

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра «Транспортные узлы»**

**А. Ю. ЕКИМОВ, Ю. В. ЧУРАКОВА**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ОСНОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
И УСТРОЙСТВ РЕЧНОГО ПОРТА**

**Учебно-методическое пособие  
по курсовому и дипломному проектированию**

**Гомель 2016**

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Транспортные узлы»

А. Ю. ЕКИМОВ, Ю. В. ЧУРАКОВА

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВ РЕЧНОГО ПОРТА

*Одобрено советом факультета «Управление процессами перевозок»  
в качестве учебно-методического пособия  
по курсовому и дипломному проектированию  
по дисциплине «Речные порты»*

Гомель 2016

УДК 656.6 (075.8)  
ББК 39.4  
Е45

**Рецензент** – *Н. Н. Казаков*, доцент кафедры «Управление эксплуатацион-  
ной работой» учреждения образования «Белорусский госу-  
дарственный университет транспорта», канд. техн. наук

**Екимов, А. Ю.**

**Е45** Проектирование основных сооружений и устройств речного порта :  
учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию /  
А. Ю. Екимов, Ю. В. Чуракова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ.  
Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ. – 2016. – 88 с.  
ISBN 978-985-554-548-5

Приведены основные принципы размещения устройств в речном порту. Изложена методика расчета количества грузовых и пассажирских причалов, длины причальной линии, количества перегрузочной техники, параметров акватории речного порта, размеров склада и количества железнодорожных путей. Содержится характеристика перегрузочных, складских и транспортных устройств в порту. Представлены схемы размещения устройств в речном порту при различных формах причального фронта.

Предназначено для студентов специальности 1-44 01 04 «Организация перевозок и управление на речном транспорте».

**УДК 656.6 (075.8)**  
**ББК 39.4**

**ISBN 978-985-554-548-5**

© Екимов А. Ю., Чуракова Ю. В., 2016  
© Оформление. УО «БелГУТ», 2016

## ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие призвано оказывать помощь студентам в выполнении курсового и дипломного проектирования.

*Речной порт* – сложный комплекс инженерных устройств и сооружений, создаваемых в прибрежных районах на внутренних водных путях, предназначенных для обслуживания грузовых и пассажирских перевозок. Речные порты являются неотъемлемой частью единого транспортного процесса взаимодействия водного и сухопутного транспорта (железнодорожного, автомобильного и трубопроводного).

Качественное проектирование необходимых устройств позволяет ритмично исполнять графики подачи и обработки судов у причалов, выполнять обслуживание технического флота, производить профилактические и ремонтные работы и другое.

Причальные сооружения требуют значительных затрат на сооружение и содержание и являются наиболее важным из всех портовых устройств. Однако причалы не смогут выполнять необходимую работу по загрузке-разгрузке судов без соответствующей планировки акватории и территории речного порта.

Для выполнения **курсового и дипломного проектирования** в пособии приведены основные требования, предъявляемые к плану речного порта и его элементам, основные принципы районирования порта, характеристика гидротехнических устройств. Изложена методика расчета количества грузовых и пассажирских причалов, длины причальной линии, количества перегрузочной техники, параметров акватории речного порта с определением площадей соответствующих рейдов, размеров склада, количества прикордонных и тыловых железнодорожных путей, грузонапряженности автомобильных дорог. Представлена различная компоновка речных портов.

*Пояснительная записка* к курсовому проекту оформляется на листах формата А4 в соответствии с установленными ГОСТами. Компоновка всех основных и вспомогательных сооружений и устройств речного порта выполняется на листе формата А1 или А2 в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000.



## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Аванрейд** – участок сортировочного рейда, на котором формируют и расформируют составы.

**Акватория порта** – водная поверхность, отведенная порту вне границ судового хода и предназначенная для стоянки судов во время их грузовой обработки (в ожидании ее) или посадки-высадки пассажиров, а также для подхода судов к местам стоянки и выполнения маневровых операций.

**Акватория порта** – обособленный участок внутреннего водного пути, используемый для обеспечения деятельности порта.

**Акватория причала** – часть водной поверхности, примыкающей к причалу, предназначенная для стоянки судов под загрузкой-разгрузкой (при посадке-высадке пассажиров) или при выполнении отдельных операций комплексного обслуживания судов, а также для маневров судов у причалов.

**Буксируемый состав** – группа судов, плавучих объектов или соединений плавучего материала, соединенных между собой и буксируемых одним или несколькими буксирами, входящими в эту группу.

**Волнолом** – гидротехническое сооружение на воде, предназначенное для защиты береговой линии или акватории порта от волн, течений, льда и наносов.

**Грузооборот порта** – количество грузов в тоннах, которое за определенное время (навигацию, месяц, сутки) перегружается из судов на берег или в обратном направлении.

**Мол** – гидротехническое оградительное сооружение, предназначенное для защиты акватории порта от волнения, примыкающее одним концом к берегу.

**Навигация** – период времени, в течение которого внутренние водные пути открыты для судоходства.

**Пассажир** – физическое лицо, имеющее проездной документ (билет), удостоверяющий заключение договора перевозки пассажира внутренним водным транспортом, либо перевозимое судном внутреннего плавания на иных законных основаниях.

**Пассажиروоборот порта** – общая численность пассажиров, прибывших в порт и отправленных из порта за определенное время (навигацию, месяц, сутки).

**Паузка** – частичная отгрузка судна для уменьшения его осадки.

**Порт** – специально отведенный участок сухопутной территории и акватории внутренних водных путей, предназначенный для обслуживания пассажиров и судов, приема, погрузки, выгрузки, хранения и выдачи грузов и багажа, а также выполнения иных работ и услуг, обычно оказываемых в порту.

**Порт общего пользования** – порт, осуществляющий прием, погрузку, выгрузку, хранение и выдачу грузов и багажа на основании публичного договора, то есть по обращению любого лица и по регулируемым или объявленным тарифам.

**Причал** – участок причального фронта, состоящий из причального гидротехнического сооружения, оборудования и устройств, обеспечивающих одновременную обработку (швартовку и погрузку-выгрузку) одного расчетного судна.

**Причальная линия** – граница между причальным сооружением и акваторией причала.

**Пропускная способность порта** – наибольшее количество грузов определенной категории, которое порт может переработать с суши на воду и в обратном направлении при данном составе причалов, оборудовании, соответствующем категориям грузов, при определенной продолжительности навигации.

**Рейд** – часть акватории порта, предназначенная для стоянки судов, формирования и расформирования судовых составов, выполнения операций комплексного обслуживания флота, а также для перегрузочных работ по варианту «судно – судно».

**Самоходное судно** – судно, использующее собственную силовую установку для перемещения, за исключением судна, силовая установка которого используется только для совершения перемещений на незначительное расстояние или для увеличения его маневренности во время буксировки. К самоходному судну приравнивается судно, идущее под парусом и одновременно использующее собственную силовую установку.

**Самоходное транспортное судно** – самоходное судно, предназначенное для перевозки грузов, пассажиров, буксировки судов, плотов и иных плавучих объектов.

**Склад** – специальная открытая или закрытая площадка, предназначенная для временного хранения грузов.

**Судно** – самоходное или несамоходное плавучее искусственное сооружение, используемое в целях судоходства.

**Суточная пропускная способность причала** – количество тонн груза, перегружаемое за сутки механизированными установками (кранами, элеваторами, конвейерами и т.д.), расположенными на причальном фронте.

**Счаленная группа** – группа судов, других плавучих средств и плавучих сооружений, соединенных между собой борт о борт.

**Территория порта** – совокупность прилегающих к акватории земельных участков, на которых размещаются склады для хранения и сортировки грузов, пассажирские и служебные здания, перегрузочные устройства, железнодорожные и подкрановые пути, автодороги.

**Флот** – совокупность судов отдельного речного бассейна или организации.

# **1 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗМЕЩЕНИЯ УСТРОЙСТВ В РЕЧНОМ ПОРТУ**

## **1.1 Требования, предъявляемые к плану порта и его элементам**

Любой порт, независимо от его расположения, должен соответствовать определенным требованиям, без удовлетворения которых оказывается затруднительным эффективное выполнение основной задачи – быстрой, безопасной и экономичной передачи грузов с одного вида транспорта на другой.

К генеральному плану порта предъявляются следующие общие требования:

1 Подходы к порту с воды должны быть безопасны и доступны в течение всей навигации. Отдельные части порта должны быть так расположены, чтобы суда могли свободно маневрировать на акватории и легко подходить к причалам, не мешая друг другу как при маневрах, так и при стоянке.

2 Подъездные пути с суши – железнодорожные и автомобильные – должны быть удобны и по возможности иметь меньшее число взаимных пересечений, в особенности с водными путями. В связи с повышением интенсивности переработки грузов и внедрением прямого варианта должна быть обеспечена возможность непрерывной подачи автомобилей и железнодорожных составов непосредственно к причалам. Для этого порт должен располагать развитыми железнодорожными парками и соединительными путями и иметь резервные площадки для стоянки автомобилей.

3 Должны быть развиты инженерные коммуникации, обеспечивающие бесперебойную работу оборудования и обслуживание судов, обрабатываемых у причалов.

4 Компактное расположение на причалах перегрузочных, складских и дорожных устройств, обеспечивающее наикратчайший путь от одного вида транспорта к другому.

5 Правильное районирование порта по видам грузов, удовлетворяющее требованиям санитарных и противопожарных норм.

6 Порт должен иметь хорошо развитую территорию, на которой должно быть удобно размещено все необходимое для комплексного обслуживания флота: базы снабжения продовольствием, бункеровочные базы, здания и сооружения для отдыха и обслуживания рабочих порта и экипажей судов.

7 Обеспечение возможности перспективного развития за пределами расчетного срока без нарушения эксплуатационного режима действующего порта.

Эти основные требования следует дополнить еще одним – необходимостью правильного сочетания порта и города.

Речные порты располагаются, как правило, компактно, на одном берегу реки, а по отношению к населенному пункту – отдельно от него и ниже по течению реки.



Встречаются две формы плана речного порта: русловая – при высоком берегу, большой амплитуде сезонных колебаний уровня и значительной ширине реки, и ковшовая – при низменном берегу, малой амплитуде уровня и небольшой ширине реки. Варианты сочетания порта и населенного пункта для обоих случаев показаны на рисунке 1.1. Между портом и городом предусматривается устройство зеленой защитной зоны. Развитие порта предполагается вниз по течению, города – в противоположную сторону. При необходимости, в пределах городской черты устраиваются пассажирские причалы.

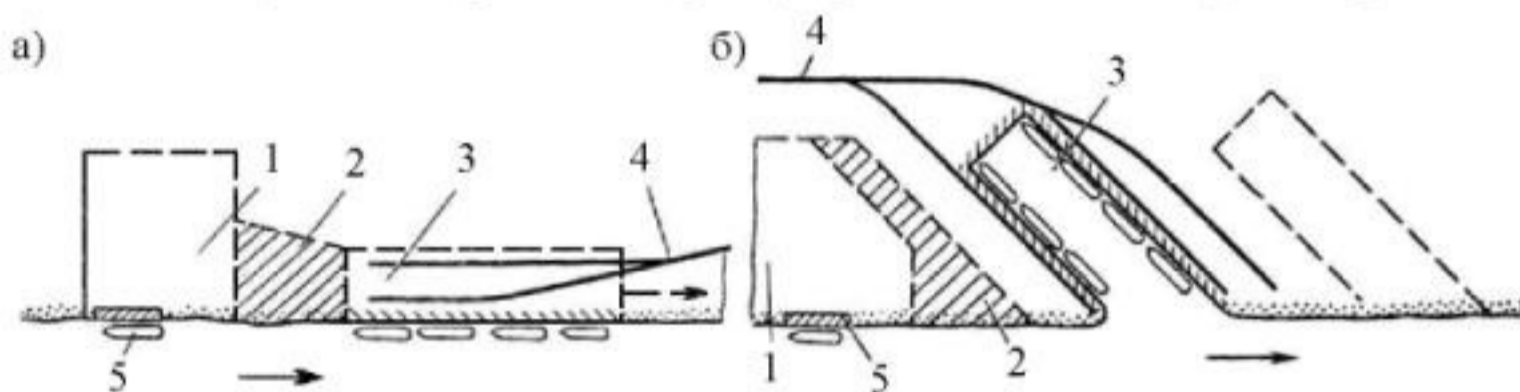


Рисунок 1.1 – Сочетание порта и города:

а – при русловой форме плана порта; б – при ковшовой; 1 – город; 2 – защитная зеленая зона; 3 – порт; 4 – железная дорога; 5 – пассажирский причал

## 1.2 Основные принципы районирования портов

Проектирование плана речного порта как нового, так и развития существующего следует начинать с районирования, которое является одним из наиболее важных моментов при составлении проекта порта. От принятого решения по районированию во многих случаях зависит общее внутреннее устройство порта, план вновь создаваемого или развиваемого порта, удобство и качество его эксплуатационной работы.

*Перевалочный район* обыкновенно размещается вне городской зоны, так как береговую линию, занятую городом или промышленными предприятиями, нерационально отводить для перевалочных операций на железную дорогу и обратно.

Основным условием рациональной компоновки порта и организации его работы является четкое районирование по видам грузов. При значительном грузообороте рекомендуется создание отдельных районов для штучных, навалочных, лесных, зерновых и наливных грузов; выделяется пассажирский район, а также район (или участок внутри одного из грузовых районов) для комплексного обслуживания транспортного флота. В некоторых случаях, при значительном потоке однородного груза, могут создаваться специальные районы (район по перегрузке песка, угольный район, рудный район, контейнерный район и т. д.).

Районы (или причалы) таких навалочных грузов, как уголь, руда, цемент и продукты химической промышленности, должны удаляться от ос-

тальных районов на расстояние не менее 200 м, а в случае открытой перегрузки пищевых продуктов (соль и зерно навалом) – до 300 м. При этом желательно их размещение с подветренной стороны. С другой стороны, при малом грузообороте возможно совмещение даже на одном причале нескольких видов грузов, например, штучных грузов, оборудования, лесных грузов и контейнеров, угля и руды с соблюдением во всех случаях принципа отделения пылящих грузов от остальных.

При районировании речных портов следует, по возможности, так размещать причалы, чтобы при необходимости можно было сосредоточивать береговые перегрузочные машины для скоростной обработки судов. Для этого необходимо предусматривать на причалах района однотипную механизацию.

*Нефтяной район* выносится на край портовой территории, в удаление от селитебных районов города. В речном порту нефтяной район располагают с низовой стороны по течению реки, с тем чтобы нефть при случайном попадании в воду не загрязняла пригородных водных участков, а в случае пожара – не давала бы распространения огня по воде в сторону порта.

Особые требования предъявляются к расположению нефтебаз, для которых являются обязательными специальные технические условия. Нефтебазы должны размещаться на специально отведенной территории и примыкать к дорогам общего пользования или соединяться с ними проездами для обеспечения быстрого и бесперебойного прибытия пожарных команд.

Нефтебазы, возводимые у берегов рек, должны размещаться ниже по течению реки, чем причалы, постоянные места расстановки судов, судостроительные и судоремонтные заводы, мосты и гидротехнические сооружения – на расстоянии от них не менее 300 м.

В отдельных случаях, когда невозможно расположить нефтебазы ниже по течению реки, чем указанные объекты, допускается, в зависимости от их размеров, размещать нефтебазы выше по течению реки на расстояниях не менее 1000–3000 м.

Прокладка дорог общего пользования через территорию нефтебазы не допускается. Резервуары на территории резервуарного парка можно размещать в одиночку или группами, причем емкость группы наземных резервуаров не должна превышать 40 000 м<sup>3</sup>, а подземных резервуаров – не ограничивается.

Нефтепричалы могут располагаться параллельно берегу или выходить в акваторию в виде пирсов. Они должны устраиваться из негорючих материалов и такой ширины, которая позволяет проложить по ним все необходимые нефтепроводы и пожарные проезды.

Нефтепричалы в речных портах должны размещаться в отдалении от сухогрузных, пассажирских и служебных причалов; при использовании причалов для перегрузки нефтепродуктов с температурой вспышки паров



28 °С и ниже разрыв не должен быть менее 300 м, а для прочих нефтепродуктов – не менее 200 м.

К *пассажирскому району* в порту предъявляются следующие требования: подходы к нему со стороны воды и суши должны быть удобны и доступны в любое время; пассажирский район должен быть расположен вне грузовых причалов или обособленно от грузовых причалов, ближе к жилым районам города; надлежит предусматривать необходимые помещения для культурно-бытового обслуживания пассажиров; а также для удобного обслуживания пассажиров вокзал оборудуется железнодорожными путями.

Помимо перечисленных районов, целесообразно предусмотреть в порту *судоремонтные предприятия* (заводы, мастерские), расположение которых в пределах порта необязательно, но возможно.

*Производственные и служебно-вспомогательные здания* должны размещаться таким образом, чтобы они наилучшим образом выполняли свои функции. Так, диспетчерская порта должна быть расположена в месте, обеспечивающем обзор основных районов; ремонтно-механическая мастерская – вблизи районов с наибольшим количеством транспортного оборудования; пожарное депо – у причалов с наиболее пожароопасными грузами; пункты питания не должны быть удалены от основного производственного участка более чем на 300 м.

В целях сокращения времени нахождения судов в портах до минимума следует уделять особое внимание организации комплексного обслуживания транспортных судов.

*Комплексное обслуживание транспортных судов* – это совокупность всех услуг, оказываемых судну и его экипажу с момента подхода судна к порту и до его ухода из порта. Подготовка к работам по обслуживанию судна (например, комплектование материально-технического снабжения и продовольствия) может начинаться и до подхода судна к порту. К объектам комплексного обслуживания относится все вспомогательное оборудование, размещенное за пределами оперативной территории и обеспечивающее бесперебойное функционирование основного оборудования портов.

При районировании порта должна быть учтена возможность дальнейшего развития порта и его отдельных районов. Для этого по каждому району (в особенности по районам, обладающим тенденцией усиленного роста) необходимо во избежание коренного изменения первоначального районирования и разборки существующих сооружений предусмотреть резервы территории, причальной линии и акватории.

Таковы общие указания по районированию речного порта. Поэтому следует стремиться к возможно более компактному размещению районов порта и к созданию общей акватории и территории иногда путем устройства, где это допускают условия берега, искусственных гаваней.



## 2 ВЫБОР ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ПЕРЕГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОРТА

### 2.1 Выбор подвижного состава для перевозки грузов

При выборе подвижного состава водного, железнодорожного и автомобильного транспорта руководствуются правилами перевозок грузов.

Тип подвижного состава на речном (открытые, закрытые, полуоткрытые, суда-площадки), железнодорожном (крытые вагоны, полувагоны, платформы, цистерны) и автомобильном (бортовые или самосвалы) транспорте выбирается по роду груза и его физико-химическим свойствам.

Если груз по своим свойствам допускает хранение на открытом воздухе, то для его перевозки следует выбирать открытый подвижной состав.

При выборе судна следует исходить из рода груза и его свойств, а также грузоподъемности, которая в свою очередь зависит от условий плавания.

Регистровая осадка базового судна устанавливается на основании неравенства

$$T_p^6 \leq H_r - \Delta h, \quad (2.1)$$

где  $H_r$  – минимальная гарантированная глубина судового хода водного пути, м;

$\Delta h$  – запас воды под днищем судна, м (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Нормы минимальных запасов воды под днищем судов

В метрах

Типы судов	Глубина судового хода		
	до 1,5	1,5–3,0	свыше 3,0
<i>На свободных реках</i>			
Самоходные суда и толкаемые составы	0,10	0,15	0,20
Суда для перевозки нефтепродуктов I класса или взрывчатых веществ:			
при песчаном и галечном грунте	0,10	0,15	0,20
при каменистом грунте	0,15	0,20	0,25
Несамоходные суда на буксире:			
при песчаном и галечном грунте	0,05	0,10	0,15
при каменистом грунте	0,10	0,15	0,20
<i>На каналах</i>			
Все суда и составы	0,15	0,20	0,30

При обосновании выбора флота, требуемого для осуществления перевозок, особое внимание требуется уделять выбору буксира-толкача для состава несамоходных судов.

При выборе буксира-толкача нужно руководствоваться рекомендациями таблицы 2.2, а также его регистражной осадкой (см. формулу (2.1)).

**Таблица 2.2 – Рекомендуемые значения мощности буксиров-толкачей, используемых для движения составов с заданным весом**

Вес состава, т	Мощность буксира-толкача, кВт	Вес состава, т	Мощность буксира-толкача, кВт
До 1 000	До 330	4 000–6 000	440–985
1 000–2 000	220–440	6 000–10 000	588–1 470
2 000–4 000	330–588	Более 10 000	Более 1 470

При выборе типа вагона и автомобиля для перевозки грузов в курсовом проекте прежде всего учитывается род перевозимого груза, его свойства и объем перевозок, от которого зависит грузоподъемность транспортного средства.

При выполнении курсового проекта рекомендуется использовать подвижной состав, характеристики которого приведены в приложениях А–В.

## **2.2 Выбор перегрузочных машин**

Для выполнения перегрузочных работ в речных портах применяют различные типы перегрузочных машин. Их многообразие определяется широкой номенклатурой грузов и направлением грузопотоков, различными типами обрабатываемых судов, вагонов и автомобилей, местом выполнения перегрузочных работ и другими факторами.

Портовые перегрузочные машины можно классифицировать по двум основным признакам: по принципу действия и назначению. По принципу действия все перегрузочные машины делятся на две группы: периодического (циклического) и непрерывного действия.

*Машины периодического действия* перемещают груз отдельными партиями, выполняя несколько последовательных операций: захват, подъем и перемещение груза и т.д. Работа такой машины состоит из повторяющихся циклов. К машинам этой группы относят все типы кранов, авто- и электропогрузчики, бульдозеры, береговые перегружатели, вагоноопрокидыватели, подъемники, тележки и др.

*Машины непрерывного действия* перемещают груз непрерывным потоком без остановок для захвата и освобождения и на значительное расстояние в горизонтальном, наклонном и вертикальном направлениях. К ним относятся конвейеры, элеваторы, пневматические, гидравлические и гравитационные установки, норийно-конвейерные и роторно-конвейерные перегружатели.

По назначению и условиям выполнения перегрузочных работ портовые перегрузочные машины подразделяются на основные и вспомогательные.

*Основные машины* располагаются на причале, у кордона (прикордонные). С их помощью перемещают грузы непосредственно из судов на берег или в обратном направлении.

В качестве основных перегрузочных машин периодического действия в речных портах используют порталные, козловые, полупортальные, плавучие, и башенные краны (рисунок 2.1), непрерывного действия – землесосные и черпаковые снаряды для русловой добычи и погрузки в суда, отвалообразователь, норийно-конвейерные и роторно-конвейерные перегрузчики для выгрузки из судов навалочных грузов (рисунок 2.2).

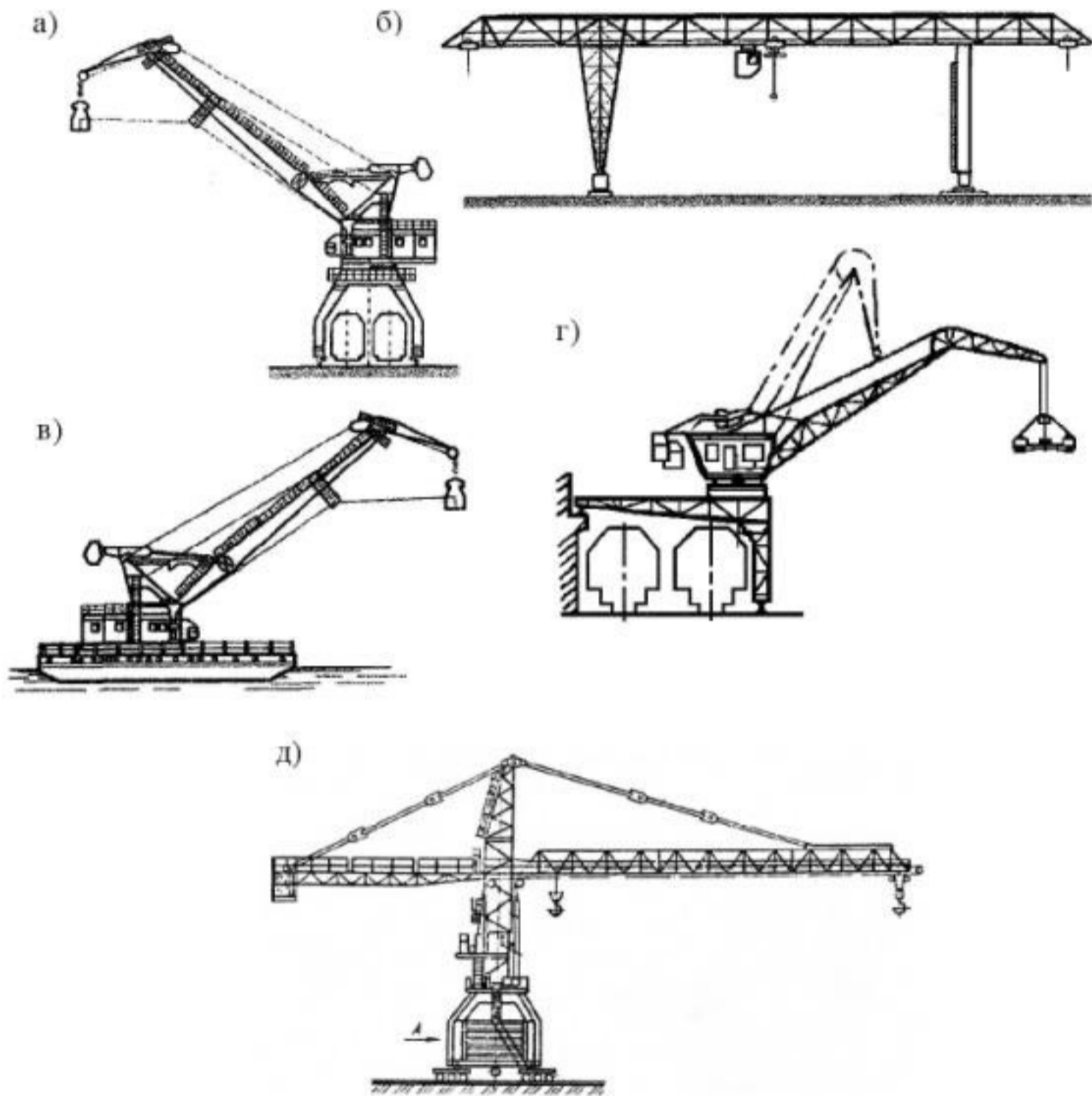


Рисунок 2.1 – Основные типы перегрузочных машин периодического действия, используемых в речных портах:

*a* – порталный кран; *б* – козловой кран; *в* – плавучий кран; *г* – полупортальный кран; *д* – башенный кран



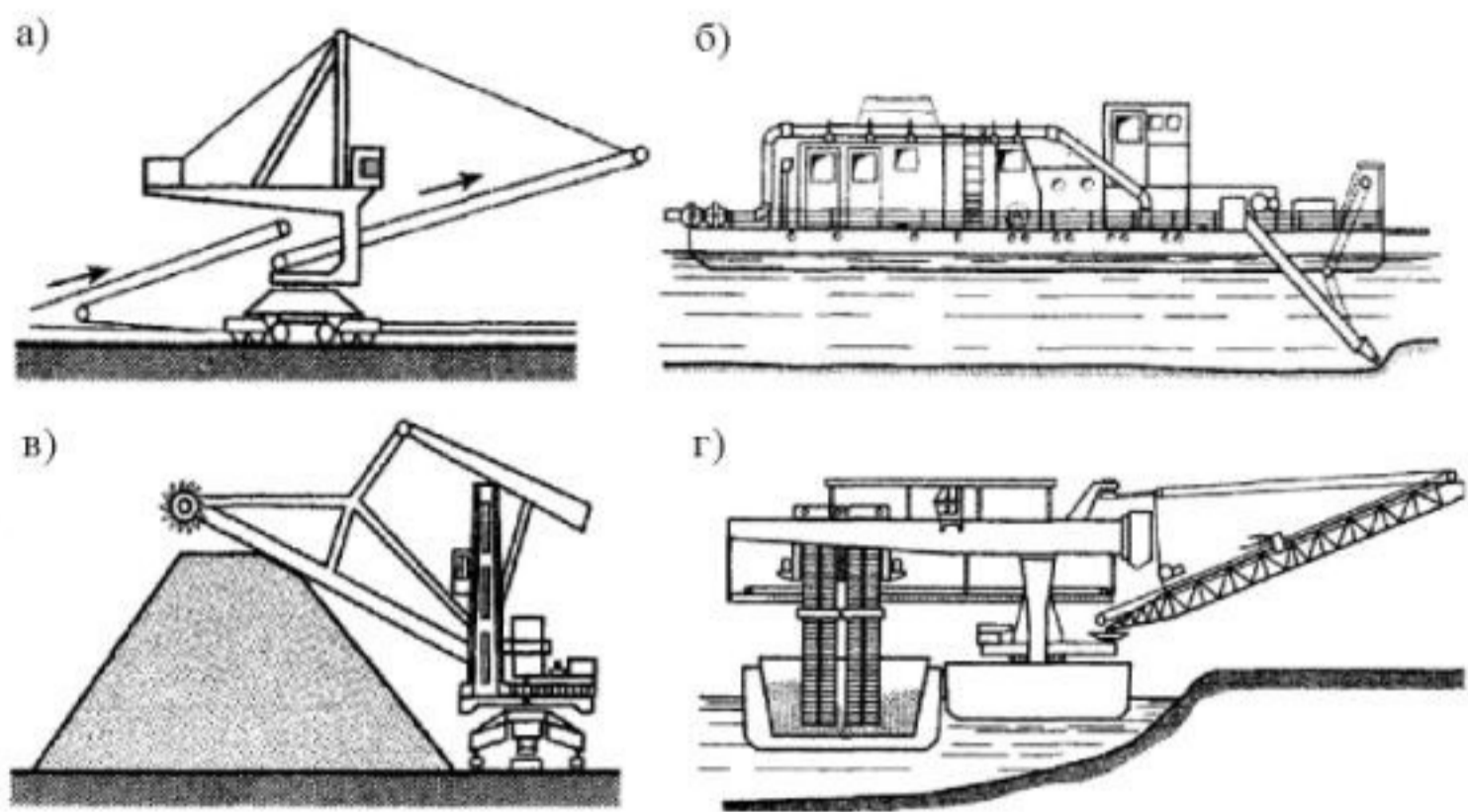


Рисунок 2.2 – Основные типы перегрузочных машин непрерывного действия, используемых в речных портах:  
*a* – отвалообразователь; *б* – землесос; *в* – роторно-конвейерный перегрузочный;  
*г* – плавучий норийно-конвейерный перегрузочный

**Портальные краны** (см. рисунок 2.1, *a*) – универсальные перегрузочные машины, наиболее распространенные в речных портах, представляют собой полноповоротные стреловые краны, поворотная часть которых установлена на портале, передвигающемся по рельсам подкрановых путей или эстакаде. Их используют для перегрузки штучных, лесных, насыпных и навалочных грузов, контейнеров, металлов и тяжеловесов по различным вариантам. Колея портала при размещении под порталом одного железнодорожного пути равна 6 м, двух – 10,5 м, трех – 15,3 м. Наибольшее распространение в речных портах получили краны с шириной колеи 10,5 м.

**Козловые краны** (см. рисунок 2.1, *б*) представляют собой краны со сравнительно малым пролетом, при котором мост крана устанавливается на высоких опорах-ногах, присоединяемых к нему жестко или шарнирно. Каждая опора состоит из двух стоек, нижними концами закрепленных на ходовых балках крана, снабженных ходовыми колесами. Такое устройство исключает необходимость в сооружении эстакад, подкрановые пути укладываются на уровне земли. Этим объясняется преимущественное распространение козловых кранов на открытых складах.

Козловые краны бывают бесконсольные, с одной и двумя консолями. В речных портах применяют краны с двумя консолями и пролетом до 32 м.

Козловые краны получили широкое применение на перегрузке контейнеров, металла, тяжеловесов, лесных и строительных материалов, навалочных грузов и др.

Простота конструкции, управления и обслуживания, относительно низкая стоимость изготовления кранов и их эксплуатации обусловили их широкое внедрение. К недостаткам кранов следует отнести малую высоту подъема груза (в сравнении с порталными кранами), ограниченную площадь рабочей зоны.

**Плавучие перегрузочные краны** (см. рисунок 2.1, *в*) предназначены для обслуживания причалов, не оборудованных береговой механизацией, при работе на рейде, а также при добыче песчано-гравийных материалов.

Плавучий кран значительно дороже, по сравнению с порталным тех же параметров, поэтому наибольший экономический эффект будет при поочередном обслуживании одним плавучим краном ряда причалов с малым грузооборотом в пределах данного водотранспортного узла. Использование плавучего крана, закрепленного за данным постоянным причалом, как правило, является неэкономичным.

Понтон плавучего крана имеет дизель-генераторные установки, цистерны для топлива и воды, необходимые судовые устройства, небольшую ремонтную мастерскую, жилые и бытовые помещения команды.

