаются внутренние течения желательного направления.

На рис. 113 показано образование циркуляции поверхностными пловучими струенаправляющими щитами. Последние направляют поверхностные течения (показанные сплошными линиями на рис. 113, *а* и *б*) к одному из берегов, в данном случае к правому,

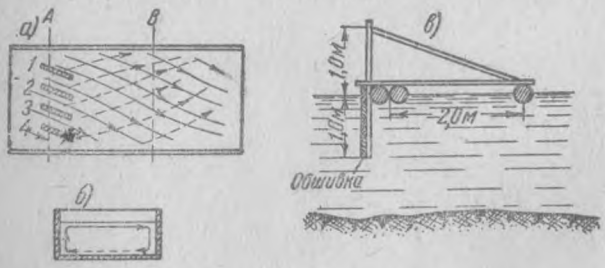


Рис. 113. Создание циркуляции пловучими щитами по способу проф. М. В. Потапова

благодаря чему создаются придонные течения, направленные к противоположному берегу (рис. 113, *а* и 113, *б*, пунктир). Очевидно, что берег, к которому направлены поверхностные течения, будет размываться, а у противоположного берега будут откладываться наносы. Таким образом на прямолинейном участке искусственно создается «сбойное» течение.

Создавая щитами желательные направления внутренних течений, можно управлять движением наносов: смывать их, направляя поверхностные течения к району, в котором желательно достигнуть размыва, и, наоборот, защищать от размыва берег, отклоняя от него поверхностные течения и привлекая к нему придонные, откладывающие наносы.

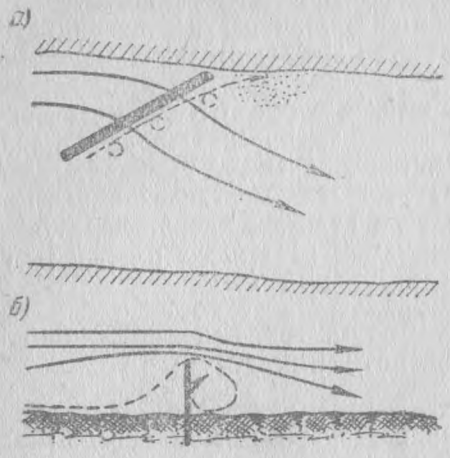


Рис. 114. Наносоуправляющее сооружение системы А. И. Лосиевского: *а* — план, *б* — поперечный разрез сооружения; сплошные линии — поверхностные струи, пунктир — придонные струи

Метод проф. М. В. Потапова не получил широкого применения на судоходных и сплавных реках, так как нельзя стеснять судоходства и сплав пловучими или донными щитами, но вне фарватера эти сооружения устанавливались с достаточным успехом.

Конструкция пловучего щита показана на рис. 113, *в*.

Способ А. И. Лосиевского заключается в устройстве донных сооружений, возвышающихся на половину глубины над дном реки и располагаемых от стрежня по направлению к берегу под углом в 20—25 и до 40 градусов к направлению течения. Наносоуправляющие сооружения А. И. Лосиевского способствуют размыву дна на фарватере реки, так как поверхностные струи направляются в сторону судового хода, а насыщенные наносами придонные струи

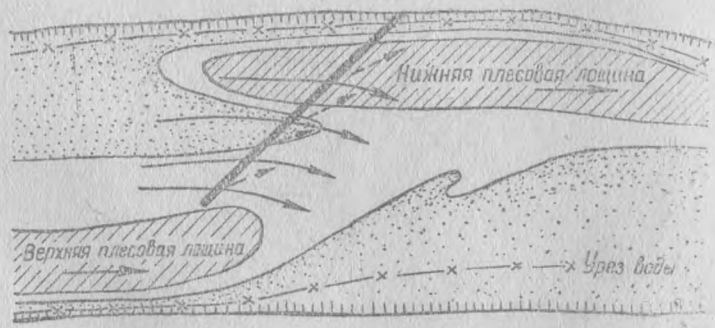


Рис. 115. Схема расположения сооружения системы А. И. Лосиевского. Сооружение перекрывает затонскую часть нижней плесовой лощины

отводятся винтообразными течениями в сторону берега (рис. 114). Эта система течений, создаваемых наносоуправляющим сооружением, защищает фарватер от обмеления. На рис. 115 показано рас-

положение в плане сооружения системы А. И. Лосиевского, перегораживающего затонскую (верхнюю по течению) часть нижней плесовой лощины. Закрытие затонских частей нижних плесовых лощин всегда полезно для судоходства в виду уменьшения свала воды через верхнюю песчаную косу.

§ 52. УКРЕПЛЕНИЕ БЕРЕГОВ

Берегоукрепительные сооружения для защиты берегов от размыва или входят составной частью в систему выправительных сооружений или представляют собой сооружения совершенно самостоятельного назначения и предназначаются для защиты от разрушения зданий и сооружений, построенных на подмываемом берегу. На реках наиболее распространенными видами берегоукрепления на подводном откосе являются тюфячные покрытия. Применяется также и каменная наброска. В основании берегового укрепления из каменной наброски укладывают расстилочный тюфяк для предохранения от размыва дна реки у берегоукрепления (рис. 116).

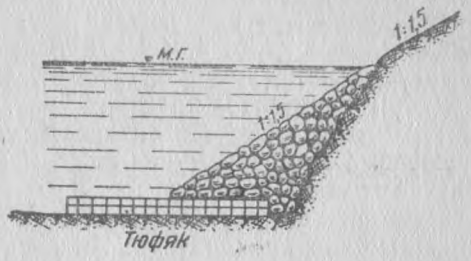


Рис. 116. Укрепление берега каменной наброской с основанием из расстилочного тюфяка

Если необходимо несколько нарастить укрепляемый берег, то устраивают опояски, т. е. дамбы из тюфячной кладки, из камня



Рис. 117. Укрепление подсыпного или нарефулированного берега

или смешанной конструкции, за которую до соединения с естественной линией берега засыпается грунт или, чаще, грунт рефулируется дноуглубительными снарядами. Укрепление подсыпанного или нарефулированного берега показано на рис. 117.

Существуют десятки типов берегоукрепительных сооружений; некоторые из них, применяемые на судоходных каналах, рассматриваются в главе VIII, а применяемые в качестве портовых набережных — в гл. IX.

§ 53. УСЛОВИЯ СУДОХОДСТВА В МЕСТАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Особые меры предосторожности надо принимать при следовании с буксирными возами и плотами около укрепленных берегов с прижимным течением. В этих местах нельзя слишком близко подходить к яру, так как возможен удар воза о берег при раскате. Особенную осторожность надо соблюдать при проходе вогнутого берега, застроенного полузапрудами. Устройство полузапруд на вогнутом берегу, как известно, не рекомендуется. Так, при регулировании перекатов по способу Лелявского вогнутые берега укрепляются, на продолжении их очертания возводятся струенаправляющие дамбы, а полузапруды устраивают только на выпуклых берегах. Однако как последствие неудачно произведенных ранее выправительных работ или вследствие больших изменений русла реки встречаются прижимные течения у берегов, застроенных полузапрудами (например, на Волге, у г. Горького выше устья Оки). В этих местах имеется опасность удара судов и плотов о головы полузапруд, а поэтому надо возможно дальше обходить их, а в случае крайней необходимости вызывать вспомогательную тягу или расчаливать очень тяжелый воз.

У мостов приходится возводить струенаправляющие дамбы и другие выправительные сооружения, имеющие назначение защищать от подмыва устои и быки моста, а также создать удобные для судоходства направления течения.

Условия прохода под мостами разнообразны и зависят от габаритов пролетов моста, расположения его, наличия или отсутствия мостовых струенаправляющих дамб и формы поймы реки. В качестве общего замечания следует лишь отметить наличие косины струй в отверстии мостов, не имеющих струенаправляющих дамб со стороны поймы; слив воды из поймы создает, как правило, косое течение у моста во время паводка. При наличии косины струй у моста необходимо вести буксирный паротеплоход ближе к той опоре моста, со стороны которой наблюдается косое свальное течение.

Кладка якорей на дно, укрепленное тюфяками, недопустима, так как результатом этого бывает порча тюфячного покрытия или утеря якоря, или же то и другое вместе. Ветвистые заграждения мало страдают от навала судов и, как правило, не могут причинить повреждения им. При проходе около плетневых выправительных сооружений необходимо соблюдать осторожность; навал на них недопустим.

ГЛАВА VI

РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА СУДОХОДНЫХ РЕК

§ 54. ВИДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА

Сток воды с материков в океан по рекам замыкает круговорот воды на земном шаре и обусловливает не только режим реки, но и самое ее существование. Полное планомерное использование

водных богатств страны возможно лишь при регулировании стока, обеспечивающем подчинение режима стока реки общему народнохозяйственному плану.

Регулирование стока состоит в перераспределении стока реки во времени; например, избыток воды, протекающей в реках во время паводков, задерживается в искусственных озерах-водохранилищах, а затем используется в маловодные периоды.

Регулирование стока производится с целью: увеличения глубин судоходных и сплавных рек, обеспечения водой гидроэлектрических станций, водоснабжения городов и промышленности, создания запасов воды, используемой для орошения земель в засушливых районах, при устройстве рыбоводных прудов, для сельского водоснабжения (устройство прудов), уменьшения наводнений и т. д. Разнообразие задач регулирования стока обязывает проектировать и строить водохранилища, учитывая интересы всех отраслей народного хозяйства, так как комплексное использование водохранилищ дает наилучший народнохозяйственный эффект.

Для уяснения условий судоходства на реках с зарегулированным стоком необходимо хотя бы кратко познакомиться с различными видами регулирования стока: 1) суточным, 2) сезонным (или годовым) и 3) многолетним. Суточное регулирование увеличивает неравномерность стока, а сезонное и многолетнее регулирование выравнивают сток.

1. Суточное регулирование стока

Суточное регулирование стока получило широкое применение в связи с использованием водной энергии. Потребление электроэнергии городами и промышленностью происходит неравномерно в течение суток: суточный график нагрузки электростанций имеет обычно два максимума (два пика) и два минимума (два провала). Один пик нагрузки приходится на дневные часы, когда одновременно работают все предприятия и учреждения, затем после некоторого снижения потребления энергии после окончания работы наступает в вечерние часы второй пик нагрузки, вызываемый расходованием электроэнергии на освещение городов и работу вечерних смен промышленных предприятий. Глубокой ночью потребление электроэнергии снижается, и в предутренние часы наблюдается наибольший провал графика нагрузки.

Бывают, конечно, отклонения от описанного типового графика нагрузки электростанций, но неравномерность выработки электроэнергии является обычным случаем. Совершенно очевидно, что для покрытия пиков нагрузки тепловым электростанциям приходится держать паровые котлы в горячем резерве (на паровых станциях) или пускать на короткий срок резервные двигатели внутреннего сгорания. В результате этого затрачивается лишнее горючее, в то время как на гидроэлектрических станциях включение и выключение водяных турбин и генераторов электрического тока производится очень быстро и без практически ощутимых потерь воды.

Поэтому при наличии в электросистеме тепловых и водяных электростанций есть расчет покрывать постоянную часть графика электронагрузки энергией тепловых станций (которые в этих условиях работают равномерно, т. е. наивыгоднейшим для них способом) и снимать пики графика нагрузки за счет энергии, вырабатываемой гидроэлектрическими станциями. При суточном регулировании в верхнем и нижнем бьефах гидроэлектростанции происходят в тех или иных размерах колебания уровня воды, оказывающие неблагоприятное влияние на условия судоходства.

2. Сезонное или годовое регулирование стока

Сезонное или годовое регулирование стока производится для перераспределения во времени годового стока.

Во время паводков расходы воды в несколько десятков раз превышают меженные расходы. За весеннее половодье некоторые равнинные реки проносят 35—75 и более процентов всего годового стока. Разливы рек во время паводков причиняют много неудобств и ущерба народному хозяйству и в том числе предприятиям речного транспорта (затопление портовых складов и помещений, судоремонтных заводов и т. п.). На больших реках при этом имеются избыточные глубины, которые не могут быть полностью использованы судоходством. Более того, во время весеннего половодья происходит порча судового хода ввиду попадания на фарватер карчей, занесения прорезей, оставшихся от предыдущей навигации, нарастания перекатов, подмыва выправительных сооружений и т. п. Уменьшение подъема воды при паводках путем задержания части паводочного стока в водохранилищах является поэтому желательным для всех (кроме рыбного промысла) отраслей водного хозяйства.

3. Многолетнее регулирование стока

Многолетнее регулирование стока имеет целью накопление воды в многоводные годы для использования водных запасов в маловодные годы; емкость водохранилища при этом должна быть весьма значительна.

Водохранилище, рассчитанное на многолетнее регулирование, будет достаточно по объему и для сезонного, а тем более и для суточного регулирования стока данной реки. Водохранилища, рассчитанные на сезонное регулирование, имеют емкости, достаточные для суточного регулирования.

§ 55. РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА СУДОХОДНЫХ РЕК

Регулирование стока судоходных рек является сезонным, а иногда и многолетним регулированием. Суточное регулирование неудобно для судоходства, и речному транспорту приходится приспособляться к условиям суточного регулирования в тех случаях, когда выгоды его для энергоснабжения превосходят неудобства

для судоходства. Регулирование стока судоходных рек прежде называли «дополнительным водоснабжением рек» или «дополнительным питанием рек», но в настоящее время эти наименования можно с бо́льшим правом отнести к случаям переброски стока воды из одной реки в другую (например, через канал имени Москвы часть стока верхней Волги перекачивается насосами в реку Москву).

При проектировании регулирования стока судоходной реки для увеличения глубин в меженний период навигации необходимо прежде всего выяснить следующие вопросы:

1) какой расход воды $Q_р$ м³/сек обеспечивает получение заданной проектной глубины и ширины судового хода по всему плесу, на котором предполагается увеличить габариты регулированием стока;

2) какой естественный меженний расход воды $Q_м$ м³/сек обеспечен на данном плесе реки в маловодные навигации;

3) какой дополнительный расход воды $\Delta Q = Q_р - Q_м$ надо давать из водохранилища для получения заданной глубины;

4) какой объем воды необходимо запасать в водохранилище и достаточен ли сток реки для получения заданной глубины и, наконец,

5) имеется ли в долине реки место для сооружения водохранилища необходимой емкости.

Для установления расчетного расхода $Q_р$ необходимо, по данным изысканий, установить для всех затруднительных перекатов данного плеса расход воды $Q_р$, при котором будет обеспечена заданная проектная гарантийная глубина $H_г$ и заданная ширина судового хода b. Если перекат не подвергается большим деформациям, то достаточно будет наложить на поперечный профиль реки вычерченные в соответствующих масштабах очертания поперечного сечения судового хода (рис. 118, *а*) и проектных габаритов, найти проектный горизонт воды и,

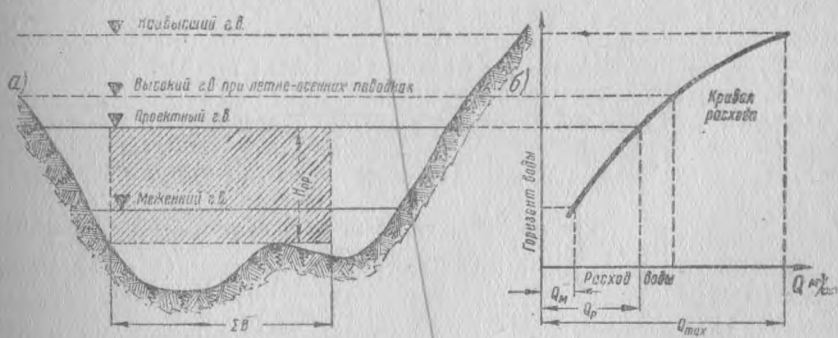


Рис. 118. Графическое определение проектного горизонта воды и расчетного расхода воды при регулировании стока: *а* — поперечный профиль реки, *б* — кривая расхода воды

снося этот горизонт воды на кривую расхода (рис. 118, *б*), т. е. на график, выражающий связь горизонта воды с расходами ее, найти расчетный расход воды $Q_р$ для данного переката. На разных перекатах плеса получаются различные расходы. Если кроме регулирования стока не предполагается применять других способов увеличения габаритов пути, то за расчетный расход для всего плеса следует принять наибольший из полученных. Обычно же, кроме регулирования стока, на особо затруднительных перекатах применяются землечерпание и выправление, что позволяет выбрать за расчетный не наибольший расход, полученный вышеуказанным способом. Меженний расход при низком навигационном горизонте воды определяется по тем же кривым расхода. В результате можно найти дополнительный расход воды $\Delta Q = Q_р - Q_м$, подлежащий выпуску из водохранилища.

Имея построенный гидрограф, т. е. график изменений секундных расходов воды в реке за годовой период (рис. 119), можно грубо подсчитать необходимый объем водохранилища по формуле:

$$W_р = 1{,}25 \times 86\,400\,(Q_р - Q_м)\,\Sigma N \quad м^3, \tag{46}$$

где:

$W_р$ — расчетный объем водохранилища в м³;

1,25 — коэфициент, ориентировочно учитывающий потери воды из водохранилища на испарение в атмосферу и на фильтрацию в грунт;

$86\,400 = 24 \times 60 \times 60$ — число секунд в сутках;

$Q_р$ и $Q_м$ — расчетный и меженний расходы воды в м³/сек.;

$\Sigma N = N_1 + N_2$ — число суток, когда требуется питание реки из водохранилища.

На рис. 119 вертикальными линиями заштрихованы части графика, изображающие недостаток воды; в сумме вертикально заштрихованные площади выражают необходимый объем регулирования (без учета потерь) в кубических метрах. Этот объем регулирования вместе с объемом потерь воды должен быть меньше или в крайнем случае равен избыточному объему паводка $W_{из}$. Этот объем показан на рис. 119 заштрихованной горизонтальными линиями частью графика. Если избыточный объем окажется меньше расчетного: $W_{из} < W_р$, то заданные габариты судового хода в маловодный год сезонным регулированием обеспечить невозможно, а следовательно, необходимо или обеспечить заданную гарантийную глубину другим способом, например, комбинируя регулирование стока с дноуглублением и выправлением, или перейти к многолетнему регулированию стока.

При отсутствии гидрометрических данных о расходах воды и невозможности построения кривых расхода для затруднительных перекатов расчетный расход в русле параболической формы можно найти приближенно по формуле:

$$Q_р \cong Q_м \sqrt{\left(\frac{h_г}{h}\right)^5} \quad м^3/сек. \tag{47}$$

где h — глубина на перекате в метрах при меженнем расходе.

(Все остальные обозначения см. выше).

Из формулы видно, что отношение расходов $\frac{Q_р}{Q_м}$ возрастает гораздо быстрее, чем отношение глубин $\frac{h_г}{h}$. Так, при увеличении глубины на 50%, т. е. при $\frac{h_г}{h} = 1{,}5$ расход $Q_р \approx 2{,}75\ Q_м$; при удвоении глубины, т. е. при $\frac{h_г}{h} = 2$, расход воды должен быть увеличен почти в шесть раз против меженнего: $Q_р \cong 5{,}65\ Q_м$, поэтому для значительного увеличения глубины судоходной реки регулированием стока надо устраивать водохранилища весьма большой емкости.

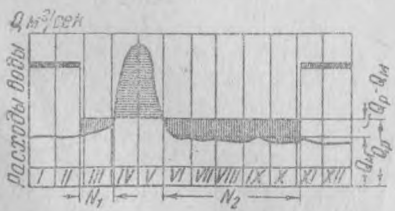


Рис. 119. Схема к приближенному расчету объема водохранилища по гидрографу

Если затруднительные перекаты реки подвергаются значительным деформациям, то $Q_р$ надо определять с учетом намыва и размыва переката.

Существовавшие в России до Великой Октябрьской социалистической революции участки рек с зарегулированным стоком получали дополнительное питание по способу попусков. Этот способ заключается в том, что дополнительный попуск воды из водохранилища в реку производился не в течение всей навигации, как это показано на рис. 119, а периодически, два-три раза в навигацию, но всего лишь на несколько дней.

Ко времени открытия плотин водохранилища собирался караван судов, который и должен был пройти весь участок. Суда, не успевшие пройти мелководный плес во время попуска, должны были останавливаться и ждать следующего попуска из водохранилища, плотина которого на период между попусками закрывалась для накопления воды. Это приводило к снижению расходов воды, а следовательно, горизонтов ее и глубин ниже естественных меженних. Такое «попускное судоходство» или «караванное судоходство» применялось на Вышневолоцкой системе, на реках Мсте, Тверце, Верхней Волге и Сухоне. И только из Белого озера, подпертого плотиной, производилось дополнительное питание всю навигацию.

Попускное судоходство настолько не удовлетворяет современным требованиям речного транспорта и народного хозяйства страны в целом, что в дальнейшем ни одно водохранилище, предназначенное для питания судоходной реки, не предполагается строить в расчете на попуски. Работа ранее выстроенных водохранилищ переводится на сезонное регулирование. Система попусков остается методом регулирования стока мелких сплавных рек.

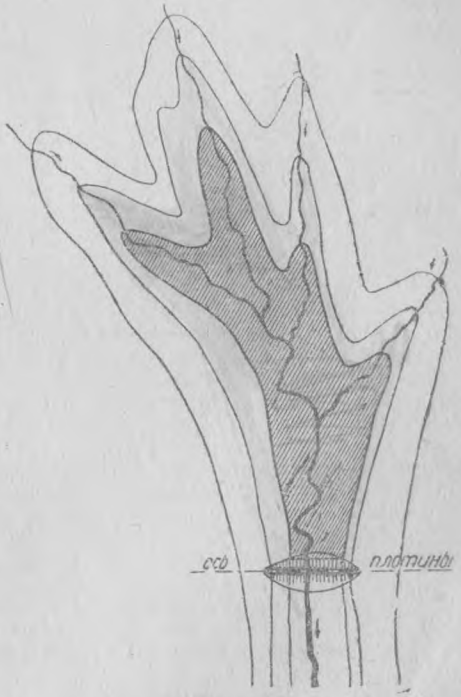


Рис. 120. Схематический план водохранилища, образованного преграждением долины реки плотиной

§ 56. ВОДОХРАНИЛИЩА

Водохранилище может быть устроено различными способами: а) преграждением долины реки плотиной (рис. 120); б) поднятием уровня воды в озере с помощью плотины, устанавливаемой в истоке реки вытекающей из озера; иногда для образования необходимой емкости приходится ограждать дамбами низкие берега озера; озерные водохранилища имеют то преимущество, что площадь затопляемых земель получается меньше, чем в водохранилищах, устраиваемых в долинах рек; в) устройством водохранилища в искусственной выемке; чрезмерно высокая стоимость таких водохранилищ исключает их применение для поддержания глубин судоходных рек.

Основными характеристиками водохранилища являются: площадь его водной поверхности, или так называемая площадь зерка-

ла, и регулирующий (полезный) и мертвый (неприкосновенный) объемы, дающие в сумме полную емкость (объем) водохранилища.

Так как уровень воды, а следовательно, объем и площадь зеркала все время изменяются в процессе наполнения и опорожнения водохранилища, то в практических целях всего удобнее определить по планам в горизонталях пло-

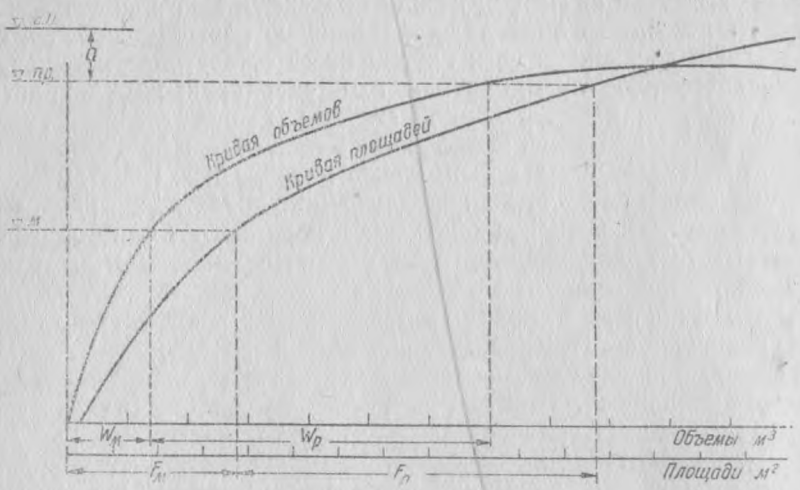


Рис. 121. Кривые площади зеркала и объема водохранилища

щади зеркала при разных уровнях воды, подсчитать объемы водохранилища, тоже при разных уровнях воды, и нанести все эти данные на график. Откладывая по вертикальной оси отметки уровня воды в водохранилище, а на горизонтальной оси — площади и объемы в масштабах, удобных для размещения на чертеже, получим кривую площадей и кривую объемов водохранилища (рис. 121). Крупные водохранилища никогда не опорожняются до дна: сработка водохранилища производится лишь до определенной отметки, называемой отметкой мертвого (неприкосновенного) объема, который оставляется в водохранилище для обеспечения водоснабжения, для сохранения рыбы и из санитарных соображений. Кроме того, минимальная отметка водохранилища при полной сработке его регулирующего объема определяется в ряде случаев необходимостью сохранения напора, обеспечивающего работу гидроэлектрической станции. Если водохранилище используется в качестве водного пути, то отметка поверхности мертвого слоя должна быть увязана с условиями движения судов или их зимнего отстоя при обычной наибольшей сработке водохранилища в зимний период.

Определив так или иначе отметку $\nabla_м$ поверхности мертвого слоя, наносим на график площадей и объемов горизонтальную пунктирную прямую, проходящую через отметку $\nabla_м$. Опустив перпендикуляр из точки пересечения этой пунктирной прямой с кривой объемов на горизонтальную ось, отсекаем горизонтальный отрезок $W_м$, изображающий в масштабе объемов емкость мертвого (неприкосновенного) объема водохранилища. Сложив расчетный объем $W_р$ — см. формулу (46) — с мертвым объемом $W_м$, находим полный объем водохранилища при максимальном его наполнении, а восстанавливая перпендикуляр к горизонтальной оси из правого конца отрезка $W_м + W_р$ и продолжая этот перпендикуляр до пересечения с кривой объемов, находим наивысшую проектную отметку $\nabla_{пр}$ горизонта воды при максимальном наполнении водохранилища. Эту отметку снесем горизонтальной пунктирной прямой на вертикальную ось. Гребень плотины должен возвышаться над проектным горизонтом. Запас по высоте a (рис. 121) назначается из ряда соображений; во всяком случае этот запас должен превосходить высоту разбивающейся у плотины волны. Отметка гребня плотины обозначена на рис. 121 знаком $\nabla_{г.п.}$

Площади зеркала при отметках УМО, УПР и любых промежуточных находят по кривой площадей точно таким же способом, как и объем по кривой объемов. По кривой площадей можно судить о размерах затопления земель водохранилищем.

До Великой Октябрьской социалистической революции в нашей стране не было крупных водохранилищ. Водохранилища Вышневолоцкой системы имеют незначительные размеры. Самым крупным водохранилищем плотинного типа было Верхневолжское, образованное построенной в истоках Волги плотиной (Верхневолжский бейшлот), подпирающей и ряд озер. Имелось два крупных водохранилища озерного типа: Белое озеро, подпертое Крохинской плотиной в истоке р. Шексны, и озеро Кубенское, подпертое плотиной Знаменитой на р. Сухоне, в 8 км ниже истока ее из озера.

В условиях капитализма строительство водохранилищ было весьма затруднительно, так как землевладельцы и земельные спекулянты непомерно вздували цены на земли, подлежащие отчуждению. Например, до советской власти по этим причинам не могли выйти из стадии бесплодного обсуждения проекты создания водохранилищ, перекрывающих пороги Днепра, Волхова и др.

При советском строе вопрос о строительстве водохранилищ решается с точки зрения интересов всего народного хозяйства в целом, поэтому за последние годы в СССР построено много водохранилищ, оказавшихся очень выгодными в эксплоатации. Суточное регулирование для снятия пиков графика потребления энергии г. Ленинградом осуществляется на Волховской и в небольших размерах на Свирской гидроэлектростанциях.

Иваньковское водохранилище, или Московское море, образованное преграждением Волги плотиной, сооруженной у входа в канал им. Москвы по объему воды в три раза превосходит старое Верхневолжское водохранилище. Выгозерское водохранилище, на Беломорско-Балтийском канале имени И. В. Сталина, по объему сливной призмы в шесть раз превосходит призму Московского моря. В 1942 году закончено строительство Щербаковского (б. Рыбинского) водохранилища, площадь зеркала которого составляет около 4600 км^2, а полный объем—около 25 млрд. кубических метров. Щербаковское водохранилище является самым большим водохранилищем не только в СССР, но и во всем мире.

§ 57. УСЛОВИЯ СУДОХОДСТВА ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ СТОКА

Регулирование стока оказывает не одинаковое влияние на условия судоходства в верхнем и нижнем бьефах: при усиленном выпуске воды из водохранилища уровень его понижается, а уровень реки ниже плотины поднимается. Эти явления в той или иной мере происходят при всех видах регулирования — суточном, сезонном, многолетнем, причем, чем больше объем водохранилища, тем меньше будут в нем колебания уровня воды. Влияние суточного регулирования на нижний бьеф выражается в двух подъемах и двух понижениях уровня воды, в соответствии с графиком нагрузки гидроэлектростанции. Наличие двух «приливных» и двух «отлив-

ных» волн создает затруднения для судоходства вследствие изменения глубин и колебания уровня воды у причалов. При недооценке этих явлений возможны аварии. Например, при временном закрытии Днепровской плотины горизонт воды в нижнем бьефе понизился, и пароход «Коминтерн» получил пробоину, ударившись о подводный камень при следовании тем же ходом, которым он благополучно прошел перед тем, как был уменьшен расход воды в нижнем бьефе.

Влияние сезонного регулирования на нижний бьеф было рассмотрено в § 54.

Все строящиеся в настоящее время крупные водохранилища будут использованы как водные пути, подобно Щербаковскому и Московскому водохранилищам, поэтому изучение условий плавания в крупных водохранилищах и так называемых озеровидных бьефах, имеет большое значение.

1. Волнение

Волнение в озере, водохранилище или озеровидном бьефе зависит от скорости ветра и его продолжительности, с одной стороны, и от формы, размеров в плане и глубины водоема, с другой стороны. Наибольшая высота волны при прочих равных условиях получается в случае совпадения направления ветра с направлением наибольшей длины водной поверхности водоема, так как при этом получается наибольшая длина разгона воды.

Существует много приближенных формул для расчета высоты и длины волны. На очень большом количестве выполненных в СССР наблюдений основываются приемы расчета размеров волны, предложенные к. т. н. В. Г. Андреяновым [1]. Ввиду обширности материала ограничимся только некоторыми формулами инж. В. Г. Андреянова для глубоких водоемов, на которых глубина H больше половины длины волны L или равна ей: $H \geqslant 0{,}5L$.

Высота волны $h_в$, т. е. расстояние по вертикали между смежными гребнем и ложбиной воды, определяется по формуле:

$$h_в = 0{,}0208 W_в^{\frac{5}{4}} D^{\frac{1}{3}} = 0{,}0208 \sqrt[4]{W^5}\ \sqrt[3]{D}\ \text{м}, \qquad (48)$$

где:

$h_в$ — высота волны в м;

$W_в$ — скорость ветра в м/сек;

D — длина разгона волны в км; для определения возможной максимальной высоты волны надо взять наибольшую для данного водохранилища длину разгона (рис. 122).

---

[1] В. Г. Андреянов. Проект технических условий и норм расчета по определению элементов ветровой волны озеровидных водоемов. 1939 г.

Длина волны L, выражаемая в метрах и представляющая собой расстояние по горизонтали между двумя смежными гребнями или ложбинами волн, определяется по формуле:

$$L = 0{,}304\, W_в D^{\frac{1}{2}} = 0{,}304\, W_в \sqrt{D} \quad м. \qquad (49)$$

На Щербаковском водохранилище высота волны достигает 2—2,5 м, что значительно превышает волну при сильном низовом ветре на больших разливах Волги. Во всяком случае к плаванию в крупных озеровидных бьефах могут быть допущены только вполне надежные, исправные суда, с прочным креплением.

Все суда, выходящие в крупные озера, и водохранилища, где обстановка устроена по компасной (кардинальной) системе, должны быть снабжены лоцманскими картами и судовыми компасами (см. § 16).

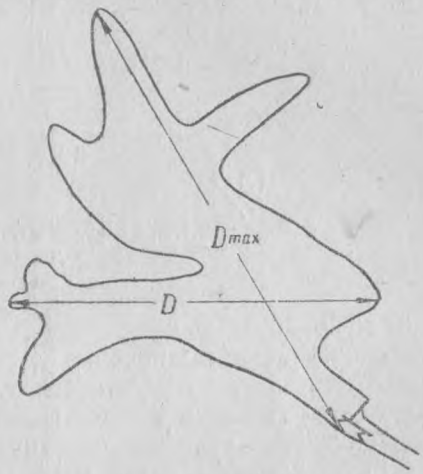


Рис. 122. Схема к определению длины разгона волны в водохранилище или в озере

2. Зимний режим

Зимний режим водохранилищ и озеровидных бьефов пока не вполне изучен. Они замерзают несколько позже, чем свободные реки; вскрытие также несколько запаздывает. Ниже плотин водохранилищ на протяжении нескольких километров реки долго не замерзают, так как большие массы сбрасываемой через ГЭС воды из водохранилища являются мощным аккумулятором тепла. Это явление наблюдается на Днепре — ниже плотины Днепрогэса им. Ленина, на Волге — ниже Щербаковского гидроузла — и на реках, вытекающих из озер. Судоремонтные базы и пункты для зимнего отстоя судов должны быть расположены с учетом зимней сработки водохранилища, так как гидроэлектростанции весьма интенсивно срабатывают воду через гидравлические (водяные) турбины в течение всей зимы, и уровень воды в водохранилище сильно понижается.

§ 58. КОМБИНИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ СУДОХОДНЫХ УСЛОВИЙ РЕК ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ СТОКА

В § 5 уже были перечислены возможные комбинированные способы улучшения судоходных условий рек. Здесь достаточно остановиться лишь на причинах, по которым комбинирование различных способов улучшения судоходных условий рек с регулированием стока является в ряде случаев наиболее рациональным решением. Сезонное, а тем более многолетнее регулирование стока умень-

шает подъем высоких весенних вод, что само по себе выгодно для народного хозяйства, так как уменьшаются убытки от затопления земель, городов, промышленных предприятий, речных портов-пристаней и судоремонтных заводов. Выгодное использование гидроэлектростанций возможно только при регулировании стока. Кроме того, уменьшение расходов воды в паводок и увеличение меженних расходов способствуют лучшей сохранности землечерпательных прорезей и лучшему действию на поток выправительных сооружений.

Регулирование стока должно весьма положительно влиять на режим и условия эксплоатации шлюзованных рек. После реконструкции «Большая Волга» будет шлюзованной рекой с зарегулированным стоком и частичным применением землечерпания в верхних частях бьефов.

ГЛАВА VII

ШЛЮЗОВАНИЕ РЕК

§ 59. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ШЛЮЗОВАНИИ РЕК. СХЕМЫ ШЛЮЗОВАНИЯ РЕК

1. Шлюзование судоходных рек

Дноочищение, дноуглубление, регулирование стока и то или иное сочетание этих способов улучшения судоходных условий рек в ряде случаев не могут обеспечить получение необходимой для судоходства глубины. Может оказаться также, что достижение заданной глубины транзита с помощью упомянутых способов улучшения судоходных условий, оставляющих реку в свободном состоянии, будет требовать бо́льших первоначальных затрат, чем шлюзование, т. е. превращение реки в систему глубоких участков (бьефов), разделенных напорными сооружениями, плотинами, поднимающими уровень воды. В ряде случаев ежегодные эксплоатационные расходы при шлюзовании будут меньше, чем при поддержании таких же глубин в условиях свободной реки.

Река должна быть шлюзована во всех случаях, когда одновременно с улучшением судоходных условий предполагается использовать энергию реки для получения электрического тока на гидроэлектрических станциях.

Шлюзование необходимо при улучшении порожистых участков рек, имеющих чрезмерно большие падения, уклоны и скорости, так как, оставляя порожистый участок в свободном состоянии, нельзя создать на нем нормальных условий для судоходства. После шлюзования порожистый участок обращается в удобный для судоходства путь, имеющий малые скорости течения, а сила падения воды используется для получения электроэнергии. Равнинные реки, с малыми уклонами, приходится шлюзовать в случае технической невозможности или нецелесообразности с экономической точки зрения получения необходимых глубин в свободном их состоянии.

Шлюзование реки заключается в прегражденнии ее плотинами, поднимающими уровень воды и увеличивающими таким образом глубины на перекатах и порогах. В результате шлюзования река обращается в искусственный водный путь, состоящий из цепи глу-

боких, с замедленным течением, похожих на озера участков, разделенных плотинами. Участки шлюзованной реки выше и ниже каждой плотины называются бьефами. Продольный профиль поверхности воды шлюзованной реки имеет ступенчатый вид. Разность

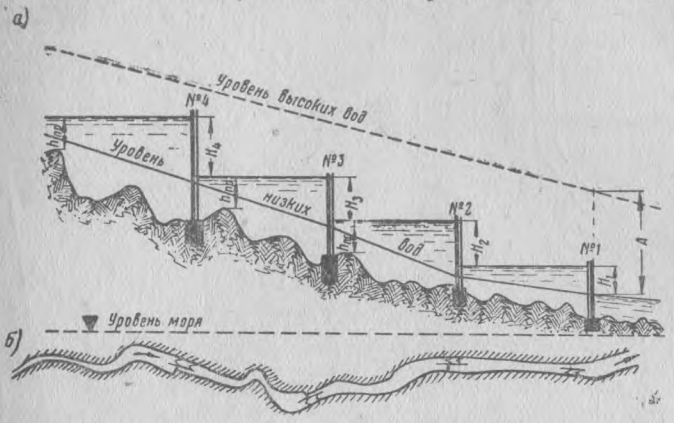


Рис. 123. *а* — схематический продольный профиль шлюзованной реки с затопляемыми плотинами и шлюзами: A — амплитуда колебаний уровней воды: H_1, H_2, H_3, H_4 — напоры плотин и шлюзов: $h_{пр}$ — проектная глубина после шлюзования; № *1*, № *2*, № *3*, № *4* — номера плотин и шлюзов.

уровней бьефов, или напор, может иметь различную величину, и плотины могут быть затопляемыми при паводках (рис. 123) или незатопляемыми даже при самых высоких паводках (рис. 124). Незатопляемые плотины строятся в тех случаях, когда необходимо круглый год иметь напор воды, обеспечивающий непрерывную работу гидроэлектрической станции.

Если пороги разделяют два плеса, по которым возможно судоходство при свободном состоянии реки, то шлюзование может быть ограничено постройкой одного сооружения (рис. 125), как, например, на р. Волхове. На Днепре также имеется пока одна плотина, перекрывшая порожистый участок. В дальнейшем намечается шлюзование Днепра выше и ниже участка, подпертого плотиной Днепрогэс имени Ленина.

Иногда бывает выгодно для спрямления извилин реки устраивать при шлюзовании боковые, обходные, или деривационные, каналы. В этом случае на участке реки между концами обходного (деривационного) канала не надо поддерживать судоходные глубины.

На рис. 126 изображен продольный профиль шлюзованной реки с длинным обходным каналом между шлюзом № 1 и шлюзом № 2 (на рис. 126 — между *ш. 1* и *ш. 2*) и двух сравнительно коротких деривационных каналов у *ш. 1* и *ш. 3*. Поверхность воды в деривационных каналах показана пунктиром, в бьефах реки — сплошной линией со штриховкой; плотины показаны одной вертикальной линией, шлюзы — двумя.

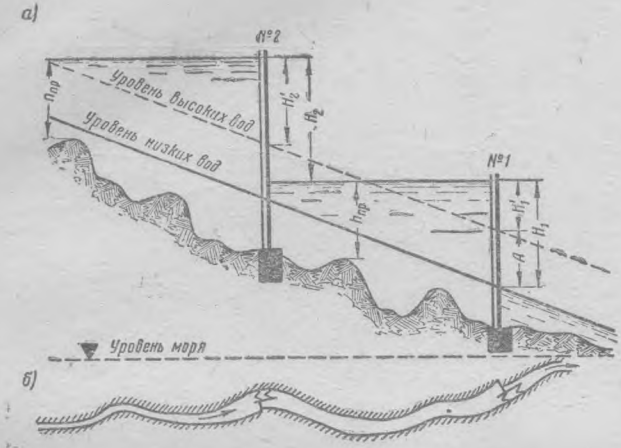


Рис. 124. *а* — схематический продольный профиль шлюзованной реки с незатопляемыми плотинами и шлюзами: *А* — амплитуда колебаний уровней воды до шлюзования; H_1 и H_2 — наибольшие напоры плотин и шлюзов; H'_1 и H'_2 — наименьшие напоры плотин и шлюзов во время паводка; $h_{пр}$ — проектная глубина после шлюзования; № *1* и № *2* — номера плотин и шлюзов; *б* — план

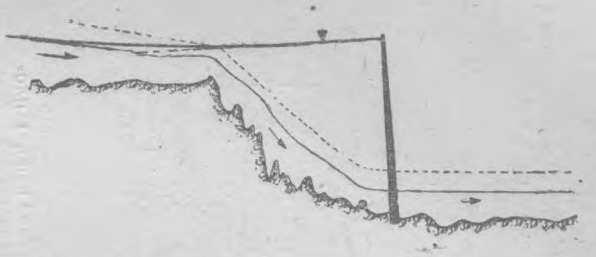


Рис. 125. Шлюзование порожистого участка реки одним сооружением

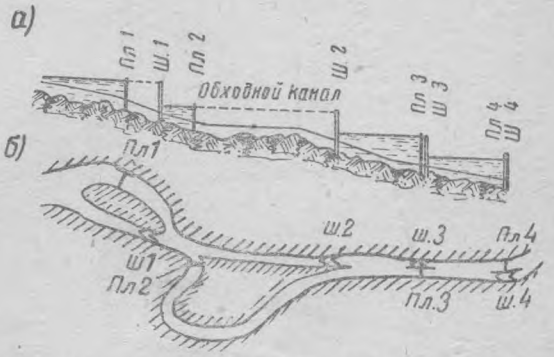


Рис. 126. *а* — схематический продольный профиль шлюзованной реки; шлюзы №№ *1* и - расположены в обходных деривационных каналах; *б* — план

2. Понятие о шлюзе и его действии

Назначение судоходного шлюза заключается в пропуске судов из одного бьефа в другой. При проходе из верхнего бьефа в нижний судно (или группа судов — воз, караван) опускается на высоту, равную напору шлюза; при проходе из нижнего бьефа в верхний судно поднимается на ту же высоту.

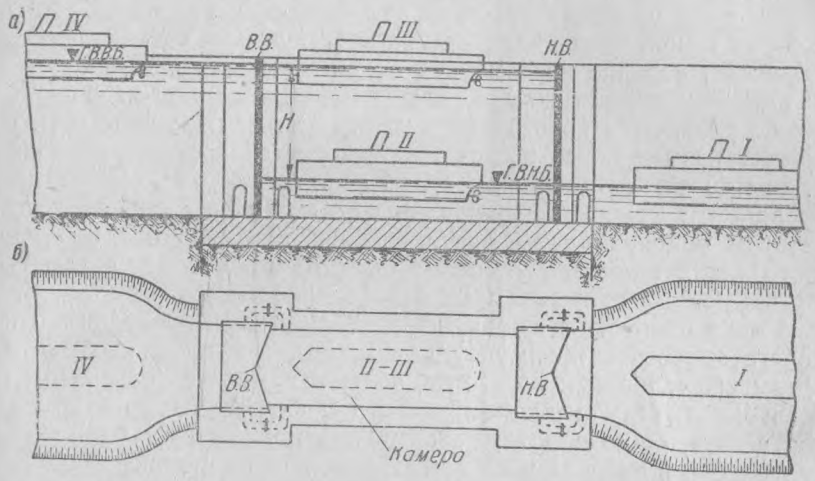


Рис. 127. Схема судоходного шлюза

Основной частью судоходного шлюза является камера (рис. 127) с воротами в ее торцевых частях. Обозначим верхние ворота — *В. В.*, нижние — *Н. В.* Напор шлюза *Н*, равный разности отметок горизонта воды верхнего бьефа, который будет кратко

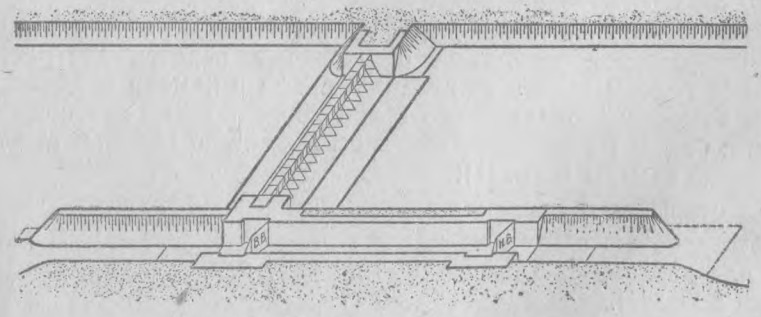


Рис. 128. Шлюз и разборчатая плотина

обозначаться *Г. В. В. Б.* и горизонта воды нижнего бьефа — *Г. В. Н. Б.*, поддерживается или верхними воротами, когда камера опорожнена, или нижними воротами, когда камера наполнена. Группа гидротехнических сооружений, связанных между собой конструктивно (рис. 128) или даже расположенных по отдельности,

но на одних и тех же границах как верхнего, так и нижнего бьефов (например, плотина в русле реки, а шлюз в канале, обходящем плотину), называется узлом гидротехнических сооружений или кратко гидроузлом. На рис. 128 изображен простейший гидроузел на шлюзованной реке. Такой гидроузел состоит: 1) из плотины, удерживающей напор воды верхнего бьефа (на рис. 128 верхний бьеф расположен слева), и 2) из судоходного шлюза, предназначенного для пропуска судов из одного бьефа в другой. Ворота находятся в концевых частях камеры шлюза, называемых шлюзными головами; верхние ворота установлены в верхней голове шлюза, нижние — в нижней голове. Стены шлюзных голов несколько толще по сравнению со стенами камеры, так как в толще стен голов обычно размещаются водопроводные устройства, предназначенные для наполнения и опорожнения камеры шлюза, затворы этих водопроводов и механизмы, приводящие в движение ворота шлюза, и затворы водопровода. В стенах шлюзных голов имеются углубления (ниши), называемые шкафами, куда входят полотнища ворот при их полном открытии (показаны пунктиром на рис. 127, *б*).

Перед пропуском судна шлюз должен быть приведен в состояние готовности к приему судна из верхнего или нижнего бьефа путем выравнивания горизонта воды в камере с горизонтом воды того бьефа, откуда нужно принять судно, после чего открываются соответствующие ворота, которые при полном открытии входят в углубления в шкафах и не мешают движению судов.

Пропуск через шлюз судна или буксирного воза, состоящего из нескольких судов (каравана), например, из нижнего бьефа в верхний, состоит из следующих операций (см. рис. 127):

1) судно, ожидавшее входа в камеру шлюза в положении *I*, вводится в камеру и занимает положение *II* («ввод судна в шлюз»);

2) закрываются нижние ворота и затворы водопроводных отверстий нижней головы шлюза («закрытие нижних ворот»);

3) через водопроводные отверстия в воротах или в стенках верхней головы шлюза из верхнего бьефа в камеру впускается вода и камера наполняется до выравнивания горизонта воды в камере с Г. В. В. Б., при этом судно всплывает до положения *III* («наполнение камеры шлюза»);

4) открываются верхние ворота («открытие верхних ворот»);

5) судно выводится из камеры в верхний бьеф, в положение *IV*, для дальнейшего следования по реке или каналу («вывод судна из шлюза»).

Если необходимо прошлюзовать еще одно судно (воз) из нижнего бьефа в верхний, то необходимо после выполнения первых пяти маневров проделать еще следующие операции: закрыть верхние ворота и водопроводные отверстия верхней головы шлюза; опорожнить камеру шлюза путем открытия водопроводных отверстий в нижних воротах или в нижней голове до выравнивания горизонта воды в камере с Г. В. Н. Б.; открыть нижние ворота. Затем должны

быть повторены операции с первой по пятую для проводки судна из нижнего бьефа в верхний.

Пропуск судов (возов) через шлюз в одном направлении называется односторонним шлюзованием.

При одностороннем шлюзовании для пропуска судна из верхнего бьефа в нижний порядок операций будет следующий (считая, что шлюз подготовлен к приему судна из верхнего бьефа, т. е. камера наполнена и верхние ворота открыты):

1) ввод судна из верхнего бьефа в камеру;
2) закрытие верхних ворот;
3) опорожнение камеры;
4) открытие нижних ворот;
5) вывод судна в нижний бьеф;
6) закрытие нижних ворот;
7) наполнение камеры;
8) открытие верхних ворот.

Операции, выполняемые при двустороннем шлюзовании, совпадают от первой до пятой с операциями, необходимыми при одностороннем шлюзовании. Далее следуют:

6) ввод судна из нижнего бьефа;
7) закрытие нижних ворот;
8) наполнение камеры;
9) открытие верхних ворот;
10) вывод судна в верхний бьеф.

Из изложенного видно, что односторонний пропуск одного судна или одного воза через шлюз простейшего типа, показанного на рис. 127 и 128, требует восьми операций, а двухсторонний пропуск — всего десяти операций на два судна или на два воза, идущих в противоположных направлениях.

3. Гидроузлы, затопляемые и незатопляемые

Гидроузлы, затопляемые и незатопляемые, различаются по составу гидросооружений, условиям эксплоатации и пропуска судов.

Состав гидротехнических сооружений гидроузла может быть весьма разнообразным. В простейшем случае комплекс водоподпорных и прочих сооружений, расположенных в одном пункте, состоит из плотины и шлюза. Например, на рис. 128 показан гидроузел, состоящий из разборчатой плотины и шлюза. Кроме плотин и шлюзов в состав всех незатопляемых, а иногда и затопляемых гидротехнических узлов входят гидроэлектрические станции. В случае необходимости возводятся сооружения для пропуска плотов, бревен и рыбы — плотоходы, бревноспуски и рыбоходы.

Затопляемыми гидроузлами называются такие сооружения шлюзованной реки (плотины и шлюзы) низкого напора, верхние площадки которых расположены ниже уровня высоких вод реки, а следовательно, покрываются водой при паводках. В то время, когда низконапорный затопляемый гидроузел покрыт водой, будут, разумеется, затоплены и площадки судоходного шлюза.

Пропускать суда через затопленный шлюз совершенно невозможно, а потому плотины затопляемых гидроузлов строят разборчатыми, что позволяет открывать на время паводка все отверстие плотины, через которое и пропускаются суда и плоты. Большой недостаток затопляемых гидроузлов — невыгодность использования водной энергии на затопляемом гидроузле, так как гидроэлектрическая станция не может работать при затоплении сооружения в паводок.

Незатопляемыми называют такие гидроузлы, верхние площадки которых всегда находятся выше уровня верхнего бьефа реки и не покрываются водой при самых высоких паводках. В состав незатопляемого гидроузла входит обычно кроме плотины и судоходного шлюза также и гидроэлектрическая станция. Плотины, пропускающие воду переливом через гребень их водопропускной части, тоже называются незатопляемыми, если их устои, промежуточные быки и дамбы, соединяющие плотину с берегом, возвышаются над водой при самом высоком паводке. При незатопляемых сооружениях плотина всегда поддерживает напор, и пропуск через нее судов никогда не производится. В этом случае движение судов происходит исключительно через шлюз.

После Великой Октябрьской социалистической революции в нашей стране широко развернулось строительство незатопляемых гидроузлов, обеспечивающих круглогодовую выработку электроэнергии на гидростанциях. Для народного хозяйства незатопляемые гидроузлы имеют большую ценность.

4. Разбивка шлюзованной реки на бьефы

Распределение сооружений по длине реки и выбор подпорных отметок верхних бьефов обосновывают всесторонним техническим и экономическим анализом возможных вариантов. Всю эту часть проектной работы называют кратко «разбивкой реки на бьефы».

Число напорных сооружений и распределение их по длине реки определяются в зависимости от целей шлюзования, принятой схемы шлюзования — затопляемыми или незатопляемыми сооружениями.

С точки зрения интересов судоходства основным требованием является увеличение глубины транзита. Разбивка реки на бьефы должна производиться прежде всего, исходя из условий затопления всех перекатов и порогов в верхнем бьефе данной плотины слоем воды, равным или бо́льшим заданной проектной глубины; например, на схеме шлюзования по рис. 123 и 124 обеспечена глубина $h_{пр}$. При устройстве деривационных каналов указанное требование относится только к тем участкам речного русла, которые используются как транзитный водный путь. Разумеется, деривационные каналы устраиваются при этом глубиной, не меньшей проектной.

Проектные отметки горизонтов воды верхних бьефов надо назначать с полным учетом режима перекатов. Если подпором плотины перекрывают участок реки с достаточно устойчивым рельефом мелких мест судового хода, как-то: каменистые пороги и мало де-

формирующиеся перекаты, то отметка верхних бьефов будет равна наивысшей отметке дна судового хода на участке, перекрываемом подпором данной плотины, плюс проектная глубина; при наличии же сильно деформирующихся перекатов назначение подпорных отметок затопляемых сооружений по вышеизложенному способу не гарантирует получения заданной проектной глубины. Перекаты, сильно наросшие во время паводка, не успевают еще подвергнуться размыву, а подпор плотины уже вызывает уменьшение скоростей течения и прекращение процесса естественного смыва наносов с гребня переката. В результате на некоторых шлюзованных реках для достижения запроектированной (или даже меньшей) глубины приходится проводить ежегодно дноуглубительные работы на транзите. Отсюда очевидно, что в дальнейшем при составлении проектов шлюзования рек необходимо учитывать режим перекатов (см. § 46 и рис. 96).

С точки зрения энергетического хозяйства желательно сосредоточить возможно бо́льшие напоры на сооружениях за счет сокращения их числа, так как при увеличении напора и меньшем числе гидроэлектрических станций стоимость электроэнергии обычно понижается. Кроме того, сосредоточение напора и образование бьефов с большой емкостью, т. е. водохранилищ, увеличивает возможности регулирования стока в соответствии с графиком электронагрузки (см. главу VI).

