



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ**

**«Владивостокский морской рыбопромышленный колледж»  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Дальневосточный государственный технический  
рыбохозяйственный университет»**

**(«ВМРК» ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»)**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

**УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ МОРСКОГО ПОРТА**

**Специальность 23.02.01 Организация перевозок и управление на  
транспорте (по видам)**

---

Владивосток

2021

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией  
судоводительских дисциплин Е.В. ШияноваПротокол № 1 от «01» 09 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ

Зам. начальника «ВМРК» по УВР

 Г.Л. Рубанова«01» 09 2021 г.

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой междисциплинарного курса «Устройство морского порта» для специальности 23.02.01 «Организация перевозок и управление на транспорте (по видам)».

Рекомендуется для обучающихся всех форм обучения «ВМРК» при выполнении контрольных работ, практических занятий и подготовке к сессии.

Составитель выражает глубокую признательность всем авторам учебников, которые были использованы при составлении данного учебного пособия.

Составитель:

преподаватель «ВМРК»

ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»



С.В. Сысоев

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Морские порты и их назначение .....	6
Классификация морских портов .....	9
Характеристики естественного режима побережья.....	14
Основные природные факторы .....	14
Метеорологические факторы .....	16
Гидрологические факторы.....	18
Геологические и геоморфологические факторы .....	25
Устройство портов в различных условиях .....	30
Основные материалы и изделия, применяемые в портовом строительстве .....	31
План и общее устройство порта .....	36
Основные элементы порта .....	36
Определение основных элементов порта.....	39
Грузооборот и пропускная способность порта .....	48
Эксплуатационные и производственные характеристики порта .....	50
Функциональная схема порта .....	54
Начертание в плане внешних оградительных сооружений .....	55
Начертание в плане причального фронта .....	59
Компоновка порта и районирование .....	61
Конструкция портовых складов.....	64
Железнодорожный транспорт в портах .....	71
Автомобильный транспорт в портах .....	73
Оградительные сооружения .....	75
Берегоукрепительные сооружения .....	87
Причальные сооружения .....	89
Назначение и классификация причальных сооружений.....	89
Гравитационные причальные сооружения.....	92
Конструкции свайных набережных в виде тонких стенок (больверков).....	97
Конструкции сквозных причальных сооружений .....	99
Узкие и широкие пирсы .....	106
Швартовные устройства и отбойные приспособления .....	109
Силы и нагрузки, действующие на причальные сооружения .....	120
Специализированные районы порта .....	125
Судостроительные и судоремонтные сооружения .....	139
Сооружения и мероприятия по предотвращению загрязнения акватории .....	144
Источники загрязнения в портах .....	144
Береговые станции по приему и очистке балластных вод с судов ..	145

Организация и технология очистки акватории порта .....	146
Техническая эксплуатация портовых сооружений .....	149
Подъемно-транспортные машины .....	154
Грузозахватные устройства .....	156
Механизмы передвижения .....	160
Передвижные поворотные краны общего назначения .....	161
Машины периодического действия .....	164
Вагоноопрокидыватели .....	172
Вилочные погрузчики .....	174
Машины непрерывного действия .....	176
Режим эксплуатации, инженерное обслуживание, содержание и ремонт сооружения .....	186
Правила технической эксплуатации подъемно-транспортного оборудования морских торговых портов (РД 31.1.02-04) .....	188
Термины и определения .....	188
Обозначения и сокращения .....	190
Промышленная безопасность и задачи ПТЭ .....	191
Подъемно-транспортное оборудование морских портов .....	192
Техническое обслуживание и использование грузозахватных органов .....	193
Изготовление техническое обслуживание, хранение и использование грузозахватных приспособлений .....	194
Техническое обслуживание рельсовых крановых путей .....	197
Особенности технической эксплуатации портовых мобильных кранов .....	198
Технический надзор .....	199
Общие положения .....	199
Оперативный осмотр .....	200
Периодический осмотр .....	202
Мероприятия по охране труда .....	204
Инструктажи по технике безопасности .....	207
Литература .....	211

## ВВЕДЕНИЕ

В России понятие морского порта определено в статье 9 Кодекса торгового мореплавания Российской Федерации (1999г.): под морским портом понимается комплекс сооружений, расположенных на специально отведенных территории и акватории и предназначенных для обслуживания судов, используемых в целях торгового мореплавания, обслуживания пассажиров, осуществления операций с грузами и других услуг, обычно оказываемых в морском порту.

Россия – великая морская держава. Поэтому значение морских портов для развития экономики страны чрезвычайно велико. Современный морской порт – это крупный транспортный узел, который связывает различные виды транспорта: морской, речной, железнодорожный, автомобильный, трубопроводный и др. Портовая деятельность является стратегическим аспектом развития экономики государства и одним из ключевых звеньев функционирования транспортной системы. Значительна роль портов в обеспечении транспортной независимости, обороноспособности, внешней торговли, а также в обеспечении перевозок народнохозяйственных грузов, развития и использования транзитного потенциала России. Россия имеет более 100 морских портов, из них основными являются: Архангельск, Мурманск, Выборг, Высоцк, Санкт-Петербург, Приморск, Калининград, Новороссийск, Туапсе, Темрюк, Кавказ, Махачкала, Владивосток, Находка, Восточный, Ванино, Холмск, Петропавловск-Камчатский. В этих морских портах перерабатывается более 90% грузов, перерабатываемых в морских портах России.

Морской порт неразрывно и исторически связан с развитием судоходства, на его местонахождение влияют географические, гидрографические и гидрологические, технические, экономико-политические и иные факторы. Морские порты неразрывно связаны с историей, становлением и развитием судоходства и других видов транспорта. Многие порты имеют более чем тысячелетнюю историю, установившиеся веками традиции, получают уникальное право – на обычай порта, уважающийся и учитывающийся в международных и правовых нормах. Учитываются географические факторы: физико – географические условия побережья, глубины моря, возможности безопасного подхода, наличие фарватеров. Важное влияние на деятельность порта оказывает наличие тяготеющих наземных районов, культурных и промышленных центров, наземных коммуникаций, транспортных путей.

## МОРСКИЕ ПОРТЫ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

**Порт** (от фр. **Porte** – дверь, ворота, вход) – морские ворота страны. Из КТМ РФ (Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации) статья 9 – Под морским портом понимается совокупность объектов инфраструктуры морского порта, расположенных на специально отведенных территории и акватории и предназначенных для обслуживания судов, используемых в целях торгового мореплавания, комплексного обслуживания судов рыбопромыслового флота, обслуживания пассажиров, осуществления операций с грузами, в том числе для их перевалки, и других услуг, обычно оказываемых в морском порту, а также взаимодействия с другими видами транспорта.

**Порт** (лат. portus — гавань, пристань) — место на берегу моря или реки, устроенное для стоянки кораблей и судов, имеющее комплекс специальных сооружений для их обслуживания: причалы, вокзалы, краны, склады, терминалы, вспомогательный транспорт и т. д. В порту может быть несколько причалов, оборудованных для причаливания судов, посадки и высадки пассажиров, погрузки и выгрузки грузов, заправки топливом и др. работ.

Порты бывают морские, речные, пассажирские, торговые, рыбные и т. п. Для обслуживания пассажиров используются морские и речные вокзалы. Для технического обслуживания и ремонта судов используются сухие и плавучие доки. В международных портах имеются обособленные места — карантинные для изоляции прибывших судов в целях предотвращения распространения инфекций.

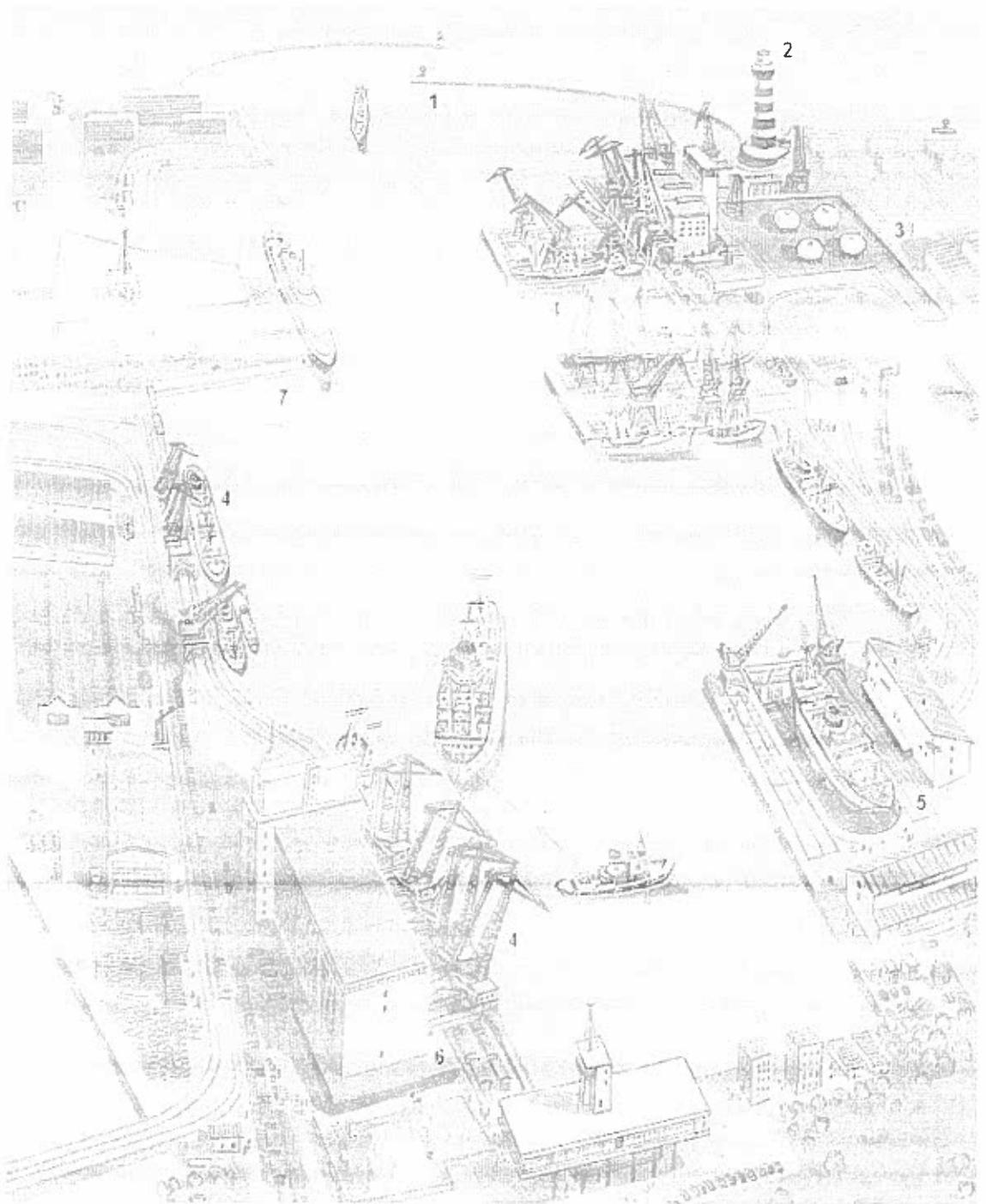
Порты обычно устраивают в бухтах или гаванях, акватория которых защищена от волн естественными выступами берегов или искусственным оградительным сооружением — молотом. Порты устраивают также в устьях рек. Вход в порт, как правило, обозначают маяками.

Порты для военных кораблей называют военно-морскими базами.

Современный порт – это крупный транспортный узел с комплексом сооружений и устройств, обеспечивающих:

- спокойную стоянку судов;
- быструю и удобную передачу-получение грузов с одного вида транспорта на другой с обеспечением сохранности грузов и безопасность людей;
- хранение, подготовку и комплектацию грузов;

- обеспечение, находящихся в порту судов всем необходимым (вода, топливо, продовольствие, снабжение).



*Морской порт: 1 - молы, защищающие порт от волн; 2 - маяк; 3 - нефтебаза; 4 - грузовые причалы; 5 - сухой док для ремонта судов; 6 - элеватор для хранения зерна; 7 - пассажирский вокзал.*

### Условная схема порта

Морской порт в большинстве случаев объединяет виды транспорта: железнодорожный, автомобильный, морской.

Порты имеют общегосударственное значение, обеспечивают международные связи и одновременно органически связаны с прилегающими городами, с деятельностью промышленных предприятий и различных видов транспорта.

#### *ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПОРТА:*

- накопление, хранение и сортировка грузов на складах порта перед их отправкой;
- мероприятия санитарно-карантинного характера (карантинная служба);
- обеспечение благоприятных условий движения и стоянки судов на подходах к порту и его акватории;
- выполнение перегрузочных и пассажирских операций;
- бункеровка судов (т.е. снабжение топливом, горюче-смазочными материалами, водой, продуктами питания и другими видами довольствия).

#### *ЗОНЫ ПОРТА*

- причальный фронт;
- Прикордонная зона (часть территории порта между причальной линией и ближайшей к ней линии складов);
- склады или складские перегрузочные фронты.

Большое значение имеют перегрузочные операции на причальном фронте: чем быстрее производится погрузка – выгрузка судов, тем меньше простои судов у причалов, следовательно, эффективнее работает порт. Операции на остальных фронтах имеют подчиненное значение и должны быть организованы так, чтобы работы на причальном фронте выполнялись без задержек.

Грузовые операции бывают береговые и рейдовые.

#### *Варианты грузовых операций*

*Прямой* – груз передается с одного вида транспорта на другой, минуя склад (борт-вагон, вагон-борт).

*Складской* – вагон-склад-борт или наоборот (на складе производится осмотр, комплектация и хранение груза).

*Смешанный* – часть груза проходит через склад, а остальная часть груза идет по прямому варианту.

При проектировании новых и реконструкции существующих портов должны учитываться:

- транспортно-экономические характеристики;
- сложные навигационные метеоусловия;
- сезонность производства и транспортирование ряда грузов (например, сельхозпродуктов);

-повышение или понижение спроса на отдельные виды продукции (обуславливают неравномерность грузооборота).

***По видам плавания различают:***

- *Заграничное плавание* – перевозки грузов между Российскими и иностранными портами (экспорт – импорт).

- *Большой каботаж* – перевозки между Российскими портами в разных бассейнах;

- *Малый каботаж* – перевозки между Российскими портами в одном бассейне.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ МОРСКИХ ПОРТОВ**

***Порты классифицируются по восьми основным признакам:***

***1. По району плавания обслуживаемы судов:***

- морские;
- речные;
- озерные;
- водохранилищные.

Наиболее сложные по устройству это морские порты, они часто оказываются расположенными в одном пункте с речными портами. Взаимодействие морских и речных портов в современных условиях приобретает особо важное значение в связи с широким распространением судов типа река-море, которые по своим мореходным качествам могут плавать и по реке и по морю, обеспечивая перемещение груза без лишней перевалки в портах.

В водохранилищах порты размещаются со стороны напорной части плотины на высоком уровне водохранилища. Во время шторма на водохранилищах могут возникать волны большой высоты, поэтому защитные оградительные сооружения строят также и на водохранилищах и на озерах. Такие порты являются одновременно портами-убежищами для укрытия судов, которые по своим мореходным качествам или техническому состоянию не могут находиться в открытом море в период шторма.

***2. По тоннажу и осадке обслуживаемых судов:***

- порты-распределители грузопотока;
- 1-го класса;
- 2-го класса;
- 3-го класса.

В портах-распределителях грузопотока принимаются крупнотоннажные суда с осадкой 20 м и более. Обычно такие суда предназначены для перевозки массовых грузов и обслуживают морские судоходные линии значительной протяженности, где применение этих судов экономично и позволяет достигать невысокой стоимости перевозки 1 тонны груза. К примеру портов-распределителей можно отнести нефтеналивные порты, принимающие суда грузоподъемностью 250 тыс. тонн и более. Обслуживание таких судов может осуществляться у рейдовых причалов (на плаву). Из этих портов грузы направляются в порты других классов на судах с меньшей грузоподъемностью. **Пример:** В заливе Бантри-Бей (Ирландия) находится такой порт, в который нефтегрузы поступают на супертанкерах из стран, занимающихся добычей нефти и ее переработкой, расположенных в Персидском заливе. Затем эти нефтепродукты транспортируются на судах меньшей грузоподъемности в порты Западной Европы.

*Порты 1-го класса* – способны принимать у береговых причалов танкеры грузоподъемностью 40-250 тыс. тонн, контейнеровозы до 40 тыс. тонн и другие суда с осадкой до 20 метров.

*Порты 2-го класса* – принимают танкеры грузоподъемностью до 40 тыс. тонн и другие специализированные суда с осадкой до 12 метров.

*Порты 3-го класса* – принимают суда с осадкой до 9 метров, которые обслуживают местные линии между портами 1-го и 2-го класса.

3. *По назначению:*

- общего назначения;
- специализированные;
- промышленные;
- промысловые рыбные;
- порты-убежища;
- военные.

*Порты общего назначения* – перегружают разнообразные грузы и осуществляют пассажирские операции. Вследствие универсальности эти порты должны иметь в своем составе весь комплекс инженерных сооружений и средств механизации для обработки грузов различных категорий.

*Специализированные порты* – осуществляют или перевалку грузов какой-то одной категории, или только пассажирские операции.

В зависимости от видов груза различают порты: лесные (Архангельск), угольные (Жданов), зерновые (Новоталлинский), рудные (Дудинка), пассажирские (Сочи, Сухуми).

*Промышленные порты* – обслуживают крупные промышленные предприятия и служат для ввоза используемого сырья и для вывоза

готовой продукции. В административном отношении эти порты могут быть подчинены промышленным предприятиям (Днепро-Бугский порт – глиноземный завод; Камыш-бурун – железнорудный комбинат и др.).

*Промысловые рыбные порты* – обслуживают суда рыбопромыслового, зверобойного, краболовного флота. Они осуществляют хранение, переработку морепродуктов и отправку их потребителям.

Порты – убежища – устраивают для укрытия судов от непогоды на оживленных судоходных линиях. Для таких портов могут использоваться естественные защищенные бухты или специально оборудованные порты с оградительными и судноподъемными сооружениями. Главное требование к портам-убежищам – надежная защита от волнения и хорошие грунты, способные держать якорь.

*Военные порты* – служат для обслуживания кораблей Военно-морского флота и их базирования.

Кроме перечисленных портов для нужд строительной промышленности и судоремонтных заводов, расположенных вне пределов портовой акватории, приходится строить отдельные порты с системой оградительных сооружений, пирсов, плавучих и сухих доков. Иногда такие порты могут быть отнесены к промышленным портам.

Для базирования яхт различных классов и других спортивных судов могут сооружаться отдельные порты, оборудованные средствами механизации для подъема судов на берег, ангарами и ремонтными мастерскими.

#### 4. По природно – климатическим критериям:

- *на открытом берегу*: для их строительства требуются возведение дорогостоящих оградительных и протяженных сооружений (для защиты от волнения моря, от обмеления при наличии береговых течений и т.д.) и значительные эксплуатационные расходы для поддержания судоходных глубин. К таким портам можно отнести и те, которые расположены в частично защищенных бухтах с дополнительной искусственной защитой (Одесский порт);

- *в образующихся за счет погружение в море участков суши гаванях и бухтах*: для их сооружений не требуются значительные заградительные сооружения, а поэтому сооружаемые порты создаются с минимальными затратами, в частности и потому, что имеют достаточные глубины акватории и часто защищены от моря естественными мысами и островами;

- *в фиордах*: из-за значительной длины, относительно небольшой ширины, трудности доступности их с суши, а также расположению в большинстве случаев в периферийных и малонаселенных районах суши относительно небольшое число фиордов используется для строительства крупных портов;

- *в гаванях коралловых рифов*; обычно имеют достаточные глубины для захода крупнотоннажных судов, как правило, требуются дноуглубительные работы на барьерных рифах к тому же коралловые острова имеют мелководные лагуны;

- *на естественных или искусственных островах*: к их недостаткам следует отнести необходимость транспортного соединения с материком или со значительно большим по размерам островом;

- *в устье рек*: к недостаткам таких портов является изменчивость судового хода в связи с естественным режимом реки мелководье речного устья, а следовательно, требуется значительный объем дноуглубительных работ с постоянной поддержкой глубины;

- *в искусственных гаванях*: для их возведения требуется значительный объем технически сложных работ, дополняемых необходимостью углубления дна.

- *лагунные порты* - размещаются в лагунах и лиманах, представляющих собой прибрежные озера, образованных в результате естественного намыва кос, отделивших эти озера от моря. Такие порты не нуждаются в искусственной защите от волнения, но требуют устройства подходных каналов. (Ильичевск).

5. *По навигационным условиям судоходства*:

- незамерзающие;
- замерзающие;
- приливные (подвержены действиям приливов);
- неприливные.

6. *По роли в международном и внутреннем грузообороте*:

- Мировые ;
- Международные;
- Внутригосударственные.

*Мировые* – эти порты связаны важнейшими линиями в международном морском грузообороте (Санкт- Петербург, Одесса, Владивосток, Находка).

*Международные* – осуществляют переработку грузопотоков между соседними странами.

*Внутригосударственные* – осуществляют перевозки между территориальными районами государства (каботажные перевозки).

7. *По объему и структуре грузооборота (пассажирооборота) и технической оснащенности:*

- внекатегорийные;
- 1-ой категории;
- 2-ой категории;
- 3-ей категории.

Приказом Минморфлота к некатегорийным отнесены порты: Одесса. Ильичевск. Новороссийск. Санкт-Петербург. Находка. Владивосток, Ванино.

Порты делятся на три категории в зависимости от объема грузовых и других работ (оценка в баллах). К числу показателей, определяющих баллы, относятся:

- годовой объем перегрузки по категориям груза, перегружаемого силами и средствами порта;
- годовая сумма доходов в целом по порту, из которой вычитается сумма дохода от перегрузочных работ;
- объем продукции портовых мастерских (в рублях);
- повышение роста производительности труда на перегрузочных работах.

8. *По характеру и полноте оказываемых услуг судам:*

Порты распределяются на три группы:

- *1-ая группа* – базовые порты, где суда получают все виды обслуживания и снабжения. Это порты, где обработку проходят не менее 800 судов, а грузооборот превышает 6 млн.тонн, для наливных судов грузооборот превышает 12 млн.тонн.
- *2-ая группа* - порты осуществляют ограниченные услуги судам. Грузооборот составляет 1,5 – 6 млн.тонн. Обрабатывают ежегодно 600-800 судов. Для наливных судов грузооборот – 6-12 млн.тонн.
- *3-я группа* - Все остальные порты

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕСТЕСТВЕННОГО РЕЖИМА ПОБЕРЕЖЬЯ

### ОСНОВНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ

Транспортные узлы, связывающие водный и сухопутный виды транспорта—порты размещаются на речных и морских побережьях, где соприкасаются все три среды — атмосфера, вода и суша. Соответственно этому основные природные факторы можно подразделить на три группы: метеорологические, гидрологические и геологические.

К метеорологическим и климатическим факторам относятся все явления, происходящие в атмосфере, причем наибольшее значение для портостроения имеют ветры, температуры воздуха и воды, осадки и туманы. Важнейшие гидрологические факторы — колебания уровней воды, волнение, течения и ледовый режим.

Помимо основных геологических и геоморфологических факторов—геологического строения района, изменчивости берегов и дна, движения наносов и свойств грунтов — большое, а иногда и решающее, значение оказывает и топография района.

Для решения ряда вопросов портостроения важно знать уровни грунтовых вод и их дебит, а также химический состав воды и жизнедеятельность водных живых организмов.

Совокупность всех природных факторов в данном районе объединяется понятием *естественный режим побережья*. Для того чтобы при наименьших капитальных вложениях на строительство порта получить наибольший экономический эффект, а также правильно скомпоновать план порта и принять наиболее рациональные конструкции, обеспечивающие бесперебойную работу всех элементов порта, необходимо тщательное изучение всех факторов естественного режима. Более того, в результате строительства порта нарушается естественный режим побережья, где до этого взаимное воздействие природных факторов привело к динамическому равновесию, и нужно заранее прогнозировать возможные последствия этого вмешательства. Практика портостроения насчитывает немало случаев, когда недостаточная изученность отдельных факторов и ошибки в их количественной оценке являлись причиной серьезных аварий сооружений и нарушений нормальной работы портов.

Без правильного учета природных условий, где намечается сооружение порта, невозможно создать и эффективно эксплуатировать современный порт. Поэтому уже при выборе места будущего порта проводят обширные исследования природных факторов:

- очертание и рельеф побережья;
- характеристика глубин;
- метеорологические и климатические условия;
- характеристики водной среды (гидрологические данные);
- условия залегания и прочности грунтов в месте возведения сооружений (геологические данные).

В зависимости от очертания и рельефа побережья имеют свои названия:

- *залив* – часть моря или океана, вдающаяся в материк;
- *бухта* – небольшой залив, вдающийся в материк, в результате чего создается более или менее защищенная от морского волнения водная поверхность;
- *лиман* – затопленная морем устьевая часть долины реки (открытые, закрытые);
- *лагуна* – разновидность закрытого лимана небольшой площади со сравнительно малыми глубинами, отделенного от моря пересыпью (песчаной косой) или сообщается с ним узким протоком.
- *губа* – глубоко вдающийся в материк морской залив, в вершину которого впадает более или менее мощная река.
- *фиорд* – разветвленный узкий залив, глубоко вдающийся в сушу.
- *мыс* – выдающаяся в море часть возвышенного берега.
- *коса* – выступающая в море низменная узкая намытая полоса суши из песка или гравия.
- *банка* – местное возвышение морского дна.
- *бар* – подводная отмель, образующаяся в море неподалеку от устья реки.

При оценки топографических условий с точки зрения выбора места для строительства порта надо руководствоваться следующими соображениями:

Бухта или залив представляют собой более или менее защищенную от волнения и заносимости акваторию. В связи с этим порт или вовсе не нуждается в оградительных сооружениях или может иметь короткие сооружения.

Мыс – наименее удобное место для строительства порта (открыт со всех сторон и мало места для портовых сооружений).

Участок, ограниченный более-менее ровной береговой линией, будучи открытый для волнения, имеет в тоже время некоторые преимущества, т.к. представляет большие удобства для строительства большого порта.

Лиманы (лагуны) весьма удобны для размещения в них морского порта, недостаток – малые глубины.

Устьевые участки крупных рек представляют значительные транспортные удобства, сам порт часто располагается в отдалении от места впадения реки в море.

Рельеф берега оказывает заметное влияние на расположение портовых сооружений:

Крутой берег представляет мало удобств для устройства порта, т.к. это сопряжено с большим объемом земляных работ, затруднения с прокладкой подъездных путей, таким образом, наиболее удобной является пологая береговая полоса.

Что касается подводного склона, то крутой имеет то основное преимущество, что большие глубины находятся вблизи уреза, в результате чего отпадает необходимость в строительстве канала и резко сокращается объем дноуглубительных работ, как во время строительства, так и в эксплуатации. В тоже время слишком близкое расположение больших глубин приводит к необходимости создания оградительных сооружений, отсюда значительно повышается их стоимость. Можно считать, что для современного морского порта оптимальной является естественная глубина 15-20 метров на расстоянии 1-2 километра от уреза.

## МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Из всех метеорологических факторов наибольшее значение для портостроения, эксплуатации портов и судоходства имеют: ветер, туманы, осадки, влажность и температура воздуха, температура воды.

**Ветер.** Ветровой режим характеризуется направлением, скоростью, продолжительностью и повторяемостью. Знание ветрового режима особенно важно при строительстве портов на морях и водохранилищах. От ветра зависят направление и интенсивность волнения, которые определяют компоновку внешних устройств порта, их конструкцию и направление водных подходов к порту.

Господствующее направление ветра должно также учитываться при взаимном расположении причалов с разными грузами, для чего строится ветровая диаграмма (Роза ветров)

Диаграмма строится в следующей последовательности:

- все ветры разбивают по скорости на несколько групп (ступенями 3 – 5 м/сек)

1-5; 6-9; 10-14; 15-19; 20 и более.

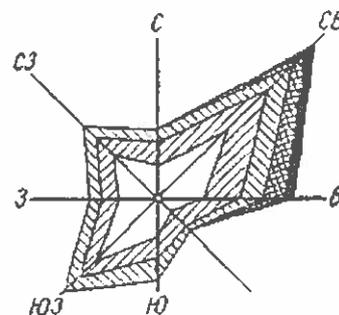
- для каждой группы определяют процент повторяемости от общего числа всех наблюдений для данного направления:

N, NE, E, SE, S, SW, W, NW.

- далее последовательно по каждому направлению наносят отрезки соответствующие 1-ой группе, затем 2-й, 3-й и т.д.

В морской практике скорость ветра принято выражать в баллах( см. МТ-2000).

Характер ветра	Баллы	Скорость ветра м/с
Штиль	0	0
Слабый ветер	1-2	1-3
Умеренный ветер	1-4	4 -7
Сильный ветер	5 — 6	8-12
Буря	7 — 8	13-20
Шторм	9—10	20-25
Жестокый шторм	11	25-29
Ураган	12	Более 29



**Температура воздуха и воды.** Температуру воздуха и воды измеряют на гидрометеостанциях в те же сроки, что и параметры ветра. Данные измерений оформляют в виде годовых графиков хода температуры. Основное значение этих данных для портостроения состоит в том, что они определяют сроки замерзания и вскрытия бассейна, от чего зависит длительность навигации.

**Туманы.** Туманы возникают в тех случаях, когда упругость водяного пара в атмосфере достигает упругости насыщенного пара. В этом случае водяной пар конденсируется на частицах пыли или поваренной соли (на морях и океанах) и эти скопления в воздухе мельчайших капель воды образуют туман. Несмотря на развитие радиолокации, движение судов в тумане все же ограничено.

При очень густом тумане, когда уже на расстоянии нескольких десятков метров не видны даже крупные предметы, иногда приходится прекращать и перегрузочные работы в портах. В речных условиях туманы довольно кратковременны и быстро рассеиваются, а в некоторых морских портах они бывают затяжными и держатся неделями. Исключительным в этом отношении является о. Ньюфаундленд, в районе которого летние туманы иногда держатся 20 дней и более. В некоторых отечественных морских портах на Балтийском и Черном морях, а также на Дальнем Востоке в году бывает 60—80 дней с туманами.

**Осадки.** Атмосферные осадки в виде дождя и снега следует учитывать при проектировании причалов, на которых перегружаются грузы, боящиеся влаги. В этом случае необходимо предусматривать специальные устройства, предохраняющие место перегрузки от осадков, или при оценке расчетного суточного грузооборота учитывать неизбежные перерывы в работе причалов. При этом имеет значение не столько общее количество осадков, как число дней с осадками. В этом отношении одним из “неудачных” портов является

Санкт-Петербургский, где при общем количестве осадков около 470 мм в год в отдельные годы бывает более 200 дней с осадками. Данные об осадках получают от Госметеослужбы РФ.

Также, значение размеров осадков необходимо для определения количества ливневых вод, подлежащих организованному отводу с территории причалов и складов через специальную ливневую канализацию.

## ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

**Колебания уровня воды.** Эта важнейшая гидрологическая характеристика определяет не только высотные отметки территории порта и глубины на подходах и у причалов, но и форму крепления берега и конструкцию причальных сооружений.

При действии ветра на поверхность воды на значительном протяжении, в результате трения между воздухом и водой, возникает сначала движение поверхностных частиц, которое затем, передаваясь на глубину, образует ветровое течение. Это течение способствует повышению уровня у наветренного берега — *нагону*, и понижению у подветренного — *сгону*. Амплитуды нагонов и стонов воды на водохранилищах могут в отдельных случаях достигать 1 м и больше.

Еще более значительное влияние ветровые нагоны и сгоны имеют у отмелых берегов морей, в длинных сужающихся заливах и устьях рек. Здесь амплитуды колебания уровня достигают иногда 2—3 м. Так в устье Волги подъем воды при нагоне достигает 2 м, а понижение при сгоне — 1 м. В устье Дона — соответственно 2,5 и 2 м. В устье р. Невы неблагоприятное сочетание ветрового нагона с влиянием циклонов приводит к наводнениям, при которых уровень реки повышается более чем на 4 м.

У берегов открытых морей происходят *приливно-отливные колебания уровня* под действием астрономических факторов. В отличие от нагонов и стонов воды, которые по существу случайны, приливы и отливы строго периодичны.

Приливы и отливы на Земле формируются главным образом под действием притяжения Луны и Солнца. Каждая частица водной оболочки Земли будет притягиваться Луной. Кроме того, на эту же частицу действуют центробежные силы от вращения Земли и Луны вокруг оси, проходящей через центр тяжести системы Земля—Луна. В результате сложения этих сил водная оболочка Земли должна деформироваться. В каждой точке земной поверхности в период лунных суток, равных 24 ч 50 мин, дважды наступает прилив (полная вода) и дважды отлив (малая вода).

Так как приливообразующая сила прямо пропорциональна массе и обратно пропорциональна кубу расстояния, то нетрудно

вычислить, что действие Солнца будет примерно в 2.4 раза слабее действия Луны. Когда Луна, Земля и Солнце находятся на одной прямой, приливообразующие силы Луны и Солнца складываются и высота прилива будет наибольшей (*сизигия*) – полнолуние и новолуние. При *квадратурах*, когда угол между направлениями с Земли на Луну и Солнце близок к прямому (первая и последняя четверти Луны), приливообразующие силы Луны и Солнца противодействуют и высота прилива будет наименьшей.

Изложенная выше “астрономическая” схема приливных явлений в значительной степени корректируется “земными” причинами. На общую картину этих явлений накладывается прежде всего влияние инерции водных масс, а различные глубины моря, рельеф дна и очертания берегов в еще большей степени искажают правильный периодический характер приливов и отливов. Время запаздывания момента наступления полной воды по сравнению с моментом прохождения Луны через меридиан называется лунным промежутком. Средний лунный промежуток называется *прикладным часом порта*.

Амплитуды приливо-отливных колебаний уровня воды в открытых морях и океанах невелики — 1.5—2.0 м. Однако около морских берегов, в местах значительного влияния дна и берегов, и в особенности в глубине сужающихся заливов, происходит значительное усиление приливо-отливных явлений. Так, например, в заливе Фунди в Северной Америке амплитуда приливов и отливов достигает 15 м, у Атлантического берега Франции она изменяется от 2 до 12 м, у английских берегов—от 7 до 11 м. В отечественных морях эта амплитуда характеризуется следующими величинами: у Мурманского побережья—4.5 м, у горла Белого моря—5.5 м, в Мезенском заливе—6—8 м, в Пенжинской губе Охотского моря - 11 м.

Во внутренних морях приливо-отливные явления выражены весьма слабо: в Балтийском, Черном и Каспийском морях приливная амплитуда измеряется всего несколькими сантиметрами.

**Соленость** морской воды – характеризуется ее физико-химическим составом. Измеряется в промилях ( количество соли в граммах , содержащийся в 1 кг воды). В морской воде содержится много солей, но основным компонентом является хлористый натрий – 80%, хлористый магний и сульфаты - по 10%. Соленость в различных бассейнах неодинакова и в значительной степени связана с притоком речных вод. Степень солености морской воды влияет на жизнедеятельность морских древоточцев, от чего зависит срок службы деревянных элементов портовых конструкций.

Солевой состав морской воды определяет степень ее агрессивности по отношению к бетонным и железобетонным подводным частям гидротехнических сооружений. Известны случаи,

когда под действием морской воды бетонные и железобетонные элементы конструкций резко снижали свою прочность в течение нескольких лет. При соответствующем подборе состава бетона и соблюдении технических условий строительства эти элементы не теряли в аналогичных условиях прочности в течение нескольких десятков лет.

**Волнение.** На поверхности любого водоема могут возникать и перемещаться волны. Причины возникновения волн различны” но главными можно считать землетрясения, силу притяжения Луны и Солнца и ветер. Землетрясения, эпицентр которых находится на дне океана, вызывают сейсмические волны, называемые *цунами*. Волны эти, почти незаметные для кораблей в открытом море, по мере приближения к берегу постепенно увеличиваются по высоте, и в результате на берег обрушиваются уже волны, высота которых может достигать десятков метров.

Последствия воздействия таких волн катастрофичны. В 1896 г. действию цунами подверглась северо-восточная часть Японии. В вершинах заливов волны достигали высоты более 30 м, а на других участках побережья, общей протяженностью около 320 км, высота волны была от 4 до 25 м. Печальные события 26 декабря 2004, когда подводное землетрясение в Индийском океане также вызвало цунами, задевшее многие страны Юго-Восточной Азии, 11 марта 2011 года в у берегов Японии произошло землетрясение магнитудой не менее 8,9. Эпицентр был расположен в 130 километрах от побережья префектуры Мияги. Вскоре на берега Японии обрушилось мощное цунами, высота волн которого в некоторых местах составила десять метров. Обширное затопление привело к отключению света в миллионах домов, остановке ряда АЭС и другим происшествиям. По предварительной оценке, число жертв и пострадавших составило около 23 тысяч человек. Волны цунами меньшей разрушительной силы возникают в различных точках земного шара ежегодно. Ввиду того, что от момента землетрясения до подхода цунами к берегу проходят часы, за последние годы в ряде стран, подверженных цунами, удалось наладить службу предупреждения. Поэтому, хотя эти волны по-прежнему производят опустошительные действия на берегах, но число человеческих жертв сводится к минимуму. Ввиду случайной природы цунами ясно, что учет этих волн в инженерных расчетах сооружений затруднителен и связан с большими затратами при строительстве.

Волны приливные в большинстве случаев проявляются лишь в виде медленного подъема и спада уровней.

Наибольший интерес для портостроения представляют волны, возникающие под действием ветра. Ветровые волны,

сформированные ветром и продолжающие находиться под его воздействием, называются *вынужденными*.

Волны, вышедшие из района действия ветра или распространяющиеся после его прекращения называются *свободными* или *волнами зыби*.

*Элементы волны:*

- гребень (вершина);
- впадина (подошва);
- длина волны;
- высота волны;
- период волны;
- скорость распространения волны;

Размеры и характер ветровых волн зависят как от скорости ветра и его продолжительности, так и от протяженности водной поверхности, на которой ветер действует на воду. Поэтому на реках, если исключить устьевые участки крупнейших рек (Оби, Енисея, Лены и др.), волны не вызывают каких-либо затруднений для перегрузочных работ у причалов, а силовое воздействие волн на сооружения так мало, что его не учитывают. На крупных водохранилищах высота волн достигает 4 м, а у открытых берегов морей и океанов — 10 м и более. При отсутствии естественной защиты на водохранилищах и морях акватории портов приходится ограждать специальными сооружениями — молами и волноломами, которые подвергаются мощному силовому воздействию волн. Для правильной компоновки оградительных сооружений и выбора их конструкции необходимо знать как основные параметры волн, так и повторяемость волн по различным направлениям.

Наиболее правильную форму колебательного движения имеют волны зыби. При глубине моря, превышающей половину длины волны, в месте, где происходит волнение, каждая точка в толще воды описывает орбиту, которую можно принять за круговую с радиусом, убывающим по глубине. Таким образом частицы волны не находятся в состоянии поступательного движения. При распространении волн в сторону берега под влиянием уменьшающихся глубин происходит непрерывное изменение характеристик волнения - высоты волны, длины, скорости распространения. При приближении к берегу с уменьшением глубин волна зыби превращается в волну перемещения — *прибойную волну*. Прибойная волна имеет пенистый гребень или отдельные заплески гребней волн.

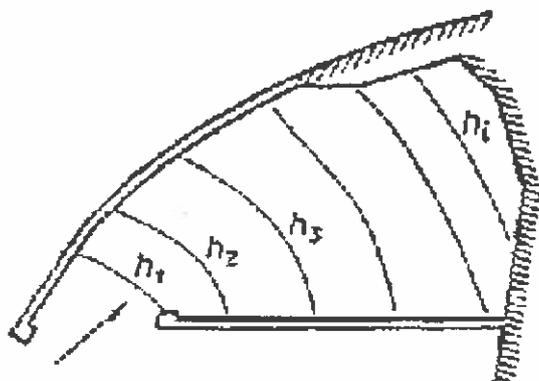
В некоторых портах (п. Корсаков — о. Сахалин) наблюдается периодический подъем и спад воды («тягун»). Происходит это в результате образования длинных волн (500-800 м) небольшой высоты порядка 15 см, которые возникают из-за резкого изменения давления воздуха. Вкатываясь в портовую акваторию, эти волны вызывают

колебание пришвартованного судна, что затрудняет производство грузовых работ.

Расчеты по определению исходных параметров волн дают их средние значения: высоты  $H$ , длины  $L$  и периода  $T$ .

Для проектирования различных портовых объектов нужно знать высоты волн определенной обеспеченности. Под обеспеченностью любого параметра волны в системе волн понимается выраженное в процентах количество волн, у которых числовое значение параметра больше или равно, чем у остальных волн в ряду из 100 волн, проходящих непосредственно одна за другой через рассматриваемую точку акватории.

Большое значение для портостроения имеет *дифракция волн* — искривление лучей и изменение высоты бегущих волн, огибающих препятствия, или проходящих через узкость. При проникании волн на акваторию порта волны распластываются, а так как их гребни постепенно удлиняются, то высота волн довольно быстро уменьшается. На этом принципе основана защита акваторий портов от волнения при помощи оградительных сооружений.

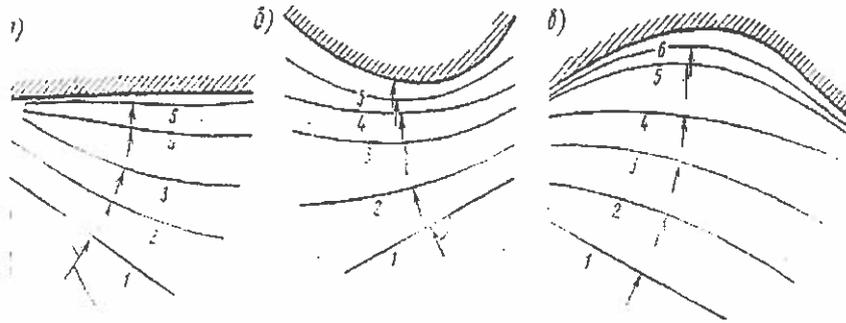


Дифракция волн в акватории порта

Вблизи побережья не только изменяются высота, длина, скорость и период волны, но и происходит поворот ее фронта. Это явление называется *рефракцией*. *Фронтом* волны называется линия, проведенная вдоль гребня данной волны.

Физическая суть явлений рефракции такова. С уменьшением глубины скорость распространения волн уменьшается. Вследствие этого вблизи берега в зависимости от глубины различные точки волнового фронта будут иметь разные скорости, что вызовет поворот и искривление волнового фронта.

Рефракция оказывает большое влияние на формирование береговой полосы и должна учитываться при проектировании внешних оградительных сооружений, особенно на корневых участках, примыкающих к берегу.