**Полупортальные краны** (см. рисунок 2.1, *г*) отличаются от порталных только своей опорной частью, выполненной в виде полупортала. У данных кранов одна из опор портала отсутствует и один из подкрановых рельсов уложен на стене или эстакаде. Их устанавливают на причалах с откосной или полукосной стенкой.

**Башенными кранами** (см. рисунок 2.1, *д*) называют самоходные полноповоротные краны со стрелой, шарнирно или консольно закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни. Эти краны предназначены для механизации строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ.

Башенные краны имеют ходовые устройства всех известных типов, но наибольшее распространение получили рельсовые башенные краны, что упрощает их эксплуатацию и повышает безопасность работы.

*Вспомогательные машины* используют для выполнения трюмных, складских и вагонных операций. При перегрузке тарно-штучных грузов в качестве вспомогательных машин используют авто- и электропогрузчики.

При выгрузке навалочных грузов из судов вспомогательные машины используют для подгребания и зачистки трюма от остатков груза, для образования штабелей груза на тыловых площадках, погрузки его в вагоны и автомобили. В качестве трюмных вспомогательных машин используют малогабаритные бульдозеры, в качестве складских – бульдозеры, отвалообразователи, экскаваторы.

При отгрузке навалочных грузов со склада в суда используют обычно краны и бульдозеры. При перегрузке круглых лесоматериалов со склада в

полувагоны для выравнивания торцов бревен применяют торцевальные машины.

Наибольшее распространение при обработке нефтеналивных судов получила *береговая нефтеперекачивающая станция*, так как является более дешевой, долговечной, удобной в эксплуатации, обеспечивает высокую подачу груза (до 1200 т/ч), хорошие условия для швартовки и стоянки судов (рисунок 2.3).

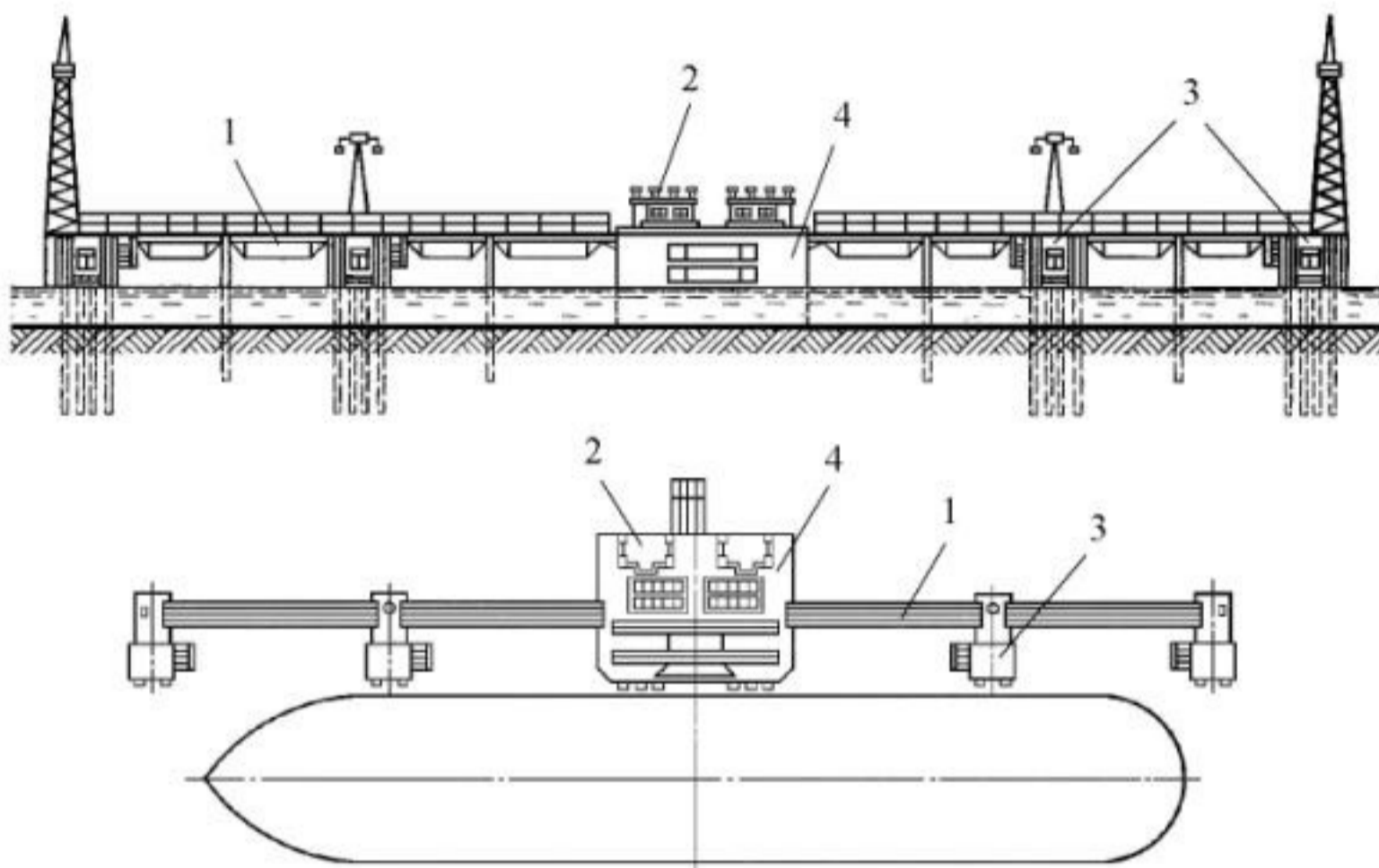


Рисунок 2.3 – Береговая нефтеперекачивающая станция

Такая нефтестанция состоит в виде железобетонного узкого пирса 4, по обе стороны которого расположены по два швартовно-отбойных пала 3, соединенных между собой и бычком переходными мостиками 1. В пирсе расположена заглубленная камера, в которой находится помещение для насосных установок и двигателей. В надстройке 2 над помещением насосов и двигателей размещены оборудование для вентиляции, аппаратура управления и комната для обслуживающего персонала.

Количество видов и типоразмеров перегрузочных машин, применяющихся в портах, достаточно велико, что затрудняет их техническую эксплуатацию и рациональное использование. Следует стремиться к тому, чтобы однотипные операции выполнялись одинаковыми машинами. При значительных грузооборотах оказывается целесообразной узкая специализация машин.



## 2.3 Выбор схем механизации перегрузки грузов

Сочетание машин, осуществляющих различные технологические операции по перегрузке груза, называют *перегрузочным комплексом*, а совокупность подъемно-транспортных машин, вспомогательных устройств, объединенных в определенной последовательности работы в соответствии с характером и особенностями грузопотока, условиями производства перегрузочных работ на причале и предназначенная для перегрузки грузов по одному или нескольким вариантам – *схемой механизации*.

**Универсальные схемы механизации.** Эти схемы получили наибольшее распространение в речных портах. Основным преимуществом таких схем является возможность приспособлять их к часто изменяющейся ситуации в порту – при изменении направления движения груза, замене одного перегружаемого груза другим, изменении грузооборота. Такие схемы в портах организуются с участием, как правило, порталных и плавучих кранов различной грузоподъемности и оснащенных различными грузозахватными устройствами (рисунки 2.4, 2.5). Они получили наибольшее распространение при малых и средних грузооборотах порта.

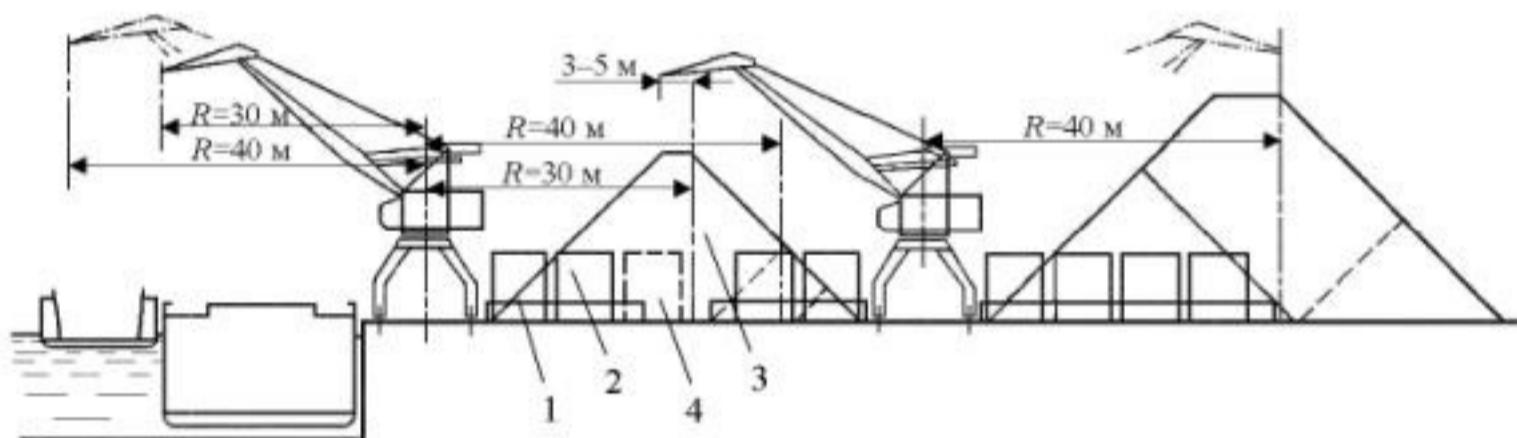


Рисунок 2.4 – Универсальные схемы механизации с порталными кранами:  
1 – контейнеры или тарно-штучные грузы; 2 – лесные грузы; 3 – навалочные грузы;  
4 – зона передачи грузов между кранами первой и второй линии

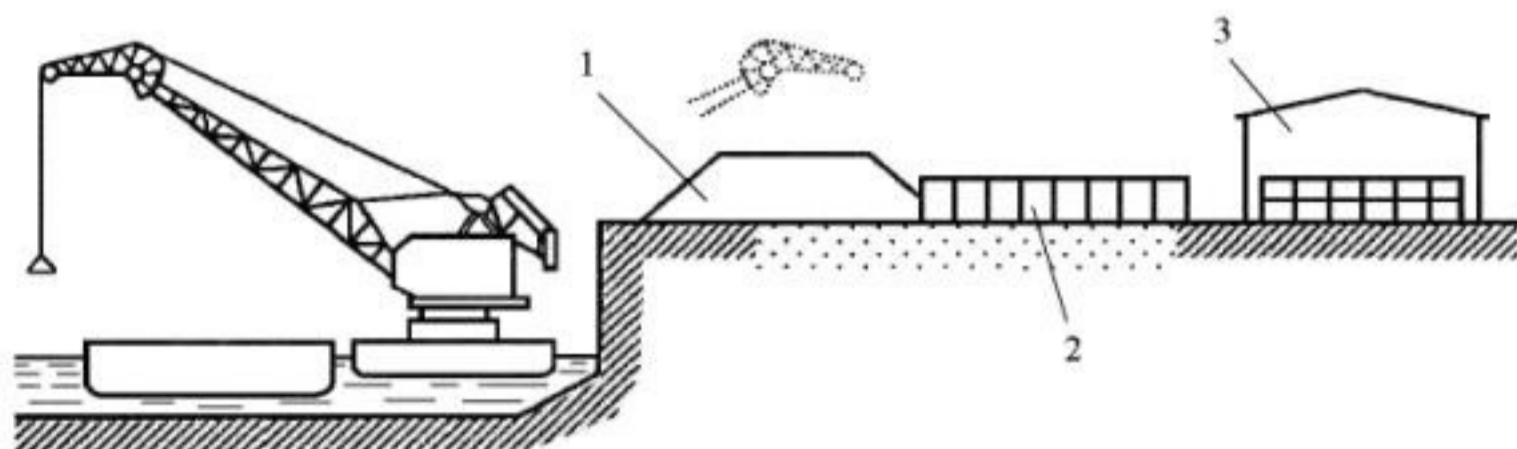


Рисунок 2.5 – Универсальная обратимая схема механизации с плавучим краном:  
1 – штабель навалочных грузов; 2 – генеральные грузы открытого хранения;  
3 – закрытый склад тарно-штучных грузов

**Специализированные схемы механизации.** Специализированные установки, предназначенные для перегрузки однородных грузов, проходящих в одном направлении (судно – берег или берег – судно), наиболее эффективны при значительных грузооборотах и при необходимости создания складов очень большой емкости.

К основным специализированным установкам относятся грейферно-конвейерные, норийно-конвейерные, конвейерные, гидравлические, пневматические перегружатели, а также специализированное оборудование для саморазгружающихся судов, для обработки судов-лихтеровозов, для перегрузки наливных грузов. Например, на рисунке 2.6 представлена схема грейферно-конвейерного перегружателя.

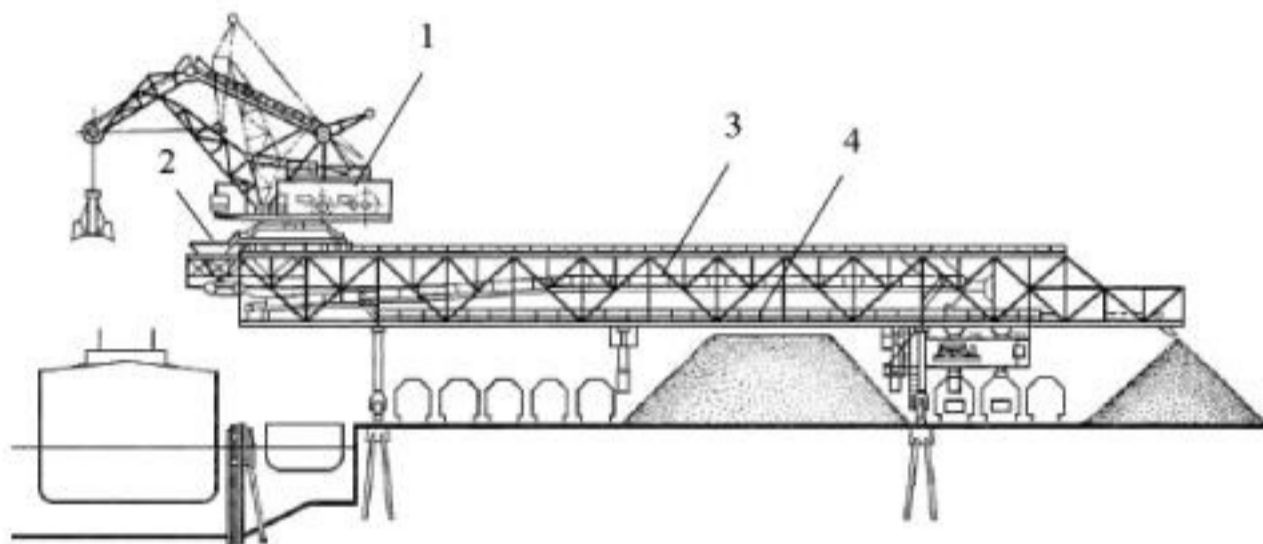


Рисунок 2.6 – Схема грейферно-конвейерного перегружателя:  
1 – катучий кран; 2 – приемный бункер; 3 – верхний ленточный конвейер;  
4 – нижний ленточный конвейер

Для специализированных установок характерно применение высокопроизводительных машин, при которых возможна перегрузка на одном причале грузопотоков в несколько миллионов тонн в год.

Недостатком специализированных установок является невозможность их использования при прекращении прохождения данного вида груза или при изменении направления его движения, а также затруднения в увеличении их пропускной способности по мере роста грузооборота.

Поэтому наиболее предпочтительную схему механизации выбирают путем сравнительного анализа вариантов схем на основе наиболее полной и всесторонней оценки их технико-экономических показателей. В результате технико-экономического обоснования должна быть выбрана наиболее экономичная, удовлетворяющая эксплуатационным требованиям схема механизации.

В курсовом проекте при перегрузке навалочных грузов, контейнеров и тарно-штучных грузов рекомендуется принять универсальную схему механизации.

### 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ ТЕХНИКИ

Количество основных перегрузочных машин минимально необходимых для освоения заданного грузооборота

$$n_m = \frac{(q_{\text{сут}})_p \eta}{\Pi_{\text{пр}}}, \quad (3.1)$$

где  $(q_{\text{сут}})_p$  – расчетный суточный грузооборот порта, т/сут;

$\eta$  – коэффициент резерва пропускной способности,  $\eta = 1,3 \dots 1,8$ .

$\Pi_{\text{пр}}$  – пропускная способность прикордонного (или тылового) перегрузочного фронта, т/сут.

Расчетный суточный грузооборот, т/сут,

$$(q_{\text{сут}})_p = \frac{Q_{\text{нав}} k_{\text{мес}} k_{\text{сут}}}{T_{\text{нав}}}, \quad (3.2)$$

где  $Q_{\text{нав}}$  – грузооборот речного порта за период навигации, т;

$k_{\text{мес}}, k_{\text{сут}}$  – коэффициенты соответственно месячной и суточной неравномерности прибытия или отправления груза;

$T_{\text{нав}}$  – продолжительность навигационного периода,  $T_{\text{нав}} = 215 \dots 250$  сут.

Для средних условий коэффициент месячной неравномерности грузооборота можно принять равным 1,2–1,4, суточной неравномерности – 1,4–1,6.

Пропускная способность прикордонного (или тылового) перегрузочного фронта, т/сут, оснащенного одной перегрузочной машиной

$$\Pi_{\text{пр}} = \frac{k_{\text{вр}} p_c}{z}, \quad (3.3)$$

$$\Pi_{\text{пр}} = \frac{k_{\text{вр}} p_c}{d}, \quad (3.4)$$

где  $k_{\text{вр}}$  – коэффициент использования причала для разгрузки судов,  $k_{\text{вр}} = 0,80 \dots 0,86$ ;

$p_c$  – суточная производительность перегрузочной машины, т/сут;

$z$  – коэффициент прохождения груза по прямому варианту и через склад;

$d$  – доля грузооборота, проходящего через базисный склад,

$$p_c = n_{\text{см}} P_k, \quad (3.5)$$

$n_{\text{см}}$  – количество смен в сутках,  $n_{\text{см}} = 1 \dots 3$ ;

$P_k$  – комплексная норма выработки, т/см, т.е. норма выработки одной основной перегрузочной машины или комплексной бригады, обслуживающей одну перегрузочную машину,

$$P_k = p_{\text{ч}} t_{\text{оп}}, \quad (3.6)$$

$p_{\text{ч}}$  – производительность перегрузочной машины, т/ч (таблица 3.1);

$t_{\text{оп}}$  – оперативное время работы бригады за смену, ч, обычно находится в пределах от 6–7 ч при 8-часовой рабочей смене.

Таблица 3.1 – Производительность перегрузочных машин

В тоннах в час

Род груза	Тип механизма			
	портальный кран	плавучий кран	башенный кран	козловой кран
Навалочные	150	120	130	120
Лес в пакетах	180	150	140	130
Контейнеры	250	200	150	150
Тарно-штучные	130	110	110	110
Тяжеловесные	190	140	140	150

*Примечание* – При перегрузке нефтеналивных грузов используется насосная установка с производительностью 60–80 т/ч.

При определении нормы выработки одной основной перегрузочной машины при обработке навалочных грузов необходимо учитывать, что производительность портальных кранов зависит от их грузоподъемности и плотности грузов.

Для определения фактической производительности портального крана в формуле 3.6 следует принимать производительность  $p_{\text{ч}}$  с учетом поправки  $k_{\text{гр}}$  на плотность перерабатываемых грузов. Значение поправочного коэффициента для портальных кранов грузоподъемностью 10 т принимается из таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Значение поправочного коэффициента для портальных кранов

Вид навалочного груза	Плотность, т/м <sup>3</sup>	Значение поправочного коэффициента, $k_{\text{гр}}$
Песок:		
влажный	1,95	1,25
сухой	1,4–1,65	0,9–1,05
Песчано-гравийная смесь	1,1–1,3	0,70–0,83
Щебень	1,8	1,15
Отсев	1,5	1,0
Руда	1,7–3,0	1,10–1,92
Шлак гранулированный	0,85–1,0	0,58
Керамзит	0,25–0,8	0,16–0,51
Уголь каменный	0,8–1,85	0,51–1,15



Норма выработки, т/см·чел, на одного рабочего комплексной бригады

$$P_n = \frac{P_k}{m_{бр}}, \quad (3.7)$$

где  $m_{бр}$  – количество человек в бригаде,  $m_{бр} = 2 \dots 6$ .

В таблице 3.3 приведены примеры расчета количества прикордонных и тыловых перегрузочных машин для навалочных и нефтеналивных грузов.

Таблица 3.3 – Пример расчета количества перегрузочных машин

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	
		щебень	мазут
Грузооборот речного порта, т	$Q_{нав}$	350 000	60 000
Коэффициент месячной неравномерности	$k_{мес}$	1,3	1,4
Коэффициент суточной неравномерности	$k_{сут}$	1,4	1,6
Продолжительность навигационного периода, сут	$T_{нав}$	230	230
Расчетный суточный грузооборот порта, т/сут	$(q_{сут})_р$	2 770	585
Коэффициент резерва пропускной способности	$\eta$	1,3	1,5
Производительность перегрузочной машины, т/ч	$p_ч$	150	80
Поправочный коэффициент	$k_{гр}$	1,15	–
Оперативное время работы бригады за смену, ч	$t_{оп}$	7	7
Комплексная норма выработки, обслуживающей одну перегрузочную машину, т/см	$P_k$	1 208	560
Количество смен в сутках	$n_{см}$	2	2
Суточная производительность перегрузочной машины, т/сут	$p_c$	2 416	1 120
Коэффициент использования причала для разгрузки судов	$k_{вр}$	0,82	0,82
Коэффициент прохождения груза по прямому варианту и через склады	$z$	1,0	1,0
Коэффициент прохождения груза через базисный склад	$d$	0,30	–
Пропускная способность прикордонного перегрузочного фронта, т/сут	$\Pi_{пр}$	1 981	689
Пропускная способность тылового перегрузочного фронта, т/сут	$\Pi'_{пр}$	6 604	–
Количество человек в бригаде	$m_{бр}$	2	5

Окончание таблицы 3.3

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	
		щебень	мазут
Норма выработки, на одного рабочего комплексной бригады, т/см·чел	$P_{\text{н}}$	604	70
Количество прикормонных перегрузочных машин	$n_{\text{м}}^{\text{пр}}$	2	1
Количество тыловых перегрузочных машин	$n_{\text{м}}^{\text{тыл}}$	1	–
$z = p + y + d$ , где $p$ – доля грузооборота, проходящего по прямому варианту; $y$ – доля грузооборота, проходящего через транзитный склад; $d$ – доля грузооборота, проходящего через базисный склад.  <i>Примечание</i> – Если в результате расчетов в прикормонной зоне получился один кран, то для того чтобы не нарушать работу порта, в случае выхода из строя одной перегрузочной машины, необходимо добавить один кран в данную зону.			

#### 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ГРУЗОВЫХ ПРИЧАЛОВ В ПОРТУ

Количество причалов определяется отдельно для каждого рода груза, который предполагается выгружать или загружать на одном причале. Совмещать на одном причале можно только однородные грузы: различные категории штучных, навалочных, лесных грузов. При этом требуется большая пропускная способность причальных устройств. Поэтому при совмещении на одном причале работы с несколькими близкими по свойству грузами необходимо следовать определенным рекомендациям, которые предусматривают увеличение количества причалов при работе: с двумя грузами – на 10 % против расчетного, с тремя – на 20 %, с четырьмя – на 30 %.

Однако вероятность того, что при малых объемах работы грузового района возникнет необходимость совмещать на одном причале работу с двумя и более грузами, очень мала. Поэтому указанные рекомендации по увеличению числа причалов относятся в основном к грузовым районам с интенсивным потоком судов и большим объемом работы (5000 т/сут и более).

Число грузовых причалов определяется по формуле

$$X_{\text{пр}} = \frac{(q_{\text{сут}})_p}{P_{\text{сут}}}, \quad (4.1)$$

где  $P_{\text{сут}}$  – суточная пропускная способность грузового причала, т/сут,

$$P_{\text{сут}} = 0,85 n_{\text{м}} p_{\text{ч}} t f k_{\text{мет}}, \quad (4.2)$$



0,85 – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени на плановый ремонт оборудования, дополнительные затраты времени на перестановку механизмов и другие неучтенные операции;

$n_m$  – число прикормонных перегрузочных машин;

$p_{ч}$  – производительность перегрузочных машин, т/ч;

$t$  – продолжительность работы перегрузочной машины в сутки, ч/сут;

$f$  – коэффициент, учитывающий потери времени на вспомогательные операции,

$$f = \frac{t_{гр}}{t_{гр} + t_{всп}}, \quad (4.3)$$

$t_{гр}$  – время грузовой обработки судна, ч,

$$t_{гр} = \frac{k_{гр} Q_c}{n_m p_{ч}}, \quad (4.4)$$

где  $k_{гр}$  – коэффициент использования грузоподъемности судна,  $k_{гр} = 0,8 \dots 1,0$ ;  
 $Q_c$  – грузоподъемность судна, т (см. приложение Б);

$t_{всп}$  – время занятости причала, необходимое для выполнения вспомогательных операций, ч. Величина  $t_{всп}$  зависит от рода груза, грузоподъемности и типа судна. Даная величина колеблется от 2 до 10 ч;

$k_{мет}$  – коэффициент, учитывающий влияние метеорологических факторов,  $k_{мет} = 0,95 \dots 1,0$ .

В формулах (4.2) и (4.4) при обработке навалочных грузов портальными кранами следует принимать производительность  $p_{ч}$  с учетом поправочного коэффициента  $k_{гр}$  (см. разд. 3).

Нормы загрузки судов универсальными контейнерами, а также их характеристики приведены в приложении Г.

В таблице 4.1 приведены примеры расчета количества грузовых причалов для навалочных и нефтеналивных грузов.

Таблица 4.1 – Пример расчета количества грузовых причалов

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	
		щебень	мазут
Грузооборот речного порта, т	$Q_{нав}$	350 000	60 000
Коэффициент месячной неравномерности	$k_{мес}$	1,3	1,4
Коэффициент суточной неравномерности	$k_{сут}$	1,4	1,6
Расчетный суточный грузооборот, т/сут	$(q_{сут})_р$	2 770	585
Число прикормонных перегрузочных машин	$n_m^{пр}$	2	1
Производительность одной перегрузочной машины, т/ч	$p_{ч}$	150	80

Окончание таблицы 4.1

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	
		щебень	мазут
Поправочный коэффициент	$k_{пр}$	1,15	–
Продолжительность работы машины, ч	$t$	14	14
Коэффициент использования грузоподъемности судна	$k_{гр}$	1,0	1,0
Грузоподъемность судна, т	$Q_c$	1 400	1 200
Время грузовой обработки судна, ч	$t_{гр}$	4,06	15,0
Время занятости причала вспомогательными операциями, ч	$t_{всп}$	2,5	3,0
Коэффициент, учитывающий потери времени на вспомогательные операции	$f$	0,62	0,83
Коэффициент, учитывающий влияние метеорологических факторов	$k_{мет}$	1,0	1,0
Суточная пропускная способность одного грузового причала, т/сут	$P_{сут}$	2 545	790
Расчетное число причалов	$X'_{пр}$	1,09	0,74
Принятое число причалов	$X_{пр}$	2	1

## 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПАССАЖИРСКИХ ПРИЧАЛОВ

При проектировании устройств порта и необходимости обслуживания пассажирского движения по реке следует сооружать специализированные пассажирские причалы.

Потребность в причалах определяют отдельно для каждой линии (туристской, пассажирской дальнего следования, скоростной, местной, пригородной, внутригородской). При достаточно большом пассажиропотоке, желательно для каждой линии предусматривать самостоятельный причал. В особенности это относится к туристским линиям и к скоростным, обслуживаемым судами на подводных крыльях.

Число причалов для пассажирских операций  $X_{пас}$  определяется в зависимости от частоты прибытия и отправления пассажирских судов, продолжительности работы причалов в течение суток и времени занятости причала, которое включает и время на вспомогательные операции:

$$X_{пас} = \frac{n_{сз} t_{пас} k_{пас}}{t}, \quad (5.1)$$

где  $n_{сз}$  – число заходов пассажирских судов в порт в течение суток,

$$n_{сз} = \frac{N_{пас}}{Q_{пас} T_{нав} k_{зап}}, \quad (5.2)$$

- $N_{\text{пас}}$  – размер пассажиропотока, пас/нав;  
 $Q_{\text{пас}}$  – пассажировместимость судна, пас (см. приложение А);  
 $k_{\text{зап}}$  – коэффициент заполняемости судна пассажирами.  
 $t_{\text{пас}}$  – время занятости причала одним судном для посадки-высадки пассажиров, швартовным и другими операциями, ч (см. таблицу 5.1);  
 $k_{\text{пас}}$  – коэффициент неравномерности захода судов,  $k_{\text{пас}} = 0,8 \dots 0,9$ ;  
 $t$  – продолжительность работы причала в течение суток,  $t = 14 \dots 20$  ч.

Таблица 5.1 – Время занятости причала

В часах

Линия плавания судов	Продолжительность пребывания судов в порту	
	всего	в том числе у причалов
Транзитная пассажирская	3,0–4,0	1,5–2,0
» скорая	1,0	1,0
Местная	2,0–3,0	1,0–1,5
Пригородная и внутригородская	0,25–0,50	0,25–0,50

Приведенные в таблице 5.1 значения служат для расчета причалов в промежуточных пунктах на судоходных линиях. Для конечных пунктов время занятости причала обычно увеличивают вдвое.

Типовая компоновка пассажирского района речного порта приведена на рисунке 5.1.

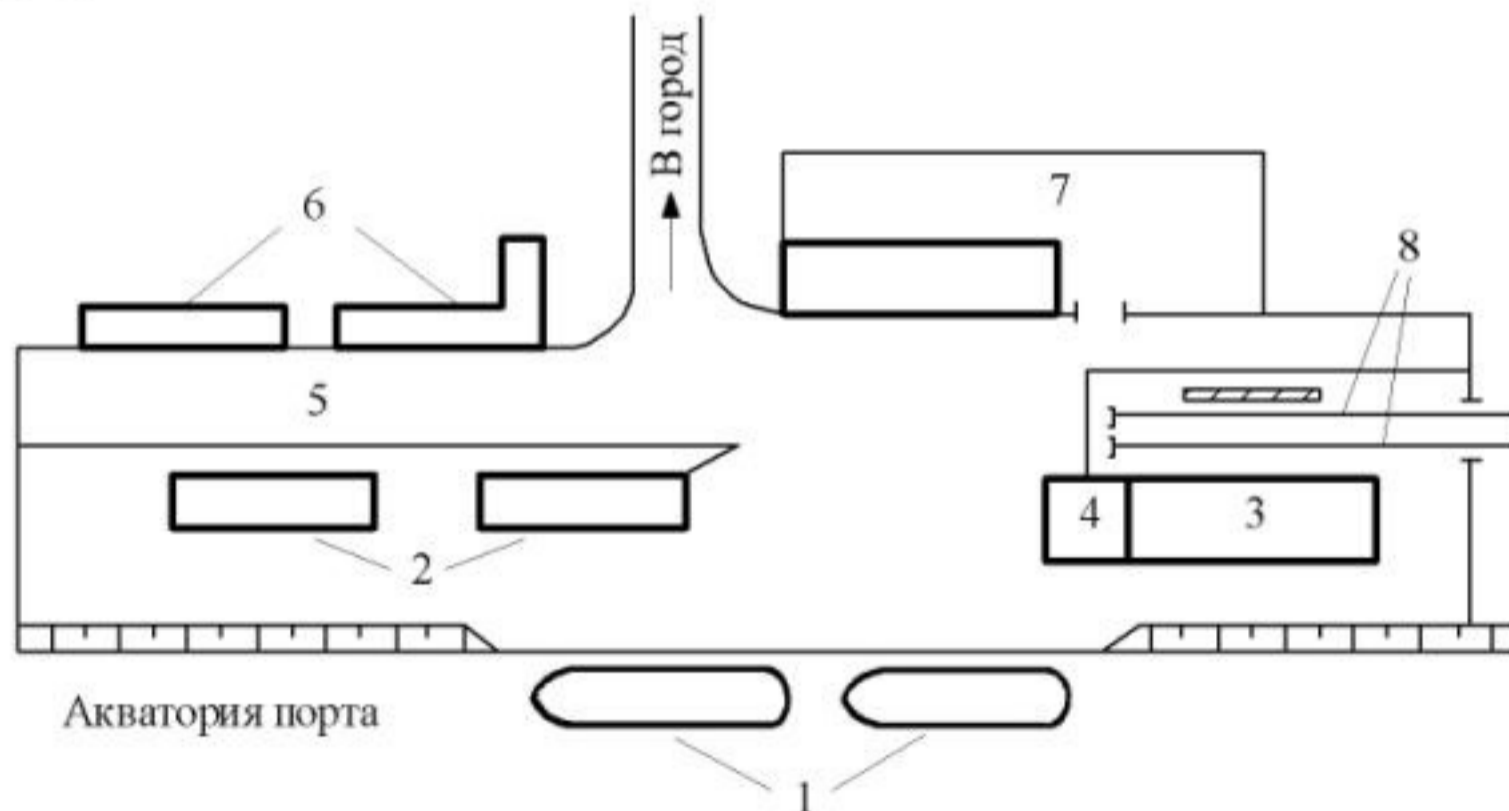


Рисунок 5.1 – Схема пассажирского района речного порта:

- 1 – пассажирские причалы; 2 – пассажирские павильоны; 3 – вокзал; 4 – багажная камера;  
 5 – стоянка пассажирского транспорта; 6 – магазины; 7 – гостиница;  
 8 – железнодорожные пути

В таблице 5.2 приведен пример расчета количества пассажирских причалов.