Однако повышение подпорной отметки сопряжено с затоплением земель, населенных пунктов и промышленных предприятий. Затраты, связанные с затоплением, например, переселение колхозов, защита городов от затопления, перенос железных дорог, приходится обычно включать в расходы по устройству гидроэлектрической станции. Если шлюзование производится только в целях судоходства, то затраты, связанные с затоплением земель, относятся к расходам по устройству водного пути.

Вследствие сложности вопроса о выборе схемы размещения узлов гидротехнических сооружений приходится разрабатывать несколько вариантов разбивки реки на бьефы. Разумеется, каждый из вариантов должен обеспечивать достаточную пропускную способность водного пути.

5. Влияние шлюзования на судоходство

Влияние шлюзования на судоходство выражается: а) в увеличении глубин, б) в увеличении пропускной способности водного пути, в) в уменьшении скоростей течения, г) в некотором спрямлении судового хода.

Увеличение глубин, являющееся целью шлюзования, позволяет плавать по реке судам с большей, чем до шлюзования, осадкой или, если шлюзуется несудоходная до этого река, то шлюзование делает возможным судоходство.

После шлюзования грузооборот реки обычно значительно увеличивается.

Пропускная способность реки после шлюзования возрастает прежде всего вследствие увеличения осадки, а следовательно, большей загрузки судов. Дальнейшее увеличение пропускной способности возможно путем постройки рядом второго, третьего и даже четвертого шлюзов. Такие шлюзы называются параллельными. Все же шлюзы ограничивают пропускную способность пути определенным числом шлюзований (пропусков).

Уменьшение скоростей течения после шлюзования, обусловленное повышением горизонта воды, происходит неравномерно по длине бьефа. Наименьшие скорости получаются непосредственно выше плотины. Уменьшение скоростей после шлюзования благоприятно отражается на эксплоатации флота даже при одинаковых грузопотоках вниз и вверх, не говоря уже о тех случаях, когда основные перевозки направлены снизу вверх, как, например, на Волге, где нефть, соль, хлеб, уголь, хлопок перевозятся с низовьев на верхний плес.

При большом числе шлюзов затрата времени на шлюзование будет значительна, особенно, если шлюзы устраивают на очень близких расстояниях друг от друга. Если же шлюзы, как это будет на «Большой Волге», будут находиться на расстоянии сотен километров один от другого, то затрата времени на шлюзование по сравнению с длительностью рейса судна будет очень невелика.

Уменьшение скоростей течения и необходимость прохода шлюзов заставляют отказаться от транспортировки древесины сплавом: по шлюзованным рекам плоты должны двигаться только за тягой.

Спрямление судового хода всегда имеет место в той или иной мере после шлюзования вследствие затопления при подпоре низких песков, т. е. кос, побочней. Кроме того, шлюзование реки сопровождается иногда спрямлением извилин и устройством шлюзов в деривационных каналах (см. § 72. Шлюзы в реке и шлюзы в деривации).

6. Затопление земель

Шлюзование сопровождается затоплением низких мест долины реки, причем размеры затопления земель увеличиваются вследствие наличия кривой подпора (см. жирную сплошную линию на рис. 125).

Грубо приближенно длина подпорной кривой может быть найдена по формуле:

$$L \cong \frac{2H}{1000\,i} \text{ км}, \tag{50}$$

где:

L — длина подпорной кривой в км;
H — подпор, создаваемый плотиной, в м;
i — естественный поверхностный уклон реки.

При затоплении широких пойм в бьефах шлюзованной реки возможно образование значительных волн (см. § 57).

§ 60. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЛОТИНАХ, УСТРАИВАЕМЫХ ПРИ ШЛЮЗОВАНИИ РЕК

Плотинами называют водоподпорные сооружения, перегораживающие реку или другой водоем и поддерживающие с одной своей стороны воду на более высоком уровне, чем с другой. Разность уровней воды в верхнем и нижнем бьефах $H = H_1 - H_2$ называется напором или подпором (рис. 129). Если вода в нижнем бьефе отсутствует, то

$$H = H_1 .$$

Тело плотины ограничено со стороны верхнего бьефа напорной гранью AB (рис. 129, $а$), сверху — гребнем BC, со стороны нижнего бьефа — низовой гранью CD. Поверхность между плотиной и грун-

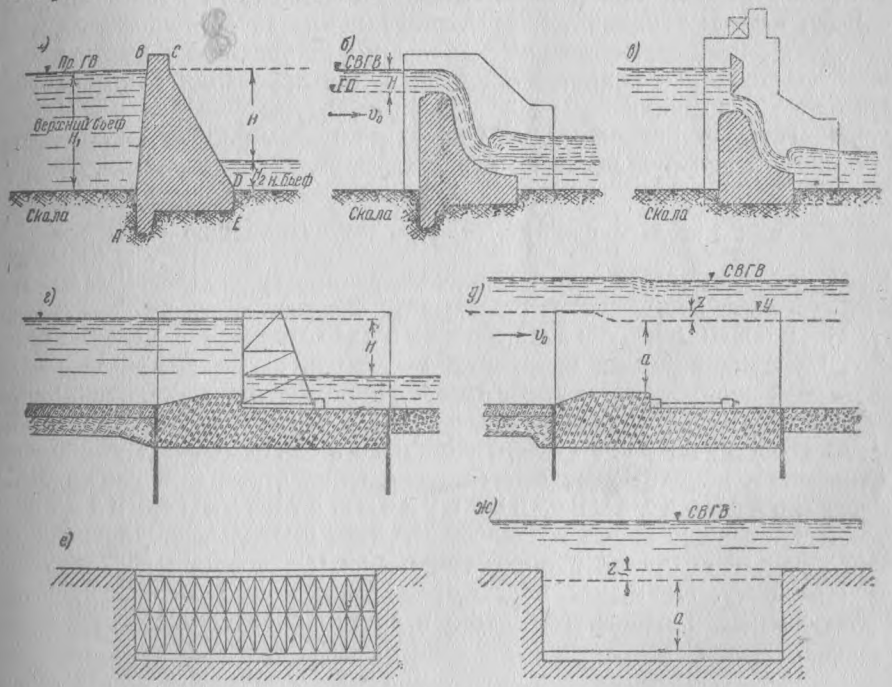


Рис. 129. Схемы плотин и пропуски через них воды: $а$ — глухая плотина; $б$ — водосливная плотина без затворов; $в$ — водосливная плотина с затворами на гребне; $г$, $д$, $е$, $ж$ — разборчатая судоходная плотина

том основания называется подошвой плотины (AE на рис. 129, $а$).

Плотины значительной длины, предназначенные для защиты прибрежных земель от затопления и устраиваемые обычно из земли, называются валами или дамбами.

Значение плотин при шлюзовании рек очень велико. Основными и необходимыми для шлюзования реки сооружениями являются плотины, увеличивающие глубину подпором воды. Что касается шлюзов, то они иногда могут быть заменены и другими сооружения-

ми для пропуска судов из одного бьефа в другой: судоподъемниками, наклонными плоскостями и судовозными дорогами. Если на реке предполагается только сплав, то при плотинах достаточно иметь только плотоходы и бревноспуски. Еще в прошлом столетии эксплоатировались реки, подпертые плотинами без шлюзов при них. Пропуск судов производился через разборчатую часть плотины. Такие плотины, затрудняющие или исключающие возможность движения судов вверх по реке, теперь не применяются.

В настоящее время в подавляющем большинстве случаев пропуск судов на шлюзованных реках производится через шлюзы в течение всей навигации (если плотины незатопляемые) или только в тот период, когда плотины поддерживают напор. Во время прохода высоких вод, затопляющих шлюзы, движение судов происходит через судоходные пролеты, приспособленные для прохода судов открытием разборчатой части плотины на время паводка.

Судоходные шлюзованные каналы могут совсем не иметь плотин: поддержание напора и пропуск судов производятся только с помощью шлюзов.

Плотины устраиваются не только на водных путях, но и для удовлетворения нужд других отраслей народного хозяйства.

1. Классификация плотин по назначению

По назначению плотины разделяются на водоподъемные и водоудержательные.

а) Водоподъемные плотины строятся с целью поднятия уровня воды на некоторую высоту для увеличения глубин, для получения напора, используемого гидроэлектрической станцией, для вывода воды в оросительный канал и т. д.

б) Водоудержательные плотины образуют водохранилища, необходимые для регулирования стока (см. главу VI).

в) Водоподъемно-водоудержательные плотины. В настоящее время все чаще строятся плотины, предназначенные как для создания напора, так и для образования регулирующей емкости. Примером подобного комплексного использования являются все плотины, входящие в состав сооружений «Большой Волги».

2. Классификация плотин по способу пропуска воды и судов

При любом назначении плотины необходимо обеспечить пропуск того или иного расхода воды из верхнего бьефа в нижний, что может быть осуществлено различными способами.

а) Глухие плотины (рис. 129, *а*) не приспособлены к пропуску воды через гребень; вода пропускается в обход плотины, через водосливы и водоспуски, устроенные вне тела плотины в виде водосбросных каналов, труб и тоннелей. Для пропуска воды устраивают также отверстия в нижней части тела плотины. Такие плотины называют «глухими с донными отверстиями». Управление за-

творами водопропускных отверстий производится из башни, воздвигаемой близ плотины в верхнем бьефе.

б) Водосливные плотины приспособлены для пропуска воды переливом через гребень. По типу водоспускных отверстий они в свою очередь делятся на несколько видов.

в) Водосливные плотины без затворов на гребне (рис.129, *б*) предназначены для сброса излишней воды во время паводка. Через плотину с высоким порогом (рис. 129, *б*) пропуск судов невозможен.

г) Водосливные плотины с затворами в пролетах плотины на ее гребне дают возможность лучшего по сравнению с водосливами без затворов регулирования расходов и уровней воды. Истечение воды может происходить или из-под затвора (рис. 129, *в*), или поверх его, или при полностью поднятом затворе.

Пороги водопропускных пролетов с затворами могут быть заложены на более низких отметках, чем пороги водосливных отверстий без затворов, так как закрытые затворы поддерживают заданную проектную отметку в верхнем бьефе, значительно превышающую отметку порога. Для пропусков паводка затворы открываются.

д) Разборчатые судоходные плотины. Устраивая порог плотины настолько низким, чтобы на нем была необходимая для судоходства глубина, и обеспечивая при полностью открытых затворах образование в отверстии плотины скоростей движения воды, не превышающих допустимые для движения караванов судов против течения, можно создать плотину, пригодную для пропуска судов. Подобные плотины, называемые разборчатыми судоходными плотинами, имеют затворы таких типов и конструкций, что при открытии их через судоходный пролет обеспечено движение судов определенных габаритных размеров.

На рис. 129, *г* схематически показан поперечный разрез, а на рис. 129, *е* — фасад судоходной разборчатой плотины в собранном виде, когда плотина поддерживает напор.

Разобранная для пропуска паводка плотина схематически показана в поперечном разрезе на рис. 129, *д* и в продольном разрезе — на рис. 129, *ж*. Если плотина затопляемая, то отметка самого высокого горизонта воды (С.В.Г.В.) превышает отметку площадок береговых устоев. Для достижения в отверстии плотины скоростей течения, не превышающих допустимые, с точки зрения интересов судоходства, разность уровней бьефов (перепад) при разобранных затворах должна быть весьма небольшой (см. § 66).

Подытожим все сказанное выше.

А. В состав незатопляемых гидроузлов могут входить плотины следующих типов:

а) глухие, например, типа, показанного на рис. 129, *а*;

б) водосливные с высоким порогом без затворов на гребне (см. рис. 129, *б*);

в) или водосливные с затворами на высоком пороге (см. рис. 129, *в*).

Плотины этих типов могут поддерживать напоры в десятки метров.

Пропуск судов в течение всей навигации производится исключительно через шлюз;

г) разборчатые судоходные плотины могут входить в состав незатопляемых гидроузлов только в случае малых амплитуд A колебаний горизонта воды, при условии $A < H$ (см. рис. 124). Величина же возможного напора, обусловленная конструкцией затворов судоходных разборчатых плотин, весьма ограничена: обычно $H = 2 \div 5$ м. Такие небольшие амплитуды колебаний горизонтов воды характерны для рек с озерным питанием. На них плотины вида, изображенного на рис. 129, *г*, *д*, *е*, *ж*, могут работать как незатопляемые.

Б. В состав затопляемых гидроузлов на судоходной шлюзованной реке могут входить только судоходные разборчатые плотины (см. рис. 129, *г*, *д*, *е*, *ж*), обеспечивающие возможность пропуска судов в периоды, когда судоходный шлюз не может работать вследствие затопления водой его площадок. Суда пропускаются через отверстие плотины—как при не затопленных еще береговых устоях (см. пунктир на рис. 129, *д* и *ж*), так и при полном затоплении устоев плотины.

3. Классификация плотин в зависимости от материала

При постройке плотин необходимо возможно шире использовать местные материалы.

1) Земляные плотины возводятся из песчано-глинистых, песчаных, гравелистых и других подобных грунтов. Земляные плотины, возводимые путем насыпания и уплотнения грунта, являются древнейшими гидротехническими сооружениями. В последнее время получили распространение способы гидравлической укладки грунта (намывом). Плотины, возводимые с помощью гидромеханизации, называются намывными.

2) Плотины из каменной наброски.

3) Плотины из земли и каменной наброски. Профиль плотины смешанного типа характеризуется укладкой земли с напорной стороны, где необходимо добиться наибольшей водонепроницаемости, и применением каменной наброски с низовой стороны.

4) Каменные плотины. Применение плотин из каменной кладки на цементном растворе в настоящее время ограничено из-за невозможности механизировать процесс укладки камня.

5) Бетонные плотины, процесс возведения которых в значительной степени механизирован, получили самое широкое распространение. Крупнейшей бетонной плотиной в СССР является Днепровская, примыкающая к Днепрогэс имени Ленина. Объем бетонной кладки ее составляет 820 000 м³, весь же объем бетона, уложенного в сооружения Днепровского гидроузла, составляет 1 180 000 м³.

6) Железобетонные плотины состоят из железобетонных или бетонных опор (быки, контрфорсы) и перекрывающих их тонких железобетонных плит или арок.

7) Деревянные плотины ввиду сравнительной дешевизны и быстроты постройки имеют широкое применение в районах, богатых лесом. Деревянные плотины старых русских типов имеют высоту не более 4—6 м. За последнее десятилетие в СССР возведены деревянные плотины высотой до 15,5 м новой конструкции, разработанной советскими гидротехниками.

8) Металлические плотины. Плотины неподвижные, целиком из металла, устраиваются очень редко; в СССР не применяются.

Металлические затворы и прочие металлические подвижные части плотин имеют самое широкое распространение. Металлические подвижные конструкции низконапорных разборчатых судоходных плотин практически воспринимают всю нагрузку от воды.

9) Плотины из различных материалов. Плотины сооружаются из следующих материалов в различной их комбинации: дерево, камень, бетон, железобетон, металлы и земля. Ввиду чрезвычайного разнообразия типов и конструкций плотин мы ограничиваемся рассмотрением лишь главнейших типов и их основных частей.

Простейшими в конструктивном отношении являются плотины:

водохранилищные (водоудержательные) глухие земляные и бетонные плотины. Их основные части: а) тело плотины, б) сопряжения тела плотины с естественным основанием ее и берегами долины и в) водопропускные отверстия в теле плотины или в стороне от нее;

разборчатые судоходные плотины с низкими порогами (см. рис. 129, *г*, *д*, *е*, *ж*). Они имеют следующие части: а) флютбет, б) береговые устои, в) быки, г) затворы или разборчатую часть плотины, д) служебный мостик, обычно тоже устраиваемый разборчатым и убираемым на берег одновременно с открытием пролетов плотины.

На судоходных шлюзованных реках СССР в составе затопляемых гидроузлов преобладающее распространение имеют плотины с одним пролетом, без промежуточных бычков (см. рис. 129, *е* и 129, *ж*), так как затопленные бычки мешают судоходству.

4. Основания и флютбеты плотин

Грунтовые условия являются при постройке крупных гидротехнических сооружений, в частности, плотин, одним из главнейших факторов, определяющих конструкцию сооружения.

В основном грунты могут быть разделены на скалистые и мягкие (песчаные, глинистые и смешанные).

Фильтрация воды под плотинами. Под напором, создаваемым плотиной, вода проникает в грунт и просачивается, т. е. фильтруется в нем по направлению к нижнему бьефу. Основным условием надежного существования плотины является предохранение грунта под плотиной от вымыва фильтрующей водой.

Если плотина построена на водопроницаемом грунте, то необходимо так устроить весь подводный фундамент, называемый флютбетом, чтобы скорость фильтрации была доведена до очень малых значений, при которых фильтрующаяся под плотиной вода уже не в состоянии вымывать грунт.

Если плотина построена на скалистых грунтах, то вода под напором может проникать в трещиноватое скальное основание ее.

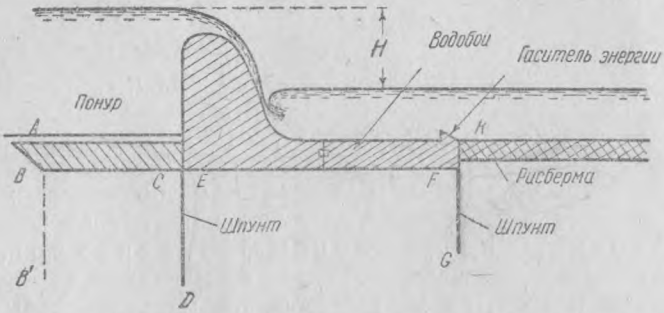


Рис. 130. Схема подземного контура водосливной плотины на водопроницаемом основании из мягких грунтов

Поэтому плотины с таким основанием соединяются обычно со скалой с помощью бетонного зуба, т. е. врезанной в скалу более пониженной части плотины (см. рис. 129, *а* и *б*).

Флютбеты плотин. Составные части плотины, расположенной на водопроницаемом основании из мягких грунтов, показаны на рис. 130. Подводная часть плотины, называемая флютбетом, состоит обычно из трех частей: собственно тела плотины и непосредственно присоединенного к нему водобоя, понура и рисбермы. Весьма важное значение имеют входящие в состав флютбета шпунты (см. рис. 130 и 131).

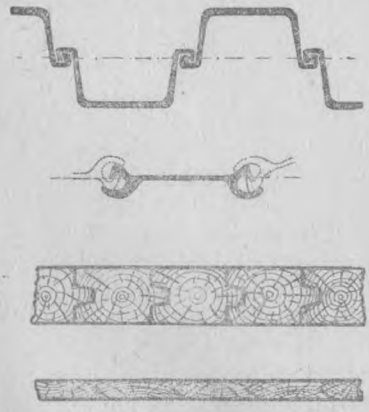


Рис. 131. Металлические и деревянные шпунты (вид в плане)

Тело плотины создает напор (часть напора могут поддерживать затворы на гребне плотины) и воспринимает на себя вместе с водобоем воздействие струй переливающейся воды.

Понур представляет собою водонепроницаемое покрытие дна в верхнем бьефе, перед плотиной; он служит для удлинения пути фильтрации воды. Понур выполняется в виде слоя мятой глины, защищенного сверху от размыва железобетонными плитами, мостовой или покрытием в виде сплошной железобетонной плиты.

Рисберма делается водопроницаемой для вывода в нижний бьеф профильтровавшейся под водобой воды, что необходимо для уменьшения давления на водобой снизу вверх.

Основное же назначение — защита от размыва русла реки на участке ниже плотины.

Шпунты представляют собой обычно забитые в грунт свайным молотом деревянные, металлические (рис. 131) и, реже, железобетонные сваи-шпунты, составляющие сплошные стенки. Соединение между отдельными сваями шпунтового ряда делают плотным, водонепроницаемым, чтобы шпунт в полной мере выполнял свое назначение — удлинять пути фильтрации потока грунтовых вод под сооружением. Главнейшую роль играет верховой шпунт (*CD* на рис. 130), наличие которого для всякого водоподпорного сооружения на мягких, водопроницаемых, грунтах обязательно. Иногда забивается шпунт в начале понура *BB'*, но это не исключает необходимости устройства верхового (королевого) шпунта *CD*.

Устройство флютбетов разборчатых судоходных плотин на водопроницаемых мягких грунтах аналогично устройству флютбета водосливной плотины, но при низком пороге необходимость устройства собственно тела плотины отпадает, и затворы судоходного отверстия устанавливаются непосредственно на водобое. Под водобоем устраивают иногда искусственное основание из забитых в грунт свай, обычно деревянных.

Контур, обозначенный точками *ABCDEFGK* на рис. 130, называют подземным контуром плотины. Контур плотин граничит своими водонепроницаемыми конструкциями с грунтом основания. Форма и размеры подземного контура играют первостепенную роль в процессе фильтрации воды под плотиной.

§ 61. ЗЕМЛЯНЫЕ ПЛОТИНЫ

По материалу земляные плотины делятся на следующие типы:

а) земляные плотины из однородного материала (рис. 132, *а*), например, из песка, из супеси или из суглинка; размеры этих плотин должны быть такими, чтобы фильтрующаяся сквозь ее тело вода не могла разрушить плотину.

Надо соблюдать условие, чтобы поверхность фильтрующейся внутри тела плотины воды, показанная на рис. 132, *а* и *б* пунктирной линией, не выходила на сухой откос плотины. Этот прием—грубо приближенный. Уклон i поверхности фильтрующейся воды, называемый также уклоном линии депрессии, зависит от свойств грунтов: для песков $i = 0{,}20 \quad 0{,}30$. Мокрый и сухой откосы плотины должны иметь достаточно пологий уклон, чтобы исключить возможность оползней и обрушений. Крутизна откосов измеряется отношением высоты к горизонтальному заложению; например, на рис. 132, *а* уклон мокрых откосов обозначен:

$$1 : m = \frac{1}{m} = \frac{H}{a_м},$$

где:

H — высота плотины;

$a_м$ — горизонтальное заложение мокрого откоса.

Соответственно уклон сухих откосов обозначен как:

$$1:n = \frac{1}{n} = \frac{H}{a_c}$$

Для устойчивости мокрых откосов принимают $1:m = 1:3 \div 1:4$. Для плотин высотой не более 5 м принимают $1:m = 1 \div 2{,}5$. Для защиты от волнения мокрый откос укрепляют мостовой, бетонными плитами и тому подобными одеждами. Сухие откосы более устойчивы, так как они не подвергаются действию волнения. Однако уклон сухих откосов делают тоже довольно пологим, чтобы не допустить выхода депрессионной прямой линии на сухой откос; поэтому берут $1:n = 1:2 \div 1:4$.

Ширина гребня плотин назначается из условия свободного проезда по ним или укладки узкоколейных путей, обслуживающих раз-

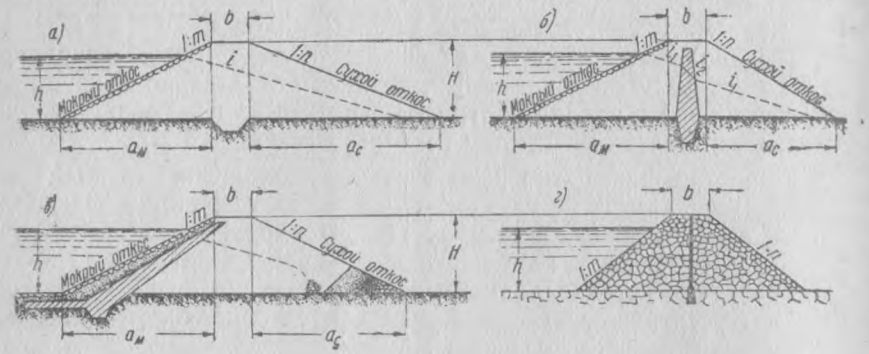


Рис. 132. Плотины из земли и каменной наброски: *а* — земляная плотина из однородного материала, *б* — земляная плотина с глиняным ядром, *в* — земляная плотина с глиняным экраном у мокрого (напорного) откоса, *г* — плотина из каменной наброски с водонепроницаемой диафрагмой на скальном основании

борчатую часть судоходной плотины, если земляная плотина к ней примыкает. В основании плотины из однородного материала для лучшего сопряжения с подстилающим плотину грунтом устраивается зуб.

б) Земляные плотины с ядром из глины (рис. 132, *б*).

в) Земляные плотины с глиняным экраном, расположенным со стороны мокрого откоса, более удобны в постройке и более надежны в эксплоатации, чем плотины с ядром (см. рис. 132, *в*).

г) Земляные плотины из разнородных материалов, располагаемых в известном порядке; например, у мокрого откоса уложен слой суглинка, далее идет зона из супеси и, наконец, в нижней части сухого откоса имеется призма песчаного грунта или призма из камня.

Показанная на рис. 132, *в* плотина, кроме глиняного экрана, расположенного с напорной стороны, имеет внутри дрену (показана кружком), т. е. трубу, отводящую из тела плотины профильтровавшуюся воду. В подошве низовой части сухого откоса имеется призма, сложенная из грунтов, крупность которых возрастает к поверхности сухого откоса.

Схема плотины, показанная на рис. 132, *г*, характеризует современные способы строительства земляных плотин: создание возможно большей водонепроницаемости тела плотины со стороны напора воды, т. е. со стороны мокрого

откоса, и отвод профильтровавшейся в теле плотины воды через дрену, находящуюся внутри тела плотины, и через призмы на сухом откосе, сложенные из материала постепенно возрастающей крупности. Подбор крупности материала делается с таким расчетом, чтобы частицы мелкого грунта, сдвигаемые фильтрующейся водой, задерживались в пустотах следующего слоя несколько более крупного грунта, пока осветленная вода не попадет в слой столь крупного материала, вымывать который фильтрующаяся вода уже не в состоянии. Подобные устройства, называемые обратными фильтрами, получили широкое применение в современных гидротехнических сооружениях. Вокруг дренажных труб в теле плотины тоже устраивается обратный фильтр (см. рис. 132, *в*).

Надлежаще спроектированные, построенные и эксплоатируемые земляные плотины являются долговечными сооружениями, так как грунт не выветривается, как камень и бетон, не ржавеет, как металл, не гниет, как дерево. Аварии бывают при небрежном уходе, особенно, если допущен перелив воды через гребень.

На водных путях земляные плотины применяются чаще всего в качестве сопрягающих дамб гидротехнических узлов. Земляные плотины (земляные дамбы) имеются почти во всех узлах гидротехнических сооружений. Они являются или основной плотиной или имеют назначением соединять с берегами устои водосливной или разборчатой части плотины (на рис. 128 показана дамба у левого устоя судоходной разборчатой плотины). Сопрягающие дамбы затопляемых плотин ежегодно покрываются водой, не подвергаясь разрушениям при переливе воды, так как открытие разборчатой части для пропуска судов имеет последствием уменьшение разницы уровней воды выше и ниже плотины до 5—15 см [см. § 66, формулы (52) и (55)]. При таком перепаде не получается разрушительных скоростей. Тем не менее гребень и откосы сопрягающих дамб обычно укрепляют камнем для защиты от повреждений льдом и течением.

9) Плотины из каменной наброски устраивают в местностях, где много камня и сравнительно высока стоимость доставки цемента. На рис. 132, *г* показана плотина из каменной наброски на скальном основании с водонепроницаемой диафрагмой внутри плотины. Диафрагма устраивается из железобетона, волнистого оцинкованного железа или из нержавеющей стали.

§ 62. КАМЕННЫЕ, БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЛОТИНЫ

Бетонные плотины на скальном основании показаны на рис. 129, *а*, *б* и *в*. Характерным для всех этих сооружений является наличие зуба, врезанного в скалу.

Бетонные плотины на мягких грунтах (рис. 130) имеют флютбет с развитым подземным контуром, а самое тело плотины—для достижения необходимой устойчивости в целях безопасной передачи давления на основание—делается иногда с наклонной верховой напорной гранью.

Каменные и в особенности бетонные плотины имеют большое распространение. Бетонные плотины могут быть глухие и водосливные. На рис. 133 показана глухая бетонная плотина с башенным водоспуском. Вода выпускается по металлической трубе, уложенной в галлерее внутри плотины.

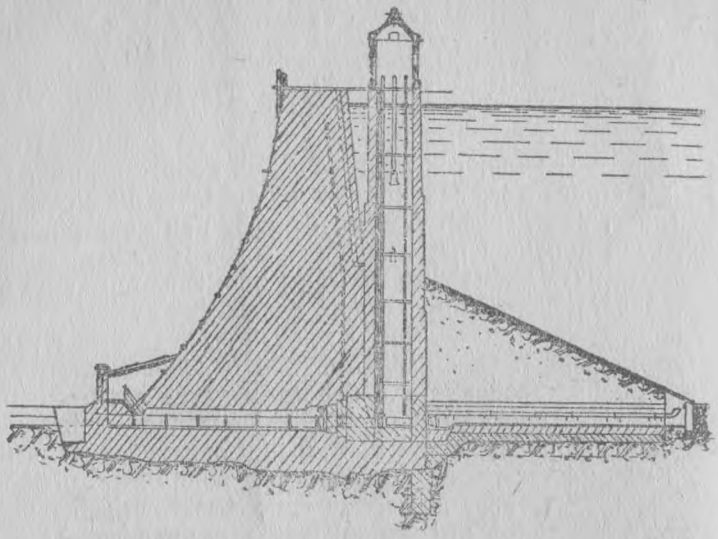


Рис. 133. Глухая бетонная плотина с башенным водоспуском

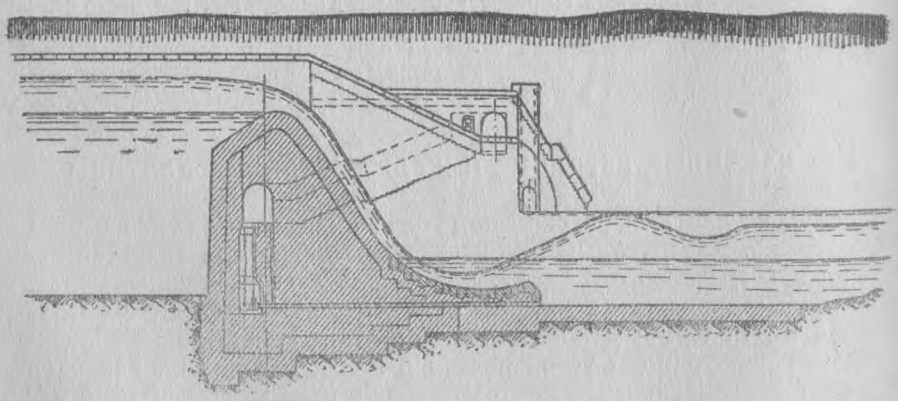


Рис. 134. Поперечный разрез бетонной водосливной плотины без затворов на гребне

Бетонные водосливные плотины без затвора. Для облегчения пропуска льда многие водосливные плотины на северных реках запроектированы и построены без бычков и затворов на гребне (см. рис. 129, *б*, 134). Применение плотин такой конструкции неудобно, так как во время пропуска паводка из-за отсутствия затворов получается излишний подпор в верхнем бьефе, а в межень и зимой напор снижается; поэтому, если имеется гидростанция, то после прохода льда и пропуска паводка обычно на гребне ставят деревянные затворы временного типа.

В сливной части плотины устраивают иногда носок, отбрасывающий струю воды, что обеспечивает удаление от плотины льда, бревен и других тел, которые, плавая в водоворотах, образующихся в нижнем бьефе у некоторых плотин без носка, могут ударяться о сливную грань их и причинять ей повреждения.

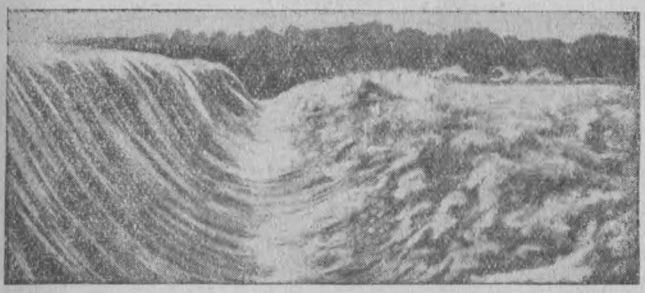


Рис. 135. Перелив воды при пропуске паводка через водосливную плотину с носком на сливной части

Носок в нижней части сливной грани плотины хорошо отбрасывает струю воды, но образующееся при этом бурное течение и прыжок воды (рис. 135) сами по себе очень опасны, так как русло ниже плотины при этом размывается.

Из рис. 135 видно, какой грозной опасности подвергается судно, затянутое течение или ветром к водосливной плотине. Надо принимать все меры против срыва и уноса к плотине судов, находящихся в верхнем бьефе. Заслуживают быть отмеченными правильные действия капитана парохода «Авров» т. А. Логишкова, который, заметив сорванный с якорной стоянки и увлекаемый к водосливной плотине на р. Свири караван барж, немедленно подошел к каравану, взял его на буксир и тем самым предотвратил крупную аварию.

Бетонные водосливные плотины с затворами на гребне (см. 129, *в*, 136, 137 и 138) значительно удобнее в эксплоатации, чем водосливные плотины без затворов. На время пропуска паводка затворы открывают. В межень затворы закрыты и поддерживают уровень верхнего бьефа на необходимой проектной отметке. Плотины СССР постройки последних лет — Днепровская, Свирская и др. — имеют затворы на гребне.

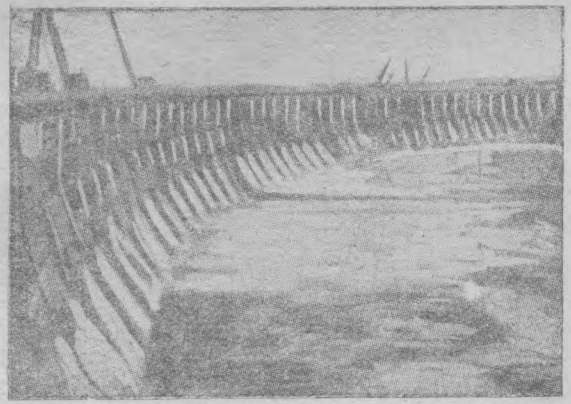


Рис. 136. Водосливная плотина, расположенная в плане по дуге круга. Бычки разделяют водосливные отверстия, каждое из которых имеет затвор на гребне плотины

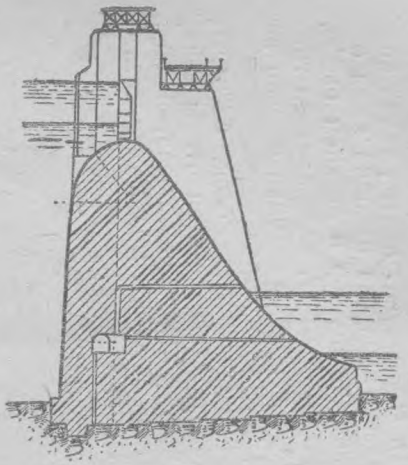


Рис. 137. Бетонная плотина с затвором на гребне; основание плотины скальное

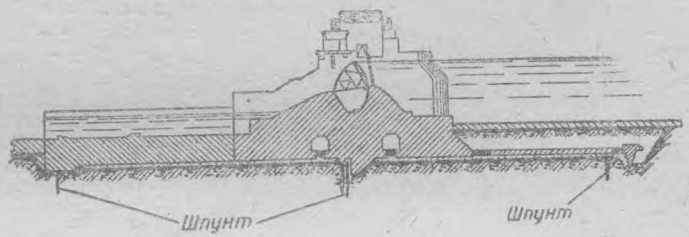


Рис. 138. Бетонная плотина с затвором на гребне; в основании плотины мягкие глинистые грунты, поэтому профиль бетонной плотины уширен и распластан

§ 63. ДЕРЕВЯННЫЕ ПЛОТИНЫ

В районах, богатых лесом, распространены деревянные гидросооружения, в частности, деревянные плотины.

Основные преимущества деревянных плотин следующие:

1) быстрота постройки;

2) возможность вести строительные работы не только в теплое время, но и зимой, и

3) сравнительно небольшие первоначальные строительные затраты.

Недостатки деревянных плотин:

1) не особенно большой срок службы (10—20 лет) надводных частей, находящихся в условиях переменной влажности (подводные деревянные части сооружений служат 60—70 лет);

2) необходимость в сравнительно частых ремонтах;

3) малые размеры пролетов разборчатых деревянных плотин. Максимальное расстояние между устоями и бычками деревянных плотин — 8,0÷10,5 м. При такой величине пролетов не только невозможно устройство судоходных отверстий, но возникают затруднения и с пропуском крупных льдин при весенних ледоходах.

Конструкции деревянных плотин довольно разнообразны. Ограничимся здесь кратким рассмотрением деревянных разборчатых

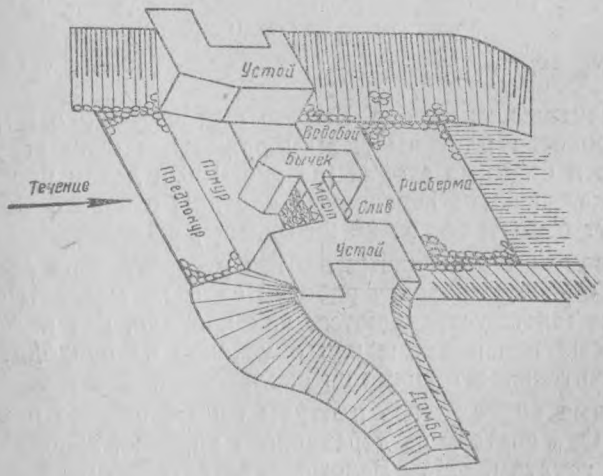


Рис. 139. Деревянная разборчатая плотина русского типа

плотин русского типа и водосливных деревянных высокоряжевых плотин типа, разработанного и примененного советскими гидротехниками.

Деревянная разборчатая плотина русского типа показана на рис. 139.

Устои и быки деревянных плотин чаще всего делаются из ряжей, т. е. из деревянных бревенчатых срубов, или каркасов, заполненных камнем или, реже, землей. Ряжи изготовляются также и из деревянных брусьев.

Деревянная разборчатая плотина русского типа представляет собою щитовую плотину. Щиты поддерживаются стойками, опирающимися на флютбет внизу и на мост вверху (рис. 139). Длина деревянных щитов — от 1,25 до 2 м. При больших пролетах деревянные доски щитов не выдерживают давления воды при сколько-

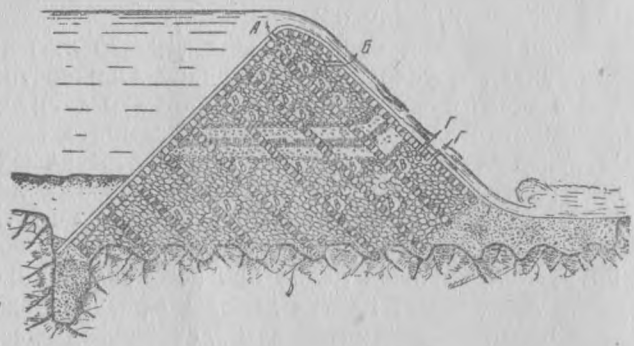


Рис. 140. Поперечный разрез деревянной водосливной плотины из наклонных ряжей

нибудь значительном напоре. Высота щитов — около 1 м. Для увеличения пролетов плотины между ряжевыми быками устраивают постоянные и съемные стойки (на рис. 139 в левом пролете стойки сняты). В дальнейшем деревянные плотины русского типа, повидимому, будут строиться только на малых реках.

К недостаткам деревянных плотин русского типа следует отнести также большую затрату рабочей силы на маневры со щитами. Деревянные щиты устраиваются, как правило, без колес или катков, а потому при подъеме или опускании их приходится преодолевать значительное трение при скольжении.

Деревянные водосливные плотины имеют обычно ряжевую конструкцию. Они состоят из деревянного каркаса, заполненного камнем или грунтом. На Беломорско-Балтийском канале имени И. В. Сталина имеются крупнейшие в мире высокие ряжевые плотины.

На рис. 140 показана схема плотины из наклонных ряжей, загруженных камнем. Как известно, дерево, находящееся все время в воде, мало подвержено гниению и может служить десятки лет. Для обеспечения постоянного доступа воды, препятствующей гниению дерева и способствующей сохранению внутренних деревянных стен, плотина снабжена системой отверстий сверху, в напорной грани A и во внутренних стенках B (см. рис. 140).

На середине высоты проложена горизонтальная глиняная прослойка (экран). Этот экран уменьшает давление на обшивку верховой грани за счет давления

воды, затопляющей пустоты в теле плотины, увеличивает устойчивость плотины, так как взвешенной в воде является только нижняя часть плотины, а расположенная выше диафрагмы часть плотины не взвешена в воде. Экран уменьшает давление воды изнутри плотины на сливную грань; для этой цели служат также отверстия 6 и 7, выпускающие воду из тела плотины и тем самым препятствующие передаче всего напора воды на обшивку нижней грани. Для защиты плотины от проходящего через гребень льда на поверхностях напорной грани, гребня и части сливной грани уложены перпендикулярно к оси плотины металлические полосы.

§ 64. ЗАТВОРЫ ВОДОСЛИВНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Затворами в гидротехнике называют подвижные конструкции плотин, судоходных шлюзов и прочих гидротехнических сооружений, предназначенные для регулирования уровня верхнего бьефа, пропуска воды в нижний бьеф, пропуска льда, плавающих предметов и пр. Затворы применяются и для закрытия донных или погруженных отверстий.

Большое значение для эксплоатации искусственных водных путей имеют затворы, перекрывающие те или иные отверстия для пропуска судов. Однако почти все типы затворов водосливных отверстий с успехом могут быть применены для перекрытия пролетов с низкими порогами, в частности, пролетов, используемых в качестве судоходных отверстий. Значительные габаритные размеры судов речного флота Союза ССР препятствуют применению в отверстиях судоходных плотин затворов, которые могут перекрывать только пролеты ограниченных размеров. Многие из рассматриваемых в данном параграфе затворов широко применяются в Союзе ССР в качестве шлюзных ворот и затворов шлюзных водопроводов, где необходимые пролеты отверстий обычно меньше, чем в судоходных плотинах.

Основные элементы затворов могут быть разделены на две группы: а) элементы, входящие в подвижную часть затвора, — обшивка, вспомогательные балки, несущая конструкция, передающая давление от обшивки на подвижные опорные части, подвесные и прочие устройства, и б) элементы, неподвижно скрепленные с устоями, быками или с флютбетом, — закладные опорные устройства, заделанные в массивные части плотины, противофильтрационные уплотнения и подвесные устройства, если они тоже неподвижно заделаны в массивные части плотины.

1. Шандоры

Шандоры являются простейшим типом затворов. Шандорами называют балки, закладываемые горизонтально в пазы устоев или быков. Шандоры, наложенные друг на друга, составляют стенку, заграждающую отверстие сооружения на время ремонта. Как постоянные затворы шандоры непригодны ввиду неудобства и длительности сборки и разборки шандорных стенок. При малых про-

летах шандоры делаются деревянные (рис. 141, *а*), при более значительных пролетах — из металла и дерева (рис. 141, *б*) и даже из

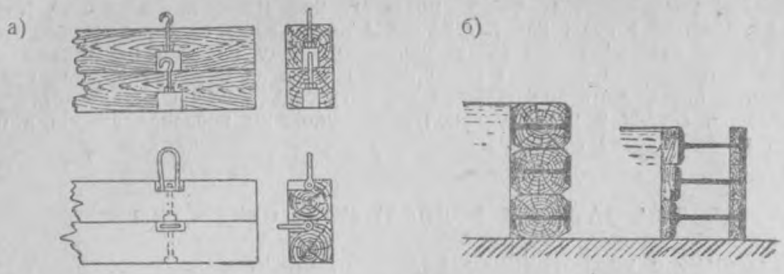


Рис. 141. Шандоры: *а* — деревянные шандоры, *б* — поперечное сечение шандорной стенки, шандоры из металла и дерева

металла в виде балок и сквозных ферм, снабженных колесами и катками для уменьшения подъемного усилия.

2. Плоские затворы

Плоские затворы представляют собой щиты или из соединенных между собою деревянных досок или из металла. В последнем случае крупные плоские затворы имеют весьма сложный вид, так как

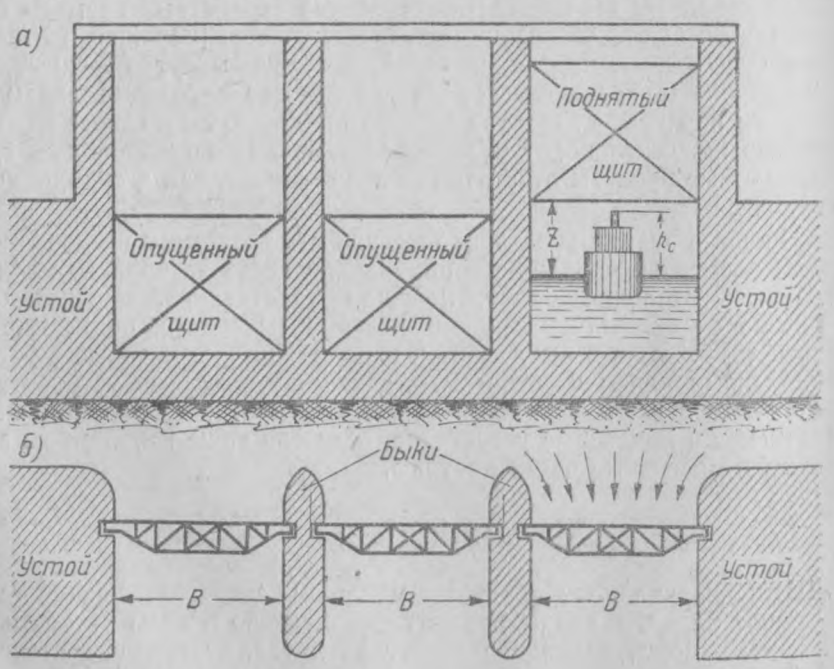


Рис. 142. Схема плотины с плоскими щитовыми затворами; в данный момент плотина не поддерживает напора, один пролет открыт для пропуска судна; *а* — продольный разрез, *б* — план

несущие конструкции являются солидными сквозными клепаными или сварными фермами. Плоские затворы опираются на устои или быки, в которых устраиваются пазы для щитов простого трения и ниши для размещения ходовых тележек колесных и катковых затворов.

На рис. 142 схематически показана плотина с крупными металлическими подъемными щитами. Для пояснения условий пропуска судов один щит плотины показан в поднятом положении. Расстояние по вертикали z, являющееся разностью отметок низа щита при

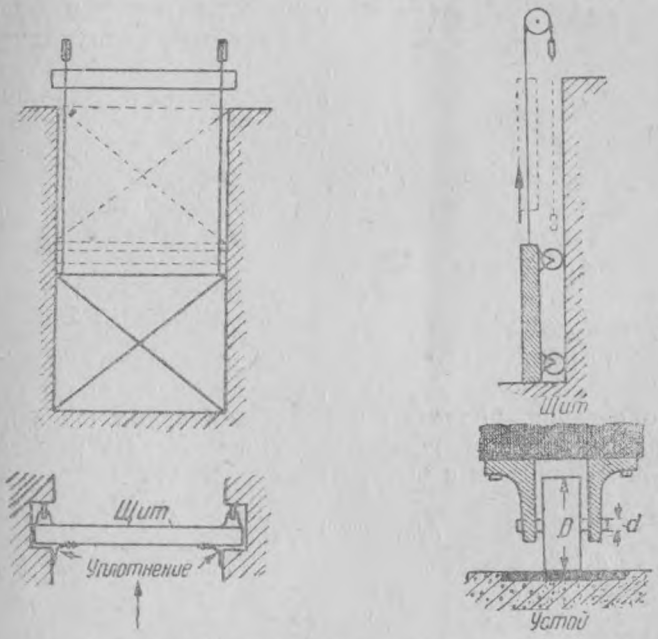


Рис. 143. Схема плоского щита на колесах

его полном поднятии и наивысшего судоходного горизонта воды, ограничивает высоту надстроек судна. Для возможности пропуска судна необходимо, чтобы $z > h_c$ (см. рис. 142, *а*). Такое ограничение препятствует применению этой системы затворов судоходных отверстий плотин на реках, где суда имеют высокие надстройки, в качестве же затворов не судоходных, а водосливных отверстий крупные металлические щиты имеют у нас широкое распространение. Кроме того, плоские щиты применяются в качестве затворов водопроводных отверстий шлюзов; наконец, плоский щит может быть применен в качестве ворот судоходного шлюза. Давление воды прижимает щит к быкам и устоям, препятствуя опусканию или подъему его, поэтому все крупные металлические щиты устанавливаются или на колесах (рис. 143) или на катках (рис. 144), поскольку колеса и в особенности катки сильно понижают сопротивление при маневрах со щитом. Для уменьшения подъемного

усилия щитовые затворы снабжаются противовесами, вес которых составляет не более $^3/_4$ веса самого щита, что обеспечивает возможность опускания щита на тросах или цепях под действием собственного веса.

Применение катковых рам, подвешенных к опорам и щиту так, что катковая рама катается по опорам, т. е. по устоям и быкам, а щит — по раме, значительно облегчает маневрирование со щитами, так как трение в цапфах устраняется и остается лишь трение при качении. Для полного предотвращения скольжения катковая рама подвешивается к кронштейну щита: при этом путь $l_к$, проходимый катковой рамой, будет в два раза меньше пути $l_щ$ (проходимого щитом: $l_к = 0{,}5\ l_щ$) (рис. 144).

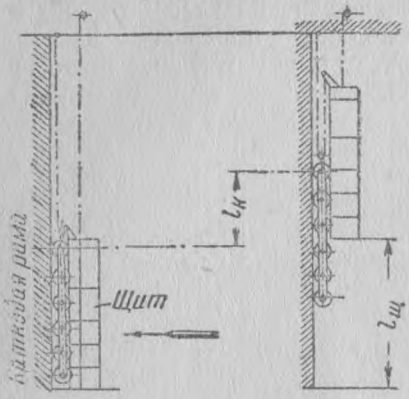


Рис. 144. Схема перемещения плоского щита на катках

3. Сегментные затворы

Сегментные затворы (рис. 145), называемые так по виду их поперечного сечения, получают в последнее время широкое применение, так как имеется возможность перекрывать ими значительные (до 40 м) пролеты и быстро маневрировать.

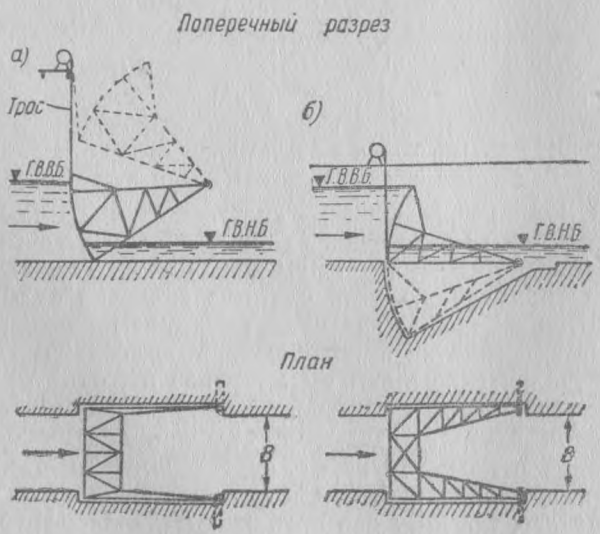


Рис. 145. Сегментные затворы: *а* — поднимающийся вверх и *б* — опускающийся в углубление во флютбете

На водных путях СССР сегментные затворы применяются в качестве затворов на гребне водосливных плотин. Опускные сегментные затворы используются в качестве верхних ворот шлюзов канала имени Москвы. Наконец, сегментные затворы используются в качестве затворов водопроводных галлерей шлюзов. При открывании сегментные затворы или поднимаются вверх (рис. 145, *а*) или опускаются вниз, в углубление во флютбете (рис. 145, *б*). Поднимающиеся вверх сегментные затворы сильно ограничивают габариты надстроек судов; опускные сегментные затворы не имеют этого недостатка. Подъемные сегментные затворы применяются преимущественно в несудоходных пролетах плотин, причем ось затвора находится выше уровня воды.

§ 65. СУДОХОДНЫЕ РАЗБОРЧАТЫЕ ПЛОТИНЫ

Требования судоходства в отношении ходовых пролетов затопляемых плотин таковы: отверстие затопляемой плотины должно полностью открываться на время паводков; при этом скорости в судоходном отверстии не должны превышать допускаемых (см. § 66), а судоходные пролеты должны иметь размеры, обеспечивающие безопасный пропуск судов. При больших габаритах судов и караванов пролеты должны быть, в зависимости от категории реки, в 75—100 м и больше. Плотина не должна стеснять надводных габаритов судов.

1. Плотины с поворотными фермами и затворами между фермами

Разборчатые плотины с поворотными фермами, укладывающимися на флютбет, и затворами между фермами наиболее распространены. Такие плотины называются плотинами Поаре.

Плотины системы Поаре в разобранном виде совершенно не ограничивают габаритов судов, пропускаемых при высоких паводках, затопляющих плотину, и поэтому получили особенно большое распространение при шлюзовании рек низконапорными затопляемыми сооружениями. На искусственных водных путях СССР находятся в эксплоатации в общей сложности несколько десятков плотин системы Поаре: на реках Шексне, Москве, Оке, Соже, Дону, Северном Донце и других реках.

Основные части плотин системы Поаре: 1) флютбет, 2) устои (так как плотины Поаре обычно имеют один пролет, то бычки обычно отсутствуют), 3) фермы, установленные на флютбете, 4) щиты и другие затворы, опирающиеся на фермы и перекрывающие промежутки между ними, 5) служебный мостик, 6) земляные дамбы, сопрягающие устои с берегами.