#### Рефракция волн у берегов различного очертания

*a* — прямолинейный берег *б* — выпуклый *в* — вогнутый

**Течения.** При строительстве русловых портов на свободных реках следует по возможности не нарушать естественного режима реки устройством выступающих в русло сооружений. Образующиеся в зоне выступающих частей сооружений местные вращательные течения могут быть опасны как для судов, так и для самих сооружений — возможен размыв основания. Кроме того, такое вмешательство в жизнь руслового потока может привести к нежелательным явлениям на прилегающих участках русла реки. При эксплуатационных расчетах учитывают влияние скорости течения на движение судов.

У морских побережий течения вызываются различными причинами: ветром, волнами, приливо-отливными явлениями, разницей в температуре, плотности и солености воды и, наконец, разностью широт различных точек моря. Большое влияние на характер морских течений оказывает рельеф дна и конфигурация берега. Наибольшее практическое значение для портостроения имеют ветро - волновые и приливные течения, а также компенсационные течения, возникающие близ берегов у естественных или искусственных препятствий.

При фронтальном действии ветра образуется нагон, дополняемый перемещением воды вследствие волнения. Скапливающиеся у берега массы воды в отдельных местах узкими потоками периодически прорывают поток, образуя течения с большими скоростями. Если ветер действует под углом к линии берега, то образуются течения вдоль берега, затухающие по мере прекращения шторма.

Скорость таких течений достигает иногда 1 м/с и больше. Не представляя опасности для судоходства и сооружений, эти течения нередко являются причиной заносимости подходов каналов и акваторий портов.

*Заносимость* порта определяется количеством осаждающихся в акватории, на каналах и в прибрежной зоне порта твердых частиц грунта в результате действия волнения и речных стоков.

Обмеление происходит в сторону преобладающего направления волнения в данном месте. Количество наносов зависит от направления и размеров волн: чем острее угол, под которым наносы подходят к урезу, и чем больше сами волны, тем больше наносов перемещается вдоль берега. На прямолинейном отрезке, когда количество поступающих и уходящих наносов совпадает, происходит вдольбереговое движение наносов. На выпуклом берегу при фронтальном подходе волн наносы перемещаются в обе стороны от выступающей части берега и он будет размываться. На вогнутом берегу при фронтальном подходе волн наносы перемещаются навстречу один к другому и происходит наращивание берега.



**Схема движения наносов**

а – прямолинейный отрезок берега; б – выпуклый отрезок берега; в – вогнутый отрезок берега

Приливно-отливные течения, почти незаметные в море, могут достигать значительных скоростей в проливах и устьях рек. Такие явления происходят, например, в горле Белого моря и в устье реки Мезени, где максимальные скорости достигают нескольких метров в секунду.

**Ледовый режим.** Является важным фактором для порта. Характеризуется толщиной льда, его прочностью, сроками образования и вскрытия. Большое значение имеют подвижки ледяных полей, характер ледохода. Плавающий в море лед может быть морского, речного и материкового происхождения.

Основная масса льда в море – морской лед. Температура его замерзания зависит от солености воды (от  $-0.5^{\circ}\text{C}$  до  $-4^{\circ}\text{C}$ ).

Речной лед встречается в море вблизи устьев рек.

Лед, образованный, спускающимся с берега ледниками называется *материковым* и плавает в море в виде ледяных гор «Айсберги».

*Паковый* – многолетний толстый и плотный лед.

*Торосы* - нагромождение льдин при сильном сжатии ледового поля.

*Припай* - неподвижный лед у берегов.

*Плавающий лед* - при ударах о льды припая при температурном расширении могут передавать большие усилия на гидротехнические сооружения, что необходимо учитывать при проектировании портов.

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

При строительстве портов весьма важно знать геологическую структуру берегов и условия залегания пластов. Особенно опасны высокие речные (и морские) берега, на которых, ввиду неблагоприятного напластования грунтов, проявляются оползневые явления. Причина этого — наличие наклоненных в сторону реки подстилающих верхние грунты водоупорных слоев, по которым и скользят расположенные выше массы грунта. Остановить движение оползневых масс грунта при значительном их объеме и большой высоте берега иногда весьма трудно и требуются дорогостоящие работы по глубокому дренированию берега, уположиванию откосов и перераспределению земляных масс. Поэтому, как правило, при выборе места для постройки портовых сооружений избегают таких мест и стремятся найти более устойчивые участки берега.

Огромное значение для портостроения имеет *переформирование берегов* под действием климатических и гидрологических факторов, из которых влияние последних проявляется в значительной степени.

На реках основной причиной, вызывающей переформирование берегов, является течение. Большинству равнинных рек свойственна извилистая меандрическая форма русла. Если река, развивая извилистость, подойдет к участкам долины, сложенным слабо размываемыми породами, то излучины перестают увеличиваться и начинают сползать вниз по течению, сохраняя свою форму. Если же поток не стеснен склонами долины, то излучины превращаются в петли с хорошо выраженными перешейками. В случаях, когда при высоких уровнях вода свободно переливается через перешеек

излучины, даже при большой его ширине может произойти прорыв перешейка с резким изменением русла.

Характер изменения русла реки легко устанавливается сопоставлением топографических планов за различные годы. Если имеется тенденция к изменению русла, то необходимо предусматривать мероприятия, закрепляющие его в районе порта.

На водохранилищах и морях основной причиной изменения берегов в плане является волнение, которое стремится сгладить резкие неровности берега и образовать плавную прямую береговую линию. Когда волны накатываются на берег, они выносят на него, на некоторую высоту от уреза воды, частицы грунта. Обратное скатывание твердых частиц вместе со струями воды происходит по линии наибольшего ската, нормально к линии уреза. Нетрудно заметить, что при этом на выпуклом берегу будет происходить рассеивание частиц и, следовательно, можно ожидать его размыва; на вогнутом берегу, наоборот, будет возникать намыв, а при прямолинейном очертании берега и подходе фронта волн под некоторым углом к берегу—транзит наносов.

Действительный характер воздействия волн отличается от этой примитивной схемы ввиду описанного выше явления рефракции волн, но следует заметить, что рефракция, концентрируя энергию волн на выступающих частях берега, лишь способствует процессу выравнивания берегов. На морских побережьях этот процесс за многие тысячелетия в основном уже завершился. Лишь на отдельных участках происходит сравнительно небольшой размыв берега с интенсивностью около 1—2 м в год.

Иначе протекает процесс на вновь образуемых водохранилищах. Здесь в некоторых случаях возможен размыв выступающих частей суши с интенсивностью до 100—150 м в год. При любом строительстве на таких берегах необходимо тщательное изучение процесса переформирования берега путем организации наблюдений и его прогнозирование на основе соответствующих расчетов.

Пологий песчаный характеризуется профилем динамического равновесия, который зависит от крупности фракций грунта, слагающих берег, и интенсивности волнения и течений. Если первоначальный уклон дна больше того, который свойствен профилю динамического равновесия (при данных конкретных условиях), то происходит интенсивный размыв берега. В случае, когда первоначальный уклон меньше этого “критического” значения — берег намывается. Такого рода переформирования берега весьма часто происходят на водохранилищах, тогда как на морских побережьях этот процесс, как правило, уже закончен. На отдельных участках Балтийского побережья, а также на побережье Бельгии и Франции, дюны тянутся на десятки километров, охватывая прибрежные полосы

большой ширины (до нескольких километров). Высота песчаных валов, обычно не превышающая нескольких метров, доходит до 100 м, и в этом случае их закрепление является уже сложной инженерной проблемой.

Крутой профиль характерен для берега из плотных, метаморфических или осадочных пород. Под совместным действием волнений, течений, ветров и замерзания воды, проникающей в расщелины, первоначальное положение коренного берега. Всякое строительство на пляже, находящемся в динамическом равновесии, возможно только при защите берега от действия волн. Если же такого ограждения не делается, то сооружения должны размещаться обязательно за пределами изменяющейся части пляжа.

Движение наносов является одним из важных факторов, влияющих как на строительство, так и на эксплуатацию портов. Движение наносов непосредственно связано с явлением переформирования берегов и течениями. Речной поток всегда несет какое-то количество взвешенных и влекомых донных наносов. Всякое вмешательство в жизнь реки при строительстве портов приводит к изменению режима движения воды и наносов, с образованием в одних местах зон с более высокими скоростями движения, а в других — зон с пониженными скоростями. Соответственно в первом случае возможен размыв русла, а во втором неизбежно отложение наносов. По длине реки в верхней ее части в общем преобладает явление размыва и насыщения потока наносами, в нижней, с падением уклонов и скоростей течения, более характерно выпадение наносов. Процесс выпадения наносов наиболее интенсивен в устьях рек. При впадении реки в залив резко уменьшаются скорости течения, что сопровождается осаждением взвешенных и донных частиц. В результате такого осаждения наносов перед устьем реки образуется обширное мелководье, называемое *устьевым баром*. С течением времени мели поднимаются, образуя острова; речные воды, стремясь к морю, промывают в них протоки, создавая многочисленные разветвления. Образуется обширное пространство треугольной формы в плане, состоящее из многочисленных островов, рукавов, боковых протоков, отделившихся озер. Такие устья называются *дельтами* и занимают обширные площади в несколько тысяч квадратных километров. Так, дельта Волги имеет по основанию 120 км, по длине 200 км и площадь более 12000 км<sup>2</sup>; дельта Северной Двины имеет в основании 50 км и длину 50 км; Санкт-Петербург располагается на многочисленных островах дельты р. Невы. Нижняя граница дельты непостоянна: при половодье дельта продвигается в море, затем волнение размывает отложения наносов, а течения переносят их вдоль побережья.

Все портовые сооружения, молы и волноломы, набережные и пирсы, склады и служебные здания, железнодорожные и подкрановые пути располагаются на грунтах, которые должны обеспечить устойчивость сооружений для нормальной их эксплуатации. Кроме того при строительстве и эксплуатации порта приходится учитывать состояние грунтов дна портовых акваторий (при проведении дноуглубительных работ и выборе якорной стоянки судов). Грунты, используемые в качестве оснований для сооружений, разбиваются на группы:

*Глинистые* - связные грунты, которые в свою очередь подразделяются на супеси (преобладание в глинистых грунтах песчаных частиц), суглинки (преобладают частицы глины) и глины. Отличительной особенностью глинистых грунтов является степень их пластичности. С увеличением содержания песчаных частиц пластичность уменьшается.

Прочность глинистых грунтов (несущая способность) зависит от их плотности, на которую в свою очередь влияет влажность. Некоторые глинистые грунты имеют свойства давать осадку при возведении на них сооружений в течение длительного времени, измеряемого часто годами. При низких температурах глинистые грунты пучатся, что может вызвать деформацию сооружений. Глинистые грунты в первоначальной стадии своего формирования, насыщенные водой и содержащие органические примеси, называются илами.

Грунты из ила наименее пригодны для возведения оснований, так как в естественном состоянии обладают весьма низкой прочностью.

*Песчаные грунты* - образованы путем механического разрушения горных пород. Причем крупность песка зависит от длительности механического разрушения и измельчения породы. Песчаные грунты являются сыпучими в сухом состоянии. Пески с частицами зерен более 2 мм называются гравием. Песчаные грунты являются хорошим основанием для строительства, прочность их зависит от плотности.

*Крупнообломочные грунты* - образованы из частиц горных пород, которые содержат более 50% частиц крупнее 2 мм. К таким грунтам относятся *щебень, галька*.

*Скальные грунты* - содержат породы, залегающие в виде сплошного или трещиноватого слоя. Крупнообломочные и скальные грунты обладают достаточной прочностью и являются неплохим материалом для строительства.

Изучение строительных свойств грунтов имеет исключительно большое значение, поэтому в местах предполагаемого строительства бурятся скважины, из которых с разных глубин извлекают образцы

грунта. Затем в лабораторных условиях эти образцы испытываются на прочность и деформацию. По результатам бурения составляются карты залегания грунтов, а характеристики прочности используются при расчетах и проектировании сооружений. В настоящее время созданы приборы и оборудование, с помощью которых в полевых условиях в полевых условиях могут быть произведены испытания грунтов.

Существенную роль при строительстве и эксплуатации играют грунтовые воды. При составлении проекта того или иного сооружения должен быть изучен режим грунтовых вод, который характеризуется колебанием их уровня в различные времена года, а также химическим составом, определяющим степень агрессивности для материала сооружения. Должна быть изучена также скорость движения грунтовых вод, которые способствуют размыву грунтов основания сооружений и их неравномерной осадки. Следует иметь в виду, что в грунтах, образующих портовую территорию, вода залегает на сравнительно малой глубине, учитывая близость морской (или речной – в устьевых портах) воды.

Грунтовые воды – одна из главных причин образования оползней, которые часто имеют место на крутых берегах морей.

Для якорной стоянки благоприятны такие грунты, как: глина, плотный ил и глинистый песок или илистый песок. Мягкая глина, чистый песок или гравий, особенно скалистые грунты, не обеспечивают надежной стоянки судов на якоре.

## УСТРОЙСТВО ПОРТОВ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Природные условия оказывают решающее влияние на расположение основных сооружений порта. С учетом природных условий можно выделить следующие особенности порта:

*Порты на приглубых побережьях* - обычно имеют пирсовую систему с использованием молов в качестве причалов. Такая форма вызвана тем, что приглубые берега характерны крутым уклоном прибрежной зоны в сторону моря, и территорию порта целесообразно создавать искусственным намывом в море. В приглубых побережьях значительная часть расходов по созданию порта приходится на внешние оградительные сооружения. Поэтому необходимая длина причальных сооружений при минимальной протяженности оградительных сооружений может быть достигнута при пирсовой системе.

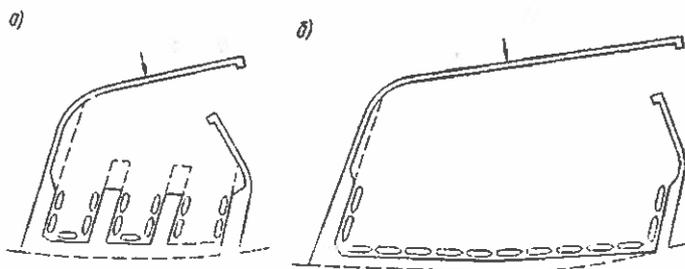
Преимуществами портов на приглубых берегах является то, что естественные большие глубины и малая заносимость не требуют больших затрат на создание подходных каналов. В портах, расположенных на приглубых побережьях с естественной защищенностью, причальный фронт может устраиваться без пирсов, а в линию – фронтально (Находка, Ванино).

*Порты на отмельных побережьях* - создаются образованием причального фронта путем углубления в берег и путем искусственной засыпки. Этим достигается уменьшение длины дорогостоящих молов.

Существенной проблемой портов на отмельных берегах является борьба с заносимостью, особенно подходных каналов. Для уменьшения заносимости канал ориентируют по возможности параллельно направлению преобладающего течения. На отмельных берегах наблюдается обычно интенсивное движение наносов, которые при подходе к порту, теряя скорость, откладываются, образуя отмель. Огромные массы песка, накапливаясь, перемещаются в сторону канала и акватории. В этом случае на пути движения наносов устанавливаются защитные стенки, называемые *наносоулавливающими бунами*.

*Устьевые порты* - имеют естественную защиту от волнения и для их устройства, как правило, не требуется возведение оградительных сооружений. Такие порты располагаются в устьях рек и обслуживают внутренние водные пути. Причальный фронт этих портов располагается или вдоль берега. Или в специально отрытых в береге бассейнах. Недостатком устьевых портов является мелководье и изменчивость речных фарватеров. Для устьевых портов требуются

зачастую значительные затраты на дноуглубление. Целесообразно создавать выдвинутые к морю аванпорты, обеспечивающие прием крупнотоннажных судов.

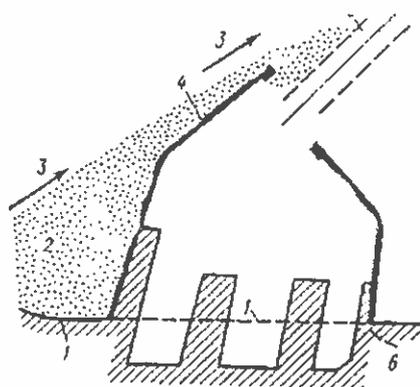


### Порты на приглубых побережьях

а – пирсовая система; б – причальный фронт без пирсов

### Порт на отмелом берегу

- 1 – береговая линия;
- 2 – отложение наносов;
- 3 - направление движения наносов;
- 4 - шпора-буна;
- 5 - канал подходной;
- 6 - размыв берега.



## ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПОРТОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

При строительстве портовых сооружений применяются материалы, которые используются для объектов гражданского и промышленного строительства.

Однако к материалам, используемым в морском гидротехническом строительстве, предъявляются дополнительные требования. Портовые сооружения должны обладать стойкостью против разрушающих физико-химических и химических воздействий воды, биологических воздействий и разрушающего воздействия волнения, льда и наносов.

Материалы, производство которых организовано в пределах административного района, где осуществляется строительство, называются *местными* (камень, щебень, песок, гравий и др.) и распределяются местными планирующими органами. Металлы, цемент, железобетон, битум, резина, пластмассовые изделия поступают на строительство через отраслевые управления материально-технического снабжения. Каждый вид материала должен удовлетворять по качеству определенным требованиям, установленным стандартам.

При поступлении на строительство к материалу должен быть приложен сертификат, паспорт, в которых указывают основные физико-химические или другие данные, удостоверяющие соответствие материала требованиям, предусмотренным проектом.

**Дерево.** В настоящее время дерево применяется в качестве основного материала для конструкций только в районах, где этот материал является местным. В северных портах в качестве свай, ряжей деревянных эстакад используется дерево хвойных пород, где оно является дешевым и сравнительно долговечным материалом.

В морской воде дерево подвергается биологической агрессии со стороны древоточцев, которые в некоторых условиях могут разрушить древесину за несколько месяцев.

Однако некоторые породы деревьев субтропической и тропической зон – пальмовые, мангровые и эвкалиптовые – хорошо противостоят действию древоточцев и с успехом применяются в зарубежных портах.

Эффективное средство защиты древесины от древоточцев – антисептические пропитки дерева различными токсическими веществами. Антисептики разделяют на водные (растворимые в воде) – медный купорос, хлористый цинк и др. и масляные – креозотовое масло, нефтяные остатки, горфяная смола и т.д. Основные требования к антисептикам это достаточная токсичность и несмываемость в течение длительного времени. Для защиты древесины от возгорания применяют специальную пропитку (антипирены).

**Камень.** Скальные грунты, добываемые взрывами в каменных карьерах. Основные требования: прочность, морозостойкость, большая плотность. Масса отдельных камней должна быть не менее установленной нормами. Камень применяется для устройства основания причалов (постели) с тыловой стороны причальных стен, для укрепления откосов, для мощения и т.д. Путем дробления камня получают щебень, используемого в качестве крупного заполнителя для бетонных и железобетонных изделий. Размер зерен щебня и гравия, включаемых в состав гидротехнического бетона, принимают не более 80 мм.

**Бетон.** Искусственный строительный материал, получаемый в результате затвердения смеси цемента, воды и заполнителя (песок, щебень или гравий). В строительстве применяются бетоны различной структуры. Различают тяжелые и легкие.

Преимущественно применяют тяжелые бетоны, где количество цементного клея достаточно для покрытия поверхности зерен заполнителя и заполнения пустот между ними. Применяются для несущих конструкций. Эти бетоны отличаются высокой прочностью.

Для ограждающих и несущих конструкций, а также для конструкций выполняющих эти функции одновременно, применяют бетоны с пористыми заполнителями (легкие бетоны).

Тяжелые и легкие бетоны используют в сборных, сборно-монолитных и монолитных строительных конструкциях. Легкие бетоны можно применять всюду, где используют тяжелые бетоны, кроме особых случаев, например в сильно агрессивной среде. Бетоны подразделяются на мелкозернистые с наибольшей крупностью заполнителей 10 мм, и крупнозернистые с наибольшей крупностью заполнителей от 10 до 150 мм.

Установлены следующие марки бетона по прочности на сжатие:

- для тяжелых бетонов с плотными заполнителями: 100, 150, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000;

- для легких бетонов с пористыми заполнителями установлены марки: 5, 10, 15, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400.

Устанавливаются также марки бетона:

- по прочности на осевое растяжение, на растяжение при изгибе;

- по морозостойкости в циклах попеременного замораживания и оттаивания;

- по водонепроницаемости.

В зависимости от условий работы бетона, агрессивной среды и других факторов применяют определенные виды цемента: портландцемент, пуццолановый, глиноземный и др.

**Цементы** – обобщенное название большой группы минеральных порошкообразных вяжущих материалов, которые (за исключением некоторых специальных видов) обладают способностью при смешивании с водой давать соединения, твердеющие как на воздухе так и в воде, сохранять прочность или даже увеличивать ее при длительном пребывании в водной среде.

Качество бетона для одинаковых материалов, условий приготовления и укладки зависит от отношения массы воды к массе цемента (В/Ц). С увеличением этого соотношения качество бетона (прочность, плотность, морозостойкость) ухудшается. Поэтому в зависимости от гидрометеорологических условий и расположения бетона в сооружении отношение В/Ц ограничивается в пределах 0,4 –

0,6 .Состав бетона подбирают в специализированных лабораториях, проверяя его соответствие проектным требованиям.

Существенное преимущество бетона заключается в возможности комплексной механизации его изготовления, транспортирования и укладки. Кроме воздушно-сухой укладки бетона, иногда целесообразно подводное бетонирование. Подводное бетонирование применяется при устройстве и ремонте подводных частей гидротехнических сооружений, при заполнении внутренних полостей оболочек и др.

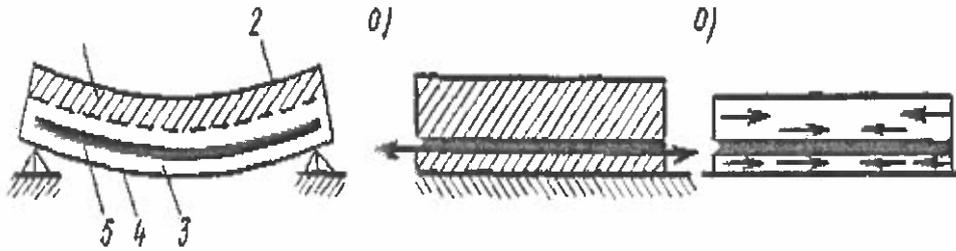
Вместе с тем бетонным изделиям присущи и недостатки: они хорошо работают только на сжатие. При растяжении, изгибах, кручении, вибрации сопротивляемость бетона резко уменьшается. Эти недостатки устраняются в случае применения железобетонных изделий.

**Железобетон** – строительный материал, получаемый путем армирования бетона. Для обеспечения совместной работы стали и бетона необходимо добиться их прочного сцепления. Повышение сцепления достигают применением арматуры периодического профиля, которая имеет выступы и выемки по всей длине. Наиболее распространена арматура с диаметром стали 6 –22 мм. В процессе эксплуатации железобетонных изделий в гидротехническом строительстве образуются чрезмерные растягивающие напряжения, которые приводят к появлению трещин в бетоне. Агрессивная морская вода проникая через трещины в изделие. Способствует коррозии и разрушению арматуры и бетона. Устранить этот недостаток можно путем применения *предварительно напряженного бетона*.

Основным достоинством предварительно напряженного железобетона при использовании в морском гидротехническом строительстве является высокая трещиностойкость. Применение железобетона позволяет:

- повысить долговечность конструкций;
- уменьшить поперечное сечение элементов, что особенно важно для сборных конструкций, где масса элементов имеет большое значение;
- обеспечить наиболее эффективное использование высокопрочной арматуры;
- разработать более удобные конструктивные формы сооружений, позволяющие упростить способы производства работ.

Однако железобетон также разрушается в результате коррозионного действия воды и от находящихся в воде организмов и растений.



### Изгиб железобетонной балки

а – обычной; б – предварительно напряженной: 1-бетон; 2-сжатая зона; 3- защитный слой; 4-растянутая зона; 5-арматура

Основные мероприятия по повышению прочности морских гидротехнических сооружений из бетона и железобетона:

- вывод стыков элементов из зоны переменного уровня;
- обеспечение достаточной водостойкости и морозостойкости гидротехнического бетона, достигаемое правильным назначением марок бетона, выбором материалов для его приготовления, подбором состава высокоплотного и морозостойкого бетона;
- применение производства бетонных и железобетонных работ, обеспечивающей получение высокой плотности и однородности бетона в конструкциях;
- осуществление систематического контроля над качеством бетона и изготовлением бетонных и железобетонных конструкций;
- правильная эксплуатация морских гидротехнических сооружений;
- своевременное и качественное проведение ремонта.

Повышение стойкости в морской воде достигается путем:

- добавления в цемент бентонита;
- применения водопоглощающей опалубки;
- пропитки наружной поверхности бетона битумом, различными смолами и полимерными материалами.

Пропитку следует применять для бетонных и железобетонных элементов и конструкций сооружений, работающих в тяжелых условиях агрессивной химической среды:

- для причалов, перерабатывающих химические грузы;
- для причалов в районе стока промышленных и углекислых вод
- и т.д.

В настоящее время получают широкое применение полимербетоны, бесцементные и безводные бетоны на синтетических полимерных связующих материалах. Большой интерес для гидротехнического строительства представляет эпоксидный полимербетон, обладающий высокими показателями прочности на растяжении, водонепроницаемостью и химической стойкостью. Эпоксидный полимербетон надежно соединяется с обычным бетоном.

**Стальные и синтетические материалы.** Сталь используют для портостроения в качестве арматурных стержней и проволоки для

изготовления железобетонных изделий, скрепляющих деталей (анкерные тяги, болты, скобы), стальных свай, рельсов крановых и железнодорожных, двутавровых балок, швеллеров, уголков и т.д.

Стальные сваи изготавливают в виде труб диаметром от 300 до 1500 мм с закрытыми и открытыми концами и прокатного профиля в виде обычных и широкополочных двутавров. Стальные сваи применяются в тяжелых грунтовых условиях при наличии камней и скальных прослоек.

Листовая сталь применяется для изготовления опалубки для бетонных и железобетонных изделий. Недостатки: большая масса, усложнение монтажа, подверженность коррозии.

Алюминий и его сплавы: высокая коррозионная стойкость, малый вес.

## ПЛАН И ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ПОРТА

### *Основные элементы порта*

Каждый из портов имеет общие для всех портов основные элементы:

- водные подходы к порту;
- акватория;
- территория;
- сухопутные подходы.

*Водные подходы* к порту могут быть естественными, оборудованные знаками судоходной обстановки, или искусственными – в виде каналов с требуемой глубиной.

*Акватория порта* - это защищенная от волнения водная площадь, которая состоит из внешних рейдов и внутренней акватории. Внешние рейды располагаются за пределами оградительных сооружений и служат для отстоя судов или выполнения рейдовых перегрузочных операций. Внешние рейды часто оборудуются специальными устройствами - причальными бочками, которые устанавливаются на мертвых якорях, или швартовными палами, представляющие собой отдельные свайные сооружения для крепления судов.

Суда, стоящие на внешнем рейде, не должны затруднять движения и маневрирование входящих в порт и выходящих из него судов. Подходы к внешним рейдам и их акватория должны быть безопасны и удобны для судоходства в течение всего навигационного периода. Лучшими для внешних рейдов являются места с ровным дном или с дном, полого поднимающегося к берегу. Необходимо,

чтобы грунты в пределах рейда хорошо держали якорь. К таким грунтам относятся глина, суглинок, иловые пески. Не обеспечивают надежной якорной стоянки судов такие грунты как ракушка, щебень, галька, камень.

Элементами внутренней акватории, обычно защищенной системой оградительных сооружений – молв и волноломов, являются внутренние рейды, оперативная акватория, внутренние судовые ходы. Внутренние рейды обычно служат для отстоя судов во время шторма или ожидания свободного причала. Внутренние рейды размещаются вне судовых ходов и маневровых акваторий.

Оперативная акватория включает часть внутренней акватории, непосредственно примыкающей к причальным сооружениям.

К причальным сооружениям относятся набережные и пирсы. Набережные сооружаются вдоль портовой территории. Под углом к территории располагаются пирсы, обе стороны которых, как правило, используются для приема судов. Акватория естественных гаваней, портовых бассейнов, образованных системой пирсов, а также искусственных ковшей, созданных путем выработки берега, входит в состав внутренней акватории. В районах с большими приливо-отливными колебаниями уровня воды бассейны или ковши устраиваются закрытыми, оборудованными шлюзами с поддержанием постоянного уровня воды в бассейне на период отлива.

*Территория порта* - это участок берега, на котором располагается береговое хозяйство: сооружения, здания, дороги, инженерные коммуникации, т.е. все то, что обеспечивает эффективное осуществление перегрузочных работ, снабжение судов и создает нормальные условия для высокопроизводительной и безопасной работы сотрудников порта.

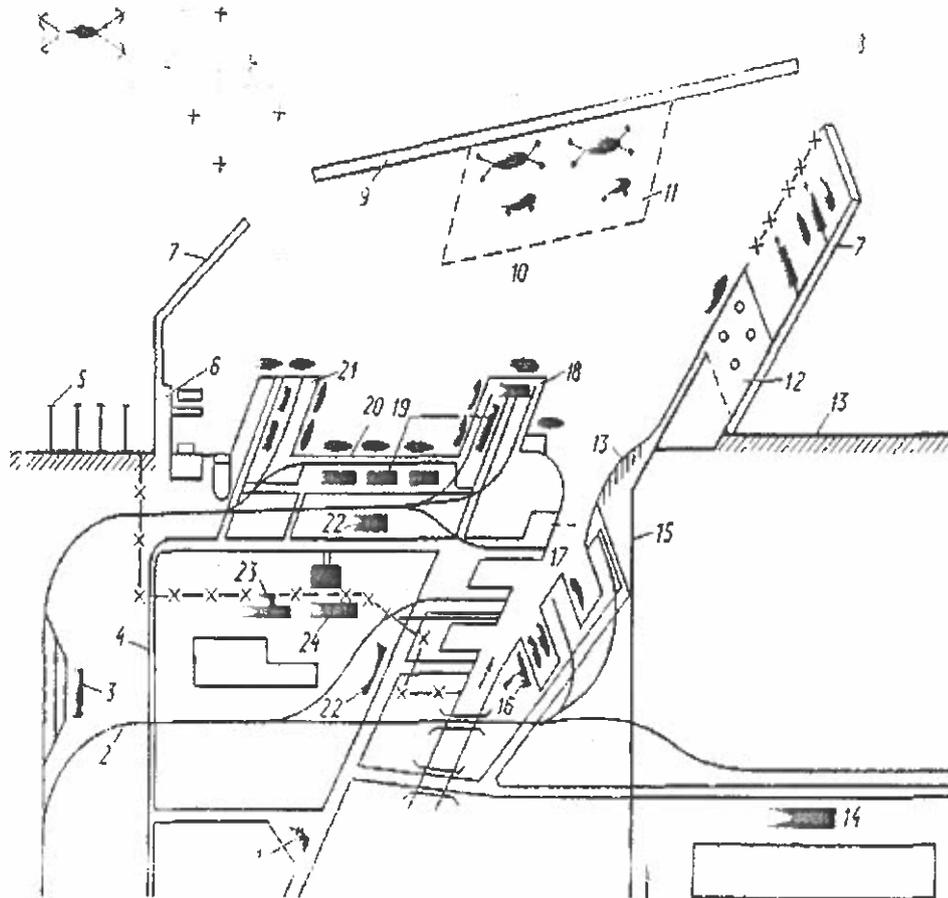
*Сухопутные подходы* включают сооружения различных видов наземного транспорта: железнодорожного, автомобильного, трубопроводного, образующих в порту транспортный узел. Большая роль принадлежит железнодорожным устройствам, в составе которых кроме районных сортировочных станций и парков, входят сортировочные портовые станции, погрузо-разгрузочные и соединительные пути.

Кроме описанных элементов порта, предназначенных для обеспечения грузовых и пассажирских операций, в границах порта размещаются:

- бункерные базы для обеспечения судов топливом и маслами;
- базы технического флота для стоянки и ремонта землесосных снарядов;
- базы служебного и аварийно-спасательного флота;

- судоремонтные предприятия с причалами и доками.

Нередко вблизи от территории порта, а иногда непосредственно рядом с ней располагаются промышленные предприятия, которые по роду своей деятельности требуют доставки большого количества сырья или отправки готовой продукции морским путем. В этом случае порт и промышленное предприятие образуют промышленно-транспортный комплекс.



**Схема современного порта**

1 – автовокзал; 2 – железная дорога; 3 – железнодорожная станция; 4 – автодороги и покрытия; 5 – узкий пирс; 6 – судоремонтный завод; 7 – оградительный мол; 8 – подходные каналы; 9 – волнолом; 10 – акватория порта; 11 – рейдовые причалы; 12 – нефтехранилище; 13 – укрепления берега; 14 – аэропорт; 15 – нефтепровод; 16 – речной вокзал; 17 – речной порт; 18 – морской вокзал; 19 – транзитные склады; 20 – причальная набережная; 21 – широкий пирс; 22 – склад долговременного хранения; 23 – административное здание; 24 – производственное здание.

### **Определение основных элементов порта**

*Размеры подходного канала* назначаются исходя из габаритных наибольших размеров судна, обслуживаемых каналом, а также гидрометеорологических и гидрологических условий района.

Эксплуатационная характеристика фарватера – *пропускная способность* – максимальное число судопроходов в расчетный промежуток времени (сутки, месяц, год). Пропускная способность определяется с учетом порядка движения судов по фарватеру (одностороннее или двухстороннее), скорости хода и времени следования судов по фарватеру, длительности периода навигации, грузооборота, удобства прохода судов.

Канал проектируется для одностороннего движения, если время занятости канала, равное отношению длины канала  $L$  к расчетной скорости хода судов  $V$  меньше среднего интервала времени  $dT$  между подходами судов к каналу с обеих сторон, подсчитанного за сутки для месяца наиболее интенсивного грузооборота, т.е. когда

$$L/V < 24/Q$$

где  $Q$  - наиболее интенсивный среднесуточный грузооборот канала в месяц.

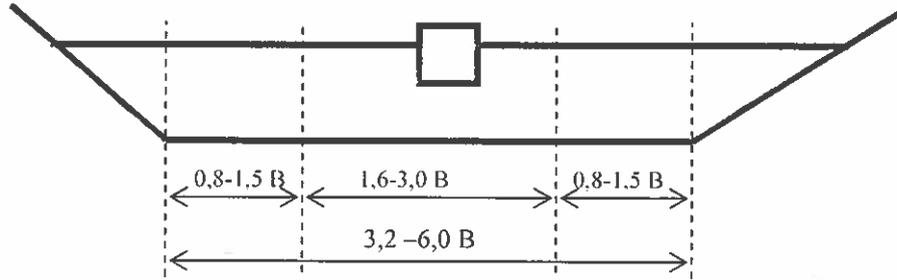
При обратном соотношении необходимо проектировать канал с двухсторонним движением. Для обеспечения двухстороннего движения требуется большая ширина канала и как следствие дополнительные дноуглубительные работы, затраты на которые могут быть экономически оправданы только в том случае, если они меньше убытков от простоев судов в ожидании прохода по каналу при одностороннем движении.

Максимальная скорость судов при проходе каналов должна быть 9-12 узлов, т.к. при больших скоростях может произойти размыв дна и откосов прорези. Трассу фарватера стараются выбирать минимальной длины и прокладывают на участках где наибольшие глубины для уменьшения расходов на дноуглубительные работы.

Решающими условиями выбора трассы канала с точки зрения заносимости являются направление господствующих ветров, направление волнения, течений и потока наносов. Направление трассы должно по возможности совпадать с направлением указанных факторов. Для обеспечения удобства и безопасности судоходства изменение направления трассы канала должно производиться по плавным кривым, окружностями достаточно большого радиуса. На закруглениях ширина фарватера должна быть увеличена. Не рекомендуется принимать угол поворота трасс фарватера более 30 градусов.

*Ширина канала* определяется по дну и устанавливается из следующих соображений. Канал с односторонним движением по

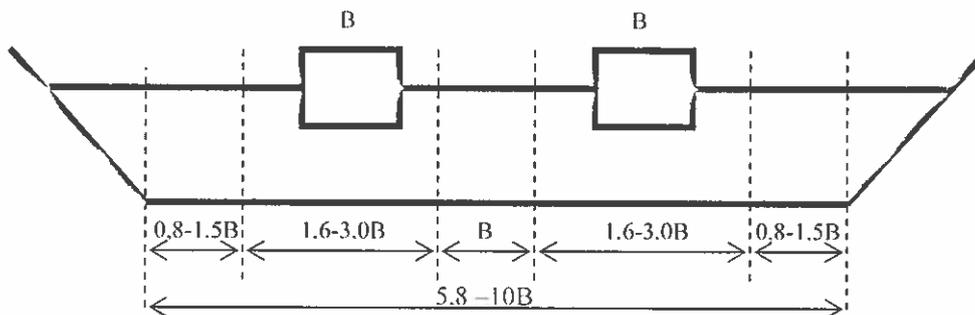
ширине делится на полосы: навигационная, маневровая и две боковые, примыкающие к откосам канала



**Поперечное сечение однопутного канала**

При интенсивном воздействии ветра, течений или волнения, действующих под углом к направлению движения судна, возможны снос и дрейф судна. В этом случае приходится дополнительно уширять среднюю навигационную полосу примерно на ширину судна ( $B$ ). Таким образом, при благоприятных условиях движения по каналу ширина средней навигационной полосы устанавливается в зависимости от управляемости судна в пределах  $(1,6-2)B$  и в неблагоприятных  $(2,6-3)B$ .

Двухпутные каналы состоят из полос: двух навигационных, двух полос, примыкающих к откосам, и полосы, разделяющей встречные суда, которая обычно составляет не менее ширины судна  $B$ .



**Поперечное сечение двухпутного канала**

При указанной ширине канала расстояние между расходящимися судами в связи с наличием запасов на практике оказывается значительно большим ширины судна. Это очень важно из-за того, что между расходящимися судами может возникнуть взаимное притяжение, которые иногда приводят к аварии. Соответственно ширина двух путного канала в благоприятных условиях устанавливается в пределах  $(5,8-6,8)B$  и в неблагоприятных условиях –  $(9,2 - 10)B$ .

*Навигационная глубина канала* ( $H$ ) необходимая для безопасного прохода по нему судна, зависит от конструкции судна, его технических качеств, скорости ветра, волнения, течений и заносимости. Минимальная глубина канала выбирается с учетом

дифферента и качки судна на ходу. Дифферент увеличивается при движении судна по мелководью, особенно в канале.

Навигационная глубина канала  $H$  определяется:

$$H = T + z_1 + z_2 + z_3 + z_0;$$

Где:  $T$  – осадка судна

$z_1, z_2, z_3, z_0$  – минимальные запасы

*Минимальный запас  $z_1$*  под килем обеспечивает нормальную управляемость судна. Этот запас устанавливается в зависимости от осадки судна  $T$  и принимается равным:

- $0,04T$  для илистых грунтов;
- $0,05T$  для грунтов средней плотности;
- $0,06T$  для плотных и скальных грунтов.

*Запас на волну  $z_2$*  рекомендуется принимать в зависимости от высоты волны с 3% -ой обеспеченностью и длины судна по таблице

Длина судна, м	Высота волны с 3%-ой обеспеченностью в системе волн, м				
	0,5	1	2	3	4
100	0,05	0,25	0,66	1,05	1,60
200	0	0,05	0,25	0,65	1,10
300	0	0	0,10	0,25	0,50

*Запас глубины  $z_3$*  на увеличение осадки судна при движении зависит от:

- скорости хода судна;
- ширины и осадки судна;
- глубины и площади сечения канала при одностороннем движении в пределах 0,2 – 1,2 м, а при двустороннем движении в два раза большим.

*Запас  $z_0$*  на крен судна определяется по формуле:

$$z_0 = B/2 \sin a - z_1$$

Для танкеров  $\sin a$  принимается равным 0,035 и для сухогрузных судов – 0,07

*Проектная глубина канала  $H_p$*  равна навигационной глубине с учетом запаса на заносимость т.е.

$$H_p = H_n + z_4;$$

где –  $z_4$  запас на заносимость, зависит от местных условий и принимается не более 1,2 м.

Для обеспечения нормальной эксплуатации каналов важным является правильное назначение крутизны откосов.

*Крутизна откоса* – это отношение его вертикальной проекции к горизонтальной. Назначение слишком крутых откосов приводит к быстрому их оползанию. Для пологих откосов характерно значительное увеличение дноуглубительных работ. Обычно заложение – величина обратная крутизне откосов канала производится в пределах указанных в таблице

Тип и состояние грунта	Заложение откоса
Ил, глина, суглинок :	20-30
текучие	15-20
Ил с ракушкой	10-15
Ил супесчаный, песок пылеватый	7-10
Песок:	
Рыхлый	7-9
Средней плотности	5-7
Плотный	3-5
Ракушечник заиленный	4-5
Глина и суглинок:	
Мягкопластичные	3-4
Пластичные	2-3
Тугопластичные	1-2

В процессе эксплуатации канала под влиянием течения и волнения, а так же воздействия судов откосы делаются более пологими, так что к концу межремонтного периода заложения откосов увеличиваются в 1,5-2 раза.

Основными мерами по защите каналов от заносимости являются:

1. Дополнительное углубление канала по сравнению с навигационной глубиной  $H_n$ , что позволяет исключить быструю заносимость и необходимость частого ремонтного углубления каналов.
2. Устройство параллельных каналу прорезей, гасящих волну на подходе и аккумулирующих наносы.
3. Создание боковых карманов, устраиваемых у входа в порт. Обычно в плане боковые карманы имеют вид трапеции, большим основанием прилегающей к каналу. Карманы устраиваются на пути

движения наносов, и размеры их определяются мощностью потока наносов.

4. Возведение ограждающих сооружений обычно в виде земляных дамб, которые возвышаются над уровнем воды и полностью задерживают наносы и волнение. Эти сооружения могут быть и подводными. Иногда дамбы делаются с разрывами, при этом отдельные участки дамбы должны быть направлены под каким-то углом к оси канала, тогда наносы откладываются в стороне от канала за окончаниями этих участков.