Таблица 5.2 – Пример расчета количества пассажирских причалов

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра
Размер пассажиропотока, пас/нав	$N_{\text{пас}}$	700 000
Пассажировместимость судна, пас	$Q_{\text{пас}}$	243
Коэффициент заполняемости судна пассажирами	$k_{\text{зап}}$	0,8
Продолжительность навигационного периода, сут	$T_{\text{нав}}$	230
Число заходов судов в течение суток	$n_{\text{сз}}$	16
Время занятости причала одним судном, ч	$t_{\text{пас}}$	1,2
Коэффициент неравномерности захода судов	$k_{\text{пас}}$	0,9
Продолжительность работы причала в течение суток, ч	$t$	18
Расчетное число пассажирских причалов	$X'_{\text{пас}}$	0,96
Принятое число пассажирских причалов	$X_{\text{пас}}$	1

## 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ПРИЧАЛЬНОГО ФРОНТА. ВЫБОР ФОРМЫ ПЛАНА РЕЧНОГО ПОРТА

Причалы могут проектироваться одиночными или смежными, расположенными друг за другом. Они могут размещаться на пирсе, у сплошной набережной или в бассейне, а также у вертикальной стенки или бычков (рисунок 6.1).

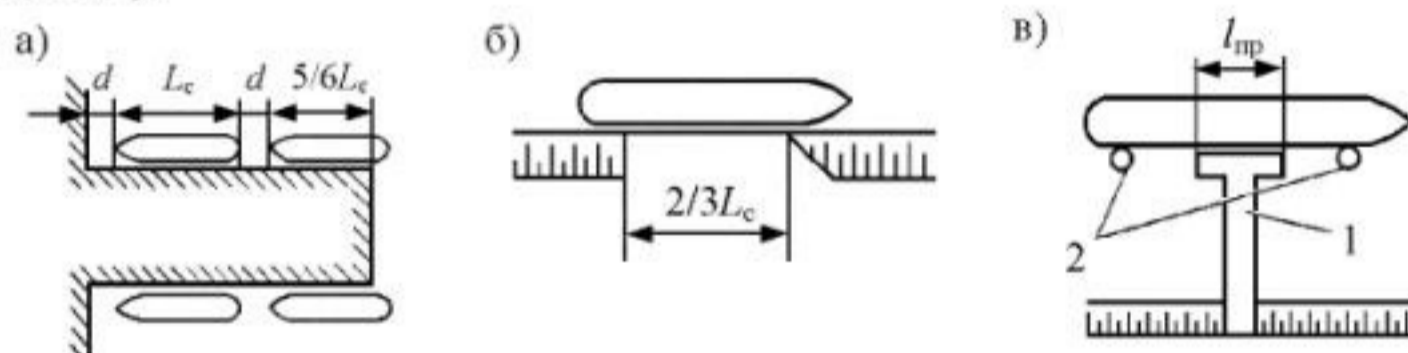


Рисунок 6.1 – Схемы размещения причалов:

*a* – на пирсе; *б* – у сплошной набережной; *в* – у отдельного нефтяного причала;  
*1* – причальная часть с перегрузочным оборудованием; *2* – палы

Общая длина причального фронта  $L_{\text{пр}}$  представляет собой сумму длин причальных линий, отдельных районов или причалов, предназначенных для переработки самых различных грузов и обслуживания пассажиров всех видов сообщения

$$L_{\text{пр}} = \sum l_{\text{пр}i}, \quad (6.1)$$

где  $l_{\text{пр}i}$  – длина причальной линии *i*-го причала.



Для причалов, расположенных в середине причального фронта,

$$l_{\text{при}} = X_{\text{при}}(L_c + d), \quad (6.2)$$

где  $X_{\text{при}}$  – количество причалов;

$L_c$  – длина расчетного судна, м (см. приложение А);

$d$  – разрыв безопасности между судами, м.

Величина разрыва  $d$  между судами определяется в зависимости от длины и типа судов, от профиля или типа причального сооружения (таблице 6.1).

Таблица 6.1 – Расстояние безопасности между судами у причалов

В метрах

Тип причала	Длина расчетного судна					
	самоходного			несамоходного		
	более 100	65–100	менее 65	более 100	65–100	менее 65
Вертикальная набережная	15	10	8	20	15	10
Откосная набережная	20	15	10	25	20	15

В целях уменьшения общей длины причальной линии, если это возможно, концевые причалы делаются неполной длины (см. рисунок 6.1, а)

$$l_{\text{при}} = X_{\text{при}} \left( \frac{5}{6} L_c + d \right) \quad (6.3)$$

Отдельно стоящие причалы также могут иметь уменьшенную длину (см. рисунок 6.1, б)

$$l_{\text{при}} = \frac{2}{3} L_c \quad (6.4)$$

Наконец, нефтяные отдельно стоящие причалы могут иметь основную часть, обеспечивающую размещение технологического оборудования, минимальной длины. В этом случае для швартовки судов устраиваются специальные палы, не связанные с основной конструкцией причала (см. рисунок 6.1, в).

В некоторых случаях приходится, наоборот, увеличивать длину причала из-за компоновочных соображений (размещение складов требуемой длины, подход железнодорожных прикордонных путей на концевом причале).

Рассматривая планы речных портов, можно установить основные формы образования причального фронта: открытую (иногда ее называют фронтальной), в виде бассейнов и смешанную. Выбор той или иной формы зависит в первую очередь от естественных условий, площади территории, а также от условий подхода железнодорожных путей.

Открытый причальный фронт является наиболее распространенной формой, особенно в речных портах. Плановое начертание открытого причального фронта в основном соответствует форме уреза берега. Поэтому обычно для устройства порта не требуется большого количества земляных работ. Территория порта имеет вид полосы шириной 100–300 м, вытянутой вдоль берега иногда на несколько километров (рисунок 6.2).

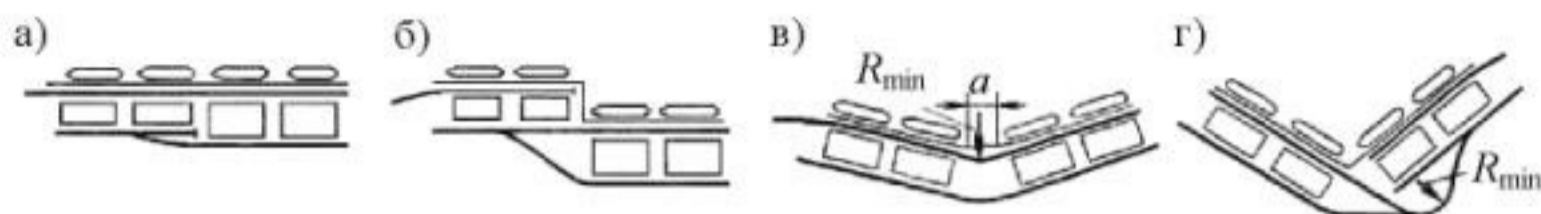


Рисунок 6.2 – Начертание причальных сооружений при открытом причальном фронте:

*a* – прямолинейное; *б* – ступенчатое; *в* – под малым углом; *г* – под большим углом

Прямолинейное расположение причалов (см. рисунок 6.2, *a*) характерно для всех небольших портов. Оно применяется в русловых портах, если имеются прямолинейные участки берега достаточной длины. При числе причалов более пяти-шести становится затруднительной бесперебойная независимая перемена вагонов на отдаленных (по ходу железнодорожной линии) причалах. Чтобы избежать этого недостатка, иногда применяют ступенчатое расположение отдельных групп причалов (см. рисунок 6.2, *б*). Благодаря этому упрощается смежное размещение разнородных причалов при их компоновке и разделяются железнодорожные подъезды к различным причалам. Как показано на рисунке, нередко тыловые пути одной группы причалов переходят во вторую как прикордонные. Недостаток ступенчатого расположения причалов – необходимость дополнительных затрат для устройства торцовых участков причальной линии.

Ломаное начертание причалов приходится применять на криволинейном участке русла, когда спрямление линии кордона бывает связано с чрезмерно большим объемом земляных работ. При небольших углах поворота (см. рисунок 6.2, *в*) перевод прикордонных путей с одной группы причалов на другую не вызывает больших затруднений, хотя для этого обычно надо делать небольшую прямолинейную вставку  $a$  в переходной зоне. При больших углах поворота (см. рисунок 6.2, *г*) уже приходится прибегать к довольно сложной системе железнодорожных путей, а иногда на отдельные группы причалов вообще не удастся провести железную дорогу.

Общий недостаток всех видов открытого причального фронта – чрезмерная растянутость всех коммуникаций. При сосредоточении всех районов порта в одну линию затрудняется его районирование. К положительным качествам следует отнести свободу маневрирования судов при подходе их к причалам и обычно малую заносимость акватории.



*Бассейновая форма* причального фронта применяется в виде отдельных бассейнов (см. рисунок 6.3, *а*), в которых сосредоточены все грузовые причалы – при сравнительно малом грузообороте, или в виде группы бассейнов (см. рисунок 6.3, *б*) со специализацией (районированием) отдельных бассейнов для определенного вида груза – при значительном грузообороте. Преимущества бассейновой формы – компактность всего порта и удобство связей с городом и промышленностью. Площадь открытых (не шлюзованных) бассейнов колеблется в значительных пределах от нескольких до 100 и даже 200 га.

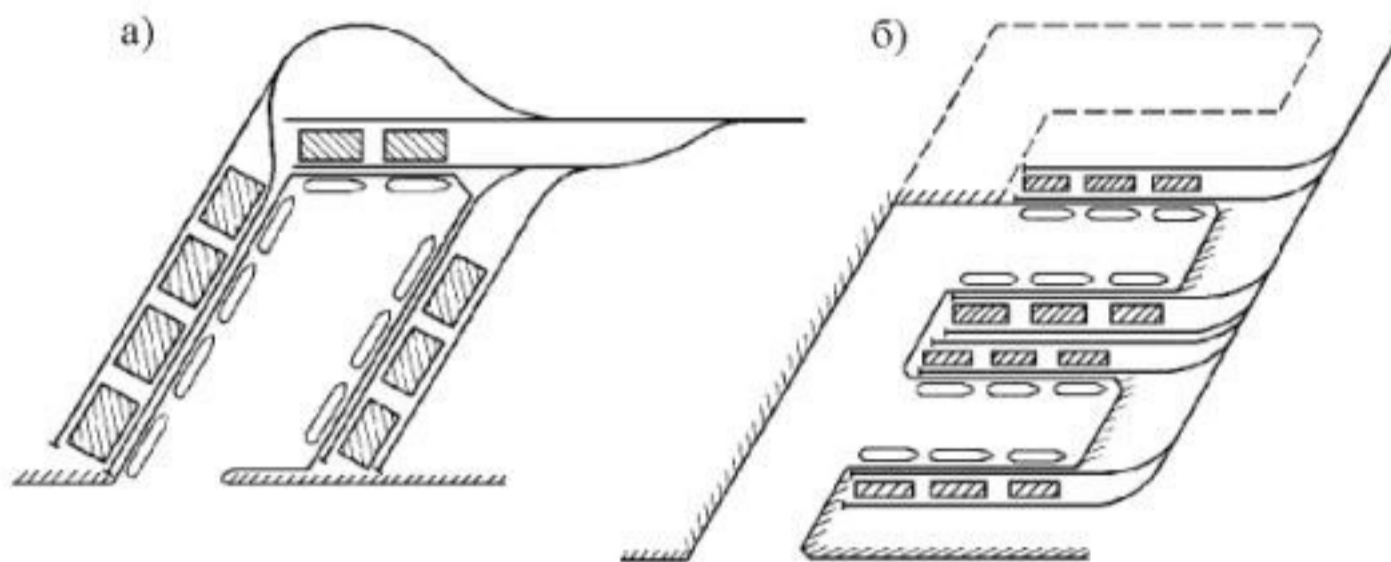


Рисунок 6.3 – Причальный фронт в виде бассейнов:  
*а* – одиночный бассейн; *б* – группа бассейнов

## 7 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОРТОВЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Под **портовыми гидротехническими сооружениями** понимаются устройства и оборудование, предназначенные для улучшения использования водных путей, безопасной организации портовых работ и обеспечения сохранности портово-пристанского хозяйства.

К гидротехническим устройствам порта относятся причальные, отбойные, швартовные, берегоукрепительные и оградительные сооружения.

**Причальными сооружениями** называются гидротехнические сооружения, являющиеся основным элементом причала и предназначенные для швартовки и стоянки судов при производстве перегрузочных операций, посадки-высадки пассажиров, снабжения судов.

Форма набережной причала может быть следующих видов: вертикальная, откосная, полуоткосная, полувертикальная, двухъярусная (рисунок 7.1).

Вертикальная форма набережной (см. рисунок 7.1, *а*) применяется достаточно широко в речных портах. Она удобна в эксплуатации, но более дорогостоящая в сооружении по сравнению с остальными типами набережных.

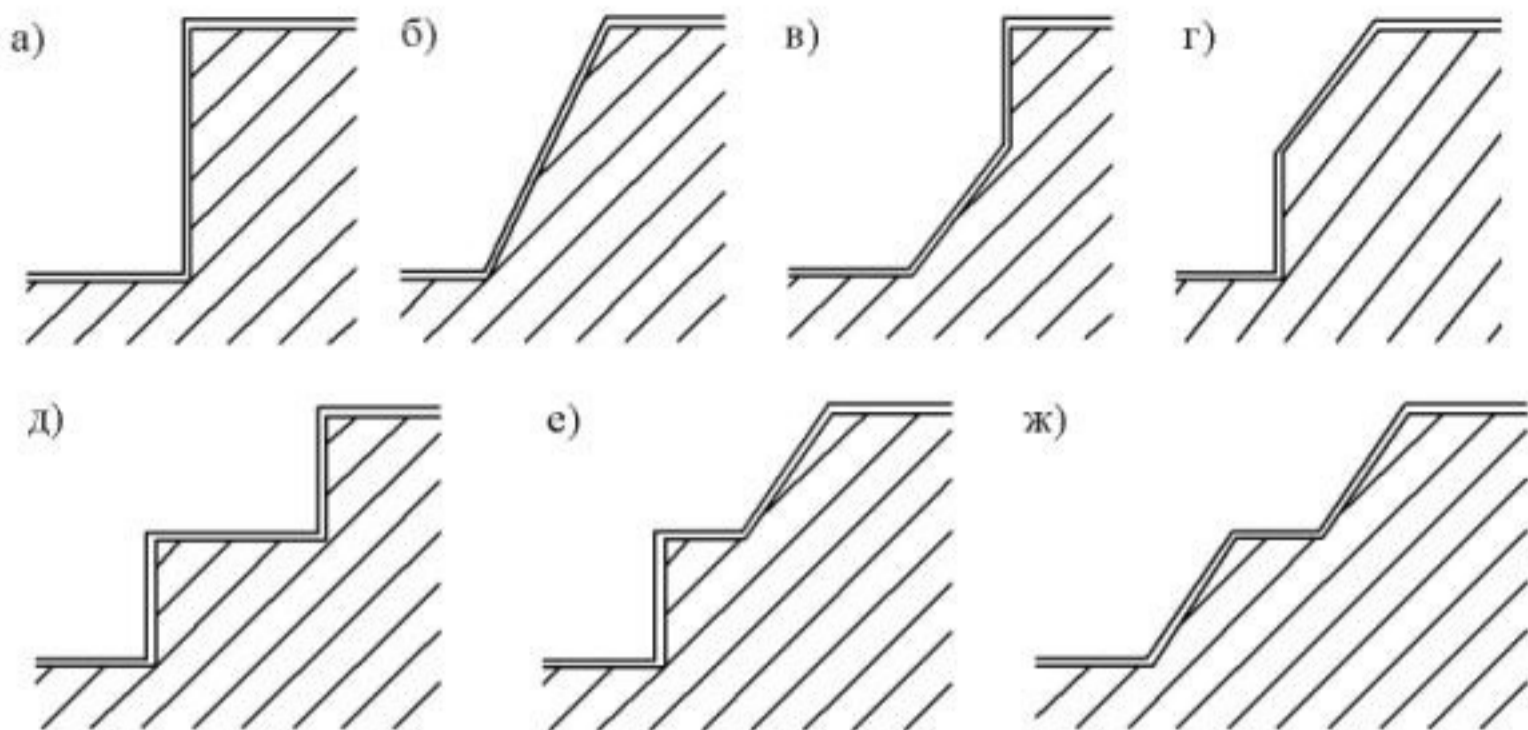


Рисунок 7.1 – Формы набережной причала:

*а* – вертикальная, *б* – откосная, *в* – полувертикальная, *г* – полуоткосная, *д–ж* – двухъярусная

Причалы откосного типа (см. рисунок 7.1, *б*) наиболее просты и часто применяются на реках при больших колебаниях уровня воды. Стоимость сооружений такого типа минимальна. Недостаток причалов откосного профиля состоит в том, что они менее удобны для швартовки и стоянки судов, а при низком стоянии уровней воды для производства перегрузочных операций у них требуются краны с большим вылетом стрелы.

Полувертикальная форма (см. рисунок 7.1, *в*) используется редко (на водохранилищах при возможных резких понижениях уровня воды, у шлюзов).

Полуоткосная форма профиля причала (см. рисунок 7.1, *г*) применяется в случаях, когда эксплуатация сооружения происходит главным образом при низких горизонтах уровня воды.

При больших амплитудах сезонных колебаний уровня воды иногда применяется двухъярусная форма, которая характеризуется наличием уступа для открытия причала при низкой воде. Различают двухъярусные набережные: вертикальные (см. рисунок 7.1, *д*), полуоткосные (см. рисунок 7.1, *е*) и откосные (см. рисунок 7.1, *ж*).

Сооружение каждого из перечисленных выше типов набережной определяется конкретными условиями расположения речного порта.

По конструкции причальные сооружения классифицируют на гравитационные, в виде тонких стенок (больверки), свайной конструкции (рисунок 7.2).

*Гравитационные причальные сооружения* представляют собой сооружение из массивных плит, устойчивость которых обеспечивается их собственным весом (см. рисунок 7.2, *а*). Сооружение подобного рода используется в местах, где невозможно или затруднительно погружение в грунт опор или свай, например, при скальных грунтах, при наличии значительного количества валунов.

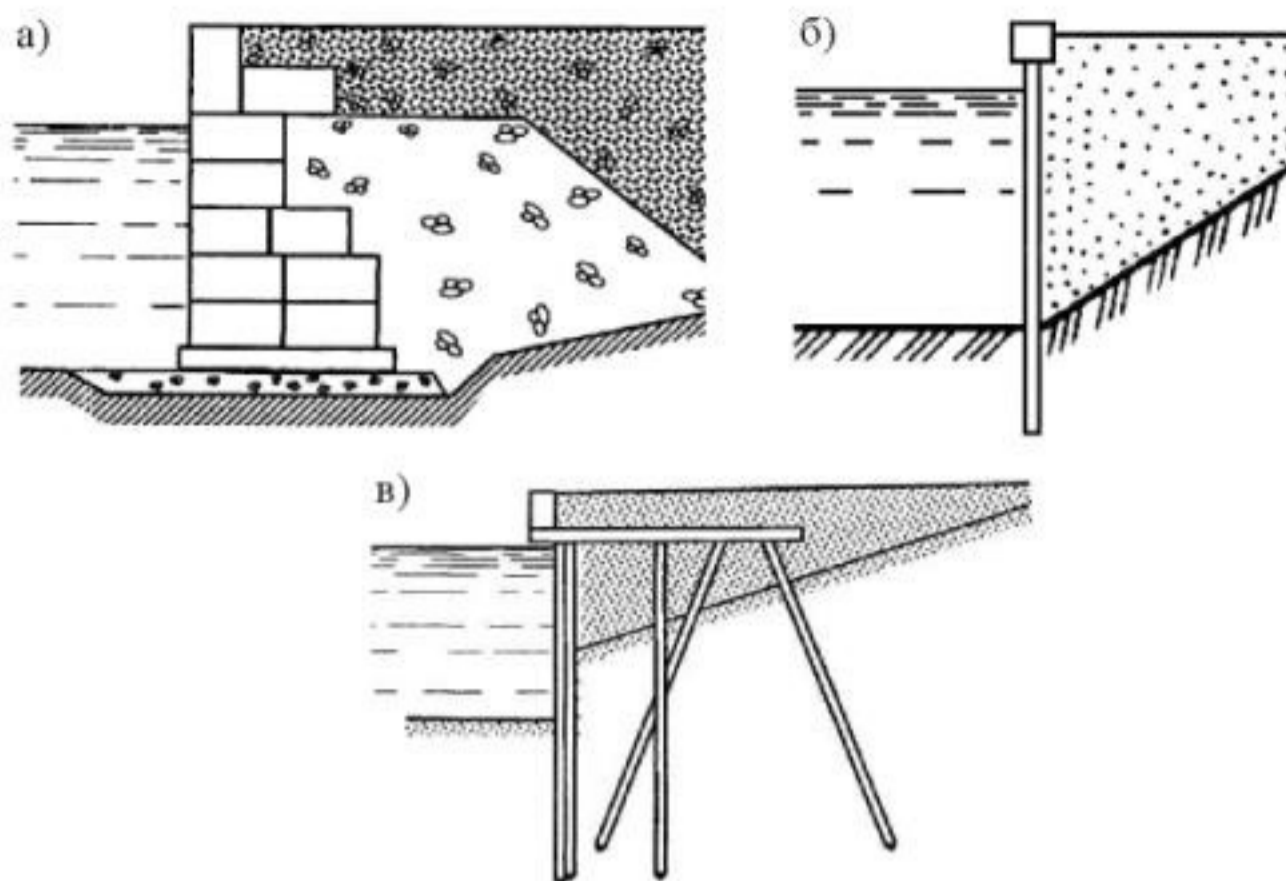


Рисунок 7.2 – Конструкции причальных сооружений:  
 а – гравитационного типа; б – в виде тонких стенок (больверк); в – свайного типа

*Больверки* (причальные сооружения в виде тонких стенок) представляют собой ряд железобетонных или металлических свай, погруженных в грунт вплотную одна к одной (см. рисунок 7.2, б). Больверки являются самыми распространенными конструкциями причальных сооружений.

К набережным *свайной конструкции* (см. рисунок 7.2, в) относят причалы, сооружаемые из высоко возвышающихся над уровнем дна одиночных свай, связанных между собой и образующих территорию причала.

При проектировании причальных сооружений необходимо иметь в виду, что тип и конструкция причального сооружения должны быть выбраны на основании запроектированной схемы механизации, наиболее подходящей

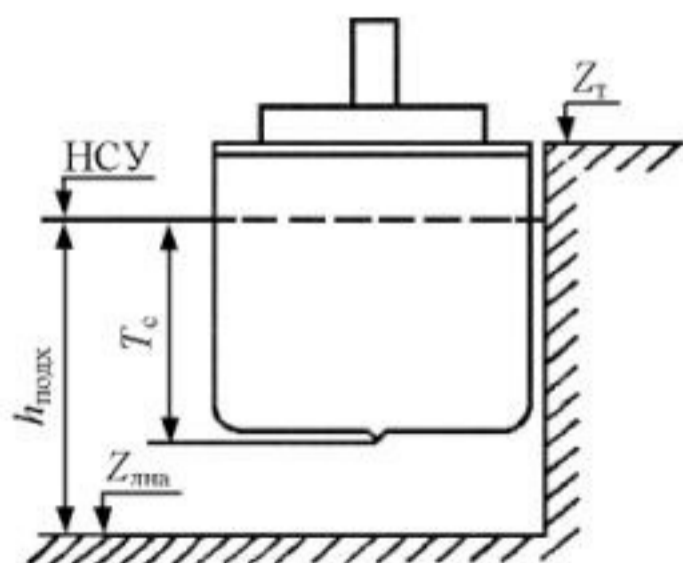


Рисунок 7.3 – Схема для определения высотных параметров

к данному случаю по размерам грузооборота, характеру груза, профилю берега, режиму сезонных уровней, ледовым условиям, геологическим особенностям берега. Также при проектировании необходимо определить высоту причальной стенки, которая характеризуется:

- уровнем осадки судна;
- дополнительным запасом воды под днищем судна;
- отметкой нижнего судоводного уровня (рисунок 7.3).



Высота причальной стенки определяется по формуле

$$H_{\text{пр}} = h_{\text{подк}} + H_{\text{в}}, \quad (7.1)$$

где  $h_{\text{подк}}$  – проектная глубина водных подходов к порту, отсчитываемая от расчетного низкого судоходного уровня (НСУ) на реке, м,

$$h_{\text{подк}} = T_c + a_1 + a_2 + a_3 + a_4, \quad (7.2)$$

$T_c$  – осадка груженого расчетного судна, м (см. приложение А);

$a_1$  – навигационный запас под днищем судна, м;

$a_2$  – запас воды под днищем судна при волнении, м;

$a_3$  – запас воды на дифферент судна, м;

$a_4$  – запас воды под днищем судна, необходимый при заносимости акватории порта, м;

$H_{\text{в}}$  – разность отметок портовой территории и низкого судоходного уровня реки, м.

Навигационный запас  $a_1$  зависит от характеристики водного пути, размеров судов и вида грунтов, слагающих дно (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Величина навигационного запаса воды под днищем судна

В метрах

Место расположения порта	Расчетная осадка судна	Тип грунта	
		песчаный	скальный
Свободные реки	1,5–3,0	0,15	0,20
	Более 3 м	0,20	0,25
Затоны	1,5–3,0	0,10	0,15
	Более 3 м	0,15	0,20
Водохранилища	1,5–3,0	0,20	0,40
	Более 3 м	0,30	0,50

Запас воды под днищем судна при волнении  $a_2$ , м,

$$a_2 = 0,3h - a_1, \quad (7.3)$$

где  $h$  – высота волны, при которой возможно безопасное выполнение погрузочно-разгрузочных операций или отстой транспортных судов у причала.

В зависимости от водоизмещения судна и расположения причалов по отношению к фронту волны (перпендикулярно или параллельно фронту волнения)  $h = 0 \dots 1,2$  м. Учет волнового запаса имеет смысл до тех пор, пока он будет положительным.

Запас воды на дифферент судна  $a_3$  связан с изменением его осадки перед погрузочно-разгрузочными операциями или после них. Запас на дифферент принимается равным  $a_3 = 0,30$  м для грузовых причалов и  $a_3 = 0,15$  м – для пассажирских.



Запас глубины на заносимость  $a_4$  определяется исходя из интенсивности отложения наносов в период между ремонтными землечерпательными работами. При этом его величина должна быть не менее 0,4 м (но и не более 1,0 м), так как дноуглубление при меньшей толщине слоя неэффективно.

Выбор отметки территории порта зависит как от требований, предъявляемых работой самого порта, так и от местных условий. В первую очередь отметка территории зависит от режима навигационных уровней воды, но имеют значение и уровни ледохода, и топография берега.

Для нормальной работы порта необходимо прежде всего, чтобы в течение навигации, при самых высоких расчетных уровнях в паводки или при попусках из водохранилищ, территория порта не затоплялась. Это необходимо и для бесперебойной работы перегрузочного оборудования, и для нормального функционирования подземных коммуникаций, и для сохранности грузов.

Для практических работ и курсового проектирования разность отметок портовой территории  $Z_T$  и низкого судоходного уровня реки принимается равной: для свободных рек – 4–6 м, для водохранилищ – 1,5–2,5 м.

В процессе обработки флота в порту необходимо, чтобы его причальные сооружения не подвергались ударам и навалам со стороны судов, а крепление судна во время швартовки было надежным. Для этих целей причальные сооружения оснащают отбойными устройствами и швартовыми приспособлениями.

**Отбойные устройства** предназначаются для смягчения удара во время привала судов к причалу и предохранения как причальных сооружений, так и судов от повреждения (рисунок 7.4). При помощи отбойных приспособлений обеспечивается минимальное расстояние (30 см) между судном и конструктивными элементами сооружения.

Отбойные устройства подвергаются интенсивным ударам и истирающим воздействиям. Они должны обладать достаточной энергоемкостью при относительно небольшой деформации, быть сборными, простыми, надежными, легко устанавливаемыми, иметь гладкую поверхность (так как выступы могут нанести повреждения судну) и невысокую стоимость.

Отбойные приспособления бывают двух принципиальных типов: в виде жестких конструкций и амортизирующие. Жесткие отбойные приспособления (см. рисунок 7.4, *а*) практически полностью передают нагрузки от приваленного судна причальному сооружению, в то время как амортизаторы поглощают часть энергии движущегося судна и снижают усилия, передающиеся от судна на причал. Наибольшее распространение получили амортизаторы с резиновыми элементами различной конфигурации (см. рисунок 7.4, *б–д*), пневматические устройства (см. рисунок 7.4, *е*) и гидropневматические устройства (см. рисунок 7.4, *ж*).

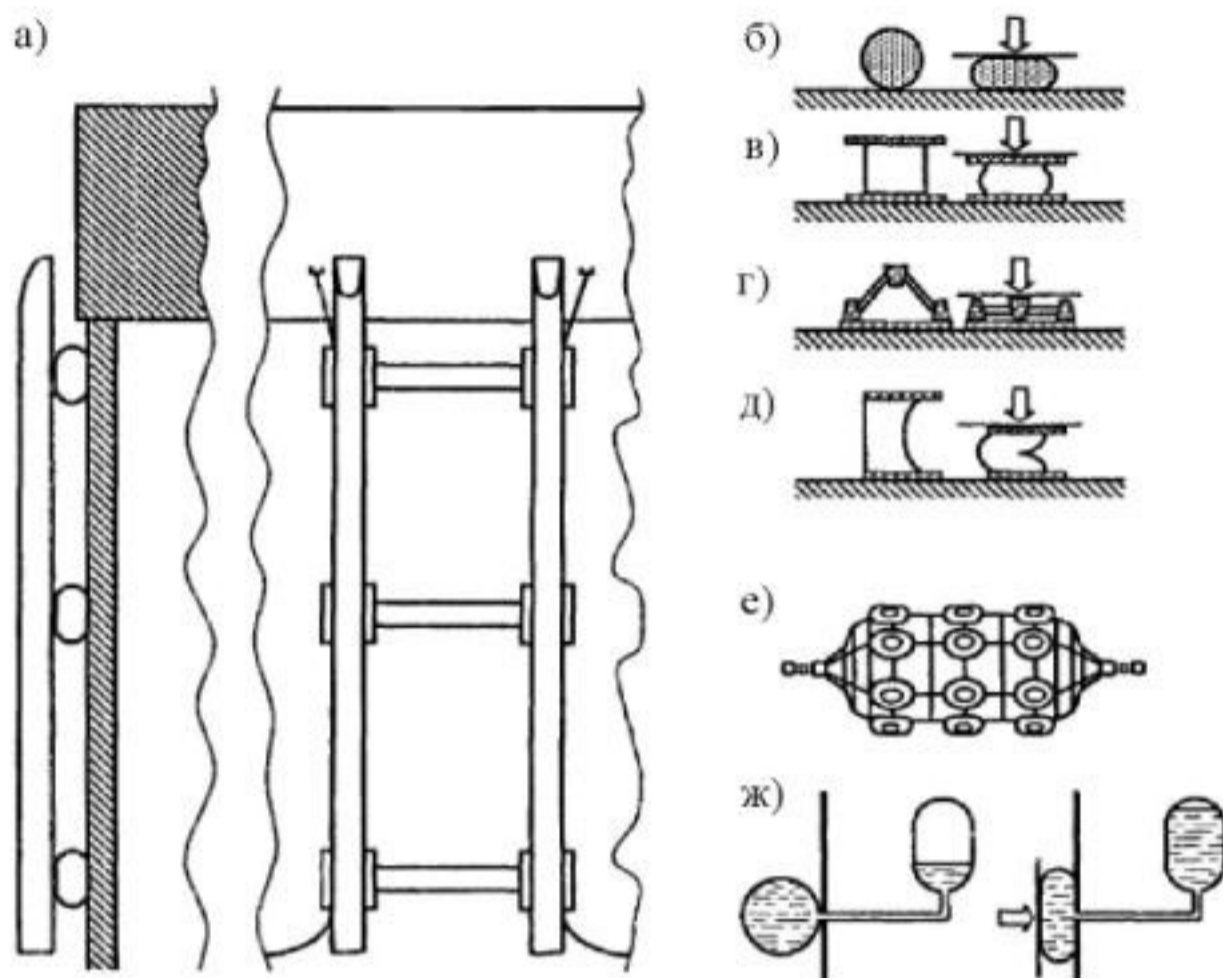


Рисунок 7.4 – Отбойные портовые устройства:

*a* – жесткие; *б–д* – амортизирующие; *е* – пневматические; *ж* – гидропневматические

Существует несколько конструкций отбойных устройств: палы, отбойные стенки, отбойные деревянные рамы, кранцы и др.