Флютбет плотины Поаре включает следующие части (рис. 146):

а) понур;

б) водобой — центральная часть флютбета, на котором закрепляются опорные устройства ферм — их подшипники. Водобой устраивается из бетона, железобетона, из ряжей, или деревянный на свайном основании; водобой может быть возведен прямо на грунте (см. рис. 146) или на свайном основании;

в) рисберму, которая делается водопроницаемой по типу обратного фильтра (см. § 60—61). Верхний слой рисбермы должен

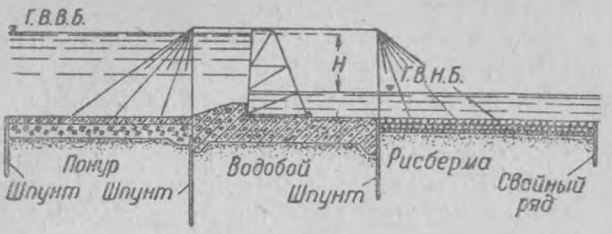


Рис. 146. Поперечный резрез флютбета судоходной разборчатой плотины системы Поаре

состоять из крупного камня, который не сдвигался бы при самых больших скоростях воды, переливающейся через плотину. В конце рисбермы очень полезно забивать свайный ряд, но не шпунтовый, а из круглых свай, являющийся своего рода упором для каменной загрузки рисбермы;

г) шпунтовые ряды, или шпунты (см. рис. 130);

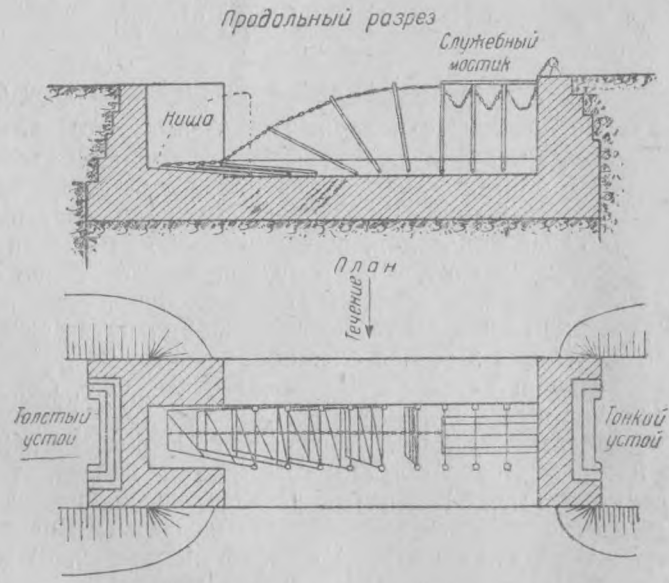


Рис. 147. Плотина системы Поаре

д) устои, которые замыкают разборчатую часть плотины; на одном из них размещают лебедки и прочие устройства для маневров с затворами. Плотина имеет устои разной конструкции: тонкий и толстый. В толстом устое имеется ниша, куда при разборке плотины укладываются фермы (рис. 147).

Фермы являются характерной частью плотины Поаре и определяют ее тип, так как прочие части имеются и у разборчатых плотин других типов. Разборчатая часть плотины Поаре состоит из отдельных клепаных или сварных металлических ферм, установленных на подшипниках, скрепленных с водобоем флютбета. Вращая фермы в подшипниках, можно укладывать их на водобой флютбета

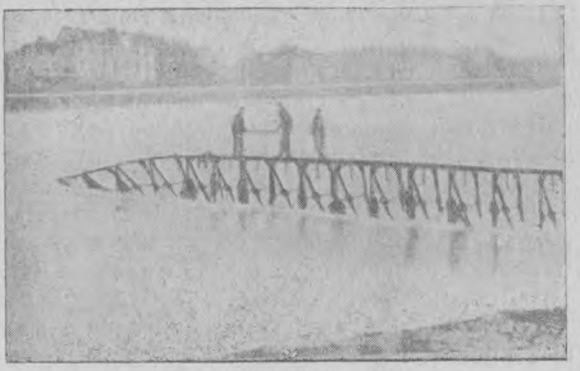


Рис. 148. Подъем ферм при сборке плотины системы Поаре

почти в горизонтальное положение и поднимать их при сборке в вертикальное положение (рис. 147 и 148). На рис. 128 показана рядом с судоходным шлюзом плотина Поаре в собранном виде. Фер-

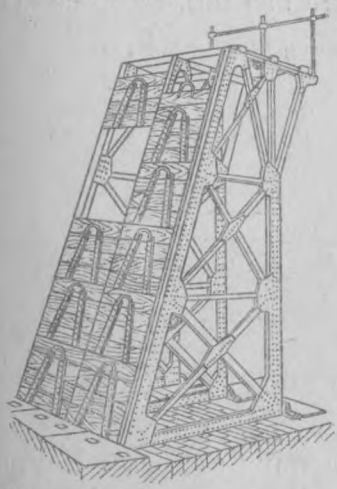


Рис. 149. Ферма Поаре со щитовыми затворами



Рис. 150. Поперечный разрез водобоя плотины Поаре со спицами

ма Поаре изображена на рисунках 129, *г* и 147 схематично; на рис. 149 показана конструкция ферм и деревянных щитков, закрывающих пролеты между фермами. На рис. 150 показана ферма По-

аре со «спицами», т. е. с деревянными брусьями, опирающимися внизу на флютбет, а вверху — на горизонтальную балку, уложенную на фермах. Преимущество спицевого закрытия состоит в том, что большая часть давления передается на флютбет, а не на фермы, которые могут быть поэтому сконструированы более легкими и дешевыми. Кроме того, спицы скорее, чем щиты, могут быть подняты для пропуска летнего или осеннего паводка. Недостатками спицевого затвора являются: большая водотечность, препятствующая поддержанию проектного горизонта воды и проектных глубин при минимальных меженних расходах воды; невозможность пропуска плавающих тел без сосредоточения расхода воды на одном участке плотины; большой вес спиц, затрудняющий маневрирование с ними; смерзание спиц выше горизонта воды при осенних заморозках.

Щиты, перекрывающие промежутки между фермами, делаются деревянные, из досок, скрепленных болтами с полосовым железом, образующим вверху проушину для захвата щита (рис. 151). Размеры этих щитов, называемых щитами Буле, следующие: высота — 0,7 — 1 м, ширина щитов равна расстоянию между внутренними краями тавровых передних стоек или ног ферм; это расстояние обычно не превышает 1,40—1,45 м. Верхний ряд щитов можно снимать и ставить на место вручную, для чего они снабжаются рукоятками (рис. 151, справа).

Деревянные щиты менее водотечны, чем спицы, и не имеют недостатков, присущих последним. Основным недостатком щитов является передача ими всего давления воды на фермы, результатом чего является увеличение стоимости плотины. Эксплоатацион-

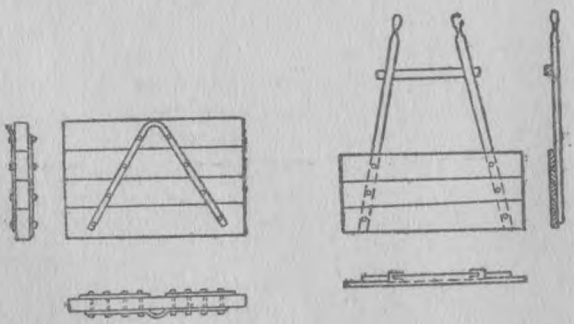


Рис. 151. Деревянные щиты плотины Поаре

ные преимущества плотин Поаре со щитами настолько ощутимы, что в большинстве случаев отдают предпочтение им, несмотря на меньшую стоимость плотин со спицами.

Служебный мостик, укладываемый по верху ферм Поаре (см. рис. 147 *а* 149), обеспечивает довольно жесткое соединение поднятых ферм между собой и с устоями и служит для передвижения подъемных кранов и тележек вагонеток, перевозящих щиты и

спицы, а также для прохода обслуживающего персонала. Служебный мостик состоит из настила, рельсовых путей и перил; последние имеются только со стороны нижнего бьефа.

Путь для тележек имеет ширину колеи в 400—600 мм и укладывается между рельсами подкранового пути, ширина колеи которого 1500—2000 мм и более. При деревянном настиле рельсы прибалчиваются к верхним горизонтальным элементам (верхним распоркам) ферм. При настиле из рифленого железа рельсы склепывают с секцией настила, шарнирно соединенного с фермой, и укладывают вместе с фермой на флютбет. Укладка рельсов на флютбет вместе с фермой возможна и при деревянном настиле, для чего рельсовые пути должны иметь шарнирное соединение с верхней распоркой фермы.

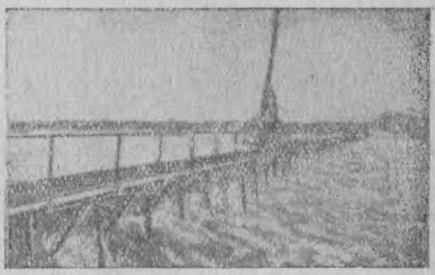


Рис. 152. Плотина Поаре; на мостике кран для подъема щитов, вид с нижнего бьефа

Маневрирование с плотиной Поаре производится в целях поддержания проектного горизонта воды в верхнем бьефе. Чтобы при наступлении летнего или осеннего паводка не допустить затопления плотины и шлюза и расположенных выше (по течению) земель, населенных пунктов, пристанских складов и т. п., необходимо снять некоторую часть щитов или спиц. Маневры со щитами производятся с помощью крана (рис. 152). После окончания паводка щиты или спицы ставят на место с таким расчетом, чтобы в верхнем бьефе плотины все время поддерживался проектный горизонт воды. Обслуживающий плотину персонал должен проявлять большую бдительность и во-время снимать щиты или спицы, ни в коем случае не допуская перелива воды через служебный мостик плотины.

Перелив воды через служебный мостик плотин Поаре имел место на р. Москве во время летних паводков 1933 года; при этом земляные дамбы плотин получили тяжелые повреждения.

При закрытии навигации перед осенним ледоходом плотины Поаре разбирают и укладывают на флютбет.

Перед осенним ледоходом необходимо очень внимательно следить за температурой воды, чтобы не допустить обмерзания плотины: обмерзшие щиты и спицы разбирать очень трудно. В то же время плотины должны держать напор до последних дней навигации, чтобы суда могли работать на проектной осадке в период закрытия навигации, когда флот заканчивает рейсы и подлежит расстановке на зимний отстой.

Разборка плотины начинается с поднятия щитов (спиц), которые отвозятся на берег вагонеткой по узкоколейному пути, проложенному на служебном мостике. Затем, начиная от толстого устоя, снимают звено за звеном служебный мостик, а освободившиеся от

него фермы укладывают в нишу толстого устоя и на флютбет. Фермы укладывают с помощью цепи, которая может закрепляться на ферме при помощи съемного зажима. Эта же цепь служит и для подъема ферм. Одновременно поднимают и опускают четыре-пять ферм.

Плотина в разобранном виде находится до прохода весеннего ледохода и сопровождающего его паводка. После прохода паводка, когда верхние площадки устоев обсохнут, начинают подготовку к сборке плотины.

Сборку плотины производят с таким расчетом, чтобы закончить ее к тому времени, когда уровень воды на спаде подойдет к от-

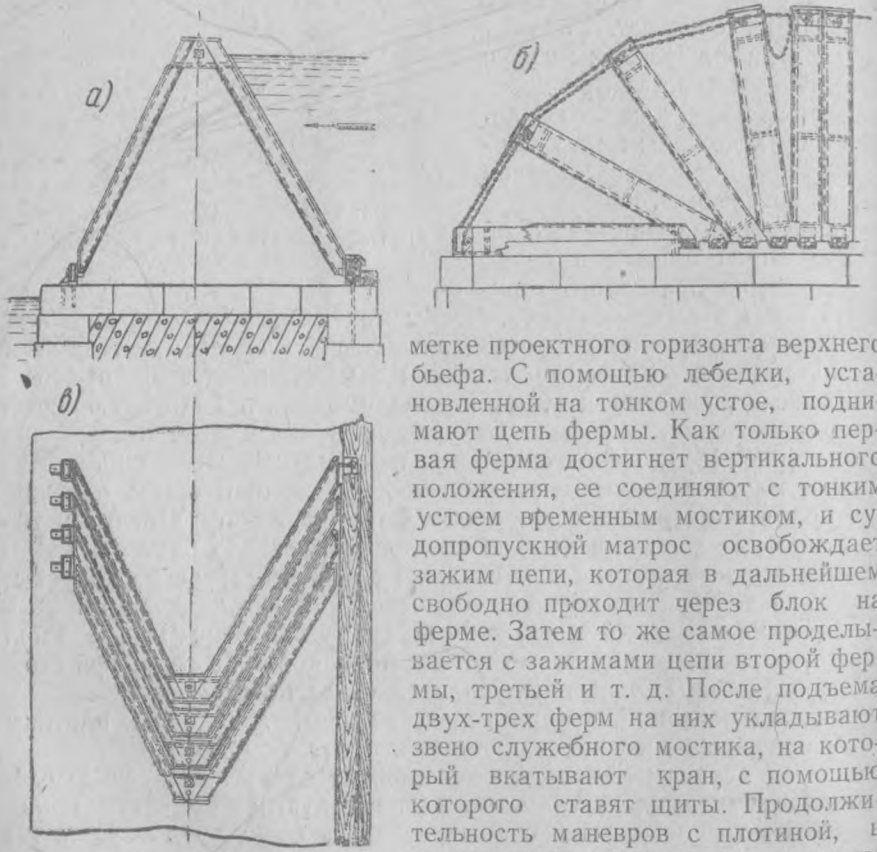


Рис. 153. Плотина системы Томаса: *а*—поперечный разрез, *б*—вид на фасад плотины во время сборки-разборки, *в*—план

метке проектного горизонта верхнего бьефа. С помощью лебедки, установленной на тонком устое, поднимают цепь фермы. Как только первая ферма достигнет вертикального положения, ее соединяют с тонким устоем временным мостиком, и судопропускной матрос освобождает зажим цепи, которая в дальнейшем свободно проходит через блок на ферме. Затем то же самое проделывается с зажимами цепи второй фермы, третьей и т. д. После подъема двух-трех ферм на них укладывают звено служебного мостика, на который вкатывают кран, с помощью которого ставят щиты. Продолжительность маневров с плотиной, в зависимости от ее длины, высоты ферм, напора и других условий, весьма различна. В практике достигнуты скорости разборки спиц на одном метре длины плотины в одну минуту; опускают одну-две фермы также в одну минуту. Разборка щитовых затворов идет медленнее, чем спицевых. Сборка плотин продолжается от нескольких часов до одних суток.

2. Плотины с поворотными фермами, имеющими обшивку

Недостатком плотин системы Поаре является длительность сборки и разборки их, что в особенности неудобно при внезапно наступающих паводках.

Кроме плотины Поаре, имеются другие системы плотин и затворов для их судоходных отверстий.

Плотина с поворотными фермами, имеющая обшивку, называемая плотиной Томаса, является видоизменением плотины Поаре, отличаясь от нее отсутствием затворов в виде щитов, спиц и штор, так как в плотине Томаса фермы располагаются настолько близко одна от другой, что обшивки поднятых ферм соприкасаются между собою (рис. 153, *б*). Фермы, уложенные на флютбет, вкладываются одна в другую (рис. 153, *в*), поэтому ферма делается трапецоидального очертания (рис. 153, *а*) и состоит из двух наклонных ног и горизонтальной связи между ними — ригеля.

Сборка и разборка плотины Томаса заключается только в подъеме или опускании ферм.

Примененение плотины Томаса на реках с частыми паводками неудобно: для регулировки уровня воды приходится опускать часть ферм, сосредоточивая пропуск всего расхода у толстого устоя. Плотина Томаса так же, как и плотина Поаре, не ограничивает габаритов судов. Благодаря быстроте маневров с фермами Томаса этот тип плотины применен как ремонтно-аварийный затвор в шлюзах канала имени Москвы, причем ноги ферм, находящиеся почти все время в воде, сделаны из дерева. Кроме того, предохранительные и заградительные ворота на канале также представляют собою плотину Томаса (см. главу VIII).

§ 66. ПРОПУСК ВОДЫ ЧЕРЕЗ ПЛОТИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ СУДОХОДНЫХ ПЛОТИН. ПРОПУСК СУДОВ И ПЛОТОВ ЧЕРЕЗ СУДОХОДНЫЕ ПЛОТИНЫ И ПОД МОСТАМИ

1. Расположение плотин в русле реки

Водосливные плотины могут быть расположены в русле реки различно. Обычно плотины располагаются поперек к оси потока. Ось плотины в большинстве случаев прямолинейная (см. рис. 128). Реже применяется расположение плотины наискось или по ломаной линии.

В случае необходимости удлинить водослив можно расположить в плане плотину криволинейно, в виде арки (см. рис. 136), что одновременно повышает устойчивость и прочность ее, или соорудить многоарочную плотину.

Отверстия плотины между бычками должны быть достаточных для пропуска льда размеров.

2. Определение размеров отверстий судоходных плотин

В периоды, когда площадки затопляемых шлюзов покрыты водой и шлюзы не работают, пропуск судов и плотов производится через судоходные отверстия плотин, затворы которых на это время разбирают.

Для обеспечения безаварийного движения судов по течению и против течения скорости течения в открытом отверстии судоходной плотины не должны быть очень велики и, строго говоря, не должны превышать скоростей течения, наблюдающихся и в других пунктах реки. Если это условие не будет соблюдено, то придется расчали-

вать караваны судов для проводки через плотину или возникнет необходимость в дополнительной тяге. Обычно при расчете задают среднюю скорость в отверстии плотины не более 1,8 м/сек. На реках с большими весенними скоростями течения, превышающими во многих пунктах плеса скорость в 1,8 м/сек., расчет отверстия

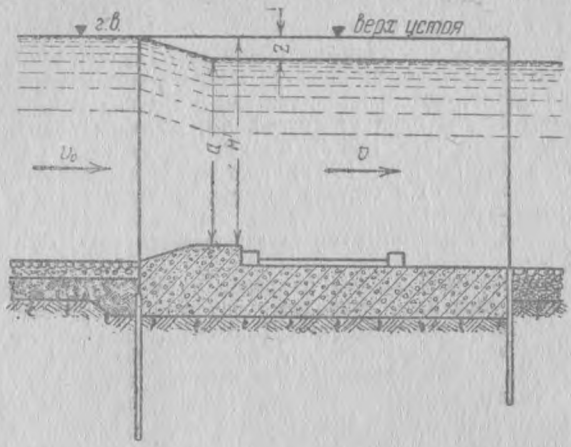


Рис. 154. Поперечный разрез судоходного отверстия плотины. Плотина разобрана, уровень верхнего бьефа совпадает с верхом устоя

плотины можно вести на характерную для всего плеса скорость, бо́льшую чем 1,8 м/сек.

Наибольшие скорости в отверстии разобранной плотины обычно получаются в то время, когда горизонт воды в верхнем бьефе совпадает с верхом устоев (рис. 154). В самом отверстии горизонт воды будет на несколько сантиметров ниже, чем в верхнем бьефе.

Скорость течения в отверстии плотины:

$$v = \varphi\sqrt{2gZ_0} \quad \text{м/сек.}, \tag{51}$$

где:

φ — коэфициент скорости, зависящий от формы порога плотины; $\varphi = 0{,}90 \div 0{,}99$;

$g = 9{,}81$ м/сек.² — ускорение силы тяжести;

Z_0 — перепад с учетом скоростного напора в метрах;

$$Z_0 = Z + \frac{v_0^2}{2g} \quad \text{м}, \tag{52}$$

где:

Z — перепад в отверстии плотины в метрах;

v_0 — подходная скорость перед плотиной в м/сек.

Скорость подхода определяется приближенно, но с вполне достаточной для практических целей точностью, по формуле:

$$v_0 = \frac{Q_p}{BH_{ср}} \quad \text{м/сек.}, \tag{53}$$

где:

Q_p — расчетный расход (см. ниже);

B — ширина реки в верхнем бьефе в м;

$H_{ср}$ — средняя глубина перед плотиной в м.

Расход, пропускаемый отверстием, определяется как для затопленного водослива с широким порогом.

Геодезическая (геометрическая) величина перепада будет:

$$Z = H' - a \quad \text{м}, \tag{54}$$

где:

$a = H' - Z$ — глубина на пороге от уровня нижнего бьефа;

H' — возвышение площадки устоя над порогом в м.

Разница в уровнях верхнего и нижнего бьефов при открытой плотине называется перепадом, который обозначен через Z на рис. 154. Величина перепада может быть определена нивелировкой, а при проектировании подсчитывается по формуле:

$$Z = \frac{1}{2g}\left[\left(\frac{v}{\varphi}\right)^2 - v_0^2\right] \quad \text{м}. \tag{55}$$

Уже было сказано, что во избежание затруднений для судоходства, скорость в отверстии плотины не должна быть чрезмерно большой и для равнинных рек принимается не более 1,8 м/сек.

Задавшись скоростью в отверстии v и вычислив перепад Z по формуле (55), находим по данным гидрометрических исследований, представленных в виде кривой расхода воды, расчетный расход воды $Q_р$ при отметке уровня воды, равной отметке верха устоя минус перепад Z. По этим данным рассчитывается эффективная ширина судоходного отверстия плотины:

$$b_c = \frac{Q_р}{a\varphi\sqrt{2gZ_0}} = \frac{Q_р}{av} \quad \text{м}. \tag{56}$$

Полная ширина отверстия плотины с учетом водоворотов в зонах сжатия определится по формуле:

$$b \simeq b_c + 0{,}2H' \quad \text{м}. \tag{57}$$

Для расчета скорости в отверстии плотины по измеренному перепаду z (последний определяется нивелировкой уровней воды выше и ниже плотины) и измеренной подходной скорости v_0 пользуются формулой:

$$v \simeq \varphi\sqrt{2gZ + v_0^2} \quad \text{м/сек.}, \tag{58}$$

Этой формулой можно пользоваться во всех тех случаях, когда необходимо узнать скорость в отверстии плотины для выявления условий проводки через плотину крупных возов, а гидрометрических вертушек под руками не имеется, измерять же скорость в отверстии плотины поверхностными поплавками весьма трудно.

Расчеты по формулам (51)—(58) дают результаты, весьма близкие к действительности, если отверстие плотины расположено по нормали к направлению течения. Если же имеется косина струй, то отверстие плотины работает неравномерно: у одного из устоев скорость оказывается больше, чем средняя скорость. Идущие вверх буксиры с тяжелыми возами, попавшие в такие быстрины, иногда с трудом преодолевают течение, которое опасно еще и потому, что оно может навалить воз на устой плотины. Во избежание этого при строительстве плотин условия пропуска воды через них должны быть предварительно проверены на действующих моделях в гидротехнической лаборатории.

3. Понятие о расчете отверстий мостов

Отверстия мостов на судоходных реках можно определять, исходя из требований судоходства, по формуле (56). В этом случае расчет ведется для уровня самых высоких вод. За расчетный расход воды принимается наибольший возможный на данной реке расход воды Q_{max}.

В зависимости от габаритов плавающих судов, типа и размеров затворов плотины или пролетного строения моста, полученное расчетом отверстие может быть разделено на несколько пролетов в соответствии с подмостовыми габаритами (см. § 7).

4. Пропуск судов и плотов под мостами и через судоходные плотины

Проход судов под мостами обусловлен «Правилами плавания по внутренним водным путям Союза ССР».

О порядке прохода через судоходные отверстия плотин и способах обстановки устоев затопленных плотин предостерегательными знаками в правилах плавания нет пока специальных указаний.

Учитывая конструкции затворов разборчатых плотин, применяемых для закрытия судоходных отверстий, можно сделать следующие указания об условиях проводки возов через открытые отверстия судоходных плотин:

1) суда не должны наваливаться на устои и быки плотины. Особую осторожность необходимо соблюдать в период, когда устои и быки плотин системы Поаре и других затопляемых плотин затоплены и не видны над водой. Меры предосторожности принимаются те же, что и при проходе под мостами. Особую осторожность надо соблюдать и в тех случаях, когда имеются основания подозревать, что предостерегательные знаки, выставляемые над затопленными устоями и быками плотины, сбиты. В целях предосторожности иногда применяется спуск каравана кормой вниз;

2) перед подходом к судоходному отверстию разборчатой плотины капитаны паротеплоходов обязаны проверить, не спущены ли на буксируемых судах или плотах лоты, якори, цепи, цепи-волокуши и т. д. Если обнаружены спущенные лоты, якори, цепи, необходимо принять меры к немедленному подъему их из воды, так как в противном случае волочащиеся по дну лоты, цепи, снасти заденут за флютбет и уложенные на нем затворы плотины.

§ 67. СУДОХОДНЫЕ ШЛЮЗЫ

1. Общие сведения о судоходных шлюзах

Судоходными шлюзами называются сооружения, служащие для пропуска судов из одного бьефа в другой.

Судоходный шлюз имеет камеру, верхнюю и нижнюю головы, в которых установлены верхние и нижние ворота, предназначенные для отделения камеры от верхнего и нижнего бьефа, и устройства

в виде водопроводов различных систем, позволяющие выравнивать горизонт воды в камере с верхним или нижним бьефами. Действие шлюза кратко описано в § 59. Общий вид шлюза изображен на рис. 127.

Устройство первых шлюзов относится к XV веку, тем не менее не так давно на некоторых старых и не имеющих теперь существенного значения «шлюзованных» водных путях шлюзов не было и пропуск судов производился через судопропускные отверстия плотины или полушлюзы, т. е. применялся «караванный сплав» судов.

Полушлюзом называется сооружение, состоящее из одной только шлюзной головы с воротами; такие полушлюзы применяются иногда для закрытия на время паводков входов в портовые бассейны и гавани (см. главу IX).

2. Типы судоходных шлюзов

Выбор типов судоходных шлюзов зависит от величины поддерживаемого ими напора, видов грунта (скальные и мягкие грунты) и условий судоходства. Ниже рассмотрены лишь некоторые из типов шлюзов, причем основное внимание уделено не конструкциям шлюзов, а их эксплоатационным качествам.

С точки зрения эксплоатации флота и судовождения наибольшее значение имеют такие характеристики шлюза, как число камер и голов, т. е. тех головных частей шлюза, в которых монтируются ворота. Поэтому шлюзы разделяются на:

1) однокамерные, имеющие обычно две головы и в некоторых случаях три головы;

2) двухкамерные, имеющие три головы;

3) трехкамерные и многокамерные, число голов которых равняется числу камер плюс единица.

Эти шлюзы, а также группы шлюзов, расположенных близко друг от друга на одном склоне и разделенных сравнительно короткими разъездными бьефами, носят название «шлюзных лестниц».

Однокамерные шлюзы могут быть устроены по разным схемам.

На рис. 155 показаны однокамерные шлюзы следующих типов:

а) однокамерный шлюз без стенки падения, имеющий двое ворот одинаковых размеров; пороги (короли) обеих голов находятся на одинаковых отметках (рис. 155, *а*);

б) однокамерный шлюз со стенкой падения, имеющий верхние ворота меньшей высоты, чем нижние; уменьшение высоты верхних ворот достигается повышением порога верхней головы. Повышение отметки верхней головы вызывает необходимость устройства в ней стенки падения, обращенной в сторону камеры (рис. 155, *б*);

в) однокамерный шлюз без стенки падения со средними воротами, имеющий три головы с одинаковыми отметками порогов и трое ворот одинаковых размеров (рис. 155, *в*);

г) однокамерный шлюз со стенкой падения и средними воротами (рис. 155, *г*);

д) однокамерный шлюз без стенки падения, но с повышенной отметкой подходного канала верхнего бьефа (рис. 155, *д*);

е) шахтный шлюз (рис. 155, *е*), т. е. шлюз, имеющий стенку падения в верхней голове и поперечное перекрытие («балку-забрало») в нижней голове, что позволяет уменьшить высоту ниж-

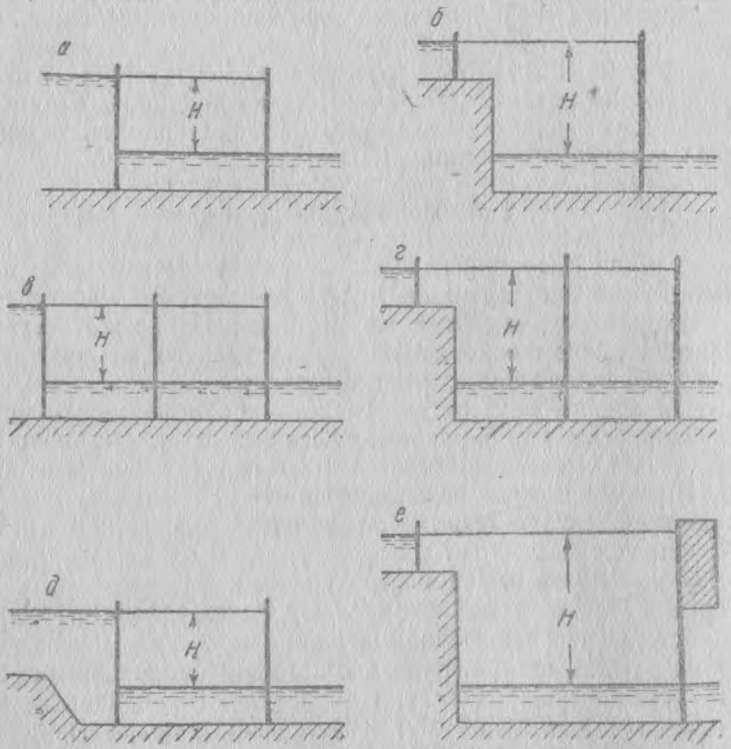


Рис. 155. Типы однокамерных шлюзов

них ворот. Шахтные шлюзы ограничивают, так же как и мосты, надводный габарит судов, а потому на водных путях Союза ССР, флот которых имеет высокие надстройки, в эксплоатации нет пока ни одного шахтного шлюза, но в постройке находится один шахтный шлюз большого напора.

Все остальные типы однокамерных шлюзов имеются на наших водных путях, находящихся в эксплоатации.

3. Однокамерный шлюз без стенки падения

Однокамерный шлюз без стенки падения (см. рис. 127, 128 и 155, *а*) представляет собой шлюз простейшего типа, применяемый обычно при малых напорах, поддерживаемых разборчатыми плоти-

нами. Однокамерный шлюз имеет следующие основные части (рис. 156): камеру, ограниченную стенками и воротами; верхнюю и нижнюю головы, стенки которых уширены (рис. 156, план), а фундаменты имеют устройство, аналогичное флютбетам плотин, так как обе головы попеременно выполняют то же самое назначение, что и плотина, т. е. поддерживают напор своими воротами (верхние ворота *ВВ* показаны на рис. 156 закрытыми, когда они поддерживают напор, нижние ворота *НВ* показаны на рис. 156 открытыми); водо-

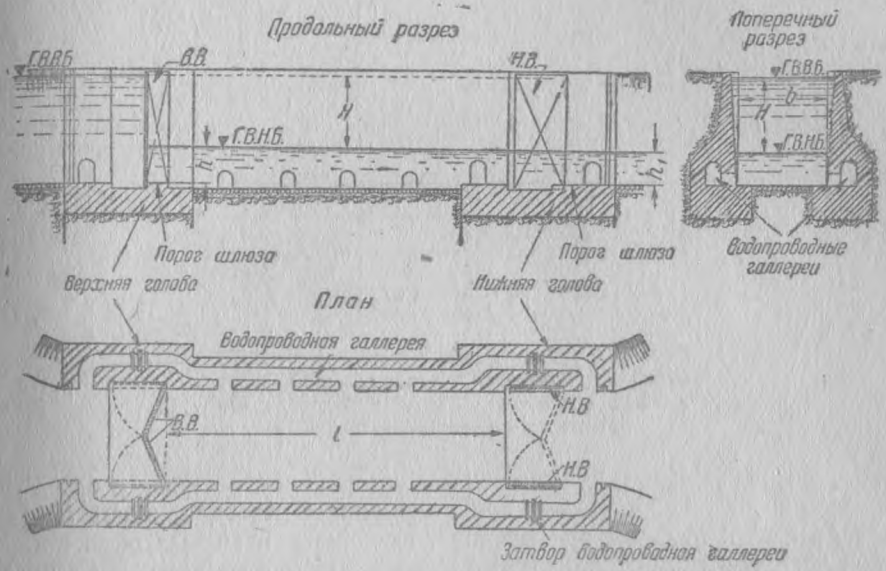


Рис. 156. Однокамерный судоходный шлюз. Наполнение и опорожнение через продольные галлереи в стенах

проводные галлереи, соединяющие камеры с верхним и нижним бьефами; водопроводные продольные галлереи, снабженные выпускными окнами; затворы для закрытия галлерей: два затвора на верхней голове и два на нижней,—на случай ремонта затворов галлерей по обе стороны каждого затвора устраиваются пазы (ниши) для закладки шандор; на случай ремонта ворот большая часть шлюзов имеет также ниши для закладки шандор, ограждающих ремонтируемые ворота соответственно от верхнего и от нижнего бьефа; механизмы для управления воротами и затворами и прочие устройства; пороги, или короли, верхней и нижней голов шлюза, которые должны быть заложены настолько глубоко, чтобы обеспечить пропуск через шлюз судов в период сборки и разборки плотины.

4. Однокамерный шлюз со стенкой падения

Однокамерный шлюз со стенкой падения (рис. 157) строится на шлюзованной реке обычно в том случае, если напор поддерживается водосливной плотиной с постоянной (неразборчатой) водо-

сливной частью. Стенкой падения называется обращенная в сторону камеры стенка верхней головы, позволяющая уменьшить высоту верхних ворот, а следовательно, и стоимость их.

Однокамерные шлюзы со стенками падения имеются на многих реках СССР и поддерживают напор до 17,4 м. Из крупных одно-

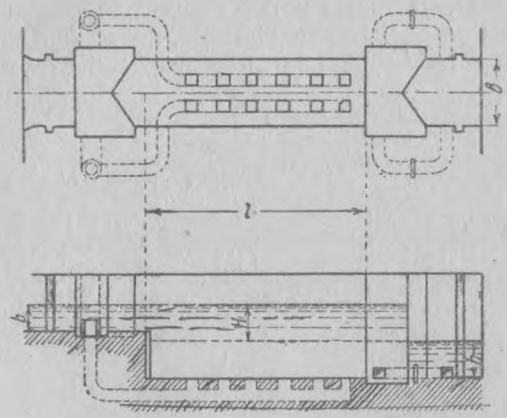


Рис. 157. Однокамерный шлюз со стенкой падения. Наполнение камеры водой через донные галлереи. Опорожнение через короткие галлереи нижней головы

камерных речных шлюзов со стенкой падения, построенных в СССР, упомянем Волховский шлюз при водосливной плотине, шлюз № 1 канала имени Москвы при плотине, имеющей затворы в виде плоских щитов, и др. Отметка верха стенки падения назначается с таким расчетом, чтобы в период навигации была обеспечена возможность пропуска судов через шлюз при самых низких навигационных горизонтах воды верхнего бьефа. Устройство стенок падения на шлюзах, расположенных у судоходных разборчатых плотин, очень неудобно для эксплоатации флота, так как во время сборки плотины весной и разборки ее осенью, перед осенним ледоходом, движение судов должно прекращаться ввиду недостаточной глубины над верхом стенки падения и порогом верхних ворот. Прекращение движения из-за невозможности прохода через шлюзы во время сборки и разборки плотины особенно нежелательно осенью, в период окончания навигации и расстановки флота на зимний отстой. При входе со стороны верхнего бьефа в однокамерный шлюз со стенкой падения необходимо тщательно следить, чтобы корма последнего судна воза не оказалась над стенкой падения, так как это может привести к тяжелой аварии.

5. Однокамерные шлюзы со средними воротами

Однокамерные шлюзы со средними воротами устраиваются с целью уменьшения расхода воды и ускорения пропуска маломерных судов, для чего внутри камеры устраиваются третьи, т. е. сред-

ние, ворота (рис. 155, *в*). Точно такое же устройство имеет шлюз, подвергнутый удлинению в случае, если длина камеры шлюза оказывается недостаточной для пропуска судов более длинных, чем те, на которые был рассчитан шлюз при постройке. Выходом из положения является удлинение камеры и постройка третьей головы, с третьими воротами (рис. 158, *б*). Ворота, оказавшиеся внутри

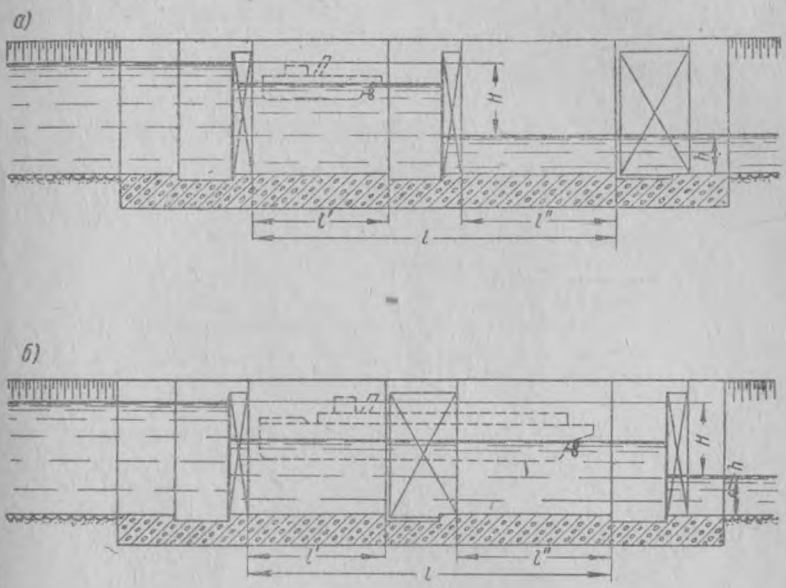


Рис. 158. Однокамерный шлюз со средними воротами: *а* — пропуск короткого судна с использованием верхней секции камеры, *б* — пропуск длинного судна с использованием всей камеры

камеры, рациональнее всего оставить на месте, используя их при пропуске маломерных судов (рис. 158, *а*) для сокращения времени и расхода воды. Однокамерные деревянные шлюзы со средними воротами имеются на Северо-Двинской системе, соединяющей Шексну с Сухоной.

Однокамерный шлюз со стенкой падения также может быть снабжен средними воротами (см. рис. 155, *г*). Шлюзом такого типа является Карамышевский шлюз на р. Москве.

6. Двухкамерные, трехкамерные и многокамерные шлюзы

Двухкамерные, трехкамерные и многокамерные шлюзы устраиваются при большом напоре, который трудно или невозможно поддерживать одними воротами.

Двухкамерные шлюзы (рис. 159) имеют верхнюю голову с верхними воротами, среднюю голову со средними воротами и

нижнюю голову с нижними воротами. Верхняя и средняя головы имеют стенки падения.

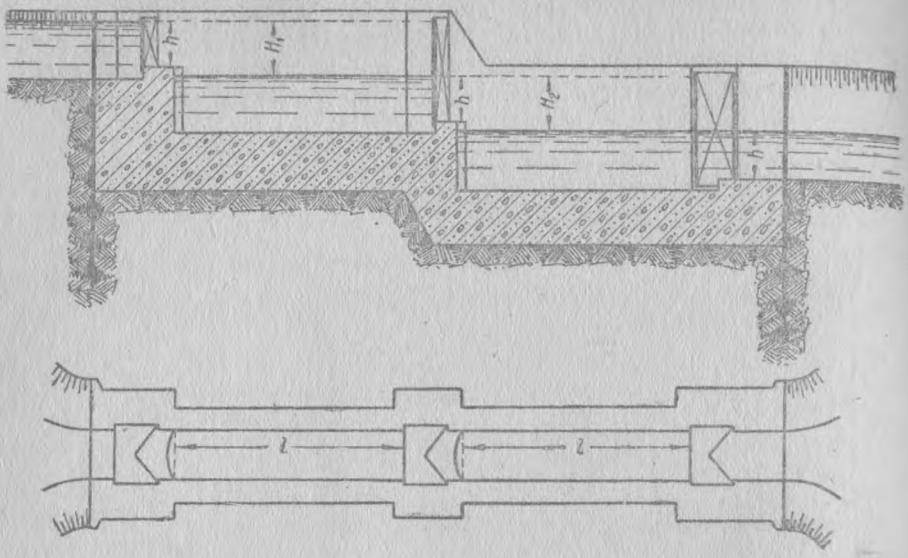


Рис. 159. Двухкамерный шлюз

Трехкамерные шлюзы (рис. 160) имеют четверо ворот. Одним из крупнейших трехкамерных шлюзов является Днепровский

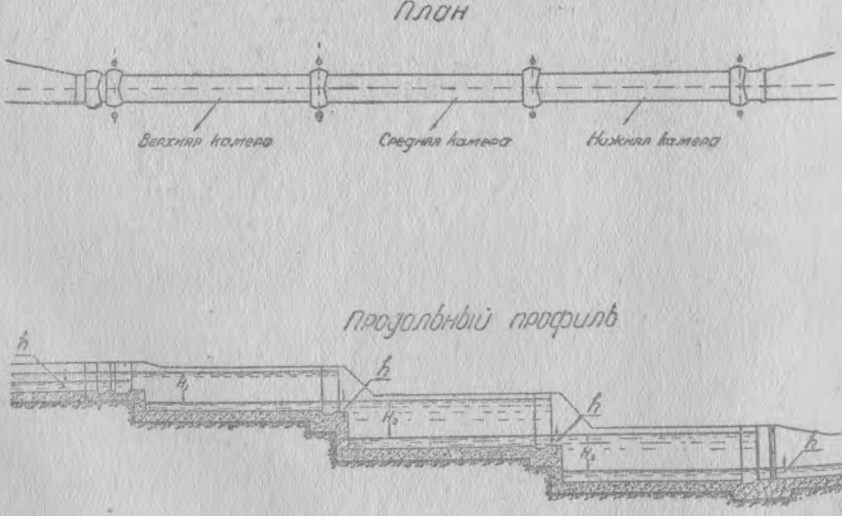


Рис. 160. Трехкамерный шлюз

шлюз, с общим напором около 37,5 м. В случае необходимости устраиваются шлюзы с четырьмя и более камерами.

7. Параллельные шлюзы

Для повышения пропускной способности шлюзованного пути устраивают рядом два, три и более шлюзов, причем такой шлюз получает наименование параллельного шлюза.

На рис. 161 и 162 показан однокамерный шлюз из двух парал-

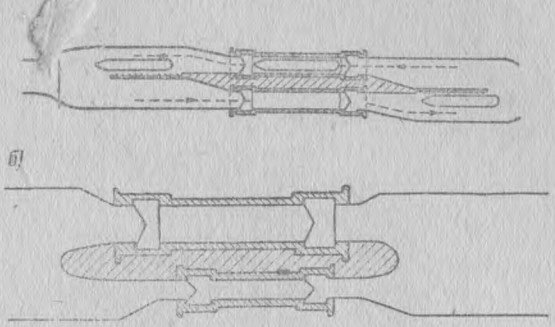


Рис. 161. План однокамерного параллельного шлюза в две нитки: *а* — камеры одинаковых размеров, *б* — камеры разных размеров

лельных камер, или параллельный шлюз в «две нитки». На Староладожском канале имеется параллельный шлюз из четырех камер, или шлюз в четыре нитки. Для удобства пропуска маломерных су-



Рис. 162. Однокамерный параллельный шлюз в две нитки

дов камеры параллельных шлюзов делаются иногда неодинаковых размеров. Параллельными могут быть также двухкамерные, трехкамерные и многокамерные шлюзы.

8. Особые типы шлюзов

Расположение в плане шлюзов может быть весьма разнообразным. На рис. 163 показаны в плане схемы некоторых особых типов шлюзов: однокамерный со стенкой падения (рис. 163, *а*), однокамерный с двойными воротами

(рис. 163, *б*), способный выдерживать напор с обеих сторон, что бывает необходимо при устройстве шлюзов в районах, подверженных морским приливам и отливам или нагону и сгону воды; шлюзы с уширенной камерой, предназначенные для шлюзования нескольких судов (рис. 163, *в* и 163, *г*) для ввода и размещения судов, в которых требуется затрата лишнего времени, но получается экономия средств при строительстве шлюза за счет уменьшения размеров голов

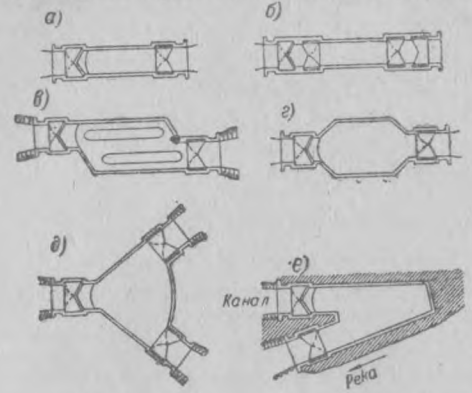


Рис. 163. Схемы в плане шлюзов особых типов

и ворот; шлюз-стрелка, расположенный в точке схождения трех каналов (рис. 163, *д*), так называемый мешковидный шлюз, удобный в месте примыкания судоходного канала к реке (рис. 163, *е*).

Кроме показанных на рис. 163, существует еще много разновидностей шлюзов, например, шлюзы с камерой, расположенной по дуге круга большого радиуса, если шлюз приходится строить на пологой кривой.

9. Габариты шлюзов

Габариты шлюзов (рис. 164), определяющие габариты судов и возов, пропускаемых через шлюз, следующие: 1) полезная длина камеры, 2) полезная ширина камеры, 3) глубина на порогах (королях) шлюза.

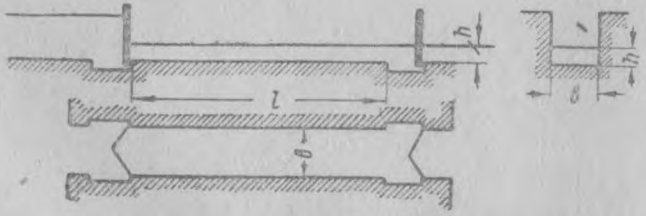


Рис. 164. Габариты однокамерного шлюза без стенки падения

а) Полезная длина l камеры шлюза в однокамерных шлюзах без стенки падения (см. рис. 156) измеряется от конца верхнего шкафа ворот до начала нижнего шкафа. В шлюзах со

стенкой падения однокамерных и многокамерных полезная длина камеры измеряется от стенки падения, точнее, от хорды, соединяющей точки пересечения стенки падения со стенками шлюза (см. рис. 157 и 159), до начала нижнего шкафа. На стенках камеры шлюзов выше Г.В.В.Б. необходимо делать метки краской, а на ночь устанавливать световые сигналы, показывающие точное местонахождение стенки падения. При проводке судов сверху вниз судоводители должны тщательно следить за тем, чтобы кормовое образование судна и перо руля не оказались за линией стенки падения, так как иначе при понижении уровня воды в процессе шлюзования может произойти посадка кормы судна на стенку падения, поломка рулей и другие аварии.

Полезная длина камер шлюзов назначается в зависимости от грузооборота водного пути, его общегосударственного значения, существующих и намечаемых размеров судов и т. п. Если шлюз предназначен для пропуска целых возов (караванов), счаленных в кильватерную колонну или в несколько счалов по два-три пыжа, то длина такого караванного шлюза определяется по формуле [1]:

$$l \geqslant L_{б.к} + mL + k(m+1) \text{ м}, \qquad (59)$$

где:

l — полезная длина камеры в м;

$L_{б.к.}$ — длина буксирного паротеплохода в м;

L — длина несамоходных судов в м;

m — число судов или счалов по длине воза;

k — запас по длине камеры; $k = 5$ м и меньше.

б) Полезную ширину камеры шлюза (см. рис. 156, 157 и 164) определяют по расстоянию в свету между стенками голов; эти стенки устраиваются вертикальными. Подошвы стенок голов лежат на одной прямой с подошвами камерных стенок, которые обычно имеют некоторый наклон, как показано на рис. 156.

Если по стенкам шлюза установлены отбойные брусья или отбойные рамы, то полезная ширина определяется между внешними гранями отбойных брусьев на наибольшей осадке судна при самом низком уровне воды нижнего бьефа.

Габаритная ширина судоходных шлюзов определяется максимальной шириной возов, подлежащих пропуску через шлюз, плюс запас по ширине с каждого борта.

Габаритная ширина шлюзной камеры определяется уравнением:

$$b = B_в + 2e \text{ м}, \qquad (60)$$

где:

b — габаритная ширина шлюза в м;

$B_в$ — габаритная ширина воза между обносами крайних по ширине судов воза, или наибольшая ширина судна, в м;

e — запас по ширине с каждого борта в м.

---

[1] Проф. Б. Ю. Калинович. Шлюзование водных путей, М.-Л., 1940.

Запасы по ширине в шлюзах, установленные в § 20 действующих «Правил технической эксплоатации речного транспорта Союза ССР», следующие:

Запас по ширине с каждого борта

Таблица 6

Ширина шлюзов в м	Запас по ширине в м
До 5	0,2
До 10	0,4
До 20	0,6
До 30	1,0

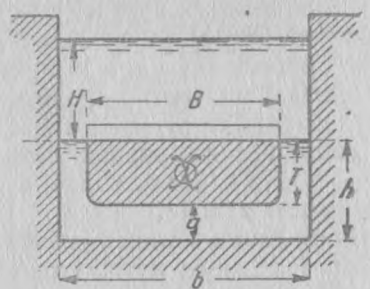


Рис. 165. Схема поперечного сечения нижней головы шлюза и миделя судна

Наибольшая допускаемая правилами технической эксплоатации ширина воза или судна определяется по известной габаритной ширине существующего шлюза по формуле:

$$B_в = b - 2e \quad м, \tag{61}$$

где e — запас по ширине в м.

Запасы по ширине для плотов не установлены, но они должны быть несколько больше, чем для судов.

На некоторых шлюзах старой постройки интервалы между бортами судов и стенками шлюза очень малы, и суда входят в шлюз буквально «впритирку».

в) Глубина на порогах шлюза, или на королях шлюза определяет максимальную осадку пропускаемых через него судов. Порогами, или королями, шлюза называются верхние части флютбетов голов. К порогам примыкает нижняя кромка ворот. Глубина на короле определяется от самого низкого навигационного горизонта воды. Она должна превышать наибольшую осадку расчетного судна и назначается с учетом сопротивления воды при вводе судна в шлюз.

На рис. 165 показана схема поперечного сечения по порогу нижней головы шлюза при вводе судна.

Обозначим: $\omega = bh$ — живое сечение (т. е. площадь ниже горизонта воды) на пороге в квадратных метрах (см. рис. 165); $\mathfrak{Q} \cong BT$ — поперечное подводное сечение расчетного судна по мидельшпангоуту в квадратных метрах при максимальной осадке, (в дальнейшем будем называть кратко площадь погруженного миделя). При пропуске воза необходимо учитывать сумму площадей погруженных миделей или полагать $\mathfrak{Q}_в = B_в T_{max}$. Исходя из ориен-

тировочного соотношения между живым сечением на пороге и площадью погруженного миделя судна, имеем:

$$\frac{\omega}{\Omega} \cong \frac{bh}{BT_{max}} = 1{,}1 \div 1{,}4, \qquad (62)$$

или:

$$bh = (1{,}1 \div 1{,}4)\, BT_{max},$$

откуда глубина на пороге шлюза:

$$h = (1{,}1 \div 1{,}4)\, \frac{B}{b}\, T_{max} \quad \text{м}. \qquad (63)$$

Глубина на короле шлюза может быть определена по формуле (63) и обязательно проверена по формуле (64):

$$h \geqslant T_{max} + a \quad \text{см}, \qquad (64)$$

где a —запас под днищем судна при проходе шлюза.

Отношение ширины воза или судна B к ширине шлюза b всегда будет меньше единицы — и тем меньше, чем больше интервалы между бортами судна (судов воза) и стенками шлюза.

Таким образом, если ширина камеры значительно превышает ширину судна B (или ширину воза $B_в$), то запас под днищем может быть меньше, чем в тех случаях, когда судно по ширине входит в шлюз «впритирку».

По «Правилам технической эксплоатации речного транспорта Союза ССР» запасы глубины под днищем судов в шлюзах установлены следующие:

Таблица 7

Запас под днищем судов на королях (порогах) шлюзов

Типы шлюзов	При глубине заложения короля		Запас под днищем a в см
	h в м	h в см	
Деревянные:			
до	1,0	100	10
свыше	1,0	100	15
Каменные, бетонные и железобетонные:			
до	2.5	250	30
свыше	2,5	250	50

Для плотов запас под днищем должен быть на 20 см больше, чем для судов.

Максимальная осадка судна или воза, допустимая для прохода через данный шлюз при известной глубине на пороге (короле) его h см и известном типе шлюза, определяется по формуле:

$$T_{max} \leqslant h - a \quad \text{см}. \tag{65}$$

Пример: Рассчитать максимальную допустимую эксплоатационную осадку судна, которое должно в данном рейсе пройти через железобетонные шлюзы с глубиной на порогах 265 см и через деревянные шлюзы с глубиной на порогах 240 см. Ответ: $T_{max} = 260 - 50 = 210$ см и $T_{max} = 240 - 15 = 225$ см.

Значит, судно может быть загружено до осадки не более 210 см.

§ 68. СИСТЕМЫ НАПОЛНЕНИЯ И ОПОРОЖНЕНИЯ ШЛЮЗОВ

Система наполнения и опорожнения шлюза имеет очень важное значение для быстрого пропуска судов, причем суда не должны подвергаться неблагоприятному влиянию волнения и течений и не должны испытывать чрезмерно резких рывков, при которых швартовые тросы могут оборваться.

1. Клинкеты

Наполнение и опорожнение малых шлюзов может производиться через закрываемые щитами отверстия, устраиваемые как в деревянных (см. рис. 178), так и в металлических шлюзных воротах и называемые клинкетами (рис. 166, *а* и рис. 177). Для со-

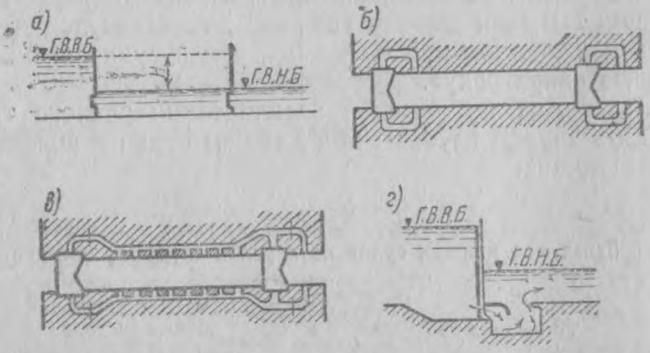


Рис. 166. Схемы различных систем наполнения и опорожнения шлюзов: *а* — клинкеты, *б* — короткие (круговые) галлереи, *в* — продольные галлереи, *г* — наполнение через ворота

временных крупных шлюзов клинкеты как единственное устройство для наполнения и опорожнения шлюза непригодны, так как наполнение и опорожнение шлюза идет очень медленно, а шлюзующееся судно подвергается при этом воздействию струй воды из клинкетов. Клинкеты имеются в деревянных воротах старых шлюзов соединительных систем Тихвинской, Мариинской, Северодвинской и других и в металлических воротах шлюзов Северного Донца и Оки, где основной системой наполнения являются короткие галлереи.