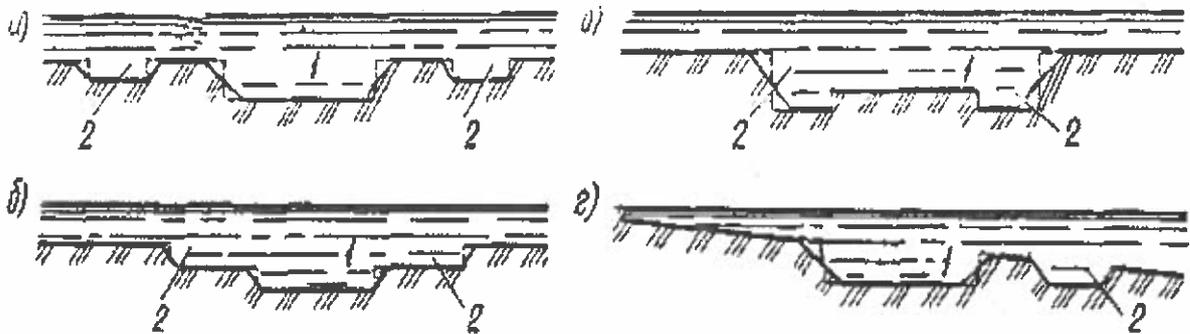


Схема устройства боковых параллельных прорезей для защиты канала от заносимости

а, б, в - с двумя прорезями; г - с одной прорезью; 1 - канал; 2 - прорезь

**Вход в порт.** Под входом в порт подразумевают комплекс элементов, влияющих на безопасность и продолжительность входа и выхода одного судна: входные ворота, примыкающий к ним участок подходного канала и входной рейд.

**Входные ворота** - это расстояние между головами ограждающих сооружений. Ширина входных ворот не должна быть меньше  $0,8 L$  расчетного судна. Для уменьшения опасности сноса судна на ограждающие сооружения угол между осью входа и направлением луча волнения, и господствующих ветров должен быть в пределах  $45 - 70$  градусов.

Для устранения опасности выброса судна на берег иногда устанавливают второе ограничение в отношении направления входа. Угол между входом в порт и направлением береговой линии должен быть более  $30$  градусов.

Следует учитывать, что при полном совпадении направления волнения с осью входа в порт, т.е. при попутном волнении, управляемость судна ухудшается.

Если вычисленная по навигационным условиям ширина входа в порт не обеспечивает необходимой защищенности портовой акватории от волнения, предусматривают перекрытие входа в порт. Вход в порт должен быть ориентирован так, чтобы максимально

препятствовать проходу на огражденную акваторию льда при его подвижках и способствовать очистки акватории от льда ветром, направленным от порта в море.

Размеры и начертание в плане входного рейда должны обеспечивать судну при входе-выходе из порта в условии сильного ветра выполнение следующих маневров:

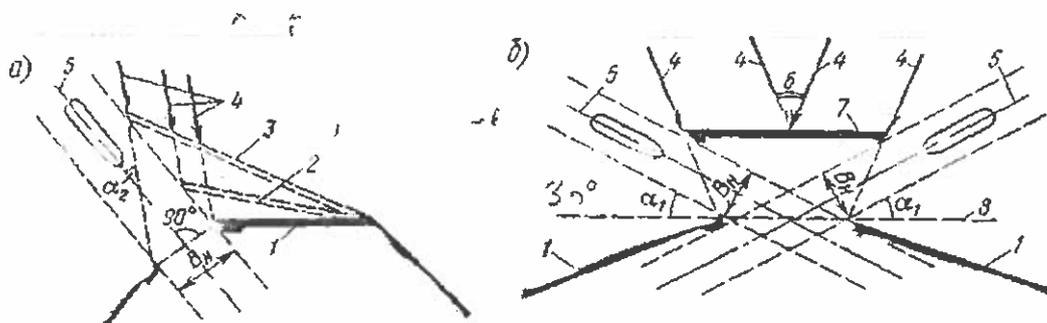
- полное гашение инерции при входе в порт;
- разворот собственными средствами на требуемый угол по дуге циркуляции;
- отдачу якоря и безопасную стоянку на рейде.

Для полного гашения инерции судна необходимо, чтобы длина прямолинейного участка по направлению оси входа, считая от ворот, составляла не менее 3,5 длины судна. При тяжелых гидрометеорологических условиях и особых маневренных характеристиках судна этот размер может быть увеличен до 4,5 L. Разворот судна обеспечивается, если на площади входного рейда можно вписать окружность диаметром не менее 3,5 Lc. Ось входа должна пересекать или касаться этой окружности.

Для крупнотоннажных судов, вход и выход которых осуществляется с помощью буксиров, допускается диаметр разворотного круга принимать:

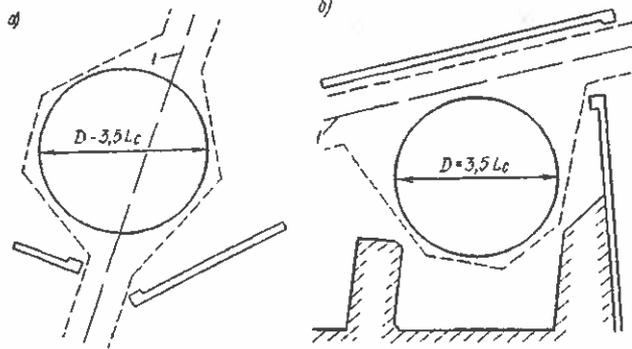
$$D = 1,25 Lc + 150 \text{ м, но не менее } 2 Lc.$$

Акватория, в которую вписывается разворотный круг, должна иметь глубину, определенную для максимальной осадки расчетного судна.



#### Перекрытие входа в порт

а – продлением одного из молв; б – волноломом; 1 – оградительное сооружение; 2 – продленная часть мола, обеспечивающая частичное перекрытие входа в порт; 3 – то же полное; 4 – направление волновых лучей во время сильных штормов; 5 – ось судового хода; 6 – сектор возможных направлений волновых лучей во время сильных штормов; 7 – волнолом; 8 – прямая, параллельная береговой линии



### Расположение разворотного круга на входном рейде

когда ось входа  $l$  пересекает (а) и касательная (б) к разворотному кругу

Размеры операционной акватории должны обеспечивать безопасность и удобство маневренных операций, выполняемых буксирами, при силе ветра не более 6-7 баллов. К операционной акватории относятся:

- водное пространство между пирсами (бассейны) и водная поверхность врезанных в территорию ковшей;
- акватории, примыкающие к причалам и отдельно стоящим пирсам.

Бассейны бывают узкие, в которых разворот судна не предусматривается и широкие, в которых предусматривается возможность разворота судна.

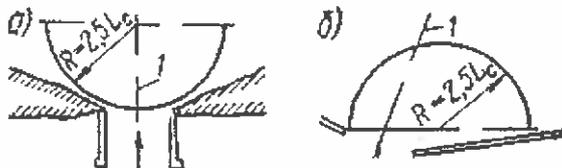
Ширина узкого бассейна определяется по формуле:

$$B_{\text{бас}} = nV_{\text{с}} + \Delta B_{\text{б}},$$

Где  $V_{\text{с}}$  – ширина судна в м;

$\Delta B_{\text{б}}$  – сумма длины наибольшего буксира и длины буксирного троса принимается равной для судов дедвейтом до 15 тыс.т – 60 м., для судов от 15 до 30 тыс.т – 70 м., для судов более 30 тыс.т – 90 м.

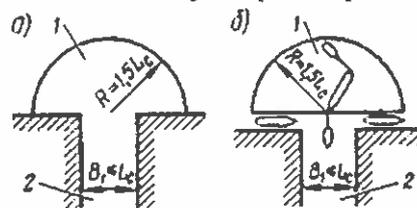
$n$  – коэффициент, который при длине бассейна, равной одному причалу, расположенному с одной стороны, принимается  $n = 2$ ; при двух и трех причалах  $n = 4$ ; при ; при двустороннем расположении причалов  $n = 3$  для одного причала и  $n = 5$  для двух-трех причалов с каждой стороны бассейна.



### Расположение разворотного полукруга на входном рейде

а – симметричное; б – несимметричное;

1 - ось входа



### Расположение поворотных мест перед входом в узкий бассейн

при отсутствии (а) и при наличии (б) причалов перед входом.

1-разворотное место;

2-бассейн.

В широких бассейнах, рассчитанных на возможность разворота судна, ширина бассейна  $B_{бас}$  определяется по формуле:

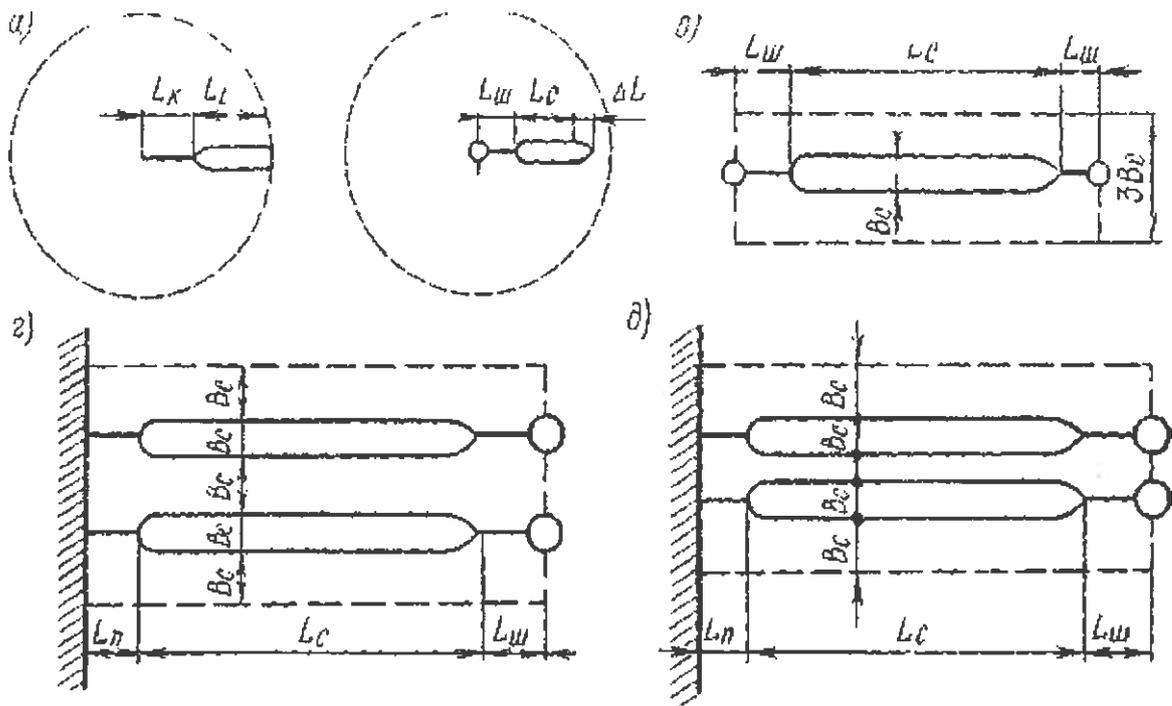
$$B_{бас} = 1,5L_c + B_c$$

Для обеспечения маневренных операций с судами, входящими в узкие бассейны на акватории, перед ними должны предусматривать разворотные места, позволяющим вписывать полуокружность радиусом  $1,5L_c$ . Перед широкими бассейнами ширина акватории должна быть не менее  $3B_c$ .

Размеры внешних и внутренних рейдов определяются в зависимости от схемы акватории. Для отстоя судов на внешнем рейде рекомендуется применять якорную стоянку. Проекция длины якорного каната  $L_k$  зависит от глубины места постановки: при глубине до 20 м  $L_k$  равна 8 глубин, при глубине от 20 до 50 – 6 глубин.

При отстое судов на швартовном бье (бочке) или пале проекция длины швартовного конца должна быть равна 25 м. И запас  $0,1L_c$ , но не менее 20 м.

При отстое судов на внутреннем рейде при фиксировании их стоянки применяется швартовка на двух бочках или палах. Кроме того, отстой судов может выполняться с помощью бочек и причала, т.е. постановка судна к причалу и на бочки. Длина швартовных концов на причал ( $L_n$ ) зависит от метеоусловий и принимается от 5 до 20 м., а концов, подаваемых на бочки ( $L_w$ )-принимается 25 метров.



береговыми емкостями. На рейдовых причалах швартовка осуществляется при помощи бочек и якорей – судно ставят на два якоря и корма крепится к плавучим бочкам, число которых зависит от глубины акватории и дедвейта судна:

12 – 15 м. - 15 – 20 тыс.т - 3 бочки

15 – 25 м - 50 – 100 тыс.т - 5 бочек

> 20 м - > 100 тыс.т - 7 бочек.

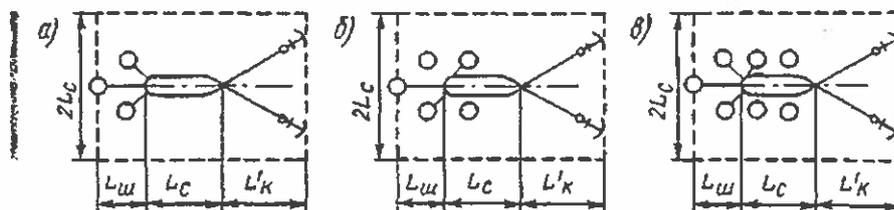
Для крупнотоннажных танкеров также применяется точечная швартовка (у буя или пала), требуемая акватория в виде круга радиусом, определяется по формуле:

$$R_{\text{точ}} = L_{\text{ш}} + L_{\text{с}} + dL$$

где  $L_{\text{ш}}$  – расстояние от носа судна до причального устройства (швартовного буя или пала), принимается равным от 30 до 60 метров в зависимости от конструктивных особенностей причального устройства.

$L_{\text{с}}$  – длина судна;

$dL = 0,1 L_{\text{с}}$  – зона безопасности у кормы судна.



Схемы рейдовых причалов для судов танкерного флота при креплении носовой части судна двумя якорями и при креплении кормовой части судна:

а- к трем точкам; б- к пяти точкам; в- к семи точкам

**Глубина акватории** является важнейшей характеристикой порта и определяется в зависимости от осадки расчетного судна с полным грузом. Глубина определяется по отношению к отчетному уровню для данного порта. Отчетные уровни назначаются на основе графика многолетней продолжительности состояния фактических уровней воды за навигационный период с обеспеченностью 90-98%.

**Обеспеченностью** называется время в процентах, когда уровень воды стоит выше или совпадает с расчетным. Для установления глубины на отдельных участках порта к расчетной осадке судна добавляют определенные запасы, зависящие от размеров судов, скорости движения, дифферента при погрузке и движения, и ряда других факторов. Так как влияние этих факторов на различных участках порта неодинаково, расчетные глубины на отдельных его

участках будут различными. В общем случае расчетная глубина  $H$  определяется по формуле:

$$H = T + z_1 + z_2 + z_3 + z_4$$

Где  $T$  – расчетная осадка судна в м.;

$z_1$  – навигационный запас глубины под килем судна – необходим для обеспечения возможности перемещения судна с небольшой скоростью и предотвращает опасность потери судном управляемости и удары днищем об отдельные неровности дна. В морских портах навигационный запас принимается от 0,3 м при илистых грунтах и длине судов менее 85 м. При скальных грунтах и длине судов 251 – 300 м. до 1,6 м. Если на глубине менее 0,5 м от проектной отметки дна водоема залегают более плотные грунты, чем в поверхностном слое, то навигационный запас выбирают, руководствуясь видом подстилающих грунтов.

$z_2$  – запас глубины на волну – необходим в связи с тем, что в период волнения судно совершает вертикальные перемещения, сопровождаемые его качкой – продольной или поперечной, в зависимости от направления волнения по отношению к судну. Запас на волну определяется по формуле:

$$z_2 = 0,3h - z_1$$

где  $h$  – расчетное значение высоты волны для рассматриваемого участка порта.

$z_3$  – запас, который необходимо учитывать в связи с увеличением осадки судна при движении по сравнению с его осадкой в состоянии покоя

$z_3 = kv$ , где  $k$  – безразмерный коэффициент, принимаемый в зависимости от длины судна от 0,035 при  $L_c = 225-300$  м до 0,017 при  $L_c = 75$  м.

$v$  – скорость движения судна км/час.

$z_4$  – запас на заносимость, в зависимости от отложения наносов принимается от 0,5 до 2 м.

### ***Грузооборот и пропускная способность порта***

Основными характеристиками порта являются его грузооборот и пропускная способность.

*Грузооборотом порта* называется количество груза, проходящего через причальный фронт за определенный отрезок времени (год, месяц, сутки). Плановые органы устанавливают объемы оперативного и перспективного грузооборота, причем оперативный грузооборот устанавливается на один год и является

производственным заданием морскому транспортному предприятию, а перспективный устанавливается на ряд лет и характеризует тенденцию развития порта. Дополнительно различают месячный и суточный грузооборот, которые используются соответственно для месячного и суточного планирования.

Сложные навигационно-метеорологические условия; сезонность производства и транспортирование ряда грузов (например сельскохозяйственных); повышение и понижение спроса на отдельные виды продукции обуславливают неравномерность грузооборота, которая должна учитываться при определении основных элементов порта (количество причалов, объем складских помещений и т.д.).

В зависимости от назначения морских перевозок грузооборот порта различается по видам плавания: заграничное (экспорт-импорт), большой каботаж, малый каботаж.

Более существенно деление грузооборота по видам груза. Через порты перегружаются различные виды грузов; исходя из технических условий их переработки, обычно выделяют пять основных групп грузов: навалочные (уголь, руда и др.), насыпные (зерно), генеральные (штучные), лесные и нефтеналивные.

***Пропускная способность порта (отдельного района или причала)* это максимальное число тонн груза, которое можно погрузить на суда и выгрузить с судов в порту за определенный период времени (год, месяц, сутки).**

На пропускную способность порта влияют следующие факторы:

- параметры подходных каналов, обеспечивающих ввод и вывод судов из порта;
- число, конструкция, техническое состояние причалов;
- глубины у причалов;
- степень технического оснащения порта (число, типы, грузоподъемность перегрузочных машин и устройств);
- число, вместимость, конструкция и расположение складов;
- развитие железнодорожных путей в порту и на предпортовой железнодорожной станции и автомобильных дорог;
- род грузов, проходящих через порт;
- технология перегрузочных работ;
- обеспечение плавсредствами служебно-вспомогательного флота;
- число, состояние, конструкция и грузоподъемность средств внутрипортового транспорта;
- состояние электрохозяйства, связи, водоснабжения и т.д.;
- типы судов, посещающих порт (главные размерения, число люков, количество палуб, раскрытие трюмов, расположение машинного отделения и т.д.);
- организация перегрузочных работ в порту.

Пропускная способность порта в целом зависит от пропускной способности отдельных его элементов.

Пропускная способность причалов зависит от количества и производительности перегрузочных машин и устройств, рода грузов, типа судна. Пропускная способность складов определяется их емкостью и условием прохождения грузов через них. Пропускная способность подходных каналов зависит от ширины, глубины и допустимой скорости движения судов. Пропускная способность железнодорожных и автомобильных путей определяется количеством вагонов и автомашин, которое может быть обработано на погрузочно-разгрузочных путях. Главным определяющим элементом – причальный фронт, который является ведущим звеном.

Итак, в целом пропускная способность порта зависит от пропускной способности отдельных его элементов, поэтому пропускную способность порта оценивают по суммарной пропускной способности его перегрузочных комплексов, состоящих из причалов, складов и т.д. Для нормальной работы порта его пропускная способность должна всегда выше планируемого объема грузооборота. Если пропускная способность равна грузообороту, порт работает на пределе своих возможностей. При правильном развитии порта его пропускная способность должна расти быстрее, чем грузооборот.

*Судооборот* – число судов, посещающих порт за определенный промежуток времени (год, месяц), он является характеристикой, определяющей размеры некоторых основных элементов порта.

### *Эксплуатационные и производственные характеристики порта*

*Пропускная способность причала* характеризует производственную мощность причала и определяется как количество груза, которое может быть переработано на причале за единицу времени (сутки, месяц, год). Суточная пропускная способность причала (т/сут) определяется по формуле:

$$P_{\text{сут}} = 24 D_{\text{гр}} / T_{\text{гр}} + T_{\text{всп}}$$

где:  $D_{\text{гр}}$  – грузоподъемность судна расчетного типа при перевозке соответствующих грузов, т;

$T_{\text{гр}}$  – продолжительность грузовых операций на одном судне, час;

$T_{\text{всп}}$  – средняя расчетная занятость причала вспомогательными операциями при обработке судна, час.

Время продолжительности грузовых операций  $T_{\text{гр}}$  определяется через грузоподъемность судна  $D_{\text{гр}}$  и **Рс-ч, судно-часовую норму** для соответствующего рода груза.

**Под судо-часовой нормой** понимается среднее значение массы груза определенного вида, который может быть погружен (выгружен) на судно данного типа, обслуживающего выбранное направление. Судо-часовая норма утверждается Министерством Морского Флота и отражает современное техническое оснащение портов перегрузочным оборудованием и уровень организации перегрузочных работ. Судо-часовая норма изменяется в значительных пределах : от 20-30 т/судо-час для небольших судов до 4000-6000 т/судо-ч для крупных судов. Таким образом:

$$T_{гр} = D_{гр}/P_{с-ч}.$$

При определении  $T_{всп}$  учитывают только вспомогательные операции: - оформление прихода и отхода судна;  
- открытие и закрытие люков;  
- швартовка и перестановка судов;  
- раскрепление палубного груза и т.д.

Значение  $T_{всп}$  зависит от грузоподъемности судов, вида грузов, характера операций (погрузка, выгрузка) и определяется по нормам технологического проектирования морских портов.

Соответственно месячная  $R_{мес}$  и годовая  $R_{год}$  пропускные способности причала определяются так:

$$R_{мес} = 30 P_{сут} k_{зан} k_{мет}$$

$$R_{год} = n_{мес} 30 P_{сут} k_{зан} k_{мет} / k_{мес};$$

где:  $k_{зан}$  – коэффициент занятости причалов, необходимость его введения вызвана тем обстоятельством, что заход судов в порт происходит неравномерно в связи с влиянием гидрометеорологических факторов и особенностями внешнеторговых перевозок. Это обстоятельство приводит к целесообразности наличия у причального фронта некоторого запаса, что позволяет избежать возникновения очереди судов у причалов в ожидании обработки.

Численные значения  $k_{зан}$  регламентируются нормами технологического проектирования морских портов в интервалах от 0,45 до 0,85 в зависимости от назначения причалов (для перегрузки сухогрузов, нефтеналивных грузов и т.д.);

$k_{мет}$  – коэффициент использования рабочего времени причала по метеоусловиям, принимается равным 0,75 – 0,95, или его можно определить по формуле:

$$k_{мет} = (720 - T_{мет}) / 720;$$

где  $T_{мет}$  – продолжительность действия метеорологических факторов, при которых нельзя производить погрузо-разгрузочные операции, час.

*Пропускная способность перегрузочного комплекса или порта* определяется суммой пропускных способностей причалов, входящих в перегрузочный комплекс или порт.

*Длина причального фронта.* Большинство морских портов имеют причалы разного назначения - для обработки грузовых судов, обслуживания пассажирских, стоянки служебно-вспомогательного флота, отстоя транспортных судов, ремонта и др.

Количество причалов определяется грузооборотом, пассажирооборотом и другими условиями, а длина причалов размерами судов и требованиями безопасных подхода и стоянки.

При проектировании портов число причалов и их длина определяются исходя из ожидаемого на расчетный период грузооборота и типов судов. Однако в дальнейшем в связи с непрерывным ростом грузооборота и изменением его структуры, а также увеличением размеров судов возникает время от времени необходимость в развитии и реконструкции портов. В некоторых случаях повышение пропускной способности интенсификацией перегрузочных работ, расширением складских площадей и т.п.

Однако при весьма значительном росте грузооборота возникает необходимость развития причального фронта. В связи с этим требуется определить пропускную способность причалов и необходимое число их для освоения возросшего грузооборота. Требуемое число грузовых причалов  $N_{п}$  определяется по отдельным районам и участкам, предназначенным для переработки определенного рода груза или грузов близких по технологии перегрузки:

$$N_{п} = Q_{м} / 30 P_{сут} k_{зан} k_{мет};$$

где:  $Q_{м}$  – расчетный грузооборот в месяц наибольшей работы;

$P_{сут}$  – суточная пропускная способность причала, т/сут;

$k_{зан}$  – коэффициент занятости причалов обработкой судов в течение месяца;

$k_{мет}$  – коэффициент использования рабочего времени

$$k_{мет} = 720 - T_{мет} / 720$$

где  $T_{мет}$  – продолжительность действия метеорологических факторов, при которых нельзя производить погрузо-разгрузочные операции. час.,

Длина каждого причала определяется в зависимости от длины расчетного судна по формуле:

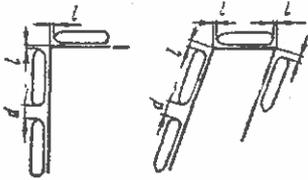
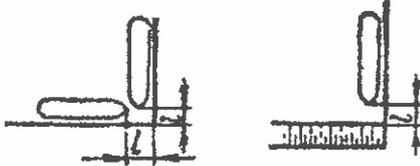
$$L_{пр} = L + d,$$

где  $L_{пр}$  – необходимая длина причала, м;

$L$  – длина расчетного судна, м;

$d$  – расстояние между соседними судами, м.

Зависит от длины расчетных судов и выбирается из таблицы

Начертание причального фронта	Наибольшая длина судна, м			
	Более 200	200-151	150-100	Менее 100
<p>Расстояние между судами <math>d</math>, м</p> 	25	20	15	10
 <p>Расстояние между судном и концом прямолинейного участка причального фронта <math>l</math> в зависимости от расположения причалов, м</p>	10	7	5	3
	30	25	20	15
	20	15	15	10
	50	40	30	20

Для концевых причалов (первый и последний), торцевых или выносных должна учитываться величина  $l$  (расстояние от носа или кормы судна до торца причала), которое зависит также от длины судна и расположения причала.

При длине судна менее 30 метров расстояние между судами и между судном и концом причала принимается на 50 % меньшим табличным значениям.

Длина причалов портового флота устанавливается исходя из возможности швартовки их лагом.

При швартовке носом или кормой длина причала для каждого судна принимается равной его двойной ширине.

Длина причального фронта определяется суммой всех длин причальных участков: грузовых, пассажирских, портового флота, технического флота, бункеровочных, строительной базы, карантинных, судоремонтных.

### **Функциональная схема порта**

*Территория порта* это участок берега, на котором располагается портовое хозяйство: сооружения, здания, дороги и т.д., т.е. все то, что обеспечивает эффективное обеспечение погрузо-разгрузочных работ, снабжение судов и создает нормальные условия для высокопроизводительной и безопасной работы сотрудников порта.

Портовая территория состоит из пяти функциональных зон:

1. *Операционная зона:*
  - комплексы перегрузочных механизмов;
  - причальные открытые и закрытые склады;
  - перегрузочные фронты железнодорожного и автомобильного транспорта.
2. *Производственная зона:*
  - районные мастерские;
  - материальные и инвентарные склады;
  - здания с административными и бытовыми помещениями;
  - тыловые крытые и открытые склады;
  - железнодорожные парки;
  - автомобильные дороги.
3. *Зона общепортовых объектов:*
  - база портофлота;
  - центральные мастерские;
  - центральный склад снабжения флота;
  - здание трансфлота;
  - служебные здания портовой клиентуры;
  - инфлот;
  - здания служб энергоснабжения, связи, военизированной охраны;
  - другие объекты общепортового назначения.
4. *Предпортовая зона:*
  - управление портом;
  - базы Министерства внешней торговли;
  - административные здания других организаций, базирующихся в порту.
5. *Зона пассажирских операций:*
  - морской пассажирский вокзал с территорией для стоянки автотранспорта и участками дальних и пригородных сообщений.

Иногда на территории порта располагаются сортировочные железнодорожные станции и парки отстоя вагонов.

## НАЧЕРТАНИЕ В ПЛАНЕ ВНЕШНИХ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

По расположению оградительных сооружений порты могут быть отнесены к типам:

1. Порты без оградительных сооружений с естественной защитой, расположенные в бухтах или в устьях рек, в закрытых или открытых бассейнах (б. Золотой Рог, б. Находка).
2. Порты, расположенные в открытых бухтах, с дополнительной защитой одиночными молами и волноломами.
3. Порты на открытых побережьях, защищенные системой волноломов и молов.

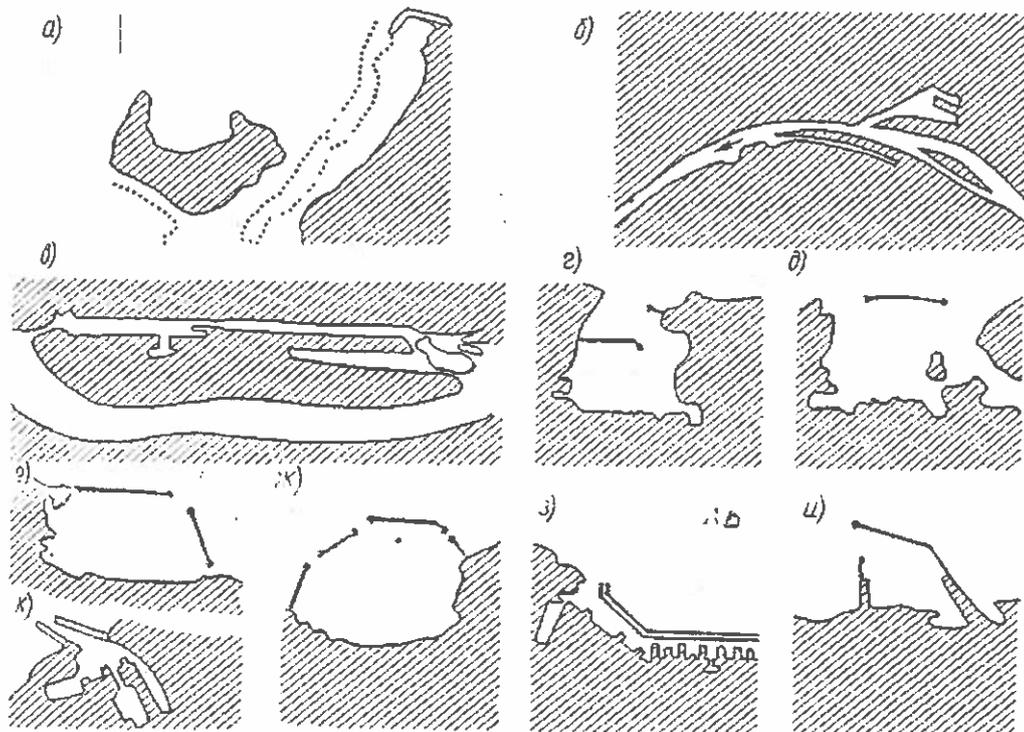


Схема компоновки акватории порта

*a* – порт без оградительных сооружений под защитой острова; *б* – порт в дельте реки; *в* – закрытые бассейны в излучине реки; *г* – порт в бухте с одиночным молем и шпорой; *д* – порт в бухте с одиночным волноломом; *е* – порт в бухте, огражденный молем и волноломом; *ж* – порт в бухте, огражденный системой молов и волноломов; *з* – порт на открытом побережье с бассейнами, огражденный волноломом, параллельным берегу; *и* – порт на открытом побережье с бассейнами, открытыми в пределах береговой территории, и с параллельными молами; *к* – порт на открытом побережье, огражденный сходящимися молами.

Оградительные сооружения должны иметь минимальную длину, располагаться на небольших глубинах и вместе с тем допускать по возможности беспрепятственное дальнейшее развитие порта.

Оградительные сооружения образуют защищенный от морского волнения внутренний рейд с естественными или искусственными глубинами, размеры его должны быть достаточными для маневрирования и стоянки судов.

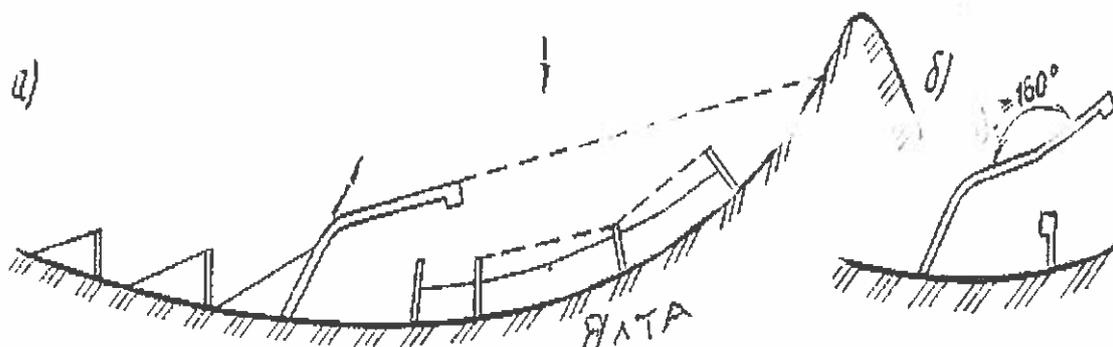
Внешние оградительные сооружения бывают двух видов:

- волноломы - сооружения не связанные с берегом;
- молы - сооружения, соединенные с берегом.

При начертании в плане молов и волноломов следует стремиться к их прямолинейности, которая облегчает условия работ по их возведению. Особенно следует избегать вогнутых со стороны моря участков, которые способствуют концентрации ударов волн. Следует учитывать также наличие естественных препятствий, защищающих акваторию порта (островов, отмелей, мысов и т.п.).

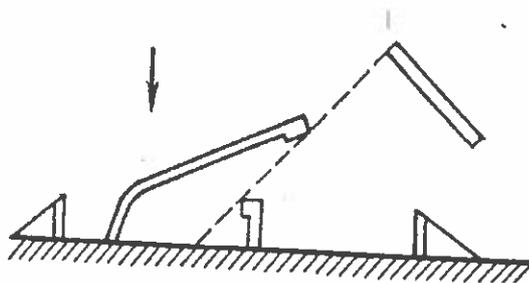
Большие сложности возникают при строительстве портов на открытых побережьях, где защиту от волнения и заносимости приходится в основном обеспечивать при помощи искусственных оградительных сооружений. Иногда акватория таких портов образована бассейнами, находящуюся между искусственно образованными пирсами и участками акваторий, огражденной молами и волноломами.

Один мол строится при наличии на отдаленном участке побережья мыса или других естественных препятствий, помогающих молу защитить акваторию порта.



Защита акватории порта одним молем при значительной (а) и незначительной (б) интенсивности движения наносов.

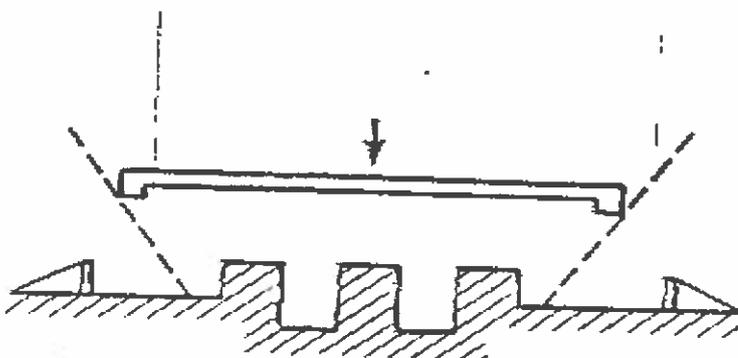
Один мол и один волнолом применяются для защиты акватории порта, создаваемого на прямом побережье, когда на соседних участках отсутствуют препятствия, способствующие защите акватории при одностороннем преобладающем направлении движения наносов.



### Защита акватории порта одним молем и одним волноломом

*Один волнолом* применяется для защиты акватории порта в случаях:

- благоприятной розы разгона волны, когда ее сектор, характеризующий границы распространения волнения, ограничен небольшим углом;
- когда вдольбереговое движение наносов характеризуется двумя взаимно противоположными направлениями при небольшой интенсивности перемещения.



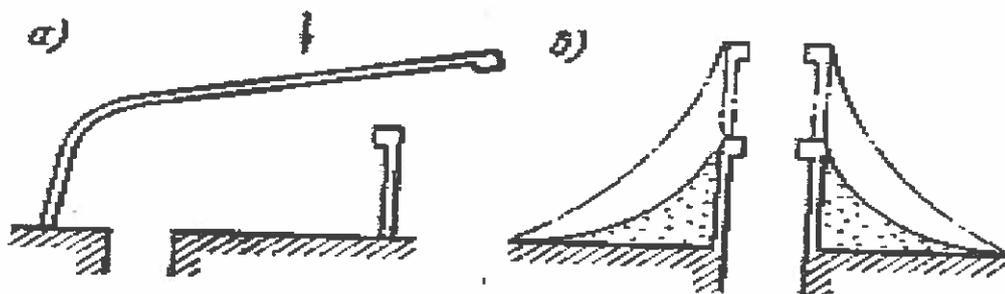
Защита акватории одним волноломом

*Два мола* (парные мола) применяются по двум схемам : сходящиеся и параллельные.

*Сходящиеся парные мола* рекомендуются для защиты небольших портов. Сооружение состоит из двух мол, один из них основной окаймляющий, который состоит из головы, морской части, переходной части, корневой части. Эти сооружения обеспечивают хорошее волногашение, так как постепенное расширение акватории от входа к берегу способствует постепенному затуханию волн. Сходящиеся мола могут быть расположены симметрично или асимметрично. Асимметричное расположение мол нередко сочетается с удлинением одного из них. Это позволяет прикрыть вход в порт от волнения опасного направления, а также обеспечить обтекание мол наносами с тем, чтобы не допустить проникновение наносов на акваторию порта и отложения наносов у входа в порт и на подходном канале.

Недостаток этого ограждения: для увеличения протяженности территории порта вдоль береговой линии молы должны быть ломаного или криволинейного очертания.

*Парные параллельные молы* направлены перпендикулярно или под углом к берегу. Эти молы обычно размещаются у входа в узкую бухту или в устье небольшой реки в районах со значительным вдольбереговым потоком наносов. Причалы порта в этом случае располагаются в бассейнах, которые открыты в берегах. При наличии значительных приливо-отливных колебаний возникают течения, которые промывают подходной канал, находящийся между молами, что способствует поддержанию необходимых глубин. Парные параллельные молы применяются в случаях, когда головы молов выведены на глубины менее критических и заранее намечается в дальнейшем их удлинение.



Защита акватории порта двумя молами

а – сходящиеся парные молы; б – парные параллельные молы.

При выборе начертания в плане внешних ограждающих сооружений следует придерживаться следующих рекомендаций:

1. Волнолом, состоящий из трех частей: основной, средней части и головных участков (голов) проектируется прямолинейным. Нежелательно создание излома волнолома в плане, направленного внутрь порта (для избежания концентрации волновой энергии); в случае необходимости создания такого излома входящий угол должен быть не менее 160 градусов. Допустимо устройство волнолома с изломом в плане в сторону моря: образуемый внутренний угол должен быть в пределах 120-160 гр.
2. Основной окаймляющий мол состоит из четырех частей: корневой, морской, переходной, соединяющей корневую и морскую часть и головного участка (головы). Корневой участок проектируется прямым. Морской участок проектируется прямым или с изломом. Корневая часть располагается под прямым или острым углом к берегу в сторону порта ( в пределах 60-70 гр.); длина корневой части зависит от размеров порта. Морская часть мола, если мол проектируется без излома, располагается под углом 30-50 гр. К берегу, что облегчает условия захода судов в порт.

3. Второй мол, ограничивающий пределы порта с другой стороны, проектируется в плане прямым или ломаным, располагается перпендикулярно берегу или под острым углом (70-80гр.) с наклоном в сторону порта. При ломаном начертании мола отдельные его участки наклоняются в сторону порта.

### НАЧЕРТАНИЕ В ПЛАНЕ ПРИЧАЛЬНОГО ФРОНТА

Различают следующие конфигурации причального фронта в плане:

- фронтальная;
- пирсовая;
- ковшовая;
- смешанная;
- пирсово-ковшовая;
- фронтально – пирсовая и др.

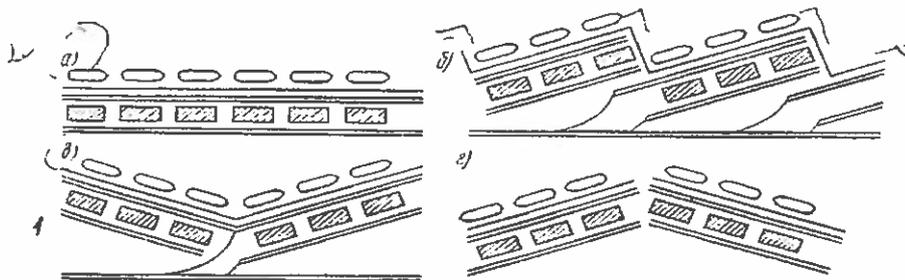
*Фронтальное расположение причалов* - причалы размещаются вдоль прямых или ломаных линий, располагаясь один за другим вдоль береговой линии.

*Достоинства:*

- более простая по форме акватория;
- облегчается маневрирование судов;
- уменьшается возможность скопления льда на акватории;
- упрощается создание широкой портовой территории. Это особенно важно при строительстве комплексов для погрузки контейнеров и других специализированных причалов, требующих больших складских площадей.

*Недостатки:*

- менее компактная растянутая компоновка порта;
- требуется удлинение сухопутных и водных подходов;
- возникает необходимость устройства железнодорожных путей на каждые 5-6 причалов.

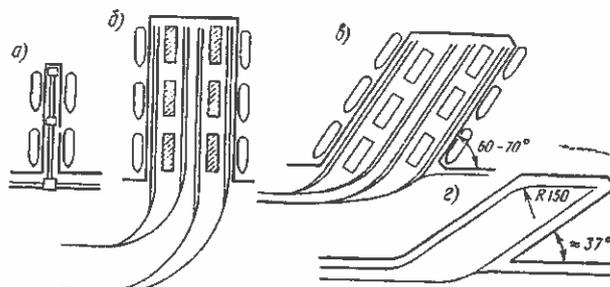


**Варианты фронтального расположения причалов**

а - прямое; б - ступенчатое; в - с изломом в сторону территории порта;  
г - с изломом в сторону акватории порта

*Пирсовое расположение причалов.* Пирс – это гидротехническое сооружение, выступающее в акваторию порта под прямым или острым углом к береговой линии. Причальный фронт создается вдоль длинных сторон пирса. На пирсах можно располагать большое число причалов на участках береговой полосы небольшой протяженности. На узких пирсах шириной 10-60 метров с каждой стороны чаще всего располагаются один или два причала. Такие пирсы используются в качестве специализированных причалов, они обычно не оборудуются ЖД путями. На узких пирсах устанавливаются специализированные перегрузочные машины и оборудование.

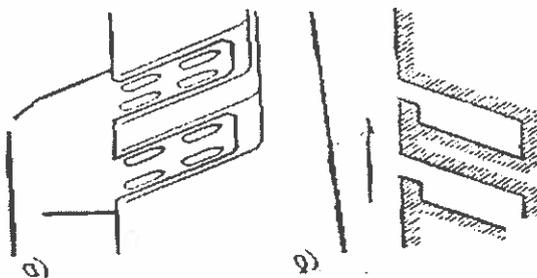
Широкие пирсы используются для генеральных и других грузов, для перегрузки которых необходимо размещать на пирсах ЖД пути и транзитные склады. На широких пирсах шириной 250-300 м. Для рационального использования их площади устраивается не менее трех причалов. При сооружении группы пирсов между ними образуются бассейны, при достаточной ширине которых обеспечиваются удобные подходы к причалам.