*Отбойные палы* бывают двух типов – несколько свай (не менее трех), наклонно прибитых к средней, находящейся в вертикальном положении (жесткие палы), или несколько вертикально забитых свай, связанных между собой (упругие палы).

*Отбойные стенки* представляют собой палы, попарно соединенные между собой и размещаемые на некотором расстоянии друг от друга.

*Отбойные брусья* крепят в вертикальном положении к лицевой грани набережной стенки, что обеспечивает плавное перемещение судна по вертикали вследствие изменения уровня воды или осадки судна во время производства грузовых работ. Брусья изготавливают из твердых пород дерева.

*Кранцы* являются мобильным типом отбойного приспособления и состоят из веревочных сеток, заполненных мягким материалом, например, пенькой, резиновых труб, гирлянд отработанных автопокрышек и др. Они прикрепляются к набережной стенке и по мере изменения уровня воды поднимаются, опускаются.

**Швартовые устройства** – причальные тумбы, рымы, скобы, кнехты, гаки и плавучие причальные бочки (рисунок 7.5) – обеспечивают надежную швартовку и безопасную стоянку судов. Швартовые устройства должны отвечать следующим требованиям: быть надежными и долговечными, обес-

печивать быстрое выполнение швартовых операций, при любой погоде обеспечивать безопасную стоянку судов при минимальном износе швартовых канатов.

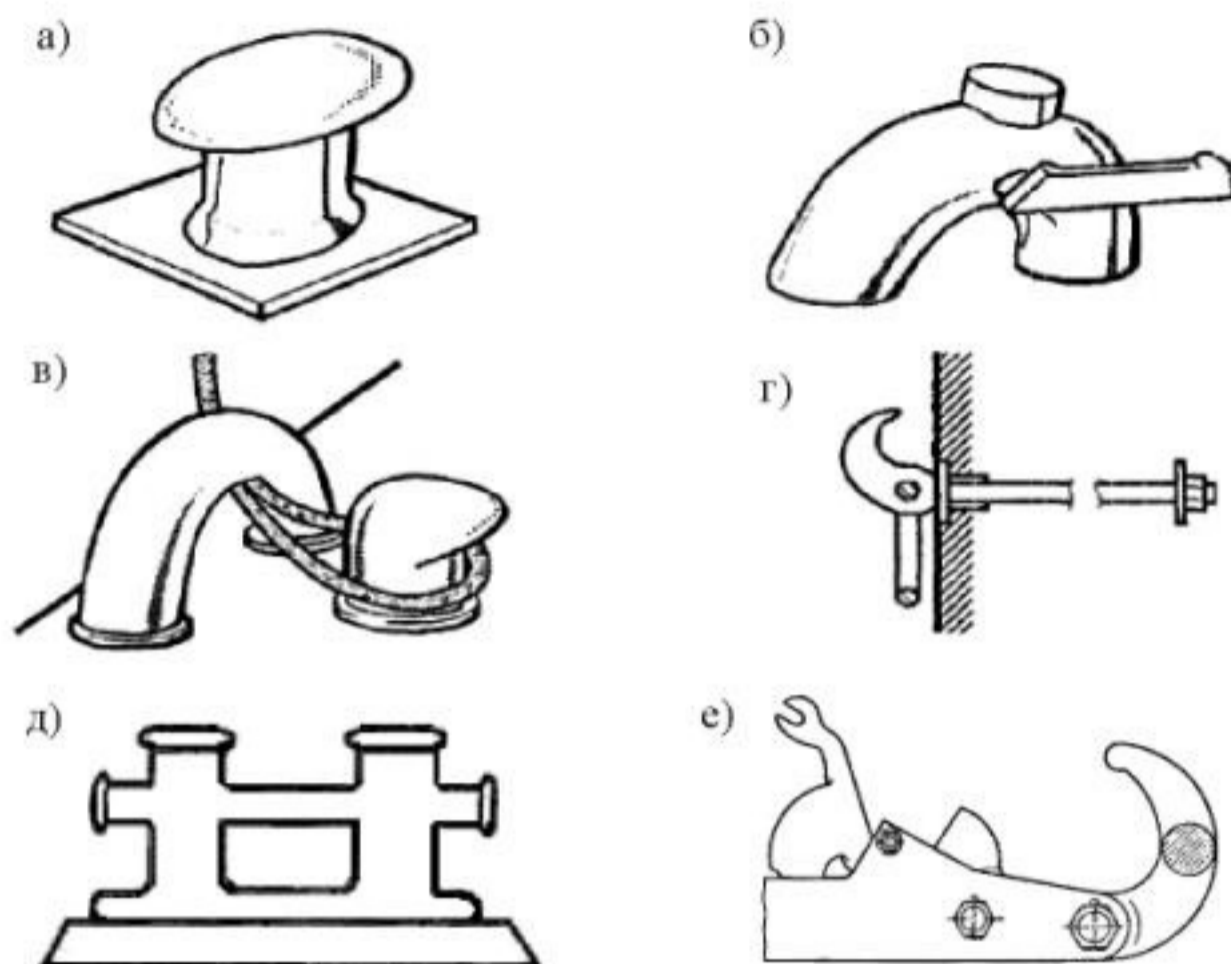


Рисунок 7.5 – Швартовые устройства:  
 а – тумба; б – скоба; в – скоба с тумбой; г – рым; д – кнехты; е – гак

*Причальные тумбы* представляют собой пустотелые чугунные или стальные отливки, заполняемые при установке бетоном. Тумбы из железобетона применяются редко. Иногда применяют деревянные тумбы в виде деревянной одиночной сваи или куста свай. Они используются для швартовки крупных судов. Прикордонными называют тумбы, устанавливаемые на расстоянии 0,5–1,0 м от линии кордона с шагом 20–30 м вдоль причала. Эти тумбы выполняются сменяемыми, т.е. допускающие замену при выходе из строя. Тыловые тумбы могут располагаться в тылу причалов для дополнительного крепления судна на случай шторма.

*Рымы* бывают трех типов: в виде скобы, скобы с кольцом и крюка с кольцом. Рымы размещают таким образом, чтобы они не выходили за наружные габариты отбойных устройств. Их используют для швартовки малых судов (катера, шлюпки). Морские порты оборудуются рымами как дополнение к причальным тумбам. Внешний диаметр колец рымов составляет 20–40 см, диаметр стержня кольца 36–90 мм. В промежутках между причальными тумбами, рядом с рымами устанавливают лестницы или стремянки для выхода на причал.



*Скобы* используют для швартовки небольших и крупных судов. Они выполняются из металла и надежно крепятся к стенке причала.

*Кнехты* парные стальные (иногда литые чугунные) цилиндрические тумбы, прочно закрепленные на причале, которые в основном устанавливаются на судах, пассажирских причалах и причалах маломерного парусного флота. Кнехты легко устанавливаются и удобны для швартовки.

*Гаки* относятся к типу швартовых устройств, применяемых для обеспечения стоянки малых плавсредств. Иногда откидными гаками оборудуют причалы с легковоспламеняющимися и взрывоопасными грузами, на которых обслуживающий персонал не может находиться непосредственно у швартовых устройств. Откидной гак может быть застопорен, а также проворачиваться вокруг своей оси, при необходимости освобождая швартовый канат. Буксировочные устройства теплоходов оборудуются откидными гаками аналогичной конструкции.

Для швартовки судов на рейде или в портах-убежищах служат *швартовые бочки*. Швартовая бочка представляет собой стальной корпус, внутри которого закреплена стальная труба, возвышающаяся над уровнем воды. Бочки на рейдах закрепляются якорями.

**Берегоукрепительные сооружения** (рисунок 7.6) предназначены для предохранения естественной линии берега от разрушения волнами, течением и льдом.

В качестве берегозащитных устройств используют берегоукрепительные стенки (рисунок 7.6, а), сооружения откосного (рисунок 7.6, б), полукоткосного (рисунок 7.6, в) и ступенчатого (рисунок 7.6, г) типов.

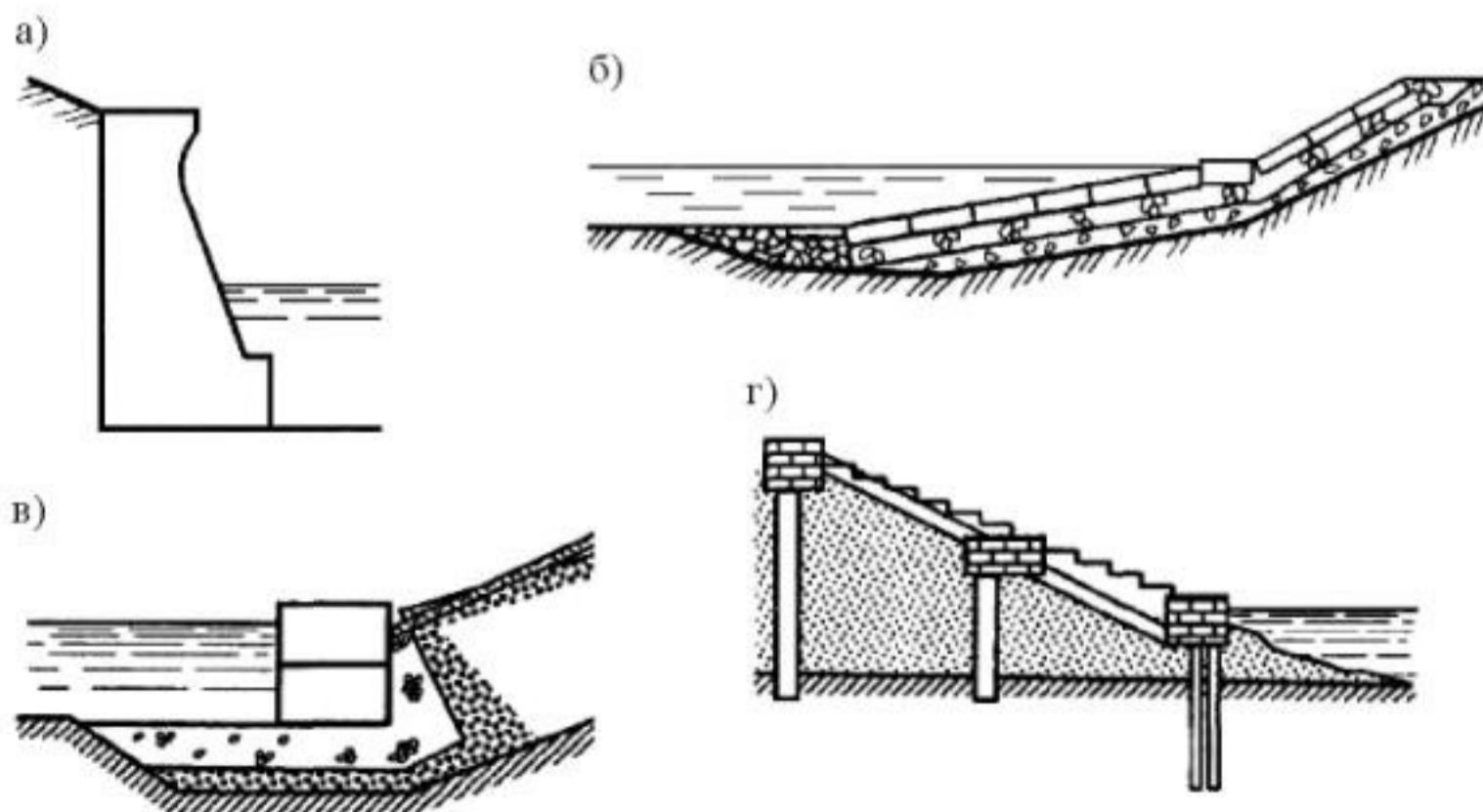


Рисунок 7.6 – Берегозащитные сооружения



Берегоукрепительные устройства сооружаются в местах сопряжения основных портовых строений для защиты от размыва незастроенных участков береговой линии.

При проектировании берегоукрепительных сооружений следует прежде всего различать три основных категории, находящиеся в различных условиях подверженности волнению: сильному, слабому и в условиях отсутствия волнения. Сооружения первой категории создаются вне защищенной портовой акватории, две другие группы встречаются в пределах портовой акватории.

Для всех трех категорий важными факторами выбора конструктивного типа и расчета является степень устойчивости укрепляемого берега, определяемая его геологическим строением и гидрологическими особенностями.

**Оградительные устройства** защищают акваторию порта от внешних воздействий волн, течения реки, штормов, ледохода и т.д. К ним относятся молы и волноломы.

Различают *молы* откосного типа, сооружаемые наброской из камня или бетонных массивов; вертикального типа в виде стенок, возводимых из каменной кладки, бетонных и железобетонных массивов; комбинированного типа (сочетание первых двух).

Различают *волноломы* гравитационного типа, свайные, плавучие, гидравлические, пневматические, оградительные (окруженные водным пространством) и берегозащитные (расположенные непосредственно у берега).

Данные оградительные сооружения характерны для морских и водохранилищных портов, речные порты же характеризуются прежде всего их отсутствием. Если все же иногда речной порт имеет оградительные сооружения, то они служат для защиты порта не от волн, а от движущегося льда.

В таблице 7.2 приведен пример расчета высоты причальной стенки для грузового и пассажирского причалов речного порта, расположенного на свободной реке.

Таблица 7.2 – Пример расчета высоты причальной стенки

В метрах

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра для причала	
		грузового	пассажирского
Осадка груженого расчетного судна	$T_c$	1,61	1,40
Навигационный запас под днищем судна	$a_1$	0,15	0,15
Высота волны	$h$	1,0	1,0
Запас воды под днищем судна при волнении	$a_2$	0,15	0,15
Запас воды на дифферент судна	$a_3$	0,3	0,15
Запас воды под днищем судна	$a_4$	0,42	0,43
Разность отметок портовой территории и НСУ	$H_B$	4	4
Расчетная высота причальной стенки	$H'_{пр}$	6,63	6,28
Принятая высота причальной стенки	$H_{пр}$	6,7	6,3

## 8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ АКВАТОРИИ РЕЧНОГО ПОРТА

Размеры акватории порта определяются количеством и размерами рейдов. В общем случае проектируются следующие рейды: сортировочный, оперативный (перегрузочный), навигационный и причальный.

Общая площадь акватории равна сумме соответствующих рейдов:

$$S_{\text{акв}} = S_{\text{сорт}} + S_{\text{опер}} + \sum S_{\text{нав}} + \sum S_{\text{прич.}} \quad (8.1)$$

### 8.1 Расчет водных подходов к акватории порта

Для безопасного подхода судов к рейдам речного порта необходимо определить допустимые параметры водных подходов, под которыми подразумеваются участки водного пути, соединяющие основной или местный судовой ход с акваторией порта (рисунок 8.1).

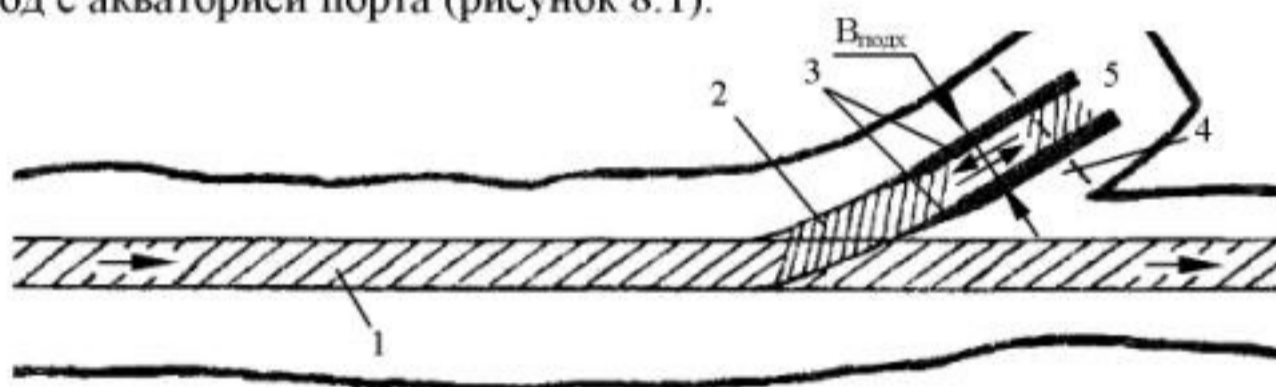


Рисунок 8.1 – Схема водного подхода к ковшу порта:

1 – транзитный судовой ход; 2 – местный судовой ход; 3 – уширение водных подходов с учетом дрейфа судна в поперечном направлении; 4 – граница акватории; 5 – акватория порта

Как правило, на водных подходах должно обеспечиваться двустороннее движение, и лишь при сложных топографических условиях допускается одностороннее движение судов, причем при длинных трассах расчетом определяются число разъездов и расстояния между ними.

Ширина водных подходов к акватории порта при одностороннем движении судов определяется по формуле

$$B_{\text{подх}} = L_c \sin \sigma + B_c \cos \sigma + 0,5B_c \quad (8.2)$$

где  $L_c$  и  $B_c$  – соответственно длина и ширина судна, м (см. приложение А);

$\sigma$  – угол ветрового дрейфа судна;

$$\sigma = \arcsin \frac{k_{\Pi} \omega}{v}, \quad (8.3)$$

$k_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий парусность судна (для пассажирских судов  $k_{\Pi} = 0,086$ , для груженых грузовых судов  $k_{\Pi} = 0,030$ , для порожних грузовых судов  $k_{\Pi} = 0,075$ ;

$\omega$  – наибольшая поперечная к оси судовой хода составляющая расчетной скорости ветра,  $\omega = 1 \dots 4$  м/с;

$v$  – скорость движения судна, м/с (см. приложение А).

Для двустороннего движения ширина водных подходов, вычисленная по формуле (8.2), удваивается.

При расчете ширины водных подходов (одностороннее движение) должно выполняться условие  $B_{\text{подх}} \geq 1,5B_c$ , а при двустороннем движении по водному подходу –  $B_{\text{подх}} \geq 3B_c$ .

В таблице 8.1 приведен пример расчета ширины водного подхода к речному порту.

Таблица 8.1 – Пример расчета ширины водного подхода

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра
Длина судна, м	$L_c$	93,3
Ширина судна, м	$B_c$	15,3
Коэффициент, учитывающий парусность судна	$k_{\text{п}}$	0,075
Наибольшая поперечная к оси судового хода составляющая расчетной скорости ветра, м/с	$\omega$	2
Скорость движения судна в порожнем состоянии, м/с	$v$	18,5
Угол ветрового дрейфа судна	$\sigma$	0,46
Ширина водных подходов, м: при одностороннем движении	$B_{\text{подх}}^{\text{одн}}$	23,7
при двустороннем движении	$B_{\text{подх}}^{\text{дв}}$	47,4
<i>Примечание</i> – Условие неравенства выполняется и при одностороннем ( $23,7 > 23,0$ ), и при двустороннем ( $47,4 > 45,9$ ) движении судов по водному подходу.		

## 8.2 Расчет площади сортировочного рейда

Размеры сортировочного рейда определяются для каждого рода груза, перевозимого на определенных типах несамоходных судов.

Каждое несамоходное судно, перевозящее рассматриваемую долю общего грузооборота, дважды попадает на рейд: прибывая в порт и отправляясь из него. Поэтому количество барж с  $i$ -тым грузом, одновременно скапливающихся на рейде, определяется по формуле

$$n_{\text{суд } i} = 2 \frac{(q_{\text{сут}})_p t_p \beta}{Q_c k_{\text{гр}}}, \quad (8.4)$$

где 2 – количество направлений поступления судов на сортировочный рейд от причалов и с транзитного судового хода;

$(q_{\text{сут}})_p$  – расчетный суточный грузопоток, поступающий и отправляемый из порта в несамоходных судах, т/сут;

$t_p$  – время нахождения судна на рейде,  $t_p = 5 \dots 6$  ч;

$\beta$  – доля грузооборота, прибывающая в порт на несамоходных судах.

После определения числа скапливающихся судов по каждой отдельно рассматриваемой части грузооборота их суммируют, имея в виду, что необ-



ходимо предусматривать отдельные рейды для нефтеналивных судов и для сухогрузных судов с легковоспламеняющимися и огнеопасными грузами.

$$n_{\text{общ}} = n_{\text{суд1}} + n_{\text{суд2}} + \dots + n_{\text{суд } n} \quad (8.5)$$

Для свободного выполнения сортировочных операций – подхода буксира и постановки судов по прибытию и выводе судов для формирования составов – наиболее удобна парная расстановка судов (счал судов). Тогда количество счаленных групп (пыжей)  $S = 0,5n_{\text{общ}}$ . В зависимости от формы и планового очертания свободной акватории, отводимой под сортировочный рейд, задаются распределением счаленных групп по длине и по ширине рейда:  $S = S_{\text{прод}} S_{\text{попер}}$ .

Тогда, с учетом необходимых разрывов  $a, b$  между счаленными группами и устройства аванрейда, габаритные размеры рейда (рисунок 8.2) могут быть определены из зависимостей:

$$\text{длина рейда } L_p = 5L_c + S_{\text{прод}} (L_c + 10) + (S_{\text{прод}} - 1) a; \quad (8.6)$$

$$\text{ширина рейда } B_p = 8B_c + 2 B_c S_{\text{попер}} + (S_{\text{попер}} - 1) b. \quad (8.7)$$

Величина разрывов между счаленными группами принимается:  $a = 70$  м и  $b = 100$  м – для нефтеналивных судов;  $a = b = 50$  м – для сухогрузных судов.



Рисунок 8.2 – Расчетная схема для определения площади сортировочного рейда с аванрейдом

Габаритные размеры сортировочного рейда без аванрейда (рисунок 8.3):

$$\text{длина рейда } L_p = S_{\text{прод}} (L_c + 10) + S_{\text{прод}} a; \quad (8.8)$$

ширина рейда определяется по формуле (8.7).

Площадь сортировочного рейда,  $\text{м}^2$ ,

$$S_{\text{сорт}} = L_p B_p. \quad (8.9)$$



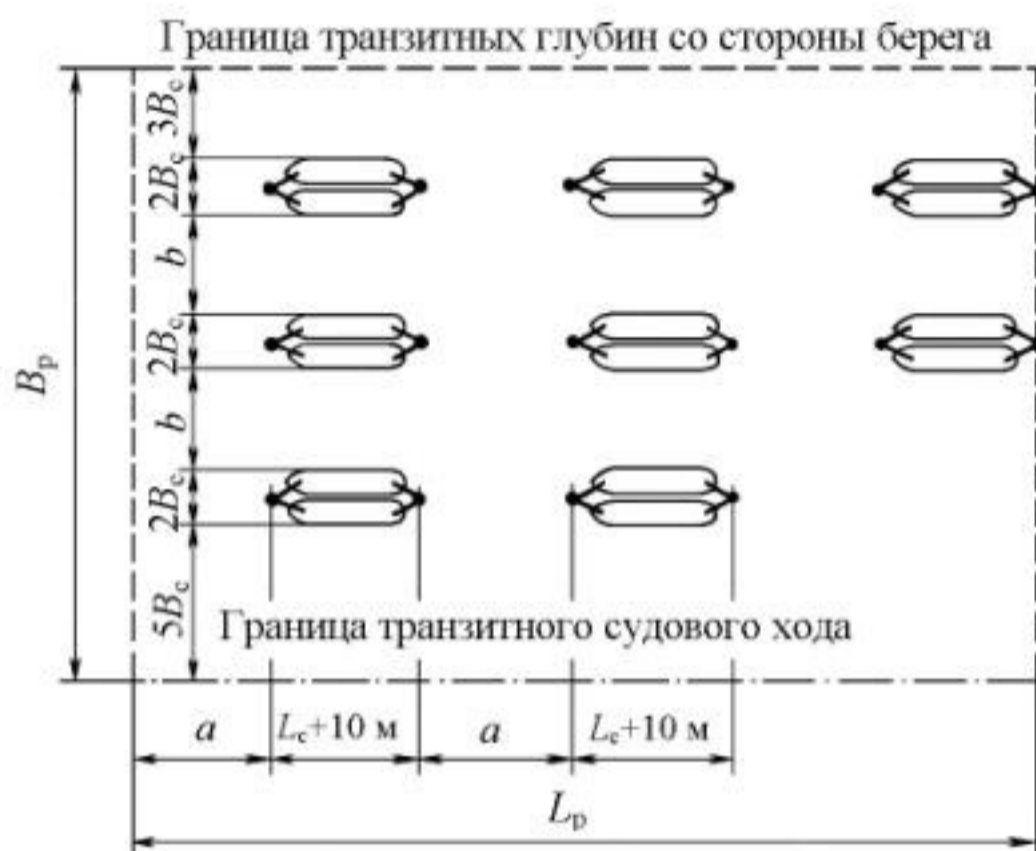


Рисунок 8.3 – Расчетная схема для определения площади сортировочного рейда без аванрейда

В таблице 8.2 приведен пример расчета площади сортировочного рейда без аванрейда.

Таблица 8.2 – Пример расчета площади сортировочного рейда

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	
		щебень	руда
Расчетный суточный грузопоток, т/сут	$(q_{свт})_p$	4 205	3 421
Время нахождения судна на рейде, сут	$t_p$	0,25	0,25
Доля грузооборота, прибывающая в порт на несамоходных судах	$\beta$	0,82	0,68
Грузоподъемность судна, т	$Q_c$	1 000	1 000
Коэффициент использования грузоподъемности судна	$k_{гр}$	1,0	1,0
Количество судов, одновременно скапливающихся на рейде	$n_{суд}$	2	2
Общее количество судов	$n_{общ}$	4	
Число счаленных групп судов	$S$	2	
Длина судна, м	$L_c$	70,2	
Ширина судна, м	$B_c$	14,4	
Длина рейда, м	$L_p$	261	
Ширина рейда, м	$B_p$	144	
Площадь рейда, м <sup>2</sup>	$S_{сорт}$	37 584	
<i>Примечание – <math>S = S_{грод} S_{гпер} = 2 \cdot 1 = 2</math>.</i>			

### 8.3 Расчет площади оперативного рейда

Оперативный (перегрузочный) рейд служит для выполнения грузовых операций (перегрузка или паузка судов) на плаву и определяется исходя из площади одного рейдового причала и числа причалов.

Площадь одного рейдового причала может быть определена из схемы, приведенной на рисунке 8.4,

$$\omega = (L_c + 60)(B_c + b_m + b_c + b), \quad (8.10)$$

где  $b_c$  – расчетная ширина меньшего судна, м (см. приложение А);

$b_m$  – ширина плавучей перегрузочной машины,  $b_m = 12$  м;

$b$  – разрыв между судами, м.

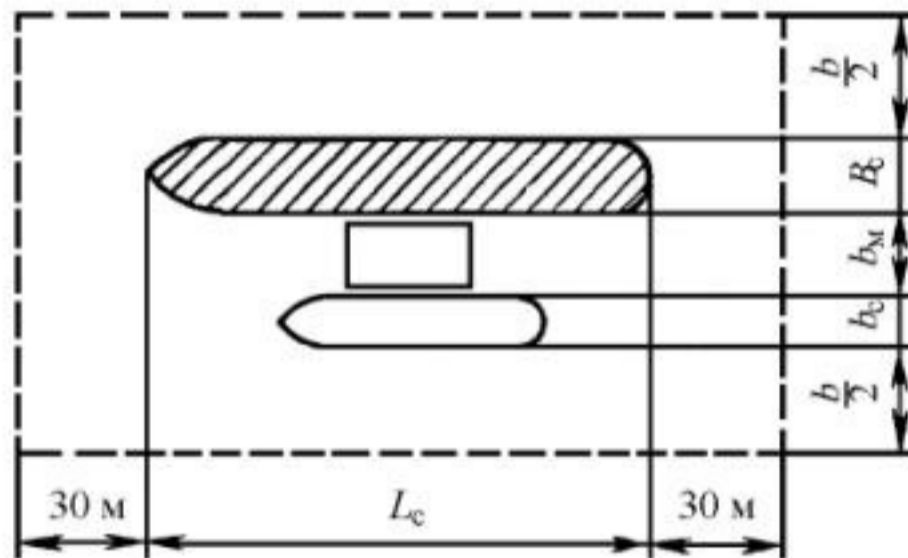


Рисунок 8.4 – Расчетная схема для определения площади оперативного рейда

Число рейдовых причалов определяется по формуле

$$X_{\text{рейд}} = \frac{q_{\text{опер}}}{P_{\text{опер}}}, \quad (8.11)$$

где  $q_{\text{опер}}$  – расчетный суточный грузопоток, перегружаемый на оперативном рейде, т/сут,

$$q_{\text{опер}} = (q_{\text{сут}})_p \alpha, \quad (8.12)$$

$\alpha$  – доля грузооборота, перегружаемая на плаву;

$P_{\text{опер}}$  – пропускная способность одного рейдового причала, т/сут,

$$P_{\text{опер}} = p'_q t_m f', \quad (8.13)$$

$p'_q$  – производительность плавучей перегрузочной машины, т/ч (см. таблицу 3.1);

$t_m$  – продолжительность работы машины в сутки, ч/сут;

$f'$  – коэффициент, учитывающий потери времени на вспомогательные операции,  $f' = 0,8$ .

Общая площадь оперативного рейда,  $\text{м}^2$ ,

$$S_{\text{опер}} = \omega X_{\text{рейда}}^{\text{общ}} \quad (8.14)$$

Габаритные размеры площади оперативного рейда – длина и ширина – выбираются в зависимости от формы свободной части акватории порта, отводимой под перегрузочный рейд.

В таблице 8.3 приведен пример расчета площади оперативного рейда.

Таблица 8.3 – Пример расчета площади оперативного рейда

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	
		отсев	МСГ
Расчетный суточный грузооборот, т/сут	$(q_{\text{сут}})_p$	2 606	3 102
Доля грузооборота, перегружаемая на плаву	$\alpha$	0,18	0,15
Расчетный суточный грузопоток, перегружаемый на оперативном рейде, т/сут	$q_{\text{опер}}$	469	465
Производительность плавучего крана, т/ч	$P'_c$	240	
Продолжительность работы плавучего крана, ч/сут	$t_M$	16	
Коэффициент, учитывающий потери времени на вспомогательные операции	$f$	0,8	
Пропускная способность рейдового причала, т/сут	$P_{\text{опер}}$	3 072	
Число рейдовых причалов	$X_{\text{рейда}}$	0,15	0,15
Общее число рейдовых причалов	$X_{\text{рейда}}^{\text{общ}}$	1,0	
Длина судна, м	$L_c$	70,2	
Ширина судна, м	$B_c$	14,4	
Ширина плавучего крана, м	$b_M$	12,0	
Ширина меньшего судна, м	$b_c$	10,2	
Разрыв между судами, м	$b$	50	
Площадь одного рейдового причала, $\text{м}^2$	$\omega$	11 275	
Общая площадь рейда, $\text{м}^2$	$S_{\text{опер}}$	11 275	

#### 8.4 Расчет площади навигационного рейда

Навигационный рейд речного порта служит для свободного подхода и маневрирования судов при установке их у причала, обязательно против течения (рисунок 8.5). Минимальная ширина навигационного рейда  $B_{\text{нав}}$  для беспрепятственной циркуляции самоходного судна на подходах должна быть равна по крайней мере трем длинам судна ( $B_{\text{нав}} = 3L_c$ ). Учитывая размеры современных крупных судов, обеспечить такую величину  $B_{\text{нав}}$  удастся весьма редко. В большинстве случаев приходится уменьшать ширину навигационного рейда до  $B_{\text{нав}} = (1 \dots 1,2)L_c$ , соглашаясь с необходимостью сложных маневров судна при подходе к причалам.

При определении ширины навигационного рейда для несамоходных су-

дов необходимо учесть длину буксира-толкача:

$$B_{\text{нав}} = 3(L_c + L_b) \text{ или} \\ B_{\text{нав}} = (1 \dots 1,2)(L_c + L_b).$$

Площадь навигационного рейда, м<sup>2</sup>,

$$S_{\text{нав}} = \frac{\pi B_{\text{нав}}^2}{4} \quad (8.15)$$

При русловой компоновке причалов навигационный рейд примыкает к причальному, при ковшовой – навигационный рейд рейд необходимо располагать на входе в бассейн с причалами.

В таблице 8.4 приведен пример расчета площади навигационного рейда для пассажирского и нефтеналивного причала.

Таблица 8.4 – Пример расчета площади навигационного рейда

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра для причала	
		пассажирского	наливного
Длина судна, м	$L_c$	77,0	85,8
Длина буксира, м	$L_b$	–	24,0
Ширина рейда, м	$B_{\text{нав}}$	93,0	132,0
Площадь рейда, м <sup>2</sup>	$S_{\text{нав}}$	6 793	13 684
Общая площадь рейдов, м <sup>2</sup>	$\sum S_{\text{нав}}$	20 477	
<i>Примечание – <math>B_{\text{нав}} = 1,2L_c</math>.</i>			

### 8.5 Расчет площади причального рейда

Причальный рейд занимает акваторию вдоль причала (см. рисунок 8.5). Ширина причального рейда  $B_{\text{пр}}$  определяется шириной акватории, занимаемой двумя отшвартованными судами, и запасом  $c$  между бортом крайнего судна и кромкой судового хода

$$B_{\text{пр}} = 2B_c + c. \quad (8.16)$$

Если у причала будет швартоваться лишь одно судно, то формула (8.16) примет вид:  $B_{\text{пр}} = B_c + c$ .