2. Короткие круговые обходные галлереи

Короткие круговые обходные галлереи (рис. 166, *б*) обеспечивают хорошие условия наполнения при малых ($H=2\div4$ м) напорах шлюзов. Для опорожнения шлюзов они применяются при значительных напорах, а именно при $H = 15 \div 17$ м. Короткие галлереи в верхних и нижних головах имеются на шлюзах Северного Донца и Оки; короткие галлереи в нижних головах имеются на всех шлюзах канала имени Москвы.

3. Продольные галлереи в стенках шлюзов

Продольные галлереи в стенках шлюзов (рис. 166, *в* и 156) — одна из распространенных систем наполнения и опорожнения. Продольные галлереи обеспечивают спокойный впуск и выпуск воды. Встречаются шлюзы, имеющие систему наполнения через продольные галлереи в стенках камеры, а опорожнение — через короткие галлереи в нижних головах.

Продольные галлереи в днище шлюза (см. рис. 157) применены на Волховском, Днепровском и других шлюзах, причем в Волховском шлюзе вода для наполнения шлюза забирается не из подходного к шлюзу канала, а из верхнего бьефа гидростанции, из ее аванкамеры, через галлереи, идущие поперек стенки шлюза, разделяющей камеру шлюза и аванкамеру гидростанции. При таком подводе воды судно, ожидающее входа в шлюз из верхнего бьефа, не подвергается действию течения при наполнении шлюза.

4. Наполнение и опорожнение через ворота шлюза

Наполнение и опорожнение через ворота шлюза получили распространение в последнее время. На рис. 166, *г* и 167 показана

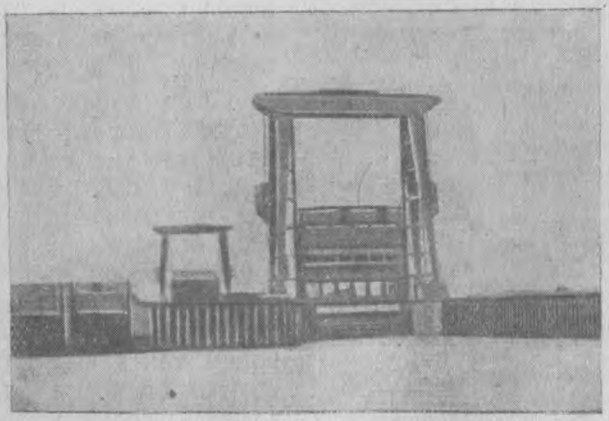


Рис. 167. Подъемные шлюзные ворота в виде плоского щитового затвора; наполнение и опорожнение шлюза происходит через щель, образующуюся при подъеме ворот (см. рис. 166, г).

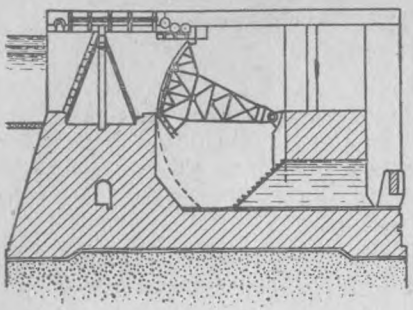


Рис. 168а Сегментные опускные ворота верхних голов шлюзов, разрез верхней головы

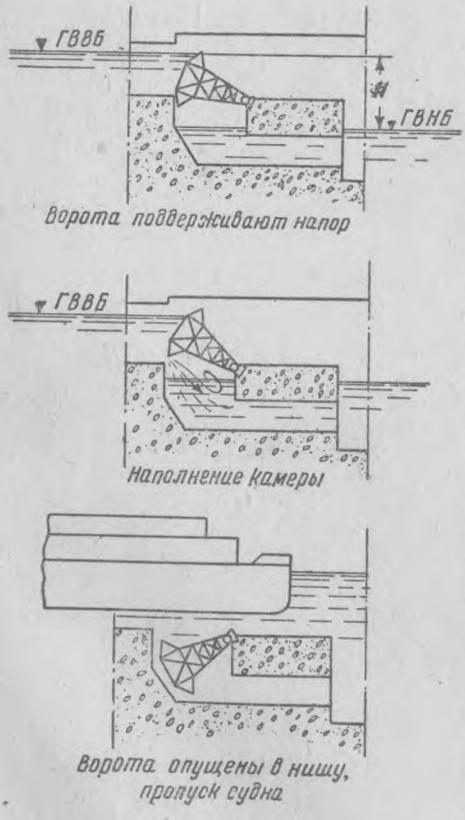


Рис. 168б. Сегментные опускные ворота верхних голов шлюзов. Наполнение камеры через верхние ворота

схема наполнения через ворота, имеющие вид щитового затвора. Такие ворота применяются при малой высоте надстроек судов. При большой высоте надстроек наших речных судов в качестве шлюзных ворот наиболее пригодны опускные затворы. На канале имени Москвы наполнение шлюзов производится через верхние ворота типа сегментного затвора (рис. 168*а* и рис. 168*б*).

При наполнении шлюза сегментные ворота сначала немного приподнимаются, и вода устремляется через щель, открывающуюся под ними, в нишу, где гасится часть энергии воды, а затем из ниши через круглые отверстия выливается в камеру шлюза. Для лучшего успокоения волнения воды, входящей в камеру, перед стенкой падения шлюзов большого напора устраивают поперечные балки (рис. 168*а* справа внизу), разбивающие струю воды и погашающие ее энергию. К моменту выравнивания уровня воды в камере сегментные ворота опускаются в нишу для пропуска судна.

Система наполнения через верхние ворота, примененная на канале имени Москвы, обеспечивает быстрое наполнение камер шлюзов и спокойный отстой шлюзуемого судна в камере. Совершенно очевидно, что наполнение через ворота ускоряет весь процесс шлюзования, так как ворота открываются во время наполнения камеры. Кроме того, применение системы наполнения через ворота уменьшает стоимость шлюза вследствие того, что при

этой системе не нужно устраивать в верхних головах шлюзов водопроводных галлерей, их затворов и механических приводов для маневрирования затворами.

5. Время наполнения и опорожнения камер шлюзов

Время наполнения и опорожнения камер шлюзов составляет значительную часть всего времени, затрачиваемого на шлюзование.

Затрата времени на наполнение и опорожнение камеры зависит в основном от системы наполнения, от размеров камеры шлюза в плане и от напора.

Обозначим:

Ω — площадь зеркала воды в камере, ограниченная стенками и воротами; полагаем стенки шлюза вертикальными, шлюз — без стенки падения, тогда Ω — величина постоянная; Ω измеряется в м^2;

ω — площадь поперечного сечения водопроводных галлерей в м^2;

τ — время наполнения и опорожнения в секундах;

μ — коэфициент расхода, зависящий от системы наполнения. Для предварительных расчетов можно принимать: при клинкетах $\mu = 0{,}62 \div 0{,}64$, при коротких галлереях $\mu = 0{,}65 \div 0{,}70$, при длинных галлереях $\mu = 0{,}55 \div 0{,}65$*;

H—напор шлюза в м.

В процессе наполнения или опорожнения камеры разность между уровнем воды в камере и уровнем воды в бьефах меняется от полного напора H до нуля в момент выравнивания уровней.

Продолжительность наполнения или опорожнения при мгновенном открытии затворов:

$$\tau = \frac{2\Omega\sqrt{H}}{\mu\omega\sqrt{2g}} \quad \text{сек.} \tag{66}$$

Скорость протекания воды в отверстиях клинкетов и водопроводных галлерей будет наибольшей в начале наполнения или опорожнения, когда истечение происходит под полным напором H. К концу наполнения или опорожнения, когда уровень в камере выравнивается с соответствующим бьефом, скорость истечения падает до нуля (если не считать колебательных волнообразных движений воды в камере и водопроводных галлереях).

Максимальная скорость истечения определяется по формуле:

$$v = \varphi\sqrt{2gH} \quad \text{м/сек.}, \tag{67}$$

где φ — коэфициент скорости.

При $\varphi = 0{,}7$ соотношение между напором и скоростью истечения выразится (в округленных цифрах):

Таблица 8

Напор H в м	2,5	5,0	10,0	15,0
Скорость истечения v в м/сек.	5,0	7,0	10,0	12,0

* Проф. Б. Ю. Калинович. Шлюзование водных путей. Москва—Ленинград., 1940.

Скорости течения свыше 10—12 м/сек создают сильное волнение в камере шлюза, действующее неблагоприятно на суда слабой конструкции и вызывающие сильный износ бетонных конструкций шлюза и даже металлических частей, особенно если вода содержит наносы. Для предохранения водопроводных устройств от разрушения приходится в шлюзах с напором свыше 10 м уменьшать скорости протекания воды по водопроводным устройствам шлюза путем постепенного медленного открытия затворов или гашением энергии. Затворы открываются не сразу, а за некоторый промежуток времени, например, даже для клинкетов $\tau_0 = 20 \div 30 \div 60 \div 100$ секунд.

В ряде случаев время, расходуемое на открывание затворов, доходит до 50—60 и даже до 80 процентов всего времени, расходуемого на наполнение и опорожнение шлюза.

Кроме равномерного открытия, применяется неравномерное или даже «ступенчатое» открытие затворов, например: затвор приподнимается на 1 м, затем делается пауза в несколько минут, а затем следует дальнейший маневр.

При равномерном открытии затворов за время τ_0 общее время наполнения или опорожнения камеры будет:

$$\tau = \frac{\tau_0}{2} + \frac{2\Omega\sqrt{H}}{\mu\omega\sqrt{2g}} \text{ сек.} \tag{68}$$

При проектировании нового шлюза задают время наполнения и опорожнения шлюза из данных опыта, а при эскизных подсчетах — исходя из средней скорости поднятия или опускания шлюзуемого судна:

$$u = \frac{H}{\tau} \text{ м/сек.} \tag{69}$$

Среднюю скорость перемещения судна принимают в границах $u = 0{,}01 \div 0{,}025 \div 0{,}05$ м/сек, или $u = 1 \div 2{,}5 \div 5{,}0$ см/сек. В начале наполнения или опорожнения скорость подъема или опускания судна будет в два раза больше средней: $u_{max} = 2u$ м/сек.

Из формулы (69) находим необходимое время наполнения или опорожнения по известному напору H:

$$\tau = \frac{H}{u} \text{ сек.} \tag{70}$$

Пример. Задан напор $H = 7{,}5$ м. Примем скорость вертикального перемещения $u = 0{,}025$ м/сек. Тогда необходимое время наполнения:

$$\tau = \frac{7{,}5}{0{,}025} = 300 \text{ сек.} = 5 \text{мин.}$$

По времени наполнения τ сек., времени открытия затвора τ_0, напору H м, площади зеркала камеры Ω м², принимая значение коэфициента μ в соответ-

ствии с выбранной системой наполнения и опорожнения, находят необходимую площадь водопропускных отверстий шлюза.

Площадь зеркала камеры шлюза без стенки падения (рис. 169) может быть вычислена по формуле (71):

$$\Omega = (b+2d)l_1 \quad м^2, \tag{71}$$

где:

$d = 0{,}08\ b \div 0{,}1b$ ширина («глубина») шкафных частей в м;

l_1 — длина шкафных частей в м;

b и l — полезные ширина и длина камеры в м.

Длина шкафа должна быть несколько больше длины полотнища двустворчатых ворот:

$$l_1 = 1{,}1 l_b \quad м; \tag{72}$$

$$l_b = \frac{b+d}{2\cos\varphi} \quad м, \tag{73}$$

где $\varphi = 18 \div 22°$ — угол створа, образуемый осью полотнища ворот с прямой, перпендикулярной оси камеры.

Помножив площадь зеркала Ω камеры шлюза с вертикальными

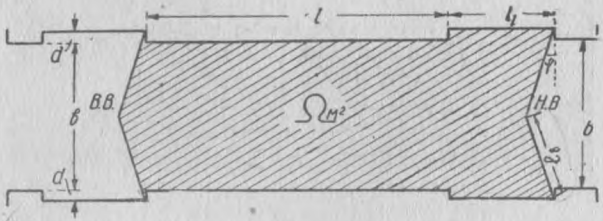


Рис. 169. Площадь зеркала камеры шлюза

стенками, но без стенки падения на напор H, получим сливную призму шлюза:

$$W = \Omega H \quad м^3, \tag{74}$$

т. е. объем воды, сливаемой из верхнего бьефа в нижний при каждом наполнении и последующем опорожнении шлюза.

§ 69. ГОЛОВЫ И СТЕНКИ ШЛЮЗОВ

Конструкции шлюзных голов и стенок шлюзных камер должны обеспечивать, так же как и конструкции плотин: а) наименьшую фильтрацию воды, б) устойчивость и прочность сооружений. Головы и стены шлюзов рассматриваются в данном курсе очень кратко, — лишь в объеме, необходимом для понимания устройства и действия тех частей шлюза (ворот, затворов и т. д.), маневрирование которыми производится при каждом пропуске через шлюз.

Шлюзы бывают деревянные, каменные, бетонные, железобетонные, с металлическими стенками (выполненными из металлического

шпунта — (рис. 170) и из смешанных материалов. Очень большое значение имеет род грунта, в котором возведен шлюз. Конструкция

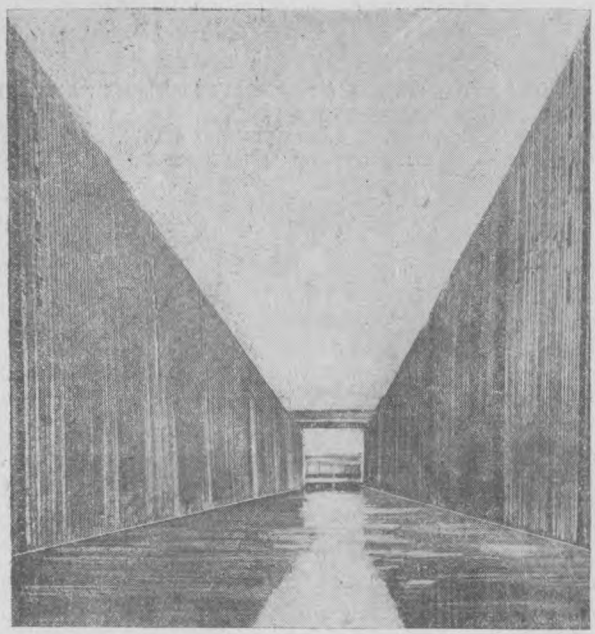


Рис. 170. Стенки шлюзной камеры из металлического шпунта.

шлюзов в скалистом грунте значительно отличается от конструкции шлюзов в мягких грунтах.

1. Головы шлюзов

Головы шлюзов попеременно поддерживают напор и являются, в сущности, разборчатыми судоходными плотинами, а поэтому к флютбетам и стенкам шлюзных голов полностью относятся все требования, предъявляемые к флютбетам и устоям плотин (предотвращение вымыва грунта фильтрующейся водой). Флютбеты шлюзных голов на мягких грунтах имеют, как правило, шпунты, выполняющие то же назначение, что и шпунты флютбетов плотин. Для экономии средств стенки и днища камеры могут быть устроены без водопроводных галлерей. В этом случае все водопроводные устройства сосредоточиваются в головах, где размещаются ниши для опускных или подъемных плоских ворот, или для сегментных ворот, как на шлюзах канала имени Москвы (см. рис. 168), или короткие галлереи (см. рис. 166, *б*).

2. Стенки шлюзов, расположенных на скалистом грунте

Стенки шлюзов, расположенных на скалистом грунте, бывают двух основных типов: 1) из дерева и 2) из бетона.

При наличии дерева стенки выемки, сделанной в скале посредством взрывных работ, покрывают деревянными брусьями и закрепляют забетонированными в скалу болтами. В результате этого стенки камеры получают вид деревянных решеток, прикрывающих неровную поверхность скалы выемки. Такие стенки шлюзовых камер впервые в большом масштабе осуществлены на Беломорско-Балтийском канале имени И. В. Сталина и вполне обеспечивают удобный ввод и вывод судов и их отстой в камере во время шлюзования.

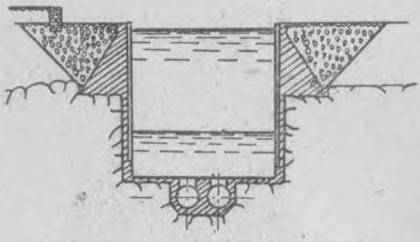


Рис. 171. Поперечный разрез бетонного шлюза в скалистом грунте

При наличии цемента выполненная в скалистом грунте выемка облицовывается бетоном, а выше границы скалы возводятся обычные бетонные массивные стенки (рис. 171). При скальном грунте выгоднее устраивать донные продольные галлереи (см. рис. 171 и 157), так как устройство продольных галлерей в стенках потребовало бы совершенно излишней выемки больших масс скалы и укладки большого количества бетона.

3. Стенки шлюзов на мягких грунтах

Стенки шлюзов на мягких грунтах можно разделить на две группы: а) камерные стенки вертикальные или почти вертикальные, поддерживающие засыпанный за ними грунт, и б) откосы (откосные стенки).

Вертикальные стенки камер выполняются из камня или бетона (рис. 172) или железобетона, причем при очень слабом

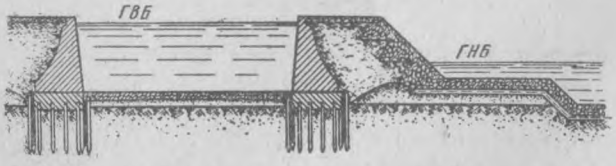


Рис. 172. Поперечный разрез камеры речного шлюза с вертикальными бетонными стенками на свайном основании; справа — нижний бьеф реки

грунте приходится устраивать сплошное днище из железобетона как в одиночных (рис. 173, *а*), так и в параллельных шлюзах (рис. 173, *б*). Шлюзные камеры со сплошным днищем похожи по конструкции на камеры сухих судоремонтных доков и называются

шлюзами докового типа. При слабом грунте стенки и головы возводятся на свайном основании (см. рис. 172). Стенки камеры могут быть выполнены также из металлического шпунта (см. рис. 170).

На водных путях СССР имеется много шлюзов с ряжевыми стенками на основании из мягких, нескальных, грунтов. Стенки ка-

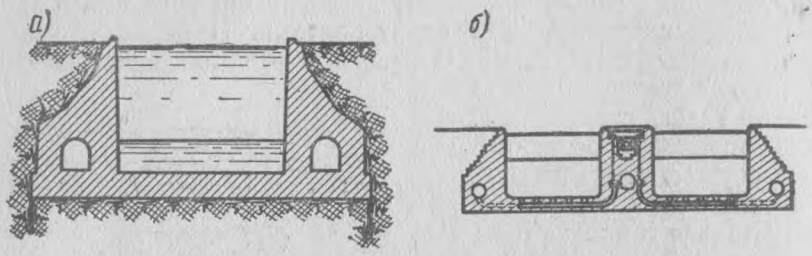


Рис. 173. Шлюзы со сплошным днищем (шлюзы докового типа): *а* — шлюз в одну нитку, *б* — параллельный шлюз

меры устраивают также наподобие набережных на свайном высоком основании (§ 97), причем сваи во избежание гниения всегда должны быть целиком в воде, т. е. ниже Г.В.Н.Б.

В процессе эксплоатации стенки шлюзов не должны подвергаться нагрузке выше расчетной, поэтому нельзя производить выгрузку большого количества грузов на стенки шлюза без предварительной проверки их устойчивости.

На площадке вокруг шлюза делаются канавы (кюветы) для отвода воды. С этой же целью устраивают дренаж за стенками шлюза, чтобы уменьшить действующее на них давление грунта и воды, насыщающей засыпку за стенками.

Шлюзы с откосными стенками камеры наиболее дешевы, так как только головы выполняются из камня, бетона или ряжей, а стенки камеры ограничены откосами из местного грунта (рис. 174). Откосы укрепляются обычно каменной мостовой.

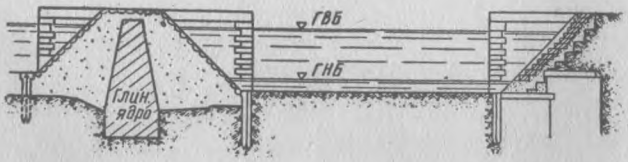


Рис. 174. Поперечный разрез шлюза с откосными стенками камеры. Вертикальные стенки только в голове шлюза

Во избежание посадки судна на откос при опорожнении камеры и в целях удобства входа и выхода камера ограждается по линиям подошвы откосов рядом свай или свайных кустов (рис. 175), т. е. забитых рядом групп свай, стянутых болтами и другими металлическими поковками.

Камеры с откосными стенками неудобны в эксплоатации из-за трудности швартовки судна и значительно большего, чем у камер с вертикальными стенками, объема сливной призмы, что вызывает увеличение расхода воды на шлюзование и удлинение времени наполнения и опорожнения шлюза. Шлюз с откосными

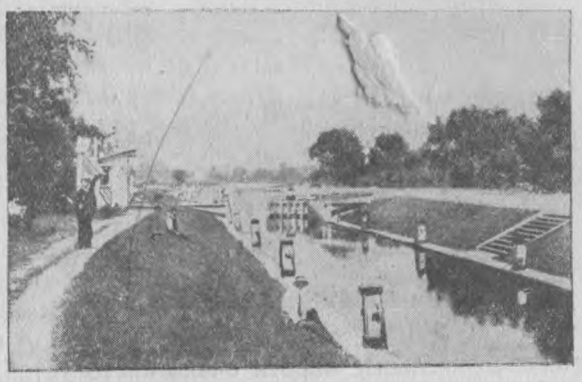


Рис. 175. Шлюз с откосными стенками камеры; около уреза воды видны кусты отбойных свай

стенками камеры при прочих равных условиях в сравнении со шлюзом, имеющим вертикальные (или почти вертикальные) стенки камеры, будет иметь всегда меньшую пропускную способность. Однако для малых рек с небольшим грузооборотом этот тип шлюзов может оказаться наиболее экономичным.

§ 70. ВОРОТА ШЛЮЗОВ И ИХ ПРИВОДНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Шлюзные ворота различаются по способу маневрирования ими и по материалу, из которого они сделаны (деревянные, металлические и смешанной конструкции).

1. Двустворчатые ворота на вертикальных осях вращения

Двустворчатые ворота на вертикальных осях вращения наиболее распространены в настоящее время. На рис. 176 показан план двустворчатых ворот. Оба полотнища вращаются вокруг вертикальных осей O и O_1, проходящих через вереяльные столбы. Когда ворота закрыты, полотнища смыкаются створными столбами по линии продольной оси шлюза, причем оси полотнищ составляют угол $\varphi = 18 \div 22°$ с плоскостью поперечного сечения шлюза. Двустворчатые ворота передают давление воды на стенки голов и не могут быть открыты при наличии напора (направление напора на рис. 176 показано стрелками).

Металлические ворота состоят в основном из вертикальных балок-стоек, горизонтальных балок-ригелей и поддерживаемой стойками и ригелями обшивки, воспринимающей давление

воды. Если основными балками являются ригели, а стойки выполняют вспомогательную роль поддерживающих обшивку распределительных балок, то ворота называются ригельными; если основными балками являются стойки, то ворота называются стоечными.

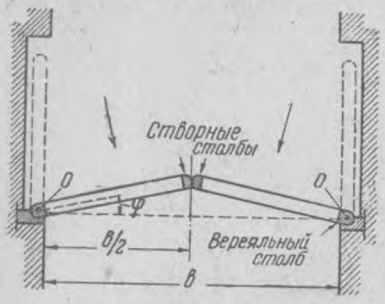


Рис. 176. План двустворчатых ворот

Стоечные ворота имеют сверху и снизу по ригелю, на которые опираются стойки. Эти ригели называются соответственно верхним и нижним рамным ригелем.

На рис. 177 показаны металлические ворота стоечного типа с клинкетами. На поперечном разрезе видно устройство уплотнения, состоящее из деревянных брусьев, которое препятствует утечке воды между нижней кромкой ворот и порогом шлюза.

Металлические ригельные ворота очень часто устраиваются тоже с плоской обшивкой.

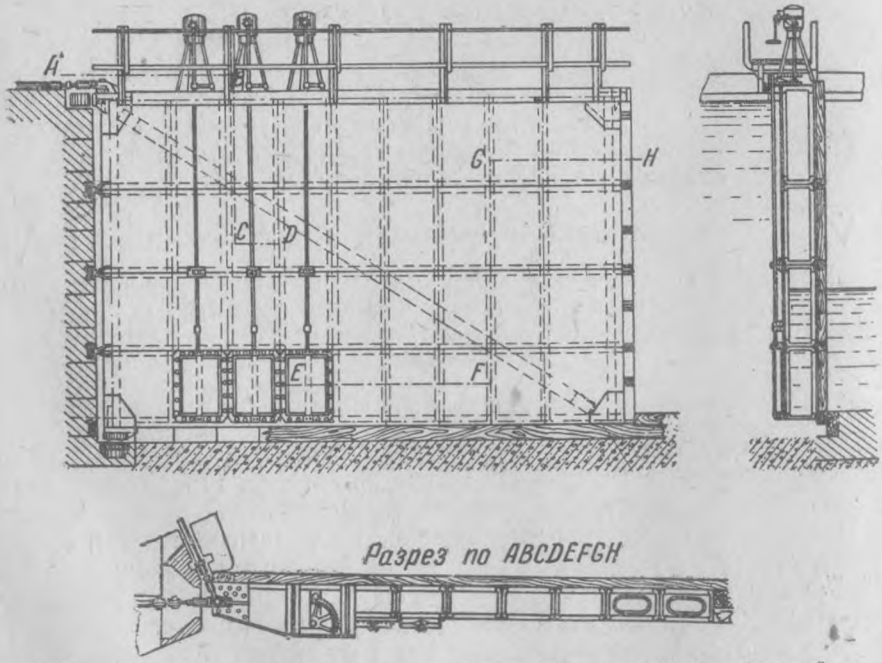


Рис. 177. Металлические ворота стоечного типа с плоской обшивкой и клинкетами

Деревянные ворота устраивают стоечные, с косой дощатой обшивкой (рис. 178), или сплошные брусчатые, без обшивки, роль которой выполняют горизонтальные брусья. В стоечных воро-

тах клинкеты расположены между стойками и почти не ослабляют прочности ворот.

Советские гидротехники впервые в мире разработали и с успе-

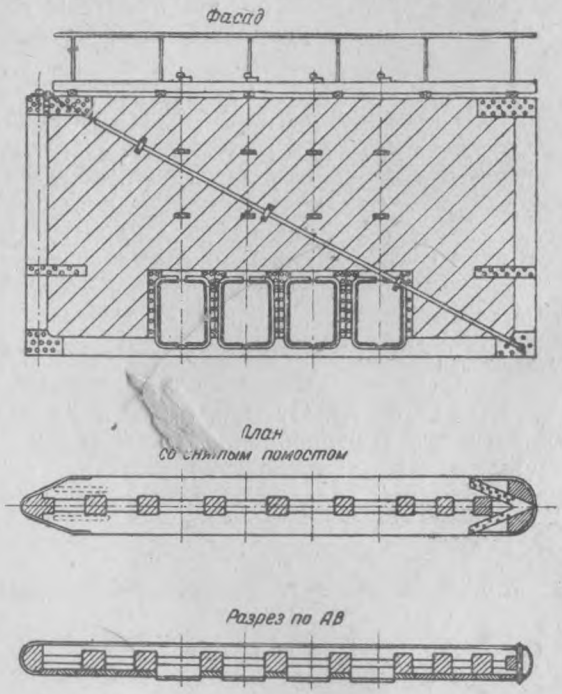


Рис. 178. Деревянные стоечные ворота с клинкетами

хом применили на практике деревянные двустворчатые ворота, каждое полотнище (створка) которых сконструировано из горизон-

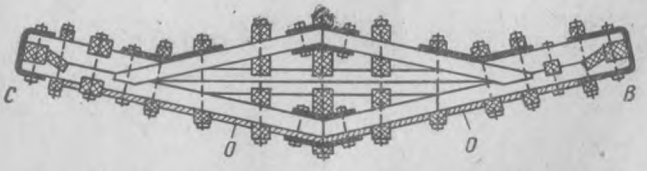


Рис. 179. Деревянные ромбовидные ворота. План горизонтального ригеля: С — створный столб ворот, В — вереяльный столб, О — обшивка деревянная; поперечное сечение вертикальных брусьев-стоек заштриховано поперечно, металлические листы, полосы и прокладки показаны толстыми линиями, болты — пунктиром

тальных деревянных ферм-ригелей, вертикальных брусьев и деревянной обшивки (рис. 179).

2. Опорные части ворот с вертикальной осью вращения

Опорные части ворот с вертикальной осью вращения состоят из: 1) пяты, установленной на флютбете головы, на которую опирается пятник ворот, и 2) гальсбанта, удерживающего верхнюю точку оси ворот.

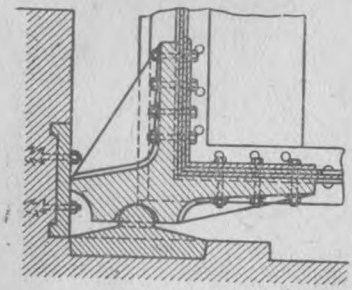


Рис. 180. Пята шлюзных ворот с вертикальной осью вращения

Пята делается шаровой формы из литой стали (в воротах небольшого размера — из чугуна), на нее опирается шаровой же формы пятник, но радиус шаровой поверхности пятника больше радиуса шаровой поверхности пяты (рис. 180). На пяту передается полный вес полотнища ворот.

Гальсбант представляет собой кольцо, охватывающее шип на верхней части ворот (рис. 181, *А*). От гальсбанта идут две тяги, снабженные устройством для регулирования их натяжения. Применяются также клиновые натяжные устройства, талрепы и т. п. Тяги гальсбантов прочно заделывают в массиве стенок шлюзных голов.

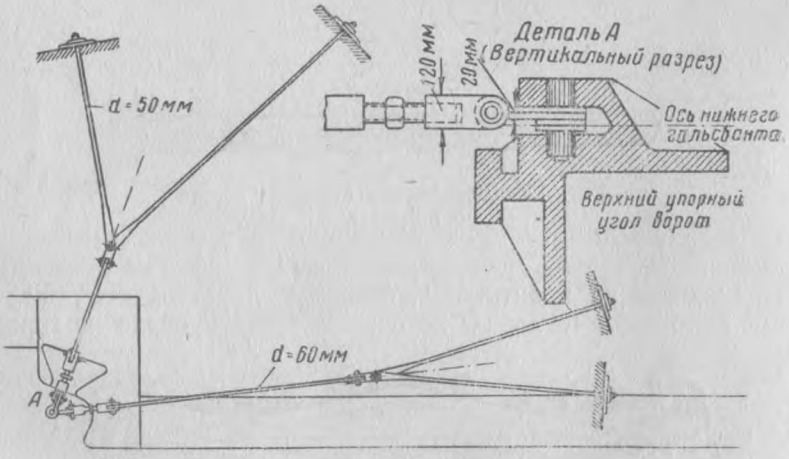


Рис. 181. Гальсбант

3. Сегментные опускные ворота

Сегментные опускные ворота в верхних головах шлюзов применены на одном из наших новых каналов (см. рис. 168).

4. Прочие типы шлюзных ворот

Кроме двустворчатых на вертикальных осях вращения и сегментных, существует несколько других типов шлюзных ворот.

Плоские одностворчатые ворота с горизон-

гальной осью вращения (рис. 182) могут быть использованы в верхних головах шлюзов со стенкой падения.

Подъемные ворота (плоские щиты, сегментные затворы) неудобны, так как ограничивают высоту надстроек и мачт судов.

Опускные ворота (плоские щиты, сегменты, цилиндры) не имеют этого недостатка, но требуют устройства глубокой ниши (шкафа), что экономически выгодно лишь при высоких стенках падения.

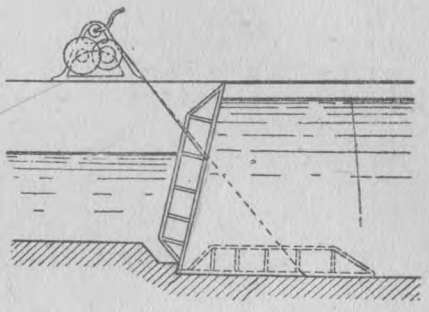


Рис. 182. Плоские одностворчатые ворота с горизонтальной осью вращения

Откатные ворота, закатываемые на колесах или на катках в нишу, устроенную в голове перпендикулярно к оси шлюза, применяются для закрытия входов в доки, а также в шлюзах, поддерживающих двусторонний напор, т. е. меняющийся по направлению. Например, в шлюзах, построенных в устье реки, подверженном сгонам и нагонам воды с моря, напор может быть то со стороны реки, то со стороны взморья. В этих условиях пригодны откатные ворота или необходимо иметь в каждой голове двойные двустворчатые ворота на вертикальных осях (см. рис. 163, *б*).

5. Приводные механизмы для открывания и закрывания ворот

Современные шлюзы имеют ворота столь значительных размеров, что для открывания и закрывания их в течение полагающегося весьма короткого промежутка времени ($^1/_2$—1—2 минуты) требуются моторы мощностью от 5 до 60 л. с. Имеющимися на случай отказа электромотора ручными приводами открывание и закрывание ворот производится значительно медленнее, поэтому на старых шлюзах, где имеются только ручные приводы, маневры даже с небольшими воротами происходят медленнее, чем на электрифицированных шлюзах с воротами более значительных размеров.

Приводы всех ворот, не вращающихся на вертикальной оси, представляют собой различного вида подъемные механизмы, похожие на механизмы плотин, и здесь не рассматриваются.

Приводные механизмы двустворчатых ворот на вертикальных осях вращения бывают следующих основных типов:

а) приводные механизмы с горизонтально установленным зубчатым колесом, передающим через шатун движение полотну ворот (на рис. 183 сплошными линиями показано положение шатуна и полотнищ ворот при полном закрытии ворот, а пунктиром — при их полном открытии);

б) рычажные приводы, которые менее удобны, чем приводы колесно-шатунного типа;

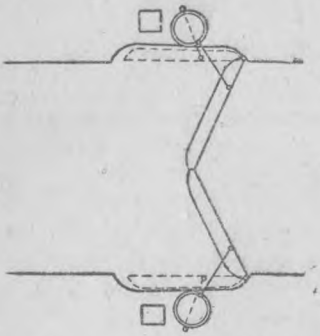


Рис. 183. Колесно-шатунный привод шлюзных ворот

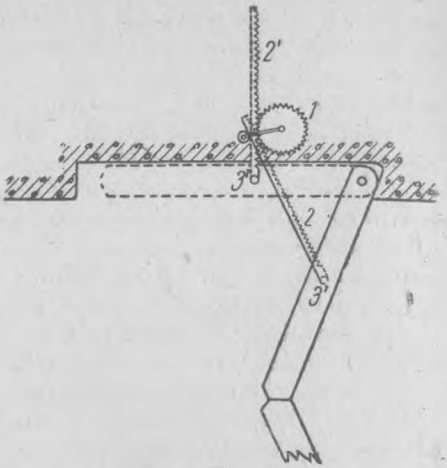


Рис. 284. Реечный привод шлюзных ворот

в) механизмы реечного типа; они передают движение полотнищу двустворчатых шлюзных ворот через зубчатое колесо *1* (рис. 184) и зубчатую рейку-кремальеру *2*, закрепленную шарниром *3* на полотнище ворот. На рис. 184 пунктиром показано положение ворот при полном открытии их, когда полотнище находится в шкафу, а сплошными линиями — при закрытых воротах.

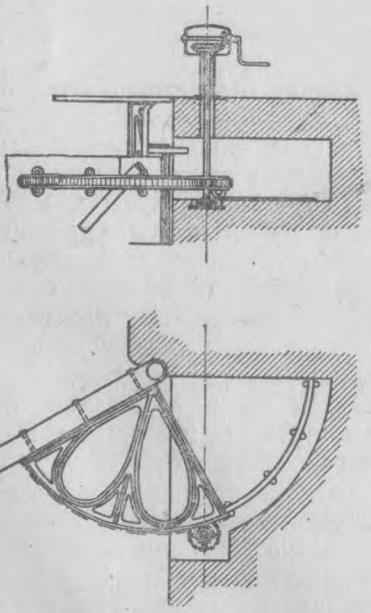


Рис. 185. Привод с дуговой зубчатой рейкой

г) механизмы с криволинейными рейками, очерченными по дуге круга (рис. 185), имеют несколько более плавный ход, чем приводы с прямыми рейками;

д) тросовые приводы оригинального типа применены на шлюзах канала имени Москвы.

На старых, маломерных, шлюзах открывают и закрывают ворота пока еще вручную, с помощью бруса, прикрепленного к полотнищу, или ручных воротов различного вида.

§ 71. ЗАТВОРЫ ВОДОПРОВОДНЫХ УСТРОЙСТВ ШЛЮЗОВ

Системы наполнения и опорожнения шлюзов имеют весьма разнообразные водопроводные устройства и отверстия в воротах, закрываемые клинкетами, различного типа водопроводные галлереи с затворами и, наконец, самые шлюзные ворота используются в качестве затвора для закрытия водопропускных отверстий (см. § 68).

Затворы водопроводных галлерей устраиваются следующих типов:

а) плоские поворотные щитовые затворы, вращающиеся вокруг вертикальной или горизонтальной оси;

б) подъемные плоские щитовые затворы простого трения, пригодные только при самых малых размерах отверстий, а также плоские колесные (рис. 186, *г*) и катковые щиты;

в) сегментные подъемные затворы водопроводных галлерей шлюзов (рис. 186, *а*), имеющие довольно широкое распространение;

г) цилиндрические вертикальные затворы, удобные для применения в головах шлюзов со стенкой падения, так как в этом случае водопроводная галлерея имеет вертикальное колено. На рис. 186, *б* цилиндрический затвор показан в закрытом состоянии, а на рис. 186, *в* — в открытом.

Затворы водопроводных галлерей устанавливаются в шахтах.

Для маневрирования затворами водопроводных галлерей на головах шлюзов устанавливаются подъемные механизмы. На современных шлюзах механизмы затворов галлерей электрифицированы, но на случай отказа электромоторов все затворы должны иметь и ручной привод. На старых и малонапорных шлюзах затворы галлерей имеют только ручные приводы, равно как и клинкеты в шлюзных воротах.

Для уменьшения утечки воды затворы галлерей снабжаются уплотнениями в виде резиновых прокладок, деревянных брусьев,

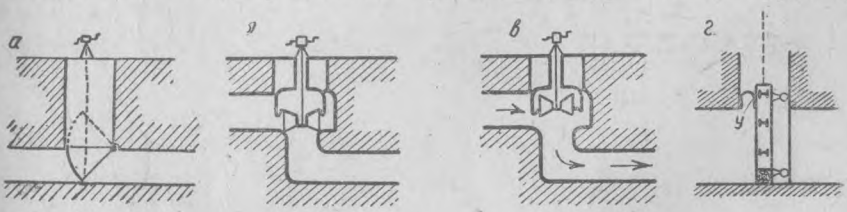


Рис. 186. Затворы водопроводных галлерей: *а* — сегментный затвор (пунктир — открытое положение) *б* — цилиндрический затвор в положении, перекрывающем движение воды в галлерее *в* — цилиндрический затвор в открытом состоянии, *г* — уплотнение «У» плоского затвора

тонких металлических листов, которые под давлением воды прижимаются плотно к краям отверстия водопроводной галлереи и препятствуют утечке воды.

На рис. 186, *г* показано уплотнение щитового колесного затвора по нижней кромке в виде деревянного бруса, по верхней кромке — в виде гибкого изогнутого металлического листа. Уплотнение боко-

вых кромок выполняется из металлических листов или из деревянных брусьев, скошенных по высоте на клин, что обеспечивает плотное прижатие их к деревянным же брусьям, укрепленным в пазах шахты затвора.

§ 72. ПОДХОДЫ К ШЛЮЗАМ

1. Шлюзы в реке и шлюзы в деривации

Судоходные шлюзы могут быть построены на шлюзованной реке различными способами, а именно:

а) непосредственно в реке рядом с плотиной, и

б) в деривационном канале, т. е. в обходном канале, обычно спрямляющем излучину реки.

Шлюз в реке может быть или в нижнем бьефе (рис. 187, *а*), причем плотина примыкает к верхней голове шлюза, или в верхнем бьефе (рис. 187, *б*); в этом случае плотина примыкает к нижней голове.

При любом расположении шлюза в реке относительно плотины необходимо иметь той или иной длины ограждающие сооружения, отделяющие подходы к шлюзу от реки. На рис. 187 показаны эти сооружения, называемые разделительными: *1* — верхнее разделительное сооружение, отделяющее от реки верхний подходный канал, и *2* — нижнее разделительное сооружение, отделяющее от реки нижний подходной канал.

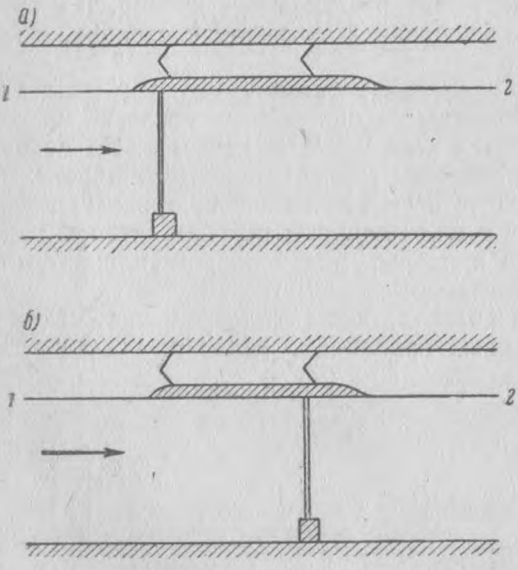


Рис. 187. Схемы расположения речных шлюзов: *а* — шлюз в нижнем бьефе, *б* — шлюз в верхнем бьефе

Назначение разделительных сооружений заключается в обеспечении безопасности движения и отстоя судов в подходных к шлюзу каналах. Как было отмечено выше, при пропуске воды через плотину возможно, особенно при боковом ветре, затягивание судов в отверстие как водосливной, так и разборчатой плотины, что грозит крупной аварией. При переливе воды через плотину в нижнем бьефе получаются большие скорости, поэтому в сооружениях низкого напора приходится конец нижнего разделительного сооружения относить на 150—250 м ниже плотины. При большом напоре расстояние от начала подходного канала до плотины должно быть значительно больше и достигает 500—1000 и более метров.

Шлюз довольно часто строят в нижнем бьефе (см. рис. 187, *а*), так как при подпоре, создаваемом плотиной, скорости в верхнем бьефе невелики и угроза затягивания судов к плотине возникает лишь при навальном на плотину ветре. При нахождении шлюза в

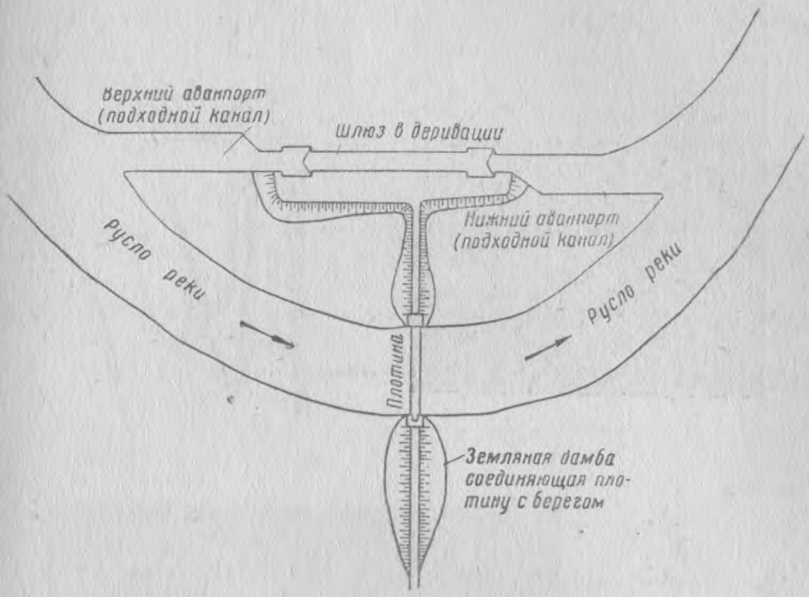


Рис. 188. Схема шлюза, расположенного в деривационном канале

нижнем бьефе начало нижнего подходного канала более удалено от плотины, чем при нахождении шлюза в верхнем бьефе.

Устройство шлюза в деривации (рис. 188) сопряжено обычно с выемкой большого количества грунта в подходных каналах и камере шлюза, но зато дает некоторое спрямление пути и достаточно удобный вход в верхний и нижний подходные каналы (рис. 189). Желательно, чтобы ширина подходных каналов давала возможность прохода каравана при двух караванах, стоящих у берегов, или расхождения двух караванов при одном караване, стоящем у берега. При выполнении этих требований ширина подходных каналов по дну будет определяться формулой:

$$B_к = 3(b-2e)+4a \quad м, \tag{75}$$

где:

$B_к$ — ширина подходного канала по дну в м;
b — полезная ширина камеры шлюза в м;
e — запас по ширине с каждого борта судна (воза), находящегося в камере (см. § 67);
$a = 2 - 4$ м — интервал между судами или возами, а также между судами и набережными подходного канала.

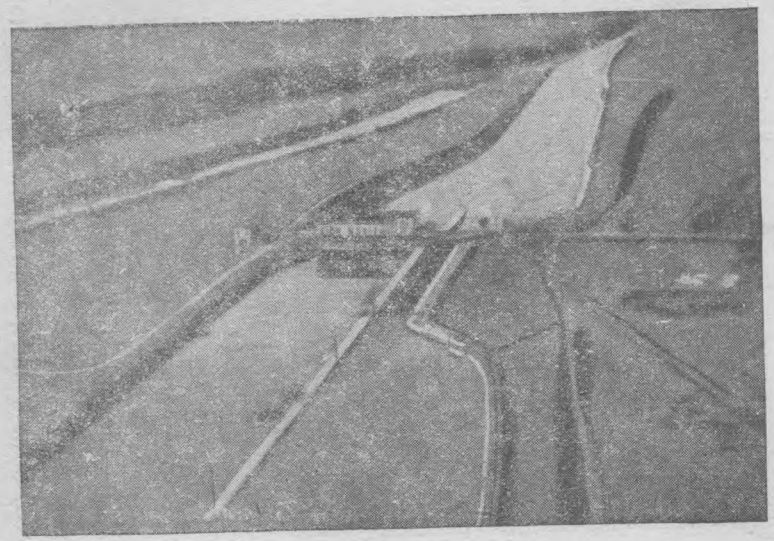
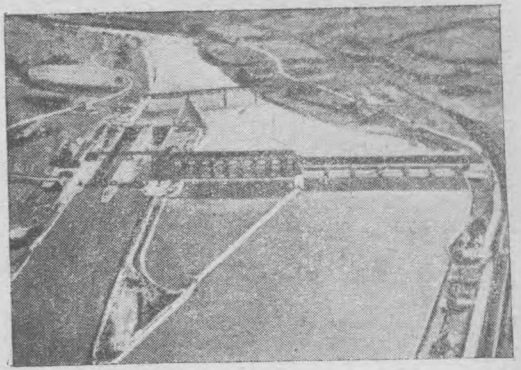


Рис. 189. Судоходный шлюз и гидроэлектрическая станция, расположенные в деривационном канале, вдали видно русло реки



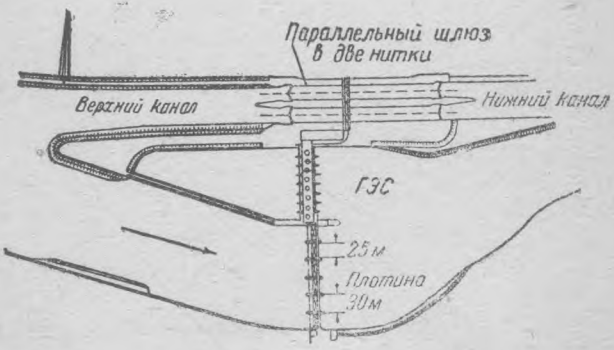


Рис. 190. Гидроузел на судоходной реке: *а* — общий вид гидроузла, *б* — план

Если не ожидается в будущем большого движения через данный шлюз, то подходные каналы должны быть рассчитаны на расхождение двух караванов:

$$B = 2(b-2e)+3a \quad \text{м}. \tag{76}$$

На рис. 190 показан узел гидротехнических сооружений на судоходной реке. В состав гидроузла входят: судоходный однокамерный параллельный шлюз в две нитки с подходными каналами к шлюзу, плотина, гидроэлектрическая станция (на плане сокращенно обозначенная ГЭС), набережные верхнего и нижнего подходных каналов и другие сооружения.

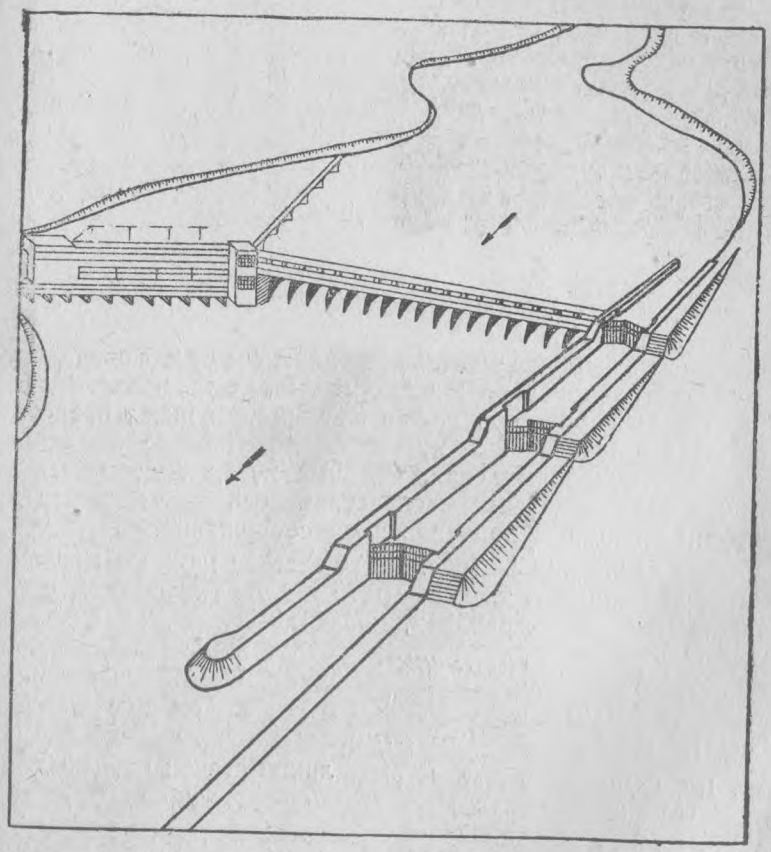


Рис. 191. Гидроузел на судоходной реке в составе двухкамерного шлюза, плотины и гидроэлектрической станции

В верхнем и нижнем подходных каналах можно устраивать аванпорты для грузовых операций и удобной стоянки судов (гл. IX).

На рис. 191 показан перспективный вид на гидроузел, состоящий из судоходного двухкамерного шлюза, плотины и гидроэлектростанции. Подходы к шлюзу ограждены со стороны реки в верхнем и нижнем бьефах разделительными сооружениями.

2. Разделительные сооружения

Разделительные сооружения устраиваются обычно как продолжение стенок шлюза, длиной, равной или большей полезной длины шлюзной камеры. При более коротких разделительных сооружениях не получается спокойного расхождения возов или удобного отстоя их в ожидании шлюзования.

Конструкции разделительных сооружений весьма разнообразны: земляные дамбы, покрытые каменной одеждой; дамбы из каменной наброски; ряжевые стенки; деревянные шпунтовые стенки; опоры поддерживающие деревянные и металлические мостики; сквозные свайные деревянные, бетонные и железобетонные эстакады. Для экономии бетона разделительные сооружения в верхнем и нижнем бьефах Днепровского шлюза выполнены в виде аркад.

Разделительные сооружения должны быть оборудованы причальными приспособлениями (§ 73) для швартовки стоящих в подходных каналах судов. Конструкция этих сооружений должна быть такой, чтобы обеспечивалась защита судов от течения, ледохода и волн.

3. Входные направляющие палы

Входные направляющие палы предназначены для создания удобных условий входа судов в шлюз и выхода из него. В прежнее время направляющие сооружения при входе в шлюз представляли собой чаще всего свайные кусты, т. е. группы рядом забитых и соединенных поковками свай. Свайные кусты называются также палами; это наименование распространилось затем на все другие конструкции входных направляющих сооружений.

Обычно длина пал l_n (рис. 192) делается немного меньшей или равной длине судна L т. е. $l_n = (0{,}75 \div 1{,}0)\,L$, в расчете, что суда, входящие в состав караванов, последовательно, одно за другим будут направляться палами в шлюз. Очертание входных пал в плане делается по кривой с переходом по касательной к линии стенок шлюзных голов.