**Варианты пирсового расположения причалов**

а – узкий пирс; б – широкий пирс, расположенный под прямым углом к берегу;  
в и г - широкий пирс, расположенный под острым углом к берегу

*Ковшовое расположение причалов* - используется при ограниченных размерах акватории и недостаточной длине береговой линии, пригодной для возведения причалов. Территория, в которую врежется ковш, должна иметь достаточную ширину, пологий рельеф и состоять из мягких грунтов. Порт может иметь один или несколько ковшей, расположенных перпендикулярно к береговой полосе или под некоторым углом.



**Варианты ковшового расположения причалов**

а - в порту на открытом побережье; б – в морском устьевом порту.

*Смешанное расположение причалов* - это комбинация из выше рассмотренных схем.

*Фронтально-тирсовая схема* применяется при наличии акватории достаточных размеров и при недостаточной длине береговой полосы, пригодной для возведения причалов. Если береговая территория соответствует условиям устройства ковшей, может быть также применена *тирсово-ковшовая схема* расположения причалов.

## КОМПОНОВКА ПОРТА И РАЙОНИРОВАНИЕ

Компоновкой порта называется размещение его элементов таким образом, чтобы обеспечивались:

- нормальное судоходство на акватории расчетных для данного порта судов;
- высокая организация и механизация перегрузочных работ;
- эффективное взаимодействие всех видов транспорта, сходящихся в порту;
- комплексное обслуживание судов по снабжению и ремонту в период нахождения в порту.

Условия, влияющие на компоновку порта можно разделить на две группы:

*Общие условия* связаны с техническим прогрессом, под влиянием которого происходит расширение торгово-транспортных связей, образование больших потоков грузов определенных направлений. Благодаря стремлению сократить затраты при доставке грузов создаются новые транспортные средства. Современные тенденции совершенствования флота заключаются в создании специализированных, универсальных и комбинированных судов.

К *специализированным* судам относятся: танкеры, рефрижераторы, углерудовозы, лесовозы, автомобильные и ЖД паромы, контейнеровозы, пассажирские, лихтеровозы и некоторые другие.

При малой загрузке судов в обратном направлении и при неустойчивых грузовых потоках эффективность использования специализированных судов уменьшается. В этих случаях целесообразно использовать современные универсальные суда с большим раскрытием палубы, позволяющее перевозить любые грузы: лес, руду, уголь, контейнеры и оборудование.

*Комбинированные* суда: танкеры-рудовозы, грузопассажирские и т.д.

Крупные суда целесообразно использовать на маршрутах большой протяженности при массовых и устойчивых грузопотоках.

На коротких маршрутах целесообразно использовать суда сравнительно небольшой грузоподъемности, но приспособленные для быстрой загрузки и выгрузки.

При компоновке порта в таких случаях следует учитывать необходимость создания больших территорий для накопления грузов. На планировку порта существенное влияние оказывает характер преобладающих грузов. При преобладании навалочных и нефтеналивных грузов в связи с большими осадками судов компоновку порта могут определять водные подходы и оградительные сооружения. При преобладании контейнерных грузов на планировку порта окажут влияния тыловые площадки и сухопутные подходы. Для генеральных грузов компоновку порта определяет прикордонная часть территории и технология грузовых работ.

*Местные условия* – это условия естественного режима, т.е. физико-географические факторы в районе порта, а также условия, вызванные особенностями расположения города. План порта, отражающий рациональную компоновку акватории и территории должен отвечать следующим требованиям:

1. *Эксплуатационные требования* к компоновке порта включают:
  - обеспечение безопасных условий судоходства на акватории порта;
  - высокую организацию и механизацию перегрузочных работ;
  - эффективное взаимодействие всех видов транспорта;
  - комплексное обслуживание судов в период нахождения в порту.
2. *Технические требования* обеспечиваются выбором современных экономических конструкций оградительных, причальных и других оградительных сооружений и технологии строительства порта, позволяющие в сжатые сроки вводить новые перегрузочные комплексы.

К техническим относятся требования к перегрузочному оборудованию, способствующему интенсификации перегрузочных операций.

1. *Экономические требования* – Критерием оценки наилучшего оптимального варианта является экономический показатель. Он определяет минимальные общие затраты с учетом стоимости перевозки грузов, стоимости строительства порта и расходов по его содержанию в процессе эксплуатации.
2. *Требования районирования* Районирование – взаимное расположение районов порта.

Номенклатура районов современного порта включает:

- грузовые районы для генеральных, навалочных, лесных и тд. грузов;
- пассажирские районы;
- районы комплексного обслуживания судов.

Грузовой район состоит из *перегрузочных комплексов* – совокупность тех. Средств, причалов, закрытых и открытых складских площадей, средств механизации, зданий, транспортных и инженерных коммуникаций.

При больших грузопотоках строятся специализированные перегрузочные комплексы:

- для контейнеров;
- для погрузки- выгрузки судов горизонтальным способом;
- для обслуживания перевозок лихтеровозами;
- для обслуживания паромных перевозок;
- для генеральных грузов, в том числе перевозимых на судах, специализируемых по направлениям перевозок для скоропортящихся грузов;
- для отдельных видов опасных грузов;
- для массовых навалочных грузов;
- для зерна;
- для лесных грузов (пиломатериалы, круглый лес, щепа);
- для сырой нефти и нефтепродуктов;
- для сжиженных газов и наливных химических грузов;
- для наливных пищевых грузов (спирты, масла, вина, патока).

Районы различного предназначения располагают с учетом естественных факторов, особенностей грузов и судов. Районы, принимающие суда с большими осадками, рекомендуется располагать на участках с большими естественными глубинами, которые чаще всего находятся вблизи от ворот порта.

Для портового флота выделяют отдельный участок, который по эксплуатационным соображениям следует также располагать ближе к выходу порта.

Стоянка технического флота располагается в стороне от транспортной части порта, а судоремонтный район располагается там, где не наблюдается даже небольшого волнения, так как в нем будут находиться суда с разобранными машинами, и только при полном отсутствии волнения можно вводить суда в доки и поднимать их на эллинги.

Районы нефтеналивных и других жидких грузов, опасных в пожарном отношении, всегда располагаются в отдалении от сухогрузных причалов, они должны располагаться на расстоянии не менее 200-300 м от других причалов порта.

В районах сухогрузных причалов для устранения отрицательного воздействия одних грузов на другие, а также на пассажиров предусматривают разрывы между отдельными грузовыми участками в пределах от 100 до 500 м.в зависимости от рода груза. Так удаление угольного участка от районов химических, лесных грузов и от причалов для оборудования должно быть не менее 100 м;

от участков генеральных грузов – не менее 200 м; от причалов зерновых грузов, сахара-сырца, скоропортящихся грузов не менее 300 м; от грузопассажирских причалов и причалов открытого хранения соли – не менее 400 м.

Угольные причалы допускается размещать рядом только с рудными причалами и причалами минеральных строительных материалов.

Участки, на которых перерабатываются пылящие грузы и грузы с неприятным запахом размещаются с подветренной стороны по отношению к другим участкам и городу.

## КОНСТРУКЦИЯ ПОРТОВЫХ СКЛАДОВ

Портовые склады представляют собой существенный элемент портового хозяйства, который должен обеспечить хранение грузов, их сохранность и подготовку для дальнейшего следования.

По способу хранения склады в морских портах делятся на открытые и крытые.

*Открытые склады* представляют собой благоустроенные участки открытой территории, предназначенные для хранения металлов, оборудования, леса, минерально-строительных материалов и других штучных и навалочных грузов.

*Крытые склады* различаются: одноэтажные, двухэтажные и многоэтажные.

По назначению крытые склады делятся:

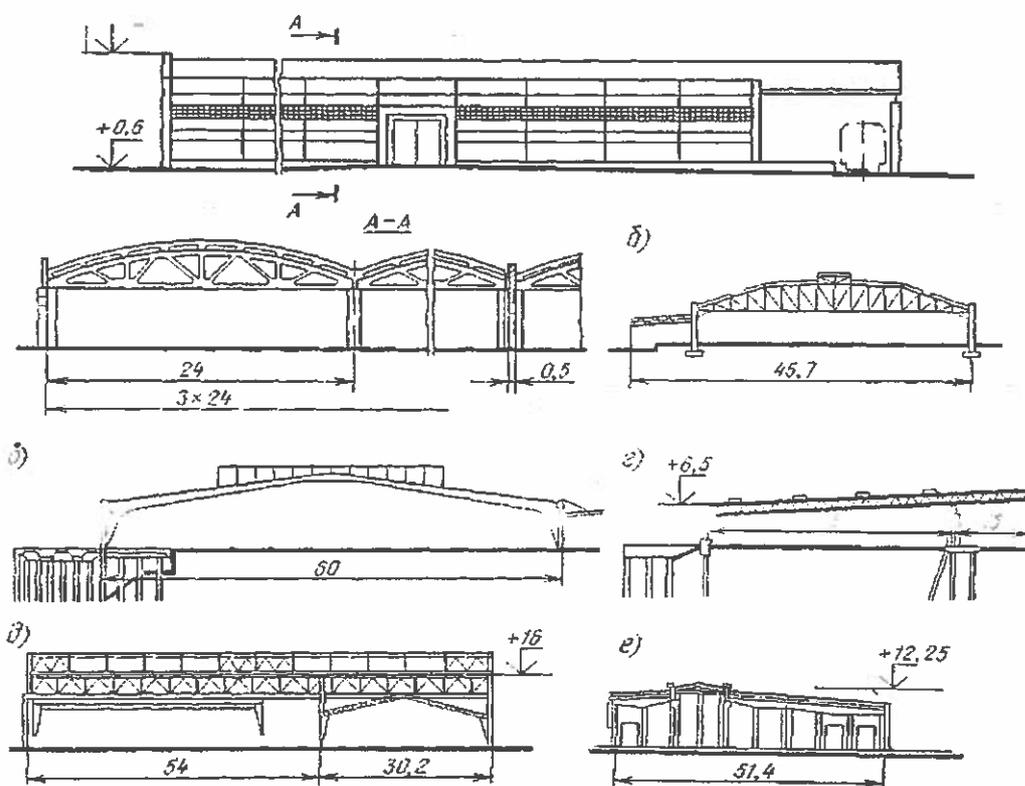
- для штучных грузов;
- холодильники (для длительного хранения скоропортящихся продовольственных грузов);
- для фруктов;
- для зерна россыпью (элеваторы, механизированные амбары);
- для навалочных грузов крытого хранения (цемент, суперфосфат, сахар-сырец, соль и др.);
- для жидких грузов наливом.

Крытые склады представляют собой сборные конструкции из железобетона и из легких сплавов.

В связи с общим переходом к стандартизации конструктивных элементов представилась возможность унифицировать планировочные и конструктивные элементы портовых складов и типизировать их.

В настоящее время приняты следующие параметры одноэтажных железобетонных складов.

Тип склада	Ширина Склада, м	Ширина пролетов М	Общие данные для всех типов размеров
Техпролетный с одной тыловой рампой	60 48	18+24+18 12+24+12	Продольный шаг опор: Наружных – 6 м Внутренних-12 м
Двухпролетный с одной тыловой рампой	36	18+18	
Однопролетный с одной тыловой рампой или без рампы	24	24	Высота склада от пола до несущих конструкций-0 м
Однопролетный без рампы	12	12	



Одноэтажные склады

*а* – типовой из сборного железобетона; *б* – с перекрытием в виде сквозных стальных ферм; *в* – с металлическими рамами сплошной конструкции; *г* – с перекрытием в виде консольной фермы из облегченных трубчатых элементов; *д* – с раскрывающейся в поперечном направлении крышей из металла; *е* – с раскрывающейся в продольном направлении крышей из железобетона.

Длина одноэтажных складов обыкновенно соответствует длине обслуживаемых судов, а высота при переработке грузов напольным транспортом - не менее 6 м.; для складов, перерабатывающих грузы кранами, - с учетом максимальной высоты складываемого груза..

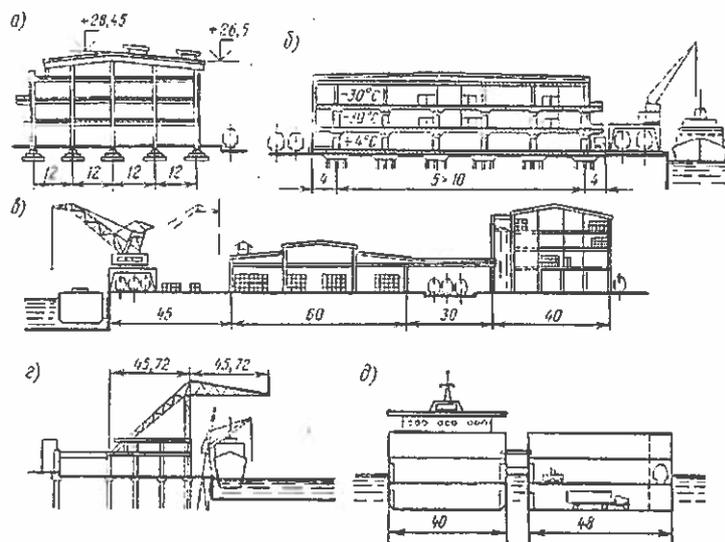
Полезная высота этажей многоэтажных складов (кроме первого) принимается не менее 4,5 м.

В целях пожарной безопасности длинные склады разбиваются на отсеки поперечными стенами (брандмауэры).

*Рампа* - высокая платформа, примыкающая к стене склада шириной 6-7 м для возможности перемещения автопогрузчиков, предназначена для обслуживания ЖД вагонов.

*Ворота* - могут быть откатные, подъемные шторные ворота с механическим приводом и дистанционным управлением шириной 5-6 м., высота 5,4 м.т.е. практически по всей ширине склада, что создает большие эксплуатационные удобства. Еще больших удобств можно достигнуть, если строить склады с открывающейся (съемной) крышей, что дает возможность загружать склад грузами с помощью порталных кранов. Такая конструкция крыши сопряжена с некоторыми трудностями, в частности обеспечения полной непроницаемости для атмосферных осадков.

Многоэтажный склад представляет собой более сложное сооружение. Он несет значительные эксплуатационные нагрузки, его необходимо оборудовать грузовыми террасами и балконами для обслуживания порталными кранами. Кроме того, эти склады оборудуются грузовыми лифтами, расположенными в специальных шахтах внутри склада.



### Многоэтажные склады

*a* - типовой из сборного железобетона; *б* - комплекс многоэтажного склада; *в* - склад-холодильник; *г* - крытый причал-склад; *д* - плавучий причал-склад.

### Определение необходимой площади складов

Необходимая полезная площадь складов  $\Pi$  определяется по формуле:

$$\Pi = E / q k(n)$$

где:  $E$  - требуемая по расчету емкость складов, м.куб.;

$q$  - расчетная эксплуатационная нагрузка на 1 м.кв. складской площади, занятой грузом;

$k(n)$  – коэффициент использования полезной площади складов для хранения грузов.

Под полезной площадью складов понимается вся их площадь за вычетом площадей, занятых строительными конструкциями, подсобными помещениями, стационарным оборудованием и дорогами.

Коэффициент  $k(n)$ , выбирается равным 0,5 – для многоэтажных складов шириной менее 36 м. Для смешанных грузов, и до 0,7 для одноэтажных складов шириной 24-36 м. и многоэтажных шириной свыше 48 м для однородных грузов.

*Необходимая емкость склада для одного причала  $E$  должна соответствовать требованию обеспечить постоянную возможность погрузки и разгрузки одного судна и выражается формулой:*

$$E = k(сл) D + e(z),$$

где:  $D$  - расчетное количество груза погружаемого на судно (или разгружаемого), т;

$k(сл)$  – коэффициент сложности грузопотока, учитывающий необходимость превышения наличного количества груза в связи с требованием рациональной загрузки судна;

$e(z)$  – запас емкости при несоблюдении режимов обработки судов и подвижного состава смежных видов транспорта, т.

Расчетное количество груза  $D$  принимается по наибольшему судну.

Коэффициент сложности по штучным грузам принимается в пределах следующих значений:

- для смешанных грузов - 1,3-1,6

- для однородного груза - 1,0-1,3

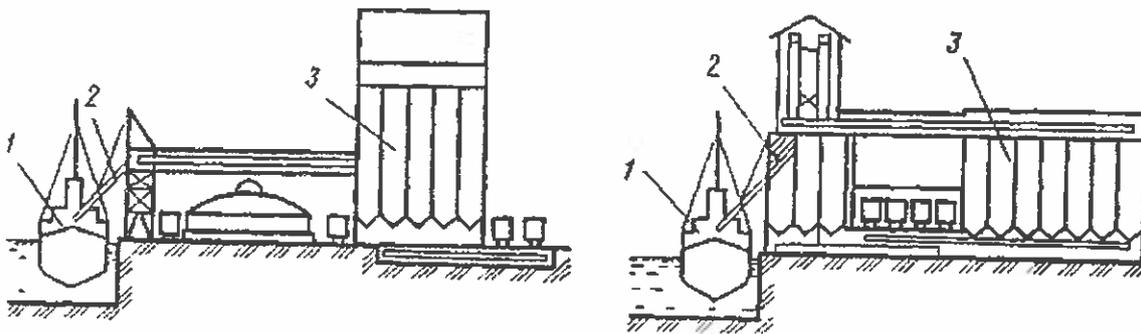
Запас емкости принимается по нормам технологического проектирования и колеблется в широких пределах.

#### *Склады для зерна.*

Характерное свойство зерновых грузов – их однородность и сыпучесть. В портах для хранения и перегрузки зерна

применяются главным образом элеваторы, а в отдельных случаях – механизированные амбары.

Элеватор отличается от механизированного амбара (как правило, больше 25 тыс.т.), более совершенным и производительным оборудованием, служащим не только для транспортировки зерна, но и для повышения его качества (путем очистки, сортировки, сушки). Элеватор отличается от обычных портовых складов тем, что он осуществляет не только краткосрочное, но и долгосрочное хранение зерна. В ряде случаев служит для хранения государственных запасов зерна (емкость некоторых элеваторов составляет 100 тыс.т. и более). Портовые зерновые элеваторы, представляя собой сложные хозяйственно-технические комплексы, не находятся в ведении портов, а подобно другим элеваторам подведомственным организациям, занимающимися заготовкой и хранением зерна.



Схемы расположения элеваторов по отношению к причалам

1 – судно; 2 – элеватор; 3 – пневматическая перегрузка

#### *Склады для нефтепродуктов.*

Нефтепродукты в портах хранятся в специальных резервуарах наземного и подземного типа. При проектировании нефтяных складов должны быть предусмотрены устройства для удобства приема и отпуска нефтепродуктов. Расстояние до промышленных предприятий и жилых кварталов должно быть от 40 до 200 м в зависимости от категории нефтескладов.

Резервуары с нефтепродуктами располагаются группами с общей емкостью не более 30 тыс.т.

Расстояние между наземными резервуарами в группе должно быть не менее одного диаметра наибольшего резервуара. Для подземных емкостей допускается меньшее расстояние. Если склад предназначен для нескольких сортов нефтепродуктов, выделяются отдельные группы резервуаров по видам продуктов:

- светлые нефтепродукты;
- темные нефтепродукты;
- масла.

Расстояние между группами резервуаров должно быть не менее 50 м.

Наземные резервуары или их группы надо оградить валом, при этом объем внутри огражденного пространства должен составлять не менее половины общего объема резервуаров, а высота не менее одного метра. Расстояние между наземными резервуарами и прочими зданиями и сооружениями нефтебазы должно быть не менее 10-80 м. в зависимости от категории нефтескладов и рода объектов.

Подземные резервуары не ограничиваются емкостью, причем расстояние между ними, а также между резервуарами и прочими зданиями и сооружениями нефтебазы могут быть уменьшены вдвое – против расстояний для нефтескладов с наземными резервуарами. Нефтесклады снабжаются системой трубопроводов, связывающих приемные устройства ( морские или ЖД) с насосной станцией и резервуарами, а также с разливочной и раздаточной колонками.

В некоторых случаях рельеф местности позволяет обеспечить нефтесклад самотечной системой раздачи продуктов.

Наземные резервуары устраивают преимущественно из стальных листов, подземные – из железобетона.

Из соображений пожарной безопасности резервуары окрашивают в светлые цвета и снабжают вентиляцией и другими устройствами.

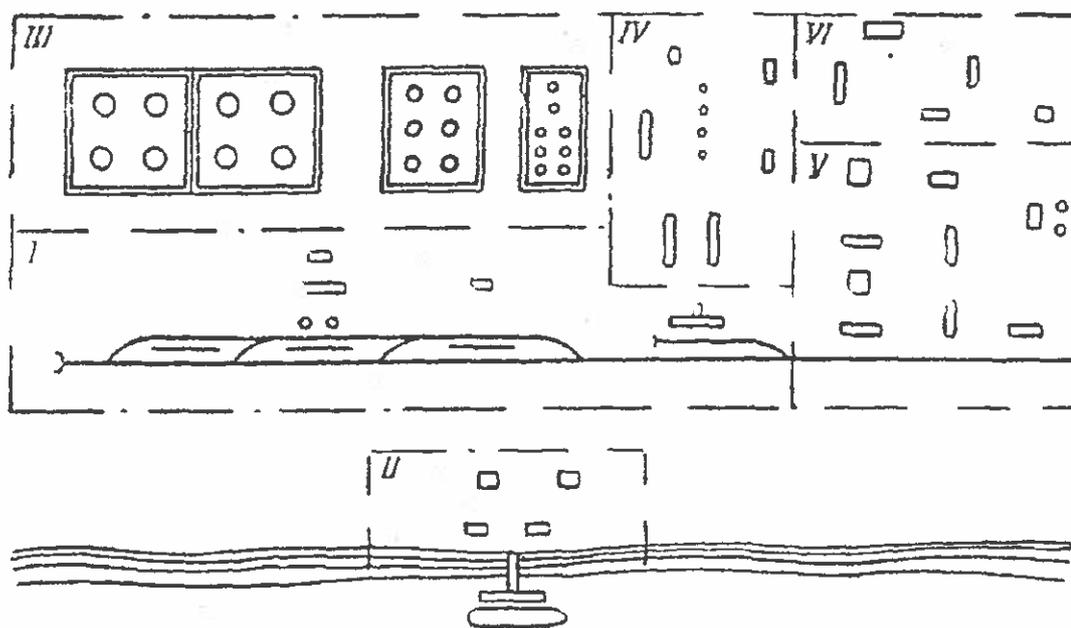


Схема портовой перевалочной нефтебазы

I – зона железнодорожного приема; II – зона водного приема и отпуска; III – зона резервуарного хранения; IV – зона розничного отпуска; V – зона производственных зданий и сооружений; VI – зона административно-хозяйственных зданий и сооружений.

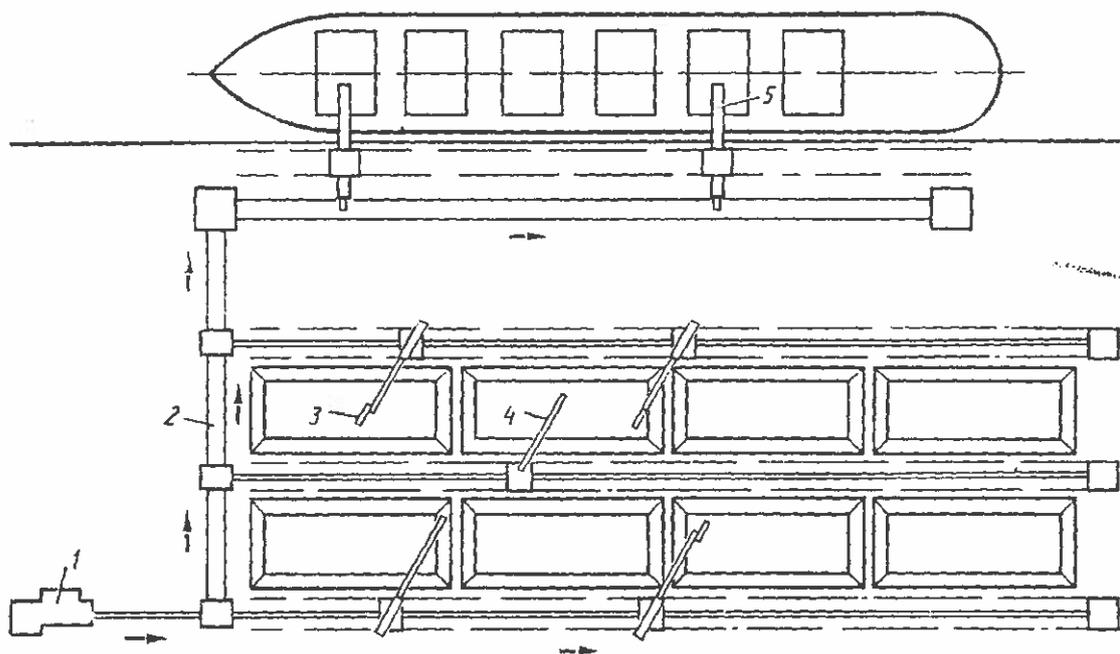
### Склады для навалочных грузов.

Для удобства выполнения перегрузочных операций с навалочными грузами склады для них представляют штабеля, расположенному параллельно кордону причального фронта. Размеры штабелей и расстояние между ними определяется требованиями технологии перегрузочного процесса и пожарной безопасности (для угля).

Для каждой марки угля следует устраивать отдельные штабеля. В зависимости от подверженности самовозгоранию угля устанавливается предельная высота штабеля. Для неустойчивых углей высота штабеля не должна превышать 3 м. при сроке хранения до 1 мес. и 2 м. при сроке хранения свыше 1 мес. Для углей средней устойчивости высота штабеля не должна превышать соответственно 3-4 м. Для устойчивых углей высота штабеля не ограничивается.

Размеры штабелей в плане не ограничиваются и определяются технологией грузовых работ; расстояние между штабелями должно быть не менее 2 м., при этом каждый штабель должен примыкать к пожарному проезду шириной не менее 10 м.

Высота штабелей руды и минерально-строительных материалов (песок, гравий) устанавливается лишь из соображений прочности и устойчивости причалов, а не пожарной безопасности.



Принципиальная схема специализированной установки для погрузки навалочных грузов в суда

1 – Ваганоопрокидыватели; 2 – конвейерные линии; 3 – реклаймеры (устройства для выгрузки груза из штабеля); 4 – стакер (штабелирующее устройство); 5 – кордонные погрузочные машины.

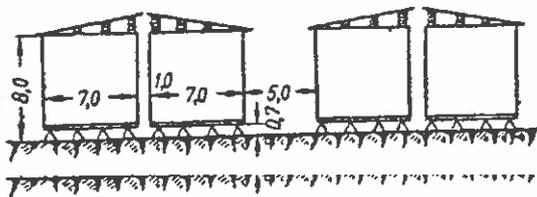
### Склады для леса.

Круглый лес (бревна) хранится в штабелях на подкладках, уложенных на выровненной поверхности. Высота штабелей не превышает 8 м., и располагают штабеля с разрывами не менее 5 м. Между группами штабелей устанавливаются проезды шириной не менее 15 м.

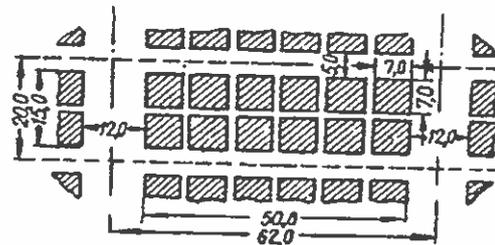
Пиломатериалы, особенно предназначенные для экспорта, хранятся на специальных фундаментах (бетонных или каменных) высотой 0,5-0,7 м., причем отдельные штабеля имеют в плане размеры 6,5 x 6,5 м. при высоте до 8 м. От атмосферных осадков их защищают съемными крышами.

Площади группы штабелей не должна превышать 350 кв.м., разрывы между смежными группами должна составлять не менее 5 и 12 м.

Ценные породы пиломатериалов хранятся под навесами или в закрытых складах.



Склад для пиломатериала



План склада для лесоматериалов

## ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ В ПОРТАХ

В современных условиях морские порты представляют собой сложные транспортные комплексы. По геометрической схеме подхода к порту транспортные коммуникации различают тупиковые (вытянутые в длину) и радиальные узлы. Большинство морских портов России связано с ЖД сетью страны. Только отдельные порты, расположенные в отдаленных районах Севера и Арктики, не имеют ЖД устройств. Железнодорожный транспорт является главным видом сухопутного транспорта в портах по обслуживанию транзитных и смешанных грузовых операций и в первую очередь связанных с внешней торговлей России.

Рациональное размещение основных ЖД устройств способствует повышению эффективности эксплуатационной деятельности портов.

*Общая схема железнодорожного оснащения портов.*

Железнодорожные устройства, обеспечивающие взаимосвязь морского транспорта с железнодорожным транспортом, состоят в крупных портах из следующих элементов:

- ЖД станции общего назначения, к которой примыкает портовый подъездной путь;
- специальной портовой грузовой станции;
- портовых районных ЖД парков;
- погрузо-разгрузочных путей на причалах и у складов;
- подъездных, соединительных, весовых и других вспомогательных

Схема ЖД оснащения порта, конструкция, размеры ЖД устройств выбираются в зависимости от характера и объема работы порта, территориального расположения его и ближайших ЖД устройств, технологии переработки грузов, порядка сортировки вагонов, формирования поездов и передач, а также участия в грузообороте других видов транспорта.

Подъездные портовые пути для приема и отправления поездов примыкают к сортировочной или грузовой станции ЖД узла, обслуживающий данный портовый город. Специальная портовая станция может размещаться как на территории порта так и вне ее (на подходах к порту). Наиболее целесообразно эту станцию максимально приближать к грузовым районам порта.

Портовые районные ЖД парки располагаются на территории порта возможно ближе (не далее 0,5-1 км) к обслуживаемым грузовым районам. Районные парки составляют часть портовой станции, приближенную к фронтам переработки грузов.

Погрузо-разгрузочные пути – первичный элемент ЖД устройств. Часть погрузо-разгрузочных путей размещается непосредственно на причалах, обычно параллельно кордону (Прикордонные пути), между подкрановыми путями, а другая часть – в тылу причального фронта, у складов (тыловые или складские пути). Все эти устройства сообщаются между собой отдельными ходовыми соединительными путями.

ЖД обслуживание крупных портов с большим грузооборотом выполняется в основном по следующей схеме. Маршруты, имеющие назначение в порт, обрабатываются на портовой станции. Здесь составы принимают, расформировывают и сортируют вагоны по причалам, трюмам судов или по складам. Вагоны с грузом в адрес порта, поступающие на сортировочную станцию узла в сборных поездах, передаются на портовую станцию передаточными поездами. После накопления на портовой станции вагоны группами направляются передаточными поездами в соответствующие районные парки, откуда отдельными подачами с помощью маневрового локомотива попадают к местам разгрузки.

Порожняк по мере разгрузки накапливается на специальном пути в районном парке, затем поступает на станцию, откуда направляется под погрузку в другие районы порта либо на станцию общего назначения.

При обратном направлении грузопотока (из порта) Порожние вагоны с портовой станции подаются в районные парки, а оттуда группами под погрузку на Прикордонные или тыловые пути. Грузовые вагоны собирают на выставочном пути районного парка и передают на портовую станцию. На станции формируют маршруты, а отдельные вагоны, не входящие в них, передаточным поездом направляются на станцию общего пользования для включения в сборные поезда.

В портах со сравнительно небольшим вагонооборотом специальная портовая станция не устраивается, а районные парки или погрузо-разгрузочные пути непосредственно связываются с ЖД станцией общего назначения, обслуживающей порт.

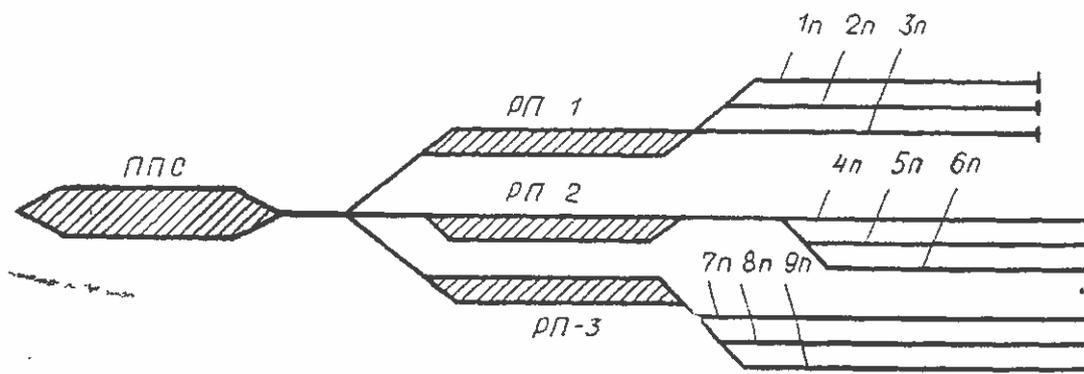


Схема комплекса железнодорожных устройств в порту  
 ППС – Предпортовая сортировочная станция; РП – районные парки; 1п, 2п, 3п  
 ...- пути погрузочного фронта.

## АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ В ПОРТАХ

В портах автотранспорт используется в основном для доставки или вывоза местных грузов, получатели или отправители которых находятся в данном городе или близлежащем районе.

Важную роль в автодорожном хозяйстве порта имеет Прикордонная зона, особенно при переработке лесных и штучных грузов. Здесь производится перевалка грузов из судов в автомашины или обратно, в этой полосе работают погрузчики и другие машины.

Часто Прикордонная полоса шириной до 40-50 м. имеет твердое покрытие и служит погрузочным фронтом, оперативной площадкой и автодорогой. Погрузочный фронты для автомашин есть и у складов. Погрузчики и часть машин могут заезжать внутрь склада.

Основная загрузка или разгрузка автомашин производится у рампы с тыловой стороны склада. Вдоль нее прокладывается автодорога шириной 8 и более м., которая служит для подъезда автомашин. Имеющиеся здесь ЖД пути не выступают над уровнем дороги.

Основными проездами в порту являются одна или две магистральные автодороги шириной 6-9 м., расположенные вдоль портовой территории между линиями складов примерно параллельно береговой линии.

От магистральных ответвляется сеть поперечных автодорог шириной 3,5 – 6 м., расположенных на границе между причалами и складами, выходящими также на пирсы и молы. Кроме того, имеются автостоянки для машин, ожидающих загрузки или разгрузки.

Таким образом, вся портовая территория покрыта сетью продольных и поперечных автодорог и площадок. Портовая сеть сообщается с городскими автодорогами при помощи нескольких подъездных дорог (не менее двух)

При больших грузопотоках работа автотранспорта организуется по кольцевой системе. В целях обеспечения непрерывной перегрузки из судна в автомашины или обратно график движения автотранспорта строится таким образом, чтобы машины прибывали немного раньше, чем закончится цикл работы крана, что устраняет простой судна и крана, хотя и вызывает небольшое ожидание машин.

При погрузке навалочных грузов предусматривается устройство бункеров, что ускоряет загрузку автомашин.

В зависимости от интенсивности движения портовые дороги могут быть разделены на три категории:

I - более 100 автомобилей в час в одном направлении;

II - от 15 до 100;

III - менее 15.

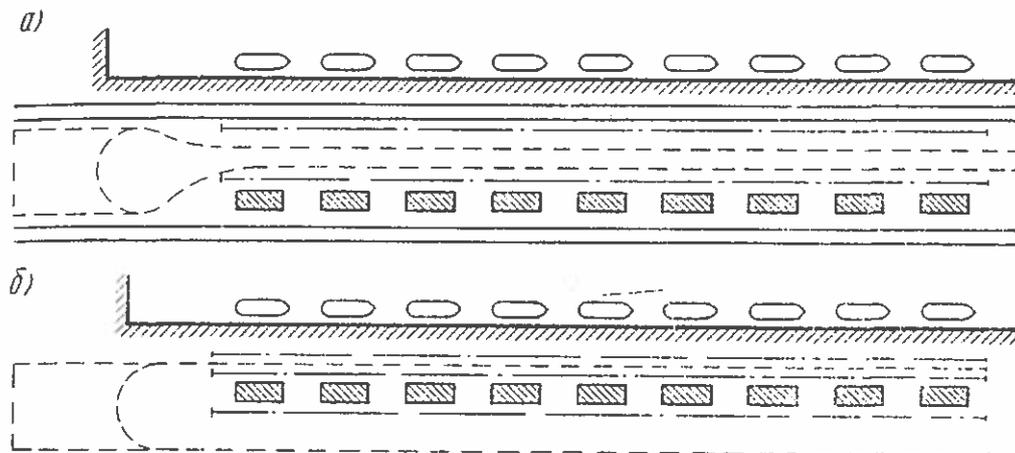


Схема расположения автомобильных дорог на причальном фронте при наличии (а) и отсутствии (б) железнодорожных путей.

## ОГРАДИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

### *Назначение и классификация оградительных сооружений.*

Оградительные сооружения в портах предназначены для того, чтобы защитить от волнения, движущегося льда акваторию, на которой обеспечивается безопасность захода, выхода, маневрирования и стоянки судов.

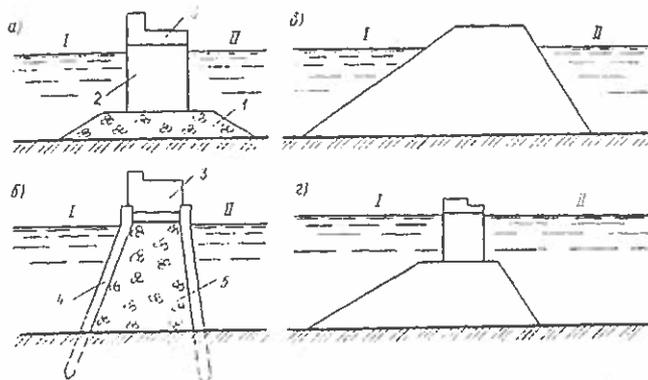
Различают следующие виды оградительных сооружений:

1. Молы – оградительные сооружения, примыкающие к берегу или к искусственно созданной территории порта.
2. Волноломы – оградительные сооружения, не имеющие соединения с берегом.
3. Оградительные дамбы – сооружения, защищающие морские каналы от течений, движущегося льда, волнения или одного из указанных природных факторов.

По расположению оградительные сооружения могут быть внешними и внутренними. Внешние – предназначены в основном для защиты акватории порта от проникновения со стороны моря волнения, течений, наносов, льда и иногда для защиты подходных каналов от наносов. Внутренние – возводят на акватории порта, отделяя одну ее часть от другой и служат для предотвращения образования вол на самой акватории.

По принципу гашения энергии и волнения оградительные сооружения бывают в виде сплошных стенок, сквозных конструкций, плавучих, гидравлических и пневматических сооружений.

Сплошные стенки по форме поперечного сечения бывают вертикального, откосного и смешанного профиля. В свою очередь оградительные сооружения вертикального профиля могут быть гравитационными и свайными.



### Схема оградительных сооружений в виде сплошных стенок

*а* – вертикального профиля гравитационного типа; *б* – то же свайного типа; *в* – откосного профиля; *г* – смешанного профиля; 1 – постель; 2 – подводная стенка; 3 – надстройка; 4 – шпунтовое или свайное ограждение в виде сплошной стенки; 5 – заполнение; I – море; II – гавань.

*Сквозные конструкции* преграждают путь волновому воздействию только в верхней части водной среды. Возможность применения такой конструкции основывается на том, что 98 % волновой энергии сосредоточено в приповерхностном слое жидкости толщиной равной трем высотам волн. Поэтому сквозные сооружения выполняются не в виде сплошной стенки, а в виде стенки, заглубленной над уровнем воды примерно на высоту 2-2,5 м.

*Плавающие оградительные сооружения* основаны на использовании свойств, плавающих на поверхности жидкости тел, гасить волны. Могут использоваться там, где возведение стационарных волноломов технически невозможно, а также для организации временной защиты от волнения отдельных участков. Такие сооружения, как и сквозные конструкции, перекрывают путь волнению в верхних слоях водной среды и состоят из плавучего волногасящего элемента и якорных устройств.

*Пневматические и гидравлические оградительные сооружения* основаны на принципе гашения волн в первом случае воздушной завесой, которая образуется от нагнетания воздуха в подводный трубопровод, снабженный отверстиями, находящимися на определенном расстоянии одно от другого по длине трубы, а во втором случае – гашением волны водяной струей, вытекающей из аналогичного трубопровода, расположенного близко к поверхности воды.

### **Конструкции оградительных сооружений.**

*Гравитационные оградительные сооружения* состоят из трех основных элементов: каменной постели, подводной стенки и надстройки.

*Каменная постель* устраивается при любых грунтах и предназначена для создания ровной поверхности, на которую устанавливается подводная стенка. При использовании каменной постели нагрузка от массы сооружения распределяется на большую площадь грунта и тем самым уменьшается давление на поверхность естественных оснований. Для скальных грунтов постель служит только для выравнивания основания. Она может быть выполнена из камня при толщине слоя 0,25 м. В остальных случаях толщина каменной постели принимается по расчету, но не менее 1 м. Крупность камня выбирается из условия, чтобы донные течения не размывали каменную постель. Иногда для более надежной защиты ее покрывают бетонными массивами.

*Подводная часть* вертикальной стенки несколько возвышается над уровнем воды, чтобы работы по строительству надстройки производить насухо. Подводная часть может быть выполнена из

бетонных массивов, массивов-гигантов, из ряжей и железобетонных оболочек большого диаметра.

Стенки из бетонных массивов в форме параллелепипеда массой 100 тонн называются стенками из обыкновенных массивов. Массивы массой до 200 т называются ячеистыми, а массой до 450 т – циклопическими.

Отдельные циклопические массивы, имеющие сквозные отверстия, собираются в виде вертикальной стенки. В отверстия устанавливаются жесткие металлические каркасы с последующим заполнением бетоном.

Ячеистые массивы представляют собой железобетонные ящики без дна с толщиной стенок 0,7-1,0 м. Массивы устанавливаются на постель, а в их внутреннюю полость укладывают бетон.

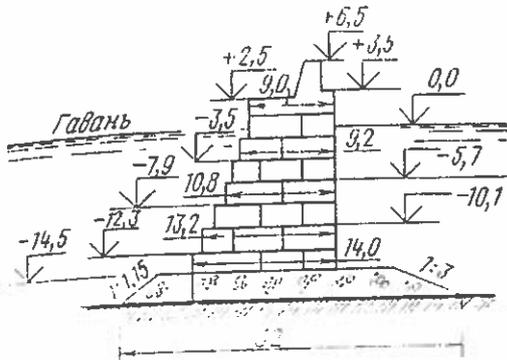
Массивы – гиганты – это, как правило, железобетонные ящики, изготавливаемые высотой равной полной высоте подводной стенки, с длиной секции 25-30 м или не больше трехкратной высоты стенки. Ширина определяется из условий его устойчивости. Ящик массива-гиганта для повышения жесткости разделяется внутренними поперечными, а при большой ширине и продольными стенками на отсеки с размерами вдоль массива-гиганта обычно 3-4 м и поперек 5 м. Ящики массивов-гигантов изготавливают на суше в специальных гаванях, оборудованных специальными устройствами для спуска их на воду., буксируют к месту и затопливают в месте установки, открыв кингстоны в днищах массивов-гигантов. После затопления ящики заполняются смесью песок - гравий. Преимущества сооружений из массивов-гигантов:

- более монолитные по сравнению с сооружениями их обыкновенных массивов;
- работы по возведению менее трудоемки;
- сроки строительства короче;
- не требуется мощных плавучих кранов;
- резко сокращается объем водолазных работ.

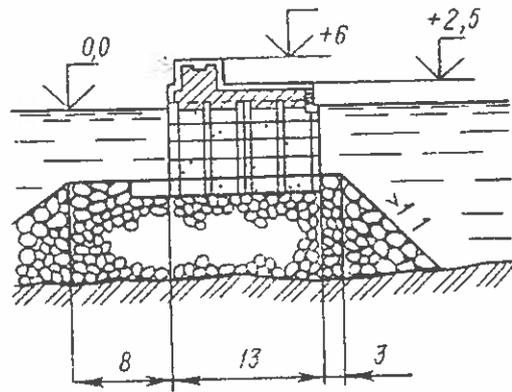
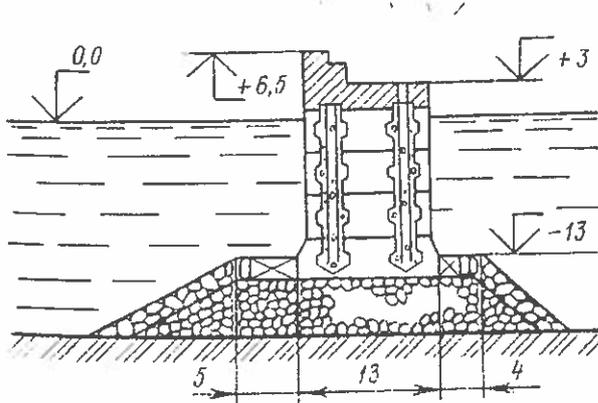
Оболочки большого диаметра ( 10 м и более) изготавливаются из металла и железобетона. Оболочки заглубляются непосредственно в грунт или устанавливаются на каменную постель. Заполнение оболочек производится песком. Толщина стенок железобетонных оболочек принимается 0,2- 0,4 м, а их масса может достигать 500 т (зависит от глубины), Для уменьшения массы оболочки выполняются из отдельных колец или плоских составных элементов с последующей их сборкой.

Верхнее строение в сооружениях из оболочек устраивается из монолитного железобетона в виде плиты с парапетом. Строительство оградительных сооружений из оболочек эффективно на глубинах до 25 м.

В районах, где лес является дешевым местным материалом, подводные стенки оградительных сооружений изготавливаются из ряжей.



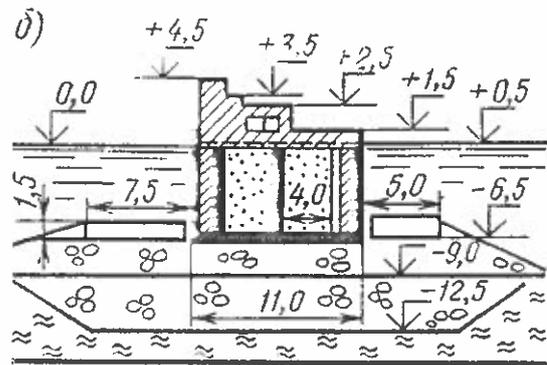
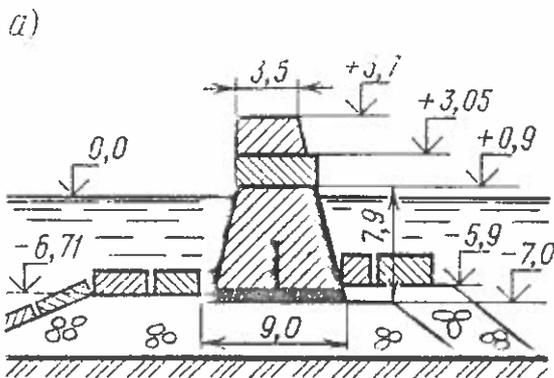
Оградительные сооружения  
из обыкновенных массивов



### Волноломы

а – из циклопических массивов с закладными элементами;

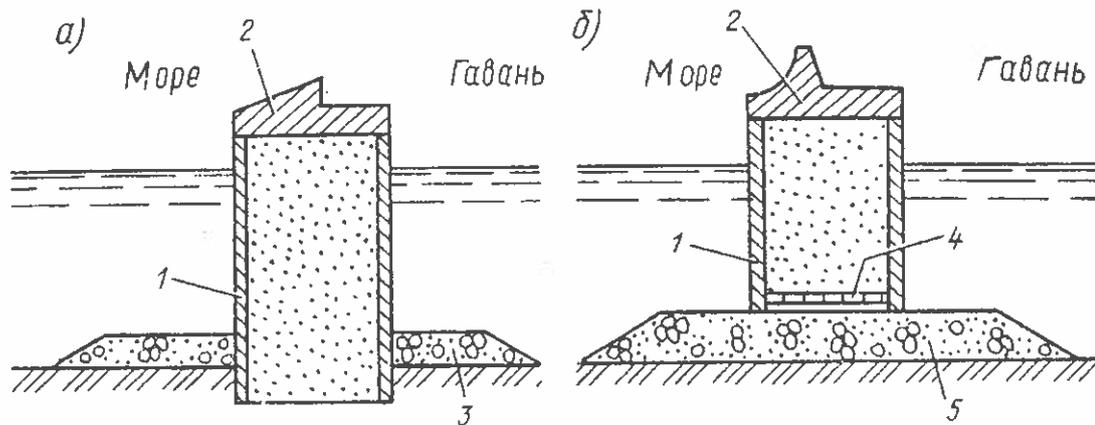
б – из целюлярных (ячеистых) массивов.



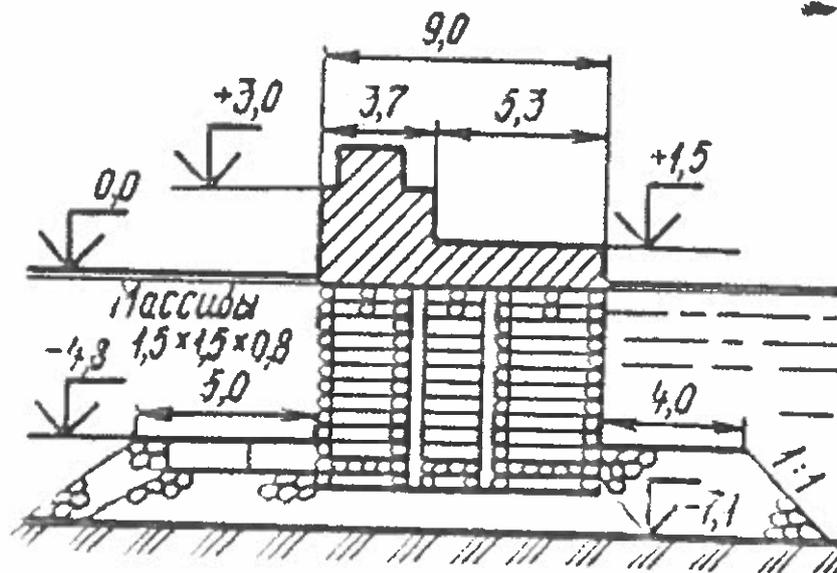
### Оградительные сооружения из массивов-гигантов

а – трапецидальной формы с бетонным заполнением;

б – прямоугольной формы с комбинированным заполнением.



Оградительные сооружения из оболочек большого диаметра  
 а - заглубленных в грунт основания; б - устанавливаемых на искусственное  
 основание; 1 - оболочка; 2 - верхнее строение; 3 - дноукрепление в виде  
 каменной отсыпки; 4 - щебеночный обратный фильтр; 5 - каменная плита



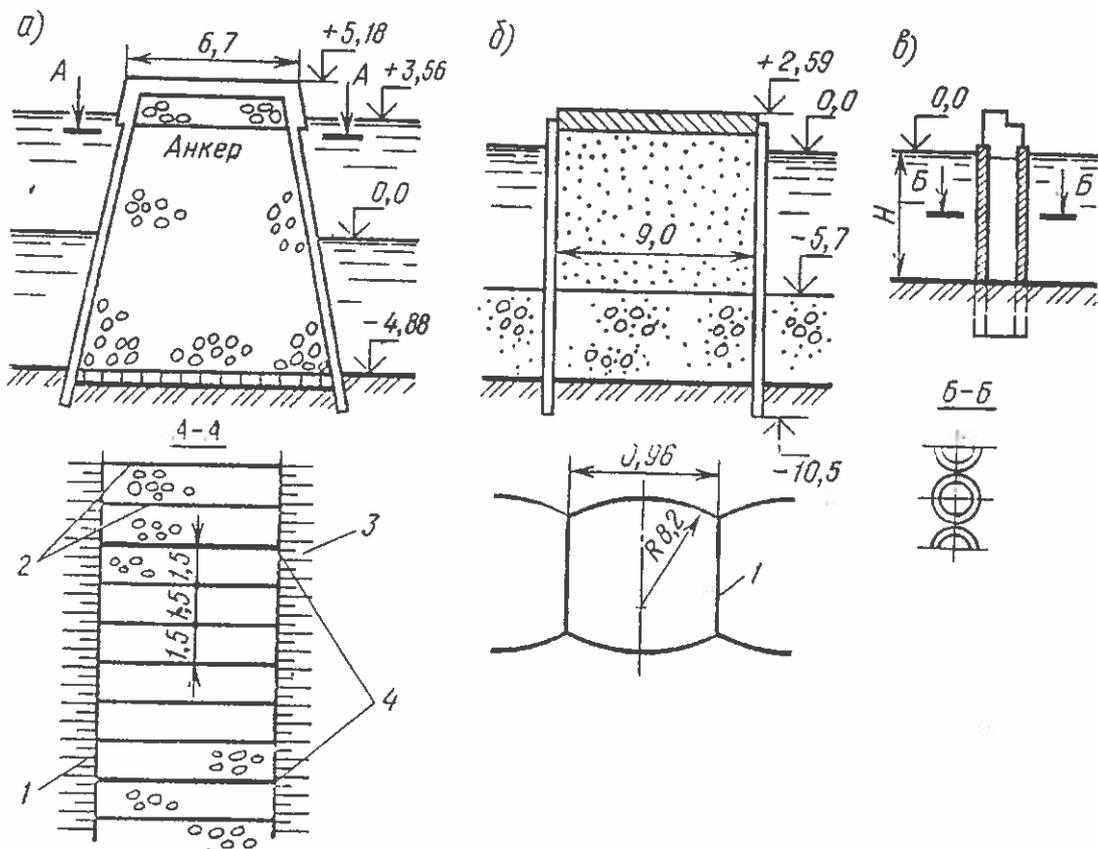
Оградительное сооружение ряжевого типа

*Надстройка оградительного сооружения* Воспринимает наибольшее волновое воздействие. Она должна быть прочной, жесткой и иметь надежное соединение с подводной частью для обеспечения совместной работы при волновом воздействии. Надстройка состоит из мощной монолитной горизонтальной плиты и сборно-монолитной вертикальной части, называемой парапетом. Минимальная толщина горизонтальной плиты надстройки составляет 1,5 м. Ширина парапета принимается не менее 1,5 м. Часто внутренняя сторона оградительного сооружения используется как причал для швартовки судов.

В этом случае возвышение парапета над гребнем стоячих волн, которое не допускает перелив через оградительное сооружение, должно составлять 0,5 м.

В надстройки оградительных сооружений устраивают потерны для прокладки инженерных сетей, устанавливают закладные части для крепления знаков навигационной обстановки. В местах стоянки судов надводную стенку оборудуют швартовными и отбойными приспособлениями.

*Свайные конструкции* могут быть выполнены в виде сплошной вертикальной стенки из свай, изготовленных из железобетона, металла или дерева. Оградительные сооружения в виде двух параллельных рядов свай применяются при высотах волн более 3,0 м. Параллельные свайные ряды через 10-20 м по длине соединяются поперечными стенками, называемыми диафрагмами. Вдоль параллельных рядов свай устраиваются распределительные пояса, которые скрепляются анкерными сваями. Пространство между рядами свай заполняется камнем, или песком (если используется металлический шпунт). Надводная часть обычно состоит из бетонной надстройки с парапетом. К числу свайных конструкций относятся однорядные стенки из оболочек



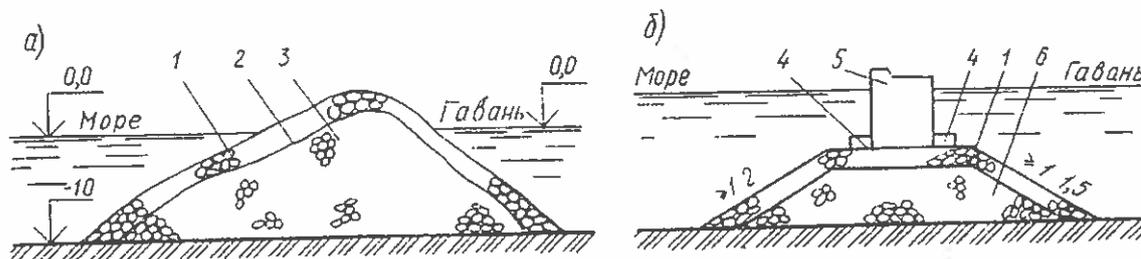
#### Оградительные сооружения свайной конструкции

*а* – из двух параллельных наклонных рядов шпунта; *б* – в виде сегментных ячеек; *в* – из оболочек; 1 – шпунт; 2 – анкер; 3 – откос шпунтины; 4 – диафрагмы

**Сооружения откосного типа.** Оградительные сооружения откосного типа строят из различного вида набросок: каменной, массивной и фасонных блоков.

Каменные наброски могут быть из несортированного и сортированного камня. Сооружения из несортированного камня возводят на сравнительно небольшой глубине и слабом волнении. Используется рваный камень изверженных или осадочных пород массой от 5 кг до нескольких тонн. Значительному волнению могут противостоять только крупные камни. Поэтому возникает необходимость в сортировке камня с тем, чтобы на откосах сооружения располагать наибольшие по массе камни.

Оградительные сооружения из сортированного камня выполняют из послойно уложенных камней различной крупности поверх внутренней части сооружения, называемого ядром. Ядро может быть выполнено из песка, гравия или несортированного камня.

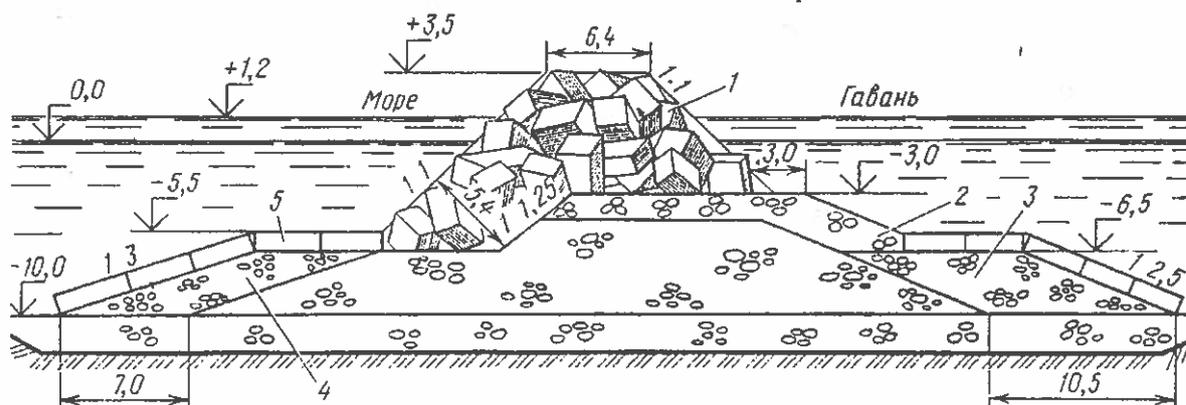


#### Оградительные сооружения

*а* - из наброски сортированного камня; *б* - смешанного типа; 1 - крупный камень; 2 - камень средней крупности (до 1 т.) 3 - карьерные отходы; 4 - берменный камень; 5 - массивная кладка; 6 - мелкий несортированный камень

На больших глубинах строительство сооружений откосного типа из-за большого объема наброски неэкономично. В этом случае целесообразно применять конструкции смешанного типа.

Если в районе строительства отсутствует или имеется в ограниченном количестве естественный камень массой более 2 т для создания устойчивого откоса наброски, то морской откос покрывают массивами от 30 до 60 т, имеющим форму параллелепипедов или кубов.

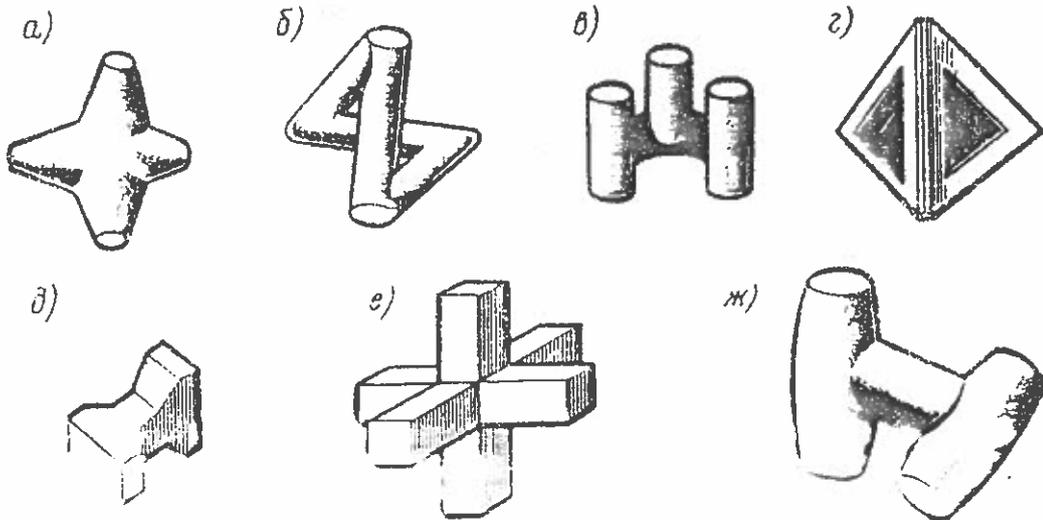


#### Волнолом из наброски

1 - наброска из массивов массой 57 т.; 2 - камень массой более 1 т.; 3 - камень массой менее 0,5 т.; 4 - берма; 5 - берменные массивы

Большое распространение получили откосные конструкции из обыкновенных бетонных массивов. Во всех случаях в конструкциях таких сооружений устраивается каменное основание (постель), поверх которой выполняется массивная наброска. Поперечное сечение имеет форму трапеции с прямолинейными боковыми сторонами (или с бермами). Бермы необходимы для создания упора откосному креплению и для уширения профиля сооружения в нижней части при любых грунтах основания. Бермы могут быть только со стороны моря или с двух сторон. Пористость сооружений из массивной наброски составляет 40-50%.

Поиски удешевления конструкций откосных ограждающих сооружений привели к созданию различных форм фасонных блоков. Наброска из фасонных блоков имеет высокую пористость и шероховатость, что приводит к разделению накатывающейся волны на большое число отдельных струй. Энергия этих струй теряется при столкновении одна с другой. Такие сооружения обладают большей волногасящей способностью.

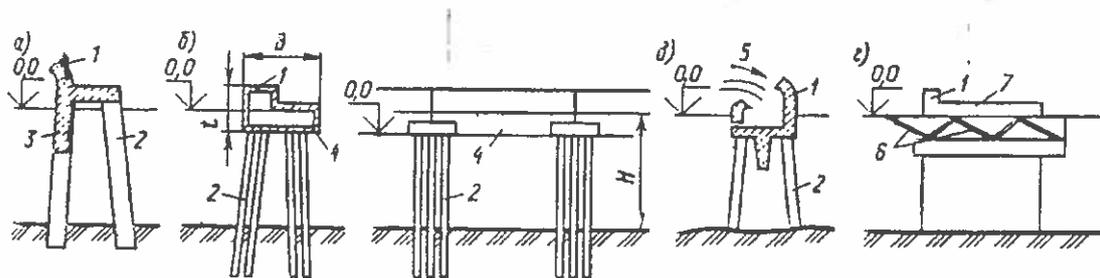


### Фасонные блоки

*a* - тетрапод; *б* - стабит; *в* - трибар; *г* - тетрадр; *д* - дипод; *е* - гексалег; *ж* - доллос

Наибольшее распространение из всех фасонных блоков получили тетраподы. Наброска из тетраподов обладает большим сцеплением и, следовательно, большей устойчивостью. Это позволяет увеличить крутизну откосов, следовательно, уменьшить поперечный профиль сооружения и снизить его стоимость. Для строительства у нас в стране применяются тетраподы массой от 3 до 15 т. Имеются сооружения из тетраподов массой до 32 т. Наброска из тетраподов имеет пористость 50-55%.

*Сквозные сооружения.* Эти конструкции могут быть выполнены с волногасящим тонким экраном или с ящичным экраном. Экран обеспечивает лучшее волногашение при том же заглублении нижней грани, но имеет более сложную конструкцию. Сквозные волноломы с экранами возводят при высоте волн до 3 м и глубинах, превышающих  $4h$ ,  $h$  - высота волн. Такие волноломы целесообразны при сравнительно крутых волнах.



### Волноломы сквозной конструкции

*a* - с тонким экраном; *б* - с ящичным экраном; *в* - с волногасящей камерой и тонким экраном; *г* - с решетчатым волногасителем; 1 - парапет; 2 - свайные опоры; 3 - тонкий экран; 4 - ящичный экран; 5 - волногасящая камера; 6 - решетчатый волногаситель; 7 - гравитационная опора.

Волногасители в сквозных конструкциях опираются на отдельные опоры, которые расположены на значительном расстоянии одна от другой. Конструкции опор могут быть различны. При наличии прочных грунтов применяются отдельные гравитационные опоры. Если грунты слабые, то опорами служат колонны – оболочки диаметром от 3 до 8 м, оболочки диаметром до 1,6 м или призматические сваи сечением 45 x 45 см. На опоры передаются нагрузки от верхнего строения. Лучшее волногашение обеспечивается волноломами с волногасящей камерой или решетчатым волногасителем.

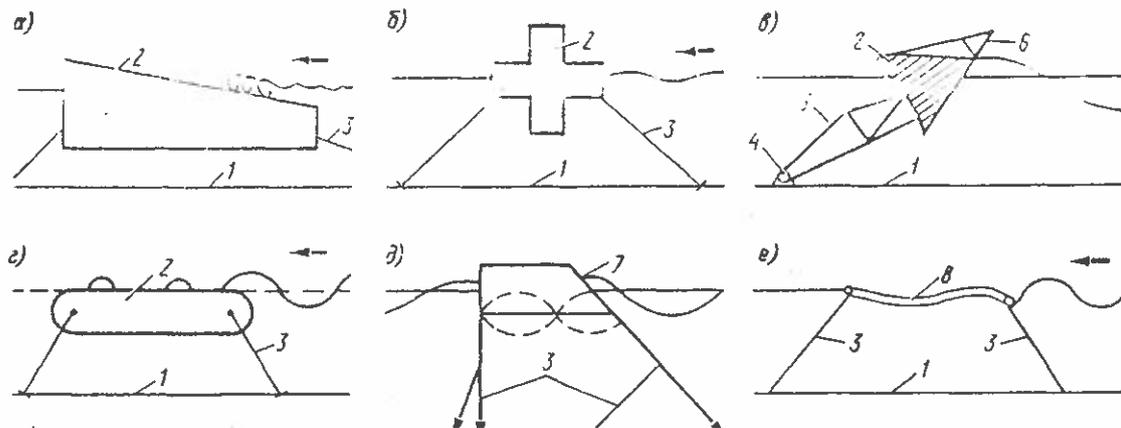
*Плавающие волноломы.* Такие волноломы, так же как и сквозные, перекрывают путь к волнению на некоторой части глубины. Существует большое количество разновидностей таких волноломов. Как в России так и за рубежом проектировались и исследовались плавающие волноломы с наклонной лицевой гранью (рис. а), волногасящей камерой и волногасящей решеткой. Волногашение плавающих волноломов с крестообразным поперечным сечением (рис. б) обеспечивается колебаниями волнолома, асинхронными с подходящими волнами. К этой же группе можно отнести плавающие качающиеся волноломы, шарнирно соединенные с опорами, установленными на дне (рис. в). Удачным решением оказываются плавающие жесткие и гибкие емкости, заполненные частично воздухом и водой (рис. г). Конструкция имеет незначительную собственную массу, а масса волнолома создается в основном благодаря массе воды, заполняющей емкость. Гибкие емкости позволяют создавать волноломы, которые в случае необходимости могут быть легко демонтированы и установлены на новом месте.

Во Франции запатентована конструкция плавающего волнолома (рис. д.), который состоит из передней стенки, наклоненной под углом 45 градусов к горизонту, тыловой вертикальной стенки и горизонтальной палубы, дна у волнолома нет. Воздушная подушка внутри секции волнолома обеспечивает его плавучесть. Волнолом устанавливается на якорях с наклонными якорными цепями, прикрепленными к верхней и нижней его граням. Якорные цепи натянуты для того, чтобы не допустить значительных смещений волнолома при воздействии волн. Волногашение обеспечивается следующим образом. Часть волновой энергии воспринимается лицевой наклонной гранью волнолома. Большую роль играют камеры-резонаторы, образованные внутри секций волнолома благодаря отсутствию дна. В камерах под воздействием волн, подходящих к волнолому, образуются стоячие волны. Отражение волны происходит, если частота колебания массы воды близка к частоте подходящей волны. Камеры-резонаторы способствуют уменьшению волновых

воздействий, воспринимаемых понтоном, и усилий, передаваемых на якорные цепи.

В последние годы для волногашения предложено использовать маты, которые могут быть установлены в горизонтальном или вертикальном положении.

Горизонтально установленный мат из пластического материала (рис. е) имеет плавучесть, обеспечиваемую большим числом внутренних ячеек, которые заполнены пористым материалом. В неподвижном положении мат закрепляется якорями.



#### Плавающие волноломы

1-дно водоема; 2-понтон; 3-якорные устройства; 4-опорный шарнир; 5-опорная ферма; 6-козырек; 7-камера-резонатор; 8-гибкий мат.

*Пневматические волноломы.* Состоят из четырех основных частей:

1. Устройство, служащее для выпуска мелких пузырьков или больших масс воздуха в толщу воды, частицы которой совершают орбитальные движения.
2. Трубопроводы, подводящие сжатый воздух к месту его выпуска.
3. Компрессорная станция, обеспечивающая волнолом сжатым воздухом.
4. Опорная конструкция.

Пневматические волноломы работают только в периоды, когда волнение на акватории может быть помехой для стоянки судов у сооружений. Такими волноломами целесообразно оборудовать входные ворота порта в случаях, когда по местным условиям не удастся расположить вход в порт таким образом, чтобы избежать проникновения волнения на акваторию. Уменьшение высоты волн при работе пневматического волнолома объясняется тем, что образуется поверхностное течение и создается воздушная завеса, благодаря которой происходит частичное отражение волн и рассеивание их энергии. Глубина заложения перфорированных труб должна быть приблизительно равна половине длины волны. Пневматические заграждения можно использовать для решения таких

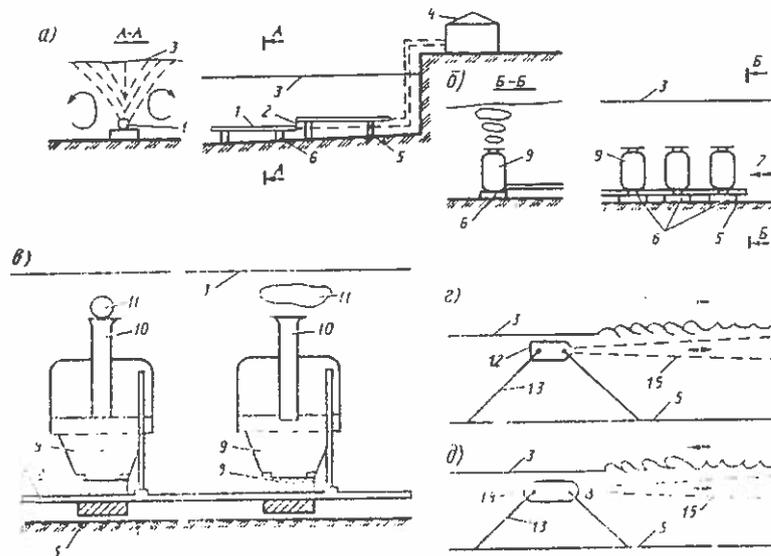
задач, как создание ограждений, препятствующих распространению нефти, разлитой на поверхности воды

*Гидравлические волноломы* осуществляют гашение волн в результате образования потока воды, направленного в сторону, противоположную распространению волн. Основные элементы гидравлического волнолома:

1. Рабочие трубы с насадками.
2. Водопроводные магистрали.
3. Насосная станция.

Гидравлические волноломы рекомендуется использовать при коротких крутых волнах, когда соблюдаются условия:  $ml > 1/15$ ;  $l < 25$  м;  $H > 1/3l$

Преимущество пневматических и гидравлических волноломов заключается в том, что они могут быть быстро смонтированы на акваториях. Демонтаж и перестановка на другое место таких волноломов также особых затруднений не вызывает.



#### Пневматические и гидравлические волноломы

а - пневматический волнолом с распределенной подачей воздуха; б - пневматический волнолом с сосредоточенной подачей воздуха; в - схема работы ресивера при сосредоточенной подаче воздуха; г - гидравлический волнолом; д - создание волногасящего потока механическим способом; 1 - рабочие перфорированные трубопроводы; 2 - подающие воздухопроводы; 3 - поверхность акватории порта; 4 - компрессорная станция; 5 - дно водоема; 6 - опорные конструкции; 7 - воздухопровод; 8 - балласт; 9 - ресивер; 10 - выпускной патрубок; 11 - макропузырь; 12 - гидронасадка; 14 - механический потокообразователь; 15 - волногасящий поток воды.

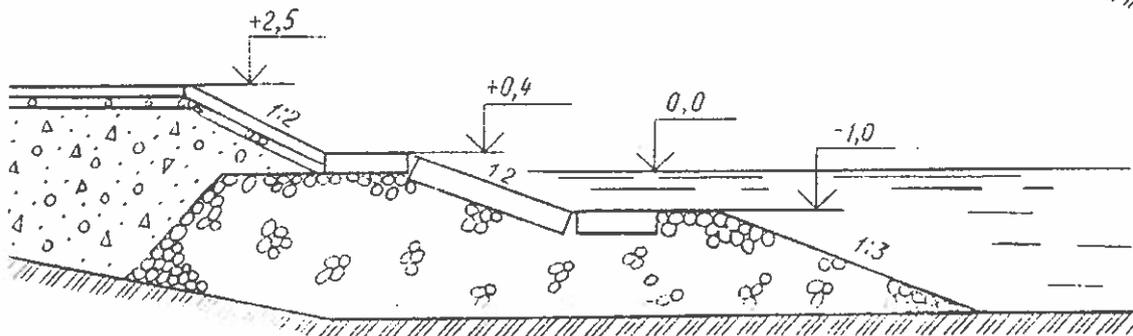
## БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Для защиты берегов от разрушения возводится комплекс специальных берегозащитных сооружений.

Они предназначены для восприятия волновых воздействий, гашения волновой энергии, задержания наносов и обеспечения устойчивости берегового массива грунта против сползания. В зависимости от расположения берегоукрепительные сооружения разделяются на внутрипортовые и защитные сооружения открытого берега.

*Внутрипортовые берегоукрепительные сооружения* возводятся на участках берега внутри акватории порта, не занятых причальными сооружениями.

Портовые берегоукрепительные сооружения часто используются для стоянки судов, поэтому вдоль береговой линии строят облегченные причалы-палы. Если швартовка судов к берегоукрепительным сооружениям не предусматривается, они обычно выполняются в виде откосных покрытий. Основными элементами сооружения откосного типа являются каменная призма и облицовка из плит различных размеров. Такие сооружения устраиваются при пологих профилях берегового откоса.



Внутрипортовое берегоукрепительное сооружение в порту Новоросси́йск

Распространенными конструкциями внутрипортовых берегоукрепительных сооружений являются полуоткосные стенки, используемые одновременно, как и мелководные причалы. Имеется большое разнообразие конструкций внутрипортовых берегоукрепительных сооружений. Во всех случаях их конструкция должна предусматривать возможность проведения работ промышленными методами с использованием дешевых местных материалов.

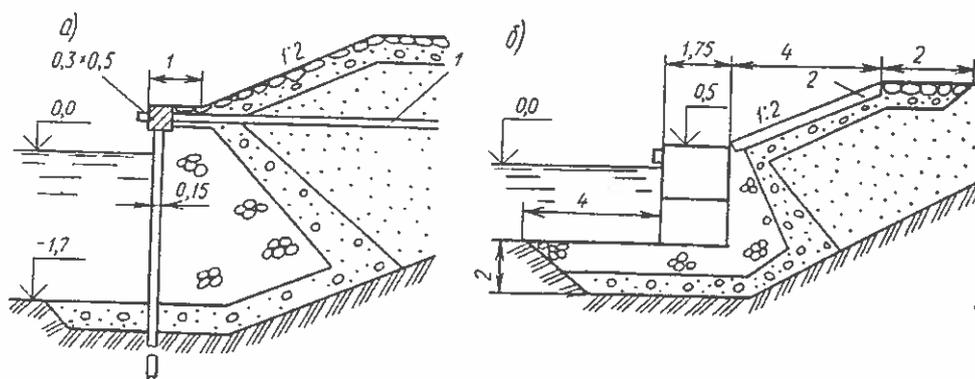


Схема берегоукрепительных сооружений полуоткосного типа, служащих  
откосовыми причалами.

а - шпунтовая стенка с разгрузочной тыловой призмой; б-гравитационная стенка из бетонных массивов; 1-анкер; 2-бетонные плиты.

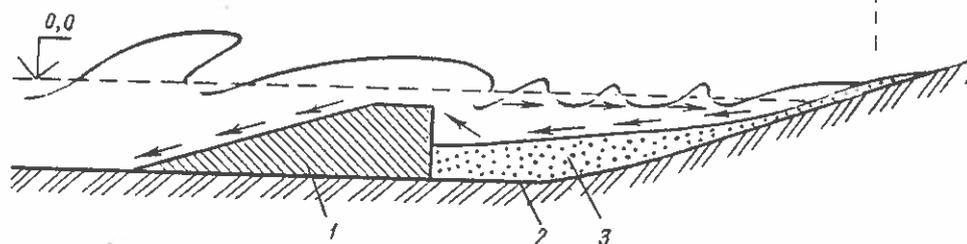
Защитные сооружения открытого берега служат для предотвращения размыва берегов, а также для закрепления существующих и наращивания полосы береговых пляжей. Эти сооружения бывают: пассивные и активные.

Пассивные сооружения - это продольные берегозащитные стенки, укрепления откосов и береговые дамбы, которые защищают откосы и прилежащую к ним территорию от непосредственного воздействия волн и течений.

К активным нанососдерживающим сооружениям относятся продольные берегозащитные волноломы и поперечные буны. Берегозащитные волноломы по конструкции мало, чем отличаются от корневых участков оградительных сооружений. Когда требуется полная защита берегового откоса от воздействия волнения, гребень берегозащитного волнолома возвышается над уровнем моря.

Для уменьшения волнового давления на сооружение, исключения образования отраженной волны с ее размывающей способностью, для накопления наносов в заволноломном пространстве строят берегозащитные подводные волноломы с затопленным гребнем.

Подводные волноломы гасят 50% энергии, остальная часть гасится естественным или искусственным отсыпанным пляжем

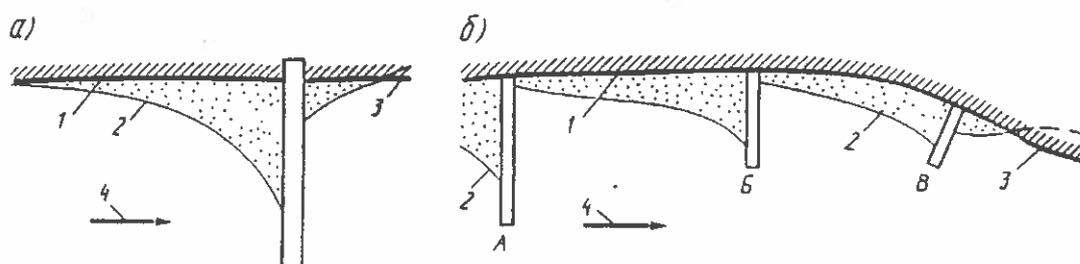


Принципиальная схема подводного волнолома

1 - волнолом; 2 - дно до постройки волнолома; 3 - наносы

Буны препятствуют движению вдольбереговых наносов и поэтому способствуют накоплению наносов и образованию пляжа. Часто вдольбереговой поток наносов отсутствует или является недостаточно мощным.

В этих случаях производится искусственная отсыпка пляжа, для защиты которого сооружаются буны. Возведение бун, как правило, на 20 – 25% дешевле волноломов. Строят их группами, при этом заполнение пазух будет происходить последовательно. Накопление наносов в межбунном пространстве будет происходить только при наличии пологого берегового откоса. В бунах у приглубого берега частицы из межбунного пространства будут выноситься обратно в море отраженной волной и может продолжаться размыв дна. В конструктивном отношении буны могут быть сооружены в виде массивной или свайной стенки.



**Принципиальная схема работы бун**

А - одна бунна; б - несколько бун; 1-первоначальный урез; 2-урез намытого берега; 3-участок размыва; 4-направление преобладающего перемещения наносов.

## ПРИЧАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

### *Назначение и классификация причальных сооружений*

Причальные сооружения предназначены для надежной швартовки судов при перегрузочных работах, при бункеровке, снабжении, ремонте.

Причальные сооружения классифицируются по следующим признакам:

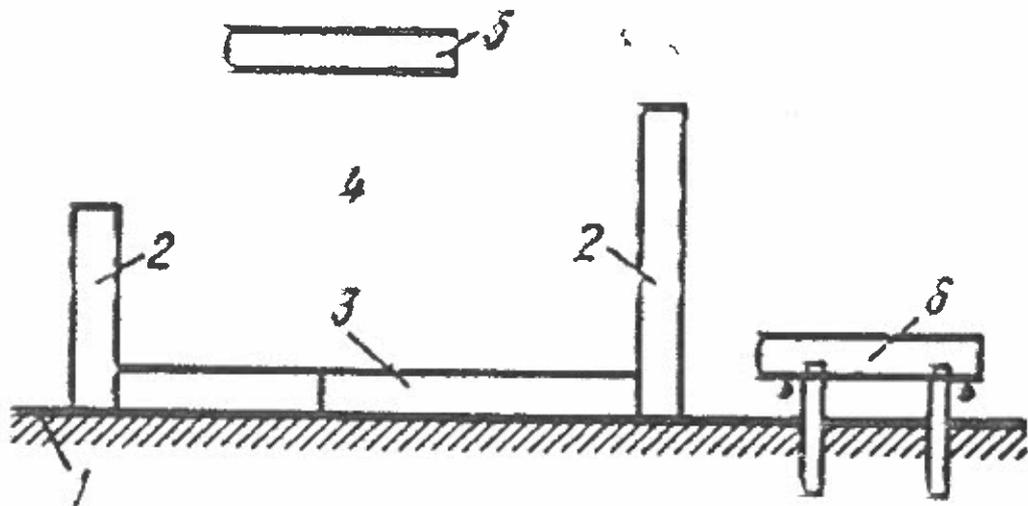
*Расположение в плане.*

*Набережные* - сооружения, которые на всем своем протяжении примыкают к берегу.

*Пирсы* – причальные сооружения, расположенные под углом к берегу и имеющие двусторонний доступ для судов.

*Рейдовые причалы* – причальные сооружения, устраиваемые на открытых и закрытых акваториях на значительном удалении от берега и предназначенные для швартовки, как правило, крупнотоннажных судов.

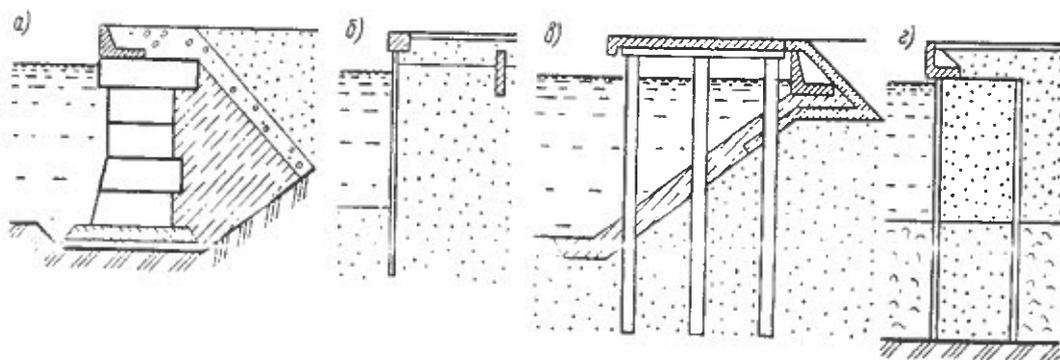
*Плавающие причалы* – причальные сооружения, не имеющие стационарного основания и выполняемые в виде понтонов различной конструкции. Применяют их при значительных колебаниях уровня воды в водоеме, недостаточной для подхода судов глубины у стационарных причалов, а также при небольших грузооборотах. Плавающие причалы можно успешно применять для погрузки и разгрузки лихтеров.



Расположение в плане причальных сооружений

1 – береговая линия; 2 – пирс; 3 – набережная; 4 – акватория; 5 – рейдовый стационарный причал; 6 – плавающий причал

*Конструктивные признаки.*



**Классификация причальных сооружений по конструктивным признакам**  
*a* – гравитационные; *б* – типа тонкой стенки (больверки); *в* – с высоким свайным ростверком; *г* – смешанные, на специальном основании.

*Гравитационные (а)* – причальные сооружения, устойчивость которых на сдвиг и опрокидывание обеспечивается их собственной массой.