Величину  $c$  называют обычно равной  $(1 \dots 1,5)B_c$ ; в случае прижимного течения и криволинейной трассы судового хода запас увеличивают, принимая  $c = 3B_c$ .

Особо решается вопрос о величине бассейнов. При нескольких причалах по длине бассейна желательно предусматривать возможность разворота судов на кормовой чалке. Считая достаточный запас равным половине дли-

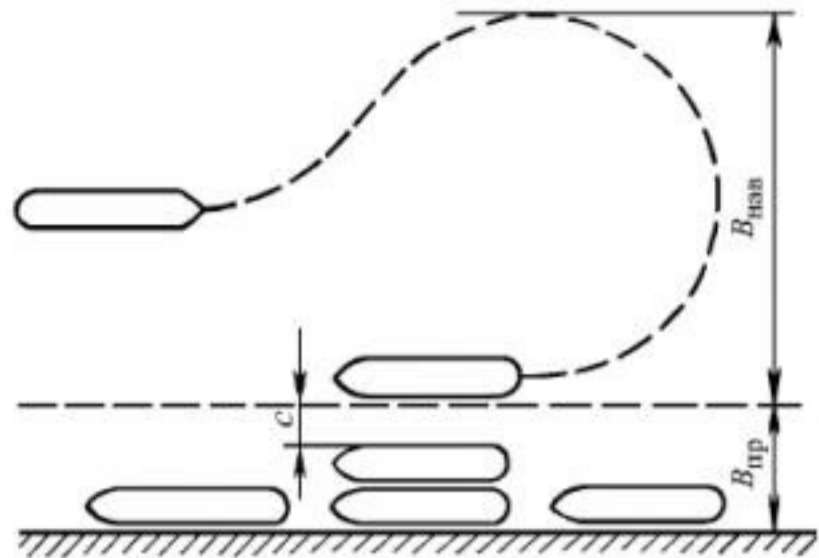


Рисунок 8.5 – Схема для определения параметров навигационного рейда



ны судна ( $c = 0,5L_c$ ), а также предполагая возможность парной швартовки судов у противоположного причала (рисунок 8.6, а), получим:

$$B_{\text{бас}} = 1,5L_c + 2B_c. \quad (8.17)$$

Если у противоположного причала будет швартоваться лишь одно судно, то формула (8.17) примет вид:  $B_{\text{бас}} = 1,5L_c + B_c$  и, наконец, если бассейн используется только с одной стороны, то  $B_{\text{бас}} = 1,5L_c$ .

Для коротких бассейнов, имеющих по длине не более двух причалов, можно не предусматривать разворота судов. Тогда, в зависимости от расстановки судов, ширина бассейна имеет различные варианты: на рисунке 8.6, б приведен случай, когда  $B_{\text{бас}} = 5B_c$ , а на рисунке 8.6, в – бассейн с шириной  $B_{\text{бас}} = 3B_c$ . Для таких бассейнов следует предусматривать свободную площадь для разворота судов, в которую вписывается полуокружность радиусом  $1,5L_c$  (см. рисунок 8.6, б, в).

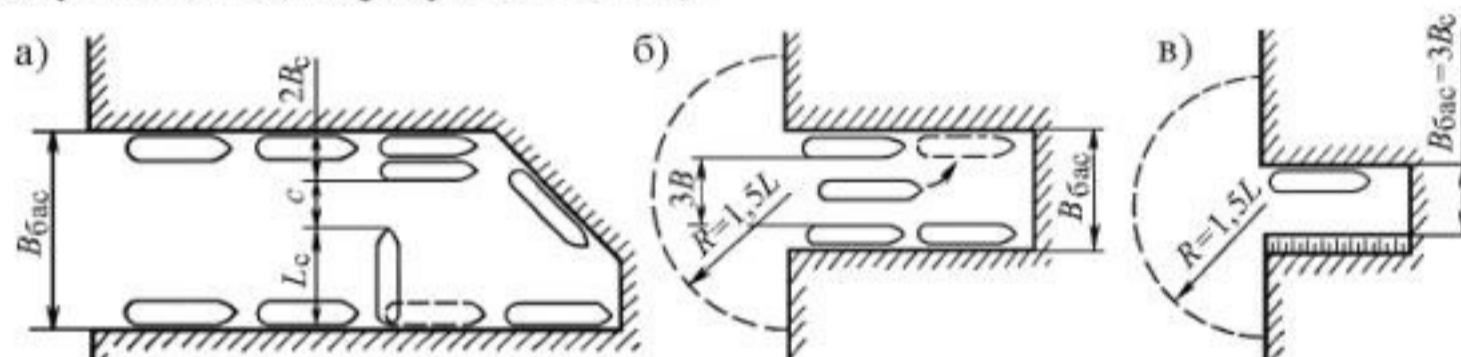


Рисунок 8.6 – Схемы бассейнов:

а – при развороте судов в бассейне; б – узкий бассейн с двумя причалами по его длине;  
в – узкий бассейн с одним причалом

Площадь причального рейда,  $\text{м}^2$ ,

$$S_{\text{пр}} = l_{\text{пр}} B_{\text{пр}}. \quad (8.18)$$

В таблице 8.5 приведен пример расчета причального рейда при швартовке у причала одного судна.

Таблица 8.5 – Пример расчета площади причального рейда

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	
		лесные грузы	контейнеры
Длина судна, м	$L_c$	85,0	72,5
Ширина судна, м	$B_c$	15,0	14,4
Величина запаса, м	$c$	19,5	18,7
Ширина рейда, м	$B_{\text{пр}}$	34,5	33,0
Длина причала, м	$l_{\text{пр}}$	95,0	83,0
Площадь рейда, $\text{м}^2$	$S_{\text{пр}}$	3 278	2 739
Общая площадь рейда, $\text{м}^2$	$\sum S_{\text{пр}}$	6 017	
Ширина бассейна, м	$B_{\text{бас}}$	143	

Примечание –  $c = 1,3B_c$ .  
При определении ширины бассейна, из представленных судов, выбирается максимальное значение длины и ширины судна.

## 9 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА РЕЧНОГО ПОРТА

Перегрузка грузов по прямому варианту, то есть непосредственно с подвижного состава сухопутного транспорта на суда, или из одного судна в другое, или в обратном направлении во многих случаях весьма целесообразна, так как при этом исключаются дополнительные перевалки грузов и ускоряется доставка их к потребителю. Однако из-за разнообразных причин, например, сезонности грузов, перерывов в навигации в зимний период, грузы поступают в порт и отправляются из него неравномерно.

Некоторые грузы после поступления в порт накапливаются, подвергаются рассортировке, комплектации, переупаковке и др. К тому же, грузовместимость речных судов, грузоподъемность железнодорожных вагонов и автомобилей различны. Продолжительность работы порта, автопредприятий и железнодорожных станций также различаются. Поэтому технологически эти виды транспорта работают в различных условиях, и добиться единого графика их взаимодействия без наличия компенсирующих систем, которыми и являются склады, практически невозможно.

Портовые склады предназначены для заблаговременного приема груза к перевозке, накопление груза, поступающего мелкими партиями, ускорение оборачиваемости речных и сухопутных транспортных средств.

По срокам хранения грузов склады делят на транзитные и базисные. *Транзитные склады* служат для краткосрочного хранения грузов с целью компенсации неравномерности работы водного и сухопутного транспорта. Сроки хранения штучных грузов в складах ограничиваются в зависимости от рода груза 2–10 сутками. *Базисные склады* служат для накопления и длительного хранения грузов. Речные порты, получая грузы в течение навигации, обеспечивают их доставку сухопутным транспортом круглогодично. Иногда, наоборот, в портах отправления грузы накапливаются в межнавигационный период. Сроки хранения грузов на складах могут достигать несколько месяцев.

По условиям хранения грузов склады бывают *открытые*, в виде специальных площадок для грузов, допускающих хранение под открытым небом (песок, гравий, руда, уголь, круглый лес и др.), *закрытые* – для некоторых видов штучных грузов цемента, апатита и других грузов, хранение которых под открытым небом недопустимо, и *навес* – площадка, над которой на опорах сооружена крыша. Под навесом хранят малоценные грузы.

Располагаются склады чаще всего параллельно линии причального фронта. При таком их расположении сокращается ширина территории порта и облегчается организация приема и выдачи груза. Сокращается также и путь прохождения груза по территории порта, что позволяет снизить себестоимость его переработки.

Размеры портовой территории определяются в процессе компоновки порта, исходя из условия удобного размещения в плане всего основного и вспомогательного оборудования порта, зданий и сооружений. Нормальная ширина основной части территории, непосредственно примыкающей к причалам, в зависимости от вида грузов и технологических схем их обработки колеблется в пределах 130–250 м. Недостаточная ширина этой оперативной полосы территории порта создает значительные эксплуатационные затруднения и снижает пропускную способность причалов. При расположении районного парка или портовой станции параллельно причальному фронту общая ширина территории увеличивается на 25–30 м.

При наличии в речном порту отдельных складов краткосрочного и длительного хранения транзитные склады располагаются ближе к причалам, базисные склады – в тыловой зоне (рисунок 9.1).

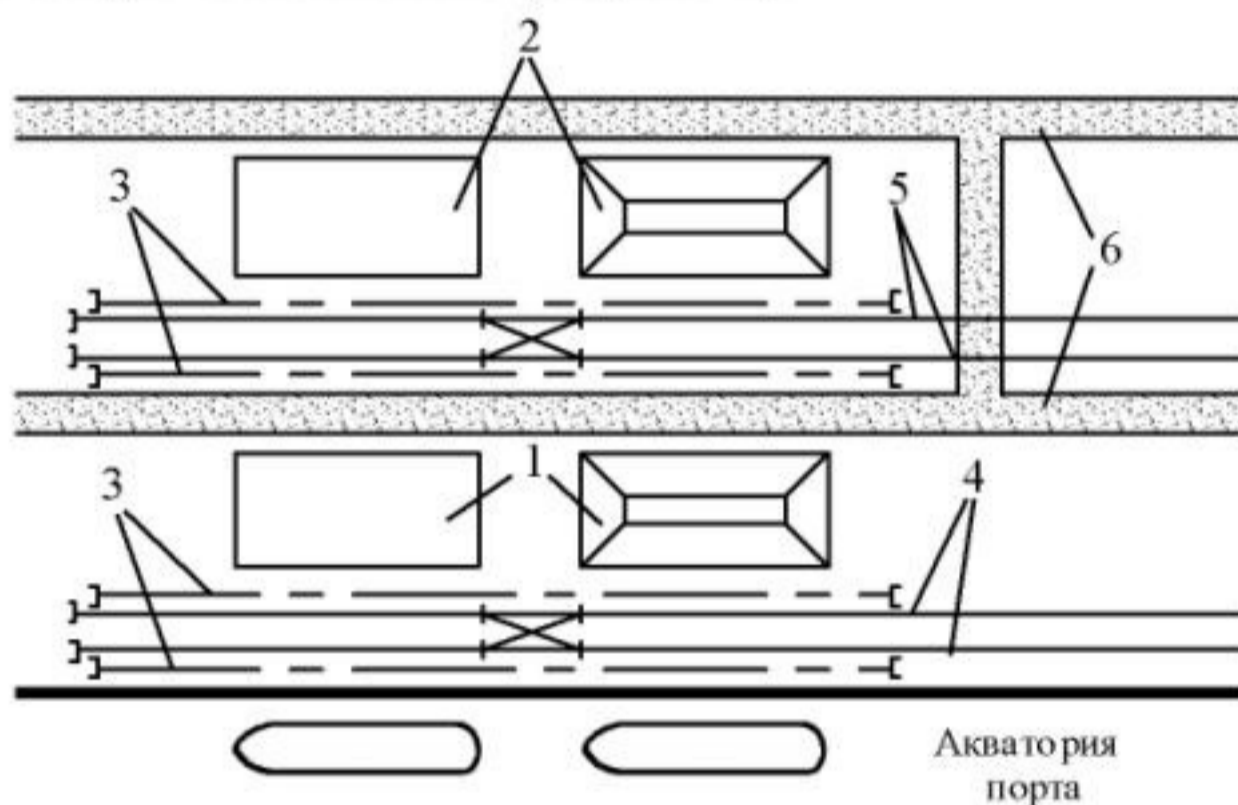


Рисунок 9.1 – Схема расположения складов:

- 1 – транзитные склады; 2 – базисные склады; 3 – подкрановые пути;  
4 – прикордонные железнодорожные пути; 5 – тыловые железнодорожные пути;  
6 – автомобильная дорога

Необходимую емкость, т, транзитных и базисных складов определяют отдельно для каждого грузопотока

$$E_{\text{тр}} = (q_{\text{сут}})_p \cdot y \cdot t_{\text{скл}} \quad (9.1)$$

$$E_{\text{б}} = (q_{\text{сут}})_p \cdot d \cdot t_{\text{скл}} \quad (9.2)$$

где  $y, d$  – коэффициент складирования, или доля грузооборота, проходящего соответственно через транзитный и базисный склады;

$t_{\text{скл}}$  – продолжительность хранения грузов на складе, сут (таблица 9.1).



Таблица 9.1 – Продолжительность хранения грузов на складе

В сутках

Наименование грузов	Продолжительность хранения груза на	
	транзитном складе	базисном складе
Тарно-штучные	3–4	10–20
Металлогрузы и оборудование	3–4	10–25
Контейнеры	3–4	10–20
Каменный уголь, руда	5–10	10–15
Лесные грузы	5–10	10–15
Щебень, гравий, камень	8–10	15–20
Песок и песчано-гравийная смесь	8–10	30–50
Удобрения навалом	5–10	10–15
Нефтегрузы	–	5–10

Для того чтобы уменьшить возможность простоя судна при несовпадении режимов подхода судов и подвижного состава смежных видов транспорта, минимальная емкость транзитного склада ограничивается величиной

$$E = (1,2 \dots 1,6)Q_c + e_3, \quad (9.3)$$

где  $e_3$  – запас, принимаемый по нормам технологического проектирования,

$$e_3 = (1 \dots 5) p_{\text{сут.}}$$

Множитель при  $Q_c$  принимается: меньший – при однородном грузе и больший – при смешанном грузе. Из двух величин, определяемых по формулам (9.1) и (9.3), выбирается наибольшая.

Емкость базисных складов также можно определить, построив интегральный график работы склада (рисунок 9.2). Для этого исходя из предположения равномерного продвижения груза, необходимо нанести линию, соответствующую прибытию груза на склад в течение навигации, и линию, характеризующую опрвление груза со склада. Наибольшая разность  $\Delta Q$  между прибытием и опрвлением грузов из склада, умноженная на коэффициенты неравномерности движения обоих видов транспорта, определит емкость базисного склада:

$$E_0 = \Delta Q k'_{\text{нер}} k''_{\text{нер}}, \quad (9.4)$$

где  $k'_{\text{нер}}$  – коэффициент неравномерности поступления груза с речного транспорта,  $k'_{\text{нер}} = 1,28$ ;

$k''_{\text{нер}}$  – коэффициент неравномерности поступления груза с сухопутных видов транспорта,  $k''_{\text{нер}} = 1,15$ .

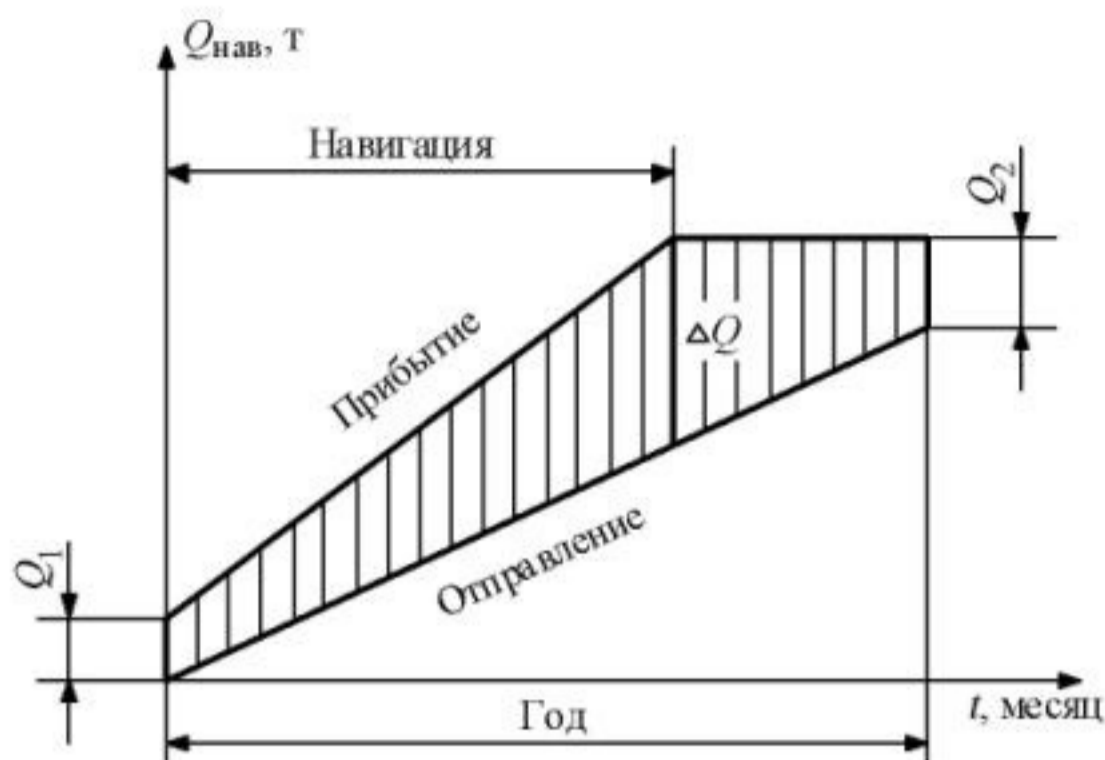


Рисунок 9.2 – Интегральный график работы склада:  
 $Q_1$  – остаток груза на начало навигации;  $Q_2$  – остаток груза на конец года

Необходимая площадь открытых площадок,  $m^2$ ,

$$w_o = \frac{E_o k_e}{q_{скл} k_{и}}, \quad (9.5)$$

где  $E_o$  – требуемая по расчету емкость открытого склада, т;

$k_e$  – коэффициент неравномерности загрузки склада по времени (таблица 9.2);

$q_{скл}$  – расчетная масса на  $1 m^2$  складской площади,  $t/m^2$ ;

$k_{и}$  – коэффициент использования полезной площади.

Таблица 9.2 – Значения коэффициента неравномерности загрузки склада

Наименование грузов	Значение коэффициента $k_e$	Наименование грузов	Значение коэффициента $k_e$
Гравий	1,20	Песок и ПГС	1,10
Камень бутовый	1,20	Руда	1,25
Контейнеры	1,20	Тарно-штучные	1,30
Лесные грузы	1,25	Уголь каменный	1,20
Металлогрузы	1,35	Удобрения навалом	1,20
Нефтегрузы	1,20	Щебень	1,20

Расчетную массу на  $1 m^2$  складской площади можно принять по данным, приведенным в таблице 9.3, или рассчитать по формуле (9.6).

$$q_{скл} = \gamma h, \quad (9.6)$$

где  $\gamma$  – плотность груза,  $t/m^3$  (см. приложение Д);

$h$  – высота штабеля.

Таблица 9.3 – Расчетная масса на 1 м<sup>2</sup> складской площади

В тоннах на метр квадратный

Наименование грузов	Допускаемая нагрузка	Наименование грузов	Допускаемая нагрузка
Гравий, щебень	до 8,0*	Песок и ПГС	до 12,0*
Железобетонные изделия	1,2*	Пиломатериалы	3,0*
Камень бутовый	до 8,0*	Руда	до 13,0*
Контейнеры грузенные: среднетоннажные крупнотоннажные	1,1–1,5* 1,9–2,7*	Уголь каменный	до 9,0*
Лесные грузы	2,0–4,0*	Удобрения навалом	до 6*
Металлогрузы	3,0–4,0*	Электроприборы в ящиках	1,3
*Хранение на открытых площадках.			

Высота штабеля определяется в зависимости от удобства перегрузочных работ и от допустимого, из условия сохранения целостности самого груза, давления на его нижние слои; для угля высота штабеля ограничивается его способностью к самовозгоранию. Для порталных кранов высота штабеля грузов может приниматься до 16 м.

Коэффициент использования полезной площади  $k_{п}$  принимается: для песка, гравия и руды – 0,80; для угля – 0,65; для лесных грузов – 0,50, для остальных навалочных грузов – 0,7–0,8, для контейнеров – 0,4–0,75, для тарно-штучных грузов – 0,4–0,55.

Ширина открытого склада, м, определяется по формуле

$$b_0 = \frac{w_0}{l_{пр}} \quad (9.7)$$

Длина открытого склада равна длине причала и может достигать длины нескольких причалов.

Аналогично определяется площадь и ширина крытого склада

$$w_{кр} = \frac{E_{кр} k_e}{q_{скл} k_{п}}, \quad (9.8)$$

где  $E_{кр}$  – требуемая по расчету емкость крытого склада, т;

Для крытых складов коэффициент  $k_{п}$  учитывает только разрывы между штабелями внутри склада. Поэтому с учетом разрывов между складами, которые по противопожарным условиям принимаются не менее 20 м, ширина крытого склада будет равна

$$b_{кр} = \frac{w_{кр}}{l_{пр} - 20x_{пр}} \quad (9.9)$$

Планировочные и конструктивные элементы крытых складов общего назначения на водном транспорте унифицированы. По типовым проектам

склады могут иметь следующую ширину: однопролетные – 12, 24 и 30 м; двухпролетные – 36 м; трехпролетные – 48 и 60 м. Если расчетная ширина крытого склада окажется больше 60 м, то устраивается многоэтажный склад.

Полезная высота склада (от пола до несущих конструкций) принимается равной 6,0 м.

Длина крытого склада пропорциональна шагу наружных опор (12 м).

Размеры склада для нефтегрузов зависят от числа баков, в которых они хранятся, и их размеров (рисунок 9.3).

Число баков определяется по формуле

$$n_6 = \frac{E_6 k_e}{\pi R^3 \gamma}, \quad (9.10)$$

где  $E_6$  – емкость бака для хранения нефтепродуктов, т (см. формулу 9.2);

$R$  – радиус бака, принимается  $R = 10 \dots 20$  м;

$\gamma$  – плотность нефтепродукта, т/м<sup>3</sup> (см. приложение Д).

Площадь склада нефтегрузов определяется исходя из необходимости обеспечить противопожарные разрывы между отдельными баками, равные 2–3 диаметрам бака. Места погрузки и выгрузки следует удалять от территории склада не менее чем на 100 м.

Помимо грузовых складов речные порты располагают вспомогательными складами материально-технического снабжения, горючесмазочных материалов, топливными и другими.

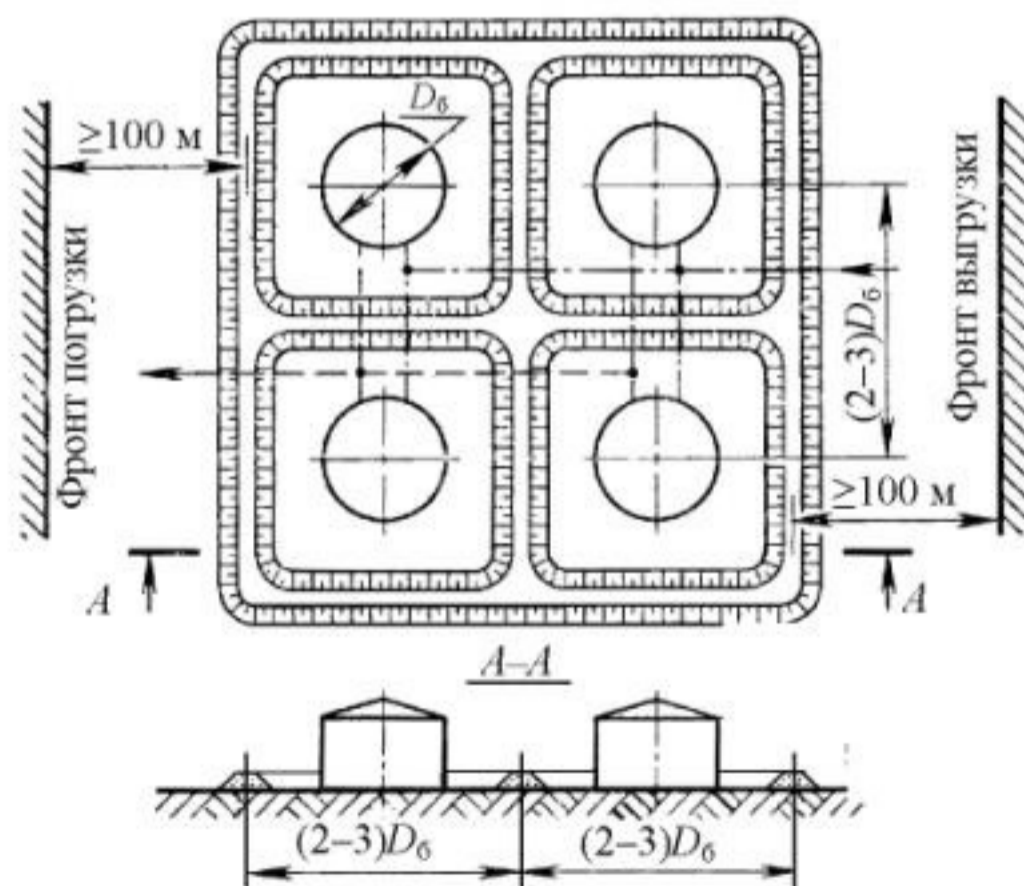


Рисунок 9.3 – Схема склада для нефтепродуктов



В таблице 9.4 приведены примеры расчета параметров транзитных и базисных складов для хранения навалочных и нефтеналивных грузов.

Таблица 9.4 – Пример расчета параметров складов

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра		
		щебень		мазут
		Т	Б	
Суточный грузооборот, т/сут	$(q_{сут})_p$	3 309		2 560
Продолжительность хранения грузов на складе, сут	$t_{скл}$	10	15	5
Доля грузооборота проходящего через склады	$y, d$	0,37	0,42	1,0
Емкость склада, т	$E$	12 243	20 847	12 800
Коэффициент неравномерности загрузки склада по времени	$k_e$	1,20		1,20
Плотность груза, т/м <sup>3</sup>	$\gamma$	–		0,89
Расчетная масса на 1 м <sup>2</sup> складской площади, т/м <sup>2</sup>	$q_{скл}$	12,0		–
Коэффициент использования полезной площади	$k_{п}$	0,8		–
Площадь склада, м <sup>2</sup>	$w_o$	1 530	2 606	–
Длина причала, м	$l_{пр}$	95,0		–
Расчетная ширина склада, м	$b'_o$	16,1	27,4	–
Принятая ширина склада, м	$b_o$	17	28	–
Радиус бака, м	$R$	–	–	14
Число баков	$n_b$	–	–	2,00

Примечание – Т – транзитный склад; Б – базисный склад.

## 10 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕЧНОГО ПОРТА

### 10.1 Общие сведения об объектах железнодорожной инфраструктуры

Перед вводом в оперативные зоны порта прибывающих железнодорожных составов необходимо предварительно перегруппировать вагоны и образовать группы вагонов с одноименным грузом, направляемых в определенный район порта. Эта группировка вагонов по районам порта выполняется в **предпортовой сортировочной станции**, со специально создаваемыми **портовыми станциями** или **районными парками**. *Предпортовая сортировочная станция* обычно расположена вне территории порта, вблизи него, а иногда в составе общей сортировочной станции прилегающего транспортного узла.

Портовые станции располагаются вне пределов порта, выполняют работу во взаимосвязи с предпортовой сортировочной станцией сортируют вагоны по районам порта (в крупных портах) или (и) сортируют и группируют вагоны по отдельным местам погрузки и выгрузки.

В районных парках может производиться дополнительная подсортировка вагонов, однако главное их назначение – обеспечить наиболее быструю смену вагонов на грузовом фронте причалов и складов. С этой целью их располагают по возможности ближе к грузовому фронту, на расстоянии 0,5–1,0 км, а иногда и в тылу грузовых фронтов.

Наиболее типичная схема железнодорожных устройств порта приведена на рисунке 10.1. Весь железнодорожный комплекс состоит из предпортовой сортировочной станции ППС, районных парков РП, оперативных путей В на причальном фронте и у складов, соединительных путей А между этими элементами.

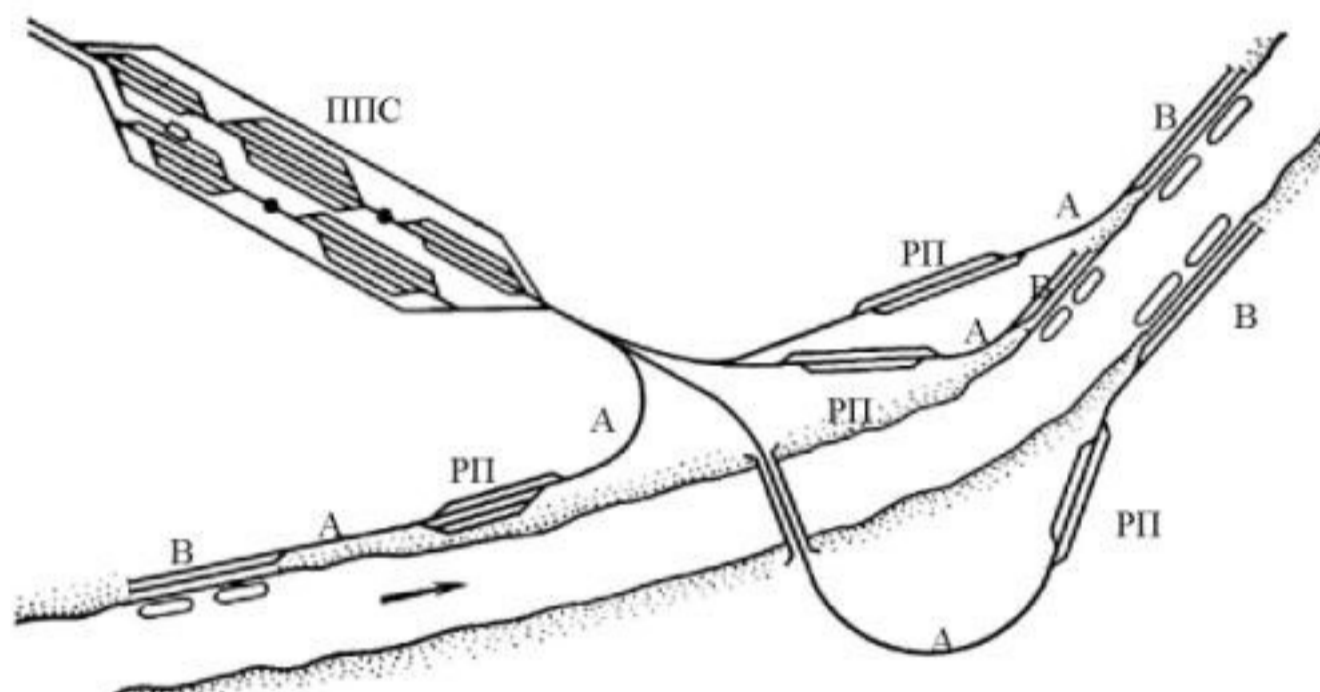


Рисунок 10.1 – Схема железнодорожных устройств порта

Для портов с числом причалов менее четырех рекомендуется система обслуживания непосредственно с предпортовой сортировочной станции.

При числе причалов четыре и более могут применяться следующие схемы обслуживания порта: при расстоянии между портом и предпортовой сортировочной станцией до 7–8 км и размерах грузооборота до 10 млн т в год, а также при расстоянии – 12–13 км и грузообороте 5 млн т в год – из районных парков, при расстоянии 13 км и более и грузообороте 15 млн т в год и более – с портовой станции.

Стрелочные переводы (стрелки) бывают различных систем, но на внутрипортовых путях применяют наиболее простые и надежные обыкновенные стрелочные переводы (рисунок 10.2). Основной характеристикой стрелочного перевода является марка крестовины  $M$ . Для внутрипортовых путей обычно применяют марки  $1/9$ . Второй характеристикой, определяющей разме-

ры стрелочного перевода, является радиус переходной кривой  $R$ .

Основные параметры обыкновенных стрелочных переводов приведены в приложении Е.

На планах при масштабе 1 : 1000 и менее железнодорожные пути наносят в виде одной (осевой) линии и стрелочный перевод изображают в виде схемы (см. рисунок 10.2).

*Съезды* одиночные и перекрестные применяют для соединения двух параллельных рядом расположенных железнодорожных путей (рисунок 10.3, *а* и *б*). Основные размеры и схема расчета соединения двух путей с помощью одиночного съезда приведены в приложении Е.