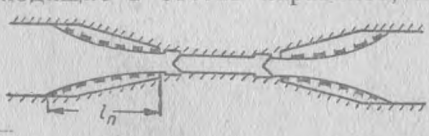


Рис. 192. Схема пал подходных каналов шлюза (в плане)

По конструкции входные направляющие палы, или палы-эстакады, бывают: а) в виде кустов деревянных свай; б) деревянные свайные (рис. 193), обшиваемые брусьями, пластинами, досками в целях создания направляющей поверхности для скольжения привального бруса судна; в) ряжевые с вертикальными стенками; г) пловучие в виде деревянных решетчатых ферм, находящихся на плаву и удерживаемых на месте цепями или сваями. Пловучие палы пригодны при винтовых судах и непригодны для пропуска колесных судов, повреждающих плицы гребных колес о плавающие ниже обноса направляющие фермы. Все эти неудобства имеются

и при других пловучих низко сидящих над водой направляющих устройствах, например, при пловучих лавах; д) железобетонные палы-эстакады; для смягчения ударов судов перед железобетонными палами-эстакадами можно ставить пловучий деревянный бон,

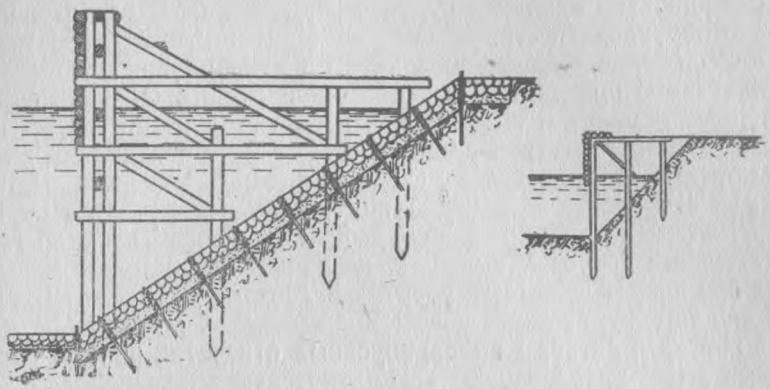


Рис. 193. Деревянные свайные палы подходных каналов шлюза

однако он непригоден там, где шлюзуются колесные суда; е) палы-эстакады в виде различных мостиков (рис. 194). Упругие входные палы-эстакады гораздо лучше амортизируют толчки и удары

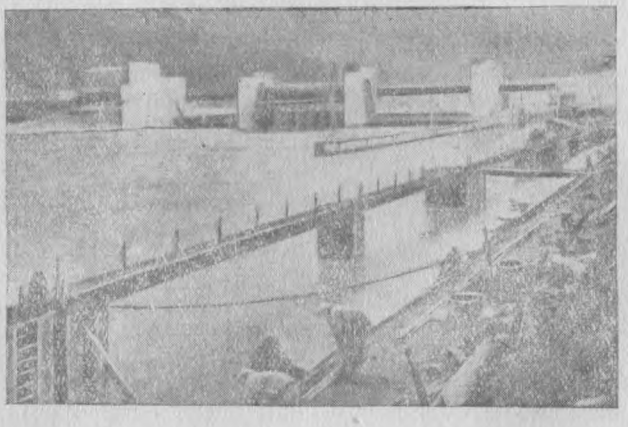


Рис. 194. Подход к шлюзу с нижнего бьефа

судна, чем жесткие; последние приходится снабжать иногда отбойными брусьями. Все палы-эстакады должны иметь достаточное возвышение над горизонтом воды, чтобы исключить возможность поломки гребных колес.

Существуют шлюзы, не имеющие входных пал, что ухудшает условия ввода в камеры буксирных возов.

§ 73. ОБОРУДОВАНИЕ ШЛЮЗОВ

1. Общие сведения об оборудовании шлюзов

Для удобства пропуска судов через шлюз необходимо соответственно оборудовать его.

Оборудование шлюзов включает следующие приспособления и устройства: 1) причальные приспособления для швартовки судов в подходных каналах и в камере; 2) отбойные устройства для смягчения ударов и толчков судна о стенки и конструкции шлюза; 3) ремонтные приспособления и затворы, защищающие шлюз в целом или его ворота и затворы водопроводных галлерей от воды во время ремонта; 4) противоаварийные приспособления; 5) предохранительные затворы, имеющие назначением закрытие входа в шлюз при повреждении или разрушении шлюзных ворот; 6) устройства для тяги судов через шлюз; 7) механизмы, приводящие в действие ворота и затворы водопропускных отверстий шлюза, рассмотренные выше (см. § 70); 8) автоматическую электроблокировку и управление механизмами шлюза; 9) различные устройства для обслуживания шлюза в эксплоатации (обделка кордонов, лестницы-стремянки, дренаж); 10) связь и сигнализацию и судоходную обстановку.

К оборудованию шлюза причисляют иногда затворы водопропускных отверстий и даже ворота шлюза. Та или иная классификация не имеет существенного значения. Но, поскольку ворота и затворы водопропускных отверстий — устройства, абсолютно необходимые для действия шлюза, в то время как многие из перечисленных видов оборудования иногда фактически отсутствуют (например, на многих шлюзах все оборудование ограничивается причальными тумбами и обстановочными знаками), то удобнее считать ворота шлюза и затворы водопропускных отверстий основными устройствами шлюза.

2. Швартовые или причальные приспособления

Швартовые или причальные приспособления устраиваются как на стенках и дамбах подходных каналов, где суда швартуются в ожидании очереди входа в шлюз, так и на стенках шлюзной камеры, где швартовка необходима, чтобы во время наполнения или опорожнения камеры судно, увлекаемое течением, не ударилось о ворота и другие конструкции шлюза. Имеется большое различие в условиях швартовки судов в подходных каналах, где бывают, не считая паводковых, лишь небольшие (20—50 см) колебания уровня воды при наполнении и опорожнении шлюза и в условиях швартовки в камере шлюза, где в течение 4—15 минут судно поднимается или опускается на 7—20 м.

а) Причальные устройства на подходах к шлюзу. В подходных каналах применяются следующие причальные устройства:

Пловучие бочки, используемые для учалки при отстое и переформировании караванов. В верхнем бьефе Волховского шлюза, например, устанавливают три пловучих бочки в 450 м от верхней головы шлюза и две в нижнем бьефе, на расстоянии 1500 м от нижней головы.

Причальные палы или свайные кусты с причальными тумбами наверху и причальными кольцами на боковых поверхностях. В нижнем подходном канале одного из шлюзов канала имени Москвы кусты свай расположены через 15 м один от другого и могут служить как устройство, предохраняющее суда от посадки на откосы канала.

Причальные тумбы — устанавливаются и на берегу и на разделительных сооружениях между рекой и подходными каналами (§ 72). Расстояние между причальными тумбами на подходах бывает различное, например, у Волховского шлюза — 32 м, у Перервинского шлюза — 40 м. Расстановка причальных тумб у подходных каналов должна давать возможность швартовки судов на таком расстоянии от голов шлюза, чтобы течения, образующиеся в верхнем подходном канале при наполнении шлюза и в нижнем — при опорожнении, не представляли опасности для караванов. Это расстояние зависит от условий наполнения и опорожнения шлюза и колеблется от 25—50 до 70 м. Тумбы изготовляются из дерева, чугуна, железа и железобетона. Высота их над поверхностью сооружения — 0,7—0,9 м.

Тормозные тумбы. У подходных каналов полезно иметь двойные тумбы, используемые для торможения судов с помощью пеньковой снасти. Другие причальные устройства, например кольца, встречаются лишь при обделке подходных каналов вертикальными стенками и вообще менее удобны, чем палы и тумбы.

б) Причальные устройства в камерах шлюзов должны давать возможность ошвартованному судну подниматься вверх во время наполнения и опускаться вниз во время опорожнения камеры, но часто при простейших причальных устройствах приходится вручную травить швартовые при опускании судна и выбирать их при его поднятии.

Рымы-кольца, рымы-крюки заделываются в лицевых поверхностях стенок камеры. Расстояние между рымами по горизонтали — 10—25 м, по вертикали—1,5—2 м. Все виды рымов, включая крестовидные, неудобны для швартовки крупных судов тросами большого диаметра, так как имеется опасность падения за борт матросов при перекладке швартовых чалок. Кольцевые рымы допустимы лишь для самых малых судов, т. е. для катеров и лодок.

Причальные тумбы — ставятся несколько отступя от верхней грани стен шлюза, редко у самой верхней грани. Расстояние между тумбами — 10—40 м.

Тормозные тумбы. У голов шлюза устанавливаются двойные тормозные тумбы, между которыми пропускается трос, поданный с кормы входящего в шлюз судна или, наоборот, закрепленный на тумбе трос подается на корму входящего в шлюз судна, где он

пропускается через судовые кнехты. В том и в другом случае достигается плавное торможение судна или целого воза.

Закреплять наглухо тормозной трос нельзя, так как получится рывок, вызывающий повреждение тумб и кнехтов или разрыв швартовых, а незаторможенный караван может по инерции пройти камеру шлюза и удариться о ворота.

Пловучие и подвижные рымы устраняют перекладку швартовых тросов или потравливание и выбирание их.

На рис. 195 показан пловучий рым, установленный в нише стенки шлюза и состоящий из поплавка с направляющими роликами и пружинного амортизатора для смягчения рывков, от которых провисает трос, принимаемый на судно. Практика применения пловучих рымов в Свирском, Днепровском и других шлюзах показала, что пловучие рымы могут заклиниваться от перекоса поплавка и попадания плавающего сора в нишу; для частичной защиты от попадания сора в нижней части ниши ставится сетка (см. рис. 195). В холодный период навигации пловучие рымы иногда примерзают к стенкам ниш.

На канале имени Москвы шлюзы снабжены подвижными причальными приспособлениями, передвигаемыми одновременно (синхронно) электромоторами по мере изменения уровня воды в камере. В случае повреждения подвижных рымов шлюзующиеся крупные суда швартуются за тумбы, установленные на стенках шлюзов, а маломерные суда — за рымы-крюки, вмонтированные в стенках шлюза.

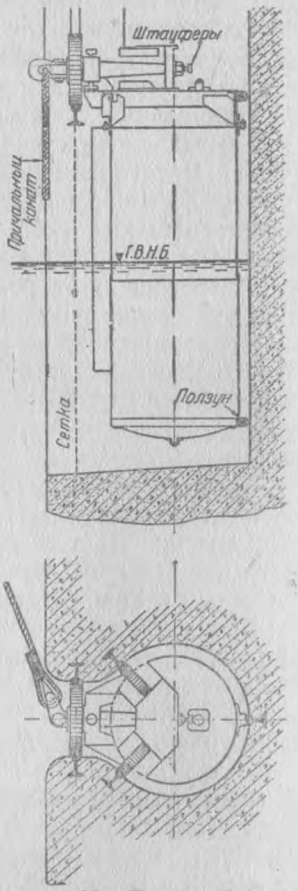


Рис. 195. Пловучий рым шлюза: в — вид сбоку; б — разрез по горизонтальной плоскости

3. Отбойные устройства

Отбойные устройства служат для смягчения ударов судов о стенки шлюза или канала. Отбойные устройства подходных каналов должны быть удобны для движения судна в горизонтальном направлении; отбойные устройства в камере шлюза должны быть приспособлены, кроме того, к значительным вертикальным перемещениям судов. Отсюда можно сделать вывод, что отбойные приспособления шлюзов, так же как и набережных, не должны иметь выступающих горизонтальных частей, за которые могли бы зацепиться обнос или при-

вальный брус судна. Отбойные приспособления состоят из вертикальных или, что лучше, слегка наклонных свай, свайных кустов или пал и отбойных брусьев. На Беломорско-Балтийском канале имени И. В. Сталина отбойные устройства представляют решетку из горизонтальных и вертикальных брусьев, причем горизонтальные брусья нигде не выступают за плоскость вертикальных отбойных брусьев.

В шлюзах, пропускающих плоты, целесообразно, как показал опыт Свирского шлюза, скашивать ребра отбойных брусьев или придавать им в горизонтальном сечении форму, близкую к треугольнику, что уменьшает возможность задевания плотов за отбойные брусья (рис. 196).

Отбойные брусья крепятся к стенкам шлюзов болтами, которые ни в коем случае не должны выходить за лицевую плоскость отбойных брусьев. Головки болтов находятся в углублениях отбойных брусьев (рис. 196, *а*). Этот тип крепления отбойных брусьев неудобен тем, что со временем нарезка на головке болта ржавеет, изнашивается и завинчивание гайки делается затруднительным. Гораздо удобнее для смены отбойных брусьев прикреплять брус двумя заделанными в стенку болтами, снабженными проушинами, через которые в просверленное в брусе отверстие продевается замыкающий болтик (рис. 196, *б*). В случае изнашивания нарезки этот

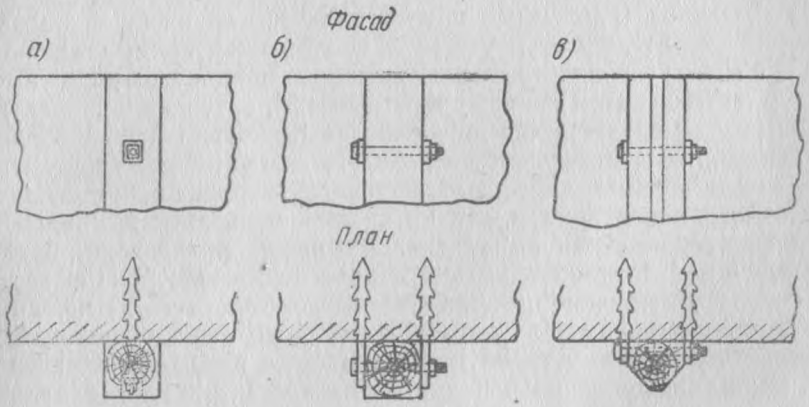


Рис. 196. Отбойные брусья. Штриховкой показана часть бетонной стенки камеры шлюза; заершенные болты заделаны в бетон

болтик может быть заменен другим. Заложенные в бетон или в скалу анкерные болты не имеют нарезки и могут служить очень долго.

В § 72 было уже отмечено, что различные пловучие направляющие и отбойные устройства недопустимы, если через шлюз проходят колесные пароходы, так как даже опускание жестких кранцев с парохода не всегда защищает колеса от поломки о пловучее направляющее или отбойное устройство, которое мало возвышается

над горизонтом воды. Ворота шлюзов также снабжаются отбойными брусьями.

В последнее время в камерах шлюзов, имеющих вертикальные бетонные стенки, отбойные брусья не ставят.

4. Ремонтные и противоаварийные приспособления и затворы

а) Ремонтные приспособления и затворы служат для изоляции камеры шлюза и его голов от воды на время ремонта. Шахты затворов водопроводных галлерей могут быть осушены, независимо от шлюза, посредством деревянных или металлических шандор, закладываемых в пазы, имеющиеся перед затвором и за ним.

Кроме шандор, опирающихся в пазах, при больших пролетах применяются шандоры, опирающиеся на промежуточные опоры, которыми могут быть различные убирающиеся на время эксплоатации шлюза стойки и фермы.

б) Противоаварийные приспособления имеют целью: а) предотвратить возможность удара судна в ворота, если вахтенным начальником судна или нижней командой будет допущена ошибка в управлении судном или его машинами, б) предотвратить раскрытие ворот и срыв их с пят и гальсбантов, если удар судна о ворота все же произойдет.

Удар судна в шлюзные ворота является крупнейшей аварией, влекущей за собой самые тяжелые последствия при срыве ворот и образовании течения через шлюз. Аварии подобного рода имели иногда последствием гибель судов и людей, затопление нижележащих сооружений, перерыв движения на несколько дней и т. п.

Основная причина ударов в ворота — это вход в камеру с недопустимо высокими скоростями и прочие неправильные действия вахтенного начальника и лиц из нижней и верхней команды, например, неправильное выполнение в машине приказаний, передаваемых с мостика, опоздание в подаче тормозных концов и т. п.

Описываемые ниже предохранительные устройства не дают полной гарантии предупреждения аварий, если судно с недопустимо большой скоростью устремится к воротам, а потому основной способ предотвращения аварий в шлюзах вообще и ударов судов в ворота в частности, заключается в четкой, дисциплинированной работе команд судов и обслуживающего шлюз персонала. Входить в шлюз необходимо на малых скоростях. Общая инструкция по шлюзам канала имени Москвы предусматривает, например, скорость входа 1,8 км/час, т. е. 0,5 м/сек.

Предохранительные цепи, натягиваемые выше уровня воды перед закрытыми воротами, дают возможность затормозить судно, которое при ударе форштевнем в цепь поднимает противовесы и тем самым погашает свою энергию. На рис. 197, *а* показано положение цепного заграждения перед ударом судна, причем противовесы находятся в нижнем положении, а на рис. 197, *б* — положение натянутой судном цепи и поднятых противовесов. На рис.

197, *в* предохранительные цепи показаны опущенными вниз, на днище головы шлюза, чтобы пропустить судно. Предохранительные цепи, изобретенные советским инженером Бородулиным, установлены на Днепровском шлюзе имени Ленина.

Заградительные или предохранительные цепи можно ставить с

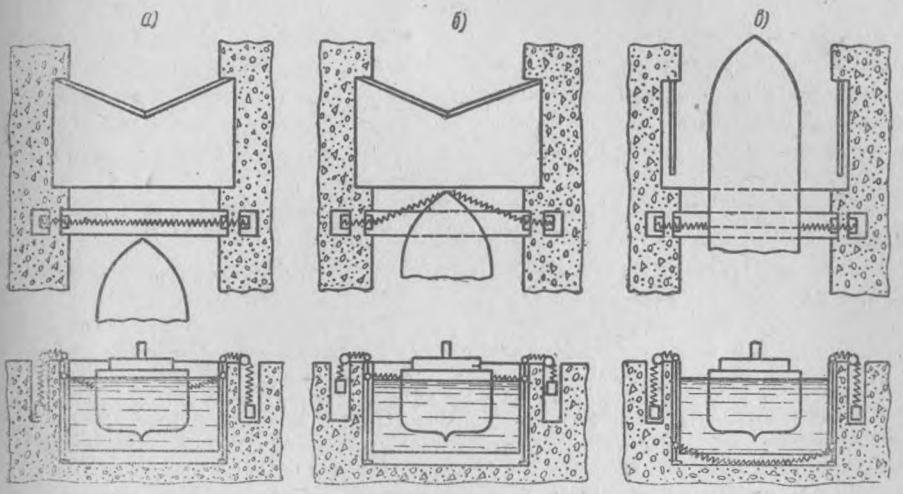


Рис. 197. Предохранительные цепи

обеих сторон каждых ворот. Особенно существенное значение имеет защита нижних ворот со стороны камеры и верхних — со стороны верхнего бьефа.

Имеются и другие системы заградительных устройств.

Предохранительные пальцы, устанавливаемые на обоих полотнищах ворот у створных столбов их, имеют целью сохранить возможность поддержания приоткрытого ударом судна полотнища ворот о другое полотно. На рис. 198, *а* показана схема действия предохранительных пальцев ворот, на рис. 198, *б* — предохранительные пальцы, применяемые на шлюзах Мариинской системы.

Полотнища ворот защищаются от действия навала судна отбойными брусьями, которые не должны выступать из ниши шкафа при полностью открытых воротах.

Для смягчения ударов судов о ворота применяются также различные кранцы.

в) Предохранительные (аварийные) затворы служат для закрытия входа в шлюз при повреждении ворот. Основное требование, предъявляемое к предохранительным затворам шлюзов, — быстрое и безотказное закрытие затворов даже при наличии сильного течения через шлюз при сбитых с мест воротах. Указанному требованию лучше всего отвечают щитовые, сегментные, вальцовые затворы и плотины системы Томаса, примененные

в качестве предохранительных затворов на шлюзах канала имени Москвы (рис. 199 и 168, *а*).

На рис. 199 слева видна ниша, куда убираются крайние фермы. Предохранительные затворы устанавливаются в верхних головах,

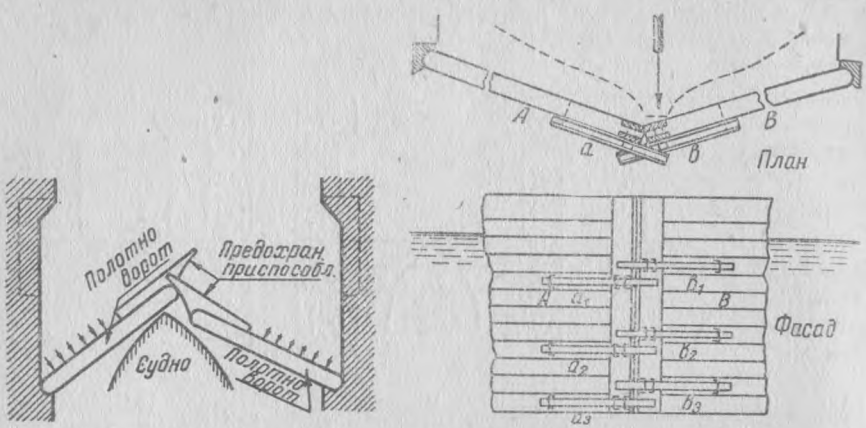


Рис. 198. Предохранительные пальцы шлюзных ворот: *а* — схема действия, *б* — предохранительные пальцы, примененные на воротах шлюзов Мариинской системы

перед верхними воротами. В случае ремонта верхних ворот предохранительный затвор может быть использован как ремонтный за-

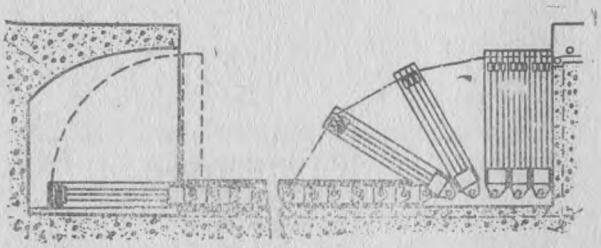


Рис. 199. Плотина системы Томаса, использованная в качестве предохранительного затвора шлюза. Разрез поперек шлюзной камеры, слева видна ниша, с уложенными в нее крайними фермами

твор. Во время эксплоатации шлюза предохранительные затворы находятся в открытом состоянии и, будучи уложены на флютбет, не мешают движению судов.

5. Тяговые устройства шлюзов

Тяговые устройства шлюзов состоят из: 1) шпилей и кабестанов с электрическими или гидравлическими приводами; 2) электрических кошек (электрических тельферов), передвигающихся по рельсовым путям; 3) электровозов.

а) Шпили и кабестаны (рис. 200) устанавливают на стенках шлюза; они используются для тяги судов, для чего несколько витков буксирного каната накладывается на шпиль. Неудобство шпилей — необходимость заносить на них тросы в начале заводки в шлюз и передавать их с одного шпиля на другой. Для устранения такого неудобства можно производить тягу бесконечным тросом, имеющим петлю для учалки и приводимым в движение теми же шпилями и кабестанами.

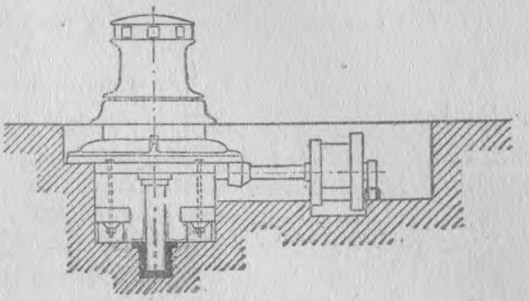


Рис. 200. Шлюзный тяговый шпиль с приводом

б) Электрические кошки (электрические тельферы) движутся по путям, уложенным на эстакаде вдоль шлюза.

в) Электровозы представляют весьма удобный вид тяги на шлюзах, но стоимость оборудования электровозной тягой выше стоимости электрошпилей. Электровозная тяга выгодна лишь при большом грузообороте и густом движении. В тех местах, где электровозу приходится преодолевать крутые уклоны,

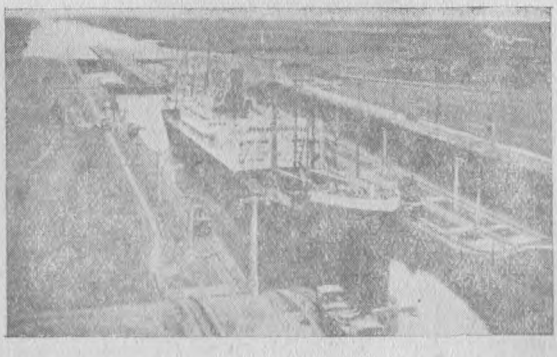


Рис. 201. Тяга судна через шлюз электровозами

укладывают зубчатую рейку, и передвижение производится так же, как на зубчатой железной дороге. Для торможения судна применяются электровозы, идущие за кормой судна (рис. 201).

6. Автоматическая блокировка и управление шлюзом

Автоматическая блокировка и управление шлюзом представляют собой централизованную систему, позволяющую управлять механизмами шлюза из одного или двух центральных постов управления. На посту управления имеется сигнализация, показывающая

в каждый данный момент положение всех ворот и затворов шлюза; кроме того, электромоторы включены в цепь таким образом, что механизмы одной головы шлюза не могут быть пущены в ход, если не закрыты ворота и затворы другой головы. Автоматическая электроблокировка исключает возможность неправильных маневров с воротами и затворами шлюза, что подтверждается опытом эксплоатации шлюзов канала имени Москвы.

7. Кордоны, парапеты

а) Кордон, т. е. верхняя грань стенок шлюзной камеры, может быть сделан из металла (рис. 202). При недостаточном возвышении кордона стенок над горизонтом воды верхнего бьефа, когда обнос колесного парохода или привальные брусья других судов возвышаются над кордоном, возникает опасность поломок и аварий.

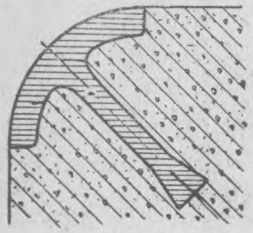


Рис. 202. Кордон стенки шлюза

На рис. 203 показан случай, когда недостаточно хорошо ошвартованный в камере шлюза с низким кордоном пароход наваливается ветром на подветренную стенку шлюза. Возможна поломка гребного колеса, так как обнос находится выше кордона и все прижимное усилие пароход передает на стенку через колесо.

При пропуске судов с высоким сухим бортом, например порожних барж, привальный брус может задеть при опорожнении шлюза за кордон или за верхушку отбойных брусьев. На рис. 203, *б* пунктиром показан в камере горизонт воды верхнего бьефа (Г.В.В.Б.), а обычной штриховкой показан уровень воды при опорожнении шлюза, при котором судно повисает своим привальным брусом на кордоне шлюзной стенки.

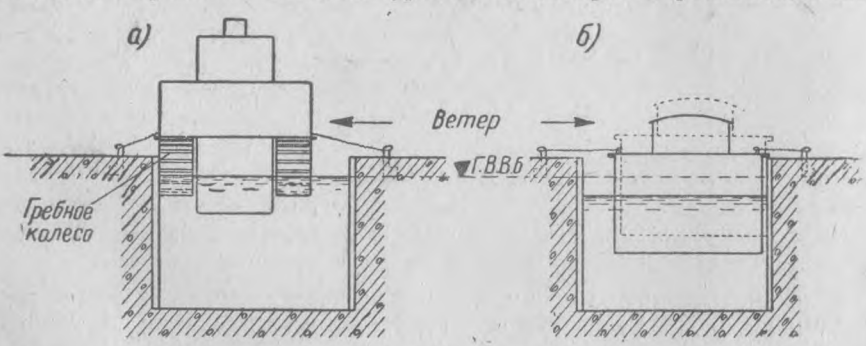


Рис. 203. Стены камеры шлюза, имеющие недостаточное возвышение над Г.В.В.Б.

Криволинейная обделка кордона и верхних частей отбойных брусьев способствует лучшему скольжению вниз привального бру-

са судна, но не гарантирует сохранность судна при сильном прижимном ветре.

б) Парапеты. Для устранения всех описанных неудобств нет надобности увеличивать высоту стен и удорожать тем самым

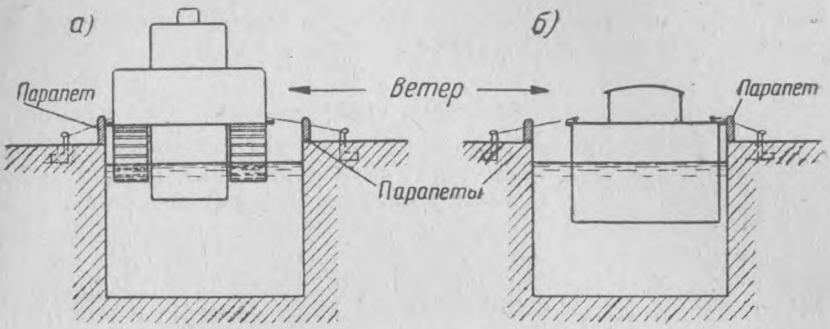


Рис. 204. Стены камеры шлюза с парапетами

шлюз: достаточно надстроить на стенках камеры сравнительно тонкие железобетонные стенки-парапеты (рис. 204), дающие упор обносам и привальным брусьям судов в любых условиях. Против причальных тумб делаются разрывы в парапете. Парапеты с успехом применены на шлюзах канала имени Москвы. Парапеты обеспечивают безопасность обслуживания шлюза, так как исключают возможность падения людей в камеру.

На шлюзованных реках и судоходных каналах имеется много шлюзов с недостаточным возвышением кордона стенок над Г.В.В.Б. При проводке через такие шлюзы судов, у которых обносы и привальные брусья приходятся выше кордона, необходимо проявлять особую осторожность и швартоваться с обеих сторон (если позволяет ширина шлюза). При боковом ветре необходимо швартоваться к надветренной стенке шлюза, но никоим образом не к подветренной стенке, к которой судно будет прижато ветром, и возникнет опасность поломки гребных колес или посадки привальным брусом на кордон при опорожнении шлюза. Опускание жестких кранцев не всегда может выправить положение, наоборот, при наличии отбойных рам с вертикальными и горизонтальными брусьями жесткие кранцы будут упираться в последние и могут быть сорваны с подвесок как при наполнении, так и при опорожнении шлюза.

в) Лестницы-стремянки устанавливаются вертикально на стенках в особых углублениях (нишах) или под защитой отбойных брусьев. По лестницам-стремянкам члены команды судна и работники шлюза (но не пассажиры) могут выходить с судна на стенку шлюза или спускаться со стенки на судно.

§ 74. ТЯГА СУДОВ ЧЕРЕЗ ШЛЮЗЫ

Самоходные суда могут проходить шлюзы своим ходом. В целях исключения возможности аварий проход под своими машинами самоходным судам на некоторых шлюзах не разрешается, и про-

водка судов производится электровозами или другими видами береговой тяги, а также и специально выделенными для обслуживания шлюза буксирами.

Несамоходные суда можно проводить через шлюз: 1) за буксиром, 2) береговой тягой.

1. Тяга за буксиром

Обычно буксировщик проводит свой воз через шлюз самостоятельно. Можно отметить положительный опыт выделения специального парохода для проводки возов через Волховский шлюз. Команда специально выделенного парохода хорошо осваивает проводку через шлюз, и шлюзование протекает более быстро и четко. Особенно полезно выделение специального буксира в тех случаях, когда для проводки через шлюз приходится расчаливать возы и плотокараваны. Тяга за буксиром при проходе через шлюз не требует оборудования шлюза тяговыми устройствами. Тяга за буксиром имеет в Союзе ССР преобладающее распространение.

2. Тяга с берега

Тяга с берега возможна различными способами. Конная тяга применяется только на некоторых старых шлюзованных системах. Тяга вручную возможна лишь для самых малых судов. Дешевым устройством для береговой тяги можно считать тягу шпилями или кабестанами (см. § 73), причем наиболее удобна система с бесконечным тросом, имеющим петли для зачалки судна.

Тяга через шлюз электровозами (см. рис. 201) достаточно удобна и гарантирует от ударов в ворота. Электрические кошки требуют, так же как и электровозы, устройства специальных путей.

Предлагаются также тяговые устройства в виде мостовых ферм, движущихся по обеим стенкам шлюза. Буксирный канат можно в этом случае зачаливать за центр мостовой портальной фермы, а потому при отсутствии ветра отпадает необходимость работы рулями, которые могут быть поставлены в среднее положение. Однако ограничение высоты надстроек и большая стоимость такого устройства являются препятствием для применения такой системы тяги, равно как и электрических кошек, движущихся по пути, подвешенному над продольной осью шлюза. Различные виды тяги судов на шлюзованных участках каналов и рек рассмотрены в главе VIII.

§ 75. ПРОПУСК СУДОВ ЧЕРЕЗ ШЛЮЗЫ. ПРОЦЕСС ШЛЮЗОВАНИЯ. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ШЛЮЗОВ И СПОСОБЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Пропуск судна через шлюз слагается из ряда операций по вводу и выводу судов и производству маневров с воротами и затворами шлюза. Пропуск судов можно производить:

а) односторонним шлюзованием, когда суда или возы проходят шлюз в одном направлении;

б) двусторонним шлюзованием, когда после пропуска судна вниз следующее судно пропускается вверх или, наоборот, сначала шлюзуется судно, идущее вверх, а затем судно, идущее вниз;

в) серийным шлюзованием, когда в первую очередь пропускается в порядке одиночного шлюзования ряд судов (возов) в одном направлении, а затем пропускаются суда в обратном направлении.

1. Одностороннее шлюзование

Одностороннее шлюзование состоит из восьми операций. При пропуске судна, например, из нижнего бьефа в верхний операции будут производиться в такой последовательности (рис. 205, *а*) и со следующей приблизительно затратой времени:

1) ввод судна (воза) в камеру из нижнего бьефа $t_1 \approx \frac{l_1}{v_1} \approx 6 \div 12$ мин.,
2) закрытие нижних ворот . . . . . $t_2 \approx 1 \div 2$ мин.,
3) наполнение камеры (включая, разумеется, все маневры с затворами водопропускных отверстий) . $t_3 \approx 4 \div 12$ мин.,
4) открытие верхних ворот . . . . . $t_4 \approx 1 \div 2$ мин.,
5) вывод судна (воза) из камеры в верхний бьеф . $t_5 = \frac{l_2}{v_2} \approx 4 \div 10$ мин.,
6) закрытие верхних ворот . . . . . $t_6 \approx 1 \div 2$ мин.,
7) опорожнение шлюза . . . . . $t_7 \approx 4 \div 12$ мин.,
8) открытие нижних ворот . . . . . $t_8 \approx 1 \div 2$ мин.,

Всего: $\Sigma t_1 \approx 22 \div 54$ мин.

Время на выполнение операций показано приблизительно, лишь для общей ориентировки. Продолжительность операций различна

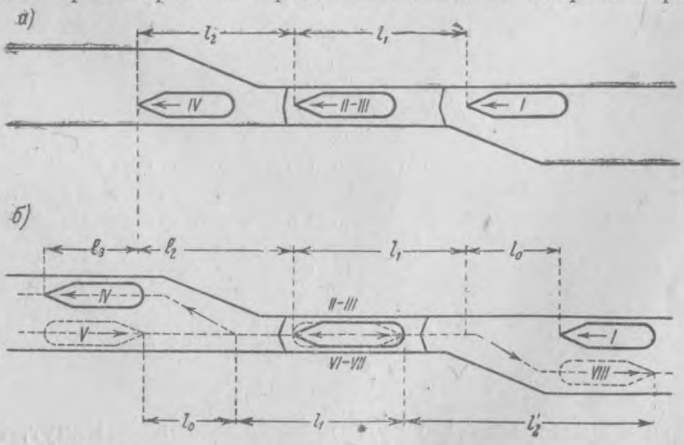


Рис. 205. Схемы шлюзования: *а* — одностороннего, *б* — двустороннего

не только для разных шлюзов, но может изменяться и для данного шлюза при изменениях напора, а также в зависимости от размеров

судов и возов, условий шлюзования (ветер) и т. п. Расстояния, проходимые при вводе и выводе судна, при предварительных подсчетах можно принимать округленно $l_1 = l_2 = 1{,}5l$, где l—полезная длина камеры. При выходе из шлюза маломерного судна имеется возможность несколько раньше начать закрывать ворота, так как путь, проходимый коротким судном до момента выхода его ахтерштевня за голову шлюза, будет меньше (если установить судно ближе к выходной голове) пути, проходимого судном или возом, использующим всю полезную длину камеры шлюза. Скорость ввода в шлюз, в зависимости от размеров судна или воза и способа тяги, бывает $v_1 = 0{,}20 \div 0{,}60$ м/сек. Маломерные суда, занимающие только часть полезной длины камеры, можно вводить и выводить с несколько большей скоростью. Скорость вывода бывает $v_2 = 0{,}40 \div 0{,}80$ м/сек., а для судов и возов, не использующих полностью габариты шлюза, может быть и больше.

2. Двустороннее шлюзование

Двустороннее шлюзование включает большее, чем при одностороннем шлюзовании, число операций. Например, при пропуске первого судна из нижнего бьефа в верхний, а встречного судна—из верхнего бьефа в нижний должны быть выполнены последовательно следующие операции (рис. 205, *б*) приблизительно со следующей затратой времени:

1) ввод судна в камеру шлюза из подходного канала нижнего бьефа . . . . . $t_1 \approx \frac{l_0}{v_0} + \frac{l_1}{v_1} \approx$ $\approx 8 \div 16$ мин.,
2) закрытие нижних ворот . . . . . $t_2 \approx 1 \div 2$ мин.,
3) наполнение камеры . . . . . $t_3 \approx 4 \div 12$ мин.,
4) открытие верхних ворот . . . . . $t_4 \approx 1 \div 2$ мин.,
5) вывод судна из камеры в верхний бьеф . . . . $t_5 \approx \frac{l_2}{v_2} + \frac{l_3}{v_3} \approx$ $\approx 6 \div 14$ мин.,
6) ввод встречного судна из верхнего бьефа в камеру . . . . . $t_6 \approx \frac{l_0}{v_0} + \frac{l_1}{v_1} \approx$ $\approx 8 \div 16$ мин.,
7) закрытие верхних ворот . . . . . $t_7 \approx 1 \div 2$ мин.,
8) опорожнение камеры . . . . . $t_8 \approx 4 \div 12$ мин.,
9) открытие нижних ворот . . . . . $t_9 \approx 1 \div 2$ мин.,
10) вывод судна из камеры в нижний бьеф . . . . $t_{10} \approx 6 \div 14$ мин.

Всего: $\Sigma t_2 = 40 \div 92$ мин.

Затрата времени на одно судно $\frac{1}{2}\Sigma t_2 = 20 \div 46$ минут, т. е. затрата времени на одно судно при двустороннем шлюзовании через однокамерный шлюз будет меньше, чем при одностороннем.

Из сравнения рис. 205, *а* и 205, *б* видно, что при двустороннем шлюзовании судно при вводе и выводе должно пройти более длин-

ный путь, чем при одностороннем шлюзовании, так как необходимо разойтись со встречным караваном, ожидающим входа в шлюз. В соответствии с увеличением расстояний ввода и вывода судна, затрата времени на эти операции при двустороннем шлюзовании будет больше, чем при одностороннем, но зато имеется экономия времени на наполнении или опорожнении шлюза и открытии и закрытии ворот. Расстояние $l_0 = l_3 \cong (1{,}25 \div 1{,}75)\, l$; скорости $v_0 = v_3 = 1{,}0 \div 1{,}25$ м сек.

Двустороннее шлюзование может быть всегда рекомендовано для однокамерных шлюзов в одну нитку.

3. Серийное шлюзование

Серийное шлюзование безусловно выгодно при многокамерных шлюзах и применяется на Днепровском трехкамерном шлюзе. При двухкамерных шлюзах надо обосновать расчетом, будет ли выгоднее двустороннее шлюзование или серийное.

4. Пропускная способность шлюза и способы ее повышения

Пропускная способность шлюза определяется максимальным числом пропусков судов за сутки. Зная грузоподъемность судов, а также количество тонн груза, которое можно перевезти через шлюз в судах за сутки, состав возов, количество порожних и неполностью загруженных судов, число пропусков грузо-пассажирских паротеплоходов, служебных и технических судов, а также учитывая неравномерность грузооборота и движения судов, можно выразить пропускную способность шлюза в тоннах.

За одни сутки при непрерывной работе шлюз может пропустить при двустороннем шлюзовании следующее число возов:

$$M = 2\frac{24 \times 60}{\Sigma t_2} = \frac{2 \times 1440}{\Sigma t_2}, \qquad (77)$$

где:

M — число судов (возов, пропускаемых через шлюз в обоих направлениях в сутки;

2 — коэфициент, учитывающий пропуск при каждом двустороннем шлюзовании одного судна (воза) в прямом направлении и одного судна (воза) в обратном направлении;

$24 \times 60 = 1440$ — число минут в сутках;

Σt_2 — продолжительность двустороннего шлюзования в минутах.

Делать расчет пропускной способности на односторонний пропуск через шлюз в одну нитку бесцельно, так как в нормальных условиях исключается возможность пропуска судов в течение целых суток только в одном направлении. Фактически, в зависимости от времени подхода судов, односторонние шлюзования чередуются с двусторонними. В многокамерных шлюзах правильнее всего про-

изводить чередование серий односторонних пропусков в ту и другую стороны.

Способы повышения пропускной способности шлюза заключаются: а) в ускорении проводки через шлюз каждого отдельного воза или судна; б) в наиболее полном использовании полезных размеров камеры шлюза, что требует одновременного шлюзования возможно большего числа судов; в) в пропуске судов через шлюз по графику, обеспечивающему наибольшую пропускную способность данного шлюза. Очевидно, что увеличение загрузки судов способствует увеличению пропускной способности шлюза. Через шлюз первым пропускается судно, находящееся в бьефе, с уровнем которого совпадает в данный момент уровень воды в шлюзе.

5. Влияние типа шлюза на его пропускную способность

В шлюзах двухкамерных, трехкамерных и вообще в многокамерных шлюзах двустороннее шлюзование сопряжено с большей затратой времени, чем последовательное шлюзование нескольких судов в одном направлении. При двустороннем шлюзовании через многокамерный шлюз встречное судно должно ожидать очереди, пока первое судно не прошлюзуется через все камеры. Особенно неудобны многокамерные шлюзы для взводного судоходства: для наполнения нижних камер приходится или устраивать длинные галлереи, соединяющие их непосредственно с верхним бьефом, или же

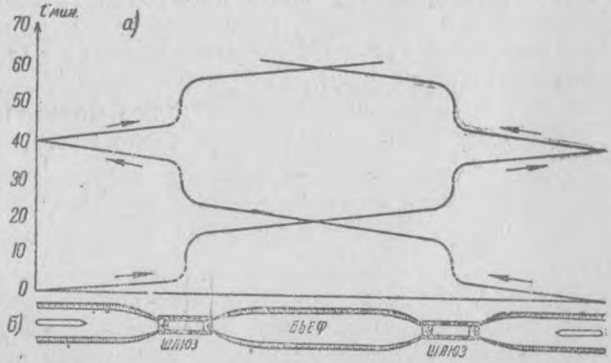


Рис. 206. *а* — график движения судов через 2 шлюза с разъездным бьефом между ними. По горизонтальной оси графика отложены расстояния, по вертикальной — время в минутах; *б* — план

последовательно опорожнять расположенные выше камеры, чем усложняется работа шлюза и удлиняется время пропуска судов.

Однако многокамерные шлюзы в две нитки обеспечивают очень большую пропускную способность. В этом случае одностороннее движение осуществляется по каждой нитке, одна из которых предназначается для движения только вверх, а другая — только вниз.

Увеличение числа камер позволяет снизить напор на каждую

камеру, что дает возможность уменьшить объем сливной призмы и получить экономию воды. Из этих соображений шлюз Молотовского гидроузла на р. Каме проектируется шестикамерным в две нитки.

Однако огромные затраты на строительство второй нитки шлюзов оправдываются только при очень большом грузообороте.

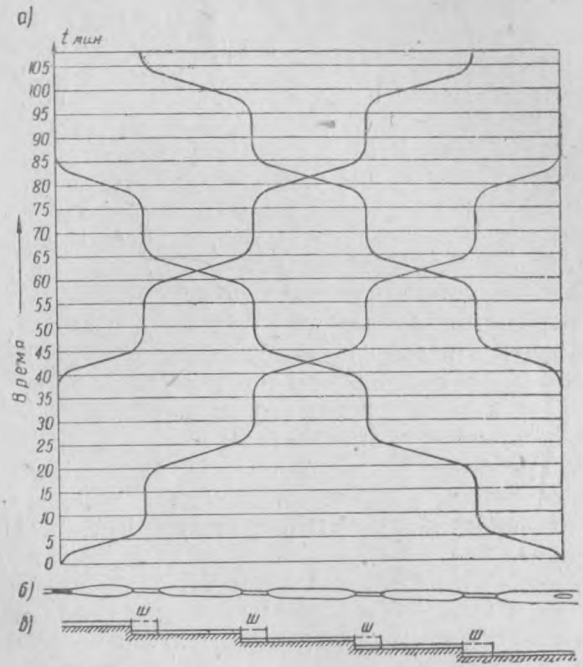


Рис. 207. *а* — график движения судов через лестницу из 4 шлюзов; на вертикальной оси — отложено время в минутах, *б* —схематический план, *в* — продольный профиль

В целях увеличения пропускной способности шлюзованного в одну нитку пути гораздо лучше (если позволяет рельеф местности) построить не многокамерный шлюз, а ряд шлюзов, разделенных разъездными бьефами. Например, разделить два однокамерных шлюза в одну нитку разъездным бьефом, имеющим ширину, достаточную для двупутного движения.

График движения судов через два шлюза и разъездной бьеф между ними изображен на рис. 206, *а*. Внизу на рис. 206, *б* показаны в плане два шлюза и разъездной бьеф между ними. По горизонтальной оси графика (рис. 206, *а*) отложены расстояния (длина подходов, длина шлюзной камеры), по вертикальной оси — время. Стоянки судна обозначены на графике вертикальными отрезками, движение — наклонными линиями. Различный наклон линий движения соответствует различным скоростям хода судна. На рис. 207 показан график движения судов по шлюзной лестнице из четырех шлюзов.

§ 76. ЭКСПЛОАТАЦИЯ ШЛЮЗОВ

Техническая эксплоатация шлюзов осуществляется бассейновыми управлениями пути. Ограничимся здесь самыми краткими сведениями, поскольку многие вопросы эксплоатации шлюзов рассмотрены уже выше, при описании устройства шлюза и его действия.

Эксплоатация затопляемых шлюзов отличается тем, что на время паводков, затопляющих шлюз, приходится прекращать пропуск судов через шлюз, используя для пропуска их отверстие судоходной плотины. Если на шлюзе имеются электромоторы, то их надо снять и убрать на незатопляемую площадку. Ворота затопляемых шлюзов можно в отдельных случаях оставлять на время затопления открытыми, чтобы течение, образующееся через шлюз, промывало наносы и не давало им откладываться в камере. При открытых воротах затопленного шлюза, особенно шлюза, расположенного в деривации, надо принимать меры предосторожности против затягивания судов, в особенности несамоходных, в затопленный шлюз. Ворота закрывают перед сборкой плотины.

В навигационный период необходимо содержать все устройства и механизмы шлюза постоянно в полной готовности, так как перерывы в работе шлюза совершенно недопустимы.

Большой вред наносят устройствам шлюза плавающие предметы — бревна, дрова и древесный сор. Особенно опасны топляки, которые могут засорять галлереи, попадать в шкафные части и створы ворот, заклинивать затворы шлюза и т. п. Поэтому вся плавающая древесина и топляки должны немедленно удаляться из подходных каналов и из камеры шлюза. В случае засорения затопляемых плотин и шлюзов наносами во время паводка приходится производить очистку размывом с помощью землесосов, подающих струю чистой воды через особую трубку, промывалку. Для этой же цели можно применить гидромониторы.

В зимний период производятся околка льда, осмотр и ремонт сооружений и механизмов. Перед весенним ледоходом, точнее, до первой подвижки льда, все части сооружения, которым угрожает давление льда или поднятие льдом (ворота шлюзов и плотин, палы-эстакады, свайные кусты и т. п.), должны быть тщательно околоты от льда, а получившиеся майны следует поддерживать до очищения реки от льда.

Эксплоатационный штат шлюза состоит из: 1) начальника шлюза, 2) старших надзорщиков, являющихся вахтенными начальниками, 3) младших надзорщиков, 4) судопропускных (матросов) и 5) семафорщиков, работающих под руководством старшего надзорщика. На механизированных шлюзах в штат, кроме того, входят: 6) механики, 7) мотористы, 8) электрики. Обслуживающий персонал живет в зданиях, имеющихся при каждом шлюзе.

На каждом гидроузле должен быть неприкосновенный запас материалов согласно нормам, установленным Министерством речного флота. Эти материалы необходимы для ведения ремонтных работ в случае повреждения шлюза.

§ 77. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО ПОСТРОЙКЕ ПЛОТИН И ШЛЮЗОВ НА РЕКАХ. ПРОПУСК СУДОВ И ПЛОТОВ ВО ВРЕМЯ ПОСТРОЙКИ ПЛОТИН И ШЛЮЗОВ

Колоссальный размах работ по шлюзованию рек Союза ССР, строительство плотин и шлюзов на крупнейших водных магистралях европейской части Союза ставят в полном объеме задачу обеспечения удобного пропуска судов и плотов во время постройки плотин и шлюзов.

Для пропуска судов и плотов во время постройки низконапорных плотин и шлюзов все строительные работы разбиваются на две или три очереди. Такая разбивка их вызывается необходимостью пропуска воды во время постройки.

В первую очередь работ включают обычно строительство шлюза и части плотины, месторасположение которых ограждается перемычками. Из пространства, огражденного перемычками, вода откачивается насосами (§ 24). На освобожденной от воды строительной площадке, называемой котлованом, производятся необходимые земляные работы и возводятся: шлюз, один из устоев плотины и часть ее флютбета; монтируются затворы плотин.

По окончании строительства подводных частей этих сооружений перемычки первой очереди разбирают, а второй участок и часть выстроенной плотины ограждают перемычками второй очереди, под защитой которых освобождается от воды котлован второй очереди, в котором заканчивается строительство второй части плотины, монолитно смыкаемой с первой частью, и возводится второй устой плотины.

Во время производства работ второй очереди вода пропускается через уже построенную часть плотины и иногда, частично, через камеру шлюза.

Для обеспечения безопасного прохода судов необходимо так располагать перемычки первой и второй очереди судоходной плотины, чтобы скорости течения в сжатом перемычками участке реки не превышали допустимых для судоходства величин. Размеры оставляемого для судоходства отверстия определяются, как указано в §§ 24 и 66 [см. рис. 154 и формулы (56)—(57)].

Общий вид перемычки второй очереди показан на рис. 208, где на противоположном берегу виден уже построенный при первой очереди работ тонкий устой плотины системы Поаре.

Пропуск судов и плотов при постройке незатопляемых плотин и шлюзов требует более сложных мероприятий. Ввиду большого напора незатопляемой плотины порог ее обычно не может быть заложен на таких низких отметках, как порог затопляемой разборчатой плотины. Конструкция незатопляемых плотин исключает возможность пропуска через них судов в период постройки даже при разбивке строительства на несколько очередей.

Во время строительства незатопляемой плотины суда и плоты пропускаются через шлюз, строительство которого включается в первую очередь работ. Если шлюз запроектирован со стенкой падения, то верхняя голова должна наращиваться в межнавигационные периоды в соответствии с подъемом воды строящейся плотиной.

В отдельных случаях может возникнуть необходимость постройки временных шлюзов для пропуска судов и плотов в период стро-

ительства. Во всяком случае нельзя допускать даже временного прекращения движения судов и плотов во время постройки плотин на судоходных реках.

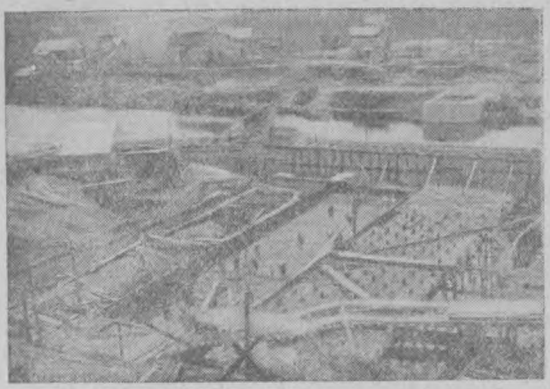


Рис. 208. Общий вид перемычки второй очереди, пропуск судов производится в русле реки, сжатом между перемычкой второй очереди и уже построенным на противоположном берегу тонким устоем плотины системы Поаре.

§ 78. ПРОПУСК СУДОВ И ПЛОТОВ ПРИ РЕМОНТЕ ШЛЮЗОВ

Плановый ремонт плотин и шлюзов производят зимой. Ремонт в навигационный период производят в исключительных случаях — при внезапных повреждениях, устранение которых не может быть отложено до конца навигации. Если ремонт неотложен и требует осушения камеры, голов и ворот, то движение через шлюз временно прекращается. Подобный случай приходится рассматривать как исключительную, нежелательную и крайнюю меру.

Если шлюз расположен рядом с разборчатой судоходной плотиной, то в зависимости от естественных глубин плесов и срока ремонта шлюза может иногда оказаться правильным решение разобрать плотину и пропускать через нее суда хотя бы на осадке меньшей, чем проектная при нормальном подпорном горизонте воды.

Ремонт затворов водопроводных галлерей может производиться без перерыва движения через шлюз, так как ремонтируемый затвор может быть изолирован от воды шандорами с обеих сторон и отремонтирован насухо, без участия водолазов. Пропуск воды может быть обеспечен через вторую галлерею. Время шлюзования увеличится при этом сравнительно незначительно, так как только одна операция, а именно, наполнение камеры или опорожнение ее, будет выполняться за время в два раза большее, чем при нормальной эксплоатации.

В случае наполнения камеры шлюза через длинную галлерею только одной стенки шлюза необходимо основательно ошвартовать судно (или весь воз) именно к этой стенке, чтобы оно не было от-

брошено течением из выходных окон работающей водопроводной галлереи к противоположной стенке шлюза.

В случае опорожнения камеры только через одну длинную галлерею в какой-либо из стенок шлюза надо пришвартовываться к стенке, продольная галлерея которой выключена для ремонта.

§ 79. ОБСТАНОВКА ШЛЮЗОВ

В шлюзах и на подходах к ним имеется следующая судоходная обстановка и сигнализация:

1) знаки «сигнал» на подходах к шлюзу на расстоянии 500—1000 м от светофоров дальнего действия или от семафорных мачт (§ 11);

2) светофоры дальнего действия, а при отсутствии их — семафорные мачты, установленные по одной на каждом подходе, в таком расстоянии от шлюза, что при запрещении входа в шлюз судно может остановиться в удобном месте, не препятствуя движению других судов;

3) на некоторых новых шлюзах установлены светофоры ближнего действия, смонтированные на головах шлюза, в частности, на будках (башнях) управления, справа по ходу судна.