*Больверк (б)* – сооружение в виде сплошной стенки из металлического шпунта, свай-оболочек, и т.д., сверху обычно имеется надстройка из бруса. Больверк может иметь анкерное устройство или не иметь. Устойчивость сооружения типа “больверк” обеспечивается сопротивлением грунта, расположенного перед стенкой и анкерной опорой. При отсутствии анкерной опоры устойчивость стенки достигается защемлением ее основания в грунте.

*Причальные сооружения с высоким свайным ростверком (в)* – сооружения на свайном основании, у которых плита ростверка находится выше уровня воды. Устойчивость свайных сооружений обеспечивается защемлением свай в грунте.

*Сооружения смешанного типа, на специальных основаниях (г)* – сооружения, в состав которых входят ряд элементов, характерных для нескольких конструкций причальных сооружений.

#### *Материал причального сооружения.*

По материалам причальные сооружения классифицируются на: деревянные, металлические, бетонные, железобетонные и смешанные. Наибольшее распространение имеют бетонные и железобетонные причальные сооружения. В последние годы в связи со значительным ростом водоизмещения судов и необходимостью строительства глубоководных причалов (глубина до 20-25 м и более) в мировой практике получают распространение набережные и пирсы с использованием металла – стальных труб диаметром 1 – 3 м, мощного шпунта и т.п.

#### *Срок службы.*

По срокам службы причальные сооружения подразделяются на постоянные и временные. Постоянные сооружения рассчитаны на длительный период эксплуатации, т.е. обычно до физического или морального износа. Временные сооружения предназначены для кратковременного периода эксплуатации, например на период строительства или ремонта основного сооружения.

#### *Класс капитальности.*

В зависимости от размеров действующих нагрузок и последствий от нарушения нормальной работы причальные сооружения подразделяются на классы капитальности. Причальные сооружения высотой более 25 м относятся к I классу капитальности, высотой 20 – 25 м – ко II классу капитальности, менее 20 м – к III классу капитальности.

*Род перерабатываемого груза.*

Учитывая конструктивные особенности причалов для обслуживания нефтетанкеров, рудовозов и др. подобных судов, эти причалы иногда выделяют в группу специализированных, которые обычно представляют собой узкие пирсы или рейдовые причалы.

### ***Гравитационные причальные сооружения***

Гравитационные причальные сооружения состоят из трех основных частей:

1. *Искусственное основание (постель)* выполняется из наброски камня и устраивается для выравнивания поверхности грунтового основания, уменьшения поверхностной нагрузки на него, передаваемой от сооружения, а также для защиты сооружения от подмыва волнением, течением и от воздействия работы винтов.
2. *Подводная часть* сооружения устраивается различными методами ( из кладки массивов, ряжевые конструкции, массивы-гиганты и т.д.).
3. *Надстройка* – возводится, как правило, насухо, конструктивно может быть выполнена более легкой, а иногда из материалов, используемых для подводной части сооружения.

Гравитационные причальные сооружения можно возводить на любых грунтах, в том числе и на слабых грунтах, специально закрепленных для восприятия расчетных нагрузок, что вызывает дополнительные затраты.

Некоторые типы этих сооружений успешно эксплуатируются в тяжелых гидрометеорологических условиях, в частности ледовых, и в агрессивной морской среде. Гравитационные причальные сооружения в зависимости от конструкции можно применять практически при любых глубинах, необходимых для эксплуатации современных крупнотоннажных судов.

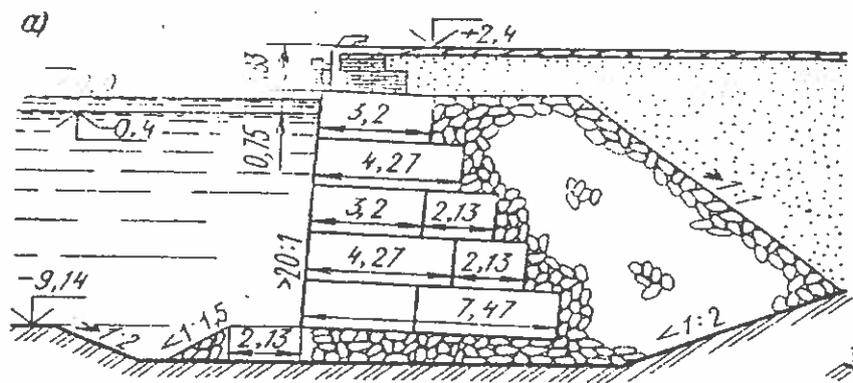
#### *Причальные сооружения из кладки массивов.*

Выполняются из правильной кладки массивов массой 25-100 т, которые укладываются горизонтальными рядами – курсами с перевязкой швов. Наибольшее распространение получили набережные трапецеидального профиля из правильной массивной кладки. ( пять рядов бетонных массивов массой по 30-50 т каждый). Основанием является каменная постель , выравниваемая водолазами или подводными планировщиками.

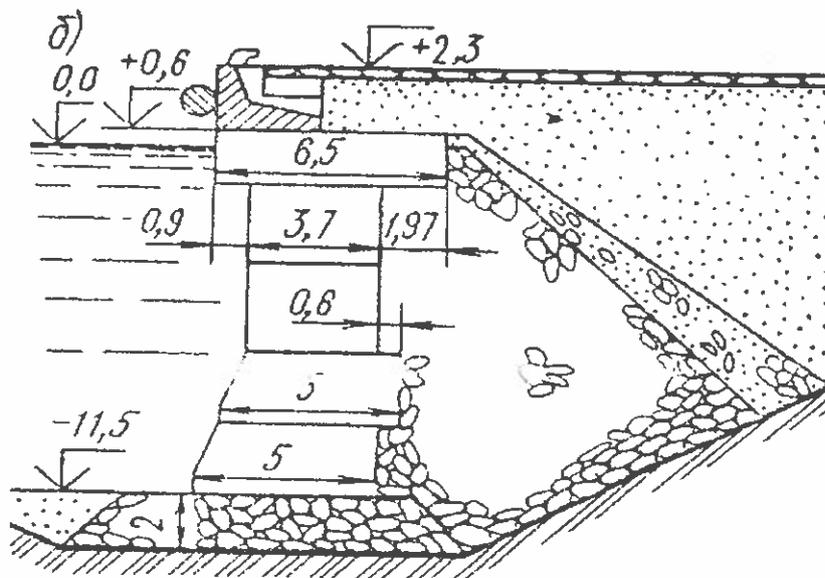
С тыловой стороны стенки для уменьшения горизонтального усилия засыпают каменную призму с фильтром из

гравия для предотвращения вымывания песчаной засыпки через швы массивной кладки.

Рациональный профиль сооружений из кладки массивов массой около 100 т был предложен Союзморниипроект, В нем были разработаны типовые проекты набережных для глубин 4,5 – 11,5 м. Благодаря ступенчатой форме кладки достигается более равномерное распределение поверхностной нагрузки у основания при обеспечении устойчивости сооружения в целом.

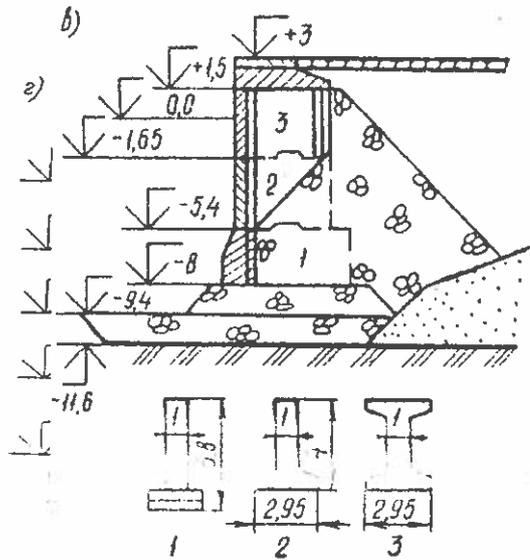


Набережная трапецидальной формы



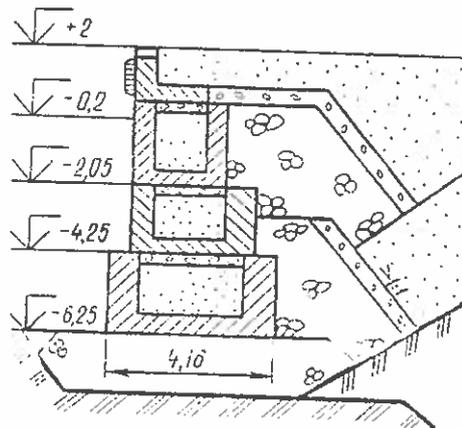
Набережная конструкции Союзморниипроект

Набережная инженера Равье выполнена из трех курсов массивов по 45 т каждый. Массивы снабжены гребнями и пазами, увеличивающими их устойчивость на сдвиг один относительно другого. Массивы верхнего курса имеют двутавровую форму, остальные тавровую.



**Набережная Равье**

Пустотелые массивы изготавливаются для уменьшения массы сооружения и заполняются песком. Поверх песка для предотвращения его вымывания через швы между массивами был насыпан слой гравия толщиной 25 см. Масса массивов двух нижних курсов (с заполнителем) составляет около 50 т, верхнего курса 60 т.

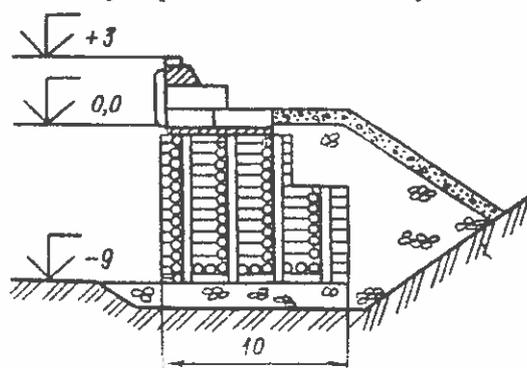


**Набережная из пустотелых массивов в порту Клайпеда**

*Причальные сооружения ряжевой конструкции.*

Изготавливаются из дерева, сравнительно широко применялись в северных районах. В настоящее время практически не применяются. Ряжевые причальные сооружения целесообразно применять при наличии на месте строительства леса, местного камня, пригодного для гидротехнического строительства, и если в воде отсутствуют

древоточцы. Дерево под водой сохраняется долго, а в зоне переменного горизонта устраивают бетонную надстройку.



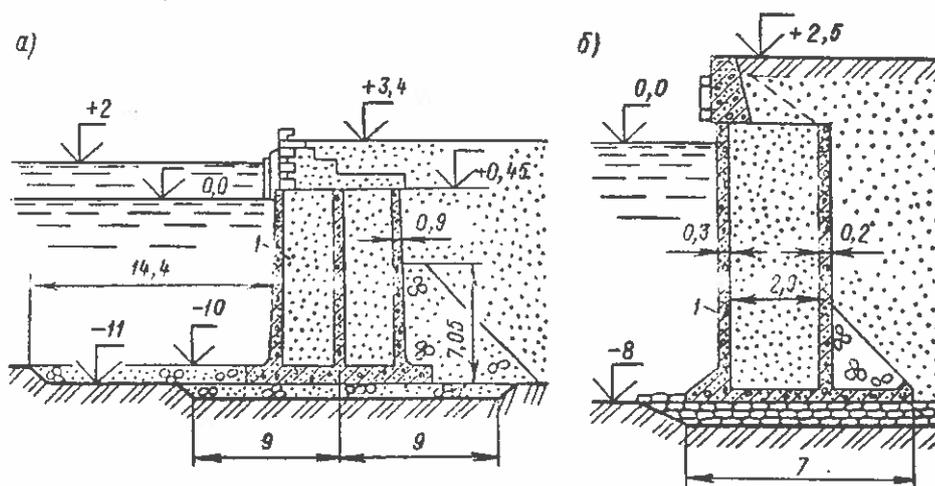
Набережная из ряжей

При строительстве ряжевых сооружений не требуется дорогостоящего оборудования, дефицитных материалов, можно ограничиться грубым выравниванием постели. В причальных сооружениях из ряжей глубина у кордона, как правило, не превышает 10 м. Максимальная высота ряжей зависит от прочности древесины и не может превышать 17 м.

В практике портового строительства делались попытки создания ряжевых набережных из железобетонных элементов, однако распространения они не получили из-за высокой трудоемкости монтажных работ.

*Причальные сооружения из массивов – гигантов.*

Массивы-гиганты для набережных изготавливают в виде тонкостенных плавучих ящиков, которые буксируют на место, затапливают и затем заполняют песком или камнем. Массивы-гиганты могут быть в поперечном разрезе симметричной или несимметричной формы. Устанавливаются на глубинах 25 м и более. Из-за высокой стоимости сооружения из массивов-гигантов целесообразно лишь при большом объеме работ.



Набережная из массивов-гигантов симметричной (а) и несимметричной (б) форм:

1 — плавучий ящик (массив-гигант)

### Сборные уголкового набережные.

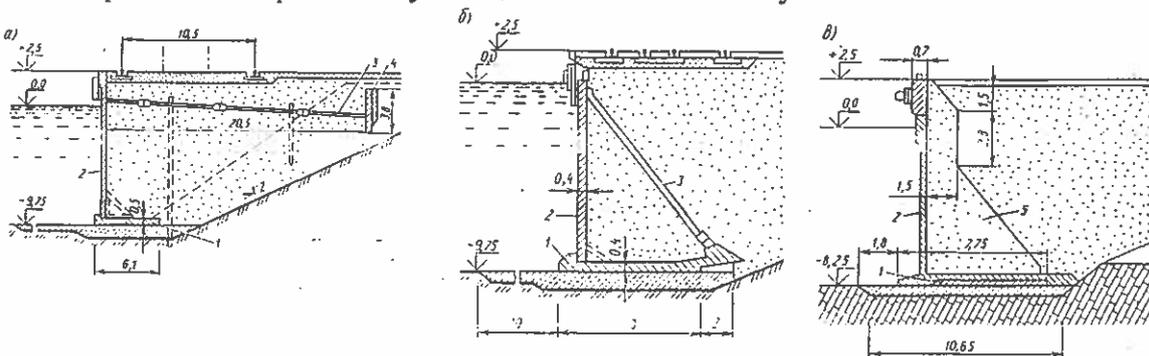
По виду эти сооружения различаются:

1. *С внешней анкеркой.* На заранее выровненную водолазами каменную постель плавучим краном устанавливаются фундаментные плиты 1. Затем собирают лицевые плиты 2, а также тыловые анкерные плиты 4, закрепляющие лицевые при помощи анкерных тяг 3. С лицевой стороны причала подвешивают отбойное устройство из резиновых труб для амортизации ударных усилий, возникающих при подходе судов к причалу. По окончании сборки засыпают песок до проектной отметки.

2. *С внутренней анкеркой.* Отличаются от стенок с внешней анкеркой тем, что в данном случае анкерные тяги 3 крепят непосредственно к фундаментным плитам 1. Благодаря этому значительно сокращаются длины анкерных тяг и отпадает необходимость в тыловых опорных плитах.

Недостаток этих обоих сооружений – довольно сложная технология подводного монтажа анкерных тяг.

3. *Контрфорсные.* Состоят из трех сборных элементов: лицевых 2, фундаментных 1, контрфорсных плит 5, омоноличенных в единый блок. Указанные сборные элементы соединяют на строительной площадке, а затем готовую конструкцию устанавливают при помощи плавкрана на выровненную водолазами каменную постель.



Уголкового стенки

*а* – с внешней анкеркой; *б* – с внутренней анкеркой; *в* - контрфорсная

### Набережные из оболочек большого диаметра.

Оболочки диаметром от 5 до 19 м, Масса 76 т. с толщиной стенок 0,15 м. При помощи плавкрана устанавливают вплотную одна к другой. Щели между оболочками заделывают подводным бетоном. Для возможности использования крана при монтаже иногда оболочки разрезают по высоте на кольца.



На рисунке а) показан больверк из металлического шпунта с одноярусной анкерровкой, возведенной в 1955 г. в одном из отечественных портов. Учитывая значительную свободную высоту, шпунт анкеруют металлическими тягами к тыловому анкерному ряду, выполненному из обрезков шпунта. При отсутствии обрезков анкерный ряд заменяют железобетонными плитами.

Коррозия шпунтов в подводной зоне значительно меньше, чем в зоне переменных уровней, поэтому для обеспечения защиты в верхней части устроена шапочная балка из сборных железобетонных плит-оболочек. При небольшой высоте стенки анкеровка больверка не требуется. Однако подобные конструкции в причальных сооружениях встречаются редко.

В больверках с анкером весьма ответственным узлом являются анкерные устройства, сохранность и правильная работа которых во многом определяют долговечность сооружения. Поэтому предусматривается их защита специальным антикоррозийным составом, а для равномерного натяжения тяг, расположенных через 1,5-4 м, применяются специальные муфты – талрепы.

Следует отметить, что в тонкостенных конструкциях под воздействием бокового давления засыпки (распора), усиленного эксплуатационными нагрузками (от веса складированного груза, подвижного состава, перегрузочных машин и т.д.), образуются значительные изгибающие моменты. Для уменьшения изгибающих моментов используется двухъярусная анкеровка шпунтовых стенок (рис. б). При небольших глубинах иногда применяют ячеистые конструкции (рис. в). Из плоских шпунтовых свай образуют отдельно замкнутые ячейки, заполняемые грунтом.

Недостаток металлических больверков – значительный расход стали длинномерного проката. Поэтому сталь часто заменяют железобетоном, требующим значительно меньшего расхода металла и обладающим к тому же повышенной коррозионной стойкостью. Применение свай из обычного железобетона в глубоководных больверках нецелесообразно из-за его малой трещиностойкости.

С внедрением предварительно напряженного железобетона в портовом строении появились новые возможности широкого применения больверков рациональной конструкции. В этом отношении заслуживает внимания разработанный в 1957 г. в Ленморнии проект типовой проект больверка из плоского железобетонного предварительно напряженного шпунта (рис. г).

При больших высотах стенок обычно целесообразно переходить от плоского шпунта к тавровому (рис. д) или сваям-оболочкам диаметром 1,2 – 1,6 м (рис. е).

В настоящее время считается рациональным возводить больверки из железобетона на глубинах до 13 м, а свыше 13 м - из мощных металлических свай.

### ***Конструкции сквозных причальных сооружений***

Отличительной особенностью сквозных причальных сооружений является отсутствие у них сплошной стенки в подводной части. Верхнее строение таких сооружений опирается на отдельно стоящие сваи или бычковые опоры, погружаемые в грунт на определенную глубину. В связи с отсутствием сплошной стенки сквозные причалы воспринимают меньше по сравнению с причальными сооружениями сплошной конструкции и обычно являются более легкими сооружениями.

Сквозные причальные сооружения в зависимости от расположения свай подразделяются на две группы:

#### *1. Эстакады.*

В эстакадах сваи размещают более или менее равномерно по всей длине, образуя так называемое свайное поле. Этот тип сооружения применяется наиболее часто.

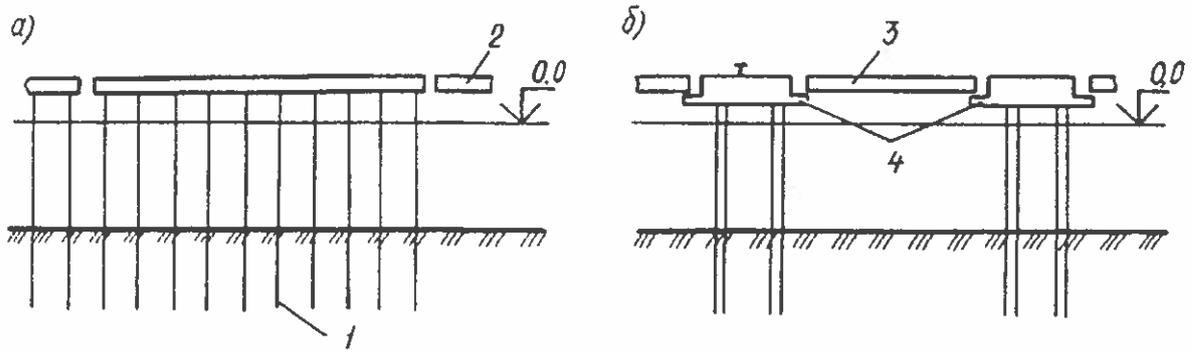
#### *2. Мостового типа.*

В конструкциях мостового типа сваи забивают группами в виде отдельных бычковых опор, пространство между которыми перекрывается пролетным строением. Сами бычковые опоры могут иметь сквозную или сплошную конструкции.

По расположению на акватории и сопряжению с берегом различают: набережные эстакады, перекрывающие береговой откос по всей длине сооружения, набережные эстакады со съездами, оторочки, рейдовые причалы.

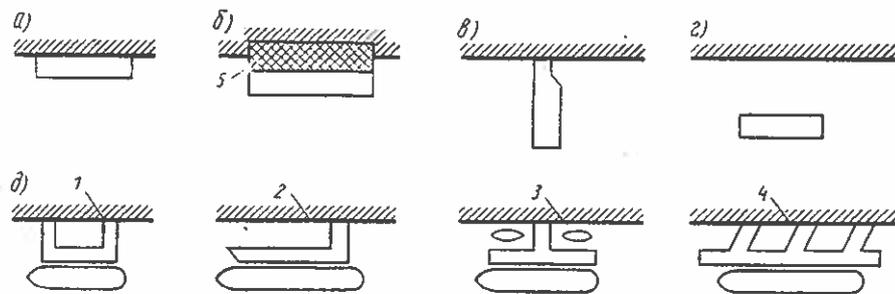
Сквозные причальные сооружения, примыкающие к берегу своей длинной стороной, располагают над естественным береговым склоном или искусственным откосом. Ширина причальных сооружений зависит от крутизны берегового склона или откоса, чем положе склон и больше глубина перед сооружением, тем больше его ширина. При пологих береговых склонах ширина эстакад оказывается очень большой, и возведение их становится экономически нецелесообразным. В этом случае стремятся уменьшить ширину эстакад путем устройства со стороны берега подпорных стенок или сооружают эстакады со съездами.

Материал: дерево, металл, железобетон. Может быть комбинированный, например верхнее строение – железобетон, сваи – металл и т.д.



**Конструктивные схемы сквозных свайных причальных сооружений эстакадного типа (а), мостового типа (б):**

1 - свая; 2 - верхнее строение; 3 - пролетное строение; 4 - бычковые опоры



**Плановое расположение сквозных свайных причальных сооружений:**

а - набережная-эстакада, сопрягающаяся с берегом по всей длине; б - оторочка у существующего сооружения; в - пирс; г - рейдовый причал; д - набережные-эстакады со съездами; 1 - П-образная; 2 - Г-образная; 3 - Т-образная; 4 - набережная с несколькими съездами; 5 - существующее сооружение

#### *Железобетонные свайные сооружения.*

Сквозные сооружения на железобетонных несущих элементах относятся к числу наиболее распространенных. Для возведения свайного основания используют призматические сваи сечением от 0,35 x 0,35 до 0,45 x 0,45 м из обычного и предварительно напряженного железобетона. Также используются круглые цилиндрические сваи диаметром от 0,6 до 0,8 м. В отечественном портовом строении большее распространение по сравнению с круглыми цилиндрическими сваями получили обычные и предварительно напряженные сваи-оболочки диаметром 1,0-1,2 м и особенно 1,6 м. Также применяются сваи-оболочки диаметром 2,0 м и более. При передачи на сквозные сооружения значительных горизонтальных нагрузок в свайные основания, кроме вертикальных вводят наклонные сваи или козловые опоры. Сваи-оболочки, имеющие повышенную жесткость, погружают только вертикально.

Верхние строения сквозных железобетонных причалов выполняются из сборного или монолитного железобетона. Недостатком монолитного верхнего строения по сравнению является необходимость устройства сложной в изготовлении и дорогостоящей

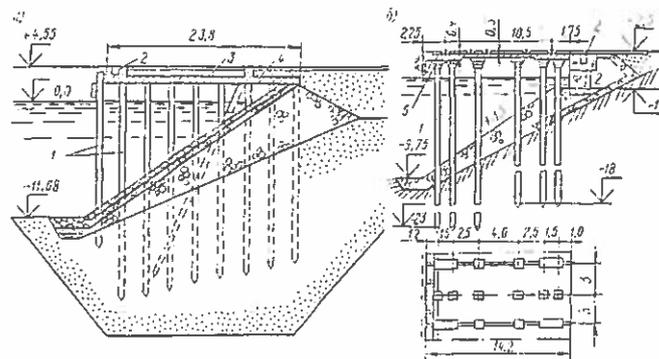
опалубки. Кроме того, при этом расходуется большое количество леса, который после бетонирования трудно разобрать для повторного использования.

В портовом строении в основном используют сборные конструкции, наиболее рациональные по стоимости и срокам возведения. Лучшими считаются конструкции, допускающие полную или почти полную сборку готовых элементов на месте.

Сквозные железобетонные причалы на призматических сваях могут быть выполнены в виде набережных-эстакад, оторочек, пирсов и рейдовых причалов.

На рисунках приведены примеры набережных эстакад из железобетона с монолитным и сборным верхним строением. Основанием эстакады, построенной в Сан-Франциско (рис. а) являются сваи из предварительно напряженного железобетона. Верхнее строение - плита толщиной 46 см из монолитного железобетона. Поверх плиты отсыпан балластный слой из песка, по которому уложено асфальтовое покрытие на щебеночном основании. В последние годы в практике отечественного портостроения отказались от отсыпки балластного слоя, который существенно не улучшает работу сооружения, но увеличивает нагрузку на него и способствует задержанию влаги.

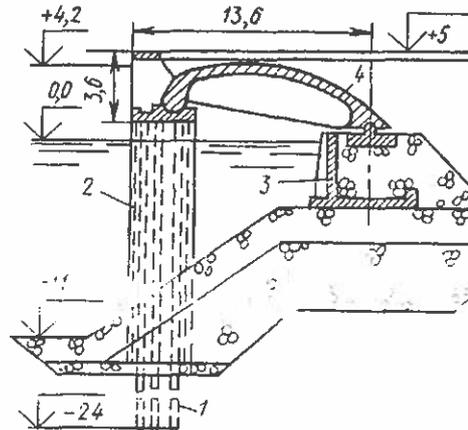
Другим примером подобного сооружения являются набережные с глубинами 8,25-11,5 м, построенные в Одесском, Николаевском и ряде других портов (рис. б). Верхнее строение набережных выполнено из сборного железобетона, а в качестве опор использованы предварительно напряженные сваи с сечением 0,4 x 0,4 м. Плиты верхнего строения заготовлены на берегу и уложены на наголовники, закрепляемые на сваях.



**Набережные эстакады из железобетона с монолитным (а) и со сборным верхним строением (б)**

1 – сваи; 2 – потерна; 3 – балластный слой; 4 – ростверк в виде железобетонной плиты; 5 – наголовники.

В тех случаях, когда в районе строительства причалов наблюдается значительное перемещение наносов, оказывающих истирающее воздействие на сваи, последние группируют в кусты и защищают оболочками из металла или железобетона.

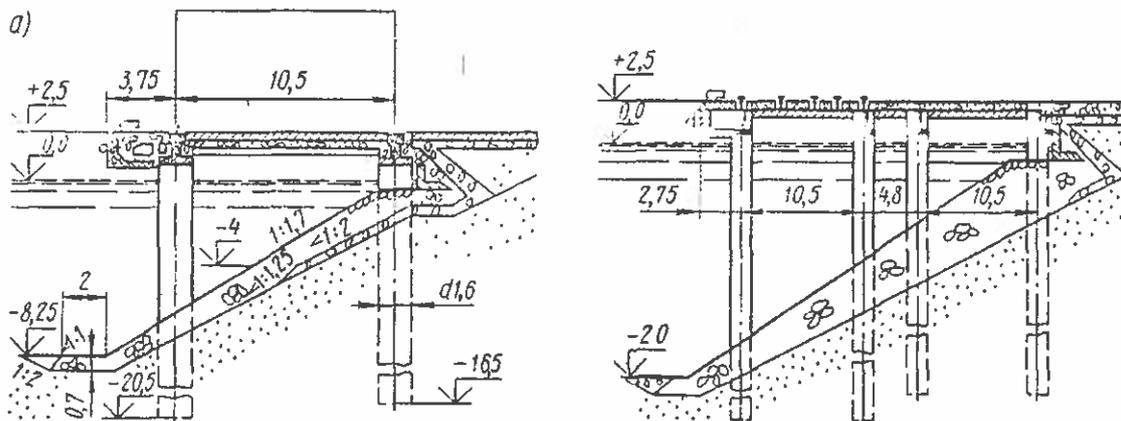


**Набережная со свайным основанием в виде кустов**

1 – сваи; 2 – оболочка; 3 – железобетонные ящики; 4 – железобетонные короба

С увеличением глубин и нагрузок при слабых грунтах используют опоры с повышенной несущей способностью, которые могут быть устроены в виде железобетонных или металлических свай-оболочек, цилиндров с винтовой лопастью и т.п.

При устройстве набережных со свайным основанием могут применяться конструкции на двух железобетонных сваях-оболочках или на четырех ( для крупнотоннажных судов, глубины 15-20 м) диаметром от 1,6 м и толщиной стенок 0,15 м.



**Набережные на сваях оболочках**

После погружения специальным вибратором до проектной отметки свай-оболочек на них устанавливают железобетонные Т-образные продольные ригели, которые служат опорами для поперечных тавровых панелей, положенных вплотную одна к другой. Образующееся при этом сплошное верхнее строение покрывают слоем бетона.



### Сквозные причальные сооружения на деревянных сваях.

В прошлом довольно широко применялись в морях, где нет древоточцев (на Каспии, Балтике и Севере). Однако в последние десятилетия наблюдается рост глубин у кордона и нагрузки на причалы, а также в связи с дефицитом длинномерного гидротехнического леса использование дерева повсеместно сократилось. Исключение составляют США и Канада, где деревянные сваи еще применяются для строительства причальных сооружений.

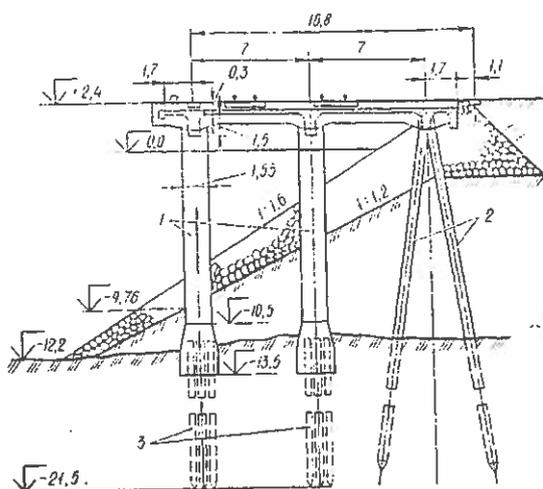
В наших северных портах (Мурманск, Архангельск и др.) сохранились старые и строят новые причальные сооружения из дерева. Однако в современном портостроении дерево используется в основном для отбойных приспособлений, воспринимающих ударные нагрузки судов и т.п.

### Сквозные причальные сооружения на специальных основаниях

Применяются в отдельных случаях, например при больших толщах слабых грунтов и при расположении плотных или скальных грунтов на недостижимой для обычных свай и оболочек глубине, при тяжелых гидрометеорологических условиях, агрессивности воды и др.

При большой толще слабых грунтов основания применяются сквозные причальные сооружения на колоннах, опирающихся на низкий свайный ростверк или кусты свай. Основание набережной выполнено из двух продольных рядов железобетонных колонн-оболочек диаметром 1,55 м, опертых на кусты свай. Шаг колонн в продольном направлении 8 м. В нижней части колонны-оболочки имеют раструбы. Кусты из девяти деревянных свай заходят в полость оболочки примерно на 1,5 м. Внутренние полости колонн заполнены бетоном. Для восприятия горизонтальных нагрузок и обеспечения необходимой жесткости сооружения в тыловой части забиты козловые железобетонные сваи сечением 0,43 x 0,43 м. Верхнее строение набережной эстакады монолитное железобетонное.

Для увеличения жесткости сооружения иногда отдельные колонны-оболочки объединяются в пространственную конструкцию.



Набережная эстакада с основанием из колонн-оболочек, опертых на кусты свай (Владивосток)

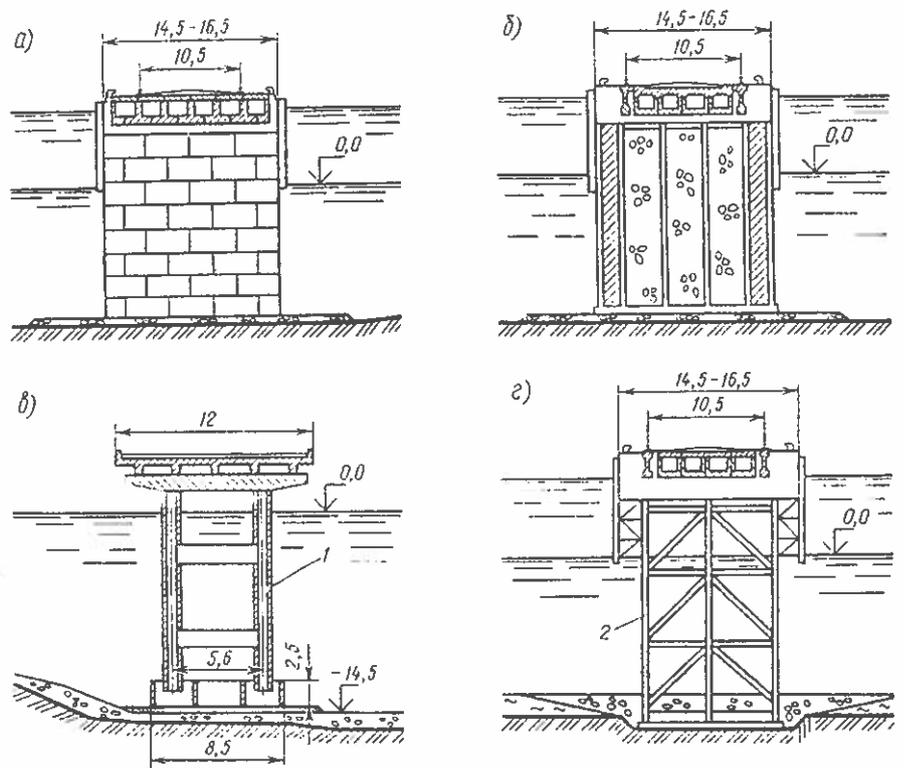
- 1 – железобетонные оболочки (d=1,55 м, шаг 8 м);
- 2 – железобетонные сваи сечением 0,43 x 0,43 м;
- 3 – кусты свай

*Сквозные причальные сооружения на гравитационных опорах.*

Обычно возводятся при наличии плотных естественных оснований с высокой несущей способностью, особенно когда погружение свай в основание затруднено или невозможно. Такие сооружения представляют собой конструкцию мостового типа с различными опорами: из массивов-гигантов, кладки бетонных массивов, ряжей, плоских или пространственных конструкций.

Верхнее строение самих бычковых гравитационных опор выполняются из монолитного бетона или железобетона, а пролетные строения чаще всего делаются сборно-монолитными железобетонными. При больших расстояниях между бычковыми опорами и при значительных нагрузках пролетное строение может быть выполнено из металлических балок или ферм.

Отдельные гравитационные опоры сквозных причальных сооружений могут также выполняться из колонн-оболочек большого диаметра 3-10 м. В этом случае оболочки незначительно заглубляются в грунт (2-4 м) и обычно заполняются песком.



Сквозные причальные сооружения на опорах гравитационного типа

*а* – из массивной кладки; *б* – из массивов-гигантов; *в* – из железобетонных блоков; *г* – в виде пространственной металлической конструкции; 1 – железобетонные оболочки; 2 – стальные трубы

## *Узкие и широкие пирсы*

Отличительной особенностью причальных сооружений в виде пирсов является возможность двусторонней швартовки судов. Пирсы бывают узкие и широкие. Узкие пирсы не позволяют складировать значительное количество грузов, поэтому они используются для переработки грузов, не требующих большой площади для складирования непосредственно у причалов, например для:

- перегрузки нефти при наличии парка резервуаров на береговых площадках, соединенного с причалом трубопроводами;
- перегрузки руды и других подобных грузов, допускающих хранение на открытых складских площадях на берегу;
- перегрузки зерна, хранящиеся в элеваторах большой вместимости, соединенных с причалами закрытыми галереями, в которых размещаются конвейерные линии.

В некоторых случаях по условиям эксплуатации с одной стороны пирса швартуются суда больших размеров, а с другой – меньших. Иногда целесообразно располагать пирсы не перпендикулярно берегу, а под углом или даже параллельно, соединяя пирс с территорией с помощью эстакады.

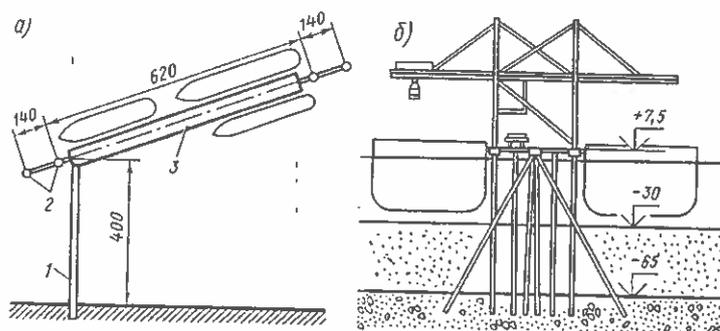
Узкие пирсы часто используются также в качестве пассажирских причалов. Для переработки грузов, требующих значительной площади для складирования вблизи причалов (штучные грузы, оборудование, тяжеловесные грузы и др.), используются широкие пирсы.

### *Узкие пирсы.*

Возводят из железобетона или металла. Конструкция зависит от смонтированных на них перегрузочных устройств. Свайное основание таких пирсов образовано из железобетонных свай длиной до 25 м. Вертикальные сваи имеют поперечное сечение 0,45 x 0,45 м. Для восприятия горизонтальных нагрузок от подходящих и пришвартованных судов в состав свайного основания включены наклонные сваи. Эти сваи после забивки, до того как их связывают с другими сваями и верхним строением, испытывают большие изгибающие моменты от собственной массы. Поэтому наклонные сваи иногда делают с утолщением внизу. Верхнее строение образовано из поперечных и продольных балок плиты, а также некоторых дополнительных элементов. На поверхности плиты имеется слой песчаного балласта.

Наиболее широкое распространение получили узкие пирсы на основании из металлических свай. Примером такого пирса для

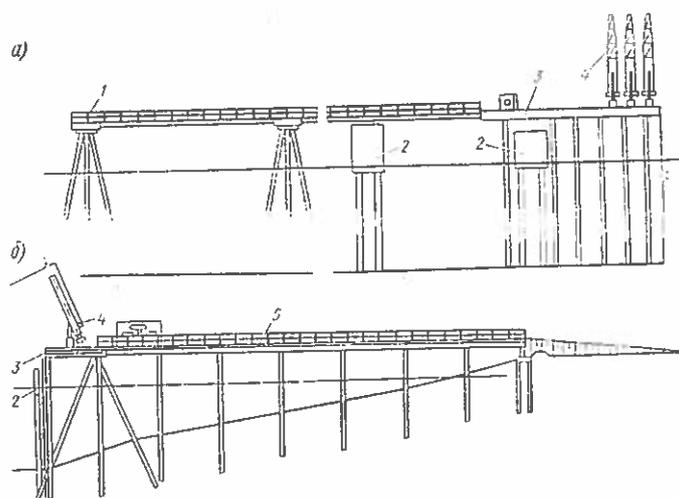
рудовозов дедеветом до 250 тыс.т. является сооружение, показанное на рисунке.



Причал в виде узкого свайного пирса

*а* – план; *б* – поперечный разрез; 1 – соединительная эстакада; 2 – швартовные палы; 3 – основная причальная часть

Иную компоновку имеют пирсы для нефтетанкеров. Основная часть пирса – технологическая площадка – представляет собой платформу на основании из металлических свай. Усилие от навала судов передается на отбойные палы, которые состоят из группы вертикальных металлических трубчатых свай большого диаметра, связанных по верху и снабженных мощными отбойными приспособлениями. Пирсы этого типа могут быть расположены параллельно, перпендикулярно или под острым углом к берегу, а также могут быть соединены с берегом эстакадой или подводным нефтепроводом. При отсутствии соединительной эстакады пирс превращается в стационарный рейдовый причал.

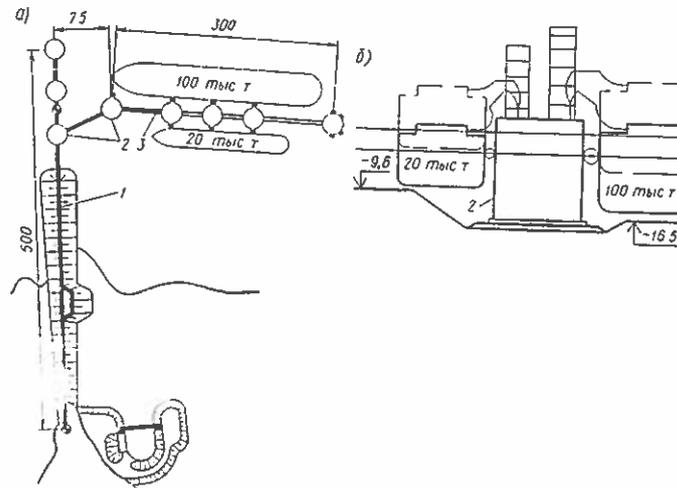


Пирс для нефтетанкеров облегченной конструкции

*а* – фасад; *б* – поперечный разрез с соединительной эстакадой; 1 – швартовный пал; 2 – отбойный пал; 3 – технологическая площадка; 4 – шланговые устройства; 5 – соединительная эстакада

Кроме того используются пирсы с опорами, изготовленными из круглых коробчатых массивов-гигантов, соединенных между собой

мостами, несущими трубопроводы и вспомогательные служебные мостики.



### Пирс на круглых массивах-гигантах

*a* – план; *b* – поперечный разрез; 1 – соединительная дамба; 2 – круглые массивы-гиганты; 3 – соединительные мостики

### *Широкие пирсы.*

Далеко не всегда узкие пирсы удовлетворяют современной технологии переработки грузов, поэтому применяют широкие пирсы.

Обычно они образуются из двух набережных, расположенных тыловыми сторонами одна к другой на расстоянии, достаточном для образования необходимой территории между ними.. Пространство, образующее эту территорию, заполняется грунтом и имеет хорошее покрытие для перемещения транспортных и перегрузочных средств. При достаточной ширине пирса на его территории сооружаются склады и открытые складские площадки. Особенно для случаев, когда широкий пирс используется для перегрузки штучных грузов или контейнеров – ширина пирсов в этом случае должна быть более 300 м. При большой ширине пирсов для причаливания судов может быть использована также и его торцовая часть. Это обычно делается в том случае, если транспортирование грузов производится безрельсовым транспортом. Основными гидротехническими сооружениями широких пирсов являются набережные.

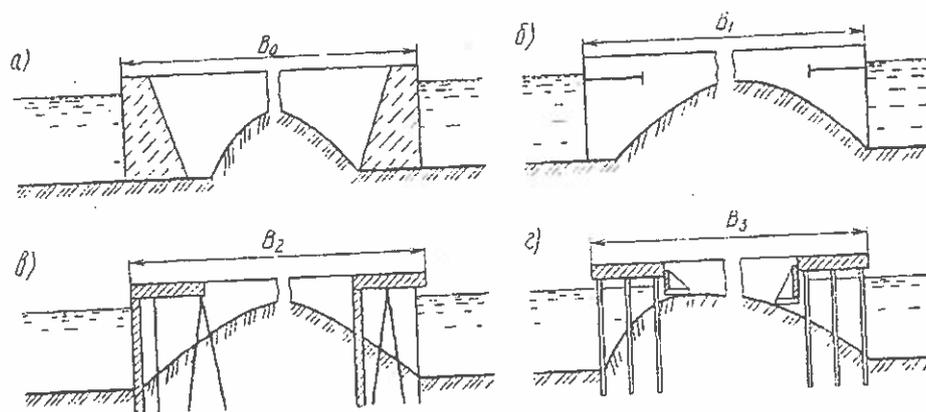
По конструкции причальных стенок широкие пирсы по существу ни чем не отличаются от набережных – стен или эстакад. Схемы некоторых широких пирсов показаны на рисунках.

Широкие пирсы с параллельными стенками из правильной массивной кладки (рис. а) используются в Баку, Новороссийске и др. отечественных портах.

После возведения параллельных боковых стенок, расположенных на расстоянии  $B_0$ , определяемым эксплуатационными соображениями, устраивают торцовую стенку, а затем производят регулирование территории до проектной отметки.

Часто глубины причалов с обеих сторон бывают одинаковыми. Однако встречаются и такие случаи, когда по характеру и направлению грузопотока пирс используется для перевалки грузов с малых судов на большие и наоборот, например, при переработке грузов в аванпортах, устьевых портах, обслуживающих морские и речные суда. В подобных условиях поступающие грузы, часто не попадая на берег, перерабатываются по схеме судно – склад – судно через пирс. В этом случае глубины причалов с разных сторон пирса могут быть различными.

Конструкция стен с обеих сторон пирса чаще всего бывают одинаковыми (а, б и г). Однако может оказаться, что по геологическим условиям и другим факторам параллельные стенki пирса целесообразно выполнять разных конструкций (рис. в).



Типы широких пирсов

а – в виде массивных стенок; б – заанкерованные больверки; в – свайные ростверки с передним или задним шпунтом; г – эстакады на колоннах

### *Швартовные устройства и отбойные приспособления*

*Назначение швартовных устройств и отбойных приспособлений.*

Для нормальной эксплуатации причалы должны быть оснащены целым комплексом вспомогательных устройств. Важнейшими являются устройства, предназначенные для защиты причалов от повреждений при подходе и стоянки судов у причалов, так называемые отбойные приспособления, и устройства, которые позволяют закрепить суда у причалов и ограничить их перемещения под воздействием ветра и течений, так называемые швартовные устройства.

Отбойные приспособления могут быть двух типов: в виде жестких конструкций и типа амортизаторов. *Жесткие отбойные*

*приспособления* только защищают от повреждений те элементы причала, которые непосредственно соприкасаются с судном.

В этом случае нагрузки от судов полностью воспринимаются причальными сооружениями.

*Отбойные приспособления типа амортизаторов*, кроме непосредственной защиты конструкций, поглощают часть энергии швартуемого судна, применяются на причалах для крупнотоннажных судов.

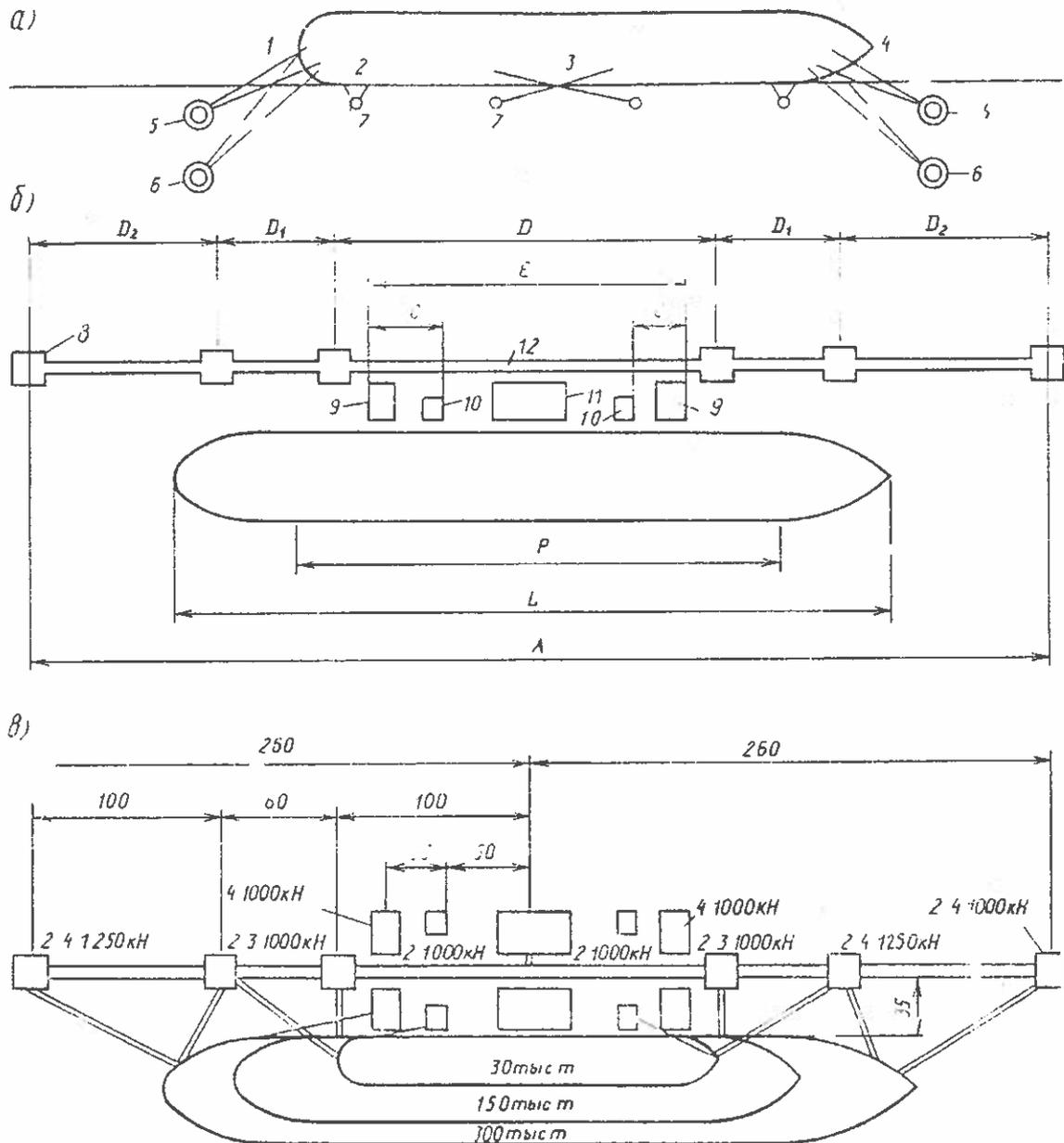
Отбойные приспособления должны иметь относительно небольшие размеры к причальной линии, быть простыми и надежными в работе и легко взаимозаменяемыми. Кроме того, отбойные приспособления должны выполняться из недефицитных материалов и иметь невысокую стоимость.

Надежная и безопасная эксплуатация судов, стоящих у причалов, наряду с применением отбойных приспособлений обеспечивается наличием достаточного числа удачно размещенных швартовых канатов и швартовых устройств, к которым относятся тумбы, рымы, гаки.

#### *Швартовые канаты.*

Канаты могут быть изготовлены из стальных проволок, органических и искусственных волокон. Стальные канаты отличаются между собой числом прядей, числом проволок в прядях, характером свивки и т.п. Канаты из органических волокон в зависимости от вида применяемого материала могут быть пеньковыми, манильскими и сизальскими, которые изготавливаются из волокон соответственно конопли, бананового дерева и агавы. Канат пеньковый может быть несмоленный (бельный) и смоленный (не боится сырости). Для изготовления швартовых канатов в последнее время все чаще применяют синтетические материалы: нейлон, капрон, перлон. По своим эксплуатационным свойствам (прочности, водостойкости, гибкости и т.п.) эти канаты значительно превосходят лучшие канаты из растительных волокон. Важнейшими характеристиками швартовых канатов являются их разрывные усилия и их деформативные свойства. При стоянке судна у причала оно закрепляется с помощью швартовых канатов, заводимых за швартовые устройства.

Все швартовные канаты делятся на следующие группы: носовые, кормовые, прижимные, шпринги (рис. а)



#### Схемы швартовки судов и расстановки тумб и палов

а – швартовка на причале общего назначения; б – расстановка палов нефтепричала с односторонней швартовкой; в – швартовка танкеров у нефтепричала; 1 – кормовые продольные; 2 – прижимные; 3 – шпринги; 4 – носовые продольные; 5 – концевые (усиленные) тумбы; 6 – штормовые (усиленные) тумбы; 7 – рядовые тумбы; 8 – швартовные палы; 9 – основные отбойные палы; 10 – вспомогательные отбойные палы (для малых судов); 11 – технологическая площадка; 12 – соединительная эстакада

При проектировании специализированных причалов для возможности рациональной расстановки швартовных устройств и отбойных приспособлений необходимо соблюдать некоторые соотношения для расстояний между палами (рис. б), которые на

основании практических данных находятся в пределах:  $A/L = 1,25 - 1,55$ ;  $E/L = 0,4$ ;  $D/L = 0,5$ ;  $D1/L < 0,3$ ;  $C/L = 0,1$ ;  $P/L = 0,4 - 0,7$ .

В зависимости от размерений конкретных судов и их расстановки у причала необходимо также определять углы швартовов в вертикальной плоскости. Длина носовых и кормовых продольных 60 – 120 м, прижимных 40 – 80, шпрингов 30 – 70 м. Указанные рекомендации в конкретных условиях нередко приходится корректировать.

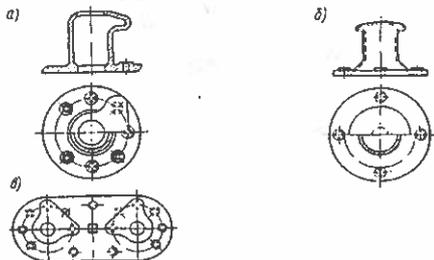
На причалах в виде набережных-стенок для штучных, навалочных и других грузов, обслуживающих суда различных размерений, швартовные тумбы устанавливают на расстоянии 0,5 – 1 м от линии кордона с шагом 20 – 30 м вдоль причала. Иногда, особенно в районах с сильными ветрами, при швартовке крупнотоннажных судов, кроме основных рядовых прикордонных тумб, устанавливают более мощные тумбы у концов причалов (рис. а). Для восприятия усилий при штормах дополнительно устанавливают штормовые тумбы в тыловой зоне, т.е. обычно за подкрановыми и ЖД путями. После получения штормового предупреждения и прекращения перегрузочных работ на причале швартовы заводят за эти тумбы.

На специализированных причалах, например для танкеров, швартовные тумбы располагают несколько иначе, обеспечивая наиболее надежное раскрепление судна при действии ветра и волнения. Основные швартовные устройства – тумбы монтируют на швартовных палах. Дополнительные тумбы меньшей мощности могут быть установлены на технологической площадке других конструкциях сооружения (рис. в).

Иногда для крупнотоннажных судов устанавливают швартовные бочки, на которые заводят дополнительные швартовы. Также могут быть установлены отдельно стоящие сооружения, не соединенные с конструкцией самого причала, для восприятия горизонтальных нагрузок при швартовке – палы.

#### *Швартовные устройства.*

Наиболее распространенным видом швартовного устройства являются тумбы, которые выполняются пустотелыми из чугуна и стали. Причальные тумбы стандартизированы, Размер тумбы подбирается исходя из значения швартовного усилия для расчетного судна. Тумбы могут быть одноголовые и двухголовые (рис. а, в). Применяются также тумбы с круглым симметричным козырьком, которые иногда называют битенгами (рис. б).



#### **Виды швартовных тумб**

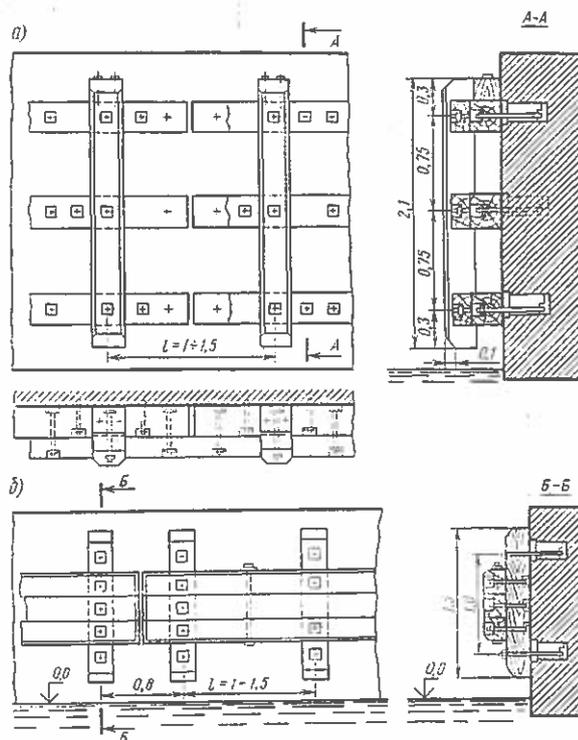
- а – одноголовая;  
 б – с ассиметричной головой – битенг;  
 в – двухголовая

Опорная плита тумбы устанавливается непосредственно на поверхности бетона верхнего строения с подливкой цементного раствора и прикрепляется к сооружению анкерными болтами. Для швартовки катеров и малотоннажных судов используются рымы, кольца или скобы. Кроме того, около места установки рымов закрепляются стремянки, облегчающие выход из малых судов на территорию у причала.

*Отбойные приспособления.*

Можно разделить на несколько групп: деревянные, гидравлические и гидропневматические, пружинные, резиновые и т.д.

Наиболее простым видом *отбойного приспособления из дерева* являются рамы.

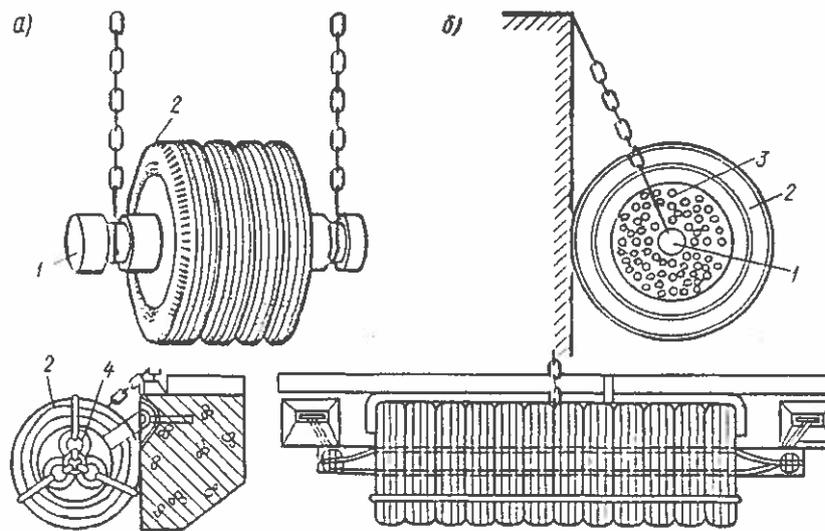


**Отбойные рамы с лицевыми брусьями**  
*a* – вертикальными; *b* – горизонтальными

Лицевые брусья отбойной рамы делаются вертикальными при значительных колебаниях уровня воды, в остальных случаях – горизонтальными (см. рис.) При современных размерениях судов такие приспособления не отвечают требованиям амортизации, долговечности, их трудно навешивать на новые причалы и заменять после повреждений. Имеются и другие разновидности деревянных отбойных приспособлений в виде пакетов бревен или брусьев,

подвешенных на лицевой поверхности причала или плавающих около него.

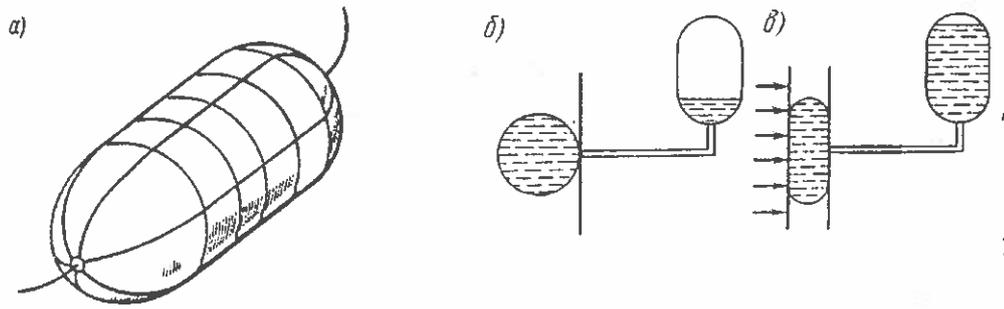
Более удачным решением во многих случаях является использование комбинированных отбойных приспособлений из *дерева и автопокрышек*, бывших в употреблении. Между деревянным пакетом или щитом и стенкой причала укрепляют несколько (в зависимости от длины пакета) автопокрышек, подвешенных на тросах или цепях, жестко закрепленных к пакету. Деревянные пакеты с покрышками устанавливаются по всей длине причала с небольшими разрывами между пакетами. Эффективность и долговечность отбойных приспособлений из пустых покрышек, подвешенных на лицевую поверхность причала без распределительных щитов незначительна, поэтому в большинстве случаев стали применять автопокрышки, туго набитые обрезками резины. Обрезки резины помещаются в специальные мешки, имеющие форму баллона автомобильного колеса. В этом случае тем более целесообразно использовать такие амортизаторы совместно с распределительными щитами и другими устройствами. Мощные отбойные приспособления удалось получить, нанизывая автопокрышки на оси из бревен, фашин или резиновых труб таким образом, что плоскости автопокрышек оказались перпендикулярными плоскости стенки (рис.).



**Отбойные приспособления из автопокрышек**

*a* – на жесткой оси; *б* – с фашинным заполнением; *в* – на резиновых трубках; 1 – ось; 2 – покрышки; 3 – фашины; 4 – резиновые трубки

В настоящее время имеется много предложений по использованию *пневматических и гидравлических* отбойных приспособлений, состоящих из резиновых баллонов, заполненных воздухом.



### Амортизаторы

*а* – пневматический, заполненный пенопластом; *б, в* – гидropневматический в холостом и рабочем состояниях

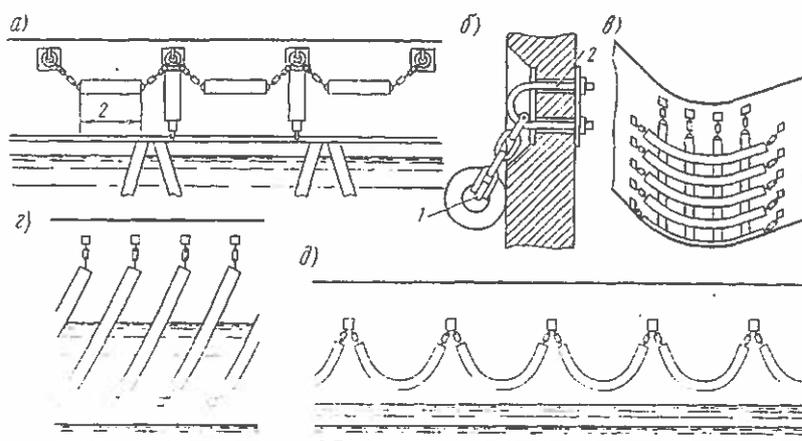
Наружный и внутренний слои амортизатора типа «Йокогама» изготавливаются из натуральной резины, внутренний армирующий – из нейлона (рис. а). Для устранения прямого удара судна о сооружение при разрыве оболочки в баллон помещают синтетическую губчатую массу. На конце амортизатора устанавливается предохранительный клапан, служащий для выпуска воздуха из амортизатора при нагрузках, превышающих проектное значение.

В США запатентована конструкция *гидропневматического плавающего отбойного устройства*, выполненного в виде оболочки из эластичного материала (армированной резины или эластичных пластиков). Схема такой конструкции показана на рис. Гидравлическая камера при отсутствии внешних нагрузок заполнена водой. При навале судна вода выжимается из гидравлической камеры в пневматическую камеру, таким образом, гасится энергия удара. После снятия внешней нагрузки вода через специальный патрубок быстро поступает обратно в гидравлическую камеру.

Используются также отбойные приспособления, включающие *пружинные амортизаторы*. Пружинный амортизатор в простейшем случае представляет собой пружину того или иного типа, заключенную в защитные цилиндры. Располагают амортизаторы между лицевой поверхностью сооружения и отбойными сваями или рамами, непосредственно воспрепятствующими усилию от навала подходящего судна. Такие амортизаторы относительно сложны в эксплуатации и поэтому их используют крайне редко.

Во многих случаях более эффективны и долговечны *амортизирующие резиновые элементы* заводского изготовления, которые бывают самой разнообразной формы. Широкое применение получили трубчатые амортизирующие элементы с наружным диаметром 0,4-1,0 м, их внутренний диаметр обычно равен половине наружного. Кроме того применяются конструкции диаметром до 3 м, длиной 6 м, массой 25 т.

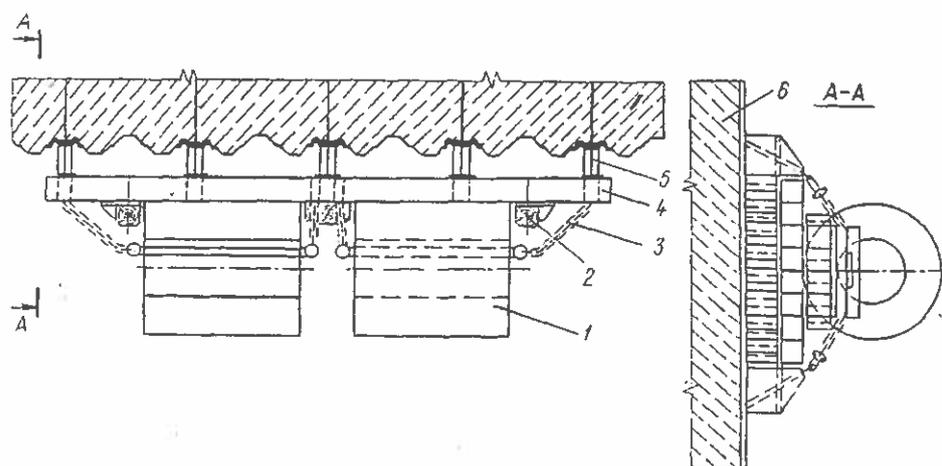
Способы подвески трубчатых амортизаторов показаны на рисунке.



### Способы подвески трубчатых амортизаторов

*a* – на прямолинейном участке причала; *б* – деталь подвески трубчатого амортизатора; *в* – на углу причала; *г* – наклонная подвеска; *д* – подвеска в виде гирлянд; 1 – элемент подвески; 2 – закладная деталь крепления

В последнее время применяют короткие трубчатые элементы с длиной, примерно равной внешнему диаметру.

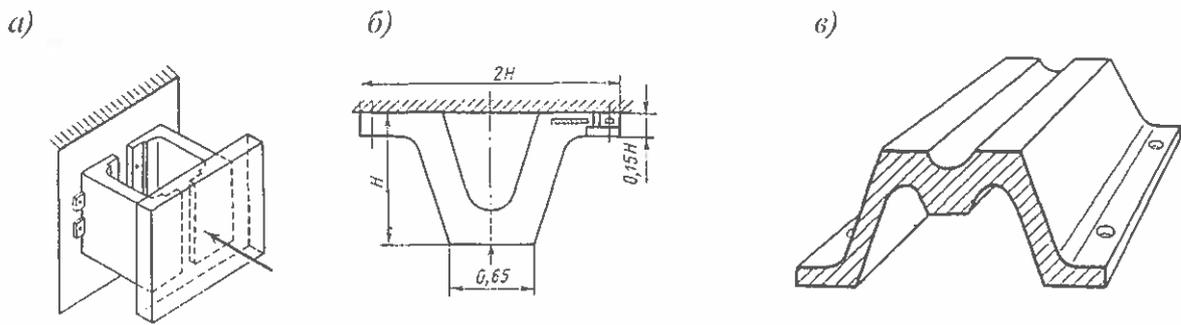


### Короткие трубчатые амортизаторы

1 – амортизаторы; 2 – ограничитель; 3 – подвесные цепи; 4 – распределительный щит; 5 – направляющие устройства; 6 – причал

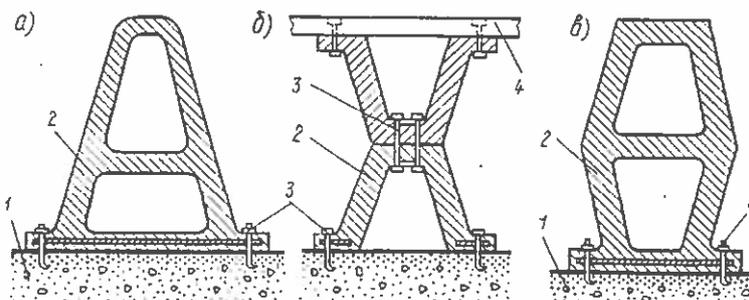
На рисунке показан пример использования такого амортизатора. С наружным диаметром 2 м, внутренним 1,15 м и длиной 2 м. Для обеспечения равномерной передачи усилия на корпус судна отбойное приспособление имеет распределительный щит и направляющие устройства. Кроме круглых трубчатых элементов иногда используются элементы с другими поперечными сечениями (прямоугольные, квадратные, полукруглые, с полостями и без них).

## Амортизаторы



*a* - двойной Лорд-Сейбу; *б* - трапецидальный; *в* - усовершенствованный трапецидальный

## Мощные амортизаторы



*a* - трапецидальный с перемычкой; *б* - сдвоенный трапецидальный; *в* - шестиугольный с перемычкой; 1 - причал; 2 - амортизатор; 3 - крепежные детали; распределительный щит.

## Палы

Палы могут служить самостоятельными элементами, из которых образуются пирсы или причалы, или входить в состав причала.

Палы можно разделить на типы:

- швартовные – воспринимающие только швартовные нагрузки;
- отбойные – воспринимающие усилия от навала судов на сооружение;
- причальные или отбойно-швартовные – воспринимающие нагрузки указанных выше двух типов;
- направляющие – обеспечивающие правильное направление судна, подходящего к причалу, входу в шлюз или гавань;
- разворотные – служащие для поворота судна на угол до 180 градусов.

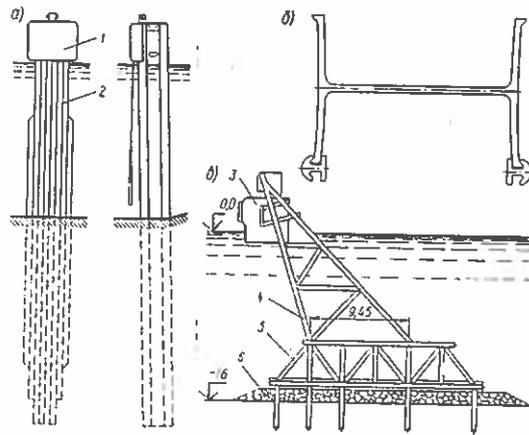
Палы делятся на гибкие и жесткие.

Гибкими называются весьма податливые в горизонтальном направлении конструкции, образованные из одной или нескольких вертикальных деревянных или металлических свай. Гибкими обычно устраивают отбойные или причальные палы, так как их податливость значительно уменьшает усилия от навала судна.



Если жесткий пал применяется в качестве отбойного и при этом нужно обеспечить гашение значительной энергии, то для этой цели приходится использовать амортизирующие отбойные приспособления.

В некоторых случаях палы сооружаются из шпунтовых свай, число которых определяют в зависимости от передаваемых на них нагрузок. Могут быть выполнены в виде пространственных металлических ферм, которые опираются на отдельные каменные постели. Основанием такого пала служит низкий свайный ростверк, который передает на грунт горизонтальные нагрузки. Для восприятия усилия от навала судов палы снабжены гравитационными отбойными приспособлениями в виде бетонных массивов массой по 75 т, подвешенных на тросах к верхнему строению опор. Если палы предназначены только для установки швартовых приспособлений и контакт их с подходящим судном невозможен, отбойные приспособления на палах не устанавливаются.

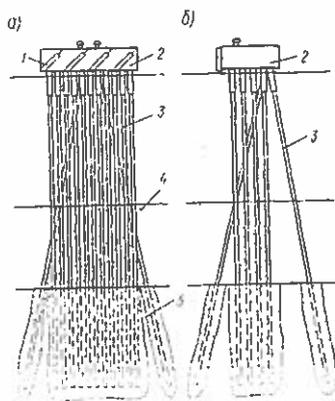


**Пал из шпунтовых свай и в виде металлических ферм**

*а* – пал из двутаврового шпунта; *б* – двутавровый шпунт; *в* – пал в виде металлической фермы с гравитационным отбойным приспособлением: 1 – верхнее строение пала; 2 – свая из двутаврового шпунта; 3 – гравитационное отбойное приспособление; 4 – металлическая ферма; 5 – основание фермы; 6 – каменная постель.

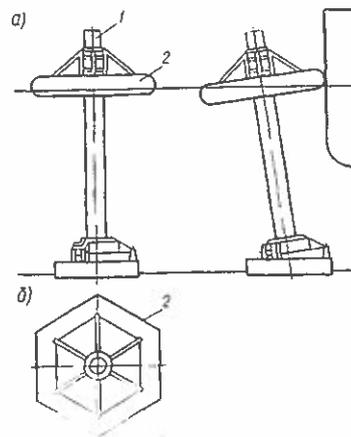
Применяются жесткие палы на основании из наклонных бурозаливных свай с бетонным верхним строением. Иногда палы возводят на основании из железобетонных свай. В этом случае вся энергия подходящего судна должна поглощаться амортизирующими отбойными приспособлениями.

В последние годы были предложены принципиально новые конструкции палов, включающие плавучие элементы. Опорный элемент пала шарнирно соединен со стойкой, на которой крепится плавучий элемент. При навале судна на пал, стойка наклоняется, плавучий элемент погружается в воду и благодаря этому гасится энергия подходящего судна.



**Пал на трубчатых бурозаливных сваях**  
наклоняющейся стойкой

1 – отбойные устройства; 2 – верхнее строение пала; 3 – бурозаливные сваи; 4 – песчаный грунт; 5 – скальный грунт



**Пал с**

1 – пал; 2 – поплавок

### *Силы и нагрузки, действующие на причальные сооружения*

Для рациональной эксплуатации существующих и проектирования новых причальных сооружений важен учет сил и нагрузок. Силы и нагрузки, действующие на причальные сооружения, могут быть постоянными и временными, в том числе длительно действующими, кратковременными и особыми.

К *постоянным* нагрузкам относятся нагрузки от собственной массы сооружения и массы грунта находящегося на нем; нагрузки от постоянных объектов и оборудования технологического назначения (складов, эстакад и т.д.).

К *временным* нагрузкам *длительно действующим* относятся нагрузки от подвижного технологического оборудования (кранов, перегружателей и т.п.), транспортных средств, складированных грузов.

К *временным кратковременным* нагрузкам относятся нагрузки от судов (швартовные усилия и навал судна, стоящего у причала или подходящего к нему), ледовые, волновые и действующие в строительный период.

*Особыми* являются распределенные поверхностные нагрузки от воздействия воды, вызванные снижением ее уровня перед сооружением в условиях выхода из строя половины дренажных сооружений, а также сейсмические нагрузки.

*Эксплуатационные нагрузки.*

Подразделяются на две группы:

1. Нагрузки от передвижных перегрузочных механизмов и транспортных средств, передаваемые на причальные сооружения в виде ряда сосредоточенных сил от катков и колес.

2. Нагрузки от складированных грузов

Размеры, схемы нагрузок первой группы зависят от грузоподъемности и типов перегрузочных механизмов и транспортных средств. Характеристики нагрузок приводятся в паспортах перегрузочных механизмов и соответствующих нормативных документах.

По второй группе распределенные поверхностные нагрузки от складированных грузов зависят от рода груза, высоты его штабеля и определяются по формуле ( $\Gamma$ Па):

$$q = 10 \times h,$$

где:  $q$  – нагрузка в Па;

- плотность груза, кг/ м. куб;
- $h$  – высота штабеля, м.

Высота штабеля зависит от ряда факторов:

- вида груза, его места расположения (у кордона или в тылу причала);
- противопожарных требований, прочности тары для тарно-штучных грузов и т.д.

В зависимости от назначения причала нагрузки на причальные сооружения подразделяются на три категории:

1. Для навалочных грузов (при крановых схемах механизации), металлов, оборудования, тяжеловесных грузов, сборных штучных грузов и круглого леса.
2. Для минерально-строительных материалов, пиломатериалов и тарно-штучных грузов на специализированных причалах.

Для зерновых и нефтеналивных грузов, грузопассажирских операций и служебно-вспомогательного флота.

Специализированные причалы для контейнеров, руды и прочих грузов можно проектировать с расчетом на внекатегорийные нагрузки. Нагрузка от кранов зависит от их грузоподъемности и типа, выбираемы в зависимости от рода грузов, а следовательно от категорий, приведенных выше. Категории нагрузок влияют также на нагрузки от железнодорожного состава и безрельсового транспорта.

Опыт эксплуатации показывает, что значение нагрузки в существенной мере зависит от рода складированного груза. Так, тарно-упаковочные грузы (в мешках, в ящиках и т.п.), высота штабелей которых ограничивается прочностью тары, оказывают сравнительно небольшие распределенные поверхностные нагрузки 10-30 кПа. Несколько выше распределенная поверхностная нагрузка от оборудования и тяжеловесных грузов (30-60 кПа). Более значительные распределенные нагрузки возникают от воздействия металлических грузов (чушки, прокат) и навалочных грузов (руда,

уголь). Груз, расположенный на различных расстояниях от линии кордона, оказывает различное влияние на причальное сооружение. Как правило, по мере удаления вглубь территории влияние складированной нагрузки на конструкцию сооружения уменьшается. Поэтому для рационального использования несущей способности причального сооружения нагрузки, согласно нормам технологического проектирования (НТП), нормируют по четырем зонам

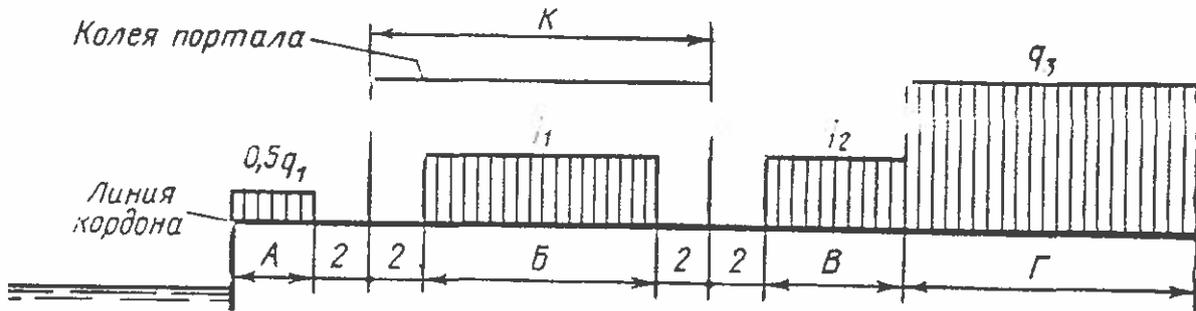


Схема распределения равномерной нагрузки по зонам

**З о н а А** Прилегает непосредственно к линии кордона, где могут оказаться случайные грузы с ограниченной высотой штабеля, значение распределенной поверхности нагрузки берется наименьшей, равной  $0,5q_1$ . Ширина этой зоны назначается из условия обеспечения свободного перемещения порталных кранов вдоль причала, поэтому зона заканчивается на расстоянии 2 м от первого подкранового пути. При обычных расстояниях между линией кордона и первым подкрановым рельсом 2,25-2,75 м эта зона практически отсутствует.

**З о н а Б** для расположения основных перегрузочных механизмов и прикордонных транспортных устройств. Возможная высота штабелей складированных грузов здесь тоже ограничена из-за сравнительно небольшой ширины этой зоны. Кроме того нагрузки в этой зоне оказывают непосредственное воздействие на причальные сооружения, поэтому большие значения этих нагрузок не всегда могут быть оправданы из-за необходимости утяжеления причальных сооружений.

Распределенная поверхностная нагрузка в этой зоне равна  $q_1$ , а ширина грузовой полосы  $B = K - 4$  м, где  $K$  – ширина колеи. Для двухпутного портала  $B = 10,5 - 4 = 6,5$  м, а для трехпутного  $B = 15,3 - 4 = 11,3$  м. Зоны А и Б составляют прикордонный участок территории причала.

**З о н а В** - переходная зона, в которой располагаются откосы штабелей навалочных грузов. Ширина ее определяется заложением откоса штабеля. При складировании грузов, не создающих откосов

(контейнеры, пиломатериалы и т.п.), эта зона отсутствует, распределенная поверхностная нагрузка в этой зоне равна  $q_2$ .

**З о н а Г** - тыловая зона. Распределенная поверхностная нагрузка от складываемых грузов здесь наибольшая и равна  $q_3$ , так как высоты в этой зоне могут быть приняты предельно допустимыми для данного рода груза. Ширина этой зоны ограничивается радиусом действия перегрузочных машин и размерами тыловой территории. С учетом сказанного характеристика нагрузок по зонам для различных категорий грузов нормируется в соответствии с табличными значениями.

Общая масса складываемых по всем зонам грузов характеризует грузоподъемность причала. Эксплуатационная практика показывает, что при перегрузочных операциях по схеме берег-море и обратно, как правило, имеется некоторый разрыв между поступающими и отправляемыми грузами. С увеличением грузовой емкости причала значительно улучшаются эксплуатационные показатели. С другой стороны, согласно правилам технической эксплуатации для обеспечения безопасности сооружения нагрузки от складываемых грузов не должны превышать установленных паспортом причала пределов.

#### *Нагрузки от судов.*

К ним относятся:

1. Нагрузки от навала на причальное сооружение пришвартованного судна.
2. Нагрузки от натяжения швартовов.
3. Нагрузки от навала судна при подходе к сооружению.

*Навал на причальное сооружение пришвартованного судна* обуславливается воздействием на судно ветра и течения, направленных в сторону причала. Зависит от скорости ветра и парусности судна.

При стоянке судна у причального фронта, образованного палами, нагрузка от навала судна передается в виде сосредоточенных сил, причем только на те палы, которые расположены в пределах прямолинейной части борта судна. Распределение нагрузки на палы производят с учетом их жесткости.

*Нагрузки на причальное сооружение от натяжения швартовов* обуславливаются действием на судно ветра и течения, направленных от причала (в сторону акватории).

*Нагрузка от навала судна при его подходе к причалу* обуславливается тем, что в момент контакта с причальным сооружением судно еще обладает некоторой непогашенной скоростью. Характер изменения этой нагрузки во времени, и ее значение зависят от целого ряда факторов:

- массы судна и присоединенной массы воды;
- массы сооружения;
- конструкции отбойных устройств;
- угла подхода судна к сооружению;
- скорости судна;
- возможность судна поворачиваться в плане и т.д.

#### *Волновое воздействие.*

В защищенных акваториях образуется обычно незначительное волнение, не оказывающее ощутимого влияния на причальные сооружения. Однако в некоторых случаях (рейдовые причалы, недостаточно защищенные акватории и бухты) волновое давление на причальные сооружения может быть значительным. Методика определения этого давления приведена в СНИП 57-75.

#### *Ледовые нагрузки.*

Оказывают существенное влияние на работу причальных сооружений в районах со сравнительно тяжелыми ледовыми условиями. В практике эксплуатации портов были случаи, когда причальные сооружения получали серьезные повреждения и даже подвергались полному разрушению льдом в результате недоучета ледовых нагрузок при проектировании сооружений.

Воздействие льда на сооружения обуславливается температурными деформациями льда. Перемещением льда под действием ветра и течения, а также колебаниями уровня воды в водоеме. Силовое воздействие льда проявляется в виде навала ледяных полей на сооружение, удара льдин о сооружение, а также зависания примерзшего к сооружению льда при колебаниях уровня воды. Различают два вида воздействия движущихся льдин на отдельные опоры: льдина, ударившись об опору, полностью останавливается или, продолжая двигаться, прорезается опорой. В последнем случае нагрузка на опору часто оказывается наибольшей, так как ее значение обуславливается прочностью самого льда. Особым видом воздействия льда является истирание им элементов сооружения, что необходимо учитывать при проектировании сооружений.

Рекомендации по определению ледовых нагрузок на причальные сооружения приведены в СНИП 57-75.

#### *Воздействие грунта.*

Боковое воздействие грунта возникает во всех случаях, когда сооружение в виде стенки поддерживает засыпку с тыловой стороны.

Для гравитационных причальных сооружений и больверков под этим воздействием возникает основная нагрузка на причал.

Различают два вида грунтов – *сыпучие и связные*. В сыпучих грунтах (песок, гравий, щебень и т.п.) между зернами возникают только силы трения. В связных же (глинистых) грунтах, кроме сил трения, образуются силы сцепления при взаимодействии жидкости в опорах с мельчайшими частицами глинистых грунтов.

В причальных сооружениях в качестве засыпки применяют, как правило, сыпучие грунты. Они хорошо пропускают грунтовые воды, исключают возможность образования гидростатического давления, возникающего при повышении уровня воды с тыловой стороны над горизонтом моря. Кроме того, сыпучие грунты быстро уплотняются. Глинистые же грунты в течение длительного времени дают осадки. Существенным недостатком глинистых грунтов является также вымывание мельчайших частиц через швы сооружения, набухание при увлажнении и т.д.

## СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ РАЙОНЫ ПОРТА

### *Общие сведения.*

Специализированными называются районы порта в которых производится переработка какого-либо груза одного вида по определенной технологии. К таким районам относятся: контейнерные, для перегрузки методом наката, для навалочных и наливных грузов, для приема и обработки судов-лихтеровозов, пассажирские.

Перевозки указанных грузов осуществляются, как правило, крупнотоннажными специализированными судами, что потребовало увеличения пропускной способности причалов. прежде всего, благодаря использованию высокопроизводительных перегрузочных установок, внедрению новых технологий перегрузочных работ.

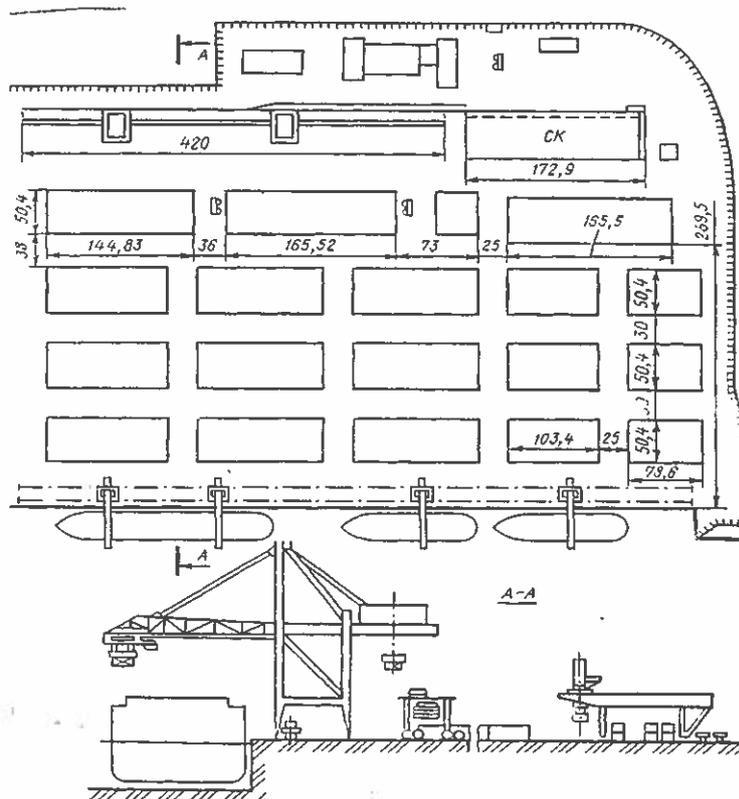
Увеличение дедвейта специализированных судов и использование новой перегрузочной техники вызвали необходимость строительства причалов с глубинами 15-25 м и более и увеличение нагрузки на причалы: горизонтальных (в основном от судов) и вертикальных (от увеличения массы перегрузочных механизмов и складиремых грузов).

### *Контейнерные районы.*

Специализированные районы для контейнеров имеют ряд характерных особенностей, отличающих их от районов для тарноштучных грузов. К числу основных особенностей районов для контейнеров относятся:

1. Большие территории, которые требуются для перегрузки и хранения контейнеров. (коэффициент использования полезной площади при применении мостовых перегружателей равен 0,75, при применении автопогрузчиков с боковым захватом – 0,35-0,40, при применении автоконтейнеровозов – 0,25).
2. Тяжелое подъемно-транспортное оборудование, используемое для перегрузочных операций с контейнерами (мостовые перегружатели, автопогрузчики, автоконтейнеровозы и т.п.).
3. Значительные сосредоточенные нагрузки, передающиеся от складирования контейнеров.
4. Мощное покрытие территории из армированного железобетона толщиной свыше 20 см, а иногда 40-60 см

На рисунке показана компоновка и поперечный разрез перегрузочного контейнерного терминала в Восточном порту (Приморский край), вступившего в эксплуатацию в 1976 году. Пропускная способность 70 тыс. контейнеров в год. Комплекс имеет четыре причальных перегружателя, четыре козловых крана, 20 порталных погрузчиков. Предусмотрена возможность приема судов с горизонтальной погрузкой.



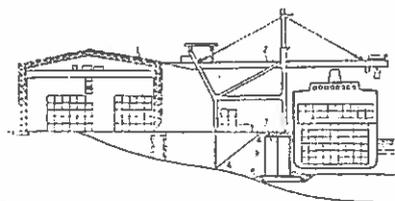
Контейнерный терминал в порту Восточный

На сортировочной площади контейнеры накапливаются по судовым партиям, каждая из которых предназначена для рейса определенного судна. В состав судовой партии контейнеры

группируются по портам разгрузки судна, размерам и массе. Выгруженные из судов контейнеры группируют по назначению и отправляют из порта после соответствующего расформирования партий.

При правильной организации работы на перегрузку одного палубного контейнера затрачивается всего около 1,5 мин, контейнера из трюма около 2 мин. При выполнении одновременно погрузки и разгрузки судна на перемещение контейнера из трюма на берег или обратно затрачиваются в среднем тоже 1,5 мин. С помощью двух перегружателей выгружают 1000 контейнеров и одновременно погружают такое же число, затрачивая около 30 часов. Если в каждом контейнере находится в среднем 12-14 тонн груза, то судно обрабатывают с интенсивностью около 700-900 тонн в час, т.е. в 6-8 раз быстрее, чем при перегрузке обычных тарно-штучных грузов.

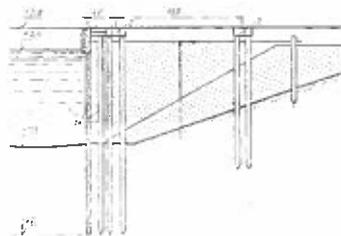
Контейнерные причалы имеют, как правило, фронтальную компоновку, т.е. располагаются вдоль территории, на которой складированы контейнеры. Использование пирсов для размещения контейнерного причала не может считаться удачным решением, так как в этом случае трудно обеспечить нужную ширину складской площади. Конструкции причалов самые различные.



**Контейнерный причал  
причал свайной**

из массивов – гигантов

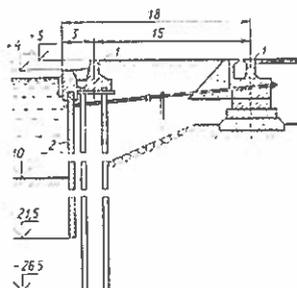
- 1 – склад комплектования контейнеров (основная часть контейнеров хранится на открытых площадках);
- 2 – контейнерный перегружатель;
- 3 – массив-гигант;



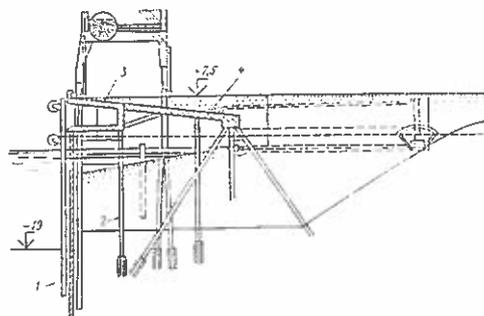
**Контейнерный**

**конструкции**

- 1 – металлический шпунтовый ряд, экранированный двумя рядами железобетонных свай;
- 2 – подкрановые пути контейнерного перегружателя



**Контейнерный причал  
в виде больверка из металлических**

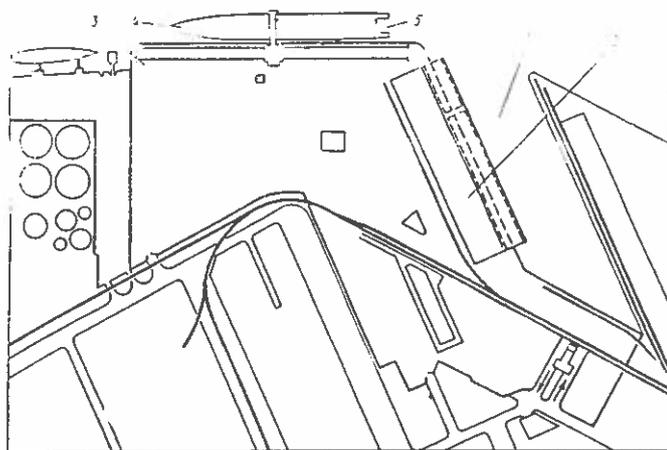


**Контейнерный причал  
с волногасящей камерой**



К примеру, в дельте р. Дунай построен порт Усть-Дунайск, предназначенный для приема, безопасной стоянки и обработки лихтеровозов, загрузки и выгрузки лихтеров, стоянки их у причалов до дальнейшей их буксировки буксирами по Дунаю, стоянки других судов, обеспечением судов водой и продовольствием, бункеровки, Накопления лихтеров для погрузки на суда и отправления их на формируемый рейд. Там лихтеры составляют в караваны и буксируют вверх по реке.

В порту Сан-Франциско введен в эксплуатацию район для обслуживания лихтеровозов.



Район для обслуживания лихтеровозов в порту Сан-Франциско

1 – бассейн обслуживания лихтеров; 2 – крытый причал-склад для обслуживания лихтеров; 3 – склад контейнеров; 4 – лихтеровоз у причала; 5 – контейнерный перегружатель

В этом районе имеются два глубоководных причала для обслуживания контейнеровозов и судов смешанного назначения – лихтеровозов-контейнеровозов. На прилегающей территории расположены открытые складские площадки (90 тыс.м.кв.) для хранения контейнеров. Под углом к глубоководным причалам расположена крытая набережная для загрузки и разгрузки лихтеров. На этой же набережной расположен склад с размерами в плане 260 x 80 м, на котором размещается груз. Параллельно набережной расположены оградительные сооружения, образующие бассейн для отстоя лихтеров. Доставка лихтеров к месту погрузки на лихтеровозы производится буксирами. Лихтеры поднимают из воды судовым порталным краном грузоподъемностью 460 т, перемещающимся от кормы, где принимаются лихтеры, вдоль корпуса судна к месту установки соответствующего лихтера. Выгрузка лихтеров производится в обратном порядке. Лихтеры выгружают у набережной при помощи кранов, которые перемещаются по подкрановым путям, подвешенным к перекрытию лихтерных причалов и складов. Кран

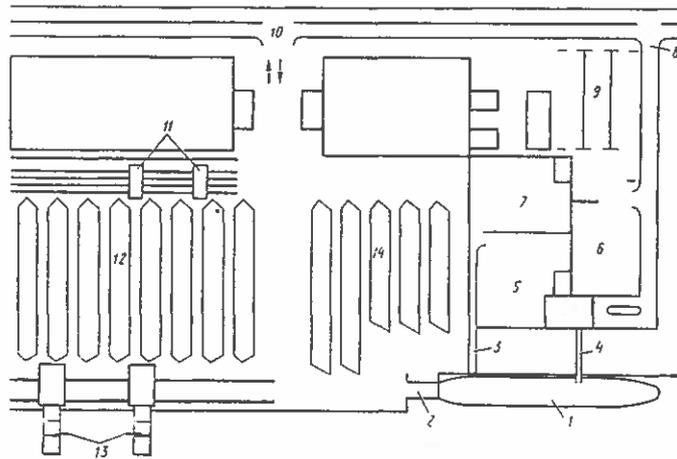
грузоподъемностью 9 тонн используется также для подъема порожних лихтеров из воды в целях осмотра и ремонта.

Причалы для обработки лихтеров, которые можно рассматривать как плавучие контейнеры, представляют собой мелководные причалы обычной конструкции.

#### *Районы для судов с горизонтальной грузообработкой.*

Для судов с горизонтальной грузообработкой строятся специализированные комплексы. Это суда типа «Ро-Ро»: Ро-12 (объем грузовых помещений 12 тыс. м.куб.), Ро-30, Ро-60.. Главным преимуществом таких судов является сам принцип колесной накатки, позволяющей в 3-5 раз сократить сроки перегрузочных работ и отказаться от кранового оборудования на причалах.

Связь судна с причалом осуществляется с помощью носовой ramпы длиной 23 м, шириной 7 м, поворачивающейся к обоим бортам на угол до 45 градусов. Ramпу можно устанавливать при отметках верха причала 1,8-3,5 метра. Типовая планировка перегрузочного контейнерного комплекса с причалом для судов с горизонтальной погрузкой показана на рисунке.

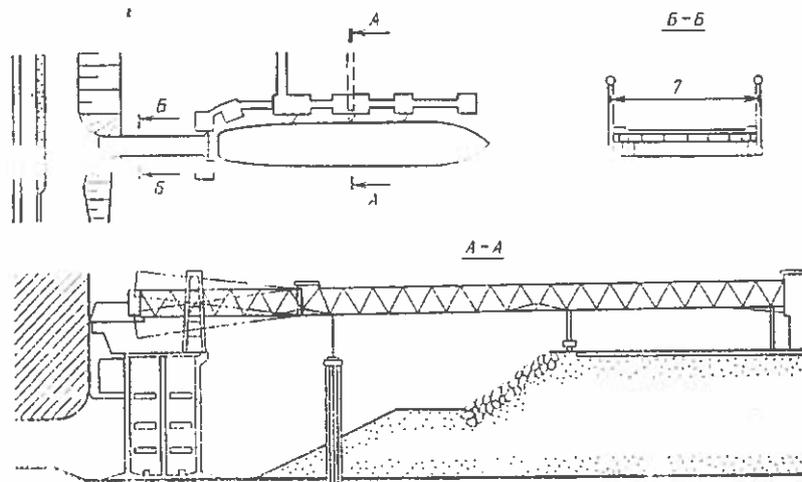


**Причал для судов с горизонтальной грузообработкой**

1 – судно; 2 – стационарная ramпа; 3 – ramпа для автомобилей; 4 – сходы для пассажиров; 5 – площадка для автомобилей, ожидающих погрузки; 6 – сортировочная площадка для автомобилей; 7 – площадка для таможенного досмотра; 8 – подъездная дорога для пассажиров и автомобилей; 9 – стоянка портовой механизации; 10 – подъездная автомобильная дорога для грузового транспорта; 11 – козловые краны; 12 – склад для контейнеров; 13 – контейнерные перегрузчики; 14 – стоянка трейлеров.

Для таких судов используются специальные причалы, которые позволяют подавать на суда и выгружать из них контейнеры на специальных тележках, автомобили и другую колесную технику через носовые или кормовые лацпорты.

Продольный разрез подобного причала (рисунок) состоит из береговой рампы, части береговой территории или причала, прилегающих к переходным мостам (аппарелям), которые служат для перемещения колесной техники между судном и причалом, аппарелей и дополнительных клапанов (плит), обеспечивающих непосредственное соединение аппарелей с судном.



**Причал для судов с горизонтальным способом перегрузки**

В ряде случаев у подобных причалов обслуживаются и паромы, перевозящими пассажиров с автомобилями и колесную технику, которую обычно погружают и выгружают рассмотренным ранее способом, а пассажиры переходят на паром или с парома при помощи трап - портала через бортовые лацпорты. Подобные причалы включают все элементы пассажирских причалов и причалов для судов с горизонтальной погрузкой. Существуют суда, имеющие боковые трапы, направленные под углом к оси судна, что позволяет обслуживать их у причалов общего назначения.

#### *Паромные переправы.*

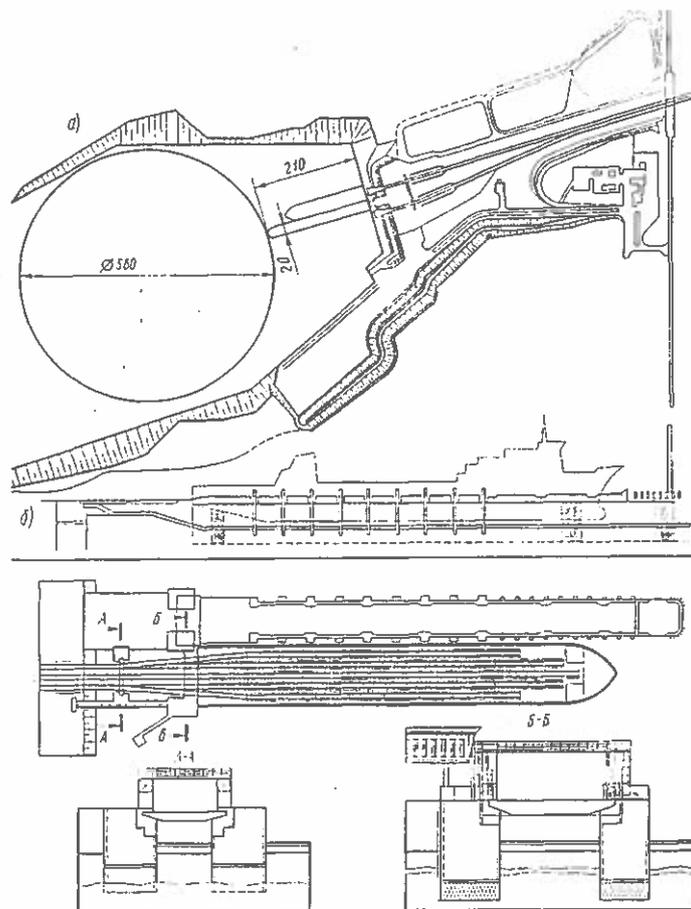
Паромные переправы предназначены для перевозки через водные преграды пассажиров, безрельсовых транспортных средств и железнодорожных составов на специальных судах-паромах.

Комплекс сооружений паромной переправы состоит из судов-паромов, береговых устройств, предназначенных для передачи пассажиров и подвижного состава с берега на паром и обратно, подъездных путей – железнодорожных и автомобильных.

В 1973 году вступила в эксплуатацию паромная переправа Ванино - Холмск через Татарский пролив. Каждый паром на этой линии обеспечивает перевозку более 15 тыс. четырехосных вагонов в

год, т.е. один паром заменяет 10 универсальных сухогрузных судов, использование которых на коротком плече неэффективно.

Существует паромная переправа Ильичевск - Варна, которая предназначена для обслуживания линии протяженностью 463 км и состоит из трехпалубных судов-паромов дедвейтом 12 тыс.т и паромных комплексов в портах Ильичевск и Варна (рисунок). В паромный комплекс порта Ильичевск входят: паромный причал с железнодорожными путями для подачи вагонов и автомобильным подъездом; выставочный парк; предпортовая станция; объекты производственного вспомогательного назначения.



**Паромная переправа в Ильичевске**  
*а* – план; *б* – причал паромной переправы

Паромный причал выполнен в виде узкого пирса длиной 210 м, шириной 16 м, с глубиной у причала 9,6 м. Пирс расположен между двумя подъемно-переходными мостами. В корневой части пирса с каждой его стороны располагаются по два устоя. Каждая пара устоев образует ложе парома, в котором он стыкуется с мостом. Обращенные к парому плоскости упорных частей ложа расположены перпендикулярно оси пирса. Плоскости ложа, служащие для

ограничения боковых перемещений парома, расположены под углом к оси пирса. Очертания кормы парома соответствуют ложу. Подъемно-переходные мосты однопролетные длиной 40 м. Пирс состоит из отдельно стоящих ограждающих отбойных палов.

Паром швартуется лагом к пирсу, затем его подтягивают к ложу на швартовах, что позволяет снизить скорость захода в ложе и ударные нагрузки на устои. Применяется автоматическая стыковка парома с мостом. При опускании моста специальные датчики, соприкасаясь с кормой, включают в работу швартовные крюки, которые подтягивают и присоединяют паром к мосту. Загрузка железнодорожных вагонов в паром и его разгрузка составляют 6 часов. Общее время стоянки судна у причала 3 час. (с учетом выполнения вспомогательных операций). Эта переправа позволила сократить потребность в морских судах примерно в 6 раз, в причалах в 9 раз, в численности портовых рабочих в 12 раз, уменьшить время доставки грузов на 6 дней.

#### *Районы для перегрузки нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов.*

Районы для перегрузки нефти, нефтепродуктов, сжиженных газов и других пожароопасных грузов стремятся выносить за пределы порта и возможно дальше от города. В прибрежной зоне необходимо предусматривать площади для размещения нефтяных и газохранилищ, трубопроводов и т.п. Для зачистки танкеров от нефтяных остатков в районе нефтяной гавани размещают сооружения и причалы зачистных станций.

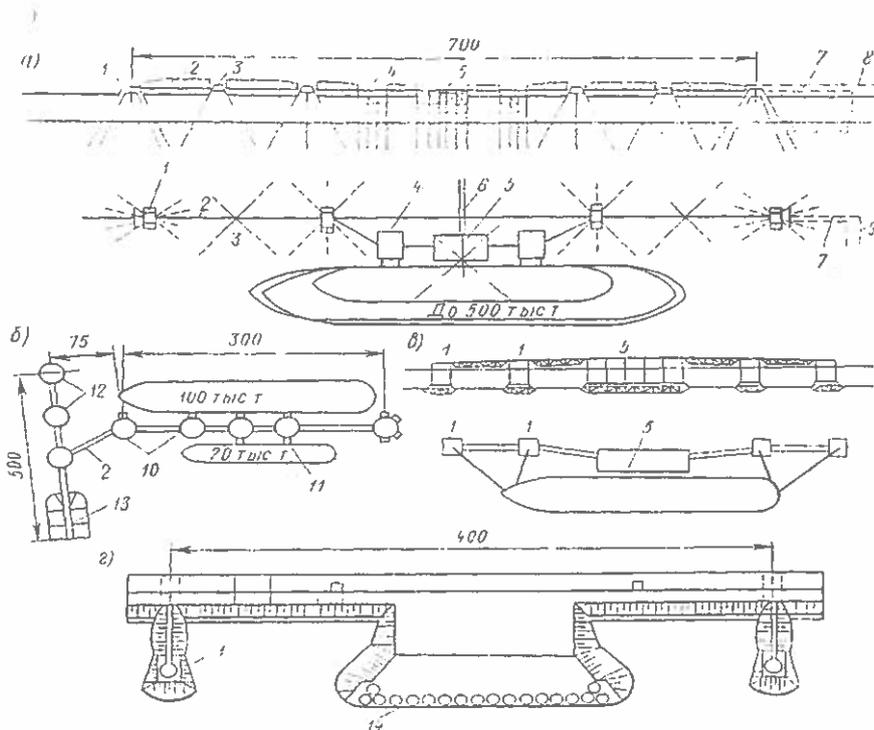
Акватория нефтяной гавани отделяется от остальной акватории порта разного вида ограждениями для устранения возможности распространения нефти в прилегающие зоны.

При наличии течений следует по возможности располагать нефтяную гавань таким образом, чтобы разлившаяся нефть не поступала в основные районы порта, зоны отдыха, другие важные участки побережья и акватории.

Районы для перегрузки сжиженных природных газов из-за быстрого роста объемов перевозок все чаще выносят в специальные районы. Сжиженный природный газ обладает повышенной пожароопасностью и взрывоопасностью, токсичностью, требует поддержания определенных значений температуры и давления. Сжиженный газ перевозят в специальных танкерах – газовозах длиной в перспективе до 300 м и с минимальной осадкой 11 м, а перекачивают грузовыми насосами газовоза. Район должен быть оснащен испарительным, компрессионным и другим оборудованием и трубопроводами. Резервуары должны располагаться на границе участка и отстоять один от другого не менее, чем на расстоянии,

равном диаметру резервуара. Административные и прочие здания должны быть расположены на безопасном расстоянии.

Нефтяные причалы для перегрузки нефти могут быть в виде пирсов, расположенных параллельно, перпендикулярно или под углом к берегу (рис. а и б), в виде рейдовых причалов (рис. в) или в виде набережных (рис. г).



### Нефтепричалы

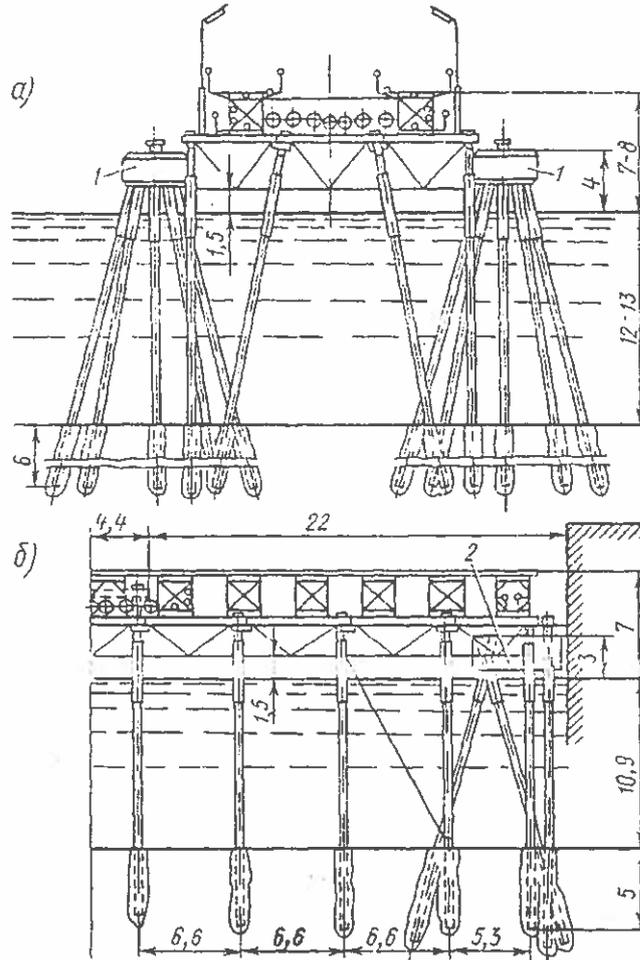
а – причал на основании из металлических трубчатых свай; б – пирс из круглых массивов-гигантов; в – рейдовый причал из массивов-гигантов; г – береговой причал из оболочек большого диаметра; 1 – швартовный пал; 2 – соединительный мостик; 3 – промежуточная опора соединительного мостика; 4 – отбойный пал; 5 – технологическая площадка на свайном основании; 6 и 7 – соединительная эстакада при расположении причала соответственно параллельно и перпендикулярно берегу; 8 и 9 – береговая линия; 10 – массивы-гиганты причала и палов; 11 – отбойные приспособления; 12 – массивы-гиганты ледорезы; 13 – соединительная дамба; 14 – технологическая площадка, огражденная сваями-оболочками большого диаметра

Наиболее часто нефтяные причалы выполняются в виде узких пирсов, которые состоят из технологической площадки сравнительно небольшой длины – 40-50 м. Ширина площадки зависит от того, с одной или с двух сторон устанавливаются суда. Для двусторонних причалов площадка обычно имеет ширину 50-70 м, для односторонних 30-70 м в зависимости от располагаемого на ней

погрузочного и другого оборудования. Навал судна на технологическую площадку причалов для нефтетанкеров и газовозов считается недопустимым явлением. Поэтому по обе стороны от технологической площадки располагают отбойные палы, воспринимающие усилия от навала судна, как при его подходе так и при стоянке у пирса. Технологическую площадку располагают таким образом, чтобы ее передний край находился за передней линией отбойных палов, которые и воспринимают всю нагрузку от швартуемого судна. На технологической площадке иногда располагают только вспомогательные швартовные тумбы, рассчитанные на небольшие усилия и используемые для закрепления швартовов, устраняющие продольные подвижки судов, так называемых *шпрингов*. Основные швартовные усилия воспринимаются швартовными палами, на которых устанавливаются швартовные тумбы или другие устройства для более надежного закрепления носовых кормовых и прижимных швартовов.

Конструктивно технологическая площадка и палы могут быть выполнены на свайном основании (рис. а), из массивов-гигантов (рис. б, в), из свай-оболочек большого диаметра (рис. г) и других гравитационных конструкций, а также из металлического шпунта.

Наиболее распространенной конструкцией нефтяных причалов являются пирсы на свайном основании.

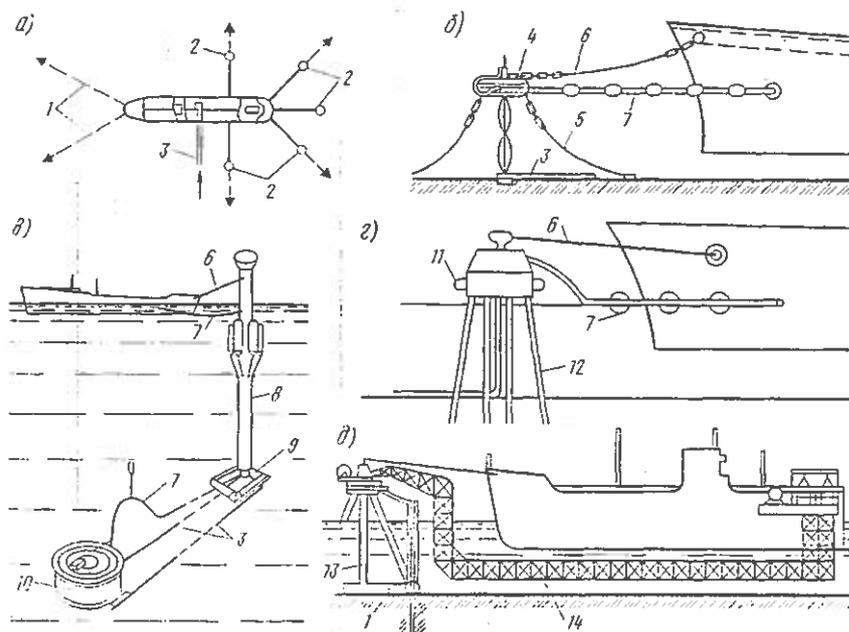


### Металлический пирс для танкеров в порту Шесхарис

а – поперечный разрез по эстакаде; б – то же по грузовой площадке; 1 – швартовный пал; 2 – отбойный пал

Для уменьшения объема дноуглубительных работ они обычно располагаются параллельно берегу, в этом случае соединительная эстакада размещается перпендикулярно к берегу и к пирсу. В благоприятных условиях, например при больших глубинах у берега, удается расположить пирс перпендикулярно или близко к этому направлению по отношению к берегу. Соединительная эстакада иногда переходит в дамбу.

Наряду с причалами, расположенными у берега, для обслуживания крупнотоннажных нефтетанкеров большое распространение получили рейдовые причалы различной конструкции. Наиболее простыми из них являются рейдовые стоянки на нескольких швартовных бочках или буях (рис.).



### Рейдовые нефтепричалы

а – на якорях и плавучих бочках (буях); б – в виде одиночного буя; в и г – башенного типа с качающейся стойкой и в виде одиночного пала; д – с вращающейся балкой; 1 – судовые якоря; 2 – буи (бочки); 3 – подводный трубопровод; 4 – одиночный буй с верхней поворотной частью; 5 – якорные цепи буя; 6 – швартовы; 7 – плавучий шланг; 8 – стойка с поплавками; 9 – опорная часть; 10 – подводный резервуар; 11 – ростверк пала с верхней вращающейся частью; 12 – сваи; 13 – опора балки; 14 – вращающаяся балка с трубопроводами

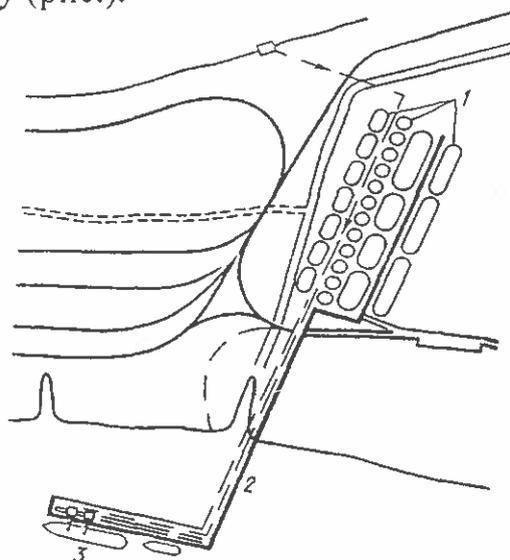
Кроме того, существуют одноточечные рейдовые причалы в виде плавучих одиночных буюв, закрепленных с помощью якорей, или стационарных башен гравитационного типа, или свайной конструкции.

*Районы для перегрузки навалочных грузов открытого хранения.*

Такие грузы как уголь, руда, минеральные удобрения, строительные материалы, выделяющие значительное количество пыли, стремятся располагать таким образом, чтобы пыль не переносилась в город и в те районы порта, в которых она может повредить груз или нарушить нормальную деятельность порта..

Районы для навалочных грузов требуют больших площадей для размещения открытых складов, а также перегрузочных и транспортных комплексов. Ширина территории у причала достигает 200-300 м и более.

При отсутствии достаточных площадей у причального фронта или неудобном рельефе иногда складские площади и разгрузочные пути помещают на тыловых площадках. Такая компоновка применена в Восточном порту (рис.).



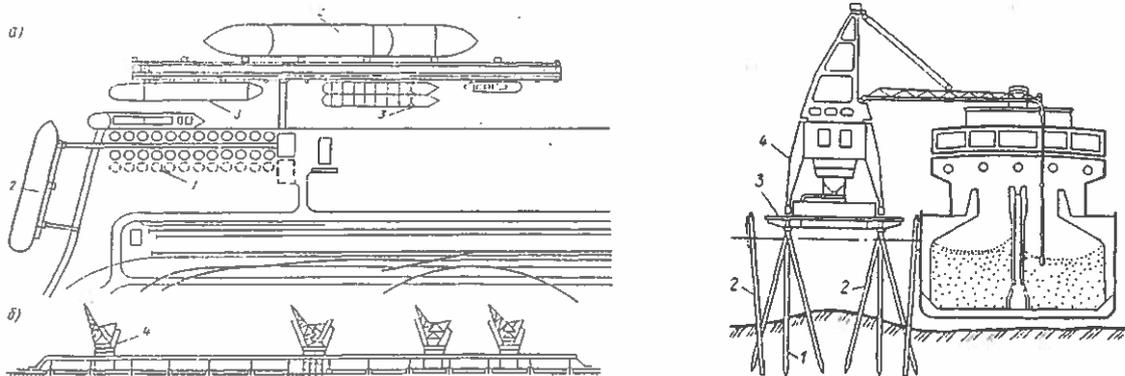
**Район для навалочных грузов с расположением складов в тылу (порт Восточный)**

1 – склады; 2 – конвейеры; 3 – причалы

Причалы для руды и угля в конструктивном отношении обладают наибольшей спецификой, поскольку в этом случае необходимы большие глубины у причалов и, кроме того, причалы должны воспринимать большие нагрузки от судов. Причалы для руды и угля можно располагать фронтально, что сокращает путь перемещения груза, но в некоторых случаях увеличение нагрузки на причал от распора грунта требует создания тяжелых конструкций причалов. Вторым вариантом размещения причалов для руды и угля являются узкие пирсы или причалы, расположенные параллельно или под углом к линии берега. В этом случае на причале размещаются перегружатели, к которым груз подается по конвейерным линиям со складов, располагаемых на берегу.

Районы для перегрузки зерна и других навалочных грузов, требующих закрытого хранения, приходится выносить в глубоководные зоны порта в связи с увеличением размеров

специализированных судов-зерновозов, дедейт которых нередко превышает 100 тыс.т. Для перегрузки зерна с судов сравнительно малых размеров силосные зернохранилища располагались на территории непосредственно у причала. Увеличение размеров судов сделало более целесообразным размещение перегрузочного оборудования на узких пирсах, параллельных или перпендикулярных береговой линии (рис.).



**Район для перегрузки зерна**  
**перегрузки зерна**

*a* – план; *б* – загрузочная эстакада;  
1 – зернохранилище; 2 – морские суда;  
3 – каботажные и речные суда;  
4 – перегружатели

**Пирс для**

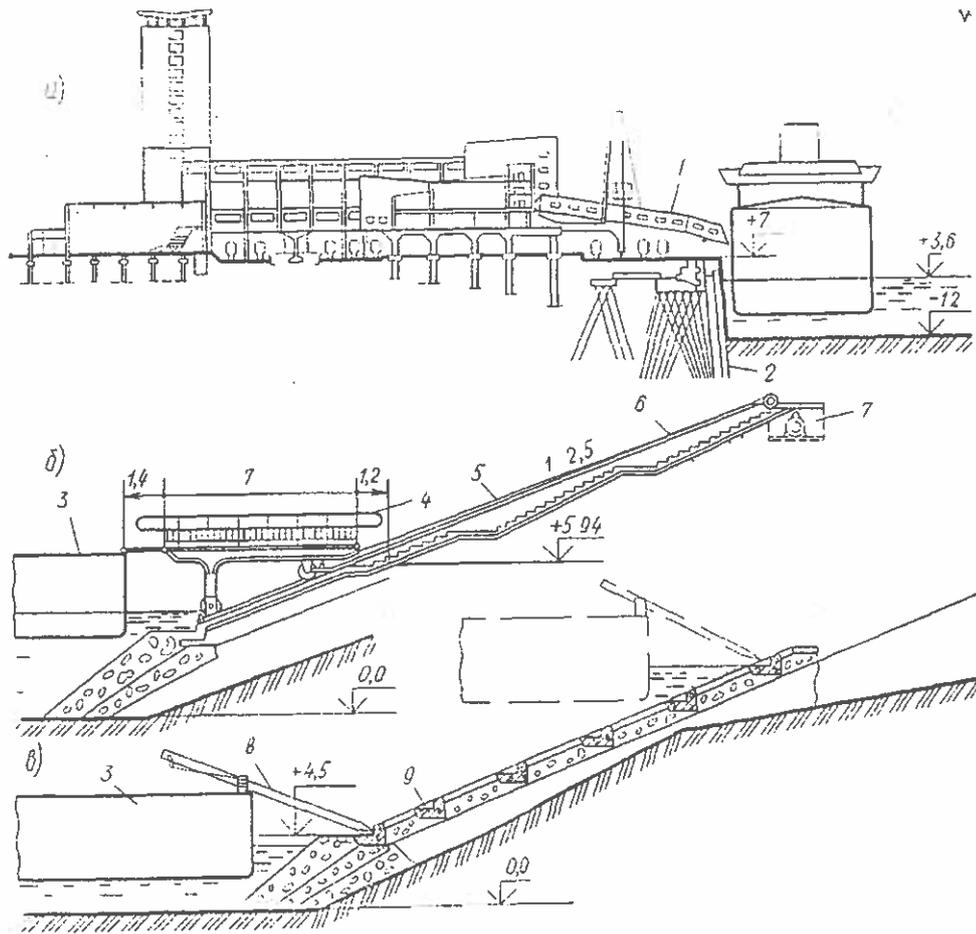
1 – трубчатые железобетонные сваи;  
2 – металлические отбойные сваи;  
3 – сборно-моноклитное верхнее строение;  
4 – перегружатель для зерна

Подобная компоновка применяется и для других навалочных грузов, требующих закрытого хранения. В Одесском порту обработка судов, перевозящих сахар-сырец, производится длиной 220 м, расположенного перпендикулярно берегу.

#### *Пассажирские районы порта.*

Пассажирский район порта обычно расположен в местах, наиболее удобных для подхода судов к причалам без сложных маневров. Это особенно существенно для портов, куда пассажирские суда заходят на короткое время. Пассажирский район порта должен находиться по возможности ближе к центру города. Причалы для приема пассажирских судов имеют некоторые

специфические особенности. Они обычно предназначаются для судов большой длины со значительными осадками. Однако вертикальные нагрузки, которые передаются на сооружения, как правило, не очень велики. Часто в непосредственной близости от причала находится морской вокзал, опоры которого могут входить в состав сооружения или располагаться рядом с опорами сооружения – это может повлиять и на конструкцию самого причала (рис.).



### Пассажирские причалы

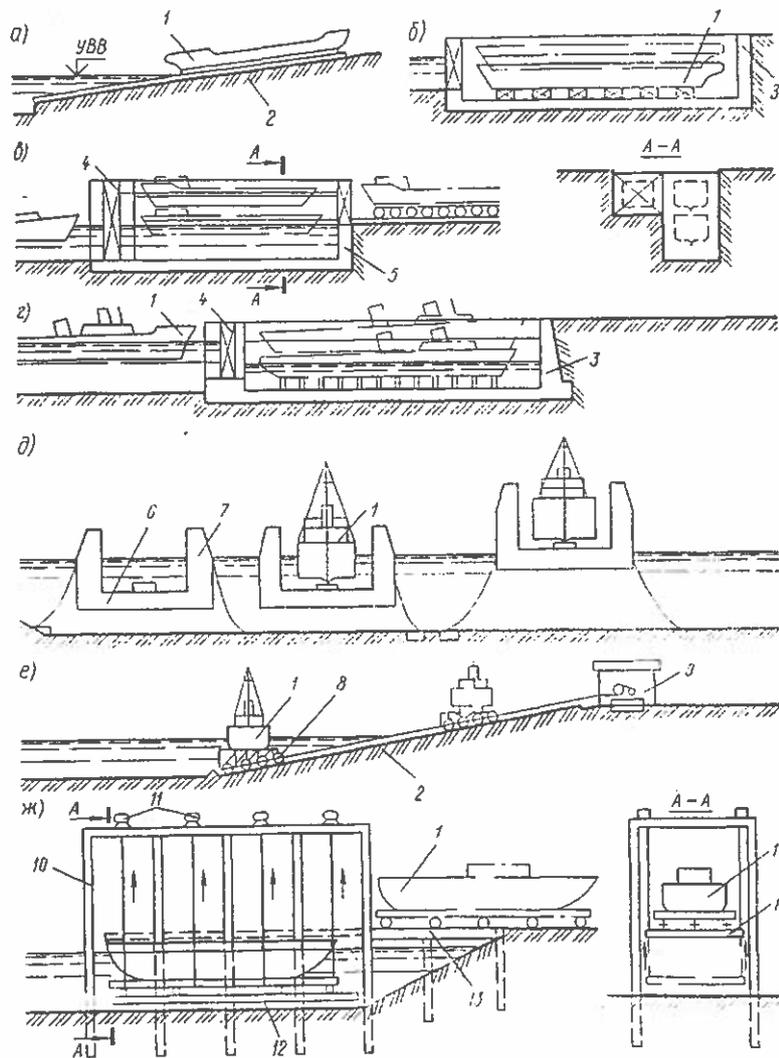
*a* – для морских судов; *б* – с подвижной перегрузочной платформой для речных судов; 1 – трап-портал, соединяющий судна с морским вокзалом; 2 – причал; 3 – понтон, перемещающийся по высоте при изменении уровня воды; 4 – косяковая трап-тележка; 5 – тяговый трос тележки; 6 – путь перемещения тележки; 7 – лебедка; 8 – распорки для закрепления понтона; 9 – упоры

## СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ И СУДОРЕМОНТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

### *Гидротехнические сооружения судоремонтных и судостроительных предприятий.*

Гидротехнические сооружения судостроительных и судоремонтных предприятий являются важнейшими элементами соответствующих промышленных комплексов. Гидротехнические сооружения судостроительных предприятий служат для спуска построенных судов на воду, сооружения ремонтных предприятий — для осушения подводной части корпуса с целью его осмотра, очистки от обрастаний, окраски или ремонта.

На судостроительных заводах для спуска судов обычно используют продольные эллинги, сухие доки, наливные камеры, вертикальные подъемники, иногда слипы и различные комбинированные устройства.



#### Основные типы судостроительных и судоремонтных гидротехнических сооружений

*a* — продольный судостроительный эллинг *б* — судостроительный сухой док, *в* — наливная док камера *г* — судоремонтный сухой док *д* — плавучий док *е* —