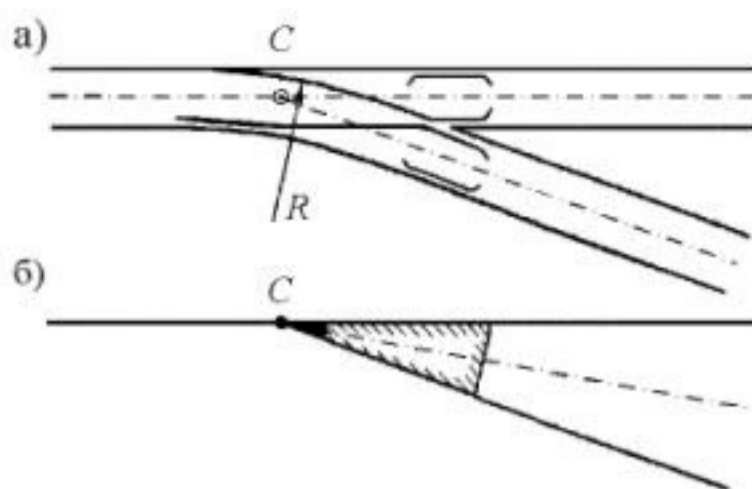


Рисунок 10.2 – Схема железнодорожного пути и стрелочного перевода:  
*а* – изображение колеи двумя нитками;  
*б* – изображение колеи ее осью; *С* – центр перевода; *R* – радиус переходной кривой



Рисунок 10.3 – Съезды:  
*а* – одиночный; *б* – перекрестный

Так как на съездах остановка вагонов запрещена, то съезды размещают между складами. Но даже при этом случае наличие съездов сокращает полезную длину путей. Поэтому при компоновке отдельных участков порта иногда отказываются от съездов между причалами, предпочитая устройство дополнительных путей, что обеспечивает более широкий фронт погрузочно-разгрузочных работ.

В портах применяются железные дороги нормальной колеи. Ширина колеи на прямых участках установлена 1520 мм.

При двух оперативных железнодорожных путях в прикордонной зоне порта ширина подкрановых путей равна 10,5 м.

В нормальных условиях рекомендуется наименьший радиус кривой 300 м; в трудных условиях эта величина может быть снижена до 120 м, и, наконец, при очень стесненной территории, в зависимости от типа локомотива, подвижного состава и при усилении пути на кривой контррельсами в отдельных случаях допускается применение кривых с радиусом 80 м.

Так как предпортовая сортировочная и портовая станции, как правило, расположены вне портовой территории и проектирование их не входит в проект порта, то в дальнейшем более детально рассмотрены только объекты железнодорожной инфраструктуры, находящиеся на самой территории.



## 10.2 Проектирование прикордонных и тыловых железнодорожных путей

**Прикордонные железнодорожные пути.** Число прикордонных путей рассчитывается на долю суточного грузооборота, обрабатываемого по прямому варианту и проходящего через транзитный склад  $(1-d)(q_{\text{сут}})_p$ . Задаваясь числом подач вагонов в сутки  $C_{\text{п}}$ , равным 3, 6, 9 (соответственно 1, 2 или 3 в смену), и, зная среднюю грузоподъемность вагона  $Q_{\text{в}}$ , получаем число одновременно устанавливаемых вагонов:

$$n_{\text{в}} = \frac{(1-d)(q_{\text{сут}})_p}{Q_{\text{в}} C_{\text{п}}}, \quad (10.1)$$

Учитывая, что для вагонов необходимо устраивать разрывы между вагонами в промежутках между причалами, где обычно размещают съезды с одного пути на другой, полезная длина путей на причалах принимается равной  $0,8l_{\text{пр}}$ . Тогда количество путей, необходимых для установки расчетного числа вагонов, будет равно

$$y_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{в}} l_{\text{в}}}{0,8 l_{\text{пр}}}, \quad (10.2)$$

где  $l_{\text{в}}$  – длина вагона, м.

Если пути проходят последовательно через несколько причалов и при расчетах получился один железнодорожный путь, то для обеспечения независимой смены вагонов на причале к прикордонному железнодорожному пути  $y_{\text{пр}}$  добавляется один обгонный путь.

Суточная пропускная способность прикордонных железнодорожных путей, т/сут,

$$P_{\text{пр. пут}} = n_{\text{в}} Q_{\text{в}} C_{\text{п}}. \quad (10.3)$$

**Тыловые железнодорожные пути.** Число тыловых железнодорожных путей определяется аналогично предыдущему, с той лишь разницей, что вместо  $(1-d)$  в формулу 10.1 для числа вагонов входит просто величина  $d$  (доля грузооборота, проходящего через базисный склад):

$$n'_{\text{в}} = \frac{d(q_{\text{сут}})_p}{Q_{\text{в}} C_{\text{п}}}. \quad (10.4)$$

Число тыловых путей  $y_{\text{тыл}}$  будет равно

$$y_{\text{тыл}} = \frac{n'_{\text{в}} l_{\text{в}}}{0,8 L_{\text{скл}}}, \quad (10.5)$$

где  $L_{\text{скл}}$  – длина фронта склада, м.



Так же, как и для прикордонных путей, к вычисленной величине  $y_{\text{тыл}}$  (при  $y_{\text{тыл}} = 1$ ) следует добавить один обгонный путь.

Суточная пропускная способность тыловых путей, т/сут,

$$P_{\text{тыл.пут}} = n'_в Q_в C_{\text{п}} \quad (10.6)$$

В таблице 10.1 приведены примеры расчета числа прикордонных и тыловых железнодорожных путей.

Таблица 10.1 – Пример расчета числа железнодорожных путей

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра		
		щебень	МСГ	руда
Расчетный суточный грузооборот, т/сут	$(q_{\text{сут}})_p$	3 520	4 470	2 670
Элементы вагона:				
грузоподъемность, т	$Q_в$	125	140	75
длина, м	$l_в$	20,24	18,88	13,92
Доля грузооборота проходящего через базисный склад	$d$	0,42	0,45	0,39
Число подач вагонов в сутки	$C_{\text{п}}$	6	6	6
<i>Прикордонные железнодорожные пути</i>				
Число вагонов, подлежащих установке	$n_в$	3	3	4
Длина причала, м	$l_{\text{пр}}$	83,0	95,0	95,0
Число прикордонных путей	$y_{\text{пр}}$	1	1	1
Суточная пропускная способность прикордонных путей, т/сут	$P_{\text{пр.пут}}$	2 250	2 520	1 800
<i>Тыловые железнодорожные пути</i>				
Число вагонов, подлежащих установке	$n'_в$	2	3	3
Длина склада, м	$L_{\text{скл}}$	83,0	95,0	95,0
Число тыловых путей	$y_{\text{тыл}}$	1	1	1
Суточная пропускная способность тыловых путей, т/сут	$P_{\text{тыл.пут}}$	1 500	2 520	1 350
Примечание – При компоновке следует добавить один обгонный путь.				

### 10.3 Проектирование районных железнодорожных парков

Районные железнодорожные парки на портовой территории устраивают в многорайонных портах на подходах к каждому отдельному району порта (навалочных, нефтяных, опасных и т.д.), независимо от того, далеко или близко от порта расположена предпортовая сортировочная станция, так как их задача – приблизить вагоны к причальным линиям для быстрой смены их у оперативных фронтов (см. рисунок 10.1). В каждый из этих районных парков прибывают определенное число раз в сутки вагоны с грузами, категория которых соответствует специализации данного района.

Проектирование районных железнодорожных парков состоит в определении числа этих парков, числа путей в каждом из них, в выборе расположения парка и его формы.

Исходным положением для проектирования районных парков является работа порта в расчетные сутки.

Суточная работа  $B$ , измеряемая в вагонах, определяется по формуле

$$B = \frac{(q_{\text{сут}})_p}{Q_v}, \quad (10.7)$$

После подсчета числа вагонов для каждой отдельной линии причалов и складов во всех районах порта в расчетные сутки необходимо распределить вагоны этих линий между отдельными железнодорожными районами. Это распределение делают исходя из условия, что работа одного железнодорожного района не должна превышать перерабатывающей способности одного локомотива в сутки. Это требование исходит из такого порядка эксплуатационной работы в порту, при котором в каждом железнодорожном районе работает только один маневровый локомотив.

Районный маневровый локомотив сортирует прибывающие с предпортовой станции в районный парк составы по отдельным оперативным пунктам данного железнодорожного района, убирает обработанные на оперативных путях района вагоны в свой парк, а также подает новые вагоны из этого парка на причалы и склады для погрузки и выгрузки.

Число вагонов, перерабатываемых одним локомотивом, зависит в значительной степени от того, насколько близко к причальным линиям расположить районный парк. Считается, что при обычном расстоянии этого парка от причалов 0,5–1,0 км один маневровый локомотив может переработать 150–200 вагонов.

Учитывая такой способ эксплуатации порта, число районных парков  $N_p$  составляет от  $\frac{\sum B}{150}$  до  $\frac{\sum B}{200}$ , где  $\sum B$  – общее число вагонов, перерабатываемые портом в расчетные сутки.

Общая схема районного парка представлена на рисунке 10.4.

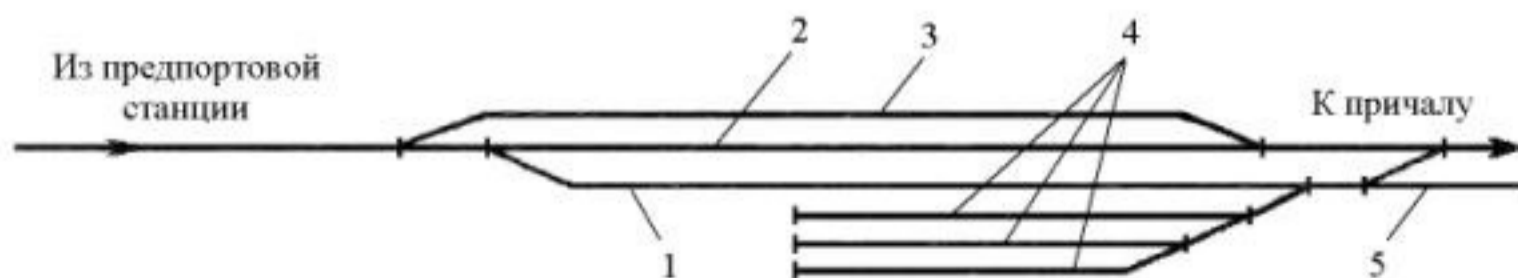


Рисунок 10.4 – Схема районного парка:

1, 2, 3 – оперативные пути; 4 – тупики для подсортировки по участкам;  
5 – вытяжной путь длиной не менее протяжения сортировочного тупика

Минимальное число путей в парке определяется следующим образом: путь 1 – для приема очередной подачи из предпортовой станции; путь 2 – для вагонов, предварительно убираемых с причалов; путь 3 – обгонный, для локомотива, приводящего состав с предпортовой станции. Если предполагается в районном парке дополнительная подсортировка, то предусматриваются короткие тупики 4 на 5–10 вагонов каждый, по количеству участков в районе. Подсортировка производится маневровым локомотивом, для чего имеется специальный вытяжной путь 5, которым может служить также соединительный путь, ведущий на причалы и склады.

Полезная длина, м, каждого из путей 1–3 должна быть равна:

$$L_{\text{п}} = n_{\text{в}} l_{\text{в}} + s, \quad (10.8)$$

где  $n_{\text{в}}$  – число вагонов в подаче;

$l_{\text{в}}$  – длина вагона, м (см. приложение Б);

$s$  – дополнительная длина пути, связанная с неточностью установки вагонов,  $s = 40 \dots 50$  м.

В таблице 10.2 приведен пример расчета числа районных парков.

Таблица 10.2 – Пример расчета числа районных парков

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	
		щебень	МСГ
Расчетный суточный грузооборот, т/сут	$(q_{\text{сут}})_{\text{р}}$	2 610	3 150
Элементы вагона:			
грузоподъемность, т	$Q_{\text{в}}$	125	125
длина, м	$l_{\text{в}}$	20,24	20,24
Число вагонов	$B$	21	26
Общее число вагонов	$\sum B$	47	
Количество вагонов, перерабатываемые одним маневровым локомотивом	$n_{\text{л}}$	150	
Число районных парков	$N_{\text{р.п}}$	1	
<p>Примечание – Полезная длина путей <math>L_{\text{п}}</math> и тупиков <math>L_{\text{т}}</math> в районном парке:  <math>L_{\text{п}} = 8 \cdot 20,24 + 40 = 202,0</math> м;  <math>L_{\text{т}} = 20,24 \cdot 6 = 121,4</math> м.</p>			

#### 10.4 Расчет пропускной способности соединительных путей

Соединительные железнодорожные пути связывают предпортовую сортировочную станцию с районными паркам, а последние – с оперативными путями (причальными и складскими фронтами) (см. рисунок 10.1).

Соединительные пути, в зависимости от интенсивности движения и способа связи между отдельными элементами железнодорожных устройств, могут быть однопутными и двухпутными.



Для однопутного соединительного пути, в том случае, когда протяжение его превышает 0,5 км, пропускная способность определяется, как для обычного перегона между двумя станциями, числом пар поездов в сутки из выражения

$$n = \frac{24 \cdot 60}{t_1 + t_2 + 2t_3}, \quad (10.9)$$

где  $t_1$  – время хода нечетного поезда по перегону, мин;

$t_2$  – то же четного, мин;

$t_3$  – интервал между прибытием на станцию поезда одного направления и отправлением на тот же перегон поезда другого направления,

$t_3 = 4 \dots 10$  мин.

Время  $t_1$  и  $t_2$  можно определить приближенно из выражения

$$t_1 = t_2 = 4 + \frac{l_{\text{соед}} \cdot 60}{v}, \quad (10.10)$$

где 4 – время на разгон и замедление, мин;

$l_{\text{соед}}$  – длина соединительного пути, км;

$v$  – скорость движения,  $v = 10 \dots 15$  км/ч.

В тех случаях, когда соединительные пути располагаются на портовой территории только для соединения отдельных частей порта и протяжение их не превышает 0,5 км, продолжительность занятия отдельного соединительного пути

$$T_{\text{зан}} = 2 + n_{\text{стр}} t_{\text{стр}} + \frac{120 l_{\text{соед}}}{v}, \quad (10.11)$$

где 2 – время на сношение распорядительного поста с исполнительным, мин;

$n_{\text{стр}}$  – число стрелок, входящих в маршрут,  $n_{\text{стр}} = 3 \dots 4$  стрелки;

$t_{\text{стр}}$  – время на перевод одной стрелки (при централизованном  $t_{\text{стр}} = 0,3$  мин, при ручном обслуживании  $t_{\text{стр}} = 1,5$  мин).

Тогда пропускная способность соединительного пути определяется числом пар поездов в сутки из выражения

$$n = \frac{1440}{T_{\text{зан}}}, \quad (10.12)$$

**Пример вариантного расчета пропускной способности соединительного пути.**

Для однопутного соединительного пути, превышающего 0,5 км:

$$t_1 = t_2 = 4 + \frac{0,8 \cdot 60}{12} = 8 \text{ мин};$$

$$t_3 = 6 \text{ мин};$$

$$n = \frac{24 \cdot 60}{8 + 8 + 2 \cdot 6} = 52 \text{ пары поездов/сутки.}$$

Для однопутного соединительного пути, не превышающего 0,5 км:

$$T_{\text{зап}} = 2 + 3 \cdot 0,3 + \frac{120 \cdot 0,4}{12} = 6,9 \text{ мин;}$$

$$n = \frac{1440}{6,9} = 209 \text{ пар поездов/сутки.}$$

## 11 ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ТЕРРИТОРИИ РЕЧНОГО ПОРТА

Использование автомобильного транспорта в речном порту позволяет обеспечить завоз-вывоз грузов в максимально сжатые сроки. Данный вид транспорта обладает многими положительными качествами, основными из которых являются: большая маневренность, позволяющая обеспечить доставку груза по варианту «от двери до двери», без излишних перегрузок, удорожающих стоимость перевозок; способность преодолевать в 3–4 раза большие подъемы и проходить в 4–7 раз меньшего радиуса по сравнению с железнодорожным транспортом; слабая зависимость от постоянных путей; большая скорость перевозки.

Автомобильные дороги речного порта разделяются на подъездные и внутрипортовые. *Подъездные дороги* являются внешними по отношению к территории порта и обеспечивают движение автомобилей со значительными скоростями и большой интенсивностью перевозок. *Внутрипортовые дороги* располагаются непосредственно на территории порта, отличаются простотой сооружения (отсутствие земляного полотна, большие уклоны, 1–2 полосы движения). Другой особенностью внутрипортовых дорог являются малые скорости движения по ним транспортных средств – средняя техническая скорость движения автомобилей на территории порта равна 12–15 км/ч.

На территории порта укладываются также хозяйственные дороги и пожарные проезды, относящиеся к категории внутрипортовых дорог, характеризующиеся однополосностью движения.

В зависимости от грузонапряженности подъездные и внутрипортовые дороги подразделяют на три категории:

I – расчетная грузонапряженность в обоих направлениях более 1,2 млн т брутто в год, что соответствует прохождению в одном направлении примерно 80 автомобилей в час;

II – расчетная грузонапряженность от 0,3 до 1,2 млн т в год (15–80 автомобилей в час);

III – расчетная грузонапряженность до 0,3 млн т в год. Все дороги для хозяйственных перевозок и пожарные проезды относят также к III категории.

При определении категории дороги грузонапряженность принимается с учетом массы самих транспортных средств.

Расчетная грузонапряженность автомобильных дорог, т,

$$Q_p = \sum Q_{\text{ав}} (1-p) \left( 1 + \frac{2g}{Q_{\text{ав}} k_{\text{гр}}} \right), \quad (11.1)$$

где  $g$  – масса снаряженного автомобиля, т (см. приложение В);

$Q_{\text{ав}}$  – грузоподъемность автомобиля, т (см. приложение В);

$k_{\text{гр}}$  – коэффициент использования грузоподъемности,  $k_{\text{гр}} = 0,8 \dots 1,0$ .

Основные технические характеристики автомобильных дорог приведены в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Характеристика автомобильных дорог

Параметр	Значение параметра для дорог различных категорий			
	I	II	III	
Число полос движения	2	2	1	2
Ширина проезжей части, м:				
при ширине автомобиля до 2,5 м	7,0	6,0	3,5	6,0
“                                  до 4,0 м	10,	9,5	5,0	9,5
Ширина обочины, м:				
подъездной дороги	2,0	1,5	2,75	0,5
внутрипортовой дороги	–	1,5	–	1,5
Минимальный радиус закругления, м	125	40/20*	30/15*	30/15*
Наибольший продольный уклон, %	6	7/9*	9/11*	9/11*

\* В числителе – при нормальных условиях, в знаменателе – при стесненных.

В процессе проектирования автомобильных дорог на портовой территории особое внимание необходимо уделить пересечению их с железнодорожными путями.

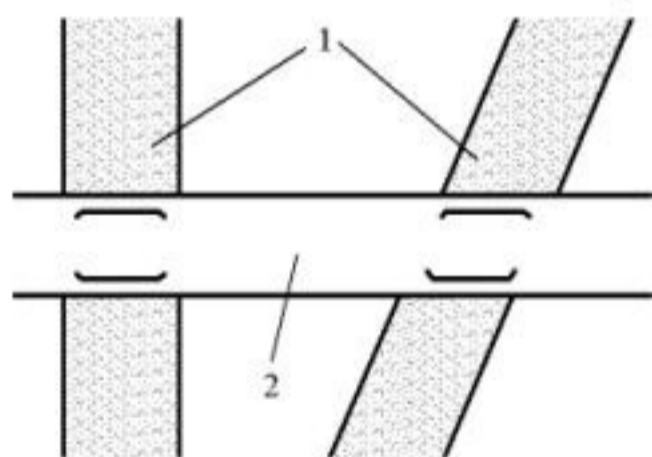


Рисунок 11.1 – Схема пересечения автомобильной дороги с железнодорожными путями:

1 – автомобильная дорога; 2 – железная дорога

Наиболее рационально использовать пересечение под прямым или близким к нему углом (рисунок 11.1), что обеспечит наименьшую длину и стоимость переезда и увеличит безопасность движения.

Места переездов должны назначаться по возможности вне пределов оперативной зоны на прямых участках пути и вне стрелок.



Пересечения автомобильных дорог за пределами оперативной зоны с железнодорожными путями и пешеходными полосами при интенсивном движении должны иметь автоматическую сигнализацию (автоматические шлагбаумы на железнодорожных переездах).

Минимальное расстояние от края проезжей части автомобильной дороги до оси параллельного железнодорожного пути принимается 3,75 м.

На поворотах проезжую часть дороги делают с уширением внутренней стороны кривой. Величина уширения зависит от радиуса кривой (например, при радиусе 15 м уширение равно 3,0 м, при радиусе более 30 – 2,0 м).

Как правило, на территории порта прокладывается кольцевая автомобильная дорога, соединяющая все причалы, производственные и административно-хозяйственные здания; дорога должна иметь не менее двух въездов.

Кольцевое движение автомобильного транспорта должно быть обеспечено по всем объектам оперативной зоны порта. Тупиковые дороги допускаются только для проезда к отдельно стоящим зданиям и сооружениям, расположенным вне оперативной зоны порта. В последнем случае для разворота автомобилей устраивают специальные концевые устройства (рисунок 11.2).

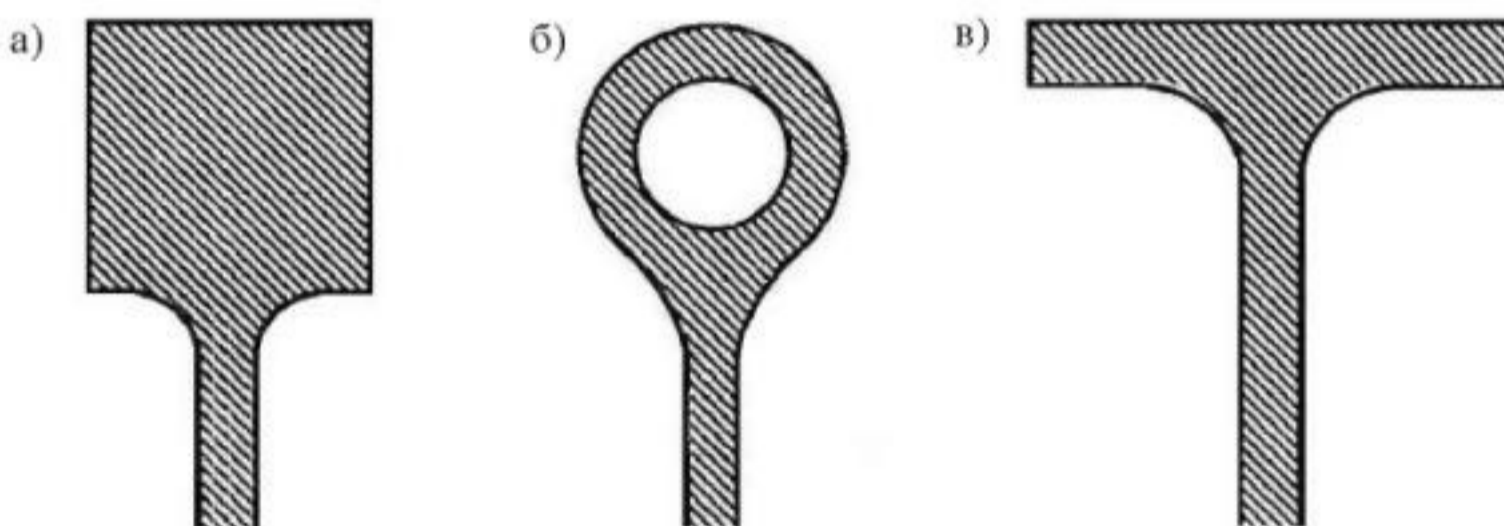


Рисунок 11.2 – Концевые устройства для разворота автомобилей:  
а – площадка; б – петля; в – Т-образный тупик

Концевые устройства в виде площадки и петли более удобны для поворота машин, применяются во всех случаях, когда имеется для этого достаточная площадь. Устройство в виде Т-образного тупика проектируется в случае недостаточной площади.

Кроме самих дорог, обеспечивающих движение автомобилей, необходимо предусмотреть дополнительные площадки для стоянки автомобилей. Как правило, места стоянки примыкают к месту производства грузовых и других операций, выполняемых с автомобилем. Площадь, необходимая для стоянки одного грузового автомобиля, в среднем равна 25 м<sup>2</sup>.

Связь речного порта с сетью автомобильных дорог обеспечивают автодорожный подход к порту; внутрипортовые дороги и проезды; площадки для маневрирования и стоянки автотранспортных средств в ожидании грузовых операций, взвешивания и т.д.

Пропускная способность автодорожного подхода к порту, т/сут,

$$P_{a.п} = \frac{3600 v n_d k_m k_{п} Q_{ав} t_{ав}}{9 + 1,5v + 0,0356 v^2 / \varphi}, \quad (11.2)$$

где  $v$  – расчетная скорость средств автомобильного транспорта, м/с;

$n_d$  – число полос проезжей части в одном направлении;

$k_m$  – коэффициент многополосности;

$k_{п}$  – коэффициент приведения численности условных автотранспортных средств к расчетным;

$t_{ав}$  – продолжительность расчетного периода, ч;

$\varphi$  – коэффициент сцепления колес с поверхностью дороги.

Произведение коэффициентов  $n_d$  и  $k_m$  можно принимать равным при одной полосе проезжей части – 1, при двух полосах – 1,9. Значение коэффициента  $k_{п}$  принимают в зависимости от грузоподъемности автомобилей равным при грузоподъемности до 2 т – 0,67; 2–5 т – 0,5; 5–8 – 0,4; более 8 – 0,3. Продолжительность расчетного периода при двухсменной работе 14 ч, при трехсменной – 21 ч. Коэффициент сцепления  $\varphi$  принимается равным 0,5–0,6.

При проектировании основных устройств речного порта необходимо учесть и автомобильные весы, устраиваемые в уровень с автодорогами для взвешивания наезжающих на них автомашин.

Суточная пропускная способность автомобильных весов, т/сут,

$$П_{в. ав} = \frac{Q_{ав} t_{ав}}{t_{в. ав} \beta_{вз. ав}}, \quad (11.3)$$

где  $t_{в. ав}$  – средняя продолжительность взвешивания единицы автотранспортных средств,  $t_{в. ав} = 2$  мин;

$\beta_{вз. ав}$  – коэффициент неравномерности поступления автотранспортного средства на автомобильные весы,  $\beta_{вз. ав} = 1,2 \dots 1,25$ .

Количество автомобильных весов, необходимых для взвешивания автотранспортных средств в сутки

$$n_{ав. вес} = \frac{\sum(q_{сут})_p (1-p)}{П_{в. ав}}. \quad (11.4)$$

В таблице 11.2 приведен пример расчета грузонапряженности автомобильных дорог.

Таблица 11.2 – Пример расчета грузонапряженности автомобильных дорог

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра		
		песок	руда	щебень
Грузооборот речного порта, тыс. т	$Q_{нав}$	200	140	251
Доля грузооборота проходящего по прямому варианту	$p$	–	0,39	0,25
Масса снаряженного автомобиля, т	$g$	5,9		
Грузоподъемность автомобиля, т	$Q_{ав}$	6,4		
Коэффициент использования грузоподъемности	$k_{гр}$	1,0		
Грузонапряженность автодорог, тыс. т	$Q_p$	568,0	242,5	534,6
Общая грузонапряженность, тыс. т	$\sum Q_p$	1 345,1		

*Примечание* – Так как общая грузонапряженность составила 1,35 млн т брутто, следовательно, подъездные и внутрипортовые дороги принимаются I категории.

И с х о д н ы е д а н н ы е для расчета пропускной способности автодорожного подхода к порту, суточной пропускной способности автомобильных весов и их количества:

$$v = 85 \text{ км/ч} = 24 \text{ м/с};$$

$$n_d \cdot k_m = 1,9;$$

$$k_n = 0,4;$$

$$t_{ав} = 14 \text{ ч};$$

$$\varphi = 0,5;$$

$$t_{п.ав} = 2 \text{ мин} = 0,033 \text{ ч};$$

$$\beta_{вз.ав} = 1,2;$$

$$(q_{сут})_p^{песок} = 1\,273 \text{ т/сут};$$

$$(q_{сут})_p^{руда} = 891 \text{ т/сут};$$

$$(q_{сут})_p^{щебень} = 1\,597 \text{ т/сут}.$$

**Пропускная способность автодорожного подхода к порту**

$$P_{ап} = \frac{3600 \cdot 24 \cdot 1,9 \cdot 0,4 \cdot 6,4 \cdot 14}{9 + 1,5 \cdot 24 + 0,0356 \cdot 24^2 / 0,5} = 68\,413 \text{ т/сут}.$$

**Суточная пропускная способность автомобильных весов**

$$P_{в.ав} = \frac{6,4 \cdot 14}{0,033 \cdot 1,2} = 2\,263 \text{ т/сут}.$$

**Количество автомобильных весов**

$$n_{ав.вес} = \frac{\sum 1273 \cdot 1 + 891 \cdot (1 - 0,39) + 1597 \cdot (1 - 0,25)}{2\,263} = 1,3 \approx 2.$$

## 12 ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕФТЕПЕРЕГРУЗОЧНОГО РАЙОНА РЕЧНОГО ПОРТА

Нефтеперегрузочный район представляет собой сложное, комплексное, обособленное от других районов хозяйство, удаленное от других причалов на значительные расстояния (см. разд. 1, подразд. 1.2).

В состав технических средств нефтеперегрузочного района входит ряд специфических сооружений и устройств: береговая нефтестанция, насосная установка; трубопроводы, резервуары для хранения нефтепродуктов, сливные и наливные железнодорожные эстакады, средства зачистки танкеров с очистными сооружениями, мощные противопожарные средства.

Компоновка нефтеперегрузочного района речного порта представлена на рисунке 12.1.

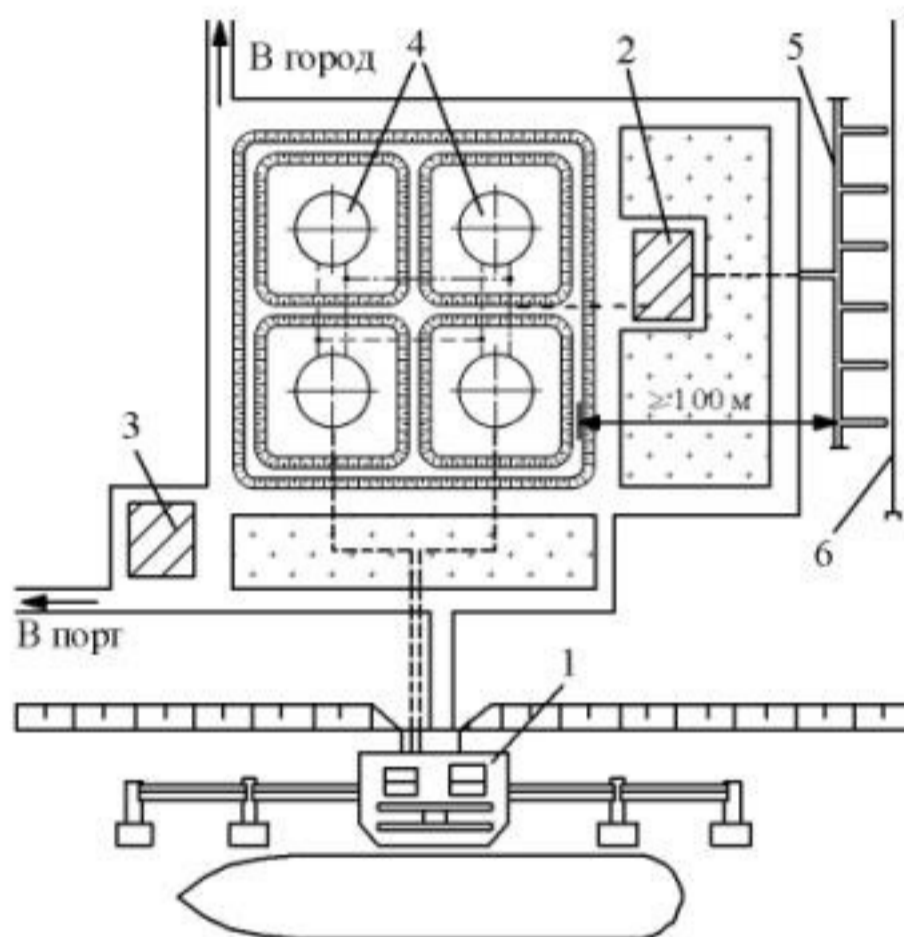


Рисунок 12.1 – Компоновка нефтеперегрузочного района речного порта:  
1 – береговая нефтестанция; 2 – насосная установка; 3 – пожарное депо;  
4 – резервуары для хранения нефтепродуктов; 5 – наливная (сливная) эстакада;  
6 – железнодорожный путь

Оборудование нефтестанции предназначено исключительно для выгрузки нефтепродуктов из судна, пришвартованного к причалу. Насосная установка используется для выполнения операций погрузки-выгрузки нефтепродуктов из береговых резервуаров в железнодорожные цистерны.