Светофоры дальнего и ближнего действия — трехзначные, т. е. дают один из трех сигналов: зеленый — разрешающий, красный — запрещающий и желтый — предупреждающий. Светофоры действуют круглые сутки; лучи их света направлены навстречу судну, подходящему к шлюзу:

4) бакены, ограждающие неходовые части русла, в частности, бьефы плотин, а также ограждающие головы (мыски) разделительных сооружений (см. § 72). Цвета бакенов и их огней установлены по обычной двусторонней системе речной обстановки (§ 10 и 12). В случае постоянного скопления на берегу посторонних белых огней на белых бакенах устанавливают для их отличия зеленые огни;

5) огни на шлюзных воротах. В ночное время у створных столбов правых по течению полотнищ ворот горит красный огонь, у створа левых по течению полотнищ ворот — белый или зеленый. Когда ворота закрыты, то красный и белый огни видны на близком расстоянии между собой, запрещая тем самым вход в камеру шлюза. При открытых воротах огни у створных столбов полотнищ ворот будут видны у голов шлюза на уровне площадок: красный огонь — справа по течению, белый — слева. При таком положении огней на полотнищах и только, конечно, при одновременном разрешении на вход огнями светофора, а именно: 1) при следовании вниз: сверху — зеленый, снизу — красный; 2) при следовании вверх: сверху — красный, снизу — зеленый, можно входить в шлюз;

6) стоповые, или остановочные, красные огни на подходах — для обозначения границ причальных линий в подходных каналах;

7) стоповые, или остановочные, огни на стенках шлюза, указывающие крайние возможные положения носа и кормы судна при установке его в камере для шлюзования;

8) светофоры двузначные внутри камеры с зеленым, разрешающим, и красным, запрещающим, светом, установленные справа по ходу судна на головах шлюзов. Свет этих светофоров направлен вдоль камеры. Зеленый свет такого внутреннего светофора дает разрешение на выход из камеры.

На шлюзах, где нет внутрикамерных семафоров, ночью разрешение судну на выход из шлюза дается зеленым огнем — зеленым фонарем, выставляемым на стенке шлюза у ворот, через которые судно должно выйти из камеры.

Головы шлюзов освещаются сильными электрическими или керосинокалильными фонарями.

Распоряжения администрации шлюза сообщаются судоводителям или командам плотов голосом в рупор или через громкоговоритель радиоустановки шлюза.

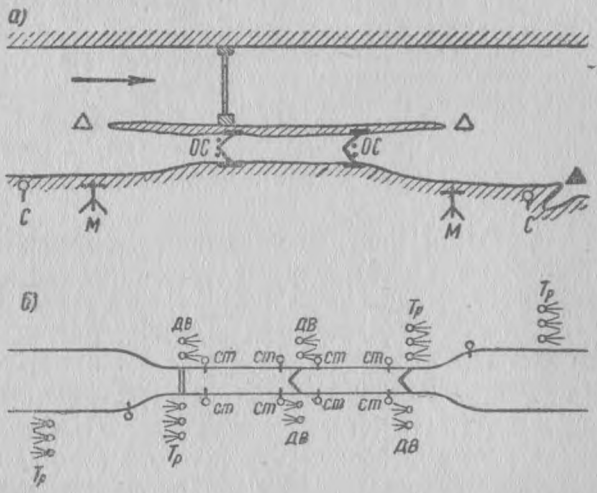


Рис. 209. Судоходная обстановка шлюзов. *а* — схема размещения знаков обстановки у старых шлюзов: *С* — знак «сигнал», *М* — мачта сигнальная, Δ — белый бакен, ▲ — красный бакен, *ОС* — огни на створках ворот шлюза; *б* — схема размещения знаков обстановки у электрифицированных шлюзов канала имени Москвы и на Верхней Волге: *Тр* — трехзначный светофор, *Дв* — двузначный светофор, *См* — стоповые огни в шлюзных камерах и в подходных каналах

Пользование обстановкой и сигнализацией шлюза таково: при подходе к шлюзу на траверзе знака «сигнал» (см. § 11) надо подать один продолжительный звуковой сигнал (свисток или сирену), а затем следить, какие сигналы будут поданы с семафорной мачты

шлюза или какие цвета огней покажет шлюзной светофор дальнего действия. Если на семафорной мачте подняты два красных конуса (днем) или два красных огня (ночью) или зажжен красный свет на светофоре, то надо остановить судно; при разрешающих сигналах — вести судно к воротам шлюза по подходному каналу, обставленному соответствующими знаками. Затем надо смотреть на огни на полотнищах двустворчатых ворот, или на светофор ближнего действия: при наличии рядом двух огней (красного справа и белого слева) у створок двустворчатых ворот или красного света светофора следует остановить судно и в случае бокового ветра немедленно подать концы на надветренную сторону подходного канала.

При разрешающих сигналах следует осторожно, на малой скорости, вводить судно в шлюз. Подходить для швартовки нужно к тому месту стенок шлюза, которое будет указано со стенки днем красным флагом, а ночью огнем фонаря. Перед ошвартовкой судна необходимо тщательно проверить, не выдаются ли нос и корма в сторону ворот шлюза за стоповые, остановочные, полосы или огни внутри камеры.

По окончании шлюзования, получив разрешение на выход зеленым внутрикамерным светофором или зеленым огнем у головы шлюза, можно начинать вывод судна из камеры шлюза.

Схемы размещения знаков обстановки у шлюзов показаны на рис. 209.

§ 80. МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ ПРОХОДЕ ЧЕРЕЗ ШЛЮЗ

При проводке судов и плотов через шлюз необходимо твердо знать и неуклонно выполнять все требования, предусмотренные «Правилами плавания по внутренним водным путям Союза ССР», равно как и особые правила прохода через данный шлюз.

Шлюзы с откосными камерами, не имеющие пал-эстакад или свайных кустов, требуют следующих мер предосторожности при вводе судна или каравана в камеру: вводя судно в камеру, подают легости с носа и на правую и на левую стенки головы шлюза. Судопропускные проносят легости до причальных приспособлений, обычно причальных тумб, расположенных у другой головы шлюза. После швартовки положение судна в камере выравнивается с помощью носовых лебедок, брашпилей и шпилей, так чтобы нос судна находился строго на оси камеры. То же самое надо сделать и с кормовыми чалками, приведя судно в положение совпадения оси судна с осью шлюза. Соблюдение этих требований исключает возможность посадки шлюзуемых судов на откосы камеры.

Особо следует подчеркнуть необходимость движения в шлюзе малым ходом во избежание удара судна о конструкции шлюза, необходимость иметь наготове запасные снасти как тормозные, так и швартовые. Для торможения используются парные тормозные тумбы шлюза или судовые кнехты (см. § 73, «Причальные устройства в камерах»).

В течение всего времени наполнения и опорожнения камеры, на судне швартовые должны быть подтянуты, иначе наблюдающиеся при наполнении и опорожнении камеры течения могут вызвать навал судна на другие суда или на стенки и ворота шлюза. По непосредственным измерениям динамометрами, усилия в швартовых достигают при шлюзовании $^1/_{400}$ и даже (кругло) $^1/_{250}$ весового водоизмещения судна. Например, для судна водоизмещением в 2000 т натяжение швартовых может достигнуть 5—8 т.

Необходимо тщательно следить, чтобы буксирный канат, больные, швартовые и другие снасти не свисали за борт и тем более не волочились по дну. Невыполнение этих требований приводило к авариям. Например, при натягивании снасти, свисавшей с баржи, ферма системы Поаре ремонтного заграждения была приподнята в подшипниках и пробила обшивку баржи, опускавшейся вниз при опорожнении шлюза, и баржа затонула в камере шлюза.

Рули самоходных и несамоходных судов должны быть поставлены в положение, исключающее возможность какой-либо аварии: перо руля не должно прилегать к стенке и отбойным брусьям шлюза. Попадание пера руля в отверстие галлереи вызывает тяжелую аварию. Подобная авария случилась на одном из шлюзов и закончилась затоплением буксирного парохода, получившего тяжелые повреждения кормовой части корпуса при выворачивании на сторону руля, перо которого из-за халатности вахтенного начальника этого парохода попало в отверстие галлереи.

Если высота стенок шлюза недостаточна, то при отсутствии на них парапетов необходимо принимать все меры предосторожности против поломки колес. Для этого надо следить, чтобы были набиты (натянуты) тросы, закрепленные на наветренной стенке шлюза (§ 73).

Прежде чем дать в машину команду «тихий вперед», надо проверить лично, а если не видно с мостика, то приказать проверить вахтенному матросу, не навалился ли пароход колесом на стенку шлюза. Если пароход навалился на стенку, то надо прежде всего оттянуть его от стенки и тогда лишь выходить из камеры.

Надо тщательно проверять, не выдаются ли нос и корма судна в сторону шлюзных ворот днем за линию стоповых знаков (например, белых полос), ночью—за линию стоповых огней внутри камеры. Особую бдительность в этом отношении надо проявлять при проходе через шлюзы со стенками падения, где посадка кормой на стенку падения при опорожнении камеры может вызвать самые тяжелые аварии, включительно до перелома судна.

При соблюдении правил плавания, при дисциплинированности верхней и нижней команд и при достаточной квалификации судоводителей проход судов через шлюзы происходит без всяких осложнений и со значительной экономией времени.

ГЛАВА VIII

СУДОХОДНЫЕ КАНАЛЫ

§ 81. КЛАССИФИКАЦИЯ СУДОХОДНЫХ КАНАЛОВ ПО ИХ НАЗНАЧЕНИЮ И УСТРОЙСТВУ

1. Общие сведения о судоходных каналах

Судоходным каналом называется искусственно созданное русло, предназначенное для движения судов.

Выше (см. § 6) дана краткая характеристика судоходных каналов, причем была отмечена возможность использования каналов внутреннего судоходства одновременно и для других водохозяйственных целей. Канал имени Москвы — крупнейший в мире канал комбинированного назначения: он используется для судоходства, для подвода воды в целях водоснабжения г. Москвы и для дополнительного питания р. Москвы в целях улучшения ее санитарного состояния. Манычский водный путь представляет собой судоходно-оросительный канал. К началу Великой Отечественной войны была построена западная часть этого искусственного водного пути, представляющая собой три озеровидных бьефа.

Из двухсот находящихся в эксплоатации судоходных каналов земного шара (цифра 200 является приблизительной; в нее не входят некоторые короткие деривационные каналы) можно указать 27 каналов комбинированного назначения: судоходно-водопроводных—1, судоходно-гидросиловых—7, судоходно-оросительных—19. В дальнейшем можно ожидать увеличения числа судоходных каналов, используемых и другими отраслями водного хозяйства. Судоводителям необходимо учитывать наличие на этих каналах течения, а также следить за выполнением санитарных правил, имеющих целью предохранить воду от загрязнения. Например, все суда, плавающие на канале имени Москвы, снабжены цистернами для сбора сточной, загрязненной, воды из судовых канализационных систем. Эта грязная вода выкачивается при стоянке судна у причала в городскую канализацию. Выпускать же фекальные и сточные воды с судов в канал имени Москвы запрещено.

Водно-транспортное назначение каналов внутреннего судоходства зависит от их расположения относительно других водных путей. Судоходные каналы бывают: соединительными, обходными и подходными. По технической схеме судоходные каналы делятся на открытые и шлюзованные; последние в свою очередь подразделяются на шлюзованные каналы с раздельным бьефом и шлюзованные каналы с одним склоном.

2. Соединительные каналы

Соединительные каналы имеют своим основным назначением пропуск судов для транзитных перевозок грузов между двумя разобщенными до постройки канала водными путями. К наиболее распространенной в СССР группе соединительных каналов отно-

сятся: канал имени Москвы и соединительные каналы на водораздельных участках следующих водных систем: Волго-Балтийской (Мариинской), Вышневолоцкой (самой старой в России соединительной системы, построенной при Петре I М. Сердюковым), Тихвинской, Северо-Двинской, Днепро-Бугской, Огинской, Березинской, Августовской, и Обь-Енисейской. В состав этих систем входят свободные и шлюзованные участки рек. Примером канала, соединяющего озеро с морем, является Беломорско-Балтийский канал имени И. В. Сталина.

3. Обходные каналы

Обходные каналы строятся с целью создания удобного водного пути в обход препятствий. В зависимости от характера обходимого каналом препятствия, различаются каналы:

а) *обходные приозерные,* имеющие целью обеспечить безопасное плавание барок и других речных судов самой слабой конструкции, которые не могут следовать во время шторма по озерам. В СССР к этой группе каналов относятся Приладожские, Онежский, Белозерский, Сиверсов и Вишерский;

б) *каналы для обхода препятствий — порогов и водопадов* — в русле реки; в большинстве случаев более выгодно шлюзовать порожистый участок реки и использовать одновременно водную энергию, чем строить обходной канал;

в) *каналы для пропуска грузовых судов в обход центральных частей города,* что необходимо в тех случаях, когда низкие мосты центральной части города стесняют пропуск судов, а разводка мостов возможна лишь на короткое время ночью. Примером такого обходного канала является Обводный канал в Ленинграде, соединяющий речной порт, расположенный на Неве выше центральной части города, непосредственно с Ленинградским морским портом;

г) *деривационные каналы,* предназначенные для спрямления судового хода и трассируемые в обход плотины, можно также отнести к разряду обходных каналов (§ 72, см. рис. 188, 189 и 190).

д) так называемые *боковые каналы,* сооружаемые в долинах малых рек, если русла этих рек ввиду своей извилистости непригодны для движения судов даже при шлюзовании реки.

4. Подходные каналы

Подходные каналы внутренних водных путей имеют чаще местное значение; они устраиваются для подхода с реки, с озера или с магистрального канала к какому-либо порту или промышленному предприятию. На реках СССР имеется несколько подобных тупиковых подходных каналов, проложенных по заливаемым весенними водами поймам рек.

Большинство морских портов, расположенных в устьях рек: Архангельск, Ленинград, Рига, Николаев, Херсон, Ростов-на-Дону,

Астрахань, и некоторые порты, расположенные на мелководных побережьях: Беломорск, Либава, Феодосия, Керчь, Мариуполь, Таганрог, Ейск и др., имеют подходные каналы, соединяющие портовые акватории с участками, имеющими достаточные для плавания морских судов глубины. Многие из этих морских подходных каналов используются и судами речного флота.

По своему устройству каналы разделяются на открытые и шлюзованные.

5. Открытые каналы

Открытые каналы не имеют шлюзов и устраиваются в случае соединения двух водных путей с одинаковым уровнем воды (рис. 210), а также в обход озер. В СССР имеются следующие

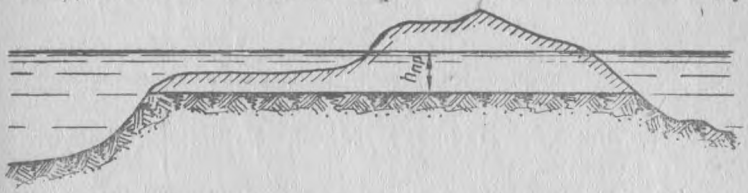


Рис. 210. Открытый судоходный канал, частично подводный, т. е. представляющий собой дноуглубительную прорезь (слева)

открытые каналы внутреннего судоходства: Новые Приладожские, Старые Приладожские (на участке между Волховом и Свирью), Онежский, Сиверсов, Вишерский и Обводный канал в Ленинграде. Все перечисленные каналы относятся к обходным каналам.

Многие подходные каналы, в особенности морские, не только не имеют шлюзов и относятся поэтому к открытым каналам, но также не имеют берегов, представляя собой подводную выемку, подобную дноуглубительным прорезям. Безопасность движения судов по таким каналам-прорезям достигается установкой береговых створных знаков для обозначения осей ходовых частей створов в границах подводных прорезей, а также расстановкой плавучих знаков (буев) на кромках прорези.

6. Шлюзованные каналы

Шлюзованные каналы устраиваются в целях уменьшения объема выемок по трассе канала и для возможности пропуска судов, если соединяемые каналом водные пути имеют различные уровни воды.

а) Шлюзованные каналы с раздельным бьефом (рис. 211) бывают обычно соединительными, так как они пересекают водораздел (иногда не один, а два и более) между двумя водными системами; при этом повышение отметки уровня воды раздельного бьефа дает возможность сильно уменьшить объем земляных работ при устройстве канала. Примерами соеди-

нительных каналов с раздельным бьефом являются в СССР: Беломорско-Балтийский канал имени И. В. Сталина, канал имени Москвы и водораздельные участки соединительных систем: Волго-Балтийской (Ново-Мариинский канал), Северо-Двинской, Тихвин-

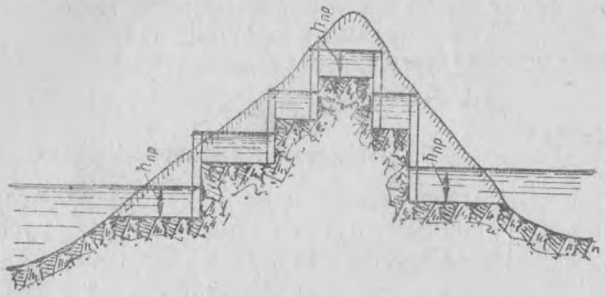


Рис. 211. Схематический продольный профиль шлюзованного канала с раздельным бьефом

ской, Вышневолоцкой, Днепро-Бугской, Огинской, Августовской, Березинской и Обь-Енисейской.

Имеются два обходных приозерных шлюзованных канала:

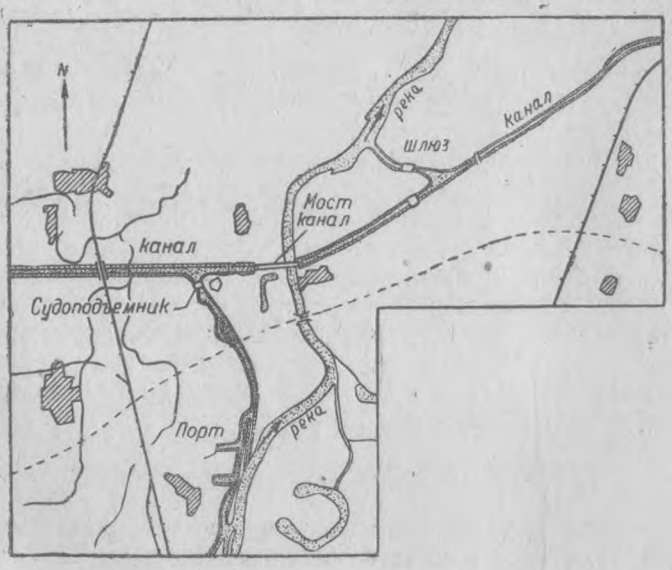


Рис. 212. Пересечение судоходного канала с рекой (уровень воды в канале выше чем в реке, которая перекрыта мостом-каналом).

1) участок Старых Приладожских каналов от Новой Ладоги, в устье Волхова, до г. Петрокрепости (б. Шлиссельбург), у истока Невы, и 2) Белозерский обходный канал, соединяющий в обход Белого озера устьевой участок Ковжи с истоком Шексны. Уровень

воды в этих каналах поддерживается шлюзами выше уровня воды в обходимых ими озерах.

Все каналы с раздельным бьефом должны быть обеспечены питанием водой именно в раздельном бьефе.

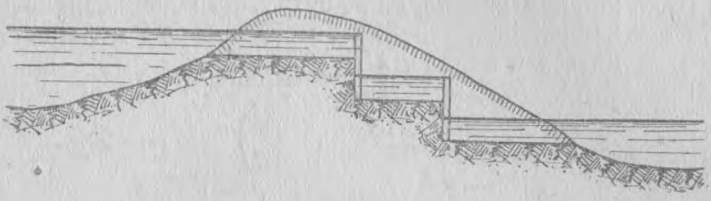


Рис. 213. Шлюзованный канал с одним склоном

Бывают судоходные каналы с довольно сложным продольным профилем, например, каналы, имеющие продольный профиль с двумя раздельными бьефами. Такой вид продольного профиля канала обусловлен пересечением в поперечном направлении долин ряда рек. Для уменьшения числа шлюзов и для ускорения движения судов можно пересекать судоходные реки мостами-каналами (рис. 212). Кроме моста-канала на пересечениях с судоходными реками устраиваются шлюзованные каналы-ответвления, соединяющие магистральный канал с рекой. При наличии моста-канала такой шлюзованный канал достаточно построить только на одном берегу.

б) Шлюзованные каналы с одним склоном (рис. 213) имеют шлюзы только на одной ветви канала. К односклонным каналам относятся шлюзованные подходные тупиковые каналы и те из соединительных каналов, устройство которых не требовало выемки чрезмерно больших масс грунта на водораздельном участке. Односклонные шлюзованные каналы питаются водой верхнего из соединяемых ими водных путей.

§ 82. ГАБАРИТЫ СУДОХОДНЫХ КАНАЛОВ

1. Глубина судоходных каналов

Глубина судоходных каналов определяется максимальной осадкой судов, которые должны проходить по каналу, и запасами под днищем. Запасы под днищем берутся не менее предусмотренных правилами технической эксплоатации (см. § 7).

2. Ширина судоходных каналов

Ширина судоходных каналов на уровне днища наиболее глубоко сидящих паротеплоходов и барж определяется в зависимости от того, предназначен ли канал для двухпутного или для однопутного движения.

а) При двухпутном движении ширина канала должна быть не меньше 1,3 совокупной ширины наиболее крупных судов и возов,

расхождение которых предусмотрено в канале (см. рис. 214, *а*) и определяется формулой:

$$B_{к_2} = 1{,}3 \times 2 \times B_в = 2{,}6 B_в \text{ м}, \tag{78}$$

где:

$B_{к_2}$ — ширина канала для двухпутного движения в м;

$B_в$ — наибольшая ширина возов, которые должны расходиться в канале, в м.

Отсюда:

$$B_в = \frac{1}{2{,}6} B_{в_2} \text{ м}. \tag{79}$$

б) При однопутном движении ширина канала определяется формулой (см. рис. 214,*б*):

$$B_{к_1} = 1{,}5 B_в \text{ м}, \tag{80}$$

откуда:

$$B_в = \frac{B_{к_1}}{1{,}5} \text{ м}, \tag{81}$$

Ширина каналов, рассчитанных на однопутное движение, должна быть больше на криволинейных участках, чем на прямых. Уши-

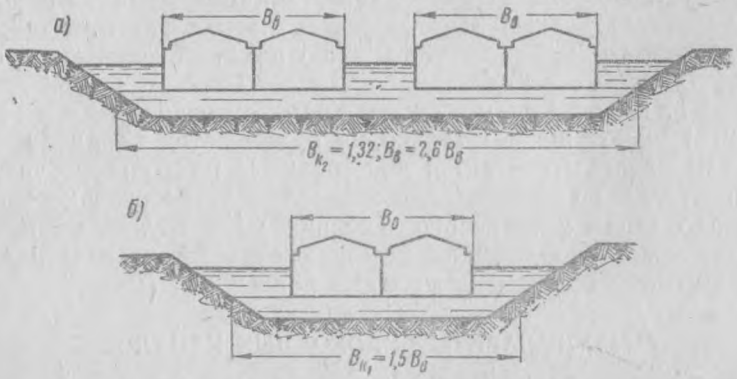


Рис. 214. Схема судоходных каналов: *а* — двухпутного движения, *б* — для однопутного движения

рение делается согласно правилам технической эксплоатации, откуда в сокращенном виде взята табл. 9.

Следовательно на криволинейных участках ширина канала для однопутного движения будет:

$$B = 1{,}5 B_в + \delta \text{ м}, \tag{82}$$

где:

δ — уширение канала для однопутного движения.

Расчет уширения криволинейных участков каналов двухпутного движения приведен в § 83 [формула (85)].

Таблица 9

Длина судна в м	Уширение канала δ для однопутного движения на криволинейных участках в метрах								
	Радиус кривизны в метрах								
	50	100	200	300	400	500	1000	1500	1750
20	1,0	0,5	—	—	—	—	—	—	—
40	—	8,5	4,5	3,0	2,0	—	—	—	—
55	—	—	8,0	5,0	4,0	—	—	—	—
75	—	—	15,0	10,0	7,0	5,0	—	—	—
85	—	—	—	12,5	9,0	7,0	—	—	—
100	—	—	—	18,0	13,0	10,5	5,0	—	—
120	—	—	—	—	19,0	14,0	8,0	—	—
150	—	—	—	—	—	23,0	12,0	7,5	—
175	—	—	—	—	—	31,0	16,0	9,0	—

3. Радиусы закруглений на каналах

Радиусы закруглений на каналах должны удовлетворять требованиям правил технической эксплоатации, т. е. $R \geqslant 5L_{max}$, и в исключительных случаях $R_{min} \geqslant 3L_{max}$.

Как видно из табл. 9, для каналов однопутного движения предусмотрены уширения на закруглениях при минимальном радиусе закругления, даже $R_{min} = 2{,}5L$, но такой малый радиус совершенно недопустим на каналах, предназначенных для двухпутного движения.

4. Прочие габариты

В отношении подмостовых габаритов, габаритов воздушных проводных электролиний (см. § 7) и габаритов канальных шлюзов (см. § 67) действующие «Правила технической эксплоатации речного транспорта Союза ССР» не делают никаких различий между реками и каналами. Таким образом, на каналах нужно применять такие же нормы габаритов и запасов, как и на других водных путях.

§ 83. ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ И ТРАССА КАНАЛА

Кроме продольного профиля, характеризующего тип канала (открытый, шлюзованный), основными техническими данными, определяющими условия движения судов по каналу, являются:

1) размеры и форма живого сечения канала, т. е. его поперечный профиль;

2) трасса канала, т. е. положение оси канала в плане, определяющее протяженность канала и его направление, чередование прямых и кривых участков, радиусы закруглений, расположение канала относительно господствующих ветров и т. д.

Поперечный профиль и трасса канала должны соответствовать установленным габаритам.

Судоходные каналы строятся обычно для двустороннего движения. Каналы, допускающие только одностороннее движение, устраиваются значительно реже. Одностороннее движение допустимо на коротких подходных каналах или при малой интенсивности движения. На соединительных каналах одностороннее движение может быть временным явлением, если первая очередь работ при постройке канала не может быть выполнена на полную ширину.

Если на канале, построенном для одностороннего движения, грузооборот и судооборот увеличиваются, а перестроить канал для двустороннего пропуска судов по тем или иным причинам не представляется возможным, то можно первоначально ограничиться устройством уширений-разъездов для расхождения караванов.

В простейшем частном случае, когда техническая скорость караванов в обоих направлениях одинакова и равна u км/час и отправления караванов из начальных пунктов происходят одновременно и через равные промежутки времени t часов, то расстояние между уширениями, при котором караваны не будут тратить время на взаимное ожидание, будет:

$$l = ut \text{ км}, \tag{83}$$

где: l — расстояние между центрами уширений-разъездов в км.

Для более сложных случаев нагляднее всего вопрос о разъездах решается построением графиков движения.

1. Поперечный профиль канала

Поперечный профиль канала может иметь трапецоидальную (рис. 215), ложбинообразную (рис. 216) и прямоугольную форму. Последняя встречается сравнительно редко и только на тех участках, где канал проходит в скале, а потому в дальнейшем не рассматривается.

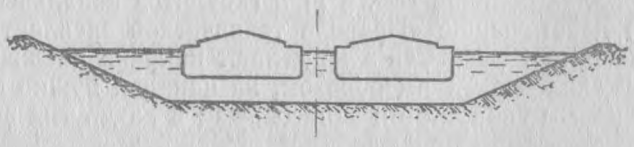


Рис. 215. Судоходный канал для двухпутного движения с трапецоидальной формой живого сечения; канал имеет бечевники на обоих берегах

Для судоходства очень большое значение имеет отношение площади живого сечения канала ω к площади погруженной части мидельшпангоута $\mathfrak{M}$ типового судна на полной осадке. Это отношение обозначим:

$$n = \frac{\omega}{\mathfrak{M}}. \tag{84}$$

Для большинства каналов $n = 4{,}0 - 5{,}5$. Для судов максимальных размеров это отношение несколько меньше, а для малых — значительно больше. Для баржи грузоподъемностью в 4000 т ($100 \times 27 \times 2{,}1$ м) $n = 6{,}0$, для пассажирских паротеплоходов $n = 6{,}5 \div 8{,}0$, в одном и том же канале.

Величина n определяет сопротивление воды движению судна в канале.

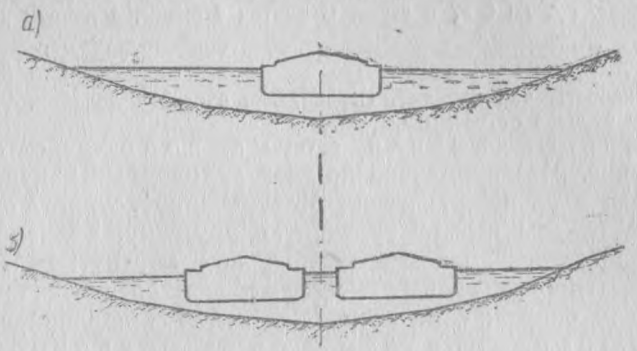


Рис. 216. Судоходный канал для двухпутного движения с ложбинообразной формой живого сечения: *а* — судно на оси канала, *б* — расхождение двух судов

На рис. 217 показаны результаты измерений сопротивления движению маломерной баржи $\boxtimes = 6{,}51$ м². Сопротивление воды движению судна нанесено на вертикальной оси, скорость хода — на горизонтальной оси. Первый столбец справа содержит значения площади живого сечения ω в квадратных метрах, причем

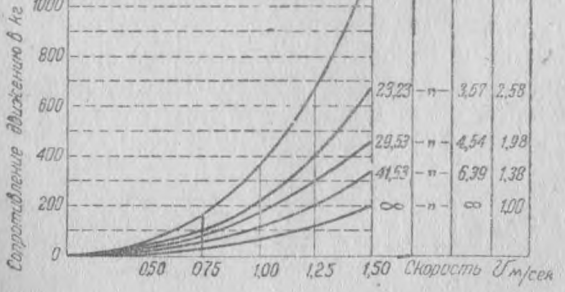


Рис. 217. Графики сопротивления воды движению судна в реке и в каналах с различными площадями живого сечения: сила сопротивления R в кг, скорость в покойной воде V м/сек.

самая нижняя кривая получена при испытаниях в реке, где площадь живого сечения во много раз больше, чем площадь подводной части миделевого сечения судна, что позволяет считать условно живое сечение очень большим, «безграничным», а отношение $n = \frac{\omega}{\boxtimes} = \infty$. Значения n в каналах показаны в третьем столбце. Последний столбец выражает соотношение C между сопротивлением

в канале и в безграничной воде, причем при $n = \sim C = 1$. Из рассматриваемого графика видно, что при $n = 4{,}54 \div 4{,}50$, $C = 1{,}98 \div 2{,}00$, т. е. сопротивление в канале при $n = 4{,}5$ в два раза превышает сопротивление в безграничной воде. При увеличении n сопротивление уменьшается. Те каналы, в которых желательно иметь движение на больших скоростях, нужно строить с большим живым сечением, доводя n до 6—7 и выше. С другой стороны, в данном канале малоразмерные суда, у которых $n = \frac{\omega}{\mathfrak{W}}$ больше, чем у типовых судов, могут развивать большую скорость, чем крупные. Ограничение скорости делается только в целях защиты откосов от размыва.

а) Трапецоидальная форма подводного сечения (см. рис. 215) применена на всех судоходных каналах СССР, в том числе и на канале имени Москвы, дно которого — горизонтальное, а откосы имеют различную крутизну. Трапецоидальная форма живого сечения целесообразна при двухпутном движении, так как при прочих равных условиях она обеспечивает наиболее удобное расхождение встречных судов и караванов.

б) Ложбинообразная форма подводного сечения канала показана на рис. 216. Такая форма живого сечения канала удобна тем, что, во-первых, у большинства каналов трапецоидальной формы наблюдаются оплывание подошвы откосов и некоторое углубление канала по оси, особенно при движении винтовых судов, т. е. канал сам принимает ложбинообразную форму, во-вторых, по данным испытаний установлено, что с увеличением слоя воды под днищем судна уменьшается его сопротивление. Все эти соображения совершенно правильны и оправдываются на практике при редком движении, когда суда движутся по оси канала; при интенсивном же движении, когда встречи и расхождения судов происходят очень часто, суда движутся большую часть времени не по оси канала, а в стороне от нее, причем ложбинообразный профиль теряет свое преимущество, так как наиболее глубокая часть канала не используется, движение судов происходит над откосами, при недостаточном слое воды под днищем. Ложбинообразный профиль канала приводит в этом случае к частым посадкам судов на откос при расхождении возов.

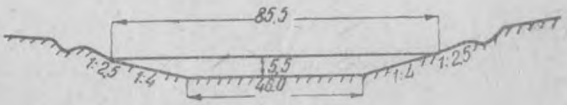


Рис. 218. Поперечное сечение судоходного канала с горизонтальным дном и с переменным заложением откосов

в) Трапецоидальный поперечный профиль канала с горизонтальным дном и переменным заложением откосов дает возможность устранить оплывание подошвы откосов и сохранить все преимущества формы трапеции при интенсивном движении. Верхняя часть откоса делается 1 : 2 ÷ 1 : 2,5, а нижняя — более пологой — 1 : 3,5 ÷ 1 : 5 (рис. 218).

2. Укрепление откосов каналов

Укрепление откосов каналов совершенно необходимо, так как они подвергаются разрушительным воздействиям даже при отсутствии течения в канале. В отличие от речных берегов, у которых разрушение обычно начинается от подошвы откоса, подмываемого течением, разрушение откосов судоходных каналов обнаруживается, главным образом, у уреза воды, в границах действия волны и попутного потока, вызываемых движением судов, поэтому для берегоукрепления на каналах не требуется применения подводных тюфяков (см. главу V).

Основные причины разрушения откосов судоходных каналов — действие волн, вызываемых движением судов, и действие льда. Кроме того, откосы разрушаются колебаниями уровня воды, так как при резких понижениях уровня происходит вымыв мелких частиц грунта и оползание откосов; такое же действие производят просачивающиеся в канал грунтовые воды. Посадка судов на откосы вызывает обычно местное разрушение крепления.

Для стока ливневых и талых вод необходимо устраивать специальные лотки и быстротоки.

Конструкции креплений откосов судоходных каналов весьма многообразны. В § 52 были рассмотрены типы укрепления берегов рек. Некоторые из них могут быть пригодны и для укрепления откосов судоходных каналов.

Для берегоукрепления в каналах применяется каменная наброска (рис. 219), не требующая затраты большого количества рабочей силы ввиду простоты строительных работ.

Для канала имени Москвы на основании предварительного анализа стоимости и условий эксплоатации принято береговое укрепление, состоящее из слоя камня, уложенного на слое гравия. Каменная одежда откоса на известной глубине опирается на деревянный упор из свай с заложенными за них пластинами.

Опыт эксплоатации не вполне оправдал выбор берегоукрепления в виде каменной наброски, так как на некоторых участках она

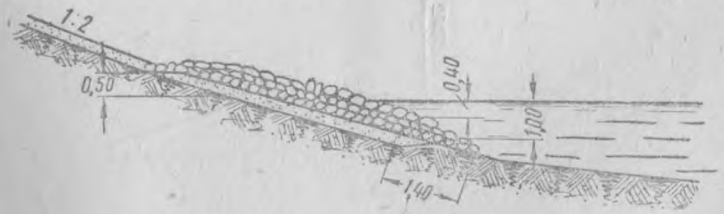


Рис. 219. Укрепление берега судоходного канала каменной наброской

расстроилась. Выступающие из каменной наброски камни могут быть причиной пролома днища при посадке судна на откос. Наблюдается также истирание обшивки деревянных судов на подворотах корпуса.

Более удобной в эксплоатации, но и более дорогой является каменная мостовая на слое щебня, служащего обратным фильтром. Мощение упирается в каменную призму, хорошо выдерживающую действие льда. Ниже уровня воды упором служит ряд из деревянных свай или дощатый шпунт (рис. 220). Применяются и другие типы берегоукрепления.

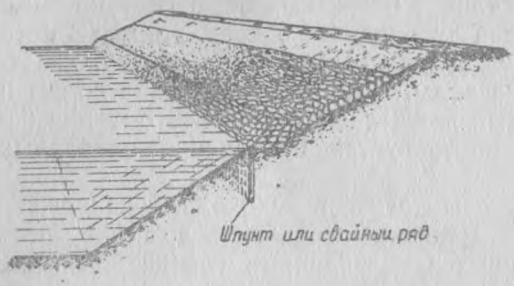


Рис. 220. Укрепление берега судоходного канала каменной мостовой с упором на каменную призму и шпунт или свайный ряд

3. Бечевники

Бечевники, т. е. дороги вдоль канала, устраиваются на высоте от 0,7 м до 2,5 м над нормальным проектным горизонтом воды в канале. Ширина бечевников обычно 4 м. Бечевники служат для прохода и проезда вдоль канала, а при использовании тяги с берега используются для передвижения тяговых средств (лошадиных запряжек, тракторов, электровозов), применяемых при бечевой тяге судов (отсюда и название дороги — бечевник). Бечевники оборудуются мостиками и переправами через все впадающие в канал водотоки, канавы и т. п.

4. Канал в насыпи и выемке

На рис. 221 показаны: слева—поперечный профиль канала (половина) в выемке, а справа — половина поперечного сечения канала в насыпи.

При устройстве насыпей обычно в них закладывается слой мятой глины для уменьшения фильтрации через тело насыпи. В силь-

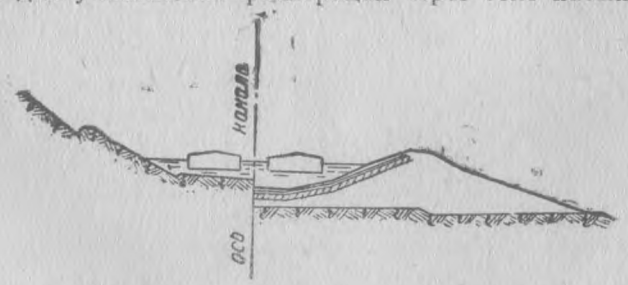


Рис. 221. Канал и выемка (слева) и в насыпи (справа). Насыпь выполнена в виде земляной плотины с водонепроницаемым экраном

но проницаемых грунтах противофильтрационные слои укладывают и в выемках. На рис. 221 и 222 виден противофильтрационный слой мятой глины толщиной в 0,3 м, покрытой слоем песка. Канал

имени Москвы на некоторых участках проходит в насыпях, имеющих противофильтрационные уплотнения в виде экрана (§ 61).

Из опыта эксплоатации каналов за границей установлена опасность посадки судов на приканальные дамбы. От толчков при по-

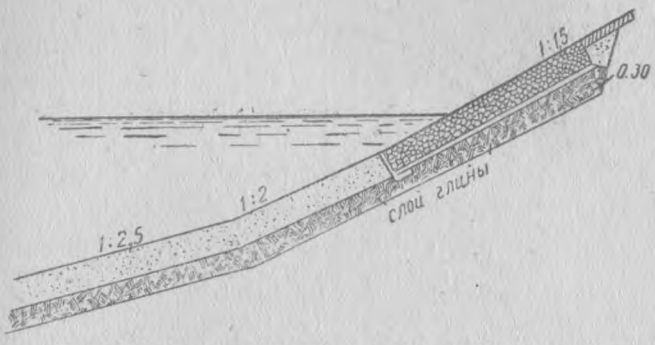


Рис. 222. Противофильтрационный слой из глины в откосах канала

садке судна в противофильтрационных слоях и экранах появляются трещины, через которые может произойти прорыв водой дамб, влекущий за собой опорожнение канала, закрытие движения по каналу и затопление окружающих канал низменных местностей. От судоводителей требуется особая осторожность при проводке судов по участкам каналов в дамбах.

5. Трасса канала

Трасса канала, т. е. положение оси канала в плане, назначается с таким расчетом, чтобы канал получился возможно короче и возможно дешевле и чтобы положение его оси в плане удовлетворяло требованиям судоходства, а себестоимость перевозок была минимальной. Все закругления канала должны быть сделаны по дуге круга возможно большего радиуса R, причем $R \geqslant 5\,L_{max}$; только в исключительных случаях $R_{min} \geqslant 3L_{max}$ (см. § 82).

На закруглениях для обеспечения расхождения двух судов производится уширение канала с внутренней стороны закругления на величину δ (рис. 223).

Уширение каналов двухпутного движения в СССР обычно вычисляют по нижеследующей формуле (в редакции проф. Е. В. Близняка):

$$\delta = \left(4{,}44 - 0{,}147\,\frac{R}{L}\right)\left(R - \sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4}}\right) \text{ м}, \qquad (85)$$

где δ — уширение канала двухпутного движения в м; остальные обозначения даны выше

На очень длинных совершенно прямых участках канала, совпадающих с направлением господствующих ветров, при длительном

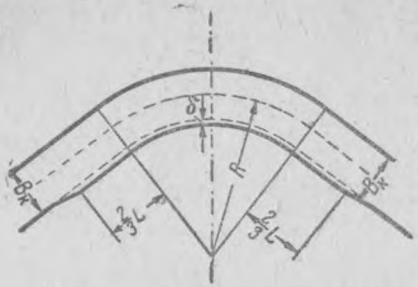


Рис. 223. Уширение канала на криволинейном участке

ветре происходит сгон воды, глубина уменьшается и становится меньше проектной.

а)



б)

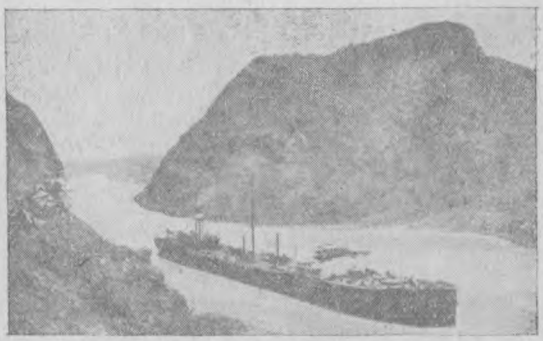


Рис. 224. Судоходный канал с прямыми и криволинейными участками: *а* — общий вид, *б* — грузовой теплоход в криволинейном участке канала

Судоходный канал с прямыми и криволинейными участками показан на рис. 224.

При трассировании канала должны быть намечены места уширения для оборота судов, а также уширения для обхода судов,

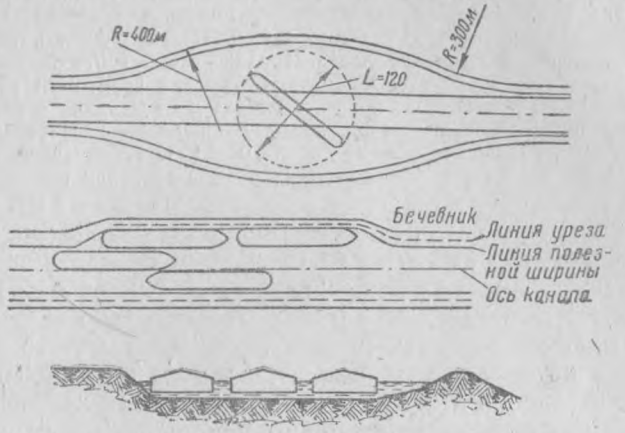


Рис. 225. Уширения канала: *а* — для оборота судов, *б* — уширение для стоянки судов у берега канала

остановившихся у берега (рис. 225, *а*, 225, *б*). Подобные уширения могут быть использованы при наличии соответствующего оборудования и как пункты погрузки-выгрузки, т. е. как пристани или порты на канале (§ 94).

§ 84. ПИТАНИЕ СУДОХОДНЫХ КАНАЛОВ ВОДОЙ

1) Общие сведения о водном хозяйстве каналов. Во всех каналах происходят потери воды на испарение. Если канал проходит выемкой в проницаемых грунтах выше уровня грунтовых вод или в насыпях (см. рис. 221), то происходят значительные потери воды на фильтрацию в грунт. Наконец, в шлюзованных каналах большое количество воды расходуется на шлюзование. Вся расходуемая и теряющаяся из канала вода должна постоянно пополняться, и уровни воды в бьефах канала должны поддерживаться на проектной отметке. Особенно сложная задача — питание водой каналов с раздельным бьефом, откуда вода расходуется на шлюзование по обоим склонам канала, а сравнительно высокое расположение раздельного бьефа способствует фильтрационным потерям.

2) Потери воды из судоходных каналов слагаются из потерь на испарение, на фильтрацию и на утечку через неплотности ворот и затворов водопропускных отверстий шлюза. К потерям следует отнести также излишнюю затрату воды на шлюзование и маневры с наполнением нижних камер многока-

мерных шлюзов, если пропуск судов происходит не по наивыгоднейшему для данного шлюза графику.

Испарение воды с поверхности канала зависит от температуры воды и воздуха. При ветре испарение усиливается. Для европейской части СССР потери на испарение составляют в среднем за навигацию 3 мм/сутки на севере и 4—5 мм/сутки на юге. В жаркие ветреные дни испарение может доходить до 6—8 мм/сутки даже на севере. В Закавказье и Средней Азии потери на испарение с поверхности воды могут достигать 1200--1350 мм/год.

Фильтрация воды зависит от грунтов, от уровня грунтовых вод, формы и глубины подводного поперечного профиля канала и от наличия и состояния противофильтрационных слоев и экранов; поэтому определение фильтрационных потерь должно быть сделано в каждом канале особо. С увеличением возраста канала фильтрационные потери уменьшаются по мере заиления его.

3) Расходование воды на шлюзование определяется числом шлюзований в сутки, объемом сливных призм шлюзов и графиком движения. Если на данном склоне шлюзованного канала имеются шлюзы разных напоров с одинаковой площадью зеркала камер, а питание водой происходит только из раздельного бьефа, то количество воды, расходуемой на шлюзование, будет определяться объемом сливной призмы шлюза с наибольшим напором. В целях экономии воды при изложенных выше условиях необходимо иметь шлюзы одинакового напора по всему склону канала.

Вычисление количества воды, расходуемой на шлюзование, определяется следующими положениями:

а) объем сливной призмы $W = \Omega H$ и не зависит от водоизмещения шлюзуемого судна;

б) при одностороннем пропуске судна из нижнего бьефа в верхний из последнего забирается объем воды $W + D_н$, где $D_н$ — водоизмещение судна, прошлюзовавшегося из нижнего бьефа;

в) при одностороннем пропуске судна из верхнего бьефа в нижний количество расходуемой воды будет: $W - D_в$, где $D_в$ — водоизмещение судна, прошлюзовавшегося из верхнего бьефа;

г) при двустороннем пропуске из верхнего бьефа забирается объем воды, равный: $W + (D_н - D_в) \cong W$;

д) в среднем за навигацию можно очень часто пренебречь, без ощутимой погрешности водоизмещением судов, пропущенных вверх или вниз, так как $\Sigma D_н$ и $\Sigma D_в$ приблизительно одинаковы. Если по каналу проходят плоты, то надо учитывать объем вытесняемой ими воды.

Объем воды, расходуемой на шлюзование через один склон канала, составляет в сутки при непрерывной работе шлюзов:

$$V_{сут} \cong \frac{24 \times 60}{\Sigma t_{ср}} \Omega H \ м^3/сут. \qquad (86)$$

В среднем за секунду расход воды будет:

$$Q = \frac{V_{сут}}{24 \times 60 \times 60} \cong \frac{\Omega H}{60 \Sigma t_{ср}} \ м^3/сек. \qquad (87)$$

Надо всемерно экономить воду на шлюзование, особенно если эта вода может быть использована на гидростанциях для выработки электрической энергии или если она накачивается в канал насосами. Например, небольшое изменение расписания движения по одной из пассажирских линий канала имени Москвы позволило одновременно шлюзовать два теплохода; получающаяся экономия подсчитана кругло в 500 000 рублей за навигацию.

4) Питание каналов водой производится: 1) из рек, протекающих выше уровня воды раздельного бьефа; 2) из озер, расположенных выше уровня или на уровне раздельного бьефа, если приток в эти озера достаточен для питания канала; 3) из водохранилищ, самотеком (этот способ является одним из наиболее распространенных); 4) механическим способом посредством подачи воды насосами; по этому способу производится питание канала имени Москвы. Каждая насосная станция этого канала оборудована насосами, которые приводятся в действие электромоторами, смонтированными на одном валу с ними.

§ 85. ТЯГА СУДОВ И УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ ИХ В КАНАЛАХ

Тяга судов в каналах может быть двух видов: 1) тяга с воды и 2) тяга с берега.

1. Тяга судов с воды

Тяга судов с воды может производиться разными способами:

а) буксирная тяга (наиболее распространенная). В качестве буксиров чаще всего используются пароходы, реже теплоходы и электроходы. Способ толкания в каналах пока не применяется. Буксирная тяга требует наименьших затрат по оборудованию канала.

Организация буксирной тяги возможна в нескольких вариантах: а) тяга по каналу транзитным буксиром, б) тяга по каналу специальным буксиром, в) побьефная тяга буксирами, работающими только в одном бьефе, от шлюза до шлюза, чем достигается наилучшее использование по времени буксира, который не теряет времени на непроизводительный простой при шлюзовании. При побьефной тяге суда проводятся через шлюзы шпилями, кабестанами, электровозами и т. д. или специальными буксирами;

б) тяга буксиром—электроходом троллейбусного типа, питающимся током от воздушных проводов посредством токоприемников. Электроходы троллейбусного типа выгодны вследствие малого размера корпуса (где размещаются только электромоторы) и удобства управления при минимальном штате команды. Питающие провода должны быть на такой высоте, чтобы была исключена возможность коротких замыканий через мачты судов;

в) тяга туером обычного (см. § 5) или магнитного типа, для чего необходимо прокладывать туерную цепь по дну канала.

2. Тяга судов с берега

Тяга судов с берега возможна двигателями меньшей мощности, чем при тяге с воды (не считая туерной тяги, не имеющей большого распространения), но при тяге с берега несколько возрастает сопротивление от работы руля:

а) тяга живой силой, т. е. конная, в настоящее время применяется очень редко;

б) тяга тракторами, не требующая дорогого оборудования и укладки путей, так как тракторы могут работать на обычном бечевнике;

в) тяга паровозами и тепловозами, передвигающимися по путям, уложенным вдоль канала. Этот способ тяги не получил широкого распространения;

г) тяга электровозами, т. е. электрическими локомотивами, передвигающимися по путям, уложенным вдоль канала;

д) тяга электрическими тельферами, т. е. различными тележками, передвигающимися по подвесным рельсовым путям, расположенным на берегу. Предлагаются и подверглись опробованию системы тяги тельферами с путей, подвешенных на металлических опорах над осью канала.

3. Условия движения судов и плотов в каналах

Условия движения судов и плотов в каналах отличаются от условий движения в реке ввиду ограниченности судового хода, допускающего обычно расхождение только двух типовых судов. Если нет встречных судов, надо следовать по оси канала, чтобы уменьшить сопротивление воды и вредное влияние на откосы канала волн, отходящих от судна. При появлении впереди встречного судна или каравана необходимо заблаговременно отходить от оси канала, с таким расчетом, чтобы между расходящимися судами оставался достаточный интервал. Примерная схема расхождения караванов в канале показана на рис. 226.

При расхождении караванов в канале надо учитывать, что буксир будет отрыскивать носом в сторону берега; наоборот, головные баржи часто отрыскивают к оси канала, и при плохом правеже возможно столкновение барж скулами. Поведение барж при расхождении зависит от скорости хода, длины буксирного каната, способа учалки каравана и числа барж в нем. В ряде случаев необходимо несколько снижать скорость хода при расхождениях.

Течения в канале, возникающие при питании канала водой, обычно очень невелики, но течения, обусловленные пропуском воды для водоснабжения, для питания гидроэлектростанций, для орошения и т. п., могут достигать 0,30—0,80 м/сек. Высказываются соображения о недопустимости скоростей течения в канале выше 0,5 м/сек, однако при надлежащем устройстве канала и принятии судоводителями мер предосторожности суда могут беспрепятственно работать при скоростях течения в 0,70—0,80 м/сек. Эти скоро-

сти являются предельными, так как бóльшие скорости вызывают размыв ложа канала.

Если противофильтрационные слои и экраны защищены достаточно толстым слоем грунта (не менее 1 м), то возможно применение обычных якорей, которые кладутся и с носа и с кормы во избежание разворачивания судна течением. Суда должны иметь тяжелые цепи-волокуши для торможения судна и удержания его на месте в тех случаях, когда нельзя пользоваться обычными якорями. Высказываются предложения о снабжении судов на каналах специальными якорями, более тяжелыми, чем обычные, и с большим числом коротких лап.

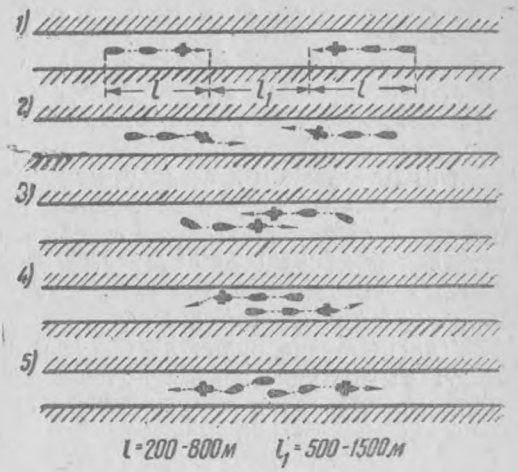


Рис. 226. Схема расхождения буксирных возов в канале

На берегах канала устанавливают причальные тумбы.

При наличии течения в канале, повидимому, будет удобна тяга двумя подвесными электрическими тельферами (с носа и с кормы).

Особые меры предосторожности надо принимать при расхождении караванов на закруглении при наличии течения и ветра.

Если соединительная система состоит из каналов, но включает также озера или водохранилища, например, Беломорско-Балтийский канал имени И. В. Сталина и канал имени Москвы, то состав и учалка караванов должны соответствовать условиям озерного плавания.

Уровень воды в открытом канале зависит от уровня водоемов, с которым канал соединяется.

Приладожские обходные каналы представляют значительные затруднения для движения караванов при низких меженних горизонтах воды в Ладожском озере, в связи с чем капитан Горсталов [1] внес предложение сделать выход у д. Леднево из Приладожских каналов в Шлиссельбургскую губу (залив) Ладожского озера и водить суда через нее, так как она довольно хорошо укрыта от волнения и при этом сокращается путь на 22 км и ускоряется оборот судов.

Эксплоатационные мероприятия по поддержанию глубины и формы поперечного сечения канала — руслоочистительные и дноуглубительные работы, удаление водной растительности и ремонт

[1] Газ. «Водный транспорт» от 16 апреля и от 8 августа 1938 г.