Наливные (сливные) железнодорожные эстакады специализируются по виду перегружаемого груза и направлению движения. Сливной фронт оборудован устройствами для подогрева, зачистки цистерн.



Пропускная способность наливной (сливной) эстакады, цистерн/сут,

$$P_{\text{эст}} = \frac{1440 n_{\text{ц}}}{T_{\text{э}}}, \quad (12.1)$$

где  $n_{\text{ц}}$  – вместимость эстакады, цистерн (см. формулу 10.1);

$T_{\text{э}}$  – продолжительность занятия эстакады, мин,

$$T_{\text{э}} = t_{\text{п}} + t_{\text{гр}} + t_{\text{у}}, \quad (12.2)$$

$t_{\text{п}}, t_{\text{у}}$  – продолжительность подачи-уборки вагонов,  $t_{\text{п}} = t_{\text{у}} = 10 \dots 15$  мин;

$t_{\text{гр}}$  – продолжительность налива (слива) цистерн с учетом подготовительных и заключительных операций, мин,

$$t_{\text{гр}} = \frac{n_{\text{ц}} g_{\text{ц}}}{60 v_{\text{ист}} S \gamma N_{\text{тр}}} + t_{\text{пз}}, \quad (12.3)$$

$g_{\text{ц}}$  – вместимость цистерны, т (см. приложение Б);

$v_{\text{ист}}$  – скорость истечения нефтегрузов: для темных –  $v_{\text{ист}} = 1,5$  м/с, для светлых –  $v_{\text{ист}} = 3$  м/с;

$S$  – площадь поперечного сечения трубопровода,  $S = 0,00785$  м<sup>2</sup>;

$\gamma$  – плотность нефтепродуктов, т/м<sup>3</sup> (см. приложение Д);

$N_{\text{тр}}$  – количество трубопроводов, используемых для налива цистерн,  $N_{\text{тр}} = n_{\text{ц}}$ ;

$t_{\text{пз}}$  – подготовительные и заключительные операции,  $t_{\text{пз}} = 10 \dots 15$  мин.

Трубопроводный транспорт характеризуется рядом технико-эксплуатационных особенностей. Линии трубопроводного транспорта можно прокладывать между любыми пунктами, причем по более коротким направлениям, чем другие пути сообщения. У него меньше расход металла и трудоемкость обслуживания на единицу перевозочной работы. Трубопроводный транспорт по сравнению с другими видами меньше загрязняет окружающую среду.

Эксплуатация трубопроводов непрерывна, надежна и не зависит от времени года и климатических условий. Из-за устойчивого режима работы трубопроводного транспорта он легче других видов транспорта поддается автоматизации.

Техническая база современного трубопроводного транспорта включает:

– трубопровод, представляющий собой линейную магистраль изолированных труб с устройством электрозащиты;

– перекаченные и компрессорные станции для транспортирования жидких продуктов по трубопроводу в качестве головных (начальных) и промежуточных станций;

– линии электроснабжения, если силовые агрегаты имеют электрический привод;

– линии связи передачи необходимой информации, обеспечивающей нормальное функционирование системы;

– линейные узлы, представляющие собой устройства для соединения или разъединения параллельных или пересекающихся магистралей и перекрытия отдельных участков линии при ремонте.

В таблице 12.1 приведен пример расчета пропускной способности наливной эстакады.

Таблица 12.1 – Пример расчета пропускной способности наливной эстакады

Параметр	Условное обозначение	Значение параметра
Вместимость эстакады, цистерн	$n_{ц}$	8
Продолжительность подачи вагонов, мин	$t_{п}$	10
Вместимость цистерны, т	$g_{ц}$	63,5
Скорость истечения нефти, м/с	$v_{ист}$	1,5
Площадь поперечного сечения трубопровода, м <sup>2</sup>	$S$	0,00785
Плотность нефти, т/м <sup>3</sup>	$\gamma$	0,92
Количество трубопроводов	$N_{тр}$	8
Подготовительные и заключительные операции, мин	$t_{пз}$	15
Продолжительность налива цистерн, мин	$t_{гр}$	113
Продолжительность уборки вагонов, мин	$t_{у}$	10
Продолжительность занятия эстакады, мин	$T_{э}$	133
Пропускная способность эстакады, цистерн/сут	$П_{эст}$	86

### 13 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЛУЖЕБНО-ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ПОРТА

К служебно-вспомогательным зданиям относят административные корпуса на территории порта, мастерские, бытовки, вспомогательные помещения, обслуживающие системы электро-, водоснабжения, канализации и т.д. Основное их назначение организация взаимодействия всех устройств порта и обслуживающего персонала в целях повышения эффективности их работы.

Для размещения подразделений управления, в том числе грузовых районов (участков), подсобно-хозяйственных, вспомогательных и других служб в портах имеются *административно-хозяйственные здания*: управление порта, грузовая контора порта, районная контора, столовая, блок портовых бытовых и вспомогательных помещений и т.д.

Состав и размеры административно-хозяйственных зданий и помещений порта зависят от размера и структуры грузо- и пассажирооборота; числа причалов, их оснащения и районирования; штатов административно-управленческого и производственного персонала.

В курсовом проекте и практических работах площади помещений основных зданий следует принимать из расчета 3 м<sup>2</sup> на одного человека.

Для осуществления эксплуатационной деятельности в порту имеются *здания подсобно-вспомогательного назначения*: ремонтно-механические мастерские, гаражи для электро- и автопогрузчиков, гаражи для автомобилей, склады материально-технического снабжения, котельные, трансформаторные подстанции, насосные станции.

*Ремонтно-механические мастерские* предназначены для ремонта перегруженного оборудования, зданий, сооружений, судов, плавучих технических средств. Мастерские строят, как правило, по типовым проектам с учетом объема и характера ремонтных работ.

*Гаражи для авто- и электропогрузчиков* строят, исходя из общего числа этих машин, согласно технологическому процессу работы порта. Поскольку авто- и электропогрузчики используют на причалах в основном для складских операций тарно-штучных грузов, гаражи для них располагают в тыловой зоне этих причалов.

*Гаражи для автомобилей* строят, исходя из числа машин, требуемых для служебных и хозяйственных целей. Обычно размещают гаражи в районе механических мастерских.

*Склады материально-технического снабжения* строят, исходя из необходимости хранения сменно-запасных деталей, инвентаря, материалов, требуемых для эксплуатационной деятельности порта.

*Здания трансформаторных подстанций, котельных и насосных станций* строят, исходя из потребностей всех подразделений порта.

## **14 КОМПОНОВКА БАЗЫ КОМПЛЕКСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ФЛОТА**

В целях максимального сокращения в речных портах стоянок транспортного флота вне грузовых операций при портах создают базы (участки) комплексного обслуживания флота (КОФ).

*База комплексного обслуживания флота* – это служебный причал с комплексом зданий и помещений работников службы КОФ и инспекторов контролирующих организаций: Речного Регистра, судоходная, пожарная, санитарная инспекция и др.

База комплексного обслуживания выполняет в речных портах следующие функции:

– *рейдовые работы* – формирование и расформирование составов, подвод от рейда к причалам и отвод от них на рейд несамоходных судов, прием бытовых и производственных отходов с судов, откачка воды из трюмов;

– *обслуживание несамоходных судов* – прием (сдача) прибывающих (отправляемых) барж, обеспечение сохранности барж, навигационный ремонт;

– *навигационное обслуживание* – лоцманская проводка судов в порт и



обратно, обеспечение лоцманской и навигационной документацией и информацией, ремонт и наладка навигационных приборов;

– материально-техническое обеспечение – снабжение судов топливом, смазкой, инвентарем, навигационными материалами, сменно-запасными частями, аппаратурой;

– культурно-бытовое обслуживание плавсостава – снабжение продовольствием, промтоварами, питьевой водой, культурно-массовая работа и др.

Базам обслуживания выделяют участки территории, примыкающие к береговым линиям, на которых размещают служебно-производственные и бытовые здания; комплекс сооружений и устройств для приема с судов сухих и жидких отходов, мусора, стоков; склады материально-технического снабжения судов; цехи навигационного ремонта флота; гидранты; автомобильные стоянки (рисунок 14.1).

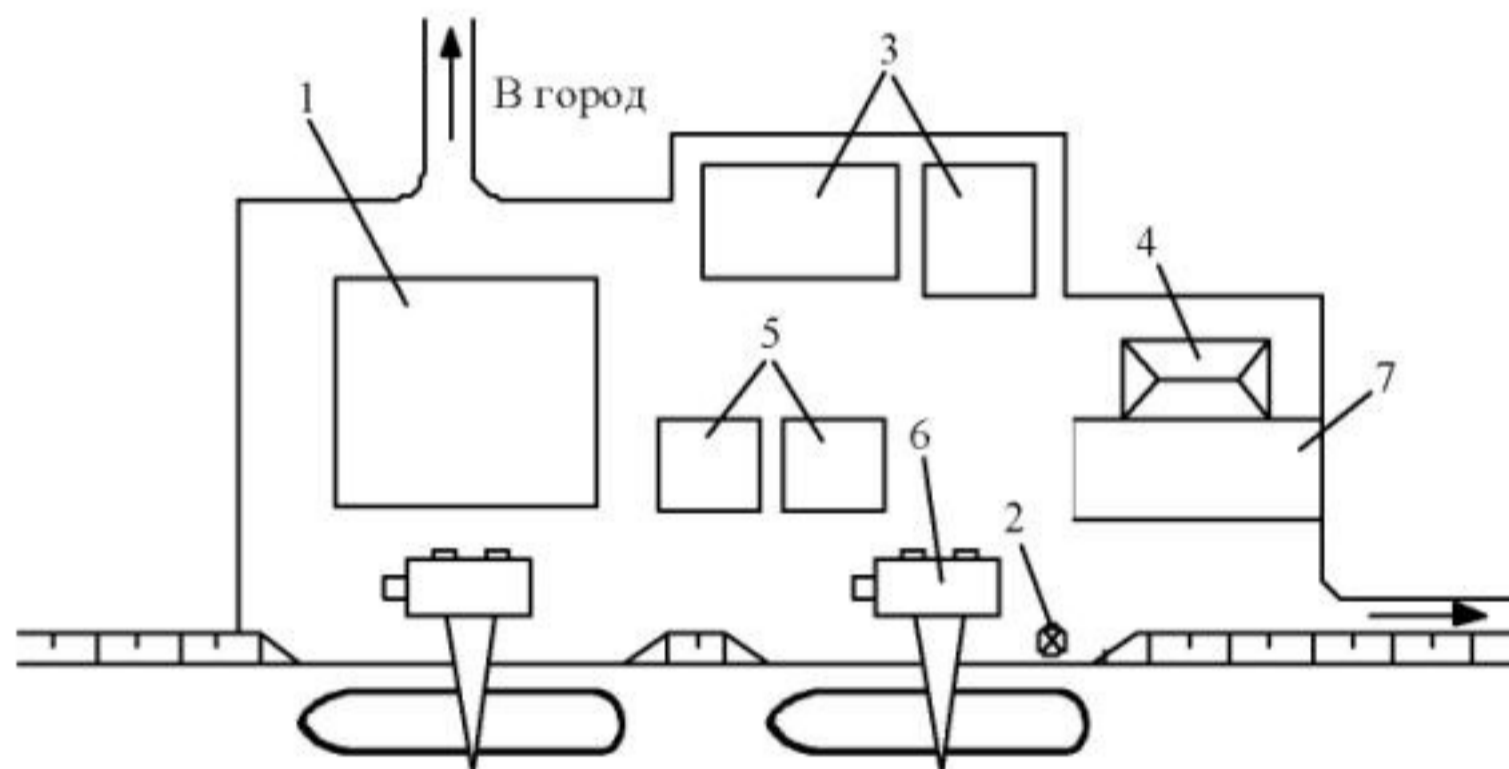


Рисунок 14.1 – Схема базы комплексного обслуживания флота:

- 1 – комплекс сооружений и устройств для приема с судов сухих и жидких отходов и т.д.;  
2 – гидрант; 3 – блок служебно-производственных помещений; 4 – склад материально-технического снабжения судов; 5 – цехи навигационного ремонта флота; 6 – автомобильные краны; 7 – автомобильная площадка

Базы КОФ располагают обычно в конце причальной набережной или на некотором удалении от грузовых и пассажирских причалов порта, с тем чтобы рейдовые и служебно-вспомогательные суда не мешали движению транспортного флота в границах портовой акватории.

Одним из важных объектов базы является комплекс сооружений и устройств для приема с судов сухих и жидких отходов; сухого мусора; вод, загрязненных после промывки трюмов; подсланевых вод; хозяйственно-бытовых стоков (рисунок 14.2). В этот комплекс входит причал, имеющий



колонки для подключения шлангов, приемные колодцы для хозяйственно-бытовых стоков. Перегрузку бачков с мусором на причал и порожних с причала на судно выполняется автомобильным краном. На причале сооружены также установки для мойки бачков, блок служебно-бытовых помещений, станция очистки подсланевых вод и мусоросжигательная печь.

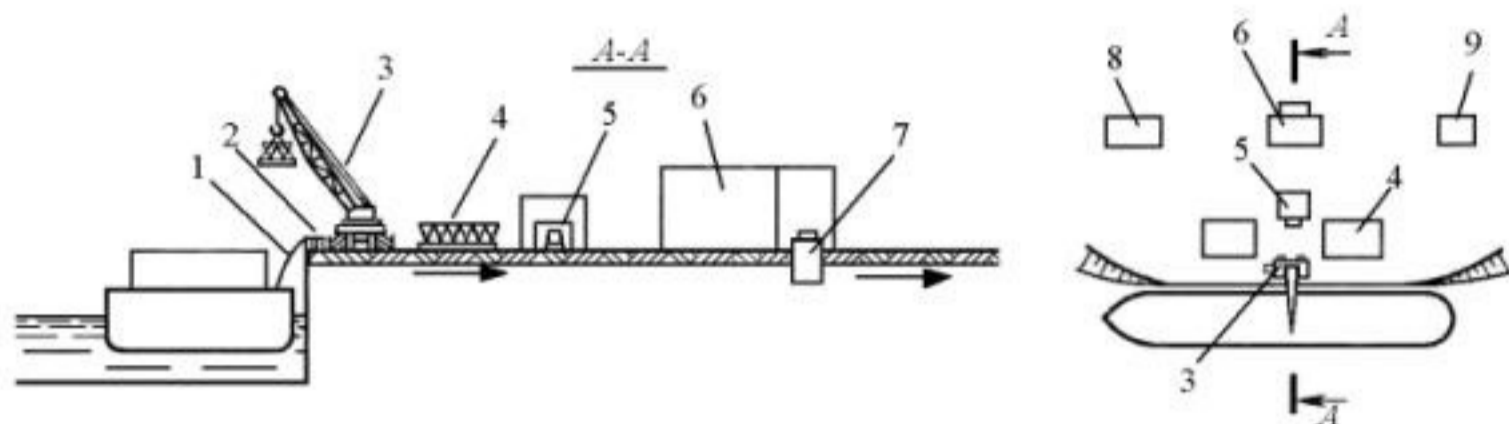


Рисунок 14.2 – Схема причала для приема хозяйственно-бытовых стоков, отходов и мусора:

- 1 – соединительный шланг; 2 – колонка для приема стоков; 3 – автомобильный кран;  
 4 – мусоросборники; 5 – установка для мойки бачков; 6 – блок служебно-бытовых помещений;  
 7 – приемный колодец для жидких стоков; 8 – станция очистки подсланевых вод;  
 9 – мусоросжигательная печь

*Гидранты* – устройства для забора судами воды из городской водопроводной сети.

*Склады материально-технического снабжения судов* обеспечивают суда навигационными материалами, инвентарем, запасными частями т.д.

*Цехи навигационного ремонта флота* осуществляют профилактические и ремонтные работы на судах.

*Автомобильная площадка* предназначена для стоянки погрузчиков, микроавтобусов и т.д., используемые для доставки со складов, из магазинов к борту судна продуктов питания, навигационных материалов и т.д.

## 15 КОМПОНОВКА УСТРОЙСТВ РЕЧНОГО ПОРТА

После выполнения всех расчетов основных параметров сооружений и устройств речного порта необходимо разработать планировочную модель их взаимного расположения с соблюдением соответствующих расстояний безопасности, минимальных разрывов и т.д.

Примерный план руслового порта приведен на рисунке 15.1, внеуслового порта – на рисунке 15.2. Предлагаемые планы могут быть видоизменены в условиях конкретного речного порта.

На рисунках 15.3 и 15.4 приведены схемы речных портов Республики Беларусь: речной порт Гомель и речной порт Мозырь.

*Условные обозначения (см. рисунки 15.1 и 15.2):*

### **ГРУЗОВОЙ РАЙОН**

- 1 Склад для хранения руды
- 2 Склад для хранения полевого шпата
- 3 Склад для хранения гравия
- 4 Склад для хранения лесных грузов
- 5 Склад для хранения щебня
- 6 Склад для хранения минерально-строительных грузов
- 7 Портальный кран
- 8 Бункер
- 9 Торцеватель
- 10 Железнодорожные пути
- 11 Подкрановый путь

### **РЕЙДЫ**

- 12 Сортировочный
- 13 Оперативный
- 14 Причальный
- 15 Навигационный

### **ПАССАЖИРСКИЙ РАЙОН**

- 16 Пассажирский причал
- 17 Пассажирский павильон
- 18 Вокзал
- 19 Багажная камера
- 20 Стоянка пассажирского транспорта
- 21 Магазины
- 22 Гостиница
- 23 Зеленая зона

### **НЕФТЕПЕРЕГРУЗОЧНЫЙ РАЙОН**

- 24 Береговая нефтестанция
- 25 Насосная установка

- 26 Трубопровод
- 27 Наливная эстакада
- 28 Баки для хранения нефтепродуктов
- 29 Пожарное депо

### **БАЗА КОМПЛЕКСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ФЛОТА**

- 30 Комплекс сооружений и устройств для приема с судов сухих и жидких отходов и т.д.
- 31 Гидрант
- 32 Автомобильный кран
- 33 Цех навигационного ремонта флота
- 34 Блок служебно-производственных помещений
- 35 Склад материально-технического снабжения судов
- 36 Автомобильная площадка

### **СЛУЖЕБНО-ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ**

- 37 Диспетчерская
- 38 Автомобильные весы
- 39 Котельная
- 40 Мастерская
- 41 Склад материально-технического снабжения
- 42 Товарная контора
- 43 Управление портом
- 44 Электроподстанция
- 45 Гаражи для электро- и автопогрузчиков, автомобилей
- 46 Канализация
- 47 Контрольно-пропускной пункт
- 48 Площадка для стоянки автомобильного транспорта

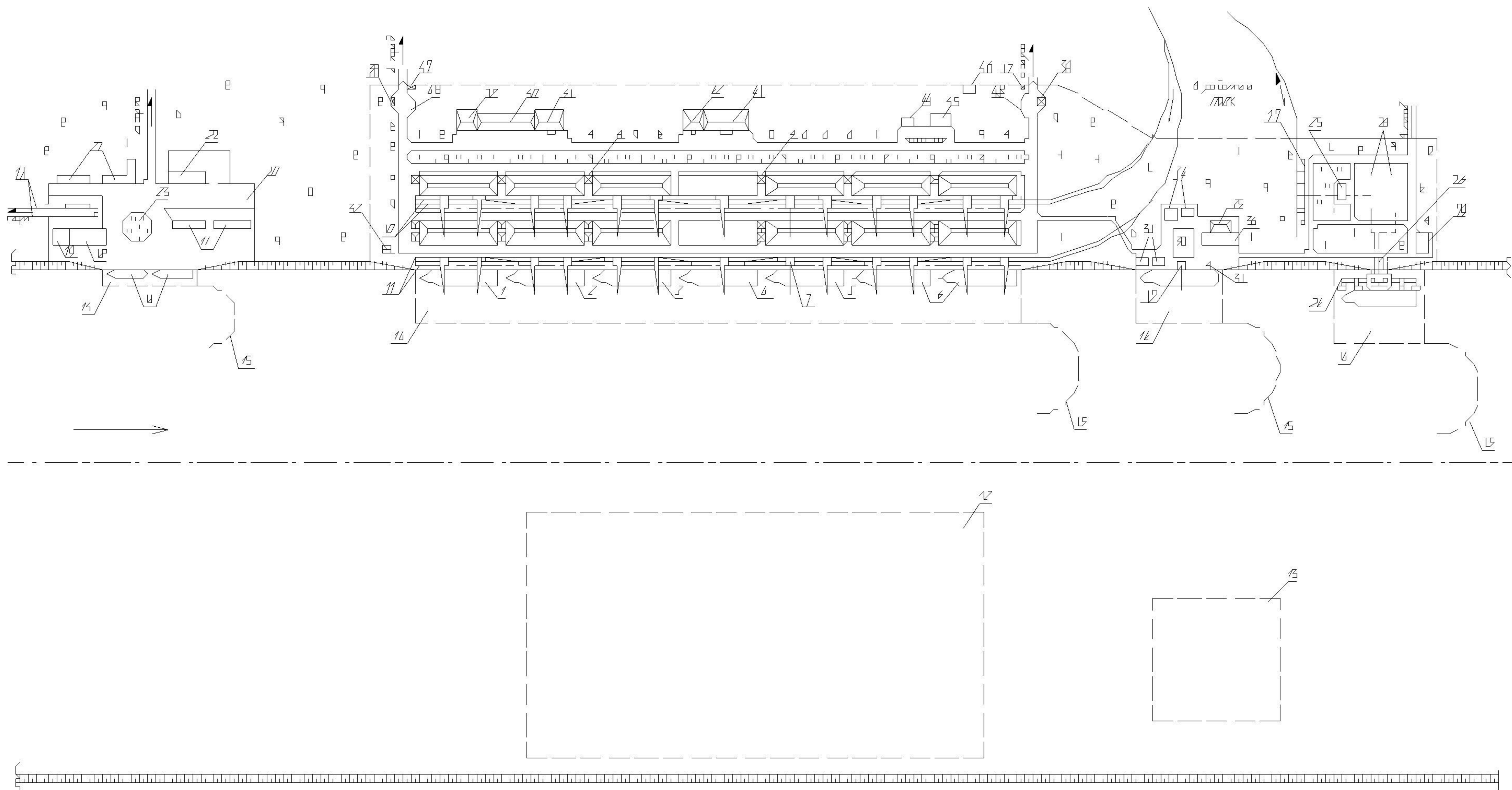


Рисунок 15.1 – Примерный план руслового порта



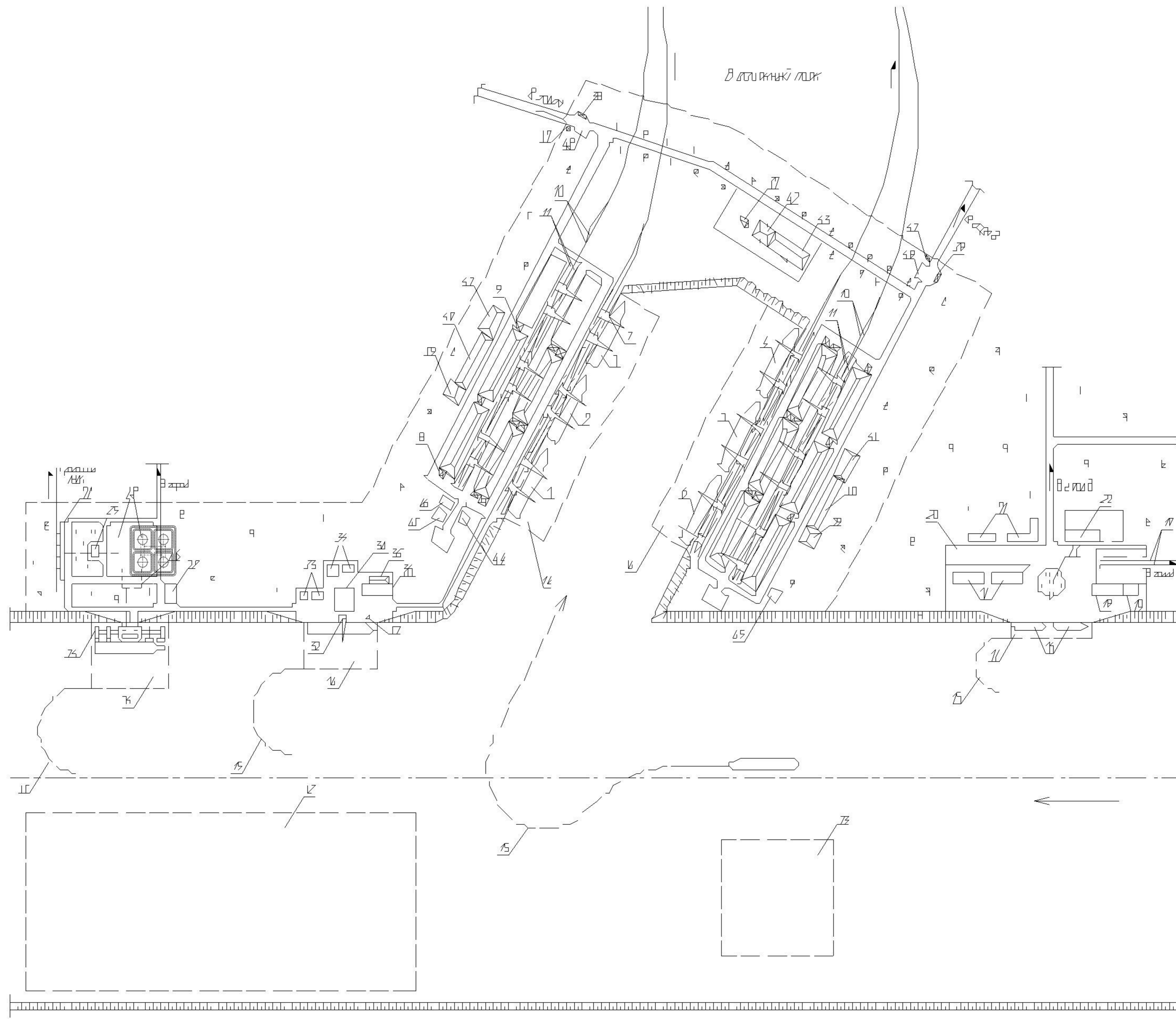


Рисунок 15.2 – Примерный план внеуловного порта



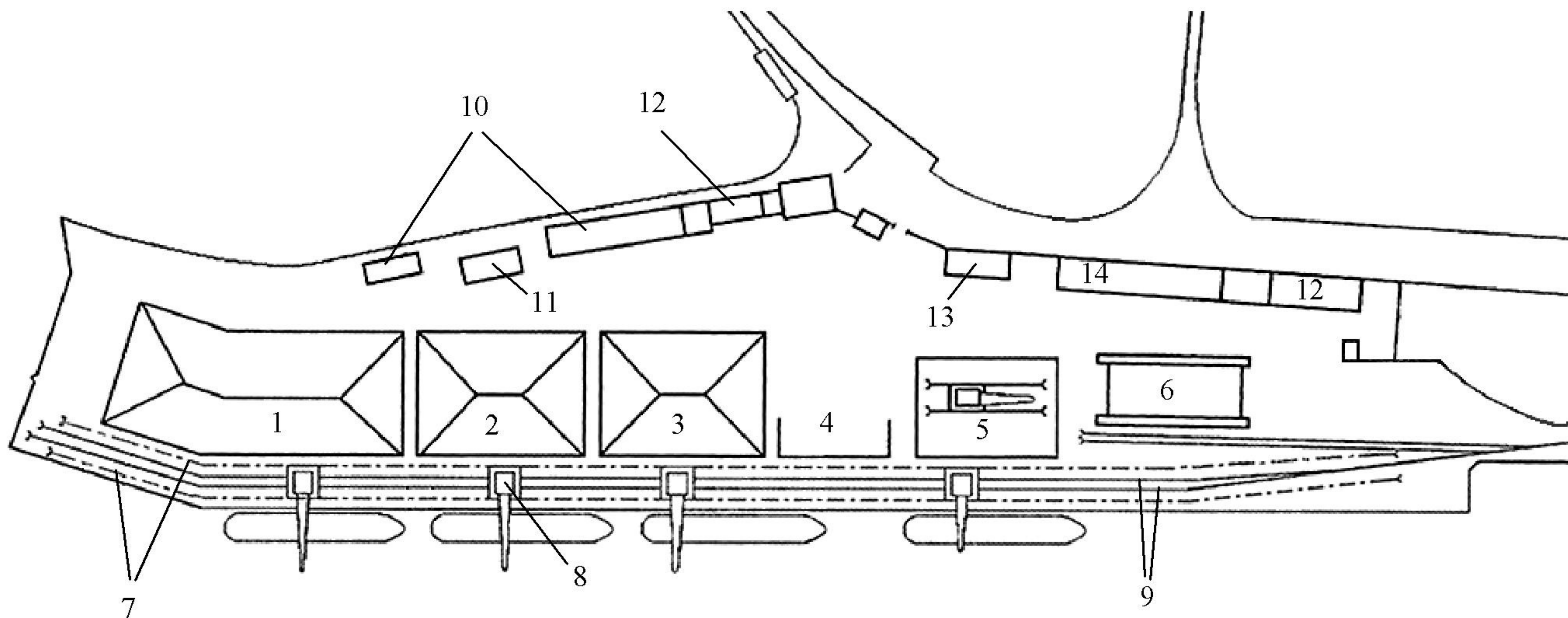


Рисунок 15.3 – Схематический план речного порта Гомель

*Условные обозначения:*

- |                                |                          |
|--------------------------------|--------------------------|
| 1 – склад для песка            | 8 – портальный кран      |
| 2 – склад для отсева           | 9 – железнодорожные пути |
| 3 – склад для кварцевого песка | 10 – материальный склад  |
| 4 – склад для щебня            | 11 – подстанция          |
| 5 – контейнерная площадка      | 12 – мастерские          |
| 6 – крытый склад № 1           | 13 – диспетчерская       |
| 7 – подкрановый путь           | 14 – управление портом   |

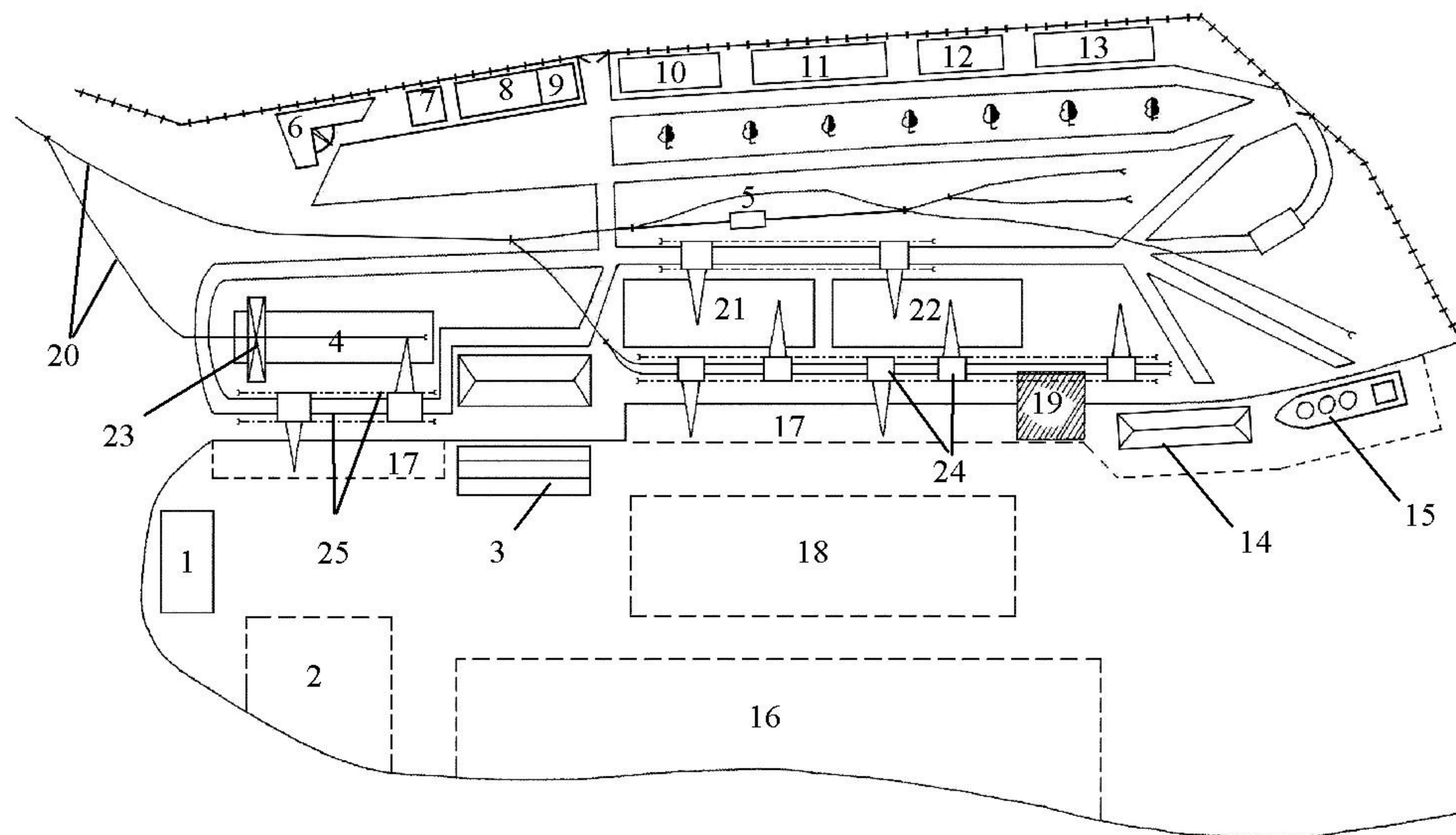


Рисунок 15.4 – Схематический план речного порта Мозырь

*Условные обозначения:*

- |                              |                         |  |
|------------------------------|-------------------------|--|
| 1 – плавмастерская           | 10 – товарная контора   | 19 – установка для перевалки минеральных удобрений |
| 2 – ПТО буксирных теплоходов | 11 – управление портом  | 20 – железнодорожные пути                          |
| 3 – ПТО несамоходных судов   | 12 – участок связи      | 21 – склад для отсева                              |
| 4 – склад для щебня          | 13 – гараж              | 22 – склад для песка                               |
| 5 – весовая                  | 14 – диспетчерская      | 23 – мостовой кран                                 |
| 6 – грейферная мастерская    | 15 – заправочное судно  | 24 – порталный кран                                |
| 7 – бытовка                  | 16 – сортировочный рейд | 25 – подкрановые пути                              |
| 8 – электроцех               | 17 – причальный рейд    |  |
| 9 – склад МТС                | 18 – навигационный рейд |  |



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Правила плавания по внутренним водным путям Республики Беларусь [Электронный ресурс] : утв. пост. М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 25.10.2005, № 60. – Режим доступа : <http://pravo.kulichki.com/zak/new03/newc4141.htm>. – Дата доступа : 13.11.2015.