сооружений — должны производиться с минимальным стеснением судоходства. Перерыв в движении для ремонта канала надо рассматривать как недопустимое явление. Осушка гидротехнических сооружений для осмотра и ремонта производится зимой.

§ 86. СООРУЖЕНИЯ НА СУДОХОДНЫХ КАНАЛАХ

На судоходных каналах бывают следующие сооружения:

а) шлюзы — для пропуска судов из одного бьефа в другой; б) железнодорожные и авто-гужевые мосты, а также паромные переправы на пересечениях канала с сухопутными путями сообщения; в) бетонные и железобетонные трубы—дюкеры, «мосты-реки», «мосты-каналы» на пересечениях с реками; д) предохранительные (заградительные) ворота и другие сооружения для временного преграждения канала; е) различные мелкие сооружения; ж) жилые дома; з) сооружения для сигнализации и связи; и) обстановочные и предостерегательные знаки.

Для пропуска судов из бьефа в бьеф на судоходных каналах могут быть применены судоходные шлюзы, судоподъемники, наклонные плоскости и судовозные дороги. На наших каналах пока применяются только шлюзы.

1. Шлюзы на каналах

Шлюзы на каналах не отличаются по своему устройству от шлюзов на реках (см. главу VII). Устройство подходов к шлюзам на каналах аналогично устройству подходов к шлюзам в деривации. Выше было указано, что пропускная способность многокамерного шлюза в одну нитку меньше, чем ряда однокамерных шлюзов тоже в одну нитку, разделенных между собой разъездными бьефами, где могут разойтись встречные караваны. При наличии разъездных бьефов для экономии воды и времени можно организовать двусторонний пропуск судов. Длина разъездного бьефа канала должна быть достаточна не только для расхождения караванов, но и для предотвращения больших колебаний уровней воды в бьефах при шлюзовании. Во избежание непроизводительных простоев судов у шлюзов желательно, чтобы время прохода через разъездной бьеф было не менее времени шлюзования:

$$T = \frac{l}{u} \geq \Sigma t \text{ мин.} \qquad (88)$$

где:

l — длина разъездного бьефа в м;

u — техническая скорость движения судна в бьефе в м/мин;

Σt — длительность шлюзования в минутах.

Для достижения наибольшего удобства ввода и вывода судов оси каналов на подходах к шлюзу смещены таким образом, чтобы входящий в шлюз караван двигался по прямой.

При расхождении каравана, выходящего из шлюза, с караваном, ожидающим своей очереди, желательно обеспечить движение примерно по прямой как выходящего каравана, так и последующий ввод в шлюз каравана, ожидавшего очереди. Чтобы, с одной стороны, избежать потери времени на сложные маневры по выводу каравана, ожидающего своей очереди не на оси шлюза, в положение, обеспечивающее возможность ввода в шлюз, а с другой стороны, не заставлять выходящий караван уклоняться от прямой, можно делать подходы к шлюзам на канале симметричными. Ожидающий караван должен в этом случае находиться на расстоянии, допускающем выравнивание его по оси шлюза во время подхода к нему.

2. Сооружения на пересечениях с сухопутными путями сообщения

Сооружения на пересечениях с сухопутными путями сообщения состоят из железнодорожных и авто-гужевых мостов, опоры которых не должны стеснять сечения канала. Для авто-гужевых дорог местного значения допустимо устройство переправ в виде паромов.

Если канал проходит в насыпи, то железная дорога или шоссе могут быть пропущены через тоннель под каналом. Примером подобного пересечения является пропуск Волоколамского шоссе через тоннель под ложем канала имени Москвы.

3. Пересечение судоходного канала с реками

Пересечение судоходного канала с реками может осуществляться: а) приемом в канал малых рек и ручьев, если они не несут слишком много наносов непосредственно в канал; б) пропуском реки под каналом в бетонных или железобетонных трубах или через работающие под напором железобетонные и металлические трубы — дюкеры; в) пропуском реки над каналом по водонепроницаемому лотку, уложенному на пролетном строении мостового типа («мост-река»); г) переходом канала через реку, даже судоходную, мостом, на котором устроено водонепроницаемое русло канала («мост-канал»).

4. Предохранительные, или заградительные, ворота

Предохранительные, или заградительные, ворота устраиваются на судоходных каналах на случай необходимости выключения какого-либо участка канала при серьезных авариях, грозящих внезапным опорожнением канала, например, при прорыве приканальных дамб (что уже имело место на каналах некоторых стран), — в большинстве случаев по вине судоводителей, допустивших посадку судов на откосы насыпей. Заградительные ворота устраиваются с быстродействующими затворами: сегментными, щитовыми на катках, с фермами Томаса. На канале имени Москвы кроме предохранительных ворот в верхних головах шлюзов имеется несколько

заградительных ворот, разделяющих длинные бьефы или изолирующих отдельные водохранилища.

На Приладожских каналах для борьбы с угоном воды ветром и в целях поддержания уровня воды, понизившегося в связи с общим понижением уровня воды в Ладожском озере, применяются полушлюзы, закрываемые пловучими затворами, батопортами.

5. Прочие сооружения на каналах

Для преодоления напора можно строить вместо шлюзов судоподъемники. Последние не получили пока применения на наших водных путях из-за ограниченности габаритов и водоизмещения судов, которые они могут пропускать.

На судоходных каналах кроме упомянутых уже сооружений имеются еще трубы и мосты на бечевниках, нагорные водоотводные канавы с лотками, перепадами и прочими мелкими сооружениями. При шлюзах, насосных станциях и для Управления канала возводятся служебные помещения. Для обслуживающего канал персонала строят жилые дома; вдоль канала прокладывают линии телефонной и телеграфной связи. Судоходная обстановка на новых каналах СССР включает в свой состав маяки и другие сооружения.

§ 87. СУДОХОДНАЯ ОБСТАНОВКА НА КАНАЛАХ. ОСОБЕННОСТИ ОБСТАНОВКИ КАНАЛА ИМЕНИ МОСКВЫ

При обстановке судоходных каналов применяется двусторонняя (латеральная) система.

Канал имени Москвы оборудован первоклассной электрифицированной обстановкой, соответствующей безупречному архитектурному оформлению этого величественного сооружения сталинской эпохи. В состав судоходной обстановки канала имени Москвы входят: 1) маяки, 2) опознавательные знаки, 3) путевые знаки и огни, 4) знаки щелевых створов, 5) береговые огни перспективных створов, 6) прицельные знаки с ночными огнями, 7) мостовые знаки и огни, 8) плотинные огни, 9) светофоры у заградительных ворот и паромных переправ, 10) пловучие буи, 11) обстановка шлюзов (светофоры и стоповые огни).

1) *Маяки.* На канале имени Москвы имеются два маяка, образующие створ при входе в канал из Московского (Иваньковского) водохранилища на Волге.

2) *Опознавательные знаки* ограждают входы в канал из всех водохранилищ, входящих в состав канала. Для облегчения ориентировки судоводителей опознавательные знаки окрашены в белый цвет и имеют различную архитектурную форму. Ночью опознавательные знаки несут на своих вершинах по одному электрическому фонарю, дающему во всех направлениях («круговой огонь») проблесковый свет — красный на опознавательных знаках правого берега и зеленый — на левом берегу (правый и левый берега считаются по ходу от Волги к Москве, так как и течение

в канале воды, накачиваемой насосами из Волги, направлено в сторону Москвы).

3) Путевые огни, установленные в криволинейных участках канала на обоих берегах один против другого на расстоянии 250 м пара от пары, представляют собой металлические стояки в рост человека. В корпусе стояка имеются две электролампы, верхняя из которых сквозь две цветные линзы (красные на правом берегу и зеленые на левом) дает свет, направленный в обе стороны по касательной к кривой, образующей берег канала. Нижняя лампа, снабжения козырьком, бросает пучок света лишь на откос канала и на урез воды.

Путевые огни дают судоводителю возможность хорошо ориентироваться при проходе криволинейных участков.

4) Щелевые створы дают возможность обозначать не только ось створа, но и кромки судового хода, положение которых необходимо знать судоводителю при уклонении судна влево или вправо от оси створа во время расхождения с встречным судном или по другим причинам.

Щелевой створ состоит из трех знаков, два из которых стоят ближе к ходовой части створа, а третий, дальний, знак отстоит от пары ближних знаков на 300—600 м. Когда судно находится на оси створа, задний знак виден по середине на равных расстояниях между ближними. Крайнее уклонение судна от оси створа, когда оно оказывается на дуге визирной окружности (см. § 11), обозначается сближением дальнего знака с одним из ближних знаков (рис. 227). На канале имени Москвы щелевые створы применяются для ограждения длинных прорезей на водохранилищах.

Знаки щелевых створов построены в виде деревянных башен высотой в 13 м, окрашенных в белый цвет и имеющих форму, резко отличную от окружающих зданий. Ночью передние знаки несут по одному красному огню, задний знак — желтый огонь и десятиметровую белую вертикальную световую линию. Во время тумана в дополнение к этим огням включаются на передних знаках десятиметровые красные вертикальные световые линии, а на дальнем — сильный желтый огонь. Места входа судна на створ обозначены буями и опознавательными знаками.

5) Береговые знаки и огни перспективных створов установлены на прямолинейных участках канала и образуют пары, расположенные совершенно симметрично относительно оси канала и на равных расстояниях по его длине. При нахождении судна на оси створа береговые огни видны в симметричной перспективе; при уклонении от оси канала, положим, влево по ходу судна, береговые огни слева будут сближаться, а справа расходиться, и наоборот.

6) Прицельный знак служит для облегчения пользования перспективными створами: когда судно находится на оси канала, то прицельный знак виден по середине между огнями перспективных створов. Для обозначения хорошей видимости на длинных участках канала прицельные знаки построены в виде мачт вы-

сотой в 12 м (рис. 228), каждая из которых освещена ночью десятиметровой газосветной красной трубкой, а во время тумана на вершине зажигается сильная желтая лампа.

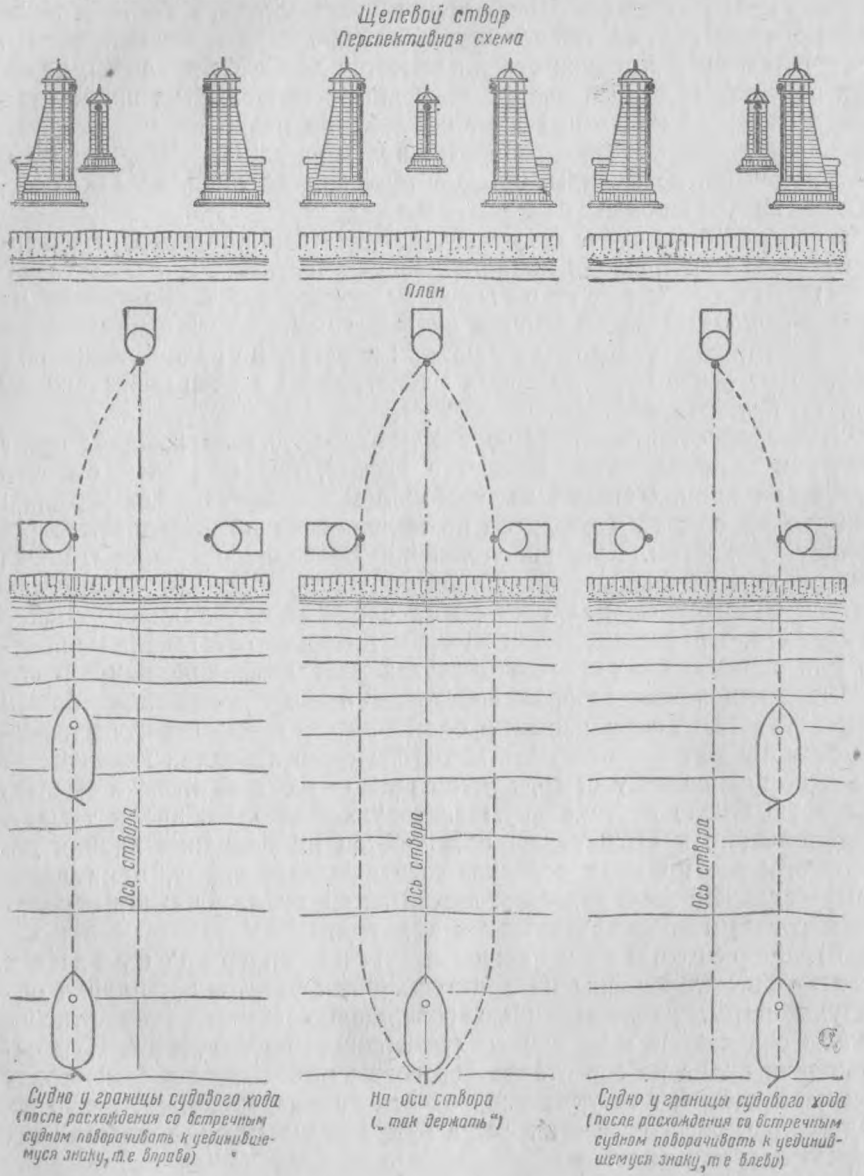


Рис. 227. Щелевой створ

7) Мостовые знаки и огни на канале имени Москвы. На фермах мостов по оси судового хода установлены

круглые щиты диаметром 600 мм, освещаемые ночью зелеными огнями.

8) Плотинные огни, фиолетового цвета, установлены на устоях бетонных плотин. Так как на канале имени Москвы имеются лишь водосливные плотины с затворами на гребне, пропуск судов через которые невозможен ни при каких обстоятельствах (см. § 60 и 62), то плотинные огни надо рассматривать как знаки, предостерегающие об опасности.

9) Светофоры у заградительных ворот и паромных переправ установлены двузначные. При наличии красного, запрещающего, света надо немедленно остановить паротеплоход (а в случае необходимости и отработать назад), иначе судно ударит в поднятые заградительные ворота или в паром, пересекающий канал. Зеленый свет светофора разрешает движение.



Рис. 228. Прицельный знак

10) Буи применяются на канале имени Москвы с электрическим освещением от аккумуляторов. Корпус буя металлический (см. § 12, п. 3).

11) Обстановка шлюзов канала имени Москвы описана выше (§ 79).

В дополнение к обстановке шлюзы канала имени Москвы радиофицированы и оборудованы громкоговорителями.

ГЛАВА IX

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОРТАХ

§ 88. ЗНАЧЕНИЕ ПОРТОВ И ПРИСТАНЕЙ ДЛЯ РАБОТЫ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Значение портов и пристаней для работы водного транспорта весьма велико, так как в портах производятся погрузка и выгрузка грузов, пассажирские операции и все операции по техническому навигационному обслуживанию флота. Порты оборудованы перегрузочными машинами, обеспечивающими быструю погрузку и выгрузку грузов и бункеровку самоходных судов топливом.

Закон о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства предусматривает значительные работы по развитию речных портов и пристаней, так как необходимо усовершенствовать существующие речные порты и пристани, полностью механизировать погрузку и разгрузку речных судов и довести в 1950 году до 75% механизацию всех погрузо-разгрузочных работ; оснастить речные порты и пристани перегрузочными механизмами (краны, электрокары, подъемники, транспортеры). Механизация портов и пристаней тем более необходима, что к 1950 году общий годовой грузооборот водных путей Союза ССР возрастет на 38%.

До Великой Октябрьской социалистической революции на внутренних водных путях России не было благоустроенных портов, оборудованных перегрузочными механизмами.

Сталинские пятилетки дали речному транспорту такие первоклассные, оборудованные современной механизацией порты, как Северный, Южный и Западный порты Московского водного узла, как Горьковский, Сталинградский, Днепропетровский, Ленинградский, Молотовский и многие другие речные порты.

Основная задача портовиков, движенцев и судоводителей заключается в том, чтобы всемерно использовать портовую технику, обеспечить сохранность грузов и высокое качество перевозок грузов, уменьшить время стоянки судов в портах и на пристанях и тем самым повысить оборачиваемость судов речного флота.

§ 89. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОРТОВ

По географическому признаку порты могут быть разделены на морские и порты внутреннего судоходства.

По назначению порты разделяются на: а) военные порты (базы военно-морского флота и базы военных речных и озерных флотилий), находящиеся в ведении Управления военно-морских сил (УВМС) Министерства вооруженных сил Союза ССР, б) коммерческие (торговые) и в) специализированные рыболовные базы, находящиеся в ведении министерства рыбной промышленности восточных и западных районов, г) промышленные порты, построенные и эксплоатируемые отдельными крупными заводами и предприятиями некоторых министерств, д) морские и речные порты дальнего севера, находящиеся в ведении Главсевморпути. Морские торговые порты (через которые проходит значительная часть грузооборота внешней торговли Союза ССР) находятся в ведении Министерства морского флота.

Министерство речного флота Союза ССР ведает портами и пристанями, расположенными на внутренних водных путях, включая Аральское море (см. главу I).

Порты и пристани внутреннего судоходства разделяются, в зависимости от вида водных путей, на которых они расположены, на: 1) речные, 2) озерные, 3) водохранилищные и 4) канальные.

В зависимости от оборудования, от объема грузовой работы и характера производимых операций различают: а) порты (разных разрядов) и б) остановочные пункты.

По объему работы порты делятся на разряды согласно устанавливаемой Министерством речного флота классификации. Отдельные районы и части портов называются участками.

Клиентуре речного транспорта (заводам, фабрикам, заготовительным организациям и различным организациям других министерств) разрешается по согласованию с пароходствами и бассейновыми управлениями пути устройство собственных погрузо-разгрузочных пунктов в местах, удобных для приема и отправки грузов. В отдельных случаях крупная клиентура (например большие

заводы) имеет несколько причалов, причем эти причалы клиентуры объединяются в участки или образуют даже особый промышленный порт.

§ 90. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПОРТУ-ПРИСТАНИ

Порты и пристани речного транспорта должны удовлетворять судоходным, эксплоатационным и строительным требованиям.

1. Требования судоходства

Судоходство предъявляет к портам следующие требования:

1) безопасный и удобный подход к порту-пристани при любых навигационных уровнях воды и при любых метеорологических условиях; 2) удобство для маневрирования судов на водных площадях порта, которые должны иметь достаточные размеры; 3) безопасная и удобная стоянка судов и плотов на водных площадях порта, например, на рейдах и у причалов; 4) наличие устройств для быстрого снабжения судов топливом (для бункеровки), материалами, котлочистки и всех прочих видов технического навигационного обслуживания судов речного флота и обеспечения судовых команд продуктами питания, промтоварами, медицинской помощью и другими видами бытового обслуживания.

2. Эксплоатационные требования

Эксплоатационные требования к портам-пристаням таковы:

1) Достаточное оборудование порта-пристани перегрузочными механизмами, обеспечивающими погрузку и выгрузку судов в сжатые сроки в соответствии с судосуточными нормами грузовых работ[1]. Судосуточные нормы устанавливают в зависимости от рода груза, грузоподъемности судна и характера грузовой работы (погрузка или разгрузка) то минимальное количество тонн, которое должно быть погружено или выгружено за одни сутки. Зная количество груза, определяют время стоянки судна под грузовыми операциями.

Например, для определения времени стоянки под разгрузкой судна грузоподъемностью 1400 т, с грузом в $Q_э = 1200$ т тяжеловесного зерна (рожь, пшеница, горох, ячмень, просо и т. п.) россыпью берем из единых судосуточных норм из столбца для судов грузоподъемностью свыше 1000 т норму разгрузки $p_{н.\,раз} = 1200$ т/сутки и находим наибольшее допустимое по нормам время стоянки судна под разгрузкой:

$$t_{раз} = \frac{Q_э}{p_{н.\,раз}} = \frac{1200}{1200} = 1 \text{ сутки}.$$

Норма погрузки несколько выше, а именно: $p_{н.\,пог} = 1320$ т/сутки. Следовательно, при прочих равных условиях продолжительность погрузки будет в данном случае меньше, т. е.

$$t_{пог} = \frac{Q_э}{p_{н.\,пог}} = \frac{1200}{1320} = 0{,}91 \text{ суток} = 22 \text{ часа}.$$

[1] Единые суточные нормы погрузки и разгрузки речных непаровых судов Наркомречфлота, 1941.

Необходимо не только укладываться в нормы, но и сокращать время под грузовыми операциями за счет наилучшего использования механизмов и стахановских методов работы.

2) Удобное сообщение порта с промышленными предприятиями, населенными пунктами, местами заготовки сельскохозяйственных продуктов и т. п.

3) Оборудование причалов порта-пристани складами для хранения грузов, весами—для их взвешивания или бункерами для определения количества грузов по объему.

4) Наличие помещений для культурного обслуживания пассажиров.

5) Наличие удобных рейдов для переформирования караванов и возможности проведения грузовых операций в пути, что бывает необходимо в пунктах изменения (перелома) глубин и других габаритов или в пунктах, разделяющих участки водных путей с различными условиями плавания, например, с различными скоростями течения, обусловливающими необходимость смены тяги. В этих случаях организуются пункты переформирования, перевалки или наузки.

Переформировочные пункты предназначены для переформирования плотокараванов или возов из барж, причем это переформирование караванов, обусловленное изменением тяговых условий или габаритов пути в плане (см. § 7), производится без изменения их осадки, так как перелом глубин отсутствует.

В случае изменения (перелома) глубин приходится производить паузку или догрузку судов, а также догрузку плотов или обжатие пучков. Обычно паузка или догрузка сопряжена с переформированием караванов.

Наконец, при абсолютной невозможности сквозного следования судна от порта отправления до порта назначения производится полная перегрузка грузов из одного судна в другое, что очень нежелательно, так как такая передача груза сопряжена с простоями судов и большими расходами на перевалку грузов из судов одного плеса в суда, пригодные к плаванию на другом участке водных путей.

§ 91. ЭЛЕМЕНТЫ ПОРТА

Для правильной организации грузовых работ, для хорошего обслуживания пассажиров и для технического навигационного обслуживания работы флота порты и пристани имеют водные площади (акватории), береговую площадь (территорию), а также различные сооружения и механизмы на акваториях, на береговой полосе и на территории.

1. Акватория порта

Акватория порта представляет собой всю водную площадь, находящуюся в ведении порта. В состав портовых акваторий входят:

а) внутрипортовые судовые ходы и подходы к причалам; они должны иметь достаточные габариты;

б) *рейды*, т. е. водные площади вне транзитных и внутрипортовых судовых ходов. На рейдах происходит формирование, расформирование, переформирование баржевых возов и плотокараванов, паузка или догрузка, перевалка грузов на плаву, снабжение судов различными материалами и бункеровка топливом;

в) *водные площади у береговых причалов*.

Границы портовых акваторий устанавливаются пароходствами по согласованию с бассейновыми управлениями пути, в ведении которых находятся все транзитные водные пути, в том числе и расположенные между портовыми акваториями, например, рейдами. Границы портовых акваторий утверждаются Министерством речного флота.

2. Оградительные и защитные сооружения

Для защиты акваторий и находящихся на них судов от волнения, ледохода или сильного течения часть рейдов, так называемые внутренние рейды и акватории причалов, отделяются от моря, озера, водохранилища или реки волноломами, молами, защитными дамбами и ледорезами, называемыми внешними оградительными сооружениями порта.

3. Территория порта

Территорией порта называются земельные участки, прилегающие к портовой акватории и выделенные в распоряжение порта официально оформленной земельной записью. На портовой территории располагаются береговые укрепления и причалы, грузовые склады, перегрузочные механизмы, внутрипортовые сухопутные подъездные пути, служебные здания, пассажирские вокзалы и другие помещения для обслуживания пассажиров, а также портовые мастерские, гаражи и прочие сооружения. Территорию порта, особенно склады и причалы, необходимо ограждать и бдительно охранять.

4. Береговые причалы и плавучие дебаркадеры

Для производства грузовых и пассажирских операций удобнее всего учаливать суда у берегового причала или у стоечного судна,— плавучего дебаркадера, связанного с берегом мостками, а иногда и мостовыми фермами, пригодными для проезда подвод, автомобилей и тракторов и для установки механизации. Берега укрепляются или обделываются в виде набережных.

5. Пассажирские здания, речные вокзалы

Для обслуживания пассажиров порты имеют пассажирские помещения, изолированные от грузовых операций. В пунктах с малым пассажирооборотом под пассажирские помещения выделяется лишь часть береговых зданий или плавучего дебаркадера. Для

пригородных пассажиров кассы и комнаты ожидания размещают иногда в небольших павильонах. При значительном пассажирообороте возводятся пассажирские вокзалы капитального типа, как например, речные вокзалы в г. Калинине, г. Молотове и речной вокзал Северного порта в Москве (Химкинский вокзал канала имени Москвы), представляющий собой один из многих замечательных архитектурных памятников сталинских пятилеток.

6. Грузовые склады

Хранение грузов, их маркировка, взвешивание, приемка от грузоотправителей и сдача грузополучателям производятся в портовых складах. Портовые склады бывают береговые и плавучие. Последние устраиваются на стоечных судах—дебаркадерах. Портовые склады должны обеспечивать надежное хранение багажа и грузов. В зависимости от рода последних, устраиваются портовые склады:

а) закрытые, со стенами, кровлями, полами, вентиляцией, зарешеченными окнами и прочными дверями, которые опломбировываются на время перерывов в работе;

б) полуоткрытые склады или навесы, имеющие кровлю и плотные полы (рис. 229);

в) открытые, т. е площадки, приспособленные для хранения грузов, что требует отвода воды от грузовых площадок, снабжения их подтоварником—круглым лесом небольших диаметров для подкладывания под грузы, которые не должны соприкасаться с полом (грунтом) площадки, а также снабженные брезентами для укры-



Рис. 229. Портовый береговой полуоткрытый склад-навес

тия грузов, боящихся дождя, снега и других атмосферных влияний.

Территория складов должна быть ограждена и охраняема, а также обеспечена противопожарным инвентарем и приспособлениями.

7. Подъездные и внутрипортовые дороги, дорожные сооружения

Для связи с клиентурой на территории порта непосредственно к грузовым причалам и складам прокладываются железнодорожные пути широкой и узкой колеи, авто-гужевые пути, асфальтированные дорожки для движения электротележек (электрокар), подвесные и прочие пути.

8. Механизация грузовых работ

Перегрузочные машины и приспособления

Перегрузочное оборудование или механизация портов и пристаней состоит из береговых или пловучих перегрузочных машин: кранов, транспортеров, тельферов, бремсбергов, норий, пневматических установок, электрокар, лифттраков, насосных установок для нефтегрузов и т. д., а также из простейших перегрузочных приспособлений — ломов, тачек, катальных досок и т. п.

9. Прочие элементы порта

а) Служебные здания и помещения. Для размещения управления порта и для обслуживания клиентуры в порту имеются служебные помещения, расположенные на берегу или на пловучих дебаркадерах.

б) Водопровод и канализация необходимы во всех больших портах для обеспечения пожарной безопасности, поддержания надлежащего санитарного состояния порта и обслуживаемых им судов. В соленых озерах приходится снабжать суда питьевой и котловой водой на весь рейс или даже на весь оборот (см. § 3). Некоторые порты и пристани канала имени Москвы, вода в котором ни в коем случае не должна загрязняться (см. § 81), имеют насосные станции для выкачки сточных жидкостей из судовых цистерн в береговую канализацию.

в) Спасательные и противопожарные средства должны быть в каждом порту и на каждой пристани.

г) Энерго-силовое хозяйство, питаемое электрическим током от собственной электростанции, имеется далеко не во всех портах. Чаще электроэнергия получается от государственных районных электростанций.

10. Местный, приписной и служебно-вспомогательный флот

Крупные порты имеют приписной и служебно-вспомогательный флот. Работники портов и судоводители должны помнить о невыгодности применения мощных транзитных буксиров на маневровых рейдовых работах, которые должны выполняться специальными рейдовыми буксирами. Транзитную же тягу нельзя задерживать в портах ни одного лишнего часа: мощные буксиры следует немедленно снабжать всем необходимым, давать им заранее подго-

товленный и сформированный с помощью рейдовых буксиров воз и отправлять в очередной рейс.

Транзитная тяга не должна простаивать в портах, а должна двигаться, выполняя и перевыполняя план перевозок.

§ 92. РЕЙДЫ

1. Глубины на рейдах и у причалов

Глубины на рейдах и у причалов должны быть на 30 см больше, чем на основных судовых ходах смежных участков пути. Если глубина рейдов и акваторий у причалов превышает на 30 см глубину примыкающих к ним транзитных и внутрипортовых судовых ходов, то этим обеспечивается безаварийное производство грузовых работ, при которых возможен некоторый временный крен или диферент судна. Увеличенный запас глубины обеспечивает также безопасную стоянку судов при волнении и при быстрых изменениях уровня воды.

Если защищенная от ледохода акватория порта (см. § 93 —внерусловые, комбинированные и шлюзованные порты) предназначена и для зимнего отстоя судов, то глубину такой акватории устанавливают от самого низкого горизонта, исходя из наибольшей осадки зимующих судов, принимая запас глубины под днищем с учетом возможности намерзания льда («ледяной чаши») под судном.

2. Специализация рейдов

а) Специализация рейдов по роду груза. В границах акваторий крупных портов и пунктов переформирования, в зависимости от объема и характера работы рейдов и их судооборота, выделяются специализированные части рейда, т. е. специальные рейды:

нефтеналивные рейды, т. е. рейды для стоянки и обработки нефтеналивных груженых и порожних судов, причем последние, в особенности суда из-под светлых нефтепродуктов, требуют не менее строгого, чем груженые суда, выполнения правил противопожарной безопасности. Нефтяные рейды располагаются отдельно и ниже по течению всех других рейдов и причалов, чтобы в случае разлития горящей нефти по поверхности воды не могли пострадать суда, стоящие на рейдах и у причалов;

рейды сухогрузных судов с легковоспламеняющимися, огнеопасными и взрывчатыми грузами располагаются отдельно от других рейдов и ниже их по течению, однако, если имеются нефтяные рейды, то последние должны располагаться ниже рейдов для судов с легковоспламеняющимися, огнеопасными и взрывчатыми грузами;

рейды сухогрузных судов груженых и порожних;

рейды для плотов или лесные рейды.

б) Специализация рейдов по их эксплоатационному назначению.

По своему назначению рейды разделяются на:

сортировочные, служащие для стоянки судов, ожидающих погрузки или выгрузки, для сортировки судов и для формирования и расформирования возов;

перегрузочные — для перегрузочных операций на плаву;

рейды оборотов, представляющие собой водные площади, достаточных для выполнения оборотов размеров;

рейды-убежища — для отстоя судов и плотов во время шторма.

Эти рейды необходимы главным образом на озерах, но после осуществления проекта «Большой Волги» условия плавания на ней будут аналогичны условиям плавания в глубоких озерах, поэтому, возможно, в отдельных речных портах Волги возникнет потребность в устройстве внешних и внутренних рейдов, с защитой последних от волнения защитными оградительными сооружениями: волноломами или молами.

Для эксплоатационной работы порта правильное назначение размеров и местоположения рейдов имеет очень большое значение. При правильном расположении рейдов уменьшаются продолжительность пребывания судна в порту и аварийность на портовой акватории.

Всякий благоустроенный рейд должен удовлетворять следующим основным требованиям:

1) иметь достаточные размеры водной площади для удобного движения и стоянки;

2) быть защищенным от сильного течения, волнения и ветра;

3) иметь глубину, превышающую на 30 см глубину примыкающих судовых ходов;

4) иметь хороший грунт для якорной стоянки;

5) быть обеспеченным средствами связи с управлением порта или рейда.

Размеры рейдовых акваторий определяются назначением рейда. В открытом русле рейды могут быть расположены или у одного берега реки или у противоположных берегов.

3. Расположение рейдов относительно судового хода и причалов

При размещении рейдов нужно стремиться к тому, чтобы стоящие на рейде суда не мешали транзитному движению, т. е. чтобы судовой ход оставался свободным и чтобы рейды были расположены по возможности ближе к причалам во избежание излишних пробегов и пересечений судового хода.

Сортировочные рейды по характеру своей работы разделяются на рейды прибытия и рейды отправления.

Для расстановки барж по районам, участкам и причалам возы расчаливают, так как баржи, входящие в состав воза, могут иметь различное назначение. Иногда на рейде прибытия судам приходится ждать освобождения причала, если он занят. Это явление вызывается недочетами работы диспетчерского аппарата, допускающего иногда пачкообразный подход судов. Капитаны и штурманы

судов часто могут подсказать диспетчеру (если они хорошо знают данный порт) решение о постановке судна к какому-либо другому причалу, если первоначально намеченный причал занят другим судном.

На рейде отправления группируются суда, предназначенные к отправке.

Наилучшим расположением сортировочных рейдов относительно причалов будет то, при котором судам, пользующимся рейдами и причалами, придется делать наименьшее число оборотов и минимальное число пересечений транзитного судового хода.

Для выяснения наивыгоднейшего взаимного расположения причалов и сортировочных рейдов ниже приведен анализ движения судов в порту при различных вариантах. Анализ произведен для двух случаев: 1) когда имеется два отдельных сортировочных рейда: рейд прибытия и рейд отправления, и 2) для одного общего сортировочного рейда; причем рассмотрены лишь случаи, когда порты расположены на прямолинейном участке реки. О наивыгоднейшем расположении рейдов можно судить по ниже приведенным схемам движения судов в речном порту на прямолинейном участке реки (рис. 230 и 231).

На рис. 230—231 варианты обозначены *I, II, III, IV* . . ., а последовательность перемещения судов от момента прибытия на рейд до момента отправления обозначена *1, 2, 3, 4* . . . и т. д.

При разработке схем были приняты четыре случая движения судов:

1) прибытие снизу и отправление вниз
2) » снизу » » вверх
3) » сверху » » вниз
4) » сверху » » вверх

Случаи 1 и 4 имеют место, если порт является концевым.

В случаях 2 и 3 суда проходят транзитом с полной или частичной выгрузкой и погрузкой.

Порядок движения судов принят следующий: прибывающий воз становится на рейд прибытия, где расчаливается, и входящие в состав воза суда буксируются рейдовой тягой к причалам, у которых нагружаются или разгружаются и отводятся на рейд отправления, счаливаются там в караваны и следуют далее за тягой вверх или вниз, по течению.

У причалов и на рейде баржи ставят носом против течения.

Удобство или неудобство того или иного расположения рейда оценивается количеством оборотов и пересечений судового хода, которые приходится делать судам. Чем меньше оборотов и пересечений, тем удобнее расположение рейда (табл. 10).

Количество пересечений учитывалось лишь тогда, когда причалы и рейды расположены у противоположных берегов, так как в этом случае пересечение судового хода при следовании судов с рейда к причалам и в обратном направлении неизбежно. Пересечение же при оборотах не учитывалось, так как при достаточной ширине русла можно сделать оборот, не пересекая судового хода. Од-

Схемы
движения судов в речном порту при
различном расположении двух рейдов

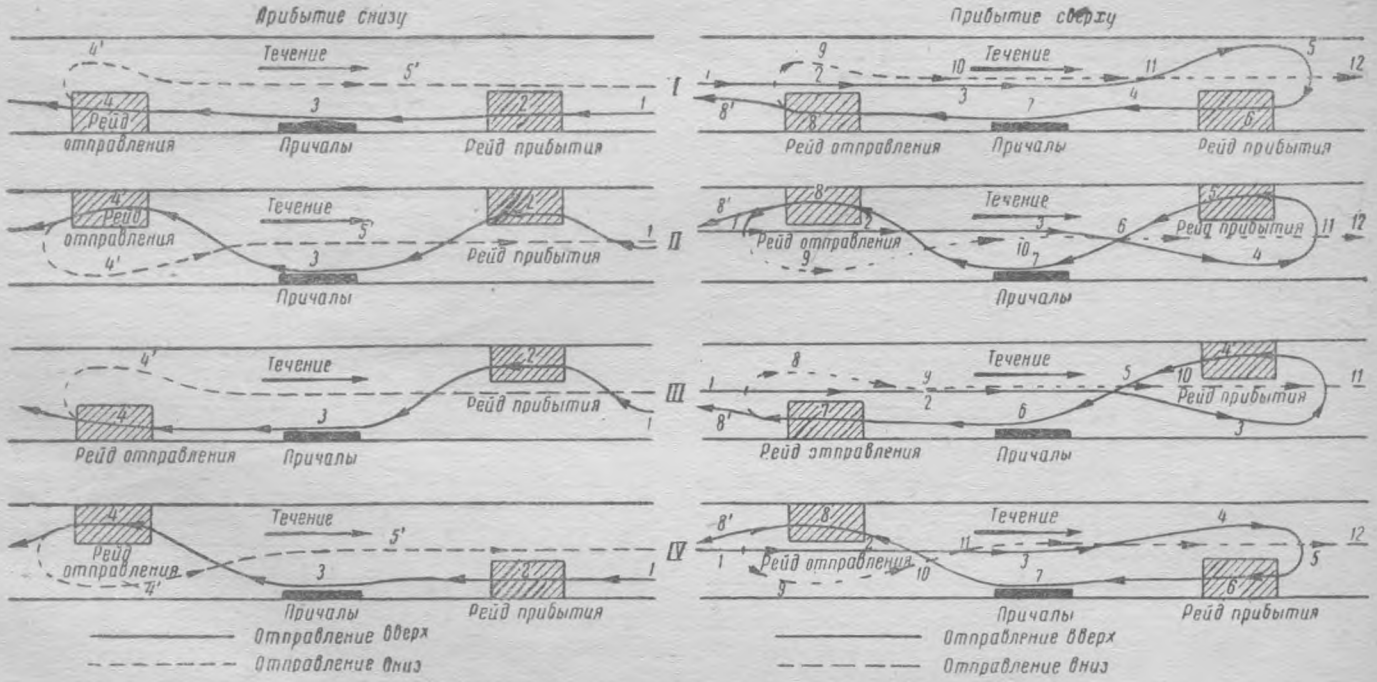


Рис. 230. Схемы движений судов в речном порту при различном расположении двух рейдов

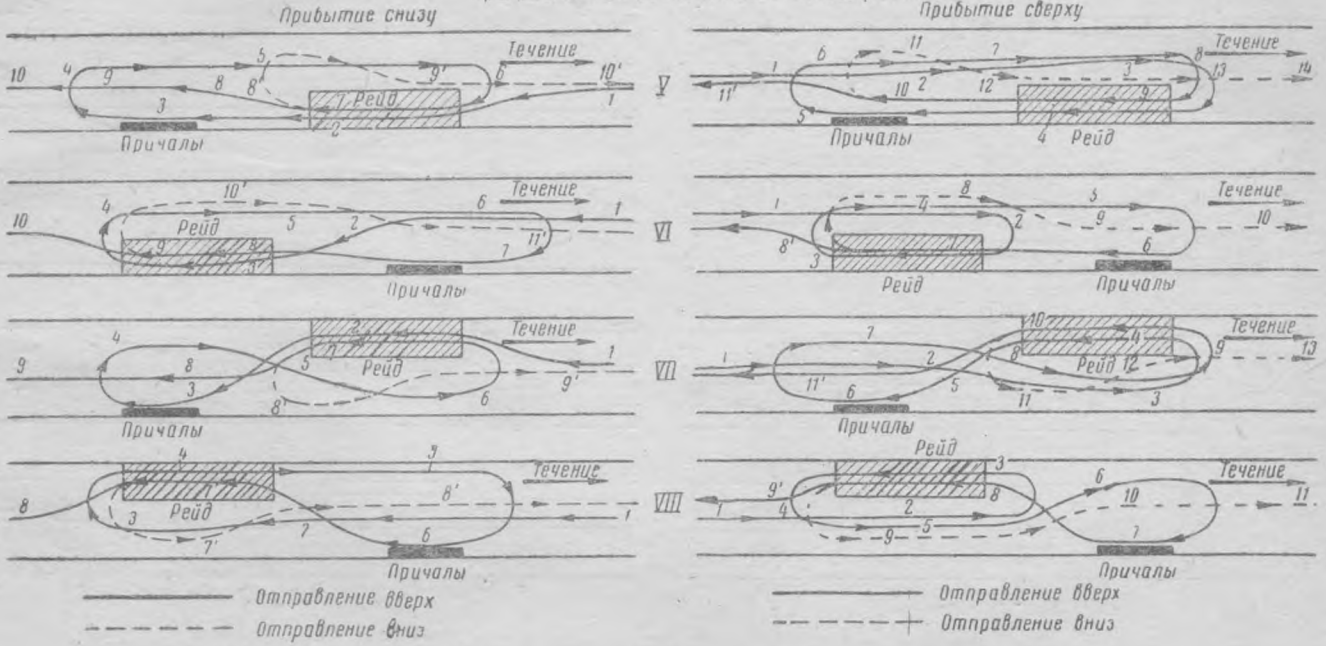


Рис. 231. Схемы движения судов в речном порту при различном расположении одного рейда

Таблица 10

Сравнение различных вариантов расположения рейдов для прямолинейного участка реки

Номер варианта на схеме	Прибытие / Отправление — Расположение рейдов	Снизу вниз		Снизу вверх		Сверху вниз		Сверху вверх	
		Число							
		оборотов	перес. суд. хода	оборотов	перес. судов. хода	оборотов	перес. судов. хода	оборотов	перес. судов. хода
I	Оба рейда у того же берега, где и причалы: рейд прибытия ниже причалов, рейд отправления выше причалов .	1	—	—	—	2	—	1	—
II	Оба рейда у противоположного причалу берега: рейд прибытия ниже причалов, рейд отправления выше причалов	1	2	—	2	2	2	1	2
III	Рейд прибытия у противоположного берега ниже причалов, рейд отправления у того же берега выше причалов	1	1	—	1	2	1	1	1
IV	Рейд прибытия у того же берега, где и причалы ниже их рейд отправления, у противоположного берега выше причалов	1	1	—	1	2	1	1	1
V	Рейд прибытия и отправления общий, расположен ниже причалов у того же берега . .	3	—	2	—	4	—	3	—
VI	Рейд прибытия и отправления общий, расположен выше причалов у того же берега	3	—	2	—	4	—	3	—
VII	Рейд прибытия и отправления общий, расположен ниже причалов у противоположного берега	3	2	2	2	4	2	3	2
VIII	Рейд прибытия и отправления общий, расположен выше причалов у противоположного берега	3	2	2	2	4	2	3	2

нако нужно иметь в виду, что в большинстве случаев оборот сопряжен с пересечением судового хода, что усугубляет его неблагоприятное действие на условия движения и стоянки судов в порту.

Если в данном порту количество судов по всем 4 схемам движения (снизу и вниз, снизу и вверх, сверху и вниз, сверху и вверх) одинаково, то оценку вариантов расположения рейдов можно дать по сумме маневровой работы (см. табл. 11).

Таблица 11

Варианты	Число		Сумма маневров
	оборотов	пересечений судового хода	
I	4	—	4
II	4	8	12
III	4	4	8
IV	4	4	8
V	12	—	12
VI	12	—	12
VII	12	8	20
VIII	12	8	20

Очевидно, наивыгоднейшим в судоходном отношении будет 1 вариант, когда имеются отдельные рейд прибытия и рейд отправления, оба рейда расположены у того же берега, что и причалы, причем рейд прибытия располагается ниже, а рейд отправления выше причалов по течению.

§ 93. ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ РЕЧНЫХ ПОРТОВ

Выбор схемы порта, типов механизации и портовых сооружений зависит не только от размеров грузооборота, рода грузов, характера эксплоатационной работы порта, рельефа русла и берегов реки, но и от гидрологических условий, как-то: колебания уровня воды, направления и скорости течения, направление ледоходов и уровней воды, при которых проходит лед, форма речного русла или побережья озера, происходящие в русле или на берегу озера изменения формы в плане и глубины (деформации русла и берегов). Приходится учитывать также геологические условия, наличие местных строительных материалов, назначение сооружений и пр.

Главнейшие типы речных портов следующие: 1) русловые, 2) внерусловые, 3) комбинированные, 4) шлюзованные порты.

1. Русловые порты

Речной русловой порт со всеми своими акваториями расположен в русле реки (рис. 232). Причальные линии, располагаемые на одном или на обоих берегах русла реки, и называют русловыми прича-

лами. При ледоходе русловые порты не обеспечивают обычно безопасность стоянки флота, а поэтому суда должны отстаиваться

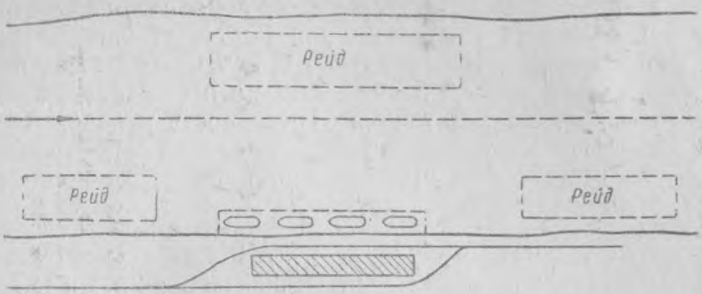


Рис. 232. Речной русловой порт, причалы расположены на берегу реки

во время ледохода в затонах и зимовках, защищенных от действия льда.

2. Внерусловые порты

Речной внерусловой порт имеет причалы и акваторию у них, расположенные вне русла, в так называемом портовом бассейне (рис. 233). Портовый бассейн устраивается посредством выемки грунта на берегу с помощью дноуглубительных снарядов или при-

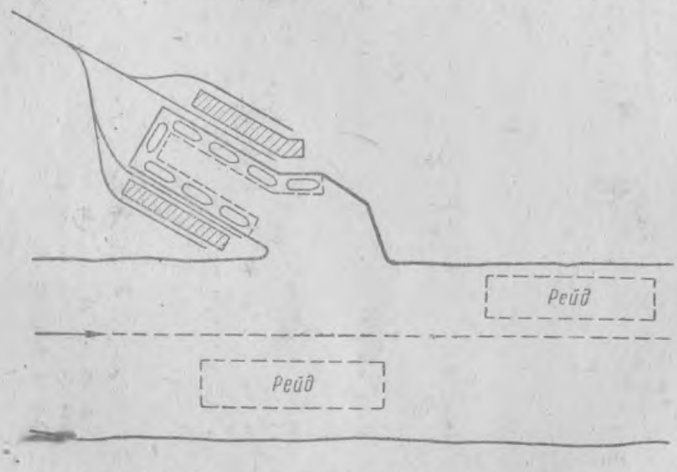


Рис. 233. Речной внерусловой порт с одним портовым бассейном

способления речного рукава, староречья, затона или пойменного озера.

Морские, озерные, речные и канальные порты могут иметь в своем составе не один, а много бассейнов — с отдельными входами или соединенные между собой.

Портовые бассейны внерусловых портов могут быть использованы для зимнего отстоя и иногда для межнавигационного ремонта судов, так как суда в них защищены от ледохода, волнения и течения. Однако необходимость входа в портовый бассейн вызывает некоторую излишнюю маневровую работу. Самый вход в бассейн надо содержать в полной исправности во избежание перерыва сообщения с рекой. Недостаточная бдительность руководителей портов уже приводила иногда к обмелению входов в портовые бассейны, следствием чего был простой не только несамоходных судов, но и паротеплоходов.

3. Комбинированные порты

Речные комбинированные порты (рис. 234 и 235) имеют и портовый бассейн и русловые причалы.

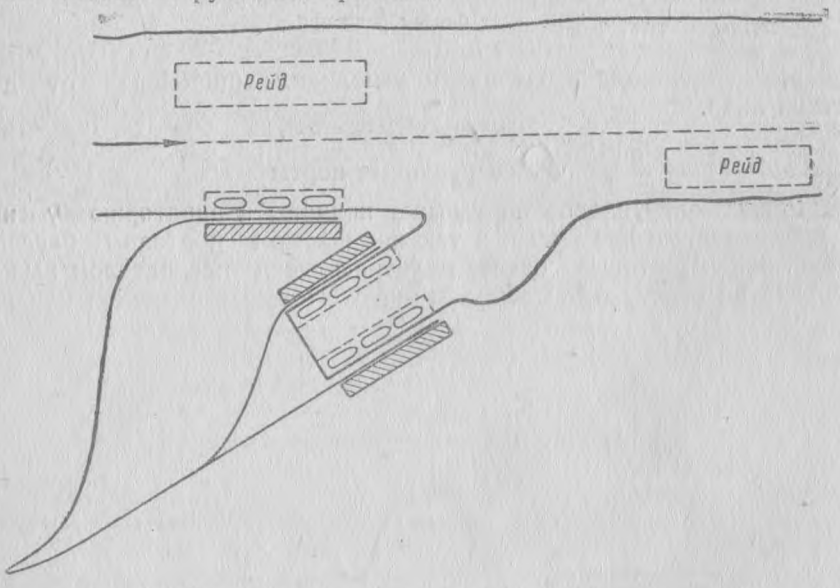


Рис. 234. Речной комбинированный порт с одним портовым бассейном, а также с причалами, расположенными на берегу русла реки

4. Шлюзованные порты

Шлюзованные портовые бассейны (шлюзованные гавани) устраиваются довольно редко и только в тех случаях, когда постройка такого дорогого сооружения, как судоходный шлюз, окупается экономией за счет уменьшения объема дноуглубительных работ в портовом бассейне, уровень воды в котором поддерживается шлюзом выше, чем в реке. Недостатками шлюзованных портов является несколько увеличенный срок пребывания судов в них, так как затрачивается время на шлюзование судов при входе и выходе из шлюзованного порта. Пополнение запаса воды в шлюзованном портовом бассейне, из которого вода теряется на испарение и филь-

трацию и расходуется на шлюзование судов, входящих в порт и выходящих из него, производится из протекающих близ речек и ручьев, преграждаемых плотинами. При отсутствии притоков или

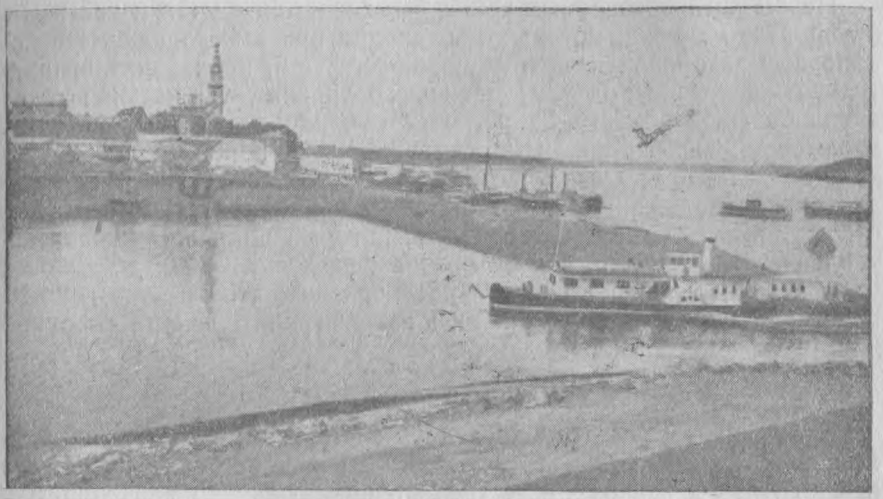


Рис. 235. Пароход входит в портовый бассейн речного комбинированного порта (на заднем плане видны суда, стоящие у русловых причалов)

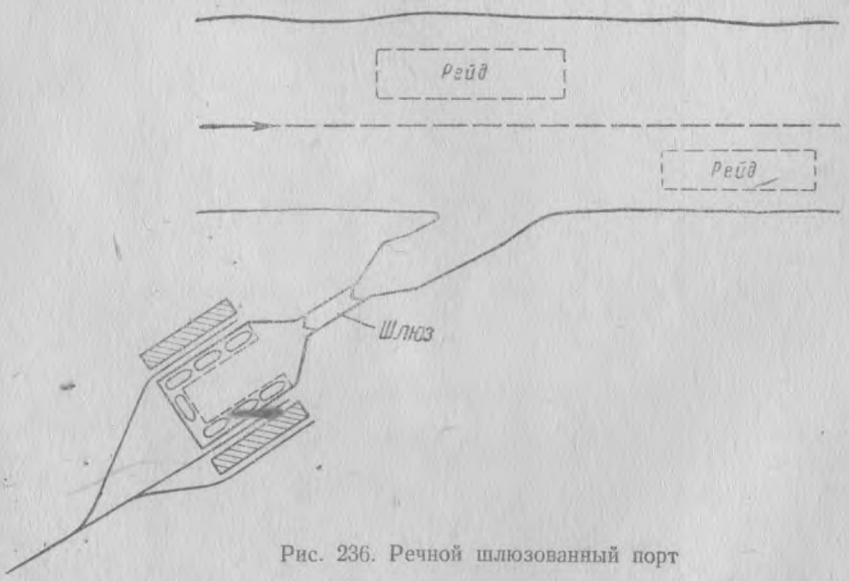


Рис. 236. Речной шлюзованный порт

ручьев, которые могут питать самотеком шлюзованный портовый бассейн, пополнение воды в нем производится подкачкой из судоходной реки, для чего приходится устраивать насосную станцию. Схема шлюзованного порта показана на рис. 236.

§ 94. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ПОРТОВ НА ШЛЮЗОВАННЫХ РЕКАХ, ОЗЕРАХ, ВОДОХРАНИЛИЩАХ И КАНАЛАХ

1. Порты на шлюзованных реках

Порты на шлюзованных реках устраиваются с учетом тех изменений режима реки, которые происходят при шлюзовании. Низконапорные затопляемые сооружения (см. § 59), производят сравнительно небольшие подъемы меженнего уровня и оказывают не очень большое влияние на устройство и работу речных портов. Шлюзование незатопляемыми сооружениями, поднимающими уровень воды на отдельных участках реки выше самых высоких горизонтов половодья, заставляет полностью переустраивать существующие речные порты, территория которых подлежит иногда затоплению. Кроме того, в образованных незатопляемыми плотинами бьефах может развиваться сильное волнение, что требует защиты акваторий порта от волнения внешними оградительными сооружениями: волноломами и молами.

2. Порты на озерах

Порты на озерах должны давать защиту от волн судам, стоящим на рейдах и у причалов, поэтому озерные порты устраиваются или в бухтах и заливах, естественно защищенных от волнения, или



Рис. 237. Портовые пирсы с железобетонными складами, вверху — общий вид пирса; внизу — вид пирса вблизи

их акватории защищают от волн внешними оградительными сооружениями — волноломами и молами. Озерные порты похожи на морские; в частности, в озерных портах удобно устраивать пирсы, т. е. причальные сооружения, выдвинутые от берега в сторону акватории и имеющие причальные линии с обеих сторон (см. рис. 237).

3. Порты на водохранилищах

Порты на водохранилищах отличаются от озерных портов лишь тем, что уровни в водохранилищах значительно изменяются при наполнении и сработке водохранилища, что должно быть учтено и в навигационный период и во время зимнего отстоя (см. § 56 и 57).

4. Порты на каналах

Порты на каналах или канальные порты устраиваются в уширениях ложа канала как на прямолинейных (рис. 238, *а* — рис. 238, *д*), так и на криволинейных участках канала (рис. 238, *е*). Канальные порты можно устраивать и в виде портовых бассейнов,

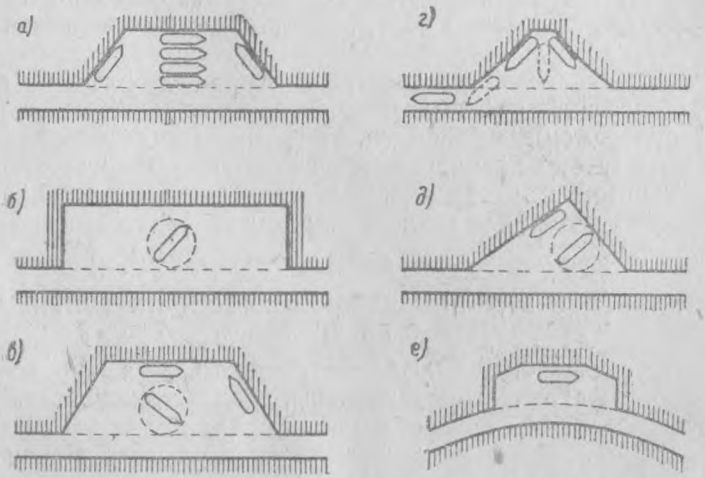


Рис. 238. Схемы уширений судоходных каналов для устройства канальных портов

соединяемых с каналом входом более узким, чем бассейн, что дает хорошую защиту судам, стоящим у причалов, от волнения, производимого проходящими по каналу паротеплоходами. Устройство же канального порта в небольшом уширении, открытом со стороны канала, приводит к необходимости требовать уменьшения скорости движения следующих по каналу паротеплоходов при наличии судов, стоящих у причалов; иначе волнение от паротеплоходов может вызвать серьезные повреждения и судов и причальных сооружений.

§ 95. НАЧЕРТАНИЕ ПРИЧАЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ПЛАНЕ. РАЙОНИРОВАНИЕ ПОРТОВ

Начертания причальных линий в плане речных русловых и внерусловых портов, а также озерных и канальных портов видно из рис. 232—238. Кроме показанных здесь начертаний возможно дать еще множество других решений. Иногда причальная линия имеет даже криволинейную или ломаную в плане форму, что, конечно, менее удобно для подхода судов к причалам и их швартовки. При достаточной ширине акватории очень удобной формой начертания причальной линии являются пирсы (рис. 237, вверху), около которых с обеих сторон очень удобно швартоваться судам. Пирсы устраиваются достаточной ширины для размещения складов, подъездных путей и механизации (рис. 237, внизу).

Районирование портов. В крупных портах выделяют участки и районы, специализированные по роду груза (нефтяные, хлебные, лесные) или по характеру операций (экспортные, импортные, пассажирские, промышленные и т. д.). Каждый район или участок порта должен иметь подходы и акватории, удобные для судоходства.

Затоны и зимовки. Для отстоя судов в межнавигационный период и для производства судоремонта, особенно на реках, где преобладают русловые порты, необходимо иметь зимовки и судоремонтные затоны. Внерусловые, комбинированные и шлюзованные порты обеспечивают безопасный отстой судов, но на берегах портовых бассейнов не всегда находится достаточно места для постройки судоремонтных заводов. Поэтому обычно судоремонтные заводы и их затоны располагаются вне крупных портов.

Если акватория затона или зимовки недостаточно защищена в своем естественном виде от ледохода, то возводят защитные дамбы и ледорезы.

§ 96. ПЛОВУЧИЕ ПРИЧАЛЫ-ДЕБАРКАДЕРЫ И ИХ СОПРЯЖЕНИЕ С БЕРЕГОМ

На внутренних водных путях Советского Союза широко применяются пловучие причалы-дебаркадеры, представляющие собой стоечные суда обычно с деревянным, а иногда с железобетонным корпусом и двухэтажными деревянными надстройками. Дебаркадеры используются для обслуживания как грузовых, так и пассажирских операций.

На многих небольших пристанях все оборудование состоит из одного дебаркадера, где размещаются грузовые склады (чаще всего для грузов большой скорости), весовое хозяйство, кассы и пассажирские помещения, служебные помещения, включая диспетчерский или операторский пункт и жилые помещения для работников пристани.

После окончания весеннего ледохода дебаркадеры буксируются из ближайших затонов к пунктам их установки. Капитан парохода, буксирующего дебаркадер к пристани, обязан помочь начальнику пристани установить дебаркадер в удобном месте, где имеются

а) хороший подход для судов с транзитного судового хода, б) участок берега, удобный для установки при любых уровнях воды мостков, соединяющих дебаркадер с берегом, в) удобный подъезд для автомобилей и подвод к мосткам дебаркадера.

Дебаркадер учаливается с помощью якорей, положенных в воду и на берегу; в сторону берега опускаются, кроме того, судовые свайки, упирающиеся в откос. При колебаниях уровня воды якорные шеймы приходится потравливать или выбирать, свайки перезаряжать и переставлять мостки.

Дебаркадеры, как и все остальные суда стационарного типа (стоечные суда), а именно: нефтемашинки, пловучие перегружатели, брандвахты и т. п., стоят на туго набитых швартовых и с опертыми в откос судовыми свайками.

Кроме сопряжения дебаркадеров с берегом посредством простых мостков применяется соединение с берегом посредством качающихся мостиков, шарнирно опертых на береговую опору одним концом, а другим концом присоединенных к дебаркадеру. На некоторых дебаркадерах, приспособленных для движения с судна на берег и обратно различных тележек и электрокар, устроены в пролетах подъемные платформы, которые можно устанавливать вровень с палубой любого судна, что позволяет легко перекатывать тележки с грузом.

Из всего изложенного выше совершенно ясна необходимость осторожного привала паротеплоходов к дебаркадеру. При развороте на кормовой чалке во время отвала вахтенный начальник паротеплохода должен, выйдя на крыло мостика со стороны дебаркадера, внимательно следить за выполнением маневра, своевременно дать сигнал (один короткий свисток) об отдаче кормовой чалки, и только проверив, что чалка действительно отдана, отдавать приказание в машину об увеличении хода судна.

§ 97. ПОРТОВЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

По своему назначению портовые сооружения разделяются на: внешние оградительные сооружения, береговые причальные сооружения (набережные, пирсы) и судостроительные и судоремонтные сооружения (см. § 99).

Внешние оградительные сооружения имеют назначение защищать акваторию порта от волнения (волноломы и молы), ледохода (ледорезы, ледозащитные дамбы) и чрезмерно больших скоростей течения, например, разделительные сооружения, ограждающие от больших скоростей течения аваппорты в нижних подходных каналах к шлюзам (§ 72).

Береговые причальные сооружения в виде набережных и пирсов представляют больше удобств для механизированной погрузки-выгрузки и бункеровки судов, чем дебаркадеры. Однако при большой осадке транзитных транспортных судов и мелководности прибрежной акватории невозможно бывает до производства капитальных дноуглубительных работ производить погрузку-выгрузку даже через дебаркадеры.

В таком случае суда разгружают и загружают на рейде с помощью вспомогательных рейдовых судов.

На рис. 239а, 239б, и 239в показана разгрузка грузового теплохода на рейде с помощью специального рейдового мелкосидящего

а)

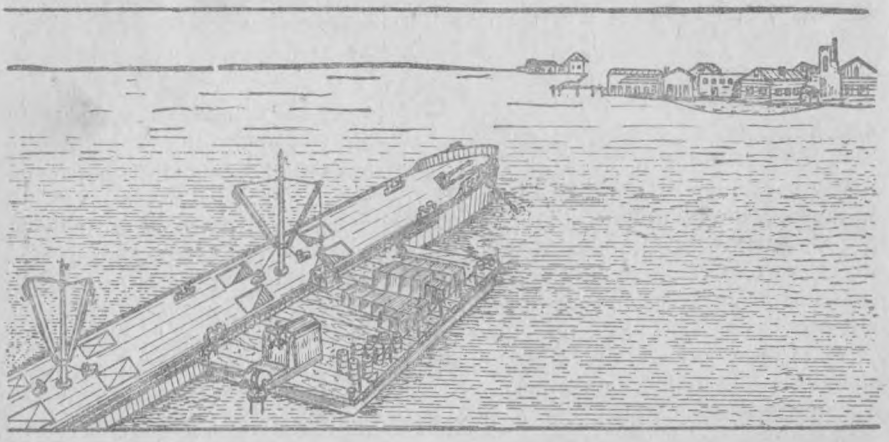


Рис. 239а. Обработка самоходным рейдовым понтоном грузового теплохода («самоходки») на рейде

понтона, имеющего для остойчивости большую ширину и оборудованного двигателем автомобильного типа с ротаторным движителем, обеспечивающим самоходность и управляемость рейдового понтона.

Для выполнения грузовых и пассажирских операций, а так-

б)

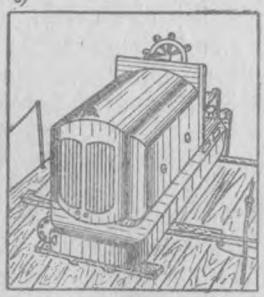


Рис. 239б. Вид на двигатель с носа понтона

в)

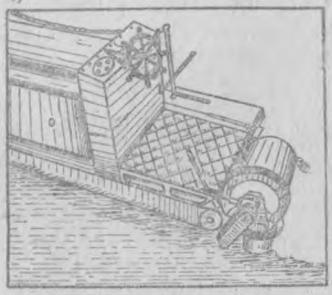


Рис. 239в. Вид на движитель с кормы понтона

же для технического обслуживания судов удобнее всего устанавливать и швартовать их у береговых причальных сооружений — набережных, оборудованных перегрузочными машинами. При низких берегах и большой амплитуде колебаний уровней воды терри-

тория порта может заливаться водой во время паводков. Это ведет к перерывам в работе причалов и очень нежелательно.

Некоторые из типов портовых набережных изображены ниже.

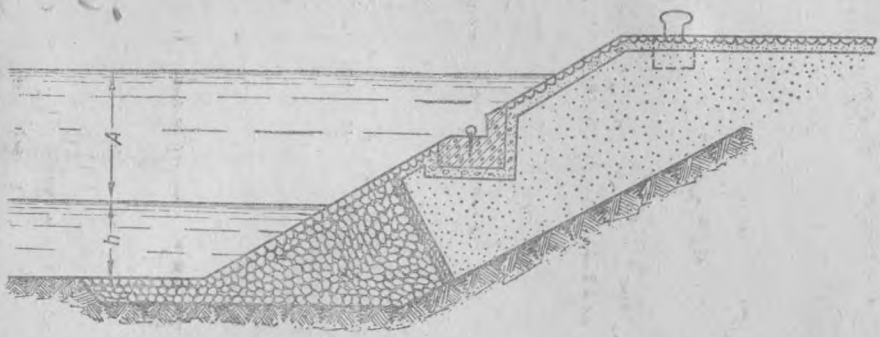


Рис. 240. Откосная портовая набережная

Незатопляемая откосная набережная с мостовой, упертой на каменную призму, показана на рис. 240. Откосные набережные обычно оборудуются транспортерами и бремсбергами.

Полуоткосная набережная, укрепленная мостовой с упором на свайный ряд, показана на рис. 241.

Полуоткосными называются набережные, у которых вертикальная часть имеет меньшую высоту, чем высота откосной части. По-

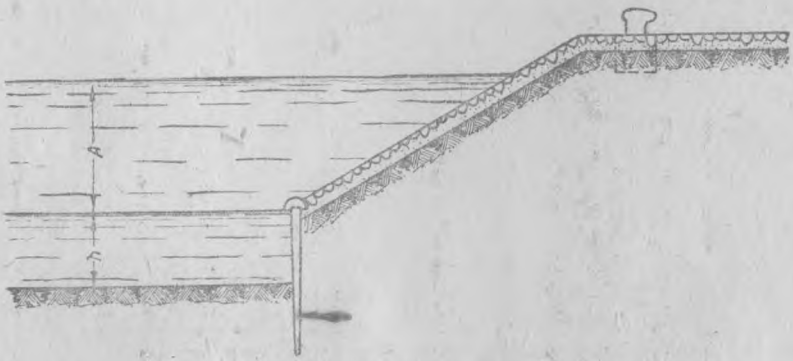


Рис. 241. Полуоткосная портовая набережная

луоткос позволяет уменьшить вылет стрел перегрузочных кранов.

Полувертикальная набережная с упором на шпунтовую стенку, поддерживаемую анкером, состоящим из анкерной тяги с двумя тальрепными стяжками и анкерных свай, показана на рис. 242 справа.

Вертикальные набережные наиболее удобны для применения крановой механизации. Некоторые типы вертикальных набережных показаны на рис. 243.

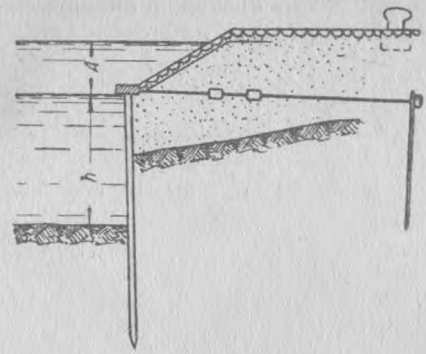


Рис. 242. Полувертикальная портовая набережная

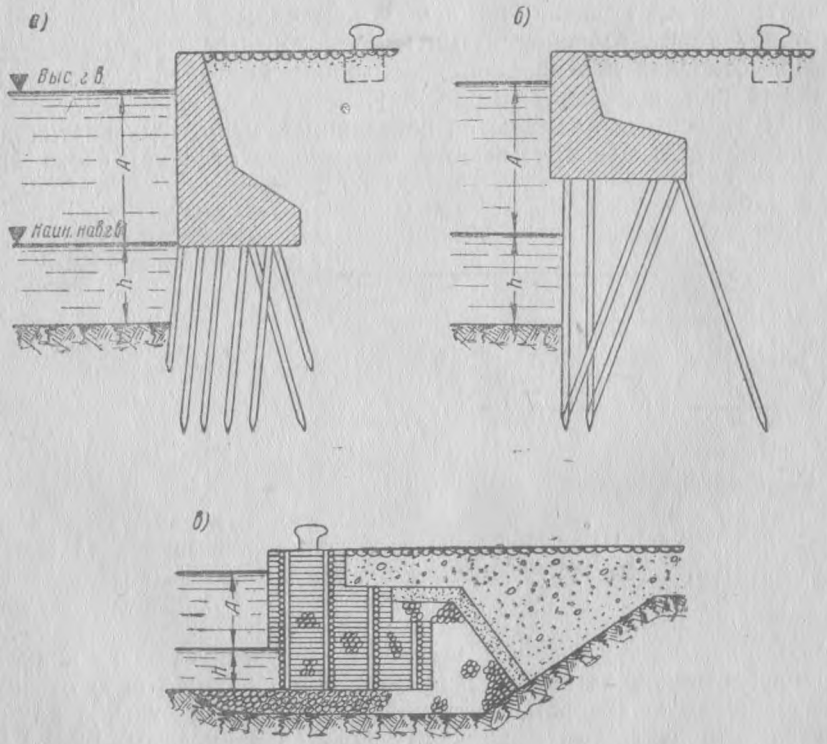


Рис. 243. Вертикальные портовые набережные: *а* и *б* — бетонные набережные на сваях, *в* — ряжевая набережная

§ 98. ОТБОЙНЫЕ И ПРИЧАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

1. Отбойные приспособления

Для смягчения толчков в момент привала судна как пловучие причалы: дебаркадеры (§ 96), нефтемашинки, пловучие перегружатели и т. п., так и береговые причалы — набережные имеют отбойные приспособления: кранцы, отбойные брусья, отбойные рамы, буферные устройства с пружинной или гидравлической амортизацией ударов, отбойные одиночные сваи, отбойные кусты свай или отбойные палы.

а) Подвесные кранцы жесткие и мягкие применяются на дебаркадерах и вертикальных стенках набережных.

б) Отбойные брусья совершенно схожи с отбойными брусьями шлюзов (см. § 73, рис. 196). Портовые сооружения, как и судоходные шлюзы, снабжают только вертикальными отбойными брусьями; горизонтальные отбойные брусья недопустимы, так как за них могут задевать обносы и привальные брусья судов.

в) Отбойные рамы удобнее всего устраивать в виде ограждающих лицевую сторону набережной вертикальных отбойных брусьев, давление от которых передается не прямо на сооружение или дебаркадер, а через горизонтальные брусья, что смягчает удары при привале судов.

г) Отбойные сваи забиваются в грунт обычно перед сквозными, т. е. состоящими из свай причальными сооружениями.

д) Отбойные палы (кусты свай) более долговечны, чем одиночные отбойные сваи; устройство их аналогично кустам свай, применяемых в шлюзах с откосными камерами (см. § 69, рис. 175).

2. Причальные приспособления

Причальные приспособления и устройства на акваториях и сооружениях речных портов не отличаются от причальных приспособлений шлюзов и их подходных каналов (см. § 73).

Особенность установки причальных тумб в вертикальных бетонных и железобетонных стенках набережных речных портов с большой амплитудой колебаний горизонтов воды состоит в том, что тумбы устанавливают не только на верхней площадке набережной (у кордона или в некотором удалении от него), но и в несколько этажей по высоте набережной. Тумбы устанавливаются в углублениях—нишах, открытых со стороны причала, что облегчает швартовку при любых уровнях воды. Ниши соединены лестницами с площадкой набережной.

§ 99. СУДОРЕМОНТНЫЕ И СУДОПОДЪЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Ремонт подводной части судна и его движителей (гребных колес и винтов) приходится производить при частичном или полном осушении корпуса. В практике широко применяются: судоремонтные лари и кессоны, кренование, подъем небольших судов из воды мощными кранами, вытаскивание судов из воды по наклонным

склизам с помощью лебедок и воротов, подъем на клетки из брусьев домкратами, осушение за перемычками (§ 24), выморозка (§ 25), постановка в период высоких вод на временно заливаемой береговой площадке с последующей осушкой по спаде воды, осушение судов в судоямах и т. д.

Наибольшие удобства для судоремонта представляет все же полное осушение всего корпуса судна, производимое с помощью специально устраиваемых судоподъемных сооружений: плавучих доков, судоремонтных слипов, сухих и наливных судоремонтных доков.

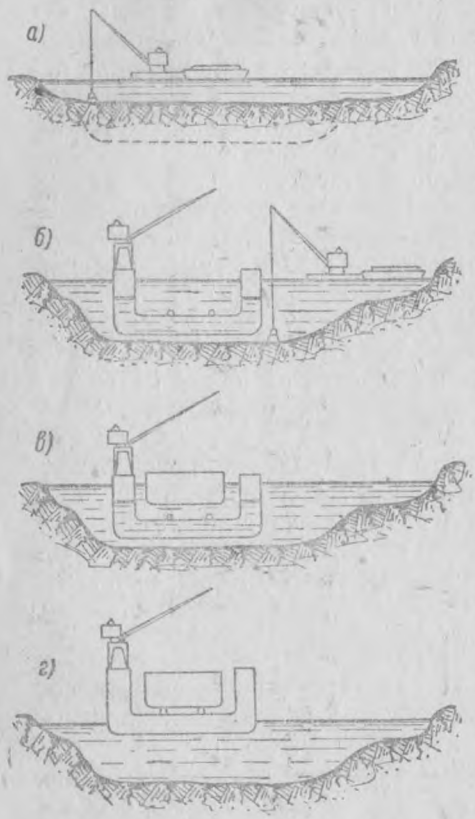


Рис. 244. Плавучий док: *а* — углубление акватории, *б* — плавучий док погружен перед приемом судна, *в* — судно введено в док, но находится еще на плаву, *г* — судно осушено в плавучем доке

Плавучие судоремонтные доки имеют большое распространение на речном транспорте. На рис. 244 показаны схематически: углубления акватории под стоянку дока снарядом типа ОГ, погружение дока после приема воды в балластные отсеки для приема судна, а затем всплытие дока вместе с подлежащим ремонту судном.

Подъем судна из воды осуществляется откачкой воды из балластных отсеков дока, причем всплывает весь плавучий док.

Судоремонтные слипы имеют уходящие под воду рельсовые пути, по которым передвигаются тележки, несущие судно.

Сухие доки очень похожи на судоходные шлюзы, но имеют лишь одну голову и одни ворота, а противоположная поперечная стенка — глухая. После выравнивания горизонтов воды в порту и в доке открывают ворота дока, вводят судно в док, камера которого, после закрытия ворот осушается насосами. Для зимнего ремонта судов насухо с успехом используются верхние камеры двухкамерных шлюзов (§ 67).

§ 100. СУДОХОДНАЯ ОБСТАНОВКА ПОРТОВ-ПРИСТАНЕЙ И ЗАТОНОВ

Обстановка портов состоит из: 1) обстановки подходов к порту, 2) обстановки рейдов и 3) специальных знаков, надписей и сигнализации на береговых причалах, дебаркадерах, плавучих перегру-

жательных машинах, нефтеперекачивательных станциях («нефтемашинках») и т. п. Обстановка подходов и акваторий (рейдов) производится обстановочной службой технических участков пути, а специальная обстановка и сигнализация на дебаркадерах и береговых причалах находится в ведении портовой администрации.

1. Обстановка подходов к порту-пристани или к затону судоремонтного завода

Обстановка подходов к порту-пристани или затону судоремонтного завода дает судоводителю возможность своевременно изменить курс следования судна при переходе с транзитного хода на подходный фарватер.

Категория обстановки, типы и размеры обстановочных знаков устанавливаются в зависимости от местных условий.

Подходы к портам со стороны озер или водохранилищ обставляются или по обычной для рек двухсторонней системе или по компасной с применением маяков, маячных огней, створов, озерных вех и буев (§ 16). Для ограждения длинных подводных каналов очень удобны щелевые створы (§ 87).

В местах примыкания подходных судовых ходов или рейдов к транзитному речному ходу должны быть поставлены пестрые бакены (т. е. спаренные белый и красный бакены рядом), причем для лучшего различия разрешается освещать ночью белый бакен не белым, а зеленым огнем. Точно так же разрешается освещать зелеными огнями все белые бакены на рейдах и у населенных пунктов, где скопления белых огней на берегу и на акваториях делают белые огни бакенов малозаметными и трудно отличаемыми от огней на судах, плотах и береговых причалах.

Простейшие случаи обстановки подходов к речным портам-пристаням и затонам показаны на схемах (рис. 245); особо тщательно должны быть ограждены обстановочными знаками стрелки и впадения притоков, косы, отмели, расположенные между транзитным судовым ходом и подходами к порту или затону.

На рис. 245, *а* показана судоходная обстановка в районе речного руслового порта, имеющего подходы от транзитного хода и сверху и снизу по течению.

На рисунке 245, *б* изображена обстановка в районе речного порта, расположенного в устье несудоходного притока и имеющего подход с одной стороны, в данном случае снизу по течению.

Обстановка входа в затон судоремонтного завода показана на рис. 245, *в*. При высоких уровнях воды двойной пестрый бакен будет стоять у стрелки яра под ухвостьем острова, отделяющего затон от реки, и вход в затон будет значительно шире, чем при низких меженних горизонтах воды.

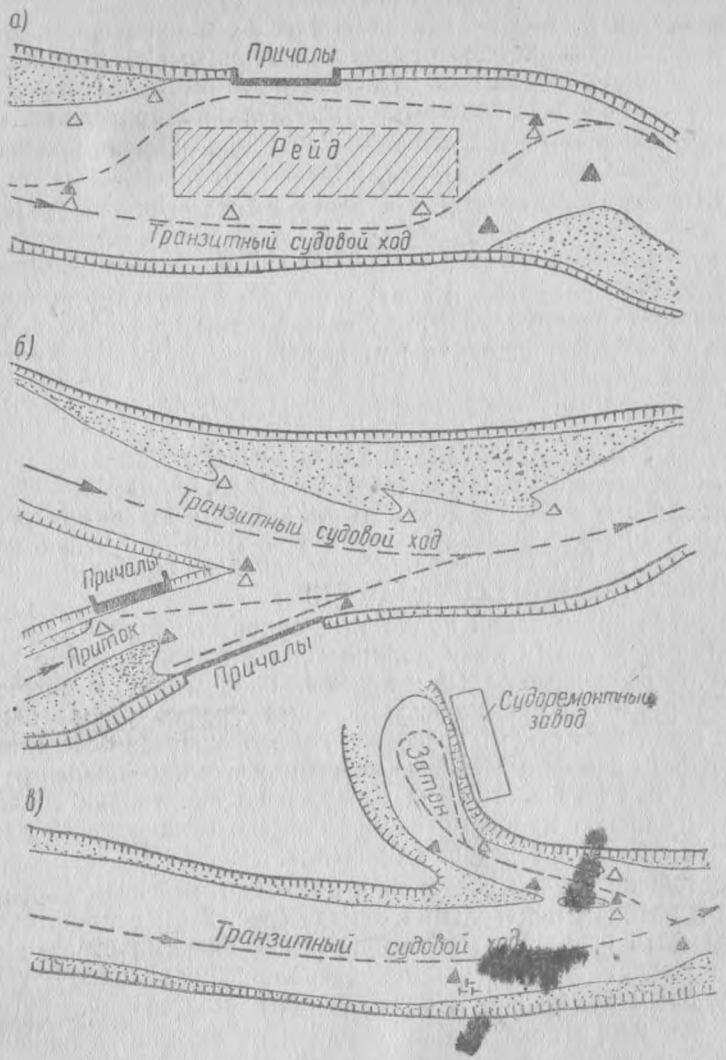


Рис. 245. Судоходная обстановка речных портов: *а* — обстановка руслового порта, имеющего два подхода: сверху и снизу по течению, *б* — обстановка внеруслового порта с одним подходом, *в* — обстановка затона судоремонтного завода

2. Обстановка рейдов и прочих портовых акваторий

Обстановка рейдов и прочих портовых акваторий имеет назначение отделить рейд от транзитного судового хода и обозначить отмели и препятствия, расположенные по границам рейда. Кроме того, знаками береговой и пловучей обстановки разграничиваются отдельные участки рейда, имеющие различное эксплоатационное назначение (рейды прибытия, формирования, отправления и т. д.),

или специализированные по роду груза: угольный участок рейда, хлебный, лесной, нефтяной, располагаемый, как правило, ниже по течению на 1 км от всех остальных рейдов, чтобы предотвратить опасность пожара на судах при воспламенении нефтепродуктов, разлившихся по поверхности воды. Из этих соображений на рис. 246 нефтяной участок рейда показан самым нижним по течению реки с противопожарным разрывом, отделяющим его от других причалов. Разграничение участков рейда, производимое береговыми створами и бакенами, располагаемыми на линиях разграничительных створов (см. рис. 246), упорядочивает расстановку судов в определенных линиях с соблюдением необходимых интервалов и пожарных разрывов. Разграничение участков рейда обстановочными знаками ускоряет маневровую работу, облегчая судоводителям нахождение участков рейда и причалов, указанных диспетчером порта.

Береговые знаки разграничительных створов окрашиваются в любые яркие цвета, резко выделяющиеся на местном фоне портовой механизации, складов и других построек. На передних (ближних) створных столбах подвешивают номера участков рейда. Эти

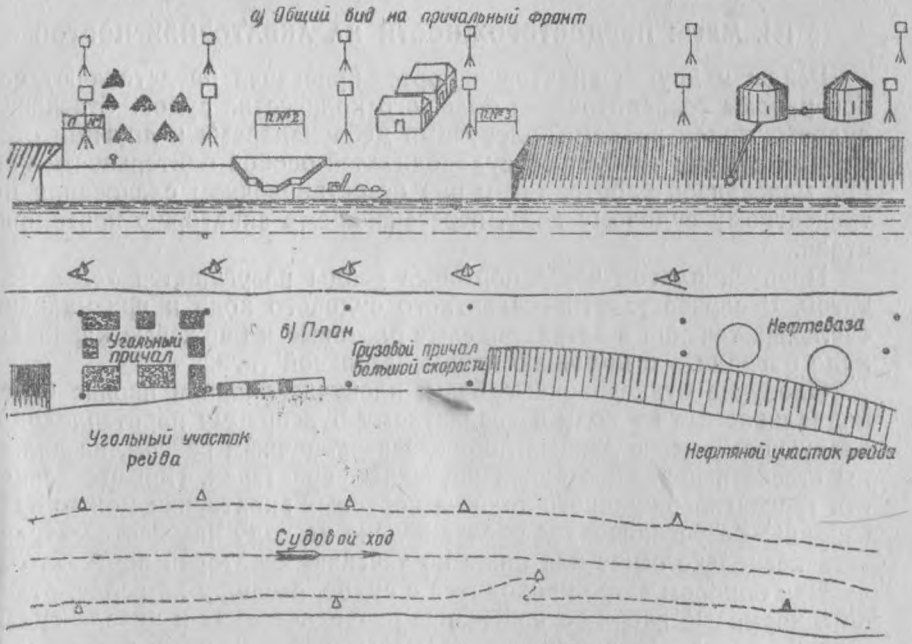


Рис. 246. Обстановка порта: *а* — общий вид на причальный фронт, *д* — план

номерные знаки должны освещаться ночью тем же способом, как и ночные вывески глубин на сигнальных мачтах перекатов (§ 11).

3. Знаки и сигнализация на причалах и пловучих дебаркадерах

Для лучшего обозначения причалов, кроме номерных знаков, вывешиваемых на ближних столбах разграничительных створов,

применяют экраны-вывески с наименованием участков и причалов. Экраны-вывески освещаются в ночное время. Указания о глубине у причала и допустимой нагрузке в тоннах на один квадратный метр площади надписываются на экранах-вывесках или на особых щитах.

На дебаркадерах поднимаются такие же огни, как на стоящих несамоходных судах (т. е. один белый огонь на мачте при длине дебаркадера менее 75 м, а при длине более 75 м еще по одному белому огню на носу и корме в 2 метрах выше борта), и кроме того один белый огонь на стенке надстройки дебаркадера у приемного пролета дебаркадера.

Разрешение на привал к дебаркадеру паротеплохода, идущего сверху, дается поднятием шара на мачте дебаркадера, а ночью — миганием клотиковой красной лампочкой.

Прием паротеплохода, идущего снизу, разрешается поднятием цилиндра на мачте дебаркадера, а ночью — миганием зеленой лампочкой на кронштейне надстройки дебаркадера.

Дебаркадеры санитарного надзора несут на мачте желтый флаг, а ночью — белый топовой огонь и ниже его на один метр — желтый огонь.

§ 101. МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ НА АКВАТОРИЯХ ПОРТОВ

Рейды и другие акватории портов-пристаней представляют собой районы сосредоточения большого количества судов. Стеснение судовых ходов рейдами, плавучими дебаркадерами и другими стоечными судами требует от судоводителей особой бдительности как при маневровой работе, так и при безостановочном следовании по транзитному судовому ходу, пересекающему акваторию порта-пристани.

Пропуск плотов через портовые рейды разрешается только за тягой. В случае узости транзитного судового хода и при наличии свальных течений и ветра тяжелые плотовые и баржевые караваны надо проводить с помощью вспомогательной тяги.

Плавучие бункеровочные базы, плавучие лавки и прочие суда, подчаливаемые на ходу к транзитному буксирному паротеплоходу, следующему через данный порт безостановочным рейсом, не должны стеснять движение судов на узких фарватерах. При стесненности транзитного судового хода на портовых акваториях можно производить безостановочное обслуживание на ходу на участках транзита несколько выше или ниже по течению акваторий порта.

При боковом ветре приходится с судов, стоящих на рейде, отдавать кормовые якори во избежание разворачивания и навала судов друг на друга. Однако класть кормовые якори следует очень осторожно, с учетом запаса глубины под днищем как своего судна, так и других судов и типа якоря, который должен лежать на достаточной, не представляющей опасности, глубине.

Во время производства погрузки или выгрузки необходимо все время тщательно следить за равномерностью распределения груза в трюмах и равномерностью осадки судна, не допуская прогибов корпуса.

При стоянке судна у откосных и полуоткосных береговых причалов вахтенный начальник судна должен проявлять особую осторожность при погрузке судна или понижении уровня воды, чтобы не посадить судно на откос. Особенную опасность представляют при этом выступающие над поверхностью откоса отдельные предметы и камни, о которые могут быть повреждены обшивка или корпус судна.

Во избежание посадки на откос надо иметь установленные в сторону откоса судовые свайки и «перезаряжать» их при изменениях уровня воды или осадки судна.

ДОПОЛНЕНИЯ

1. По действующим Правилам плавания (изд. 1947 г., стр. 31, рис. 8) реи сигнальных мачт — белые. В дальнейшем по ГОСТу 3363-46 (стр. 4) реи сигнальных мачт должны окрашиваться на правом берегу полосами красного и белого цвета, на левом — черного и белого цвета.

2. На реках с освещаемой обстановкой глубины ночью обозначаются с помощью фонарей. Обращенная в сторону судового хода грань фонаря снабжается трафаретами с вырезанными цифрами (первая цифра показывает метры, вторая — дециметры, третья — сантиметры).

3. По ГОСТу 3368-46 сигнал мостового граничного столба (сигнальная мостовая мачта) несет днем на ноке реи или а) красный флаг и под ним красный конус — ход закрыт, или б) красный флаг — ход открыт.

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резолюция XVIII съезда ВКП(б) по докладу товарища В. М. Молотова о третьем пятилетнем плане развития народного хозяйства СССР.
2. Закон о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 годы.
3. З. А. Шашков, Речной транспорт в новой сталинской пятилетке, Москва, 1947 г.
4. В. В. Звонков, Комплексная типизация технических средств внутреннего водного транспорта, Москва, 1948 г.
5. Правила плавания по внутренним водным путям СССР, Москва, 1947 г.
6. Правила технической эксплоатации речного транспорта СССР (Издание второе), Москва, 1947 г.
7. Правила технической эксплоатации речного флота СССР (Издание третье), Москва, 1947 г.
8. Государственные общесоюзные стандарты:
а) ГОСТы 3363-46—3376-46. Знаки речной обстановки, 1947 г.;
б) ГОСТ 3232-46. Знаки перевальные и знаки створные, 1947 г.;
в) ГОСТ 3502-47, 3507-47. Фонари;
г) ГОСТ 3035-45. Подмостовые габариты.
9. Е. В. Близняк, Производство исследований рек, озер, водоразделов, Москва, 1936 г.
10. М. М. Гришин, Гидротехнические сооружения, т. I, Москва, 1948 г.
11. Н. А. Доманевский, Дифференцированные глубины, Москва, 1944 г.
12. В. Ю. Калинович, Шлюзование водных путей, Москва—Ленинград, 1940 г.
13. Л. П. Лавринович и М. А. Сутырин, Обстановка и судовождение, Москва, 1947 г.
14. М. К. Потапов и др. Поперечная циркуляция в открытом потоке и ее гидротехническое применение, 1936 г.

235169

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3
Введение 5

Глава I. **Общие сведения о водных путях**

§ 1. Краткая характеристика и классификация водных путей . . . 7
Морские водные пути 8
Внутренние водные пути 8
§ 2. Требования судоходства к водным путям 10
§ 3. Естественные внутренние водные пути 11
Реки 11
Озера 12
§ 4. Виды препятствий судоходству 12
1. Естественные препятствия 12
2. Случайные препятствия 13
3. Препятствия на озерах и каналах 14
§ 5. Способы улучшения судоходных условий рек и озер 14
1. Устранение препятствий судоходству 14
2. Улучшение судоходных условий рек 14
3. Улучшение судоходных условий озер 17
§ 6. Искусственные внутренние водные пути 18
1. Шлюзованные реки 18
2. Водохранилища 18
3. Судоходные каналы 19
§ 7. Габариты внутренних водных путей 20
1. Глубина судового хода 21
2. Ширина судового хода 22
3. Радиусы кривизны судового хода 25
4. Подмостовые габариты 26
5. Габариты воздушных проводных электролиний 28
§ 8. Краткие сведения об организации путейского хозяйства Министерства речного флота Союза ССР 28

Глава II. **Обстановка рек и озер**

§ 9. Значение судоходной обстановки для работы флота 29
§ 10. Классификация судоходной обстановки 30
1. Двусторонняя (латеральная) и компасная (кардинальная) системы пловучей обстановки 30

Стр.
2. Береговая и пловучая обстановка 31
3. Дневная и освещаемая (ночная) обстановка 31
4. Меженняя и паводковая (весенняя) речная обстановка . . 32
5. Категории судоходной обстановки 32
6. Классификация знаков судоходной обстановки по их назначению 33
7. Развитие судоходной обстановки на внутренних водных путях СССР 33
§ 11. Береговая речная обстановка 35
1. Перевальные и ходовые знаки 36
2. Створы. Створные знаки 39
3. Краткое понятие о расчете створов 42
4. Створно-перевальные знаки. Тройники 47
5. Сигнальные мачты для показания габаритов пути 47
6. Семафоры. Обстановка засемафоренных и временно закрытых участков пути 49
7. Обстановка мест пересечения водных путей подводными сооружениями и воздушными линиями проводов 52
§ 12. Пловучая речная обстановка 54
1. Бакены 55
2. Вехи (вешки пловучие) 57
3. Буи 58
§ 13. Паводковая обстановка 58
Весенние знаки 59
§ 14. Обстановка мостов и примостовых участков 60
1. Обстановка мостов 60
2. Обстановка примостовых участков 60
§ 15. Расстановка знаков судоходной речной обстановки 63
1. Основные правила расстановки знаков судоходной обстановки 63
2. Обстановка плёсов 63
3. Обстановка перекатов 64
4. Пример обстановки участка реки 65
§ 16. Судоходная обстановка озер 67
1. Вехи 67
2. Озерные буи 69
3. Маяки, береговые озерные знаки и огни 69
4. Озерные створы 69
5. Штормовые мачты, предупреждения о штормах и ветрах . . 71
§ 17. Работа обстановочной службы 71

Глава III. Руслоочищение

§ 18. Общие сведения о руслоочищении 73
§ 19. Отыскивание и обозначение препятствий. Тралы и тральные работы 74
1. Гибкий трал 74
2. Простейшие жесткие тралы 75
3. Глубина опускания трала 76
4. Судовые тралы, трал Котельникова 78
5. Определение эксплоатационной осадки по данным траления 78

Стр.
§ 20. Карчеподъемные работы 79
§ 21. Камнеуборочные работы 80
§ 22. Дноочистительные снаряды 82
§ 23. Подводные взрывные работы 85
§ 24. Удаление препятствий за перемычками 86
§ 25. Удаление случайных препятствий. Зимнее дноочищение. Вымораживание камней. Берегоочищение 89
1. Удаление случайных препятствий 89
2. Зимние дноочистительные работы 89
3. Вымораживание камней 90
4. Берегоочистительные работы 91
§ 26. Использование водолазов на дноочистительных работах . . . 91
§ 27. Предотвращение аварий от засорения судового хода 97
§ 28. Расчистка каменистых порогов 98

Глава IV. **Дноуглубление и дноуглубительные снаряды**

§ 29. Общие сведения о дноуглублении (землечерпании). Цели и значение дноуглубительных (землечерпательных) работ 98
§ 30. Область применения дноуглубления. Виды дноуглубительных работ 99
Классификация дноуглубительных работ 100
1. Транзитное дноуглубление 100
2. Внетранзитные дноуглубительные работы 101
§ 31. Типы дноуглубительных снарядов и их классификация . . . 102
Классификация дноуглубительных снарядов 102
1. Классификация снарядов по способу отделения грунта от дна и выемки его 103
2. Классификация снарядов по способу удаления грунта от места работы 103
3. Классификация снарядов по способу перемещения снарядов во время работы 104
4. Классификация снарядов по способу передвижения из одного пункта в другой 104
5. Классификация по силовому хозяйству (по главным двигателям) 105
6. Условные обозначения типов и марок снарядов 105
§ 32. Одночерпаковые дноуглубительные снаряды 105
1. Одночерпаковые грейферные (храповые, самоходные) снаряды. Марка ОГ-НШ 106
2. Одночерпаковые штанговые снаряды. Марка ОШ-НШ . . 107
3. Производительность одночерпаковых снарядов 110
§ 33. Многочерпаковые дноуглубительные снаряды 111
1. Устройство многочерпаковых снарядов 111
2. Остойчивость дноуглубительных снарядов 121
3. Многочерпаковые лотково-шаландовые снаряды 122
4. Многочерпаковые рефулерно-шаландовые снаряды 123
5. Производительность многочерпаковых снарядов 124
§ 34. Землесосы 125
1. Устройство землесосов 125
2. Рефулеры (напорные грунтопроводы) 129
3. Производительность землесосов 133

Стр.

§ 35. Гидромониторы и другие устройства для дноуглубления в мягких (нескальных) грунтах 134
§ 36. Снаряды для дноуглубительных работ на скальных грунтах . . 134
1. Камнечерпательницы 134
2. Бурильницы 135
3. Скалодробители 135
§ 37. Дноуглубительные караваны и обслуживающие их суда . . . 135
1. Состав дноуглубительного каравана 135
2. Пароходы-буксировщики 136
3. Шаланды 136
4. Буксиры-шаландеры 138
§ 38. Дноуглубление (землечерпание) на транзите рек 138
1. Гарантийные габариты 138
2. Минимальные навигационные гарантийные габариты . . . 138
3. Диференцированные гарантийные габариты 139
4. Проектное дно 140
5. Глубина опускания грунтозахватных устройств 141
6. Горизонт начала дноуглубления на транзите 142
7. Изыскания при дноуглублении 142
8. Информация о глубинах 143
9. Информационные листки 143
10. Путевые листки 144
11. Организация транзитного землечерпания 144
§ 39. Проектирование дноуглубительных прорезей и разбивка работ на местности 145
§ 40. Задание дноуглубительному снаряду 149
§ 41. Рабочие перемещения дноуглубительных снарядов и способы удаления извлеченного снарядами грунта 150
1. Извлечение грунта многочерпательными снарядами . . . 150
2. Извлечение грунта землесосами 151
3. Перекладка якорей 153
4. Удаление извлеченного грунта шаландами 154
5. Расчет числа шаланд 155
6. Удаление грунта рефулированием и другими способами . . 157
§ 42. Учалка и буксировка дноуглубительного каравана 158
1. Буксировка на дальние расстояния 159
2. Буксировка на небольшие расстояния 161
§ 43. Установка дноуглубительного каравана на месте работ и сборка его после окончания работы 162
1. Установка снаряда и разводка (разборка) каравана по прибытии на место работ 162
2. Сборка и учалка каравана 165
3. Достижения стахановцев дноуглубительного флота . . 166
§ 44. Проход судов и плотов мимо работающих дноуглубительных и дноочистительных снарядов 166
1. Огни на дноуглубительных и дноочистительных снарядах . . 167
2. Звуковые и зрительные сигналы 167
3. Пропуск судов и караванов мимо работающих дноуглубительных снарядов 168

Стр.

4. Меры предосторожности при проходе мимо работающего снаряда 169
5. Сигнализация для связи с обслуживающими судами . . . 171
§ 45. Углубление песчаных перекатов взрывами 172
§ 46. Способы улучшения землечерпания на транзите рек 173

Глава V. **Выправление рек**

§ 47. Общие сведения о выправлении рек. Сущность и задачи выправления 176
§ 48. Основные положения при выправлении рек. Работа речного потока по формированию русла 177
§ 49. Выправительная трасса. Регулирование рек выправительными сооружениями 183
§ 50. Виды выправительных сооружений 188
1. Постоянные выправительные сооружения тяжелого типа . . 188
2. Временные легкие выправительные сооружения 193
§ 51. Способы регулирования русел рек, разработанные советскими гидротехниками 195
§ 52. Укрепление берегов 197
§ 53. Условия судоходства в местах расположения выправительных сооружений 198

Глава VI. **Регулирование стока судоходных рек**

§ 54. Виды регулирования стока 198
1. Суточное регулирование стока 199
2. Сезонное или годовое регулирование стока 200
3. Многолетнее регулирование стока 200
§ 55. Регулирование стока судоходных рек 200
§ 56. Водохранилища 203
§ 57. Условия судоходства при регулировании стока 205
1. Волнение 206
2. Зимний режим 207
§ 58. Комбинированные способы улучшения судоходных условий рек при регулировании стока 207

Глава VII. **Шлюзование рек**

§ 59. Общие сведения о шлюзовании рек. Схемы шлюзования рек . . 208
1. Шлюзование судоходных рек 208
2. Понятие о шлюзе и его действии 211
3. Гидроузлы, затопляемые и незатопляемые 213
4. Разбивка шлюзованной реки на бьефы 214
5. Влияние шлюзования на судоходство 215
6. Затопление земель 216
§ 60. Краткие сведения о плотинах, устраиваемых при шлюзовании рек . 217
1. Классификация плотин по назначению 218
2. Классификация плотин по способу пропуска воды и судов . 218
3. Классификация плотин в зависимости от материала . . . 220
4. Основания и флютбеты плотин 221
§ 61. Земляные плотины 223
§ 62. Каменные, бетонные и железобетонные плотины 225

Стр.
§ 63. Деревянные плотины 229
§ 64. Затворы водосливных отверстий 231
1. Шандоры 231
2. Плоские затворы 232
3. Сегментные затворы 234
§ 65. Судоходные разборчатые плотины 235
1. Плотина с поворотными фермами и затворами между фермами 235
2. Плотина с поворотными фермами, имеющими обшивку . . . 241
§ 66. Пропуск воды через плотины. Определение отверстий судоходных плотин. Пропуск судов и плотов через судоходные плотины и под мостами 241
1. Расположение плотин в русле реки 241
2. Определение размеров отверстий судоходных плотин . . 241
3. Понятие о расчете отверстий мостов 244
4. Пропуск судов и плотов под мостами и через судоходные плотины 244
§ 67. Судоходные шлюзы 244
1. Общие сведения о судоходных шлюзах 244
2. Типы судоходных шлюзов 245
3. Однокамерный шлюз без стенки падения 246
4. Однокамерный шлюз со стенкой падения 247
5. Однокамерные шлюзы со средними воротами 248
6. Двухкамерные, трехкамерные и многокамерные шлюзы . . . 249
7. Параллельные шлюзы 251
8. Особые типы шлюзов 251
9. Габариты шлюзов 252
§ 68. Системы наполнения и опорожнения шлюзов 256
1. Клинкеты 256
2. Короткие круговые обходные галлереи 257
3. Продольные галлереи в стенках шлюзов 257
4. Наполнение и опорожнение через ворота шлюза 257
5. Время наполнения и опорожнения камер шлюзов 259
§ 69. Головы и стенки шлюзов 261
1. Головы шлюзов 262
2. Стенки шлюзов, расположенных на скалистом грунте . . . 263
3. Стенки шлюзов на мягких грунтах 263
§ 70. Ворота шлюзов и их приводные механизмы 265
1. Двухстворчатые ворота на вертикальных осях вращения . 265
2. Опорные части ворот с вертикальной осью вращения . . 268
3. Сегментные опускные ворота 268
4. Прочие типы шлюзных ворот 268
5. Приводные механизмы ворот 269
§ 71. Затворы водопроводных устройств шлюзов 271
§ 72. Подходы к шлюзам 272
1. Шлюзы в реке и шлюзы в деривации 276
2. Разделительные сооружения 276
3. Входные направляющие палы 276
§ 73. Оборудование шлюзов 278
1. Общие сведения об оборудовании шлюзов 278

Стр.
2. Швартовые или причальные приспособления 278
3. Отбойные устройства 280
4. Ремонтные и противоаварийные приспособления и затворы . 282
5. Тяговые устройства шлюзов 284
6. Автоматическая блокировка и управление шлюзом . . . 285
7. Кордоны, парапеты 286
§ 74. Тяга судов через шлюзы 287
1. Тяга на буксире 288
2. Тяга с берега 288
§ 75. Пропуск судов через шлюзы. Процесс шлюзования. Пропускная способность шлюзов и способы ее повышения 288
1. Одностороннее шлюзование 289
2. Двустороннее шлюзование 290
3. Серийное шлюзование 291
4. Пропускная способность шлюзов и способы ее повышения . 291
5. Влияние типа шлюза на его пропускную способность . . 292
§ 76. Эксплоатация шлюзов 294
§ 77. Производство работ по постройке плотин и шлюзов на реках. Пропуск судов и плотов во время постройки плотин и шлюзов . . 295
§ 78. Пропуск судов и плотов при ремонте шлюзов 296
§ 79. Обстановка шлюзов 297
§ 80. Меры предосторожности при проходе через шлюз 299

Глава VIII. Судоходные каналы

§ 81. Классификация судоходных каналов по их назначению и устройству 301
1. Общие сведения о судоходных каналах 301
2. Соединительные каналы 301
3. Обходные каналы 302
4. Подходные каналы 302
5. Открытые каналы 303
6. Шлюзованные каналы 303
§ 82. Габариты судоходных каналов 305
1. Глубина каналов 305
2. Ширина каналов 305
3. Радиусы закруглений на каналах 307
4. Прочие габариты 307
§ 83. Поперечный профиль и трасса канала 307
1. Поперечный профиль канала 309
2. Укрепление откосов каналов 311
3. Бечевники 312
4. Канал в насыпи и выемке 312
5. Трасса канала 313
§ 84. Питание судоходных каналов водой 315
§ 85. Тяга судов и условия движения в каналах 317
1. Тяга судов с воды 317
2. Тяга судов с берега 318
3. Условия движения судов и плотов в каналах 318
§ 86. Сооружения на судоходных каналах 320

Стр.
1. Шлюзы на каналах 320
2. Сооружения на пересечениях с сухопутными путями сообщения 321
3. Пересечение судоходного канала с реками 321
4. Предохранительные, или заградительные, ворота 321
5. Прочие сооружения на каналах 322
§ 87. Судоходная обстановка на каналах. Особенности обстановки канала имени Москвы 322

Глава IX. Краткие сведения о портах

§ 88. Значение портов и пристаней для работы водного транспорта . . 325
§ 89. Классификация портов 326
§ 90. Требования, предъявляемые к порту-пристани 327
1. Требования судоходства 327
2. Эксплоатационные требования 327
§ 91. Элементы порта 328
1. Акватория порта 328
2. Оградительные и защитные сооружения 329
3. Территория порта 329
4. Береговые причалы и плавучие дебаркадеры 329
5. Пассажирские здания, речные вокзалы 329
6. Грузовые склады 330
7. Подъездные и внутрипортовые дороги 331
8. Механизация грузовых работ 331
9. Прочие элементы порта 331
10. Местный, приписной и служебно-вспомогательный флот . . 331
§ 92. Рейды 332
1. Глубины на рейдах и у причалов 332
2. Специализация рейдов 332
3. Расположение рейдов относительно судового хода и причалов 333
§ 93. Основные схемы речных портов 338
1. Русловые порты 338
2. Внерусловые порты 339
3. Комбинированные порты 340
4. Шлюзованные порты 340
§ 94. Особенности устройства портов на шлюзованных реках, озерах, водохранилищах и каналах 342
1. Порты на шлюзованных реках 342
2. Порты на озерах 342
3. Порты на водохранилищах 343
4. Порты на каналах 343
§ 95. Начертание причальных линий в плане. Районирование портов . . 344
§ 96. Плавучие причалы — дебаркадеры и их сопряжение с берегом . 344
§ 97. Портовые гидротехнические сооружения 345
§ 98. Отбойные и причальные приспособления 349
1. Отбойные приспособления 349
2. Причальные приспособления 349
§ 99. Судоремонтные и судоподъемные сооружения 349
§ 100. Судоходная обстановка портов-пристаней и затонов 350

Стр.
1. Обстановка подходов к порту, пристани или затону судоремонтного завода 351
2. Обстановка рейдов и прочих портовых акваторий . . . 352
3. Знаки и сигнализация на причалах и пловучих дебаркадерах 353
§ 101. Меры предосторожности на акваториях портов 354
Дополнения 355
Перечень литературы 356



Редактор А. А. Твердислов. Техн. редактор Г. М. Кузьмин.

Л 127394. Сдано в произв. 16/VIII 1948 г. Подп. к печати 22/X 1948 г. Изд. № У-766. Объем 22³/₄ п. л. + 1 вкл. Уч.-изд. 28,50 л. Бум. 60×92¹/₁₆. Тир. 2000. Зак. 987.

1-я типография Речиздата. Москва, Кожевническая ул., дом 1-б.

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	По вине
5	13 сверху	на Волге.	На Волге:	Типографии
17	12 »	постоянная	проектная	Редактора
58	2 снизу	повседневно	повсеместно	Типографии
75	Подпись под рис. 31	Образование	Обозначение	»
76	5 снизу	$h_н$	$\nabla_р$	Корректора
78	15 »	Винты	Ванты	Типографии
79	Формула (21)	$T_э = h - h_р + h_{ож} + a$ см,	$T_э = h - h_р + h_{ож} - a$ см,	Автора
81	Подпись под рис. 38.	Устройство из цепей подъема	Устройства для подъема	»
124	Формула (30)	$P_m = \ldots$	$P_т = \ldots$	Типографии
124	Формула (31)	$P = \frac{\varphi}{K} P_t - \ldots$	$P = \frac{\varphi}{K} P_т = \ldots$	Корректора
141	Формулы (32-а) (32-б), (34-а) и,	$\nabla_н$; $h_{нд}$; $h_н$	$\nabla_п$; $h_{пд}$; $h_п$	Автора
142	(34-б)			
209	Подпись под рис. 123	$a - \ldots$	$a - \ldots$; $б$ – план	»
243	Формула (55)	$Z = \frac{1}{2g}\left[\left(\frac{v}{\varphi}\right) - v_0^2\right]$ м.	$Z = \frac{1}{2g}\left[\left(\frac{v}{\varphi}\right)^2 - v_0^2\right]$ м.	»
280	Подпись под рис. 195	вверху—	внизу –	Корректора
306	Формула (81)	$B = \frac{B_{к_1}}{1{,}5}$ м,	$B_в = \frac{B_{к_1}}{1{,}5}$ м.	Автора

Зак. 987