2 Инструкция о порядке выполнения путевых работ и содержания судоходных гидротехнических сооружений на внутренних водных путях Республики Беларусь [Электронный ресурс] : утв. пост. М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 24.04.2008, № 61. – Режим доступа : <http://www.busel.org/texts/cat5ve/id5awvcna.htm>. – Дата доступа : 13.11.2015.

3 Правила перевозок грузов внутренним водным транспортом [Электронный ресурс] : утв. пост. М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 26.01.2005, № 3. – Режим доступа : <http://pravo.levonevsky.org/bazaby09/sbor31/text31050/index.htm>. – Дата доступа : 13.11.2015.

4 Справочник по серийным судам, эксплуатируемым в организациях внутреннего водного транспорта Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. – Гомель : РНУП «Белсудопроект», 2004. – 260 с.

5 Порты и портовые сооружения / Г. Н. Смирнов [и др.]. – М. : Высш. шк., 2003. – 464 с.

6 Штенцель, В. К. Порты и портовые сооружения / В. К. Штенцель, М. А. Соколов. – М. : Транспорт, 1977. – 336 с.

7 Головнич, А. К. Речные порты / А. К. Головнич. – Гомель : БелГУТ, 1997. – 101 с.

8 Головнич, А. К. Расчет основных устройств речного порта / А. К. Головнич, С. П. Туровец. – Гомель : БелГУТ, 1995. – 20 с.

9 Берлин, Н. П. Расчет технического оснащения грузовых фронтов в портах / Н. П. Берлин, Е. В. Настаченко. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 76 с.

10 Производство погрузочно-разгрузочных работ. Терминалы / Н. П. Берлин [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 502 с.

11 Берлин, Н. П. Погрузочно-разгрузочные, транспортирующие и вспомогательные машины и устройства / Н. П. Берлин. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 326 с.

12 Казаков, Н. Н. Инфраструктура водного транспорта / Н. Н. Казаков. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 225 с.

13 Казаков, Н. Н. Организация работы речного флота / Н. Н. Казаков. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 294 с.

14 Казаков, Н. Н. Техническое нормирование и анализ показателей работы транспортного флота / Н. Н. Казаков. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 106 с.

15 Казаков, Н. Н. Технология и организация перевозок на водном транспорте / Н. Н. Казаков. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 291 с.

16 Справочник эксплуатационника речного транспорта / под ред. С. М. Пьяных. – М. : Транспорт, 1995. – 360 с.

17 Яковлев, П. И. Портовые гидротехнические сооружения / П. И. Яковлев, А. П. Тюрин, Ю. А. Фортученко. – М. : Транспорт, 1989. – 320 с.

18 Шерле, З. П. Организация и механизация перегрузочных работ в речных портах / З. П. Шерле, А. А. Гнояной. – М. : Транспорт, 1984. – 232 с.

19 **Луговцов, М. Н.** Проектирование железнодорожных станций и узлов / М. Н. Луговцов, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 159 с.

20 Железнодорожные станции и узлы / В. Г. Шубко [и др.]. – М. : УМК МПС России, 2002. – 368 с.

21 **Правдин, Н. В.** Взаимодействие различных видов транспорта: примеры и расчеты / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев. – М. : Транспорт, 1989. – 208 с.

22 Основы взаимодействия железных дорог с другими видами транспорта / В. В. Повороженко [и др.]. – М. : Транспорт, 1986. – 215 с.

23 **Падня В. А.** Погрузочно-разгрузочные машины : справочник. – М. : Транспорт, 1981. – 448 с.

24 **Луговцов, М. Н.** Требования к оформлению курсовых и дипломных проектов и работ / М. Н. Луговцов, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев. – Гомель : БелГУТ, 2001. – 40 с.



ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(справочное)

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛОТА**

Таблица А.1 – Техническая характеристика сухогрузного самоходного флота

Проект судна	Наименование головного судна, тип теплохода	Грузо-подъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии		Скорость, км/ч, в состоянии	
				длина	ширина	высота	груженом	порожнем	груженом	порожнем
P97	«Окский-50», площадка	1930	«О»	93,3	15,3	11,0	2,25	1,70	16,8	18,5
P25	«СОТ-1104», открытый	1500	«О»	88,8	12,7	12,7	2,22	0,30	18,0	20,0
P168	«СТ-1351», открытый	1410	«О-пр»	84,0	12,3	10,8	2,50	1,80	18,0	19,3
936	«Каунас», открытый	1300	«О»	86,4	11,6	14,5	2,50	1,90	21,0	23,0
559Б	«Окский-І», открытый	1200	«О»	85,0	15,0	11,3	1,70	1,49	15,2	16,6
573	«СТ», с закрытым трюмом	1000	«О»	80,4	11,6	9,7	2,25	0,83	16,5	18,0
СК-2000	«СК-2012», контейнеровоз	900	«Р»	72,5	14,4	14,1	1,73	0,86	19,0	20,5
P 40	«СППО-817», теплоход-площадка	800	«О»	68,4	14,4	11,2	1,55	0,81	19,0	21,0
272А	Теплоход-контейнеровоз	800	«Р»	70,1	14,3	9,0	1,45	1,10	17,4	19,8
95065	«Надежда», теплоход-площадка	725	«О-пр»	73,8	10,21	12,3	1,87	0,79	18,0	15,5
276	«Дон», теплоход с люковыми закрытиями	700	«О»	67,3	8,5	7,4	2,14	0,63	16,5	20,4
765	«Унжа», теплоход с люковыми закрытиями	600	«О»	65,6	9,6	8,6	1,87	1,34	15,0	17,0
414А	«СП-641», теплоход-площадка	600	«О»	65,2	10,4	7,8	1,50	1,20	15,0	17,0
912А	«СТ-301», открытый теплоход	350	«Р»	62,3	9,3	8,6	1,23	1,15	18,5	20,1
926	Открытый теплоход	300	«Р»	52,3	7,4	7,5	1,41	0,93	13,5	15,0
821	Трюмный теплоход	150	«Р»	43,0	7,4	6,9	1,07	0,92	13,5	16,8
890	«ГТМ», трюмный теплоход	150	«Р»	44,0	7,7	6,9	1,00	0,94	12,7	16,0

Таблица А.2 – Техническая характеристика нефтеналивного самоходного флота

Проект судна	Наименование головного судна, тип теплохода	Грузо-подъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии		Скорость, км/ч, в состоянии	
				длина	ширина	высота	груженом	порожнем	груженом	порожнем
1754Б	«ТО-1501» танкер палубный	1500	«О»	88,28	13,0	3,2	2,35	1,71	17,5	20,5
1754	«Герой Ю. Гагарин» танкер палубный	1000	«Р»	85,8	13,0	12,6	1,61	0,10	18,0	20,0
866М	Танкер бочковый	600	«О»	65,6	9,6	9,8	1,85	0,12	16,6	19,3
Р42	Танкер палубный	600	«О»	66,0	9,5	11,3	2,02	0,24	16,5	18,5
Р135	«Вятка-І» танкер бочковый	300	«Р»	57,8	9,5	9,7	1,20	0,42	17,0	18,1

Таблица А.3 – Техническая характеристика сухогрузного несамоходного флота

Проект судна	Тип судна	Грузоподъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка, м, в состоянии	
				длина	ширина	высота	груженом	порожнем
Р171	Баржа-площадка	2500	«О»	86,8	16,7	7,3	2,30	0,41
209	Баржа-площадка	1700	«Р»	77,4	15,0	10,0	1,80	0,40
Р137	Баржа с люковыми закрытиями	1500	«О»	79,3	14,3	8,0	2,00	0,42
561	Баржа-площадка	1400	«Р»	81,0	15,4	9,4	1,76	0,55
Р113	Баржа-цементовоз	1200	«О»	78,5	15,8	7,7	1,82	0,71
565	Баржа-площадка	1000	«Р»	70,2	14,4	7,2	1,49	0,40
278	Тентовая баржа	1000	«Р»	77,8	15,4	7,3	1,32	0,42
2350	Бункерная баржа	1000	«Р»	63,5	11,1	5,5	2,02	0,26
775	Баржа-площадка	900	«Р»	73,68	10,18	4,08	1,77	0,41
775А	Баржа-площадка с грузовым бункером и съёмным закрытием	900	«Р»	73,68	10,18	4,67	1,83	0,48
775Д	Баржа-площадка	900	«О-пр»	73,68	10,18	5,54	1,87	0,52
943	Баржа-площадка	600	«Р»	57,3	12,1	4,2	1,39	0,34
943А	Баржа-площадка	600	«О»	58,3	12,0	2,0	1,37	0,37
943Т	Баржа тентовая	600	«Р»	56,2	12,2	8,5	1,64	0,44
81218	Баржа-площадка	600	«Р»	59,5	13,4	4,2	1,57	0,29

Окончание таблицы А.3

Проект судна	Тип судна	Грузоподъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка, м, в состоянии	
				длина	ширина	высота	груженом	порожнем
Р57	Открытая баржа	600	«Р»	55,8	9,03	3,2	1,69	0,37
562	Рудовоз	550	«Р»	65,4	14,0	4,4	1,34	0,38
81212	Баржа-площадка	400	«Р»	38,0	8,1	1,3	1,11	0,30
187Г	Баржа-площадка	350	«Р»	50,11	10,06	3,2	1,14	0,31
619А	Баржа сухогрузная тентовая	350	«Р»	49,8	10,05	5,42	1,21	0,39

Таблица А.4 – Техническая характеристика буксирного флота

Проект судна	Наименование головного судна, тип теплохода	Мощность, кВт	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка, м	Скорость, км/ч	Автономность, сут
				длина	ширина	высота			
Н3290	«ОТ-2401», буксир-толкач	1765	«О»	51,6	12,0	14,4	1,90	22,0	15
428	«ОТ-2001», буксир-толкач	1470	«О»	45,4	12,0	15,2	2,14	23,0	12
3801-С	«Озерный», буксир	1050	«О»	48,5	9,3	11,1	2,20	19,0	20
112А	«Дунайский», толкач	985	«О»	41,0	9,5	13,0	2,30	21,4	15
Р33ЛТ	«Нижняя Тунгуска», толкач	590	«Р»	33,8	8,4	12,8	1,37	20,5	9
887	«Шлюзовой-1», буксир-толкач	440	«О»	24,4	8,0	9,7	1,85	18,8	5
Р45	«Волгарь-1», буксир-толкач	440	«Р»	32,2	7,8	11,7	1,29	19,5	10
795	«БТ-401», буксир-толкач	440	«О»	31,0	6,9	11,3	1,58	16,8	12
730Д	Буксир-толкач	368	«О»	30,36	6,76	7,85	0,9	17,2	20
Р162	«Павловск», буксир-толкач	330	«Р»	26,8	9,2	7,3	0,80	15,0	5
570А, 570В	Буксир-толкач	300	«Р»	25,59	5,35	6,75	0,89 (0,92)	15,7	7
81350	Буксир-толкач	220	«Р»	24,0	7,2	9,4	0,70	17,0	5
911В	«РТ-298», буксир-толкач	220	«Р»	28,6	6,9	9,6	1,07	16,9	6
Р96	Буксир-толкач	110	«Р»	21,8	5,3	6,5	0,67	14,9	3
794	Буксир-толкач	110	«Р»	17,0	3,8	5,4	0,80	15,5	3
861	Буксир-толкач	110	«Р»	19,72	3,79	4,55	0,58	15,5	3



Таблица А.5 – Техническая характеристика наливного несамоходного флота

Проект судна	Тип судна	Грузоподъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка, м, в состоянии	
				длина	ширина	высота	груженом	порожнем
Р27	Наливная баржа	6000	«О»	111,2	20,5	6,2	2,6	0,25
458	Наливная баржа	2000	«О»	103,4	16,5	6,0	1,58	0,22
232	Наливная баржа	1000	«Р»	77,8	15,4	6,0	1,31	0,29
НФ-77	Нефтеналивная баржа	880	«Р»	66,3	14,0	8,4	1,40	0,32
187Н	Наливная баржа	350	«Р»	49,95	10,32	3,2	1,08	0,27
823	Наливная баржа	350	«Р»	49,96	10,32	5,87	1,18	0,38
Р63	Баржа-бензовоз	200	«Р»	44,7	8,3	3,6	0,80	0,25
678	«БОН-101» наливная баржа	100	«Р»	32,6	6,5	6,0	0,82	0,37

Таблица А.6 – Техническая характеристика пассажирского флота

Проект судна	Наименование головного судна, тип теплохода	Пассажировместимость, чел.	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка, м	Скорость, км/ч
				длина	ширина	высота		
<b>Водоизмещающие суда</b>								
КУ-065	«Сергей Есенин»	180	«О»	90,4	15,0	12,6	1,63	22,6
623	«Волго-Дон»	255	«О»	42,57	7,12	6,7	1,47	20,21
Р51	«Москва-1»	243	«Р»	38,2	6,5	5,7	1,13	24,0
780	Пассажирский теплоход	242	«О»	42,57	7,12	6,7	1,47	20,21
331	Пассажирский теплоход	171	«Л»	49,3	8,28	7,28	0,68	18,5
544	Пассажирский теплоход	150	«Л»	27,4	4,8	5,08	0,64	17
1083	Теплоход с водометным двигателем	154	«Л»	33,85	6,35	5,8	0,45	14,4
839, 839А	Пассажирский теплоход	138	«О»	29,54	5,21	5,0	1,22	20
544	Пассажирский теплоход	133	«Р»	27,25	4,8	5,09	0,9	19,6

Окончание таблицы А.6

Проект судна	Наименование головного судна, тип теплохода	Пассажировместимость, чел.	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка, м	Скорость, км/ч
				длина	ширина	высота		
<b>Суда на подводных крыльях</b>								
342Э	«Метеор»	240	«О»	34,6	9,5	6,25	2,35/1,2	65
352	«Восход»	71	«О»	27,6	6,15	5,18	2,0/1,1	60
340Э/ 340МЭ	«Ракета»	64	«О»	26,96	5,0	4,46	1,8/1,2	60
17091	«Полесье»	53	«Р»	21,2	5,0	3,2	0,92/0,40	65
<b>Суда на воздушной подушке</b>								
14200	«Линда»	70	«Р»	23,2	4,4	1,27	0,7/0,4	55–60
14351	«Луч»	51	«Р»	23,92	4,36	1,25	0,63/0,5	4
15063	«Ирбис»	28	«Р»	17,5	6,2	4,0	0,27/0,2	45
18802	«Пума»	16	«Р»	11,6	5,2	0,6	0,27	60–65
<p><i>Примечание</i> – Для судов на подводных крыльях указана осадка габаритная: в числителе – на плаву, в знаменателе – при ходе на крыльях; для судов на воздушной подушке: в числителе – осадка средняя, в знаменателе – при ходе на воздушной подушке.</p>								

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
(справочное)

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ МОДЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ**

*Таблица Б.1 – Основная техническая характеристика крытых вагонов*

Показатель	Универсальные модели			Специализированные модели	
	11-06,6	11-217	11-260	11-715 (цемент)	11-740 (минеральные удобрения)
Грузоподъемность, т	68	68	72	67	64
Тара, т	21,23	24	28	18,4	22
Объем кузова, м <sup>3</sup>	120	120	140	55	73
База вагона, м	10	10	12,24	7,7	8,98
Длина по осям сцепления автосцепок, м	14,73	14,73	16,97	11,92	13,2
Ширина максимальная, м	3,28	3,25	3,26	3,22	3,22
Удельный объем, м <sup>3</sup> /т	1,77	1,77	2,09	0,88	1,14

*Таблица Б.2 – Основная техническая характеристика платформ*

Показатель	Универсальные модели			Специализированные модели 13-470 (контейнеры)
	13-401	13-402	13-491	
Грузоподъемность, т	70	71	73	60
Тара, т	21	21,4	27	22
Площадь пола, м <sup>2</sup>	36,8	36,8	50,8	46
База вагона, м	9,72	9,72	14,4	14,72
Длина по осям сцепления автосцепок, м	14,62	14,62	19,62	19,62
Ширина максимальная, м	3,14	3,15	3,06	2,50
Удельная площадь, м <sup>2</sup>	0,52	0,518	0,80	0,76



Таблица Б.3 – Основная техническая характеристика полувагона

Показатель	Универсальные				Специализированные модели 12-1505
	четырёхосные модели		восьмиосные модели		
	12-757	12-753	12-541	12-124	
Грузоподъемность, т	75	69	125	140	69
Тара, т	25	22,5	13,3	46	21
Объем кузова, м <sup>3</sup>	85	74	140,3	150	72,5
База вагона, м	8,67	8,65	12,07	10,55	8,65
Длина по осям сцепления автосцепок, м	13,92	13,92	20,24	18,88	13,92
Ширина максимальная, м	3,22	3,21	3,19	3,3	3,18
Внутренние размеры, м					
длина	12,23	12,32	18,74	17,57	12,08
ширина	2,97	2,88	2,84	2,97	2,82
высота	2,32	2,06	2,51	2,86	2,06

Таблица Б.4 – Основная техническая характеристика цистерн общего пользования

Показатель	Четырёхосная		Восьмиосная	
	для нефтепродуктов, моделей			
	светлых, 15-1443	вязких, 15-1566	светлых, 15-871	светлых, 15-880
Грузоподъемность, т	60,0	63,5	120,0	125,0
Тара, т	23,2	24,23	48,8	51
Полный объем котла, м <sup>2</sup>	73,1	73,17	140	159,5
База вагона, м	7,8	7,8	13,79	10,52
Длина по осям сцепления автосцепок, м	12,02	12,02	21,12	18,69
Ширина максимальная, м	3,08	3,8	3,27	3,6
Внутренний диаметр котла, м	3,0	3,0	3,0	3,4
Удельный объем котла, м <sup>3</sup> /т	1,195	1,08	1,14	1,25

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
(справочное)

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Таблица В.1 – Основная техническая характеристика тягачей-лесовозов*

Показатель	КрАЗ-64371	КрАЗ-64372	МАЗ-543400-030	МАЗ-5434-020	МАЗ-543403-220	МАЗ-641705-220
Грузоподъемность, т	10,2	15,0	7,0	7,0	7,1	11,6
Масса снаряженного автомобиля, т	12,8	12,1	9,1	9,1	8,9	12,5
Габаритные размеры, мм:						
длина	7690	7675	6400	6600	6600	7820
ширина	2720	2500	2500	2500	2500	2500
высота	3340	3440	3000	3700	3700	3525
Наименьший радиус поворота, м	13,0	13,0	10,3	10,3	10,3	12,0
Максимальная скорость, км/ч	80	80	84	70	68	76
Мощность двигателя, кВт	243	243	176	176	184	294

*Таблица В.2 – Основная техническая характеристика сортиментовозов*

Показатель	КрАЗ-6133М6	МАЗ-533602-2126	МАЗ-533710-037	МАЗ-630300-2127	МАЗ-6303-026	МАЗ-630308-026
Грузоподъемность, т	16,5	8,3	8,85	13,3	13,2	15,8
Масса снаряженного автомобиля, т	12,2	8,2	7,2	11,2	11,3	11,7
Габаритные размеры, мм:						
длина	10530	8460	7250	10600	10350	10300
ширина	2500	2500	2500	2500	2500	2500
высота	3990	3350	3400	3500	3350	3500
Наименьший радиус поворота, м	14,0	10,2	9,8	12,5	12,5	12,5
Максимальная скорость, км/ч	72	83	80	80	75	75
Мощность двигателя, кВт	265	169	132	243	243	294

**Таблица В.3 – Основная техническая характеристика грузовых автомобилей с бортовой платформой**

Показатель	КрАЗ-65101	КрАЗ-65053	МАЗ-533605-020	МАЗ-6312В9-420	МАЗ-4381W2-428	Урал-43202-10
Грузоподъемность, т	15,6	18,5	8,2	14,8	6,4	7,1
Масса снаряженного автомобиля, т	10,4	9,5	8,3	12,1	5,9	8,5
Габаритные размеры, мм:						
длина	9580	9580	8600	9760	8250	7615
ширина	2500	2500	2500	2550	2550	2500
высота	2765	2800	3160	3200	3030	2735
Наименьший радиус поворота, м	13,0	13,0	10,2	13,0	12,0	11,4
Внутренние размеры кузова, мм:						
длина	5800	5770	6080	7300	6220	4500
ширина	2320	2320	2360	2480	2480	2325
высота бортов	823	825	700	660	675	715
Максимальная скорость, км/ч	80	90	100	100	85	65
Мощность двигателя, кВт	176	220	243	303	132	132

**Таблица В.4 – Основная техническая характеристика автомобилей-самосвалов**

Показатель	КамАЗ-53605	КамАЗ-55102	КрАЗ-6510	КрАЗ-65032	МАЗ-5552	МАЗ-5516-021	Урал-5557-30	Урал-63621
Грузоподъемность, т	11,0	7,0	13,6	15,0	9,2	20,3	10,2	18,0
Масса снаряженного автомобиля, т	8,9	8,6	11,3	13,1	9,1	12,7	9,6	10,7
Габаритные размеры, мм:								
длина	6630	7570	8290	8250	6600	7550	7950	8042
ширина	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
высота	2935	2900	2800	2990	3200	3100	2740	3170
Наименьший радиус поворота, м	8,0	8,5	12,0	12,6	8,0	8,6	11,6	9,5
Максимальная скорость, км/ч	80	80	80	80	85	92	80	97
Мощность двигателя, кВт	191	176	176	243	243	243	176	294



*ПРИЛОЖЕНИЕ Г*  
*(справочное)*

**НОРМЫ ЗАГРУЗКИ СУДОВ КОНТЕЙНЕРАМИ.  
ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНТЕЙНЕРОВ**

*Таблица Г.1 – Нормы загрузки судов универсальными контейнерами*

Проект судна	Класс Речного Регистра	Грузо-подъемность, т	Количество контейнеров массой, т		
			2,5–3,0	5,0	20,0
507	«О»	5300	869	437	124
507Б	«О»	5000	1220	655	148
19610	«О»	4000	976	524	118
488/А	«О»	3000	732	393	89
21-88	«О»	2000	496	261	59
576	«О»	2000	565	225	51
Р-97	«О»	1930	316	159	45
11	«О»	2000	488	262	59
Р 25	«О»	1500	412	190	76
Р 168	«О-ПР»	1410	231	116	33
936	«О»	1300	213	107	31
559Б	«О»	1200	346	186	62
573	«О»	1000	289	155	52
СК-2000	«Р»	900	257	134	47
Р 40	«О»	800	231	124	41
272А	«Р»	800	216	116	38
276	«О»	700	171	92	21
765	«О»	600	146	79	18
414А	«О»	600	98	50	14
912А	«Р»	350	57	32	8
926	«Р»	300	49	25	7
821	«Р»	150	60	28	–
890	«Р»	150	60	28	–

Таблица Г.2 – Характеристики контейнеров

Тип контейнера	Масса брутто, т		Внутренний объем, м <sup>3</sup>	Наружные размеры, мм		
	номинальная	максимальная		длина	ширина	высота
Крупнотоннажные	30,000	30,480	65,6	12192	2438	2591
	30,000	30,480	61,3	12192	2438	2438
	25,000	25,400	48,9	9125	2438	2591
	25,000	25,400	45,7	9125	2438	2438
	24,000	24,000	32,1	6058	2438	2591
	20,000	20,000	30,0	6058	2438	2438
	10,000	10,160	14,3	2991	2438	2438
Среднетоннажные	5,000	6,000	11,3	2100	2650	2591
	5,000	5,000	11,3	2100	2650	2400
	5,000	6,000	10,4	2100	2650	2400
	5,000	5,000	10,4	2100	2650	2591
	5,000	5,000	5,1	2100	1325	2400
	3,000	5,000	5,7	2100	1325	2400
	3,000	5,000	5,1	2100	1325	2400
Малотоннажные	1,250	1,250	3,0	1800	1050	2000
	0,625	0,630	1,4	1150	1050	1700

ПРИЛОЖЕНИЕ Д  
(справочное)

**ПОГРУЗОЧНЫЙ ОБЪЕМ И ПЛОТНОСТЬ ГРУЗОВ**

Груз	Плотность, т/м <sup>3</sup>	Погрузочный объем, м <sup>3</sup> /т	Угол естественного откоса в состоянии покоя, °
<i>Насыпные и навалочные грузы</i>			
Антрацит	0,9	1,24	45
Гравий	1,5–2,0	0,63	45
Камень бутовый	1,6–1,85	0,54	42–50
Керамзит	0,25–0,8	1,43	35–40
Кокс	0,5	2,38	60
Колчедан	4,9–5,2	0,83	–
Концентрат: апатитовый	1,92	0,62	36
железорудный	2,8	0,36	–
Лесоматериалы	0,75	2,67	–
Песок: влажный	1,95	0,51	27
сухой	1,4–1,65	0,71	45
Песчано-гравийная смесь	1,1–1,3	0,77	–
Руда	1,7–3,0	0,77	30
Суперфосфат	1,17	1,02	–
Уголь каменный	0,8–1,85,	1,22	45
Шлак гранулированный	0,85–1,0	1,33	45
Щебень	1,8	0,63	45
<i>Нефтегрузы</i>			
Бензин	0,71–0,74	–	–
Дизтопливо	0,80–0,86	–	–
Мазут	0,89–1,0	–	–
Нефть	0,80–0,92	–	–



ПРИЛОЖЕНИЕ Е  
(справочное)

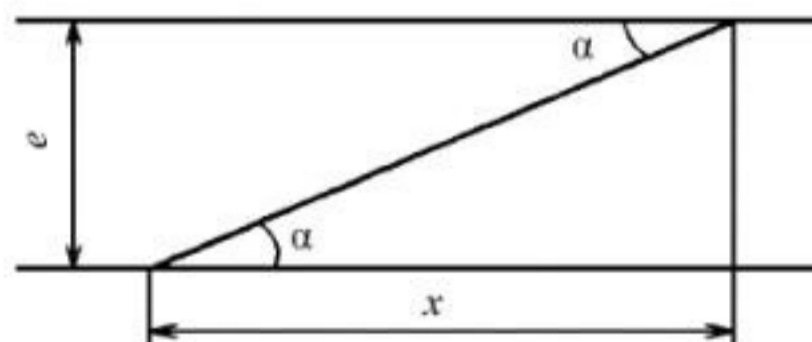
**СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СОДЕРЖАНИЮ  
ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УСТРОЙСТВ**

Таблица Е.1 – Основные параметры обыкновенных стрелочных переводов  
В метрах

Тип рельсов	Марка крестовины	Угол крестовины	Радиус переводной кривой	Полная длина перевода
–	$\text{tg } \alpha$	$\alpha$	$R$	$L$
P65	$1/22$	$2^{\circ}35'50''$	1444,560	70,540
P65	$1/18$	$3^{\circ}10'12,5''$	961,690	57,519
P65	$1/11$	$5^{\circ}11'40''$	300,000	33,367
P65	$1/9$	$6^{\circ}20'25''$	200,060	31,039
P50	$1/18$	$3^{\circ}10'12''$	961,690	57,519
P50	$1/11$	$5^{\circ}11'40''$	297,259	33,529
P50	$1/9$	$6^{\circ}20'25''$	200,000	31,061

Таблица Е.2 – Основные размеры одиночных съездов  
В метрах

Расстояние между осями путей, $e$	Марка крестовины		Расстояние между осями путей, $e$	Марка крестовины	
	$1/9$	$1/11$		$1/9$	$1/11$
	проекция длины съезда, $x$			проекция длины съезда, $x$	
4,1	36,9	45,1	5,4	48,6	59,4
4,5	40,5	49,5	5,4	49,5	60,5
4,6	41,4	50,6	5,6	50,4	61,6
4,7	42,3	51,7	5,7	51,3	62,7
4,8	43,2	52,8	5,8	51,2	63,8
4,9	44,1	53,9	5,9	53,1	64,9
5,0	45,0	55,0	6,0	54,0	66,0
5,1	45,9	56,1	6,5	58,5	71,5
5,2	46,8	57,2	7,0	63,0	77,0
5,3	47,7	58,3	7,5	67,5	82,5



$$x = e \text{ ctg } \alpha = l / M.$$

Рисунок Е.1 – Схема расчета соединения двух параллельных железнодорожных путей с помощью одиночного съезда

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Основные понятия, термины и определения.....	4
1 Основные принципы размещения устройств в речном порту.....	6
1.1 Требования, предъявляемые к плану порта и его элементам.....	6
1.2 Основные принципы районирования портов.....	7
2 Выбор транспортных средств и перегрузочного оборудования порта.....	10
2.1 Выбор подвижного состава для перевозки грузов.....	10
2.2 Выбор перегрузочных машин.....	11
2.3 Выбор схем механизации перегрузки грузов.....	16
3 Определение необходимого количества перегрузочной техники.....	18
4 Определение количества грузовых причалов в порту.....	21
5 Определение количества пассажирских причалов.....	23
6 Определение длины причального фронта. Выбор формы плана речного порта	25
7 Проектирование портовых гидротехнических сооружений.....	28
8 Определение площади акватории речного порта.....	37
8.1 Расчет водных подходов к акватории порта.....	37
8.2 Расчет площади сортировочного рейда.....	38
8.3 Расчет площади оперативного рейда.....	41
8.4 Расчет площади навигационного рейда.....	42
8.5 Расчет площади причального рейда.....	43
9 Проектирование транспортно-складского комплекса речного порта.....	45
10 Проектирование железнодорожной инфраструктуры речного порта.....	51
10.1 Общие сведения об объектах железнодорожной инфраструктуры.....	51
10.2 Проектирование прикордонных и тыловых железнодорожных путей.....	54
10.3 Проектирование районных железнодорожных парков.....	55
10.4 Расчет пропускной способности соединительных путей.....	57
11 Проектирование автомобильных дорог на территории речного порта.....	59
12 Проектирование нефтеперегрузочного района речного порта.....	64
13 Проектирование служебно-вспомогательных зданий порта.....	66
14 Компоновка базы комплексного обслуживания флота.....	67
15 Компоновка устройств речного порта.....	69
Список литературы.....	73
Приложение А. Техническая характеристика флота.....	75
Приложение Б. Техническая характеристика основных моделей грузовых вагонов.....	80
Приложение В. Техническая характеристика грузовых автомобилей.....	82
Приложение Г. Нормы загрузки судов контейнерами. Характеристики контейнеров.....	84
Приложение Д. Погрузочный объем и плотность грузов.....	86
Приложение Е. Справочные данные по проектированию и содержанию путевого развития железнодорожных устройств.....	87

Учебное издание

*ЕКИМОВ Александр Юрьевич  
ЧУРАКОВА Юлия Владимировна*

## **Проектирование основных сооружений и устройств речного порта**

Учебно-методическое пособие  
по курсовому и дипломному проектированию

Технический редактор В. Н. Кучерова  
Корректор Т. А. Пугач  
Компьютерный набор и верстка – Ю. В. Чуракова

Подписано в печать 07.2016 г. Формат 60×84<sup>1/16</sup>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. 5,09. Тираж 60 экз.  
Зак. № . Изд. № 124.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/361 от 13.06.2014.  
№ 2/104 от 01.04.2014.  
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель