

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ»**

---

**Ю. А. Перевязкин**

**Сооружения портов и транспортных терминалов и их техническая  
эксплуатация**

**Часть 1. Устройство портов**

**Рекомендовано учебно – методическим советом  
Санкт – Петербургского государственного  
университета водных коммуникаций**

Санкт – Петербург  
2006

**УДК  
ББК**

**Рецензент:**

Доктор технических наук, профессор Санкт – Петербургского государственного университета водных коммуникаций А.М. Гапеев

**Сооружения портов и транспортных терминалов и их техническая эксплуатация. Часть 1. Устройство портов: Учебное пособие / Ю.А. Перевязкин. – С-Пб.: СПГУВК, 2006. –132с.**

Учебное пособие предназначено для студентов факультета Портовой подъёмно-транспортной техники и электрооборудования береговых установок, обучающихся по специальности 190602.65 «Эксплуатация перегрузочного оборудования портов и транспортных терминалов», и гидротехнического факультета, обучающихся по специальности 280302.65 «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» очного, заочного, вечернего и регионального обучения. Пособие может быть использовано студентами, обучающимися по специальности 270104.65 «Гидротехническое строительство».

Пособие соответствует авторскому курсу дисциплины «Устройство портов» направления 656800 «Водные ресурсы и водопользование» и требованиям ГОС специальности 190602.65.

**УДК  
ББК**

**© Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций, 2006**

**©Перевязкин Ю.А., 2006**

## Предисловие

Порт, являясь транспортным предприятием, располагающимся на побережьях водоемов (рек, водохранилищ, озер и морей), нуждается, как и другие предприятия хозяйственной деятельности человека, в снабжении водой и может быть источником загрязнений водных ресурсов хозяйственно – бытовыми, нефтесодержащими, химическими, биопищевыми и прочими отходами и просорами, связанными с перегрузкой грузов в порту.

Развитие транспорта в России, создание новых, расширение и реконструкция существующих портов ставят перед инженерами – проектировщиками, строителями, службами эксплуатации задачи, решение которых требует не только технически грамотных и экономически целесообразных проектов, но и обязательного рассмотрения вопросов рационального использования и охраны водных ресурсов.

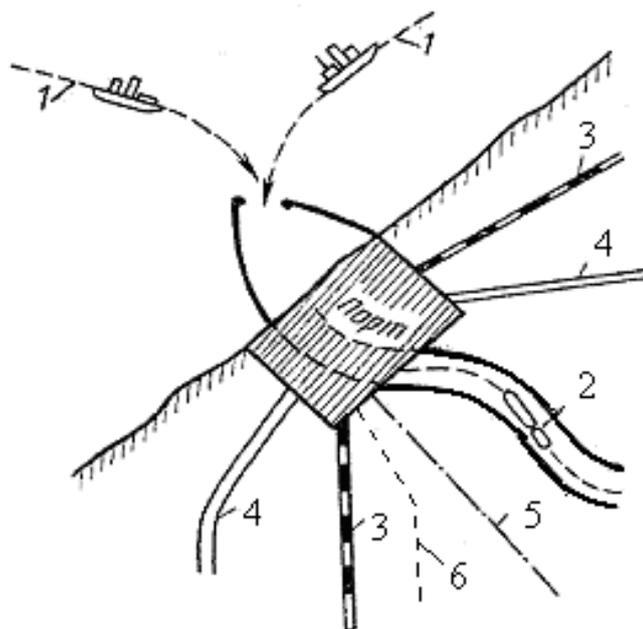
Учебное пособие подготовлено для изучения теоретического материала первой части дисциплины «Сооружения портов и транспортных терминалов и их техническая эксплуатация», читаемой студентам специальности 190602.65 «Эксплуатация перегрузочного оборудования портов и транспортных терминалов», согласно ГОС и учебному плану подготовки инженеров-механиков и дисциплины «Устройство портов» часть 1, читаемой студентам специальности 280302.65 «Комплексное использование и охрана водных ресурсов», с целью ознакомления будущих вышеназванных инженеров с портом как водохозяйственным предприятием (транспортным узлом), в качестве базы для изучения специальных дисциплин и грамотному решению вопросов по проектированию и эксплуатации портов и охране водных ресурсов.

## 1. Общие положения и понятия.

### 1.1. Порт как транспортный узел. Работа порта.

Транспортными узлами называют предприятия, которые предназначены для передачи грузов (пассажиров) с одного вида транспорта на другой. Такие операции выполняют на железнодорожных станциях, вокзалах, аэропортах, морских и речных портах и т.п.

В портах грузы перегружают с водного на сухопутные виды транспорта и в обратном направлении. Особо сложными узлами, связывающими наибольшее возможное число различных видов транспорта являются устьевые порты (рис.1). Здесь могут сходиться до шести видов транспорта.



**Рис.1. Схема порта как транспортного узла:  
1-морской транспорт; 2-речной; 3-железнодорожный;  
4-автомобильный; 5-трубопроводный; 6 – авиационный.**

Во внутренних (речных, водохранилищных и озерных) портах могут встретиться те же виды транспорта, за исключением морского. Однако даже тогда, когда в порту сходятся только два вида транспорта, например, речной и автомобильный или железнодорожный, порт со всей его инфраструктурой и оборудованием является весьма сложным хозяйственным объектом.

Характер транспортировки грузов водным транспортом весьма разнообразен. Морские суда осуществляют межгосударственные перевозки грузов (заграничное плавание) и в пределах страны (каботажное плавание). Если линии морских сообщений в пределах государства соединяют порты, расположенные на разных морях, то перевозки по ним называют **большим каботажем**. Каботажные перевозки в пределах одного моря называют **малым каботажем**.

Для перевозок по внутренним водным путям (рекам и озерам) используют самоходный и несамоходный флот. При транспортировке грузов самоходными судами перевозки относят к **большей скорости**; в случае несамоходного флота (барж) – к **малой скорости**.

Основная работа порта заключается в передаче грузов с водного транспорта на сухопутные виды транспорта и в обратном направлении.

При прохождении грузов прибывающих в порт возможны различные варианты его перегрузки. Под **вариантом перегрузки** (передачи) **груза** понимают законченное перемещение его из одного положения в другое вне зависимости от пути следования и применяемых при этом перегрузочных машинах. На рис.2 показаны возможные варианты перегрузки грузов прибывающих в судах («с воды на сушу»):

- передача груза по «прямым вариантам» (непосредственно с водного транспорта на сухопутный (или водный)), например:

1. «судно – судно» (обмен грузами между морскими и речными судами);
2. «судно – железнодорожный вагон»;
3. «судно – автомобиль»;



**Рис.2. Варианты передачи грузов в порту**

• передача груза «по опосредованным вариантам» (через склад: «складским вариантам»):

4. «судно – склад»;
5. «склад – железнодорожный вагон»;
6. «склад – автомобиль».

При отправлении груза из порта водным транспортом рассматривают аналогичные варианты передачи его, но в обратном направлении («с суши на воду»).

Операции передачи груза по прямым вариантам называют **прикордонными**, (линия кордона показана на рис.2); по складским вариантам – **тыловыми**.

С экономической точки зрения предпочтительным является «прямой вариант» передачи грузов, т.к. при этом грузы не требуют размещения их в складе, быстрее дойдут до потребителя и будут использованы в производстве. Однако на практике лишь небольшую

часть грузов удается перегрузить по «прямому варианту» по причинам:

- трудностей при согласовании графиков движения подвижных составов водных и сухопутных видов транспорта;
- значительной разницы в грузоподъемности водных и сухопутных транспортных единиц.

Важным моментом для снижения транспортных расходов при перевозке грузов является сокращение времени стоянки судов под погрузкой или разгрузкой. Ускорение обработки судов позволяет при том же их числе перевезти большее количество грузов. Поэтому причалы современных портов должны быть оборудованы высокопроизводительными перегрузочными установками.

Основную работу порт должен выполнять быстро, при полной сохранности грузов и безопасности работающих в порту людей.

Помимо главной задачи – перегрузке грузов с водного на сухопутные виды транспорта и обратно – порты осуществляют нижеперечисленные производственные процессы:

1. комплексное обслуживание судов во время пребывания в порту (лоцманская проводка, рейдовые работы, постановка к причалу, все виды снабжения и обслуживания судна и его команды, прием производственных и бытовых отходов, выполнение неотложных неконструкционных ремонтных работ на судне и т.п.);
2. полное обслуживание пассажиров;
3. техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт портовых гидротехнических сооружений, перегрузочной техники, складов, производственных зданий и инженерных коммуникаций порта;
4. добыча, хранение и реализация нерудных строительных материалов из подводных и прибрежных карьеров;

5. поддержание в должном техническом и безопасном при эксплуатации состоянии объектов соцкультбыта и жилого фонда порта;

6. сдача в аренду складских и производственных помещений в межнавигационный период.

Работа порта выполняется в сложных изменяющихся условиях. Суда прибывают в порт неравномерно. Подача железнодорожных вагонов в порт, как правило, не может быть обеспечена в том режиме, который сложился на данном причале в процессе обработки судна. Часто нарушение ритмичности работы причалов вызывают неблагоприятные атмосферные факторы (дождь, ветер, туман, низкие температуры воздуха и т. п.)

Рациональная организация работы порта направлена на оптимальный режим его эксплуатации. **Под оптимальным режимом работы порта** (причала) понимают такую организацию перегрузочных работ и обслуживания судов, при которой обеспечивается максимальное сокращение времени нахождения судна в порту (у причала), а затраты порта, связанные с обработкой данного судна и расходами на его содержание за это время, оказываются минимальными.

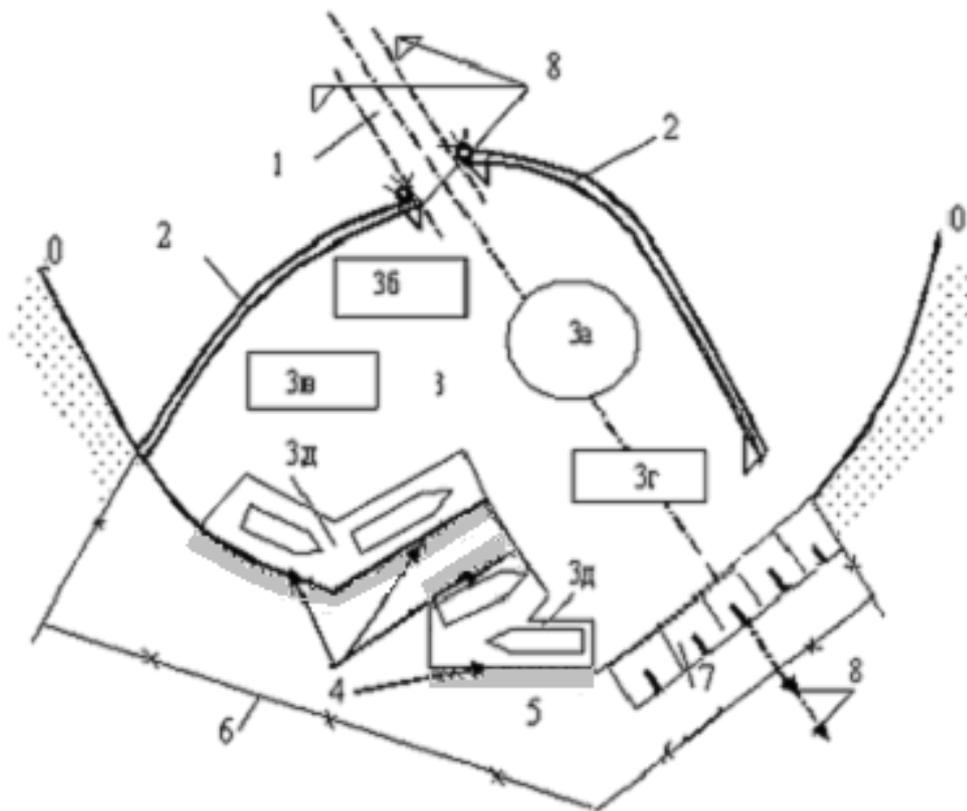
Оптимальный режим может быть реализован для порта в целом, для его районов (терминалов) или отдельных причалов.

## **1.2. Основные элементы порта**

Для выполнения своей основной задачи по быстрой, удобной и безопасной передаче грузов и пассажиров с одного вида транспорта на другой современные порты, являющиеся комплексами инженерных гидротехнических сооружений, высокопроизводительных перегрузочных машин, инженерных коммуникационных сетей и т.д., при всем их

своеобразии, можно характеризовать следующими основными элементами (рис.3):

1. **подходный канал** – устраивают на подходе к порту при недостаточных глубинах на водоеме (море, озере, водохранилище). На реках при внерусловых портах, удаленных от русла, устраивают искусственные соединительные (подходные каналы) (рис.3 а).



**Рис.3. Основные элементы порта**  
**1- подходной канал; 2-внешние оградительные сооружения;**  
**3-акватория порта (3а, 3б, 3в,3г, 3 – рейды);**  
**4-причальный фронт; 5-территория порта;**  
**6-ограждение территории порта;**  
**7- берегоукрепления; 8- судоводная обстановка.**

## 2. внешние оградительные сооружения (ВОС).

Различают ВОС:

- волнозащитные – обеспечивающие допустимый волновой режим на акватории порта: **молы** (ВОС имеющие связь с берегом) и **волноломы** (ВОС не имеющие связи с берегом).
- ледо-грунтозащитные – **дамбы**, защищающие акватории портов от ледовых воздействий и (или) от отложения наносов.

Волнозащитные сооружения характерны для морских, озерных и водохранилищных портов. Ледогрунтозащитные дамбы присущи речным портам для защиты от ледовых воздействий при ледоходах и от заносимости акваторий.

С внутренней стороны ВОС могут быть устроены причалы не требующие большой территории (нефтегрузы, пассажиры, автомобили и т. п.).

Стоимость оградительных сооружений весьма высока, особенно при больших глубинах. Поэтому при отсутствии естественной защиты акватории на морском и водохранилищном берегах причалы часто размещают на пирсах, позволяющих на сравнительно небольшом участке береговой линии расположить большее число причалов, и при компактной акватории проектировать порт с ВОС минимально требуемой протяженности, а значит и меньшей общей стоимости порта.

3. **Акватория порта** – (воды порта от береговой линии и до установленных внешних границ), обеспечивающая удобные и безопасные условия маневрирования и стоянки судов.

В морских портах рассматривают внутреннюю акваторию (в пределах внешних оградительных сооружений) и внешнюю (в установленных границах за пределами внешних оградительных сооружений).

На акваториях портов размещают рейды. **Рейдами** называют участки акватории порта, предназначенные для выполнения тех или иных операций судами, посещающими порт (якорная стоянка, маневрирование, перегрузка груза и т. п.).

На акваториях портов могут быть предусмотрены следующие рейды:

- **навигационный** (маневровый) рейд – служит для маневрирования судов при подходе к причалам или постановке на другие рейды акватории порта. Площадь рейда определяет круг, диаметр которого должен быть равен по крайней мере трем длинам расчетного судна для беспрепятственного перемещения судов. В большинстве реальных случаев, исходя из экономических соображений, размеры навигационного рейда уменьшают, соглашаясь на усложнения маневрирования судов.
- **сортировочный** рейд – служит для сортировки несамоходного флота перед постановкой барж к причалам или отправкой их из порта. В морских портах такие рейды отсутствуют, так как морские грузовые и пассажирские суда самоходные.
- **перегрузочный** рейд – служит для передачи грузов по варианту «судно – судно» с помощью плавучих перегрузочных машин. Рейд размещают на внутренней акватории порта при необходимости выполнения таких перегрузочных работ (чаще встречаются в устьевых портах или на участках рек с разными гарантированными глубинами).
- **причальный** рейд – полоса акватории порта у причалов, где стоят суда при выполнении перегрузочных операций. Размеры рейда (ширина) должны быть минимальными, обеспечивающими безопасную стоянку судов (как правило 2,5...3 ширины расчетного судна).

• **отстойный** рейд – служит для стоянки судов в ожидании очереди постановки к причалу или благоприятных метеорологических условий для следования по планируемому маршруту.

В морских портах от 10 до 25 процентов требуемых отстойных мест размещают на внутренней акватории порта, а остальные – на внешней.

**4. Причальный фронт** – часть береговой полосы, оборудованная швартовными устройствами и отбойными приспособлениями и предназначенная для стоянки судов при производстве погрузочно – разгрузочных работ либо посадки (высадки) пассажиров.

**5. Территория порта** – прилегающий к акватории порта в установленных административных границах земельный участок, предназначенный для размещения перегрузочных машин, складов, оперативных и соединительных железнодорожных путей, автодорог, вспомогательных служебных и служебно–бытовых зданий и сооружений (материально – технический склад, ремонтно–механические мастерские, гараж, медпункт, столовая, душевые и т. п.), инженерных коммуникаций, обеспечивающих нормальное функционирование портового хозяйства (энергоснабжение, связь, водоснабжение, канализация и т. д.).

#### **6. Ограждение территории порта.**

Территории грузовых портов являются режимными (с пропускной системой) и их ограждают как предприятия повышенной опасности.

Ограждению подлежат также приграничные порты, требующие паспортно – визового и таможенного контроля.

**7. Берегоукрепления** – гидротехнические сооружения, защищающие портовые побережья, прилегающие к причальному фронту, от возможных разрушений.

8. **Судоходная обстановка** – служит для безопасного движения судов при подходе к порту и на акватории (маяки, бакены, буи, створные знаки и т. д.).

### 1.3. Грузооборот, пропускная способность, судооборот и судоемкость порта.

**Грузооборот порта** – является основным показателем характеризующим работу порта. **Под грузооборотом порта** понимают количество тонн грузов, которое должно быть перегружено (или перегружено) в порту «с воды на сушу» и «с суши на воду» за единицу времени. Это есть **планируемый (фактический) грузооборот** порта. В зависимости от срока различают грузооборот годовой ( $Q_{год}$ ), месячный ( $q_{мес}$ ) и суточный ( $q_{сут}$ ). В грузооборот порта включают и массу грузов, перегружаемых по варианту «судно – судно».

Общая величина грузооборота порта является отчетным показателем, характеризующим о размерах порта и его значении в транспортно – хозяйственной деятельности государства или региона.

Грузооборот подразделяют:

- по направлению движения груза, прибывающие в порт ( $Q_{приб}$ ) или же отправляемые из порта ( $Q_{отпр}$ ) в судах

$$Q_{год} = Q_{приб-с\ воды} + Q_{отпр-на\ воду}; \quad (1)$$

- по видам транспорта поступления (отправления) груза в порт

$$Q_{год} = Q_{морской} + Q_{речной} + Q_{ж.дор} + Q_{авто} + Q_{труб} + Q_{авиа} \quad (2)$$

- по характеру перевозок

- в морских портах

$$Q_{год} = Q_{импорт} + Q_{экспорт} + Q_{б.каботаж} + Q_{м.каботаж} \quad (3)$$

- во внутренних портах (озерных, речных и водохранилищных)

$$Q_{год} = Q_{река-море} + Q_{бол.скор} + Q_{мал.скор} \quad (4)$$

Такое подразделение требуется для расчетов размеров основных элементов портов. Грузы малой скорости ( $Q_{\text{мал.скор.}}$ ) перевозят несамоходные суда (баржи); большой скорости ( $Q_{\text{бол.скор.}}$ ) – самоходные суда. Импортно – экспортные перевозки требуют обеспечения таможенного контроля. Большой каботаж  $Q_{\text{б.каботаж}}$  подразумевает транспортировку грузов между портами, расположенными на разных морях; малый каботаж  $Q_{\text{м.каботаж}}$  – между портами одного моря;

- по роду (виду) груза

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{штучных}} + Q_{\text{контейнеров}} + Q_{\text{угля}} + Q_{\text{зерна}} + Q_{\text{нефти}} + \dots \quad (5)$$

Следует отметить, что для определения размеров основных элементов порта и разработки технологической схемы перегрузки и складирования грузов, часто требуется дополнительная детализация груза по сортности, массе, отношению к атмосферным осадкам и т. п. И только после тщательного анализа состава грузов, проходящих через порт, можно переходить к определению расчетных величин.

Расчетную величину каждой составляющей грузооборота ( $(q_{\text{сут}})_p$ ) определяют по зависимости

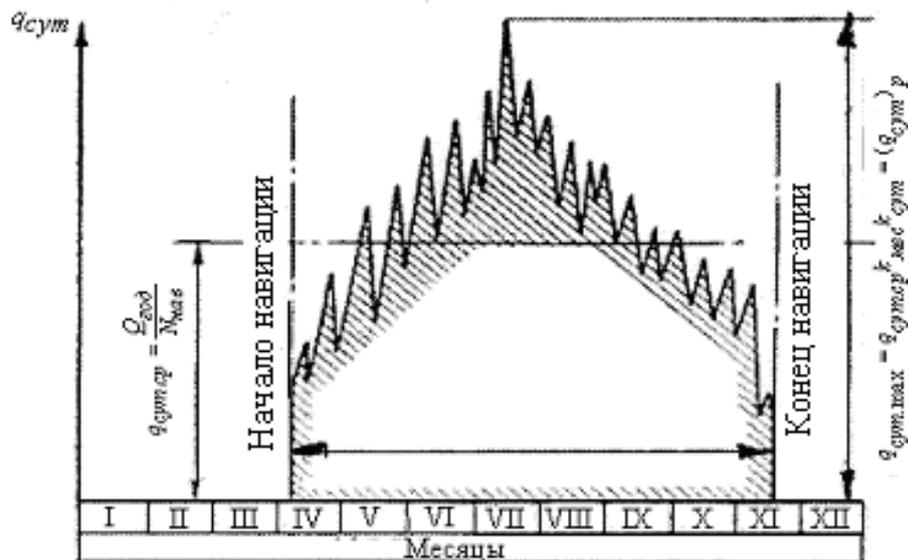
$$(q_{\text{сут}})_p = \frac{Q_{\text{год}} \cdot k_{\text{нер}}}{N_{\text{нав.пл.}}}, \quad (6)$$

где  $k_{\text{нер}} = k_{\text{мес}} \cdot k_{\text{сут}}$  - коэффициент неравномерности поступления судов (грузов) в порт ( $k_{\text{мес}}$  - в течение месяца;  $k_{\text{сут}}$  - в течении суток);

$N_{\text{нав.пл.}} = 0,9 \cdot N_{\text{нав}}$  - плановое число дней в навигацию

( $N_{\text{нав}}$  - фактическая длительность навигации, сут.).

На рис.4 в виде диаграммы представлена структура формулы (6). По оси абсцисс отложено время, по оси ординат – суточный грузооборот. Таким образом площадь всей диаграммы соответствует годовому грузообороту, а поделив его на длительность навигации получают средний суточный грузооборот ( $q_{\text{сут.ср.}}$ ).



**Рис.4. К определению расчетного суточного грузооборота**

Неравномерность поступления судов в порт связана со временем открытия и закрытия навигации, сезонностью некоторых грузов (зерно, овощи, фрукты и т.п.), а также ограниченным периодом возможности захода крупных судов в притоки и верховье рек (гарантированные глубины обеспечиваются только в период «большой воды»). Коэффициент месячной неравномерности грузооборота для линейного судоходства внутренних портов составляет примерно 1.2...1.4, а для нелинейного – 1.3...1.7. В морских портах, в особенности обслуживающих международные перевозки, этот коэффициент может быть и больше.

Расчетную (планируемую) длительность навигации рекомендуется принимать с обеспеченностью 90%. Это обосновывается целесообразностью иметь резервы провозной способности флота, чем допустить срывы в доставке грузов клиентуры.

**Пропускная способность порта.** Под пропускной способностью порта понимают наибольшее количество грузов определенной

категории, которое порт может перегрузить «с воды на сушу» и «с суши на воду» за единицу времени.

При проектировании порта расчетной величиной является суточная пропускная способность одного причала.

$$P_{сут.прич.} = 0,85 \cdot x_m \cdot p_q \cdot t_{p.n.} \cdot y \cdot k_{мет} \quad (7)$$

где  $x_m$  - число перегрузочных машин (механизированных установок) работающих на одном причале;

$p_q$  - производительность одной перегрузочной машины, т/ч;

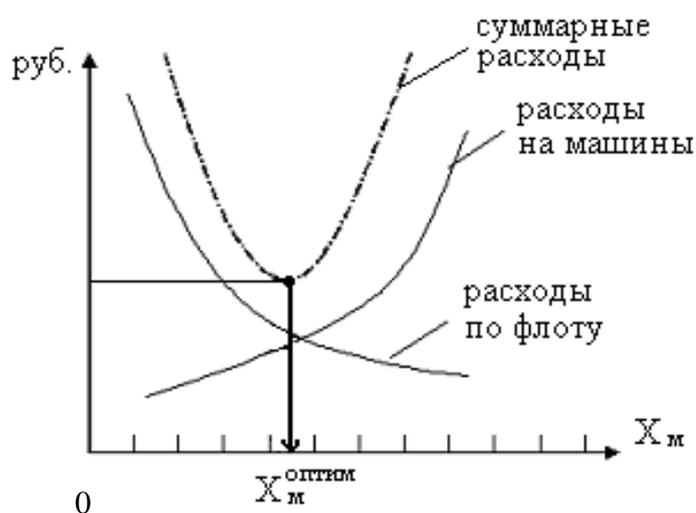
$t_{p.n.}$  - время работы порта в сутки, ч;

$y$  - коэффициент, учитывающий потери времени на вспомогательные операции связанные с флотом (швартовные, открытие и закрытие люков и трюмов, осмотр груза и судна и т.п.);

$k_{мет}$  - коэффициент учитывающий влияние метеорологических факторов на перегрузочный процесс (сильный ветер, осадки, температура воздуха, туман и т.д.);

0,85 – коэффициент учитывающий непроизводительные затраты времени связанные с перегрузочной техникой (перестановку машин вдоль причала, смену грузозахватных приспособлений и др.).

Очевидно, чем больше перегрузочных машин будет работать на одном причале, тем меньше времени потребуется для разгрузки (или загрузки) судна, сократится простой судна у причала и тем больше грузов можно перевезти при одном и том же числе судов. Если исключить из рассмотрения уникальные перегрузочные установки, то число перегрузочных машин при перспективном проектировании причала внутренних портов рекомендуется принимать не менее двух, а для морских – равным числу люков или трюмов минус единица. Оптимальное количество перегрузочных машин  $x_m^{оптим}$  можно получить специальным экономическим расчетом, суть которого ясна из рис.5



**Рис.5. К определению оптимального числа перегрузочных машин  $X_m^{\text{оптим}}$ .**

Производительность перегрузочных машин определена техническим паспортом.

Время работы порта в сутки, как предприятия трехсменной работы, принимают от 18 до 20 часов, учитывая обеденные перерывы, сокращенную на один час ночную смену и отводя до двух часов в сутки на пересменки.

Коэффициент  $y$  определяют зависимостью

$$y = \frac{t_{\text{зп}}}{t_{\text{зп}} + t_{\text{зсн}}}, \quad (8)$$

где  $t_{\text{зп}}$  - время грузовой обработки судна, ч;

$t_{\text{зсн}}$  - время занятости причала, необходимое для выполнения вспомогательных операций судами, ч ;

Время грузовой обработки судна можно определить по известной массе груза на судне

$$t_{\text{сп}} = \frac{m_{\text{сп}}}{x_{\text{м}} \cdot P_{\text{ч}}} = \frac{G_{\text{с}} \cdot k_{\text{испн}}}{x_{\text{м}} \cdot P_{\text{ч}}}, \quad (9)$$

где  $m_{\text{сп}}$  - масса груза на судне,  $t$ ;

$G_{\text{с}}$  - грузоподъемность судна,  $t$ ;

$k_{\text{испн}}$  - коэффициент использования грузоподъемности судна.

Затраты времени на вспомогательные операции зависят от типа судна, его грузоподъемности и от рода груза. На практике  $t_{\text{всп}}$  колеблется от 2 до 10 часов. Значение же коэффициента  $y$  при перспективном проектировании, с достаточной степенью точности расчетов, можно принять равным 0,9.

Если грузовые суда оборудованы перегрузочными средствами, используемыми для перегрузочных работ совместно с береговыми машинами, то пропускную способность причала можно определить по формуле

$$P_{\text{сут.прич.}} = 0,85(x_{\text{м}} \cdot P_{\text{ч}} + x_{\text{с.м.}} \cdot P_{\text{ч.с.м.}}) \cdot t_{\text{р.л}} \cdot y \cdot k_{\text{мет}} \quad (10)$$

где  $x_{\text{с.м.}}$  - число судовых перегрузочных машин;

$P_{\text{ч.с.м.}}$  - производительность одной судовой перегрузочной машины, т/ч.

Пропускная способность всех элементов технологической перегрузочной линии должна соответствовать расчетной суточной пропускной способности причала, определенной по зависимостям (7, 10), исходя из производительности прикордонных перегрузочных машин, а именно

$$\begin{aligned} P_{\text{сут.прич.}} &= P_{\text{сут}}^{\text{пр.т.д.}} + P_{\text{сут}}^{\text{авто}} + P_{\text{сут}}^{\text{скл}} \\ P_{\text{сут}}^{\text{скл}} &= P_{\text{сут}}^{\text{тыл.мех}} = P_{\text{сут}}^{\text{тыл.ж.дор.}} + P_{\text{сут}}^{\text{тыл.авто}} \\ P_{\text{сут}}^{\text{ж.дор.}} &= P_{\text{сут}}^{\text{соед.путей}} = P_{\text{сут}}^{\text{р.парк}} \text{ и т.д.} \end{aligned} \quad (11)$$

Пропускную способность отдельных элементов порта за месяц  $P_{\text{мес}}$  или за год  $P_{\text{год}}$  можно получить по зависимостям 12 или 13, а именно

$$P_{мес} = P_{сут} \cdot N_{р.мес} \quad (12)$$

$$P_{год} = P_{сут} \cdot N_{р.год} \quad (13)$$

где  $N_{р.мес}$  и  $N_{р.год}$  - число дней работы в месяц и в год.

Эффективную годовую пропускную способность причала  $P_{год}^{эф}$  можно определить по зависимости

$$P_{год}^{эф} = P_{сут.прич} \cdot \frac{N_{нав}}{k_{нер}} \quad (14)$$

Условие нормальной работы порта записывается соотношением

$$P_{год}^{эф} \geq Q_{год} \quad (15)$$

Эффективная пропускная способность имеет резерв, использование которого зависит от регулярности движения судов (снижение коэффициента неравномерности прибытия судов в порт).

Вычисленная пропускная способность причала по (7) и (10) учитывает факторы технические, эксплуатационные, метеорологические, то есть все, кроме экономических и, следовательно, является лишь минимально необходимой. Увеличение пропускной способности причала сверх минимально необходимой потребует дополнительных инвестиций в перегрузочное оборудование и вызовет увеличение эксплуатационных расходов по порту. Но при этом сократится время стоянки судна под погрузкой (разгрузкой) у причала и, в целом – нахождения судна в порту. Следовательно, судно за навигацию сделает больше рейсов, перевезет больше грузов, потребуется меньше судов для выполнения заданного грузооборота, то есть сокращаются эксплуатационные расходы по флоту. Если экономия по флоту, полученная в результате повышения суточной пропускной способности сверх минимального необходимого значения, превысит увеличение дополнительных инвестиций и эксплуатационных расходов по порту, то такое решение будет экономически целесообразным.

Выбор оптимального значения пропускной способности делают сравнением совокупных приведенных затрат по рассматриваемым вариантам. Методы таких расчетов, изложены в специальной литературе.

Учитывая то обстоятельство, что стоимость суточной эксплуатации современных судов весьма высока, а также необходимость удовлетворения потребности клиентуры в условиях рыночной экономики, часто оказывается целесообразнее иметь резерв пропускной способности причала, т.е.

$$P_{сут.прич} = \kappa_{рез} \cdot (q_{сут})_p, \quad (16)$$

где  $\kappa_{рез}$  - коэффициент резерва.

#### **Судооборот порта.**

Число судов, посещающих порт за единицу времени (сутки, месяц, год), называют судооборотом порта ( $N_c$ ).

$$N_c = \sum_{(i)} N_{ci} = \sum_{(i)} \frac{Q_{зод.i}}{G_{ci} \cdot k_{учн.i}}, \quad (17)$$

где  $N_{ci}$  - судооборот порта по  $i$  - тому типу судна, посещающего порт;

#### **Судоемкость порта.**

Под судоемкостью порта  $n_c$  понимают наибольшее количество судов одновременно находящихся в порту

$$n_c = \frac{\sum_{(i)} (N_{ci} \cdot t_i \cdot \kappa_{пер.i})}{N_{нав}}, \quad (18)$$

где  $t_i$  - среднее время пребывания  $i$  - того типа судна в порту (определяют хронометражем).

#### 1.4. Классификации портов.

Порты классифицируют по многочисленным и весьма разнообразным признакам. Основными классификациями портов являются:

- по назначению;
- по грузообороту;
- по месту расположения (географическому положению);
- по продолжительности эксплуатации;
- по отношению к уровню воды;
- по таможенным правилам.

**По назначению** порты подразделяют на:

- транспортные:
  - грузовые (**общего пользования** – осуществляется перегрузка нескольких видов грузов; **специализированные** – предназначены для перегрузки одного вида груза);
  - пассажирские;
- военные (порты или базы военно – морского флота – для отстоя, ремонта, снабжения и снаряжения судов);
- промысловые – чаще всего рыбные, с особыми санитарными требованиями, складами, холодильниками, часто перерабатывающими предприятиями и, как правило, с собственной судоремонтной базой;
- порты – убежища – предназначены для укрытия судов во время шторма, как правило, на водохранилищах в естественных бухтах с достаточными глубинами, а при необходимости – огражденными молами или волноломами для защиты акватории. К портам – убежищам относят и аванпорты у гидроузлов в верхнем бьефе.

**По грузообороту** – по объему выполняемой портом работы.

Внутренние (речные и водохранилищные) порты, в зависимости от среднесуточного грузооборота и пассажирооборота, подразделяют на четыре категории:

- к первой категории относят порты со среднесуточным грузооборотом  $q_{сут}^{средн}$  более 15000 условных тонн или более 2000 тыс. условных пассажиров;
- ко второй категории – от 15000 до 3500 условных тонн или от 2000 до 500 условных пассажиров;
- к третьей категории – от 3500 до 750 условных тонн или от 500 до 200 условных пассажиров;
- к четвертой категории – менее 750 условных тонн и менее 200 условных пассажиров.

Среднесуточный грузооборот (пассажирооборот) в условных тоннах (пассажирах) определяют по зависимостям:

$$q_{сут}^{средн} = \frac{\sum_{(i)} (Q_{год.i} \cdot k_{крив.i})}{N_{нав}} \quad (\text{условных } т), \quad (19)$$

$$П_{сут}^{средн} = \frac{\sum_{i} (П_{год.i} \cdot k_{прив.i})}{N_{нав}}, \quad (\text{условных } пасс.), \quad (20)$$

где  $П_{сут}^{средн}$  - средний суточный пассажирооборот в условных пассажирах, усл. пасс/сутки;

$П_{год.i}$  - годовой пассажирооборот по  $i$ -тому виду следования пассажиров, пасс/год;

$k_{прив.i}$  - коэффициент приведения грузооборота (пассажирооборота) в условные тонны (пассажиры), учитывающий неодинаковую трудоемкость перегрузки различных видов грузов (или

направления следования пассажиров (числовые значения приведены в табл.1))

Таблица 1.

**Числовые значения  $k_{прив}$ .**

<b>Вид груза или направление следования пассажира</b>	$k_{прив}$
Штучные	4,6
Контейнеры	3,1
Металлогрузы, оборудование и железобетонные изделия	3,4
Уголь	1,0
Руда	1,1
Камень, гравий, щебень	1,3
Песок, песчано – гравийная смесь, выгружаемые средствами гидромеханизации	0,6
Тоже, выгружаемые другими средствами механизации	0,8
Лесные грузы в пакетах	2,5
Соль, минеральные удобрения	2,1
Лесные грузы в непакетированном виде	3,0
Цемент насыпью	4,6
Зерно насыпью	2,5
Наливные грузы (нефть)	1,1
Пассажиры:	
-местные линии	1,0
-транзитные	2,5
-пригородные и городские	0,15

Внутренние порты с  $Q_{год} \leq 50$  тыс.т. или предназначенные для пассажиров только местных и пригородных линий называют пристанями. С точки зрения классификации пристани относят к четвертой категории.

Морские порты, в зависимости от годового грузооборота, подразделяют на:

Самые крупные – с годовым грузооборотом  $Q_{год} > 20$  млн. т/год.

Крупные –  $Q_{год} \in [20; 10)$  млн. т/год;

Средние –  $Q_{год} \in [10; 5)$  млн. т/год;

Региональные –  $Q_{год} \in [5; 1)$  млн. т/год;

Местные –  $Q_{год} \leq 1$  млн. т/год.

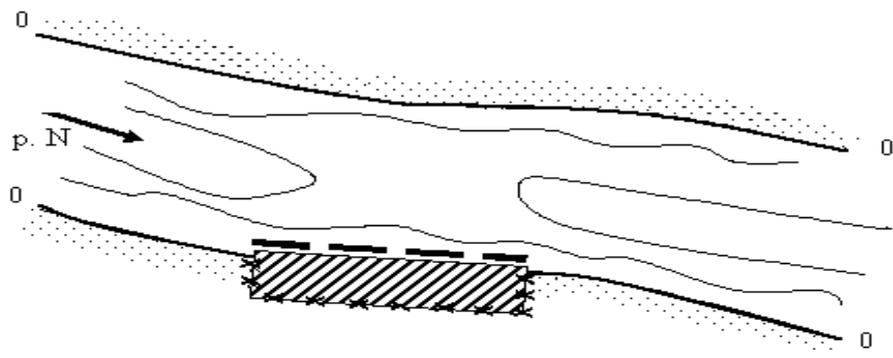
По географическому положению различают порты: речные, водохранилищные, устьевые, морские (береговые, островные, лагунные).

Речные порты, в зависимости от расположения на реке, подразделяют на:

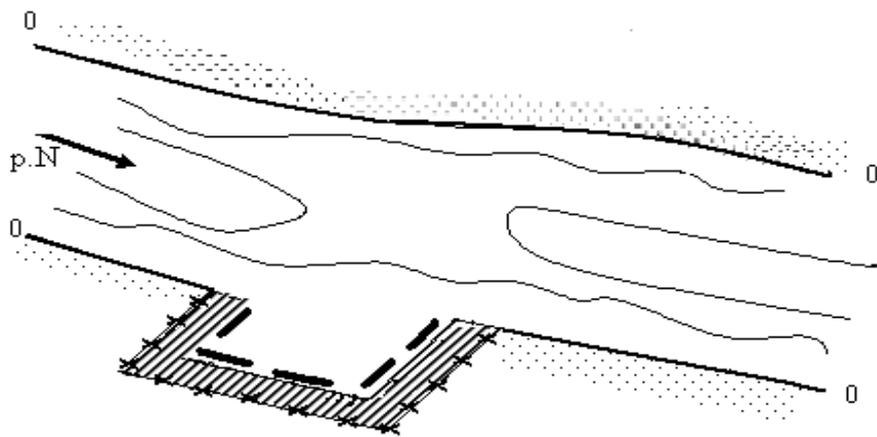
- **русловые**, причальный фронт которых расположен по берегу русла реки (рис 6 а);

- **внеусловые** (ковшевые или затонные), причальный фронт которых в искусственном ковше (бассейне) или естественном затоне (рис. 6 б);

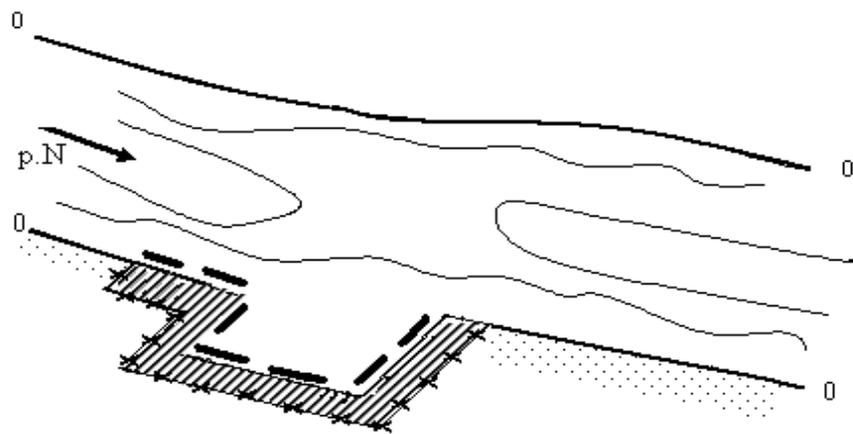
- **смешанного типа**, причальный фронт которых расположен и в русле и в ковше (вне русла) (рис. 6 в).



а)



б)



в)

**Рис.6. Речной порт**  
**а – русловой; б – внерусловой (ковшевой); в – смешанного типа**

**Водохранилищные порты**, расположенные в верхних бьефах, также как и морские, требуют, как правило, защиты от волн, высоты которых во время шторма могут достигать значительных размеров. Такие порты являются одновременно и портами – убежищами. Также как и морские, водохранилищные порты могут быть береговыми, островными и бухтовыми (в естественных бухтах (затонах)).

**Устьевые порты**, расположены в устьях рек, где сходятся морские и речные суда, являются, как правило, крупнейшими портами мира (Санкт – Петербургский, Гамбургский, Лондонский, Нью – Йоркский, Роттердамский и др.). Причальный фронт таких портов стремятся разместить на некотором расстоянии от моря по устьевым берегам рек либо в искусственно открытых бассейнах, чтобы избежать строительства протяженных оградительных сооружений. На крупных реках устьевые порты часто располагают на значительном расстоянии от устья и их относят к разряду внутренних морских портов (Херсонский, Архангельский порты и др.).

#### **Морские порты:**

- **береговые** – на открытом песчаном морском берегу – требуют устройства внешних оградительных сооружений, протяженность которых может измеряться километрами;

- **островные** – располагают на островах и предназначены для перегрузки грузов по варианту «судно – судно», либо требуют сухопутной связи с берегом (мосты, туннели и т. п.);

- **бухтовые** – расположены в бухте на морском берегу, имеют полную или частичную естественную защиту от волн, и сравнительно небольшие по длине внешние оградительные сооружения;

- **лагунные** – размещаемые в глубине лагун – проливов, отделённых от моря естественными песчаными косами. Такие порты, как

правило, требуют устройства подходных каналов и выполнения работ по поддержанию гарантированных глубин на подходах к порту.

**По годовой продолжительности эксплуатации** различают порты:

- **постоянные**, работающие круглый год (незамерзающие) и навигационные (замерзающие);

- **временные**, работающие в период строительства или реконструкции постоянных портов, либо построенные на период обслуживания крупных строек.

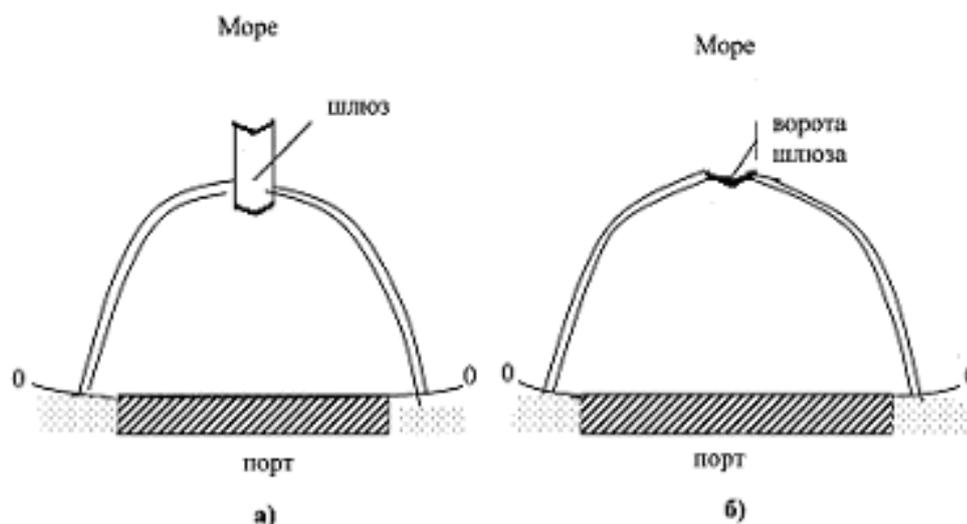
В зависимости от характера и полноты услуг, оказываемых транспортным судам, морские порты подразделяют на три группы:

1. **базовые** порты, в которых осуществляют все виды обслуживания, с годовым грузооборотом более 800 судов и грузооборотом по сухим грузам более 6 млн.т. (по наливным более 12 млн.т.);
2. **с ограниченным обслуживанием** при годовом грузообороте от 600 до 800 судов; и грузооборотом от 1,5 до 6,0 млн.т/год по сухим грузам (по наливным от 6,0 до 12,0 млн.т/год);
3. все порты **с минимальным объемом обслуживания**, без которого невозможно поддерживать нормальное судоходство.

**По отношению к уровню воды** морские порты бывают:

- **открытые** – со свободным входом для судов на акваторию (рис. 7 а)

- **закрытые** – районы с большими амплитудами колебаний уровня воды, с устройством на входе в порт шлюзов или полушлюзов для поддержания постоянного уровня воды на акватории, что значительно снижает затраты на строительство причальных сооружений (рис. 7 б).



**Рис.7. Морские закрытые порты**  
**а – порт-шлюз; б – порт - полушлюз**

По отношению к международной торговле морские порты подразделяют на:

- **мировые** – принимающие любые суда;
- **международные** – принимающие суда, обеспечивающие импортно – экспортные перевозки по межгосударственным или предпринимательским контрактам;
- **каботажные** – обеспечивающие внутренние государственные или предпринимательские перевозки.

По таможенным правилам морские порты различают:

- **таможенные** – со сбором таможенных пошлин;
- **со свободными зонами** – часть причалов, для перегрузки одного или нескольких видов грузов в порту, не облагается таможенными пошлинами;
- **бестаможенные** порты – (порты Франко) – иногда объявляемые государством или частными компаниями для привлечения грузопотоков.

Классифицировать порты можно по многим другим различным признакам. Например, в Польше значение порта определяют соотношением грузооборота и судооборота; в Англии разряд порта устанавливает доля грузооборота порта в общем грузообороте страны; в Норвегии различают порты по крупности посещающих их судов и т.д. и т.п.

## **2. Факторы естественного режима побережья, влияющие на портостроение.**

### **2.1. Естественный режим побережья.**

В соответствии с тем, что порты размещают на побережьях водоемов (рек, водохранилищ, озер и морей), где соприкасаются три природные среды – атмосфера, гидросфера (вода) и геосфера (поверхность земной коры) – всю совокупность природных факторов подразделяют на три группы:

- метеорологические;
- гидрологические;
- геологические и геоморфологические.

К метеорологическим факторам относят все явления, происходящие в атмосфере. Для строительства и эксплуатации портов наибольшее значение имеют:

- ветер;
- температура;
- осадки;
- туманы.

Гидрологические факторы связаны с проявлением водной среды. Важнейшими для портостроения гидрологическими факторами являются:

- колебания уровней воды;
- волнение;

- течения;
- ледовый режим;
- загрязненность воды.

Геологические и геоморфологические факторы включают:

- геологическое строение района;
- свойства грунтов;
- изменимость берегов и дна;
- формирование устьев рек;
- движение и отложения наносов.

Совокупность всех природных факторов в данном районе называют **естественным режимом побережья**.

Строительство порта нарушает динамическое равновесие естественного режима побережья, сложившееся при взаимном воздействии природных факторов. Последствия такого вмешательства необходимо заранее прогнозировать на базе анализа данных наблюдений за всеми факторами естественного режима.

Недостаточная изученность природных факторов приводит либо к излишним затратам на строительство, либо даже к крупным авариям. Так, через 17 лет эксплуатации был полностью занесен наносами и прекратил существование порт Цеара в Бразилии. Из – за недооценки волнового режима произошли аварии в средиземноморских портах Валенсия, Генуя, разрушен мол Мустафа, построенный в Алжире и др. Таким образом, для рационального проектирования и безопасной эксплуатации портов необходимо тщательное изучение всех факторов естественного режима побережья.

## 2.2 Метеорологические факторы и их влияние на строительство и эксплуатацию портов.

Все метеорологические факторы фиксируют четыре раза в сутки – в 1, 7, 13 и 19 часов сетью метеорологических станций России.

### **Ветер.**

Ветер – это перемещение воздушных масс. Причиной возникновения ветра является неравномерность атмосферного давления, вызванная различием температуры в разных областях атмосферы.

Ветровой режим характеризуют направлением, скоростью  $\bar{V}_s$ , продолжительностью и повторяемостью. Значение ветрового режима для портостроения особенно важно на морях и водохранилищах.

Ветры, непосредственно воздействуя на суда, затрудняют их движение и маневрирование.

Ветер создает волны на водной поверхности, определяет их направление и интенсивность, что требует устройства волнозащитных внешних оградительных сооружений, определяет их компоновку, конструкцию и направление водных подходов к порту.

Ветер переносит пыль, образующуюся при перегрузке навалочных грузов (уголь, песок, песчано – гравийная смесь и др.), вследствие чего господствующее направление ветра должно учитываться при компоновке причалов таких грузов и взаимного расположения их с причалами других грузов.

Данные многолетних наблюдений (80, 100 и более лет) дают возможность прогнозирования ветрового режима в данном районе, т.к. повторяемость ветра определенной скорости и направления по сезонам из года в год в достаточной степени стабильны.

Для портостроения направление ветра оценивают по восьми румбам. Ветры по скорости подразделяют на 12 баллов согласно международной шкале Бофорта (табл.2).

Таблица 2.

### Международная шкала Бофорта

Скорость ветра		Характеристика ветра	Действие ветра
балл	м/с		
0	0...0,5	Штиль	Полное отсутствие ветра; дым из труб поднимается вертикально
1	0,5...1,7	Тихий	Дым из труб поднимается не совсем отвесно
2	1,7...3,3	Легкий	Движение воздуха ощущается лицом; шелест листьев
3	3,3...5,2	Слабый	Колеблются листья и мелкие сучья; развеваются легкие флаги.
4	5,2...7,4	Умеренный	Колеблются тонкие ветви деревьев; ветер поднимает пыль и клочья бумаги.
5	7,4...9,8	Свежий	Колеблются большие сучья
6	9,8...12,4	Сильный	Колеблются большие ветви; гудят провода
7	12,4...15,2	Крепкий	Качаются небольшие стволы деревьев
8	15,2...18,2	Очень крепкий	Ломаются ветви деревьев; трудно идти против ветра
9	18,2...21,5	Шторм	Небольшие разрушения; срываются дымовые трубы и черепица
10	21,5...25,1	Сильный шторм	Значительные разрушения; деревья вырываются с корнем
11	25,1...29,0	Жесткий шторм	Большие разрушения
12	Более 29,0	Ураган	Опустошительное действие

На практике многолетние данные наблюдений за ветром оформляют специальными диаграммами, называемыми розами ветров: повторяемости, максимальных скоростей и разгона волн.

Результаты многолетних наблюдений анализируют по румбам, группируют по скоростям и сводят в таблицу, дополняя данными максимальных скоростей ветров (табл.3).

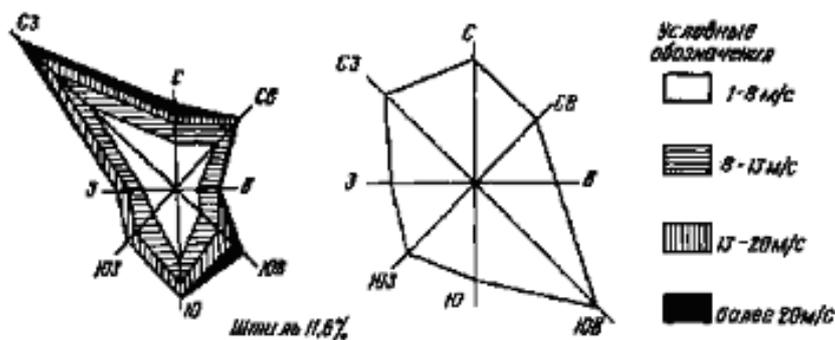
Таблица 3.

**Повторяемость ветра, в%.**

Скорость ветра, м/с	Направление ветра (румб)								Итого	
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
штиль	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,6
0...8	5,0	6,0	2,5	4,0	8,0	4,0	3,4	14,2	47,1	
8...13	2,1	3,1	2,6	3,2	3,0	3,1	1,9	5,0	24,0	
13...20	1,2	1,1	0,4	2,0	1,5	1,3	1,4	4,0	12,9	
>20	1,1	-	-	1,8	-	-	-	1,5	4,4	
Максимальная скорость ветра, м/с	26	16	15	30	15	17	13	26	100	

По табличным данным, для наглядности, строят розы повторяемости и максимальных скоростей ветров (рис.8).

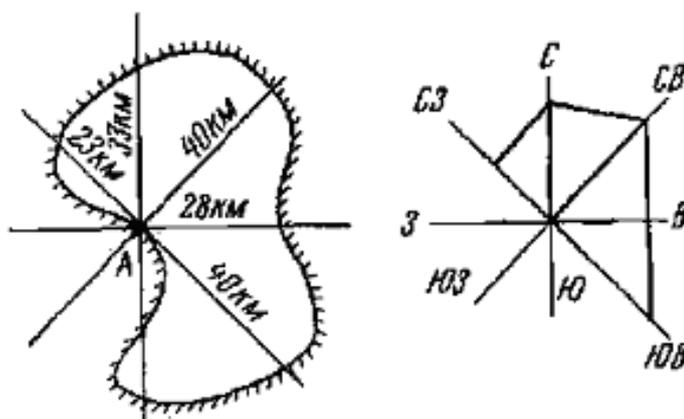
Розу повторяемости (рис.8а) строят в выбранном масштабе, откладывая от центра по каждому направлению векторы повторяемости в процентах:



Масштаб: 1 см - 10%    Масштаб: 1 см - 10 м/с

а

б



Масштаб: 1 : 2000000

в

**Рис.8. Розы ветров.**

**а – повторяемости; б – максимальных скоростей; в – разгона волн.**

- сначала ветров диапазона скоростей от 0 до 8 м/с и концы этих векторов соединяют отрезками прямых;
- затем от концов полученных векторов – ветров от 8 до 13 м/с;
- и т. д.

Сумма векторов по всем румбам с учетом штиля дает 100%.

Розу максимальных скоростей ветров (рис. 8 б) строят в выбранном масштабе путем откладывания от центра по всем румбам числовых значений этих скоростей.

На рис. 8в представлена роза возможного разгона волн.

### **Температура.**

Измерение температуры воздуха и воды осуществляют на гидрометеостанциях и представляют в виде годовых графиков хода температур. Для портостроения эти данные определяют длительность навигации (от даты вскрытия водоема до даты его замерзания).

Некоторые наливные грузы (сырая нефть, мазут и т. п.) загустевают при низких положительных температурах. Перед перегрузкой таких грузов требуется его прогрев, что, естественно, повышает стоимость перегрузочных работ.

### **Осадки.**

Наблюдения за осадками в виде дождя, снега или града проводят на гидрометеостанциях. Для портостроения осадки неблагоприятны тем, что ухудшают условия труда докеров или даже останавливают перегрузку грузов, боящихся атмосферных осадков (сахар, зерно, минеральные удобрения и т. п.), если проектом порта не предусмотрены устройства навесов или крытых причалов.

### **Влажность воздуха и туманы.**

Одной из важных характеристик погоды является влажность воздуха. При понижении температуры воздуха и достижении «точки росы», когда упругость водяного пара в атмосфере достигает упругости насыщенного пара, водяные пары начинают конденсироваться на частичках пыли в атмосфере и эти скопления мельчайших капель воды в воздухе образуют туманы.

Для портостроения этот метеорологический фактор неблагоприятен тем, что затрудняет движение судов, а при очень плотном тумане – останавливает перегрузочные работы.

На реках туманы образуются в утренние часы, кратковременны и достаточно быстро рассеиваются.

На морях туманы чаще всего образуются в районах, где встречаются теплые и холодные течения, вблизи побережий холодных морей и кромок льдов. В отдельных районах число дней с туманами достигает 150...170 в год (о. Ньюфаундленд). Наибольшее число дней с туманами в России наблюдается на Дальнем Востоке – до 80 дней в год (Владивосток), на Балтийском побережье до 60 дней в год. Знамениты и Лондонские туманы, продолжительность которых измеряется неделями.

### **. 2.3. Гидрологические факторы естественного режима, влияющие на портостроение**

#### **1. Колебания уровня воды.**

Колебания уровня воды характерны для всех водоемов, но в разных пределах. В портостроении закономерности колебания уровня воды необходимо знать для назначения отметок территории и дна акватории порта, определения строительного периода, назначения формы отделки берега, разработки мероприятий от возможных ледовых воздействий (уровень ледоходов) и т.д.

Различают нижеследующие изменения уровня воды:

- **вековые** – связаны с тектоническими процессами в земной коре, зависящими от солнечной активности; являются малоизученными, проявляются многоводными и маловодными сравнительно длительными периодами и наиболее характерны для бассейнов внутренних морей (Каспийское, Аральское).

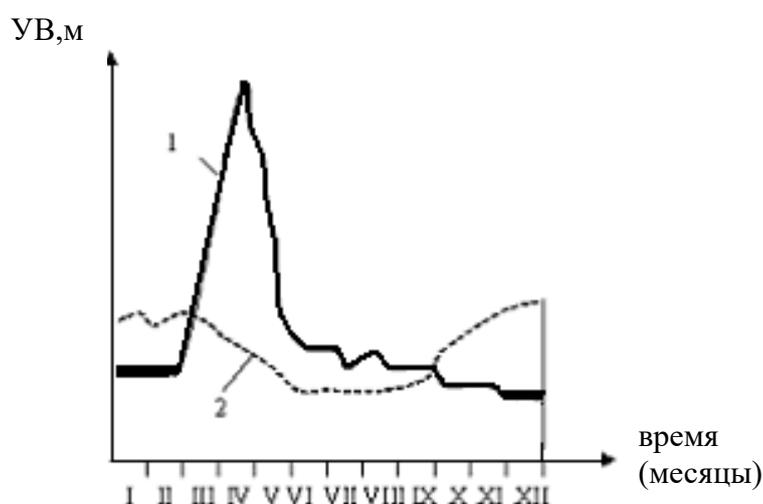
Каких – либо закономерностей вековых колебаний уровней воды к настоящему времени нет.

- **ветровые** – стоны и нагоны, характеризуются отсутствием регулярности и периодичности, также как и действие самих ветров. При продолжительном действии ветра на значительном протяжении

водной поверхности, вследствие трения между воздухом и водой, образуется ветровое течение. Оно приводит к понижению уровня воды у подветренного берега (сгон) и повышению уровня воды у наветренного берега (нагон). Наибольший эффект сгонов и нагонов наблюдается в устьевых участках рек, в узких морских заливах и бухтах, у отмелых берегов морей.

Амплитуды ветровых колебаний уровней воды на водохранилищах достигают 1,5 м; в устьях рек и у морских берегов – 2...3 м (например, в устье р. Волги нагон достигает 2 м, а сгон 1 м; в устье р. Дон – 2,5 и 2 м, соответственно);

• **сезонные** – являются регулярными и связаны с изменением расхода воды в реках в паводковый и меженный периоды, период муссонных дождей и т. п. Сезонные колебания являются основной причиной изменения уровня воды на реках. Амплитуда колебаний уровня воды на свободных реках достигает 10...15 м; на зарегулированных реках сезонные перепады уровней воды значительно меньше; (рис.9)



**Рис.9. Графики колебаний уровней воды:**

**1 – для свободной реки; 2 – после создания водохранилища**

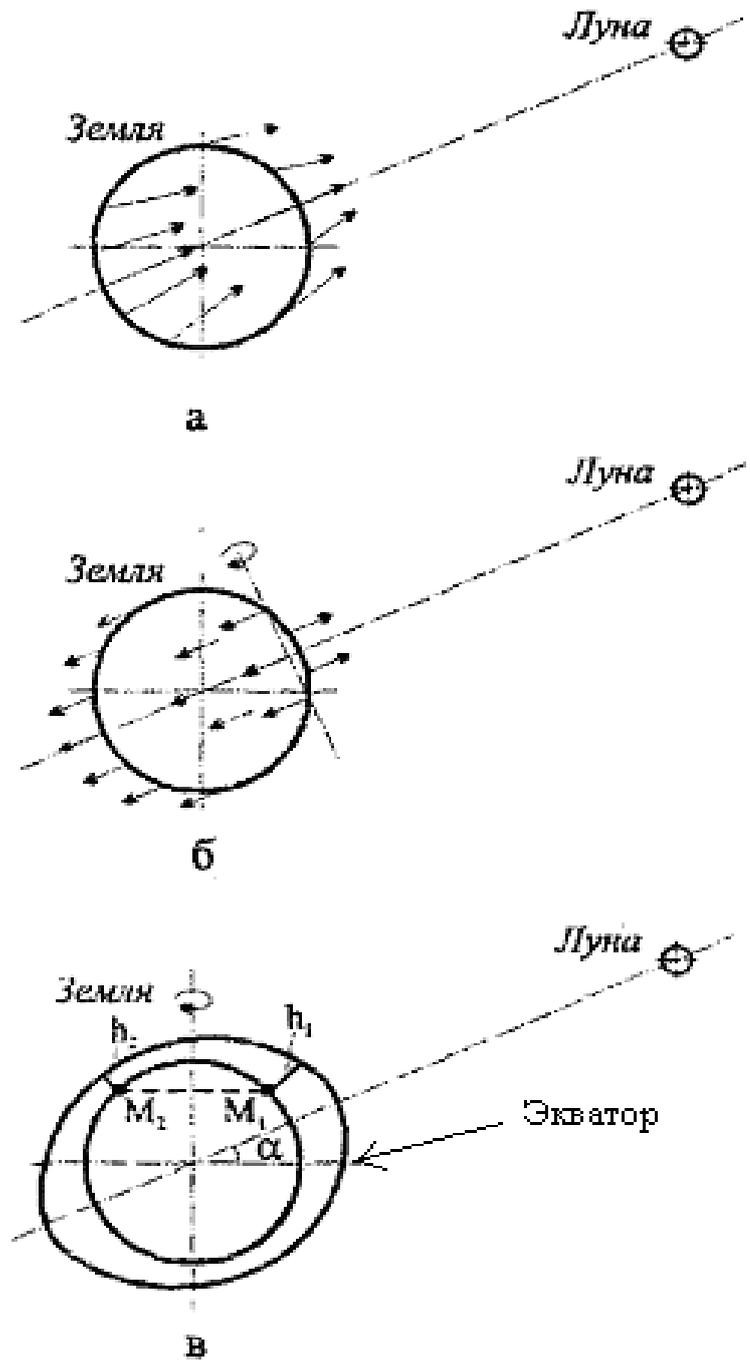
• **приливо – отливные** – характеризуются строгой периодичностью и связаны с притяжением космических тел. Сила притяжения прямо пропорциональна массам тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

На водную поверхность Земли оказывает такое влияние любое астрономическое тело, однако наиболее сильно сказывается воздействие Луны и Солнца. При этом влияние Луны на приливообразующую силу (в среднем) примерно в 2,16 раза больше чем Солнца и, следовательно, приливы и отливы следуют за лунными сутками (24 часа 50 минут), наступая дважды приливом (полная вода) и отливом (малая вода) через 12 часов 25 минут.

Приливообразующая сила пропорциональна массам тел и обратно пропорциональна кубу расстояния между ними

На рис. 10 представлена схема возникновения колебаний уровня воды под действием Луны.

Под действием сил притяжения рис.10 а и центробежных сил от вращения системы Земля – Луна вокруг оси, проходящей через ее центр тяжести (рис. 10 б), водная оболочка Земли деформируется. На рис. 10 в представлен характер деформации водной оболочки Земли в результате сложения действия этих сил из-за склонения Луны относительно плоскости экватора Земли под углом  $\alpha \approx 22.5^\circ$  (рис.10). Амплитуда приливных колебаний уровней воды на одной и той же широте Земли в течение суток будет неодинаковой (рис. 10 в, точки  $M_1$  и  $M_2$ ). Разность отметок уровней воды двух смежных приливов  $\Delta h = h_1 - h_2$  называют **суточным неравенством** приливо – отливных колебаний (рис.11).

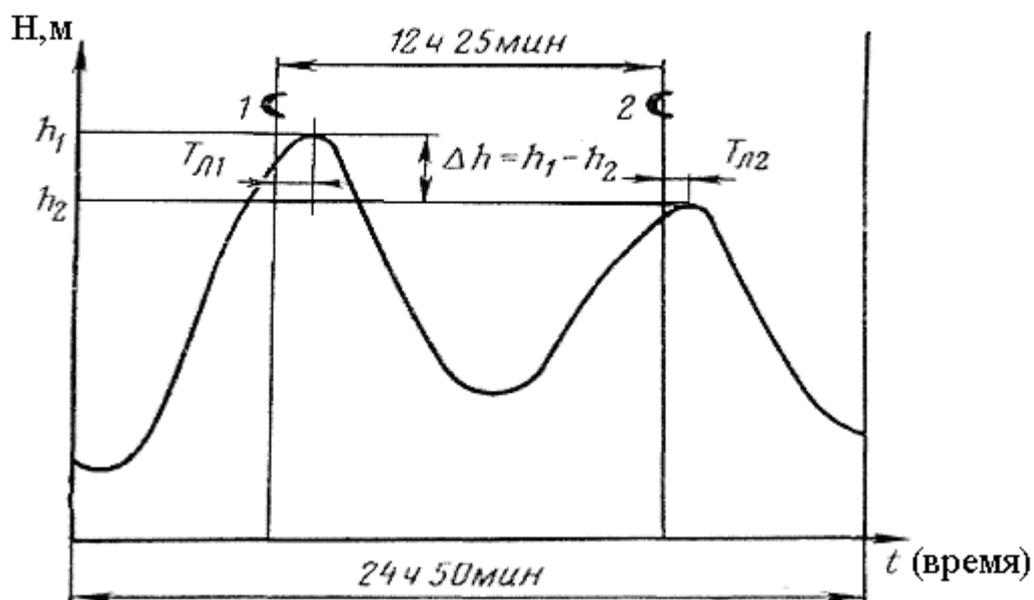


**Рис.10. Схема возникновения приливо-отливных колебаний уровня воды под действием Луны.**

**а – притяжения Луны;**

**б – влияния центробежных сил в системе Земля – Луна;**

**в – деформации водной оболочки Земли.**



**Рис.11. Суточный график приливных колебаний уровня:  
1 и 2 – моменты кульминации Луны**

Совместное действие Луны и Солнца приводит к изменениям амплитуды приливо – отливных колебаний в течение месяца. Эти изменения связаны со взаимным расположением Земли, Луны и Солнца в пространстве. Когда Земля, Луна и Солнце располагаются на одной прямой (при новолунии и полнолунии), приливообразующие силы и высота прилива будут больше (сизигия). При расположении Земли, Луны и Солнца под углом близким к  $90^{\circ}$  (первая и последняя четверти Луны) приливообразующая сила и высота прилива будут наименьшими (квадратура) (рис.12).



**Рис.12. Месячный график приливных колебаний уровня воды**

Различие между сизигийными и квадратурными приливами называют **полумесячным неравенством** колебаний уровней воды.

Амплитуды приливных колебаний изменяются до 40%, вследствие эллиптической орбиты Луны. Этот факт называют **параллактическим неравенством** изменений амплитуд приливов.

Строгий периодический характер приливов и отливов по астрономической теории искажается рельефом дна, очертанием береговой линии, инерцией водных масс и т.п. Запаздывание фактического пика прилива по сравнению с моментом времени прохождения Луны через меридиан называют **лунным промежутком** (рис.11,  $T_{Л1}$  и  $T_{Л2}$ ). Средний лунный промежуток в сизигии называют **прикладным часом порта**.

Амплитуды приливо – отливных колебаний уровней воды внутренних морей (Балтийское, Азовское, Черное, Каспийское и т.д) измеряются несколькими сантиметрами; в открытых океанах до 1,5...2 м (Тихий – max 0,9 м; Атлантический – 0,8 м и т.п.); у берегов открытых

морей и, в особенности, в сужающихся заливах они значительны (у Мурманского побережья 4,5 м; у горла Белого моря – 5,5 м; у побережья Франции – 2...12 м; у английских берегов – 7...11 м; в Пенжинской губе Охотского моря – 12 м; в Бристольском заливе Франции – 15 м; в заливе Фунди на атлантическом побережье Канады – 18 м).

Вне зависимости от причин колебаний уровней воды, для порто-строения важно знать их среднюю многолетнюю обеспеченность. По данным наблюдений за длительный период (не менее чем за 40...80 лет) строят графики повторяемости и обеспеченности уровней воды.

Под **повторяемостью** уровней воды ( $\Pi, \%$ ) понимают процентное отношение периода времени (или числа измерений  $t$ ), когда уровень воды находился в определенном ( $i$ -том), интервале ( $\Delta H_i$ ) к общему периоду (или числу измерений  $T$ )

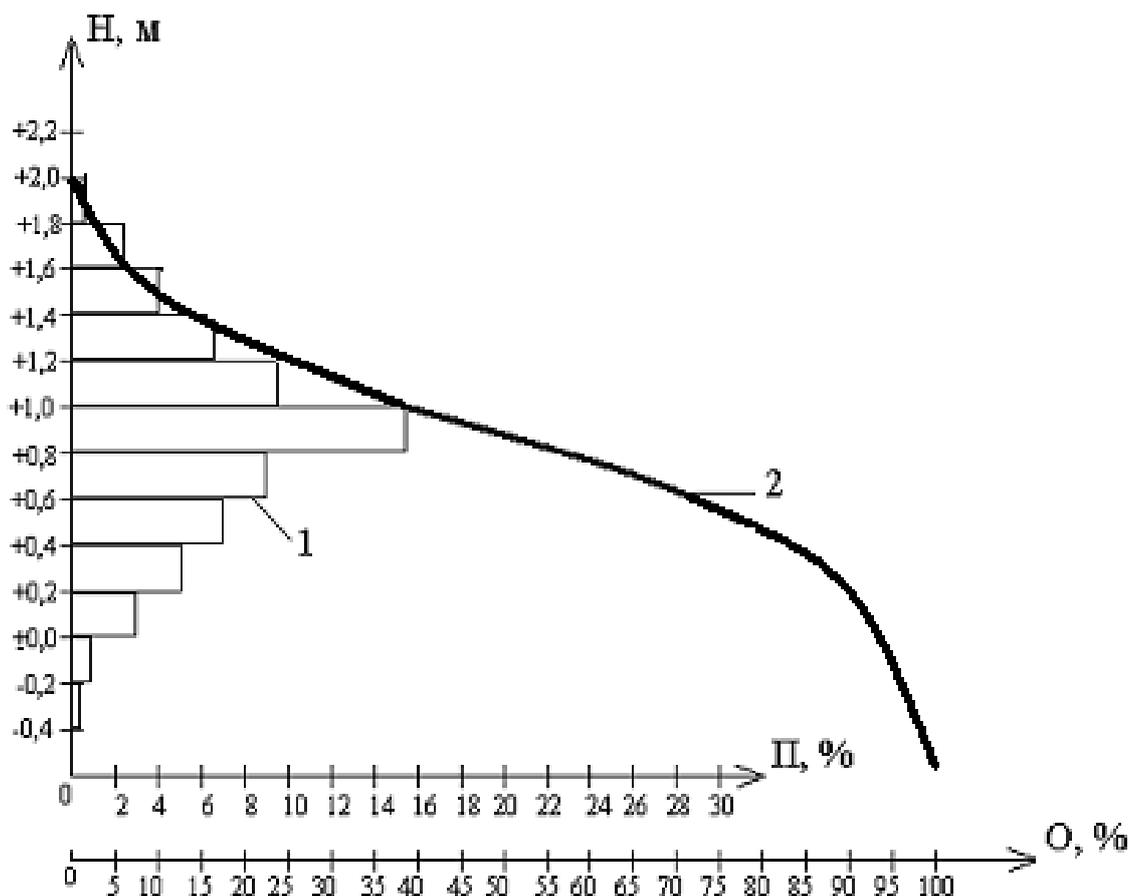
$$\Pi_i(\Delta H_i) = \frac{t_i(\Delta H_i)}{T} \cdot 100\% \quad (21)$$

График повторяемости представлен на рис. 13 в виде ступенчатой ломаной линии.

Под **обеспеченностью** уровня воды ( $O_i, \%$ ) понимают процентное отношение периода времени (или числа измерений)  $T_1$ , когда уровень воды был не ниже рассматриваемого, к общему периоду (или числу измерений)  $T$ .

$$O_i = \frac{T_1}{T} \cdot 100\% = \sum_0^i [\Pi_i(\Delta H_i)] \quad (22)$$

График обеспеченности уровней воды строят как интегральный по отношению к графику повторяемости (рис. 13)



**Рис.13. Графики повторяемости (1) и обеспеченности (2) уровня воды.**

По графику обеспеченности, построенному по данным наблюдений за многолетний период, определяют и назначают для порта отметки расчетных уровней воды требуемого процента обеспеченности:

- высокий расчетный уровень (ВРУ(...%));
- низкий расчетный уровень (НРУ(...%));
- средний многолетний уровень (УВ(50%)) и т.д.

## 2. Волнение

Волнение – это вид переноса энергии на расстояние.

Для портостроения волны неблагоприятны тем, что затрудняют движение судов, вызывают качку и оказывают силовые воздействия на сооружения.

Причинами возникновения волн на водной поверхности могут быть:

- подводные землетрясения вызывающие сейсмические волны, называемые цунами (в переводе с японского – «волна в гавани»). В океанах и открытых морях они практически незаметны для судов. При приближении к берегу и выходе на материковый склон и шельф, вследствие трансформации волн и концентрации энергии, особенно в сужающихся бухтах и заливах, могут образоваться волны высотой до 30 м, обладающие большой разрушительной силой. Волны цунами случайны и при проектировании гидротехнических сооружений их не учитывают ибо защита от них требует огромных инвестиций, которые пока непосильны для человечества;

- притяжение небесных светил, вызывающее к жизни приливные волны – сейши. Эти волны большого периода проявляются в виде медленного подъема и спада уровня воды на сравнительно больших по площади водных объектах (крупные озера, внутренние моря и т.п.);

- перемещение плавающих тел по поверхности воды, чаще всего, судов. Такие волны называют судовыми или корабельными;

- ветер – волны, обусловленные действием ветра на поверхность воды.

Ветровые волны представляют наибольший интерес для гидротехнического строительства, в том числе и для портов.

Различают волны:

- **вынужденные** – перемещающиеся по поверхности жидкости в зоне действия ветра;

• **свободные** (волны зыби) – распространяющиеся по поверхности жидкости вне зоны действия ветра .

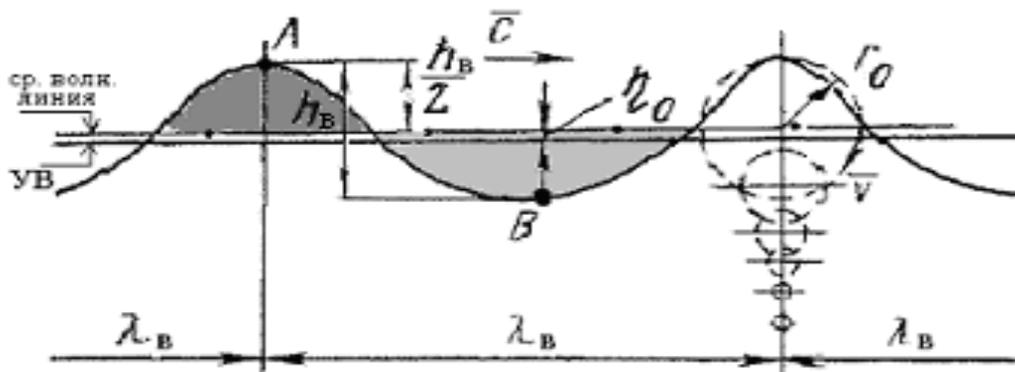
Размеры ветровых волн зависят, прежде всего, от скорости ветра  $\bar{V}_e$ , продолжительности его действия  $\Pi$ , протяженности разгона волн  $D$  и глубины водоема  $H$ .

На реках, исключая устья крупных рек (Енисей, Лена, Обь и др.), ветровое волнение не оказывает влияния на обработку судов, стоящих у причалов и нагрузки от них на сооружения не учитывают. На водохранилищах высоты ветровых волн достигают 3...4 м, а в прибрежной зоне океанов и морей – 8...10 м.

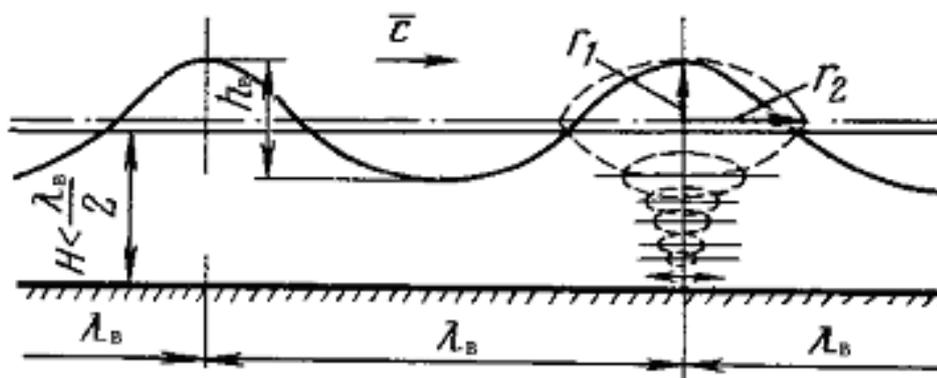
Взволнованная водная поверхность имеет сложный, как правило, трехмерный характер и на первый взгляд представляет собой хаотично возникающие водные холмы и впадины перемещающиеся в разных направлениях. Однако в трехмерном волновом хаосе обнаруживается генеральное направление перемещения волн, имеющих двухмерный характер. Еще больше двухмерность волн проявляется при приближении к берегу.

До настоящего времени не разработана методика расчета сооружений на действия вынужденных волн. Поэтому инженерные расчеты портовых сооружений выполняют на воздействие волн зыби.

На водохранилищах и озерах профиль взволнованной ветром водной поверхности (рис.14) близок к геометрической линии – трохоиде. Трохоидой называют траекторию некоторой точки  $M$ , расположенной на плоскости диска, который катится по поверхности без скольжения



а



б

**Рис.14. Элементы волн (профиль взволнованной поверхности):  
а – на бесконечной глубине;  
б – на конечной глубине.**

Теорию волн, разработанную в гидромеханике в соответствии с изложенным положением, называют трохoidalной теорией волн (приближенная теория профессора пражского университета Герстнера).

Основными элементами и параметрами волн являются (рис.14):

- **гребень волны** – часть профиля взволнованной поверхности, расположенная выше средней волновой линии;
- **вершина волны** – наивысшая точка гребня волны;

• **ложбина (впадина) волны** – часть профиля взволнованной поверхности, расположенная ниже средней волновой линии;

• **подошва волны** – наинизшая точка ложбины волны;

• **высота волны ( $h_g$ )** - расстояние между соседними вершиной и подошвой профиля взволнованной поверхности

• **длина волны ( $\lambda_g$ )** - расстояние между двумя соседними вершинами, подошвами или любыми смежными одноименными точками профиля взволнованной поверхности;

• **период волны ( $\tau_g$ )** - интервал времени, за который через фиксированный створ проходят две соседние вершины, подошвы или две смежные одноименные точки профиля взволнованной поверхности;

• **средняя волновая линия** – горизонтальная линия, которая делит высоту волны на две равные части;

• **фронт волны** – линия на плане взволнованной поверхности, проходящая по вершинам гребня данной волны;

• **луч волны** – линия перпендикулярная фронту волны и направленная в сторону ее распространения;

• **скорость распространения волн ( $\bar{c}$ )** - скорость перемещения гребня волны

$$\bar{c} = \lambda_g / \tau_g; \quad (23)$$

• **крутизна волны  $\rho$**  - отношение высоты волны к ее длине

$$\rho = h_g / \lambda_g \quad (24)$$

• **пологость волны  $\Pi$**  - отношение длины волны к ее высоте

$$\Pi = 1 / \rho \quad (25)$$

• **круговая частота волны  $\omega$**

$$\omega = 2\pi / \tau_g \quad (26)$$

• **волновое число  $k$**

$$k = 2\pi / \lambda_g \quad (27)$$

• **орбитальная скорость  $\bar{V}$**  - скорость колебательного перемещения частиц воды при волнении.

Согласно трохоидальной теории волн:

- для волн на бесконечной глубине

$$\tau_g = \sqrt{2\pi\lambda_g / g} \quad (28)$$

$$\bar{V} = h_g \cdot \sqrt{\pi g / (2\lambda_g)} \quad (29)$$

$$r_y = r_0 \cdot \exp(-2\pi y / \lambda_g) \quad (30)$$

$$\eta_0 = \pi h_g^2 / (4\lambda_g) \quad (31)$$

где  $g=9.81\text{м/с}^2$  – ускорение свободного падения;

$r_y$  – радиус круговых орбит частиц воды на глубине  $y$  ( $r_0 = h_g / 2$ );

$\eta_0$  - превышение средней волновой линии над отметкой спокойного уровня воды.

- для волн на мелководье (на конечной глубине

$(\lambda_{в}/2) \geq H \geq H_{\text{крит.}}$ , рис. 14б).

$$\lambda_{г.м} = \lambda_{г.г.л} \cdot th(2\pi H / \lambda_{г.м}) \quad (32)$$

$$\tau_g = \sqrt{[2 \cdot \pi \cdot \lambda_{г.м} \cdot cth(2\pi H / \lambda_{г.м})] / g}, \quad (33)$$

где  $th$  и  $cth$  - гиперболические функции тангенс и котангенс;

$H$  - глубина;

$\lambda_{\text{г.л}}, \lambda_{\text{г.м}}$  -длина волны на глубокой воде (бесконечная глубина) и на мелководье (конечная глубина);

$H_{\text{крит.}}$  – критическая глубина, при которой волны разрушаются (примерно  $(1.2 \dots 2.0)h_{\text{в}}$ ).

Среднеарифметическое значение высоты волны ( $\bar{h}_{\text{г}}$ ) и период волны ( $\tau_{\text{г}}$ ) определяют по безразмерному эмпирическому графику (рис. 15) в зависимости от расчетной скорости ветра  $\bar{W}$ , времени его действия  $\Pi$ , длины разгона волн  $D$  и глубины водоема  $H$ .

По мере приближения к берегу глубина уменьшается, вследствие чего изменяются параметры волн (происходит трансформация волн).

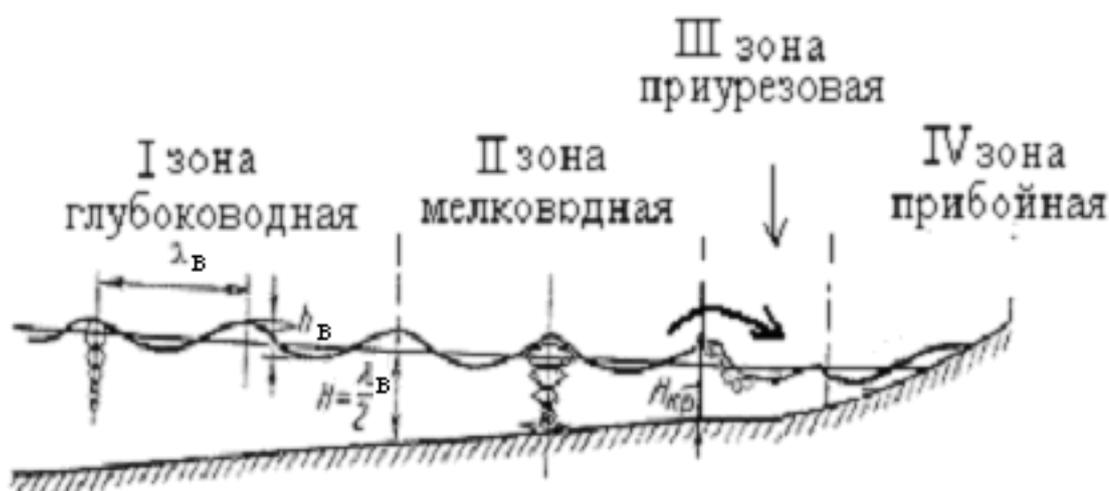
В соответствии с изменением глубины в прибрежной зоне водного бассейна выделяют четыре зоны (рис. 16):

1. глубоководная ( $H \geq \lambda_{\text{г}}/2$ );
2. мелководная ( $H \in (\lambda_{\text{г}}/2 ; H_{\text{крит}} \approx (1,2 \dots 2,0) \cdot h_{\text{г}} - \text{критическая глубина})$ );
3. прибойная ( $H \leq H_{\text{крит}}$ );
4. приурезовая – зона наката волн на берег.

В глубоководной зоне дно водоема не оказывает влияния на волновой процесс. Волны расходуют энергию только на турбулентное трение частиц воды. Профиль волны симметричен. Траектории движения частиц воды, согласно теории, замкнутые круговые. (**Примечание.** На практике частицы воды движутся по петлеобразным орбитам, медленно перемещаясь вперед. В отличие от теории, в действительности имеет место очень медленное перемещение массы жидкости вперед – волновое течение. Эти вопросы выходят за рамки курса, освещены в специальной литературе и, при необходимости, могут быть изучены студентами самостоятельно).



В мелководной зоне на волновой процесс оказывает влияние дно. Круговые орбиты движения частиц трансформируются в эллиптические (рис.16), длина и скорость распространения волн уменьшаются, профиль волны становится несимметричным; возможно забунирование отдельных волн.



**Рис.16. Волновые зоны в прибрежной части водоема**

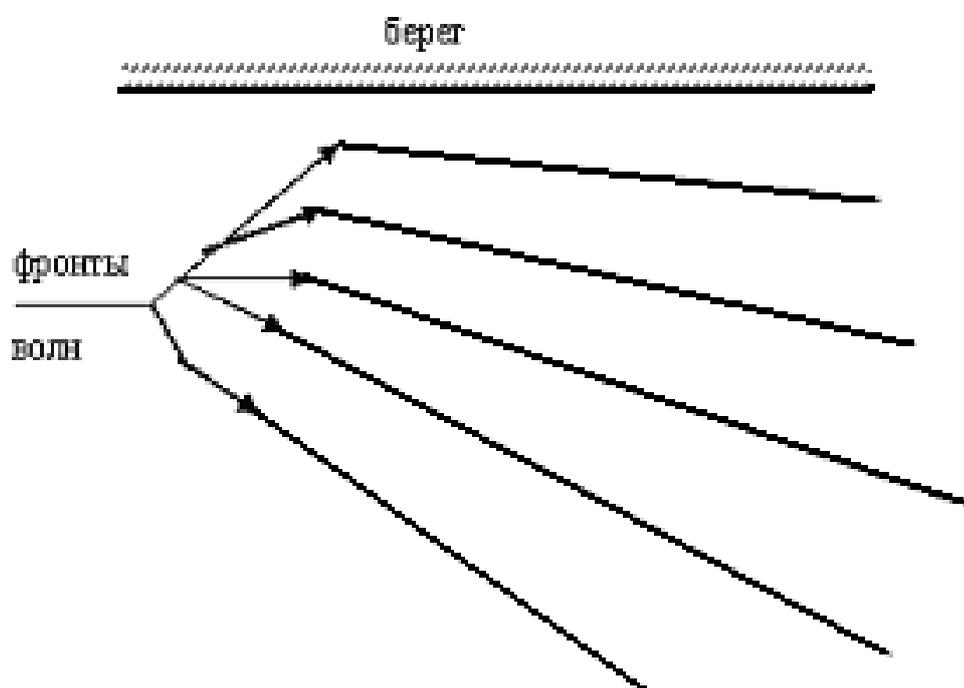
В прибойной зоне массы воды приобретают поступательное движение в сторону берега. В зависимости от рельефа дна волны в этой зоне могут иметь несколько последовательных обрушений. Регулярность и периодичность волнового процесса нарушается.

Приурезовая зона начинается со створа последнего обрушения волны, т.е. разрушения волны, и прибойный поток вкатывается на берег, гася остатки переносимой волной энергии.

Внешние оградительные сооружения портов стремятся разместить во второй (мелководной) зоне. В четвертую и третью зону попадают гидротехнические берегоукрепительные сооружения.

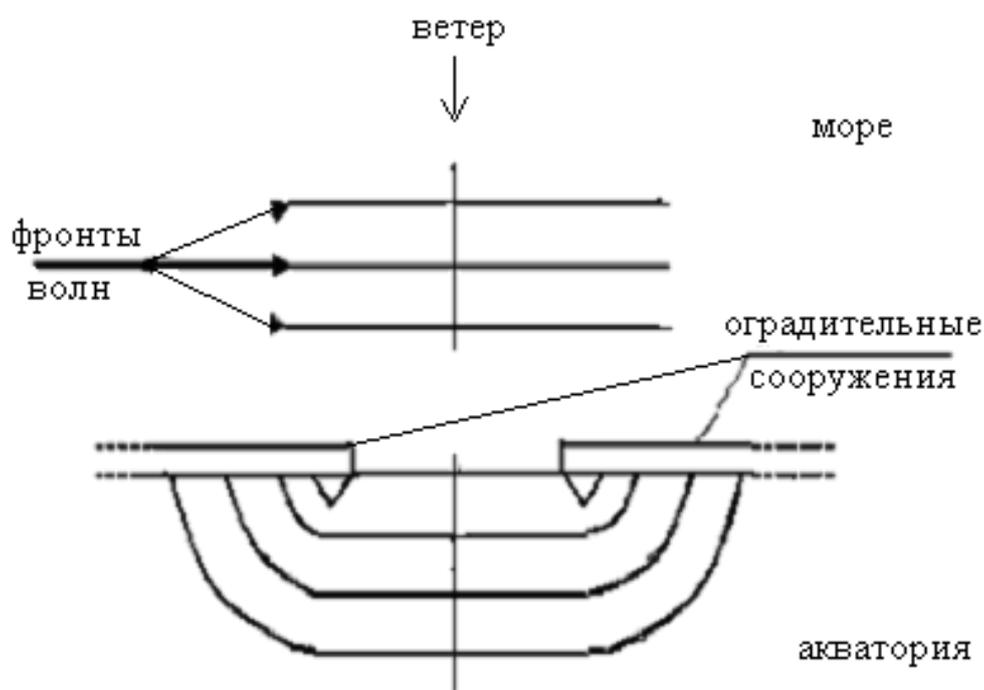
На параметры (элементы) волн оказывают влияния такие свойства волн как:

- **рефракция** – стремление фронта волны, при приближении к берегу, занять положение параллельное берегу (рис.17);



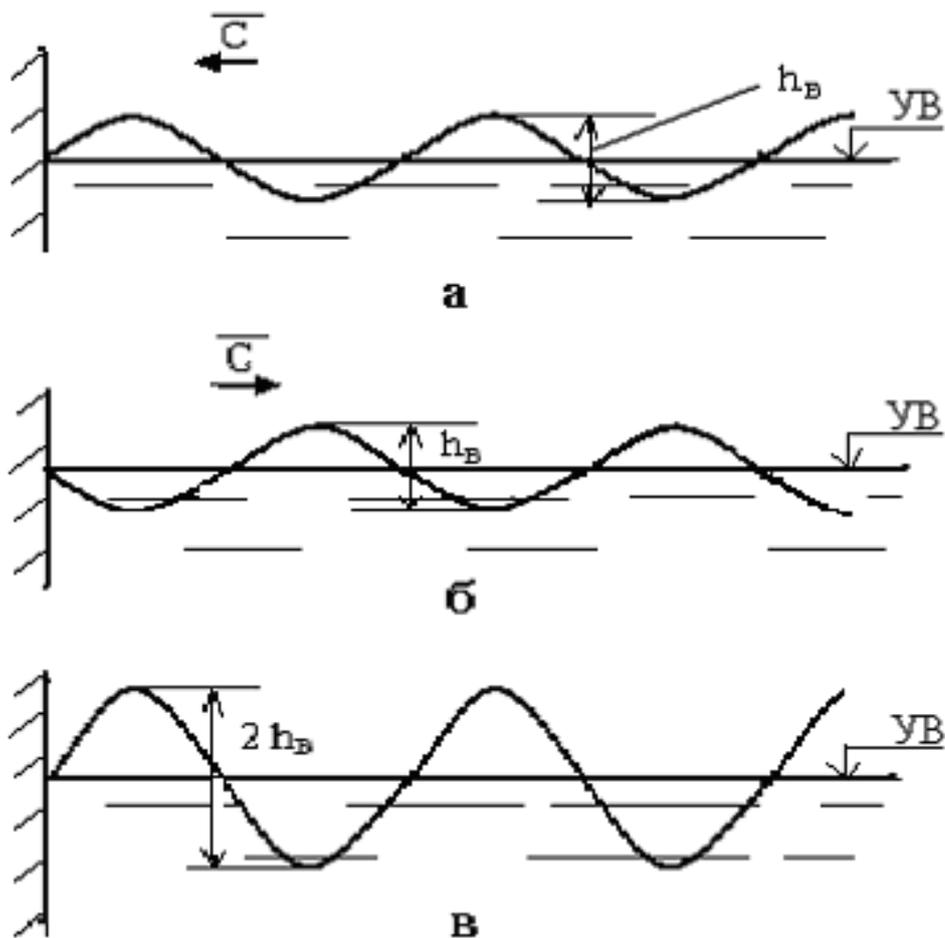
**Рис.17. Рефракция волн**

• **дифракция** – явление огибания препятствий, встречающихся на пути распространения волн (рис.18);



**Рис. 18. Дифракция волн**

• **интерференция** – наложение набегающих и отраженных от сооружений волн с увеличением высоты волны вплоть до стоячей волны (рис.19).



**Рис.19. Интерференция (наложение) волн**  
**а – набегающая волна; б – отражённая волна;**  
**в- интерферированная волна**

### 3. Течения.

Течения затрудняют движение и швартовку судов, вызывают переформирования русел рек – размывы грунта дна и берегов, перемещение и отложение наносов, приводят к ряду геоморфологических преобразований.

Течения характеризуют скоростью и направлением.

На реках скорости и направления течения зависят, в первую очередь, от уклона дна русла реки, изменений уровня воды, плановой формы русел и глубин.

В результате действия центробежных сил возникают поперечные свальные течения, особо неблагоприятные в меженный период.

На морях течения возникают вследствие:

- неодинаковой плотности и солёности воды;
- сгонно – нагонных явлений от действия ветра;
- приливо – отливных, возникающих под действием сил притяжения Луны и Солнца;
- неодинаковой температуры водной массы (течения Гольфстрим, Мозамбикское, Куроисио и т.п.);
- обрушения штормовых волн – вдольбереговые прибойные течения.

#### **4. Ледовый режим.**

Для замерзающих водоемов знание ледового режима необходимо для:

- установления расчетного периода навигации (от даты вскрытия до даты замерзания);
- разработки мероприятий по продлению навигации и, в частности, определения потребности ледокольного флота для порта;
- учета ледовых воздействий на гидротехнические и водохозяйственные сооружения (при проектировании портовых гидротехнических сооружений – молов, волноломов, причальных

набережных, берегоукреплений – ледовые воздействия могут оказаться определяющими)

Ледовый режим характеризуют:

- условиями и периодичностью замерзания воды и таяния льда;
- календарными сроками ледостава и ледохода;
- толщиной ледяного покрова;
- скоростью подвижек льда;
- механической прочностью льда.

В зависимости от географического положения водоемы, а иногда их различные участки замерзают в разные сроки.

После установления отрицательных температур воздуха и охлаждения воды до  $0^{\circ}\text{C}$  образуются забереги и шуга. На отдельных участках может образоваться внутриводный лед, который всплывая на поверхность смерзается со скоплением кристаллов льда (салом) и кашеобразной массой падающего в воду снега (снежурой), образуя отдельные льдины. Начинается осенний ледоход, продолжительность которого может быть от нескольких суток до недель. В этот период возможны закупорки живого сечения реки массой внутриводного льда и шуги (зажоры), следствием которых являются осенние паводки.

В результате дальнейшей кристаллизации на поверхности спокойного водоема образуется тонкий лед (до 10см). При слабом волнении на водохранилищах, озерах и морях образование поверхностного льда происходит как бы из многих центров, в результате чего образуется так называемый блинчатый лед толщиной 5...6см и диаметром отдельных ледообразований от 0,5 до 2,0м.

После образования сплошного ледяного покрова (толщина льда 0,15...0,25м) его дальнейшее нарастание происходит значительно медленнее, вследствие снижения интенсивности теплообмена.

Вскрытие рек и следующий за ним весенний ледоход сопровождаются паводком с возможным усилением его ледовыми заторами.

Замерзание и вскрытие водохранилищ в зоне подпора происходят соответственно, раньше и позже, чем на свободных реках (до двух недель).

Соленая морская вода имеет температуру замерзания ниже, чем пресная. Морской лед отличается от пресного большей вязкостью и пластичностью, изгибается на волне, имеет влажную от выступающего рассола поверхность и представляет собой смерзшиеся кристаллы пресного льда, рассола (в ячейках между кристаллами) и включений из пузырьков воздуха.

## **5. Загрязненность водной среды в портостроении.**

При проектировании и эксплуатации портов вопрос загрязнённости водной среды рассматривают с двух позиций:

- агрессивности воды в отношении строительных материалов портовых гидротехнических сооружений;
- охраны водной среды от загрязнений, возможных при строительстве и функционировании портов.

Агрессивность воды определяют растворёнными в ней веществами (солями). Даже в пресной воде могут содержаться соли, характеризующие её как агрессивную по отношению к металлу или бетону. В морской воде находится много различных химических элементов. Суммарное количество

солей, содержащихся в единице массы природного раствора называют солёностью воды (S). Её измеряют, обычно, в промилях (‰ – тысячные доли процента) – отношение массы солей в граммах к одному килограмму раствора.

Основными солями, содержащимися в морской воде являются: хлористый натрий (NaCl), хлористый магний (MgCl<sub>2</sub>), сернокислый магний (MgSO<sub>4</sub>). Сернокислый кальций (CaSO<sub>4</sub>) и др. При этом преобладают хлориды (≈ 88,7%, в том числе NaCl ≈ 78%) и сульфаты (≈ 10,7%).

Вдали от берегов в поверхностных слоях океанов солёность воды колеблется от 30 до 35‰; в глубинах океана солёность примерно одинакова и составляет около 35‰. В морях по мере приближения к берегу, благодаря притоку речных вод, солёность обычно меньше, чем в океане. Наиболее солёными морями, из омывающих берега России, являются открытые моря, имеющие непосредственный водообмен с океаном (Северное, Белое, Берингово и Охотское. S=(30...35‰.) Солёность внутренних и закрытых морей значительно ниже, например, в Чёрном море - 18‰, в Балтийском ≈ 10‰, в Азовском ≈ 12‰, в Каспийском до 14‰.

В заливах, в которые впадают реки, солёность обычно незначительна (в Финском заливе, вблизи устья р.Невы, около 1‰).

Кроме солей, вода может содержать в растворённом состоянии и газы, главным образом кислород и азот, а также сероводород. Наиболее обильным по содержанию сероводорода является Чёрное море.

Загрязнённость водной среды приводит к коррозии сталей, разрушению плёнки окислов цветных металлов (Al) ионами хлора (Cl<sup>-</sup>); химической, физической и бактериальной коррозии бетона; гниению и деятельности дровоточцев в отношении деревянных элементов конструкций.

Эти процессы снижают срок службы сооружений, приводят их к сравнительно дорогостоящим ремонтным работам и могут явиться причиной аварийной ситуации. В связи с этим перед проектированием гидротехнических сооружений выполняют химический анализ проб воды в районе будущего строительства для принятия инженерных решений по выбору и антикоррозионной защите конструкционных строительных материалов.

Вопрос охраны природных водных ресурсов от загрязнений впервые поставлен в 1954 году Конвенцией, призвавшей Правительства всех заинтересованных стран и другие организации сделать всё от них зависящее для предотвращения слива нефти в море. Были установлены международные нормы и требования на охрану природных ресурсов моря. В 1962г. и 1973г. Конвенция значительно переработала и дополнила нормы и требования и уточнила сферы их применения.

В России разрабатывают и реализуют комплексные организационно-технические мероприятия, направленные на предотвращения загрязнения водных ресурсов, а проекты строительства транспортно-технологических и промышленных комплексов в обязательном порядке проходят государственную экологическую экспертизу.

При проектировании, строительстве и реконструкции портов в проектах разрабатывают специальный раздел по охране окружающей среды, включающий оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС) и мероприятия, исключающие или снижающие вредные воздействия при строительстве и эксплуатации транспортных перегрузочных комплексов.

В разделе (ОВОС) определяют возможные источники загрязнения окружающей среды. Основными для портов являются:

- загрязнение водной среды при производстве дноуглубительных работ;
- запыление при перегрузке навалочных, пылевидных и зерновых грузов;
- разливы нефти и нефтепродуктов;
- загрязнение водной среды сточными, подсланевыми и бытовыми водами;
- выброс газов в атмосферу при загрузке танкеров.

Для полного предотвращения или снижения антропогенного воздействия на окружающую среду в портах предусматривают нижеследующие мероприятия:

- выбор и назначение специальных мест для отвала грунта, извлечённого при дноуглублении;
- определение размера компенсационных затрат за ущерб рыбному хозяйству;
- установка боновых ограждений вокруг танкера и зон выполнения нефтеналивных операций;
- проектирование и монтаж пылеулавливающих и пылепоглатительных установок;
- оснащение портов судами – нефтемусоросборщиками для сбора и очистки загрязнённых поверхностей вод;
- строительство береговых устройств для приёма мусора и бытовых отходов судов;

- строительство очистных сооружений для очистки балластных, сточных и бытовых вод;
- и др.

Наибольшую опасность для водной среды представляют аварийные разливы нефти и нефтепродуктов. В настоящее время танкеры строят с двойным дном для заполнения чистым балластом, что исключает необходимость строить береговые станции для очистки балластных вод.

В последние годы выпускаются сотни наименований химических веществ, способных диспергировать нефтяное пятно и сорбировать нефть. Очистку водной поверхности от нефти можно произвести с помощью сжигания, а также биологических препаратов, способных быстро окислять нефть и нефтепродукты.

#### **2.4. Геологические и геоморфологические факторы естественного режима, влияющие на портостроение.**

Напластование грунтов в земной коре и свойства грунтов на побережьях водоемов влияют на:

- выбор места строительства порта;
- конструкции портовых гидротехнических сооружений, их расчет и назначение геометрических размеров;
- выполнение дноуглубительных работ при проектировании акватории порта и подходного канала;

Для получения геологической характеристики района проектируемого порта проводят инженерно – геологические изыскания, включающие:

- изучение архивных материалов ранее проведенных в этом районе изыскательских работ;
- визуальный осмотр местности, включая овраги, обнажения пород, оползни и т.п.;
- сбор сведений о ранее построенных сооружениях, о фактических нагрузках от этих сооружений и имеющихся деформациях;
- отрывку шурфов и взятие проб грунтов;
- бурение скважин с отбором проб грунтов;
- лабораторные исследования отобранных в полевых условиях образцов грунтов для установления вида грунта и его характеристик.

В геологии грунты подразделяют на скальные и нескальные.

К скальным грунтам относят изверженные, метаморфические и осадочные породы с жесткими связями между зернами, залегающими в виде сплошного или трещиноватого массива.

К нескальным грунтам относят:

- крупнообломочные – грунты, содержащие более 50% по массе частиц диаметром более 2мм. Это – валунные грунты (масса частиц крупнее 200мм составляет более 50%); галечниковые (масса частиц крупнее 10мм составляет более 50%); гравийные (масса частиц крупнее 2мм составляет более 50%);
- песчаные (пески) – содержащие менее 50% по массе частиц крупнее 2мм. В зависимости от зернового состава различают пески:
  - гравелистый (масса частиц крупнее 2мм составляет более 25%);
  - крупнозернистый (масса частиц крупнее 0,5мм составляет более 50%);

- среднезернистый (масса частиц крупнее 0,25мм составляет более 50%);
  - мелкозернистый (масса частиц крупнее 0,10мм составляет не менее 75%);
  - пылеватый (масса частиц крупнее 0,1мм составляет менее 75%).
- глинистые – связные грунты, для которых число пластичности  $I_p \geq 0,01$ :
- супесь ( $I_p$  от 0,01 до 0,07);
  - суглинок ( $I_p$  от 0,07 до 0,17);
  - глина ( $I_p > 0,17$ ).

Числом пластичности грунта  $I_p$  называют разность влажностей на границе текучести  $W_L$  и на границе раскатывания (пластичности)  $W_p$ , выраженную в долях единицы.

Пластичность грунта – раскатывание его в шнур диаметром 3мм.

Глинистые грунты различают по показателю консистенции  $I_L$ .

$$I_L = (W - W_p) / (W_L - W_p), \quad (34)$$

где  $W$  - природная влажность.

Супеси:

твердые  $I_L < 0$ ;

пластичные  $I_L$  от 0 до 1;

текучие  $I_L > 1$ ;

Суглинки и глины:

твердые  $I_L < 0$ ;

полутвердые  $I_L$  от 0 до 0,25;

тугопластичные  $I_L$  от 0,25 до 0,5;

мягкопластичные  $I_L$  от 0,5 до 0,75;

текучепластичные  $I_L$  от 0,75 до 1;

текучие  $I_L > 1$ .

Среди глинистых грунтов выделяют:

- илы – начальная стадия формирования глинистого грунта образовавшаяся как структурный осадок в воде при наличии микробиологических процессов;
- просадочные грунты – дающие при замачивании водой дополнительную осадку (просадку) от внешней нагрузки или собственного веса. (лѣссы и лѣссовидные грунты);
- набухающие грунты – увеличивающиеся в объеме при замачивании водой или химическими растворами.

Грунты, содержащие растительные остатки (>3% по массе в песках и >5% по массе в глинистых грунтах) называют заторфованными. При содержании растительных остатков более 60% грунты называют торфом.

Грунты характеризуют гранулометрическим составом, плотностью  $\rho$  (т/м<sup>3</sup>), углом внутреннего трения  $\varphi$  (град), влажностью, пористостью, сцеплением (связностью) глинистых грунтов  $c$ , кПа [сцепление – способность грунта воспринимать растягивающие напряжения], несущей способностью  $[R]_{гр}$ , (Па).

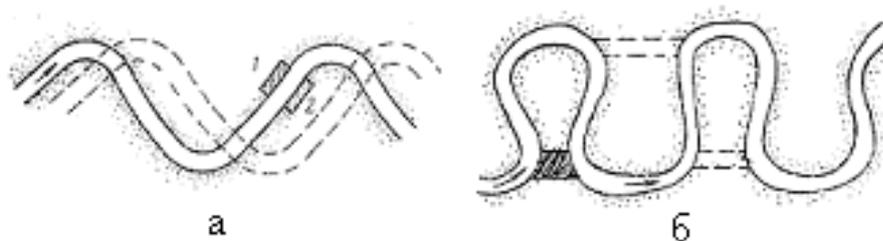
Важное значение для портостроения имеют геоморфологические переформирования берегов (изменения топографии местности) под действием метеорологических и гидрологических природных факторов.

## 1. Меандрирование рек.

Меандрирующими называют реки, которые изменяют положение своего русла с течением времени (рис. 20а), в результате чего запроектированный на берегу такой реки порт, может оказаться неработоспособным.

## 2. Прорыв перешейков и отмирание излучин.

Большинство равнинных рек имеют извилистое русло и, если речной поток не стеснен склонами долины, то формируются русловые петли (излучины) с ярко выраженными перешейками (рис. 20б).



**Рис. 20. Схемы переформирования речного русла:**

**а – меандрирование ; б – прорыв перешейка во время паводка;**

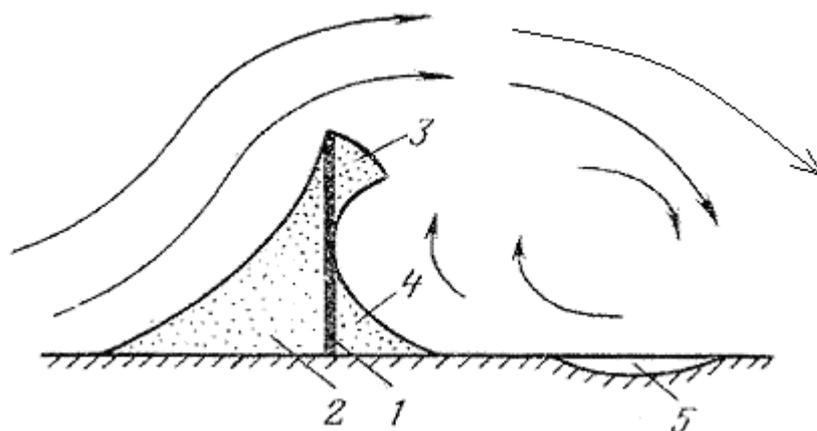
**1,2 – районы порта.**

В паводковый период даже при сравнительно большой ширине перешейка, русловой поток может прорвать его, вызвав резкое изменение речного русла. Излучина зарастает и отмирает.

Степень и характер русловых переформирований устанавливают сопоставлением топографических съёмок за разные годы. При установлении тенденций к изменениям русла в районе проектируемого порта, предусматривают специальные мероприятия по укреплению речных берегов.

### 3. Огибание препятствий потоком.

Вдольбереговой поток при встрече препятствия изменяет своё направление (рис.21). Вследствие изменений плана течений и скоростей струй воды по сечению потока, происходят переформирования донных отложений (наносов). Наносы откладываются перед сооружением между берегом и препятствием и за ним – у головы и в зоне корневой части (рис.21). Возникающее за препятствием циркуляционное течение (водоворотная зона) может привести к размыву берега (рис.21).



**Рис.21. Огибание препятствий**

**1 – препятствие (полузапруда); 2,3,4, - отложения наносов;**

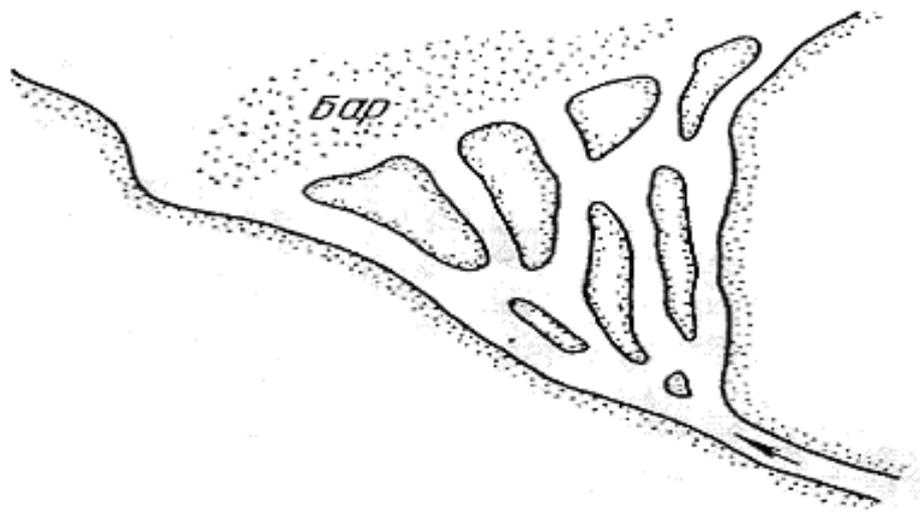
**5 – размыв берега.**

#### 4. Формирование устьев рек.

Важным фактором, влияющим на строительство и эксплуатацию портов, является перемещение и отложение наносов (размыв или намыв).

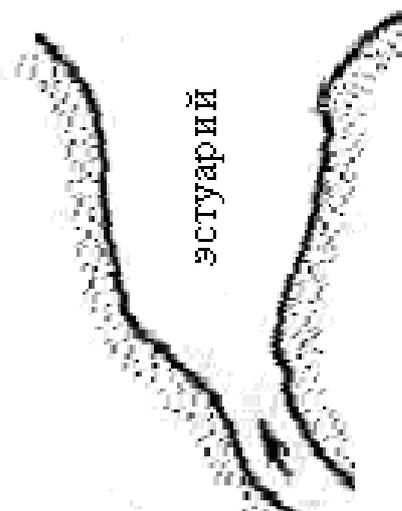
При впадении реки во внутреннее море или залив скорости движения воды уменьшаются, что сопровождается отложением наносов. В результате осаждения наносов образуется мелководье, называемое устьевым баром. Со временем мели вырастают в острова с многочисленными протоками (рукавами) между ними, формируя так называемые дельты (устья рек Волги, Северной Двины, Невы и др.) Дельты образуются при впадении рек в безливные моря (рис.22 а).

При впадении реки в приливное море при отливе скорость течения реки складывается со скоростью отливной волны и устье промывается от наносов, уносимых далеко в море. Устьевой участок реки формируется в виде одорукавного глубокого пролива (губы), называемого эстуарием (устья рек Оби, Енисея, Лены, Мезени и др.) (рис.22 б).



а

Приливное море



б

**Рис.22. Формирование устьев рек**

**а – при впадении реки в безливное море;**

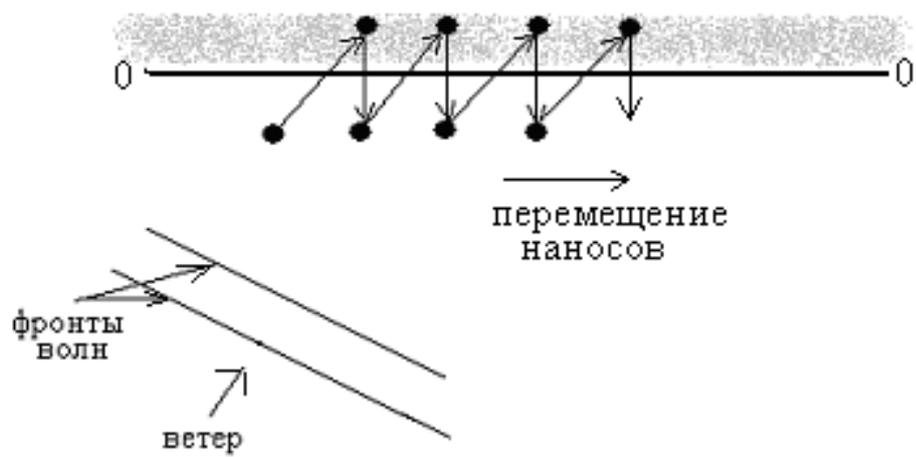
**б – то же, в приливное море.**

## **5. Вдольбереговое перемещение наносов.**

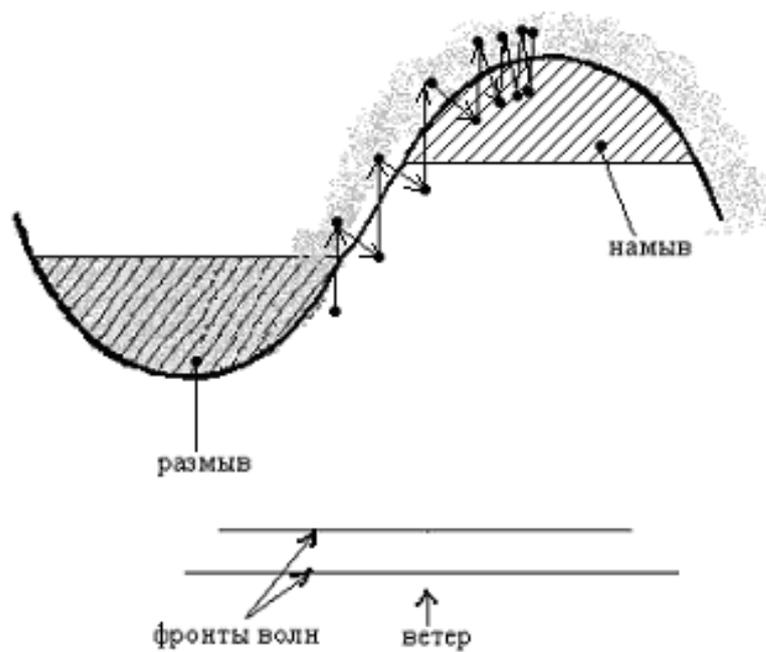
Под воздействием волн, распространяющихся по водоёму (водохранилищу или морю) под некоторым углом к прямолинейной береговой линии, частицы грунта дна выкатываются волной на берег. Обратное скатывание этих частиц в воду происходит вместе со струями воды по линии наибольшего ската (перпендикулярно урезу воды). С подходом очередной волны процесс повторяется. Таким образом происходит перемещение частиц грунта вдоль берега (рис.23а).

## **6. Выравнивание берегов.**

Фронтальный подход волн к берегу стремится выровнять неровности берега. Согласно простейшей схеме перемещения частиц грунта волнами в преурезовой зоне (см.п.5), они перемещаются от выпуклого побережья в вогнутую его часть и накапливаются там (рис.23б). Таким образом происходит постепенное выравнивание морских и водохранилищных берегов.



а



б

**Рис. 23. Перемещение наносов**

**а – вдоль берега;**

**б – выравнивание берега.**

## 7. Обрушение крутых берегов.

Под воздействием волнения, течений, температуры окружающей среды и ветра, крутой берег, сложенный из изверженных, метаморфических или осадочных пород, может обрушиться и постепенно приобрести очертание, представленное на рис.24, с неширокой вдольбереговой террасой (100...150м) по конусу абразии. Конус абразии весьма нестабилен и может быть полностью размыт штормом.

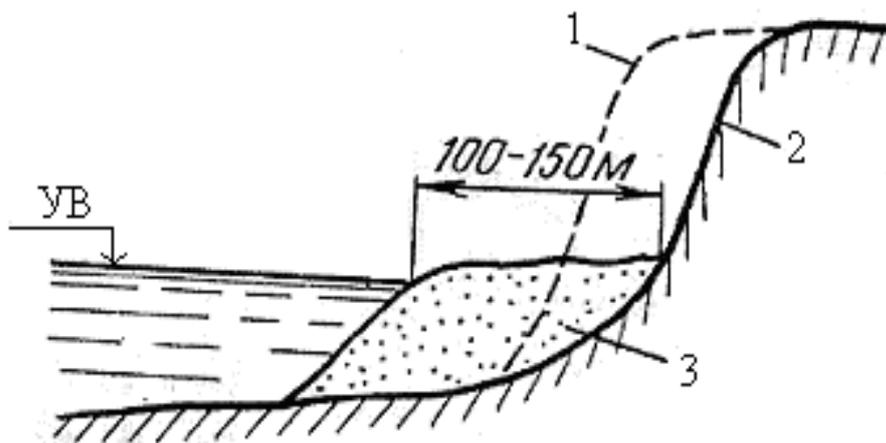


Рис.24. Формы крутого берега до и после обрушения.

1 – положение коренного берега до обрушения;

2 – то же, после обрушения;

3 – конус абразии.

## 8. Образование дюн.

При воздействии волн на пологие песчаные морские берега, при уклоне дна меньше уклона динамического равновесия, выше уреза воды может образоваться нарастающий валик песчаных частиц (рис.25, позиция 1). Шторм может его размыть или переместить в положение 2.

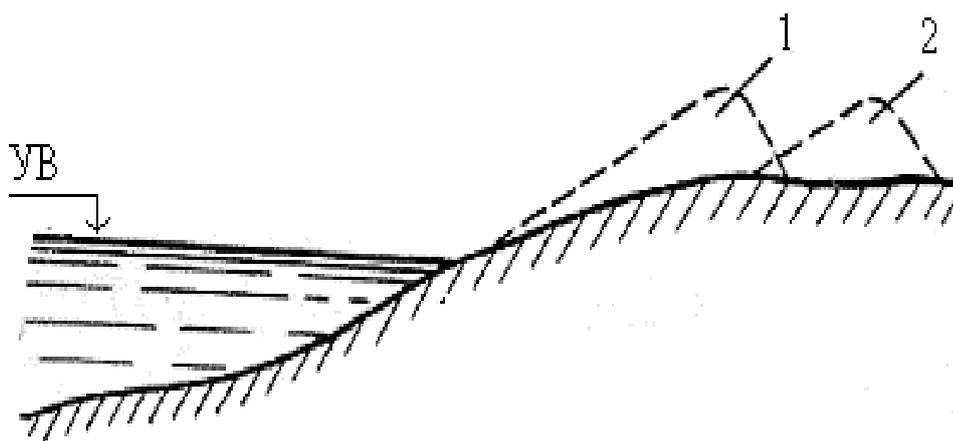


Рис. 25. Образование дюн.

В дальнейшем этот валик может быть перемещён в сторону берега ветром, достичь и срастись с предыдущими валиками. Так образуются дюны – песчаные валы, тянущиеся вдоль берегов на десятки километров, на расстоянии десятков метров от уреза воды, как правило, сохраняющие подвижность и остановить их удаётся лишь искусственным закреплением. На побережьях Франции и Бельгии, на отдельных участках побережья Балтийского моря высота дюн достигает 100м и их закрепление становится непростой инженерной задачей.

## 9. Оползни.

Причиной оползневых явлений является наличие водоупорных (глинистых) слоёв или линз наклонённых в сторону водоёма, подстилающих верхние напластования грунтов крутых берегов морей и рек.

При увлажнении глинистые грунты существенно снижают несущую способность (угол внутреннего трения снижается до  $4^{\circ}$ ), что приводит к соскальзыванию (оползанию) выше расположенных масс грунта. Наиболее характерными в этом отношении являются берега р.Волги в районах городов Волгоград, Нижний Новгород, Ульяновск, в геологическом строении которых располагаются так называемые «шоколадные глины». Проблема предотвращения оползней весьма сложна и требует выполнения инженерно-строительных работ. Поэтому, при проектировании портов стремятся выбрать участки берегов с более благоприятным геологическим строением.

### 3. Основные расчетные характеристики портов.

#### 3.1. Длина причального фронта

**Причальным фронтом** называют участок береговой линии, оборудованный швартовными устройствами и отбойными приспособлениями и предназначенный для стоянки судов при производстве погрузочно – разгрузочных работ.

Общая длина причального фронта порта  $L_{np.фр.}^{норма}$  складывается из длин причальных фронтов его районов  $L_{np.фр.i}$ ; предназначенных для переработки различных видов грузов

$$L_{np.фр.}^{норма} = \sum_{(i)} L_{np.фр.i}, \quad (35)$$

где  $i$ -вид груза или район перегрузки этого груза.

Длина причального фронта  $i$  - того района порта равна

$$L_{np.фр.i} = (l_{ci}^{расч.} + a_i) \cdot x_{прич.i}, \quad (36)$$

где  $l_{ci}^{расч.}$  - длина расчетного судна (габаритная), м. /Расчетным судном считают самое большое судно, поставляющее (или вывозящее) данный вид груза в порт (из порта)/;

$a_i$  - расстояние безопасности между судами, м;

$x_{прич.i}$  - расчетное число причалов.

Расстояние между судами, стоящими у причального фронта, зависит от длины судна, а для речных судов еще и от того: самоходное судно или баржа. Числовые значения расстояния  $a$ , определенного нормами технологического проектирования, приведены в таблицах 4,5.

Таблица 4

**Расстояния  $a$  между речными судами, стоящими у смежных причалов (вертикальных или полукоткосных), м**

тип судна Длина судна, $l_c$ , м	самоходное	несамоходное
до 65 м	8	10
от 65, до 100	10	15
от 100 до 150	15	20
от 150 до 200	20	25
более 200	25	-

Таблица 5

**Расстояния  $a$  между морскими судами, стоящими у смежных причалов**

Длина судна, $l_c$ , м	$a$
до 100	10
от 100 до 150	15
от 150 до 200	20
от 200 до 250	25
более 250	30

Требуемое число причалов при перспективном проектировании порта определяют отношением расчетного суточного грузооборота порта (форм.6) по  $i$ -тому виду груза к суточной пропускной способности одного причала (форм.7) с округлением до целого числа в большую сторону при дробной части  $\geq 0,25$ ; при дробной части  $< 0,25$  – продумывают мероприятия по увеличению  $P_{сут.лпричала}$  и снижению таким образом, числа причалов)

$$x_{прич} = (q_{сут})_p / P_{сут.лпричала} \quad (37)$$

Для определения числа причалов при оперативном планировании, когда имеется и соблюдается график прибытия в порт судов  $i$ -того вида груза, можно воспользоваться зависимостью:

$$x_{прич} = \frac{t_{зр} + t_{осн}}{0,85 \cdot t_{р.п} \cdot k_{мет} \cdot (t_{штм}^{\min})}, \quad (38)$$

где  $t_{штм}^{\min}$  - минимальный интервал между прибытием судов в порт.

На первый взгляд зависимости (37) и (38) абсолютно различны. Однако приведенный ниже анализ зависимости (38), показывает ее полное соответствие формуле (37).

$$t_{штм}^{\min} = \frac{N_{нав}^{план}}{k_{неп} \cdot N_c}, \quad (39)$$

где  $N_c$  - грузооборот порта (форм.17) по  $i$ -тому виду груза;

Из формулы (9) можно записать равенство

$$G_c \cdot k_{исп} = x_m \cdot p_c \cdot t_{зр} \quad (40)$$

Подставляя выражения (17,39,40) в зависимость (38) получим

$$x_{пр} = \frac{(t_{зр} + t_{осн}) \cdot Q_{год} \cdot k_{неп}}{0,85 t_{зр} \cdot x_m \cdot p_c \cdot N_{нав}^{план} \cdot t_{р.п} \cdot k_{мет}} = \frac{(q_{сум})_p}{P_{сумлпричала}} \quad (41)$$

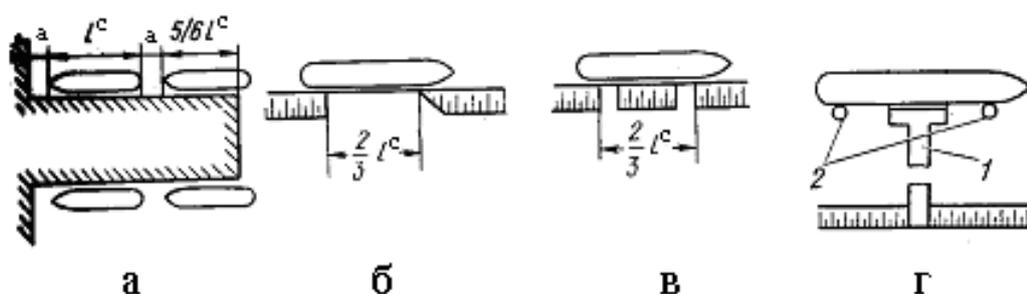
После определения числа причалов рассматривают возможность и целесообразность совмещения различных категорий или даже видов грузов (угля и руды; минерально – строительных материалов и руды; различных категорий штучных грузов и т.п.).

При совмещении перегрузки различных грузов число причалов увеличивают: на 10% - при двух; на 20% - при трех; на 30% - при четырех видах грузов.

Причалные набережные – подпорные стенки, удерживающие грунт засыпки от обрушения от отметки территории порта до дна – если это возможно, стремятся сократить. Например:

- концевые причалы могут быть сделаны длиной меньше длины причального фронта (рис.26 а);
- отдельно стоящие причалы могут иметь уменьшенную длину набережной (рис.26 б);

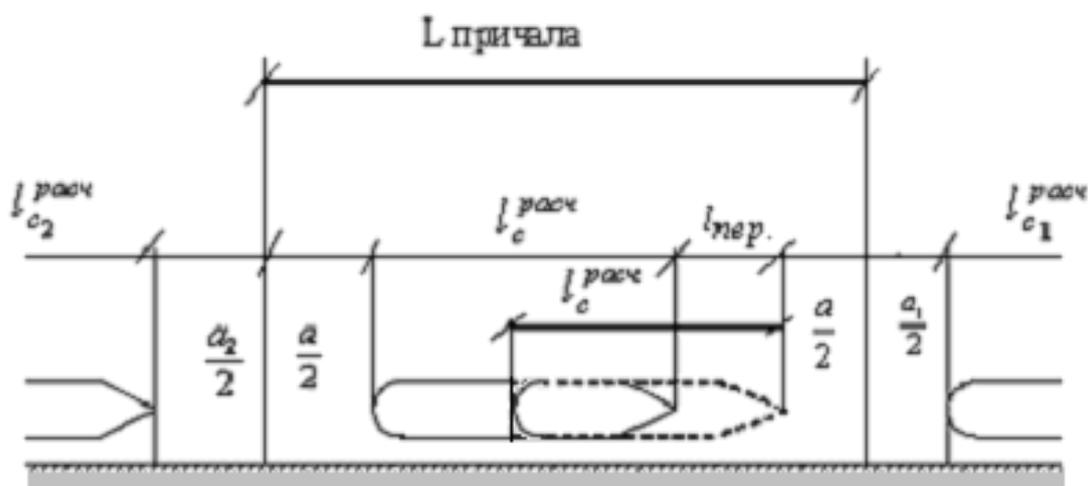
• причалы перегрузки наливных грузов могут иметь существенно сокращенную набережную – в виде отдельных бычков или пирсов со швартовными палами (рис.26 в, г).



**Рис.26.Бычки и концевые причалы**

**1 – пирс; 2 – швартовные палаы.**

Если при перегрузки груза предусматривают передвижку судна, то длину причального фронта, определенную по зависимости (36), увеличивают на длину передвижки судна  $l_{пер.}$  (рис.27).



**Рис.27. К определению длины причала при передвижке судна**

Рассмотренная методика определения длины причального фронта исходит из равенства грузооборота и пропускной способности причала и дает лишь минимально необходимое значение пропускной способности, учитывая технические, эксплуатационные, метеорологические, т.е. все факторы, кроме экономических. А именно они ориентируют на оптимальное решение.

Выбор оптимального значения пропускной способности причала выполняют по совокупным затратам. При этом необходимо проверить, возможна ли реализация предполагаемого экономического эффекта от сокращения времени стоянки судов в порту с учетом возможных технологических ограничений. Например:

- стоянка грузопассажирских судов в порту по расписанию;
- ожидание разводки мостов в определенное время;
- ожидание прохода судопропускных сооружений;
- межрейсовый отдых экипажа и т.д.

Если ограничения не могут быть устранены, то реализовать экономический эффект будет невозможно.

Необходимое число пассажирских причалов в порту определяют зависимостью

$$x_{насс} = \frac{n_{з.с.} \cdot t_{зан} \cdot K_{нер}}{t_{р.н}}, \quad (42)$$

где  $n_{з.с.}$  - число заходов судов в порт в течение суток;

$t_{зан}$  - полное время занятости причала судном;

$K_{нер}$  - коэффициент неравномерности захода судов в порт;

$t_{р.н}$  - продолжительность работы причала в сутки, ч.

Число пассажирских причалов внутренних портов определяют для каждой линии пассажиропотока (туристской, пассажирской дальнего следования, скоростной, местной пригородной, внутригородской и т.п.) отдельно.

В морских портах, как правило, отдельно устраивают причалы для линий заграничного судоходства, туристических, грузопассажирских и паромных переправ.

Входящие в формулу (42) параметры определяют специальными технико – экономическими расчетами. Для ориентировочных расчетов можно принять  $t_{p.n} = 18$  ч, а  $t_{зан}$  - по таблице 6.

Таблица 6

**Продолжительность пребывания судна в порту,  
 $t_c^{норму}$ , и  $t_{зан}$ , ч (для внутренних портов).**

Линия плавания судна	$t_c^{норму}$ , ч	$t_{зан}$ , ч
Транзитная пассажирская	3...4	1,5...2,0
Транзитная скоростная	1,0	1,0
Местная	2,0...3,0	1,0...1,5
Пригородная и внутригородская	0,25...0,50	0,25...0,50
Примечания. 1. Приведенные в таблице числовые значения – для причалов в промежуточных портах. 2. Для конечных пунктов линий плавания $t_{зан}$ увеличивают минимум вдвое. 3. $t_c^{норму}$ - полное время нахождения судна в порту.		

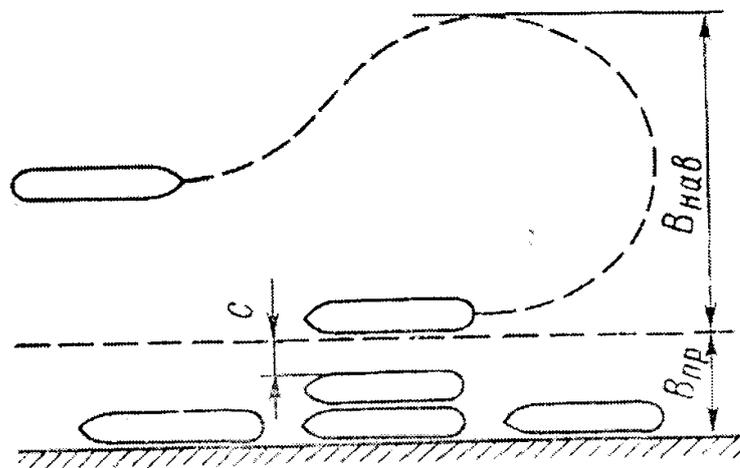
### 3.2 Определение размеров рейдов портовой акватории.

Акваторию морского порта подразделяют на внешнюю (за пределами внешних оградительных сооружений – подходной канал и внешние рейды) и внутреннюю (навигационный, причальный и, возможно, перегрузочный и отстойный рейды).

На акваториях внутренних портов (река, водохранилище) предусматривают дополнительно, в отличие от морских портов, сортировочный рейд – для размещения и сортировки несамоходных судов (барж).

**Навигационный рейд** – служит для свободного маневрирования судов при развороте, подходе к причалу постановке на рейд или

выходе с акватории. Минимальная ширина навигационного рейда ( $B_{нав}$ ) речного порта должна быть равна  $3l_c^{расч}$  (рис. 28).



**Рис.28. К определению размеров навигационного и причального рейдов**

На практике обеспечить такую ширину рейда бывает трудно и ее уменьшают до

$$B_{нав} = (1,0...1,5)l_c^{расч}, \quad (43)$$

усложняя маневры судов.

На внутренних акваториях морских портов площадь маневрового рейда определяет круг диаметром до  $3,5l_c^{расч}$ .

**Причальный рейд** – служит для стоянки судов под погрузкой (выгрузкой) грузов и занимает полосу акватории шириной  $(3,0...3,5)l_c$  вдоль причального фронта. На криволинейных участках рек при наличии прижимного течения ширину причального рейда увеличивают до  $5l_c$ .

**Перегрузочный рейд** устраивают чаще в устьевых портах для перегрузки грузов с морских судов на речные (или в обратном направлении) с помощью плавучих перегрузочных машин.

Общая площадь перегрузочного рейда равна:

$$\Omega_{\text{рейд}}^{\text{перезр}} = \omega_{\text{рейд}}^{\text{прич}} \cdot x_{\text{рейд}}^{\text{прич}}, \quad (44)$$

где  $\omega_{\text{рейд}}^{\text{прич}}$  - площадь одного рейдового причала (рис.29),  $\text{м}^2$ ;

$x_{\text{рейд}}^{\text{прич}}$  - требуемое число рейдовых причалов.

$$\omega_{\text{рейд}}^{\text{прич}} = (l_c^{\text{расч}} + 60\text{м}) (e_c^{\text{расч}} + e_m + e_c' + e), \quad (45)$$

где  $e_c^{\text{расч}}$  - ширина расчетного судна (рис.29),  $\text{м}$ ;

$e_c'$  - ширина меньшего судна,  $\text{м}$ ;

$e_m$  - ширина плавучей перегрузочной машины,  $\text{м}$ ;

$e = 50\text{м}$  (для сухогрузов);  $e = 100\text{м}$  (для нефтеналивных судов)

(рис.29);

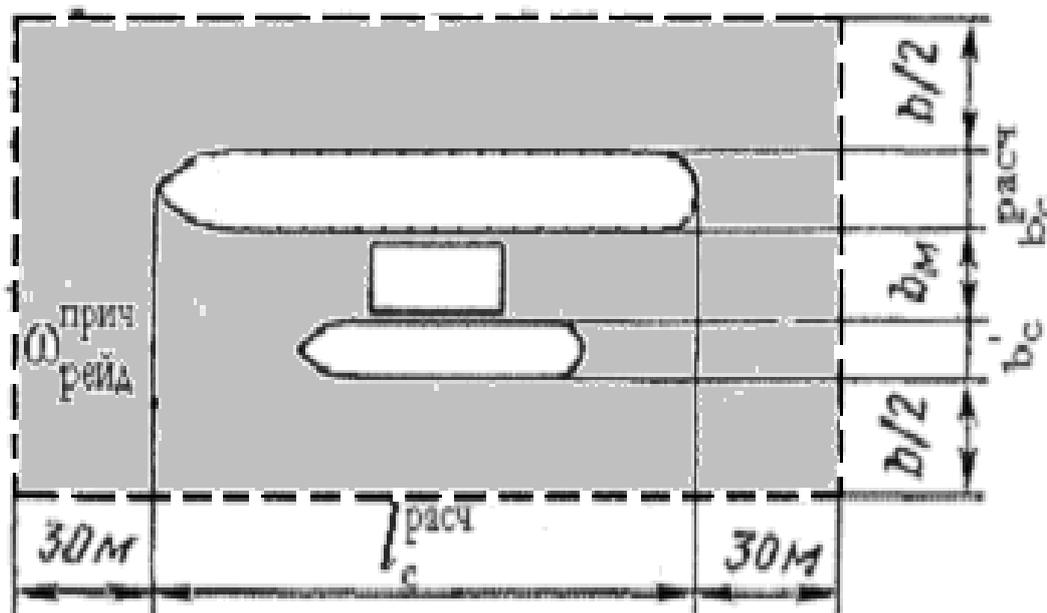


Рис.29. К определению площади рейдового причала

$$x_{прич}^{рейд} = (q_{сут}^{рейд})_p / P_{сут}^{рейд.прич}, \quad (46)$$

где  $(q_{сут}^{рейд})_p$  - суточный расчетный грузооборот для перегрузочного рейда, т/сут;

$P_{сут}^{рейд.прич}$  - суточная пропускная способность одного рейдового причала, т/сут; (см. формулу (10)).

**Отстойный рейд** внутренних портов устраивают для отстоя плотов и в портах – убежищах. Площадь рейда для отстоя плотов ( $\Omega_{плот}$ ) определяют по расчетному суточному грузообороту  $(q_{сут}^{плот})_p$

$$\Omega_{плот} = (1,2...1,6)\omega_{плот}, \quad (47)$$

где  $\omega_{плот}$  - площадь одновременно скапливающихся на рейде ПЛОТОВ,  $м^2$ ;

$$\omega_{плот} = (q_{сут}^{плот})_p / (\rho \cdot \varepsilon \cdot \delta), \quad (48)$$

где  $\rho$  - плотность леса, т/ $м^3$ ;

$\varepsilon$  - коэффициент, учитывающий пустотность плота ( $\approx 0,5...0,7$ );

$\delta \approx (0,2...1,0)м$  - толщина плота.

Ориентировочное число мест для отстоя судов и составов следующих транзитом во время шторма в портах на водохранилищах ( $n_y$ ) можно определить по зависимости

$$n_y = n_{c\uparrow\downarrow} \cdot \frac{t_{шт} + t_{шт.пред}}{24}, \quad (49)$$

где  $n_{c\uparrow\downarrow}$  - число судов и составов проходящих по водохранилищу за сутки в обоих направлениях;

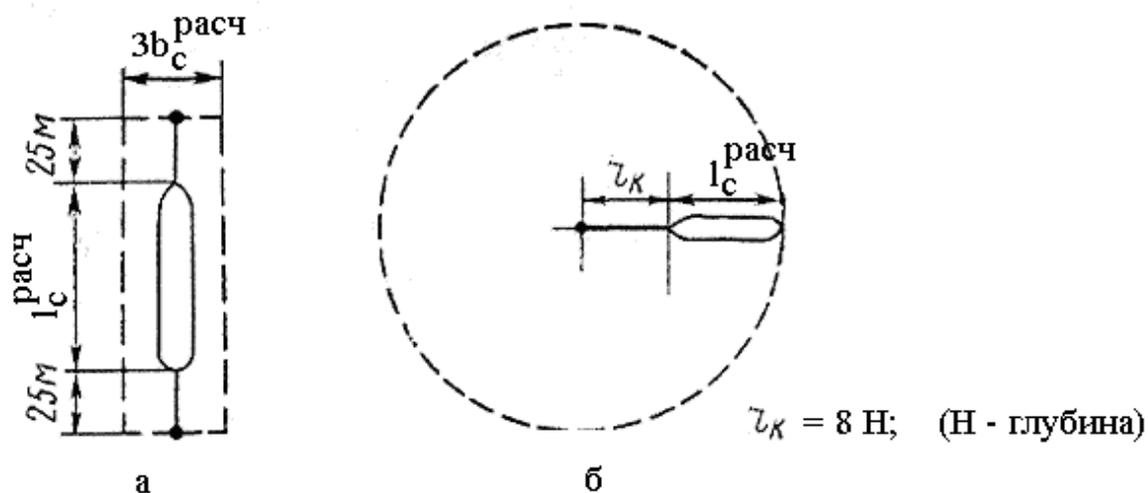
$t_{шт}$  - расчетная длительность шторма, час;

$t_{шт.пред} = 8$  час – время штормового предупреждения.

Число отстойных мест в морском порту определяют в долях от числа береговых причалов: (20...30)% для сухогрузов; (30...40)% для нефтеналивных судов; (5...10)% для пассажирских судов. Из этого

общего числа отстоечных мест (10...25)% размещают на внутренней акватории, а остальные на внешней.

Площадь отстоечного рейда складывается из суммы площадей отдельных рейдовых мест. Площади отдельных рейдовых мест на внутренней и внешней акваториях определяют согласно рис. 30 а,б.



**Рис.30. К определению площади рейда для отстоя одного судна**  
**а – на внутренней акватории; б – на внешней акватории.**

**Сортировочный рейд** (рис.31) состоит из аванрейда, на котором группируют и расформируют составы барж, и площади рейда для попарной стоянки барж с учетом необходимых для маневрирования разрывов между ними. Общая площадь сортировочного рейда равна

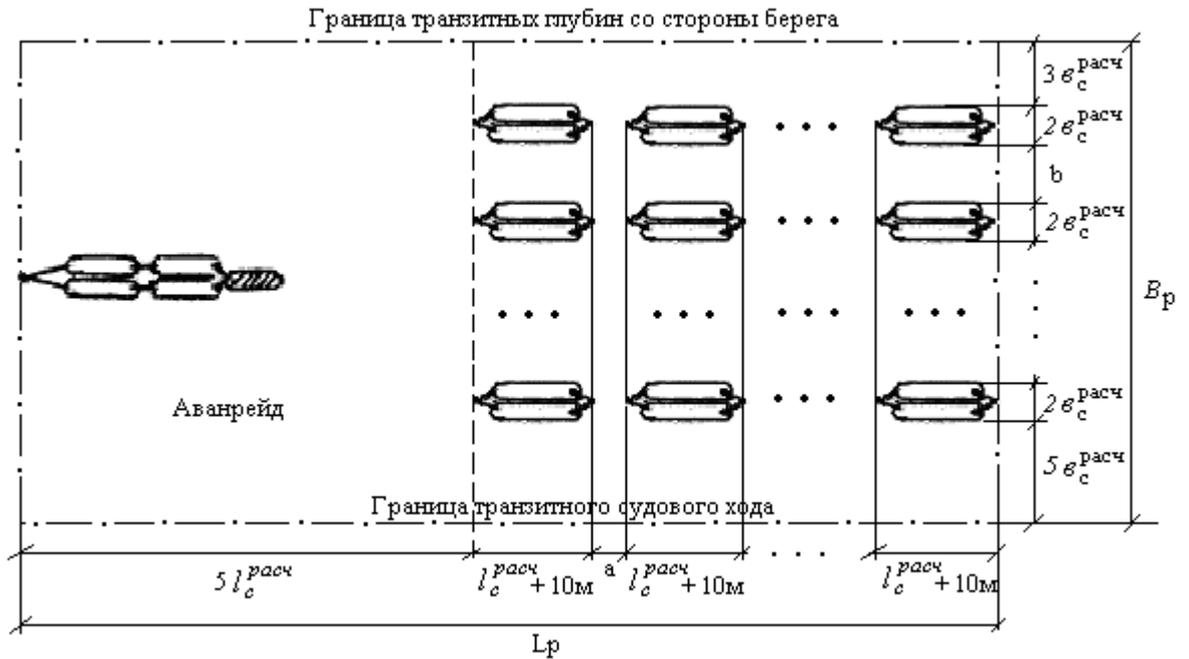


Рис. 31. К определению размеров сортировочного рейда

$$\omega_{\text{рейд}}^{\text{сортир}} = L_p \cdot B_p = [5l_c^{\text{расч}} + S_{\text{прод}}(l_c^{\text{расч}} + 10\text{м}) + a(S_{\text{прод}} - 1)] \cdot [8v_c^{\text{расч}} + 2v_c^{\text{расч}} \cdot S_{\text{попер}} + v \cdot (S_{\text{попер}} - 1)] \quad (50)$$

где  $L_p$  и  $B_p$  - длина и ширина сортировочного рейда, м;

$l_c^{\text{расч}}$  и  $v_c^{\text{расч}}$  - длина и ширина расчетного судна, м;

$S_{\text{прод}}$  и  $S_{\text{попер}}$  - продольное и поперечное число стояночных мест на рейде;

$a$  и  $v$  - разрывы между пачками судов в продольном и поперечном направлениях рейда;  $a = v = 50\text{м}$  - для сухогрузов;  $a = 70\text{м}$   $v = 100\text{м}$  - для нефтеналивных судов.

Наибольшее число судов, которое одновременно должно быть размещено на рейде ( $n_c$ ), можно определить по зависимости

$$n_c = 2 \frac{(q_{\text{сут}}^{n/c})_p \cdot t_{\text{зр}}}{G_c k_{\text{исн}}} = S_{\text{прод}} \cdot S_{\text{попер}} \quad (51)$$

где  $(q_{\text{сут}}^{n/c})_p$  - расчетный суточный грузооборот порта, выполняемый несамоходным флотом, т/сут;

$t_{sp}$  - среднее время нахождения судна на рейде, сут;

$G_c$  - грузоподъемность судна, т;

$k_{исп}$  - коэффициент использования грузоподъемности судна;

2 - коэффициент, показывающий, что каждое несамоходное судно на сортировочный рейд попадает дважды: по прибытии и при отправлении из порта.

Наименьшие расстояния между сторонами бассейнов (или двух соседних пирсов), можно принять согласно таблице 7.

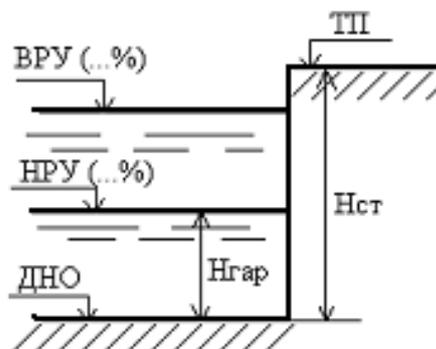
Таблица 7

### Ширина бассейнов

Число причалов по длине бассейна	Ширина бассейнов при расположении причалов	
	С одной стороны бассейна	По обеим сторонам бассейна
<b>морские порты</b>		
один	$2v_c^{расч} + \Delta B$	$3v_c^{расч} + \Delta B$
два, три	$4v_c^{расч} + \Delta B$	$5v_c^{расч} + \Delta B$
$\Delta B = 60...80м$ (запас для работы буксиров)		
<b>внутренние порты</b>		
один	$3v_c^{расч}$	$5v_c^{расч}$
два	$4v_c^{расч}$	$5v_c^{расч}$
три и более	$1,5l_c^{расч}$	$1,5l_c^{расч} + (1 \text{ или } 2 *) v_c^{расч}$
* при постановке у причала двух судов		

### 3.3. Определение отметок территории и дна акватории порта.

Назначение отметок территории (ТП) и дна акватории порта (ДАП) зависит, в первую очередь, от режима уровней воды на водоеме, но могут иметь значение и уровни ледохода, и топография местности.



**Рис.32. Схема к определению отметок территории и дна акватории порта**

Главными моментами для нормальной работы порта являются:

- незатопляемость территории порта;
- обеспечение гарантированной глубины акватории и подходного канала в течение всего периода навигации.

**Отметки территории портов** назначают из следующих соображений

$$ТП = ВРУ (... \%) + a \quad (52)$$

$$ТП = НПУ + 2 \text{ м} \quad (53)$$

$$ТП = УВ (50 \%) + 2 \text{ м} , \quad (54)$$

где ВРУ (... %) – отметка высокого расчетного уровня воды требуемого процента обеспеченности (определяют по графику обеспеченности уровней воды, построенному за многолетний период наблюдений (40...80 лет)); м;

$a$  - превышение отметки ТП над отметкой ВРУ, м;

НПУ – нормальный подпорный уровень водохранилища

(наивысший уровень воды на водохранилище, полученный на основании водохозяйственных расчетов (конкретное значение для каждого водохранилища)), м;

УВ (50 %) – уровень воды 50–процентной обеспеченности или средний многолетний уровень воды (отметку

определяют по среднему многолетнему графику обеспеченности).

Для назначения отметок территории **речных портов** пользуются условием (52), причем превышение  $a = 0$ , а обеспеченность ВРУ принимают в зависимости от категории порта (таблица 8).

Таблица 8

**Обеспеченность ВРУ для внутренних портов**

Категория портов	Обеспеченность ВРУ, %
I	1
II	5
III	5
IV	10

Отметку территории **порта на водохранилище** назначают большей из двух:

- определенной по зависимости (52) – как для речных портов;
- определенной по зависимости (53).

**В морских портах** отметку территории назначают по наибольшему из двух значений:

- определенному по условию незатопляемости (поверочная норма) – зависимость (52). При этом ВРУ принимают с обеспеченностью 1% для приливных морей и 2% - для морей безливных. Превышение  $a = 1 м$ ;

- определенному по условию удобства производства погрузочно – разгрузочных работ (основная норма) – зависимость (54).

На практике, во избежание захлестывания волн на территорию порта, обеспечение удобных подходов для сухопутных видов транспорта и т.п., бывает целесообразно повысить отметку ТП против определенной по изложенной выше методике. Однако решение этого вопроса принимают при соответствующем экономическом обосновании.

**Отметки дна акваторий портов (ДАП)** определяют по зависимости

$$\text{ДАП} = \text{НРУ} (\dots \%) - \text{H}_{\text{гар}}, \quad (55)$$

где НРУ (... %) – отметка низкого расчетного уровня воды, требуемого процента обеспеченности, определяемая по среднему многолетнему графику обеспеченности, *м*;

$\text{H}_{\text{гар}}$  – гарантированная глубина (глубина, обеспечивающая безопасный проход судна), *м*.

Для внутренних портов (речных и водохранилищных) отметку НРУ определяют по графику обеспеченности со среднемноголетней обеспеченностью за навигационный период: 99% (для портов I и II категорий); 97% (для портов III категории); 95% (для портов IV категории и пристаней).

Для портов, расположенных на водохранилищах, отметка НРУ не должна быть выше расчетной отметки навигационной сработки, а для водохранилищ с многолетним регулированием стока, отметку НРУ устанавливают на основании специального технико – экономического расчета.

Для морских портов отметки НРУ принимают с обеспеченностью 98...99,5% в зависимости от амплитуды колебаний уровней воды.

Гарантированную глубину можно определить следующим образом:

$$\text{H}_{\text{гар}} = \text{T}_{\text{с max}} + \text{Z}_1 + \text{Z}_2 + \text{Z}_3 + \text{Z}_4 + \text{Z}_5, \quad (56)$$

где  $\text{T}_{\text{с max}}$  – осадка расчетного судна в полном грузу, *м*;

$\text{Z}_1$  – навигационный запас под днищем речного или под килем морского судна, *м*, зависит от осадки судна и грунта, слагающего дно (табл. 9,10);

$\text{Z}_2$  – запас глубины на дифферент речного или крен морского судна, связанные с неравномерной их загрузкой, *м*;

$\text{Z}_3$  – запас глубины на волнение, *м*;

$z_4$  – запас глубины на заносимость, м;

$z_5$  – запас глубины на дифферент судна при движении, м  
(учитывают только в подходных каналах морских портов).

Таблица 9

### Навигационный запас под днищем речного судна

Расчетная осадка судна, м	На реках, водохранилищах и каналах		Для плотов
	Глины, пески, галечники	Скальные и крупнообломочные грунты	
до 1,5	0,1	0,2	0,3
от 1,5 до 3,0	0,2	0,2	
более 3,0	0,2	0,3	

Таблица 10

### Навигационный запас под килем морских судов (в долях от расчетной осадки судна $T_c$ )

Грунт дна (мощностью более 0,5 м)	$z_1$ , м	
	На входе в порт и на внешнем рейде	На акватории
ил	0,04 $T_c$	0,03 $T_c$
Песок, гравий, ракуша	0,05 $T_c$	0,04 $T_c$
Плотный грунт (песок, глина)	0,06 $T_c$	0,05 $T_c$
Скальный грунт (включения валунов, каменная постель)	0,07 $T_c$	0,06 $T_c$

Запас глубины на дифферент речного судна  $z_2 = 0,3$  м (учитывает и возможную дополнительную осадку самоходного судна при движении и возможное засорение у причалов при перегрузке грузов). Для морских судов запас на крен  $z_2$  равен:

- для танкеров и пассажирских  $0,017 v_c^{расч}$ ;
- для сухогрузов  $0,026 v_c^{расч}$ ;
- для лесовозов  $0,044 v_c^{расч}$ ,

где  $v_c^{расч}$  – габаритная ширина расчетного судна.

Запас глубины на волнение  $z_3$  (имеет смысл, если он больше нуля) можно определить по зависимости

$$z_3 = 0,3 \cdot h_g - z_1, \quad (57)$$

где  $h_g$  - расчетная высота волны, м; для речных судов 0,5 м (на акваториях водохранилищных портов может быть увеличена до 0,8 м при набегании фронтов волн на нос или корму судна); для морских портов:

- в подходном канале – расчетная для водоема высота волны однопроцентной обеспеченности;
- на акватории порта – можно принять по таблице 8.

Таблица 11

### Волновой запас для морских судов

Высота волны $h_g, м$ Длина судна $l_c, м$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
до 75	0,10	0,17	0,34	0,58	0,76	1,02	1,30	1,58
100	0,05	0,14	0,28	0,46	0,65	0,87	1,12	1,36
150	0,00	0,09	0,20	0,34	0,51	0,69	0,87	1,08
200	0,00	0,05	0,15	0,26	0,40	0,57	0,72	0,92
250	0,00	0,03	0,10	0,21	0,33	0,48	0,63	0,80
300	0,00	0,00	0,07	0,16	0,25	0,39	0,56	0,68
≥ 400	0,00	0,00	0,04	0,11	0,18	0,31	0,51	0,58

Примечание: Для промежуточных значений длины судна запас  $z_3$  принимают по линейной интерполяции.

Запас глубины на отложение наносов можно определить по формуле

$$z_4 = n \cdot t_{200}, \quad (58)$$

где  $t_{200}$  - толщина слоя отложения наносов за год, м/год

(определена данными гидрологических изысканий);

$n$  - период между ремонтными дноуглубительными работами (рекомендуется принимать равным 3...5 годам).

Запас на отложение наносов рекомендуется принимать в интервале от 0,4 до 1,0 м, так как при толщине снимаемого слоя

грунта менее 0,4 м дноуглубление неэффективно, а назначение  $z_4$  более 1.0 м является экономически нецелесообразным, вследствие возрастания стоимости причальной набережной.

Запас на дифферент морских судов при движении  $z_5$  учитывают только в подходном канале. Числовое значение запаса можно определить по эмпирической зависимости

$$z_5 = \beta \cdot \bar{v}_c, \quad (59)$$

где  $\bar{v}_c$  - расчетная скорость движения судна, м/с;

$\beta$  - коэффициент, принимаемый по таблице 12 в зависимости от расчетной длины судна  $l_c^{расч}$ .

Таблица 12

#### Числовые значения коэффициента $\beta$

Длина судна, $l_c, м$	до 85	85...125	125...165	свыше 165
$\beta$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$6,1 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$9,2 \cdot 10^{-3}$

Расчетное значение отметки ДАП, вычисленной по зависимости (48), округляют в низшую сторону до 0,1 м.

В морских и водохранилищных портах определяют отметку дна в подходном канале, на маневровой акватории, на отдельных рейдах и у причалов (в пределах причального рейда) различных видов грузов, исходя из размеров соответствующих расчетных судов. Возможная реализация этого факта в морских и водохранилищных портах, защищенных внешними оградительными сооружениями от течений, дает экономию средств при возведении причальных набережных.

### 3.4. Портовые склады.

Несмотря на преимущества передачи грузов по прямому варианту, большая часть грузов, перегружаемых в порту, проходит через склады.

Достаточно часто склады в портах выполняют не только свою основную функцию – хранение груза с момента выгрузки из судов (или вагонов, авто) до момента отгрузки в вагоны, авто (или суда). На специализированных складах может быть произведена сортировка грузов, упаковка, формирование пакетов и строппакетов, очистка, взвешивание и просушка (зерно) и др. операции.

По длительности хранения груза склады можно подразделить на транзитные (буферные) и базисные.

Транзитные склады служат для краткосрочного хранения грузов, ликвидируя неравномерности прибытия и отправления водных и сухопутных видов транспорта. Эти склады размещают в непосредственной близости к кордону.

Базисные склады – склады накопления и длительного хранения грузов, часто накопления в период навигации и расходования в течении года, либо накопления в межнавигационный период и отправки груза с началом и в период навигации.

Склады бывают:

- открытые, склады – площадки, предназначенные для хранения грузов не боящихся атмосферных осадков (уголь, песок, руда, камень, щебень, гравий, круглый лес, контейнеры, металл и другие);

- крытые, здания – склады (для большинства видов штучных (генеральных) грузов в виде отдельных мест (или пакетов) массой от нескольких килограммов до 5 тонн, как правило боящихся атмосферных осадков; изделий из древесины (фанера, рамы, двери, поручни и т.п.)), изотермические здания–склады – холодильники (для продуктов питания) и т.д.;

- специальные, крытые склады для грузов, хранение которых под открытым небом недопустимо (зернохранилища, склады для пылевидных, наливных грузов и т.д.).

При использовании паромов для транспортировки грузов, часто экономически выгодными оказываются «склады на колесах», исключая лишнюю перевалку груза. Для автомобильного транспорта – это достаточных размеров открытые площадки; для железнодорожного – железнодорожные (районные) парки, размещающие требуемое число вагонов. Недостатком в этом случае является необходимость транспортировки в судне не только груза, но и подвижного состава.

Определение размеров складов начинают с установления расчетной емкости складов  $E_{скл}^{расч}(m)$ , которую принимают как большее значение из необходимой для размещения данного вида груза, проходящего через склад порта  $E_{скл}^{необх}(m)$  и минимально требуемой  $E_{скл}^{min}(m)$ , исключающей излишний простой судов под погрузкой (или разгрузкой).

$$E_{скл}^{расч} = \max\{E_{скл}^{необх}; E_{скл}^{min}\} \quad (60)$$

$$E_{скл}^{необх} = (q_{сум})_p \cdot \alpha \cdot t_{хран.}, \quad (61)$$

где  $\alpha$  - коэффициент складирования, показывающий какая доля груза перегружаемого в порту проходит через склад;

$t_{хран}$  - время хранения груза в складе, сут.

Из опыта эксплуатации портов известно, что коэффициент складирования  $\alpha$ , обычно, равен:

- для навалочных грузов 0,6...0,8;
- для штучных, контейнеров и лесных грузов до 1,0;
- для зерна и нефти 1,0 (не рекомендуется перегружать по прямому варианту);

срок хранения грузов на складе  $t_{хран}$ , сут:

- для штучных грузов и контейнеров до 6;
- для навалочных грузов до 30;
- остальные до 20...25.

Минимальную емкость складов для морских портов устанавливают следующей зависимостью:

$$E_{скл.}^{min} = (1,2...1,6)G_c + e_{зан} , \quad (62)$$

где  $G_c$  - грузоподъемность расчетного судна, т;

$e_{зан}$  - запас емкости склада на несовпадение режимов работы водного и сухопутных видов транспорта, т;

$$e_{зан} = (1...5)p_{сут.1прич} \leq 1,5G_c , \quad (63)$$

где  $p_{сут.1прич}$  - суточная пропускная способность одного причала, т.

Для внутренних (речных и водохранилищных) портов

$$E_{скл.}^{min} \geq (1...2)G_c , \quad (64)$$

причем, большее значение числового коэффициента рекомендуется для специализированных причалов навалочных и лесных грузов; меньшее – для остальных грузов.

Емкость базисных складов можно определить по интегральному графику прибытия на склад и отправления груза со склада. (рис.33).

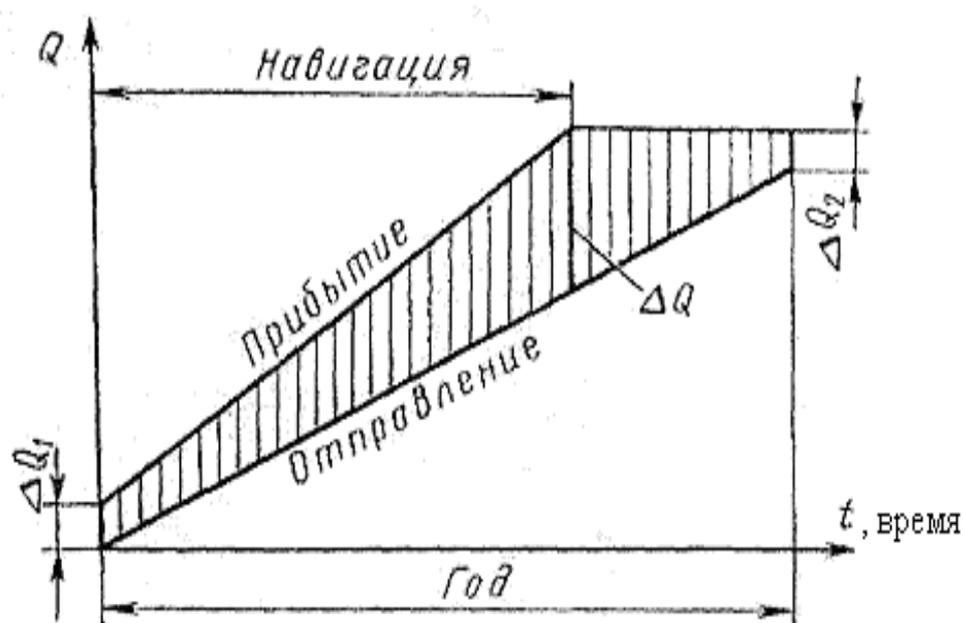


Рис.33. Интегральный график работы склада

Предполагая равномерное продвижение груза через склад, разница между прибытием на склад и отправлением груза со склада определяет количество груза находящегося на складе ( $\Delta Q$ ). Таким образом, емкость базисного склада будет равна наибольшему значению  $\Delta Q^{расч}$  умноженному на коэффициенты неравномерности поступления и вывоза груза, а именно:

$$E_{скл}^{баз} = \Delta Q \cdot k_{нер}^{проб} \cdot k_{нер}^{откр} \quad (65)$$

Транзитные (буферные) склады стремятся разметить вдоль всей линии причального фронта и, по – возможности, ближе к кордону, сокращая путь прохождения груза через порт и снижая, таким образом, затраты на его перегрузку.

Исключение составляют лишь специально оборудованные хранилища для таких грузов как зерно, жидкие (наливные) и т.п..

После определения емкости склада каждого вида груза перегружаемого в порту, необходимо установить размеры складов.

**1. Открытые склады – площадки.** Площадь склада, требуемую для размещения проходящего через него груза, можно определить по формуле

$$\omega_{скл}^{откр} = \frac{E_{скл.откр}^{расч}}{q_{скл} \cdot k_{исп}}, \quad (66)$$

где  $q_{скл}$  - расчетная масса груза на один квадратный метр площади склада, т/м<sup>2</sup>;

$k_{исп}$  - коэффициент использования полезной площади склада – учитывает противопожарные и технологические проезды и проходы между размещаемыми на складе штабелями грузов ( $\approx 0,5...0,85$ ).

Расчетную массу груза на единицу складской площади принимают в зависимости от вида груза, его упаковки, прочности  $[\sigma]_{груза}$  и

допускаемой полезной нагрузки  $[q_0]$  на данном участке территории порта, установленной паспортом причальной набережной:

- для штучных грузов до  $3 \text{ т/м}^2$ ;
- для навалочных грузов (уголь, руда, минерально – строительные материалы и т.д.), металлогрузов, железобетонных изделий и т.п.

$$q_{скл} = \rho \cdot h_{штаб}, \quad (67)$$

где  $\rho$  - плотность груза,  $\text{т/м}^3$

$h_{штаб}$  - высота штабеля груза,  $\text{м}$

$$h_{штаб} = \min \left\{ q_{скл} \cdot \bar{g} \leq [\sigma]_{груза}; q_{скл} \cdot \bar{g} \leq [q_0]; h_{штаб} \leq H_{маш} \right\} \quad (68)$$

где  $\bar{g} = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;

$H_{маш}$  - рабочая высота подъема грузозахватного устройства перегрузочной машины (по паспорту машины),  $\text{м}$ .

В портах обычно  $h_{штаб}$  для МСМ и руды до  $18 \text{ м}$ ; для угля – не более  $8 \text{ м}$ ;

- для лесных грузов

$$q_{скл} = (0,7 \dots 0,8) \cdot \rho \cdot h_{штаб}, \quad (69)$$

где  $(0,7 \dots 0,8)$  – коэффициент, учитывающий пустотность в пакете;

$$h_{штаб} = \min \left\{ \begin{array}{l} 12 \text{ м} - \text{из условия прочности древесины} \\ \text{на смятие поперек волокон;} \\ [q_0] \end{array} \right\} \quad (70)$$

- для контейнеров

$$q_{скл} = \frac{m_{конт} \cdot n_{ярус}}{\omega_{конт}}, \quad (71)$$

где  $m_{конт}$  - масса одного контейнера,  $\text{т}$ ;

$\omega_{конт}$  - площадь контейнера по основанию,  $\text{м}^2$ ;

$n_{ярус}$  - число ярусов в штабеле контейнеров (от 1 до 10 в зависимости от спектра направлений следования контейнеров, применяемой в порту перегрузочной техники и соответствующего технико – экономического обоснования; при перспективном проектировании портов обычно принимают  $n_{ярус} = 2$ ).

Параметры некоторых крупнотоннажных контейнеров системы ИСО приведены в таблице 13.

Таблица 13

### Числовые значения параметров контейнеров

Параметр \ Тип контейнера	1A	1B	1C	1D	1E	1F
Длина, фут	40	30	20	10	6,5	5
Длина, м	12,190	9,125	6,055	2,990	1,965	1,460
Ширина, м	2,435	2,435	2,435	2,435	2,435	2,435
Высота, м	2,435	2,435	2,435	2,435	2,435	2,435
Масса (брутто), $m_{конт}^{бр}, т$	30,48	25,40	20,32	10,16	7,12	5,08

Расчетное значение ширины открытого склада определяют по зависимости

$$e_{откр.скл}^{расч} = \omega_{скл}^{откр} / l_{скл}^{откр}, \quad (72)$$

где  $l_{скл}^{откр}$  - длина склада – площадки, принимаемая, обычно, равной длине причального фронта района порта, предназначенного для перегрузки данного вида груза, рис. 34, м.

Для навалочных грузов расчетную ширину складов – площадок, полученную по формуле (72), следует уточнить согласно рис.35, вследствие осыпания боковых граней штабеля груза под углом естественного откоса  $\varphi(град)$ .

$$e_{скл}^{прин.} = e_{скл}^{расч} + h_{штаб} \cdot ctg\varphi \quad (73)$$

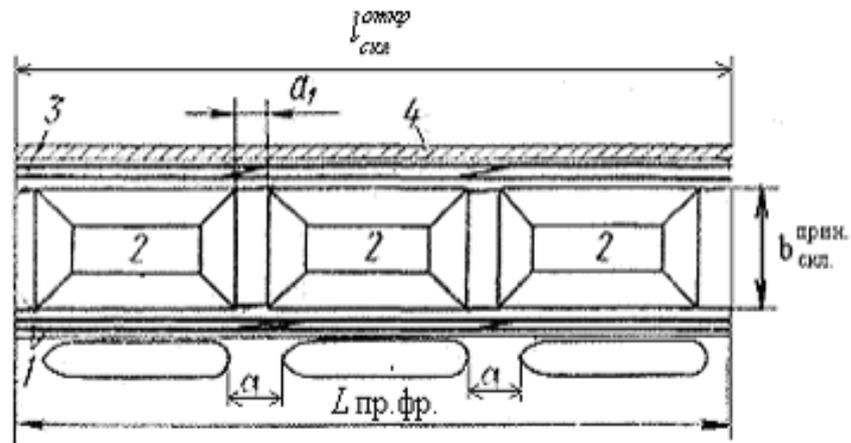


Рис.34. Открытый склад – площадка.

- 1 – Прикордонные железнодорожные пути; 2 – штабели навалочных грузов; 3 – тыловые железнодорожные пути; 4 – автомобильная дорога.

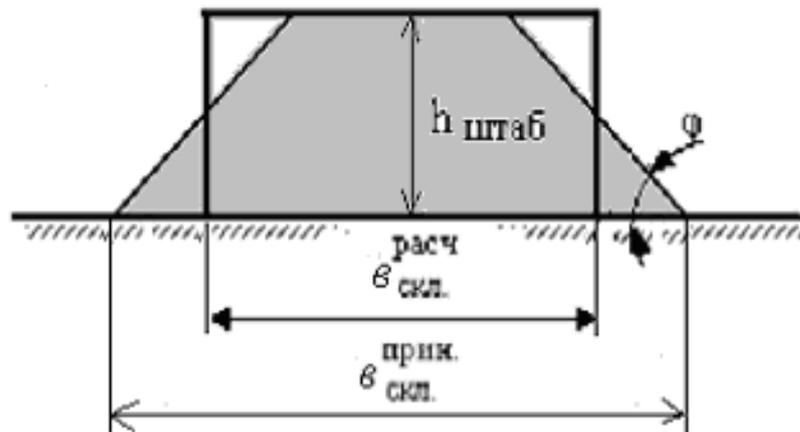


Рис. 35. К определению  $v_{скл}^{прик}$  навалочного груза

2. Крытые здания – склады (рис.36). Площадь склада определяют по формуле

$$\omega_{\text{скл}}^{\text{крыт}} = \frac{E_{\text{скл.крыт}}^{\text{расч}}}{q_{\text{скл}} \cdot k_{\text{исп}}} \quad (74)$$

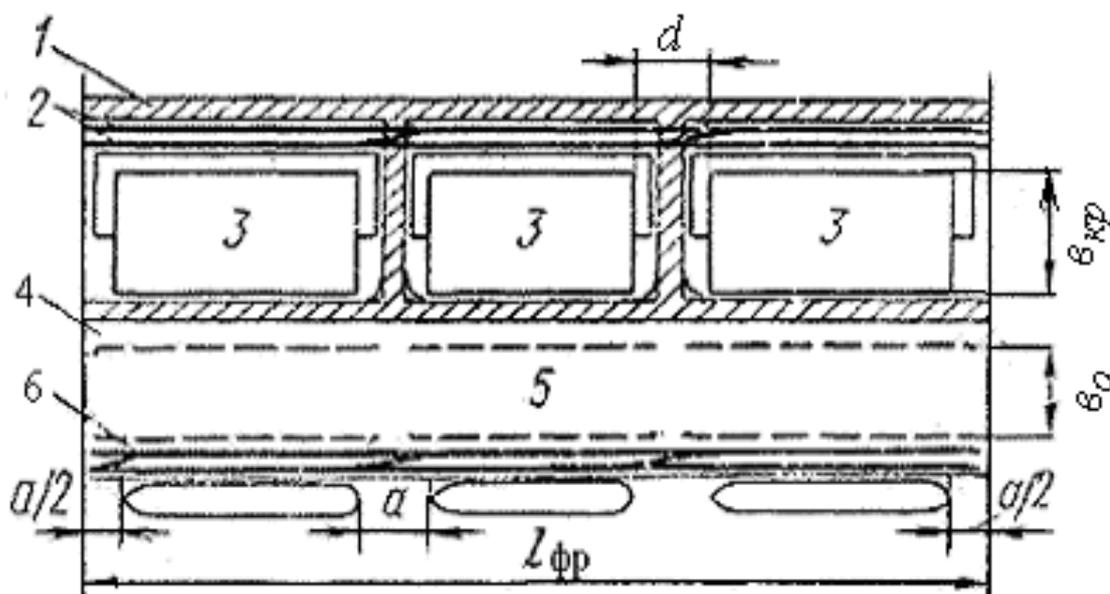


Рис.36. Крытые склады-здания

- 1-автомобильная дорога; 2-тыловые железнодорожные пути;  
 3-крытые склады; 4 – зона передачи груза;  
 5-площадка для открытого хранения грузов;  
 6-прикордонные железнодорожные пути

Расчетную массу груза на один квадратный метр площади склада принимают в зависимости от вида груза, его упаковки, допускаемой нагрузки на перекрытие и пол первого этажа многоэтажного (или одноэтажного) склада. Обычно  $q_{\text{скл}}$  не более  $3 \text{ т/м}^2$ ; коэффициент использования полезной площади крытого склада  $k_{\text{исп}} \approx 0,55 \dots 0,85$  и учитывает только разрывы между штабелями внутри склада.

Плановые размеры крытых складов – зданий устанавливают из следующих соображений:

- определяют расчетную ширину склада

$$v_{\text{скл.крыт}}^{\text{расч}} = \frac{l_{\text{скл}}^{\text{крыт}}}{l_{\text{скл}}^{\text{крыт}}}, \quad (75)$$

где  $l_{\text{скл}}^{\text{крыт}}$  - длина крытых складов, м;

$$l_{\text{скл}}^{\text{крыт}} = L_{\text{пр.фр}} - d \cdot x_{\text{прич}}, \quad (76)$$

где  $d$  - противопожарный разрыв между зданиями складов (не менее 20 м в случае глухих (без проемов) стен соседних зданий и не менее 30 м - при наличии проемов);

• длину крытых зданий – складов удобно принять пропорциональной шагу наружных опор (колонн) равному 12 м, т.е.

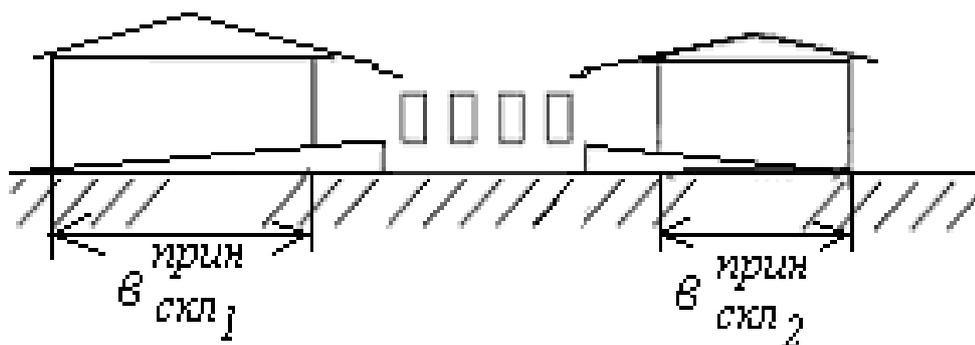
$$L_{\text{скл}}^{\text{крыт}} = \frac{l_{\text{скл}}^{\text{крыт}}}{x_{\text{прич}}} - \text{кратна } 12 \text{ м} \quad (77)$$

$L_{\text{скл}}^{\text{крыт}}$  - длина одного здания склада, м.

• Ширина складов должна быть не менее  $v_{\text{скл.крыт}}^{\text{расч}}$  и ее рекомендуется принять в соответствии с типовыми проектами унифицированных на водном транспорте складов. Склады могут иметь следующую ширину:

- однопролетные – 12, 24, 30, 48, 60 м;
- двухпролетные – 36 (18+18) м, 48 (24+24) м, 60 (30+30) м;
- трехпролетные – 48 (12+24+12) м, 60(18+24+18) м.

Если расчетная ширина крытого склада  $v_{\text{скл.крыт}}^{\text{расч}}$  окажется больше 60 м, то можно рассмотреть вариант устройства двух одноэтажных складов (рис. 37)



$$v_{\text{скл}}^{\text{факт}} = v_{\text{скл}1}^{\text{прин}} + v_{\text{скл}2}^{\text{прин}}$$

**Рис. 37. Вариант устройства двух одноэтажных складов.**

$$v_{\text{скл}}^{\text{расч}} \leq 60\text{м} + v_{\text{скл}2}^{\text{прин}}, \quad (78)$$

где  $v_{\text{скл}2}^{\text{прин}}$  - принятая ширина крытых складов второго ряда (рис37),  
либо устроить многоэтажный склад, шириной не менее  $v_{\text{скл.мн.эт.}}^{\text{расч}}$ .

$$v_{\text{скл.мн.эт.}}^{\text{расч}} = \frac{v_{\text{скл}}^{\text{расч}}}{n_{\text{эт}}}, \quad (79)$$

где  $n_{\text{эт.}}$  - число этажей здания – склада.

Ширину склада  $v_{\text{скл}}^{\text{прин}}$  рекомендуется назначить в соответствии с изложенными выше положениями по установлению плановых размеров крытых

зданий – складов.

- Полезную высоту зданий складов (от пола до несущих конструкций) принимают равной 6 м для первого этажа и 4,5 м для второго этажа и выше. Число этажей складов в портах обычно не более четырех.

### 3. Специальные склады.

**Зерно** складывают обычно в элеваторах. Элеватор состоит из силосного корпуса, где хранят зерно, проходящее через порт, и рабочей башни, предназначенной, в частности, для приемки, взвешивания, очистки и сушки (превышение влажности в 14...14,5% благоприятствует развитию бактерий и «горению») зерна. Элеваторы оборудуют мощными средствами приема и отпуски груза всем видам транспорта.

Габаритные размеры элеватора можно определить из следующих соображений:

- учитывая, что зерно складывают в силосах и в звездочках между силосами (рис. 38), и, пренебрегая толщиной стенок силосов, можно считать, что емкость силосного корпуса равна расчетной емкости склада зерна, т.е.

$$E_{скл}^{расч} = L_э \cdot B_э \cdot H_э \cdot \rho_{зер}, \quad (80)$$

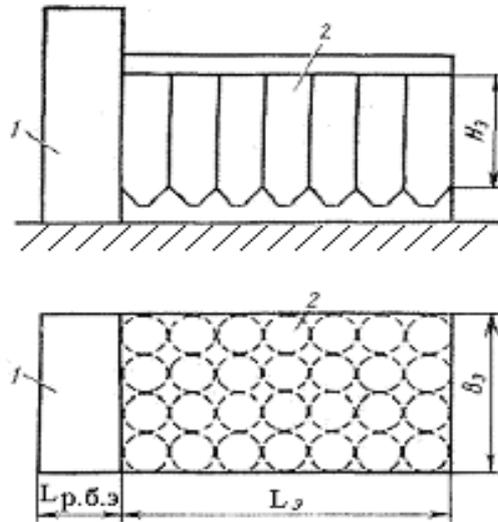
где  $L_э$  - длина силосного корпуса элеватора, м;

$B_э$  - ширина силосного корпуса элеватора, м;

$H_э$  - высота силосного корпуса элеватора, м;

$\rho_{зер}$  - плотность зерна, т/м<sup>3</sup>;

- типовые элеваторы (рис.38) обычно имеют высоту  $H_э$  равную 20, 25 или 30 м и длину  $L_э \approx 2,5B_э$ .



**Рис. 38. Элеватор  
1-рабочая башня; 2-силосный корпус**

Тогда из зависимости (80) можно получить

$$V_э = \sqrt{\frac{E_{скл}^{расч}}{2,5 \cdot H_э \cdot \rho_{зер}}} \quad (81)$$

• длину рабочей башни элеватора ( $L_{р.б.э.}$ ) можно принять примерно равной

$$L_{р.б.э.} \approx 0,6 \cdot V_э ; \quad (82)$$

• высоту рабочей башни элеватора определяют размерами размещаемого в ней технологического оборудования и она примерно на 4...8 м выше силосного корпуса.

**Жидкие (наливные) грузы** [в основном – сырая нефть и продукты ее крекинга, а также сжиженные газы, жидкие химические растворы, продукты питания – растительные масла, молоко, вино, питьевая вода и т.п.], как правило, специфичны: взрыво – пожароопасные, ядовитые, не допускают засорения и смешивания, загустевают и требуют подогрева для снижения вязкости при низких температурах и т.д. При необходимости перегрузить через трубопроводы другой вид или даже сорт груза они должны быть

тщательно промыты горячей водой со специальными моющими средствами.

В состав технических средств современного нефтеперегрузочного терминала (порта), удаленного от других причалов на значительное расстояние входят: причалы с ошланговочными устройствами (стендерами), насосные установки и трубопроводы, емкости для хранения груза (чаще всего наземные металлические цилиндрические баки, подземные или даже подводные), сливные и наливные железнодорожные эстакады, бункеровочные устройства (береговые или плавучие), средства зачистки танков и очистные сооружения, мощные противопожарные средства и мероприятия по охране окружающей среды (боновые ограждения акватории, нефтемусорсорборщики, обвалования наземных емкостей – хранилищ груза) и т.д.

В портах приема самоходных танкеров, имеющих, как правило, свои мощные высоконапорные насосные установки, способные разгрузить весь груз не более чем за сутки, береговые насосные станции могут отсутствовать.

Наземные емкости (баки) для хранения нефтеналивных грузов, сжиженных газов и ядовитых химических растворов обваловывают (разделяют грунтовыми валами или бетонными либо железобетонными стенками) так, чтобы объем ограждаемого пространства был не меньше емкости ограждаемого резервуара (рис.39). Размеры склада в этом случае зависят от числа баков, в которых хранят грузы, и их размеров. Радиус баков  $R_б$  обычно до 20 м; высота баков  $H_б$  до 30 м. Для определения необходимого числа баков  $n_б$  для складирования груза в порту достаточно расчетную емкость склада  $E_{скл}^{расч}$  разделить на емкость одного бака  $E_б$ , т.е.

$$n_б = E_{скл}^{расч} / E_б, \quad (83)$$

где  $E_{\sigma} = \pi D_{\sigma}^2 H_{\sigma} \rho_{\sigma} / 4 = \pi R_{\sigma}^2 H_{\sigma} \rho_{\sigma}$  (84)

$\rho_{\sigma}$  - плотность груза, т/м<sup>3</sup>.

Площадь склада нефтепродуктов определяют из необходимости обеспечения противопожарного разрыва между отдельными баками не менее трех диаметров баков и удаления зон погрузки и выгрузки груза не менее чем на 100 м от оси обвалования склада (рис.39).

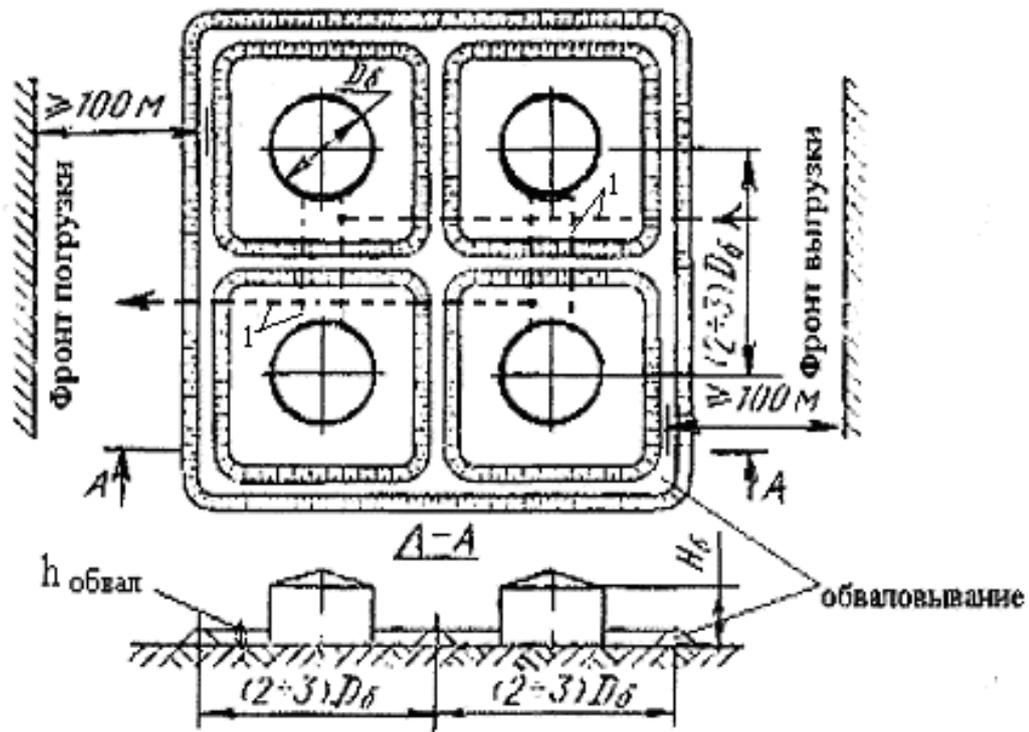


Рис.39. Склад нефтепродуктов

Размеры прочих складов – бункеров и т.п. можно определить по расчетной емкости склада  $E_{скл}^{расч}$  и конструктивной (геометрической) форме склада.

### 3.5. Железнодорожный транспорт в порту.

Принципиальная схема общего состава железнодорожных устройств по обслуживанию портов приведена на рис.40.

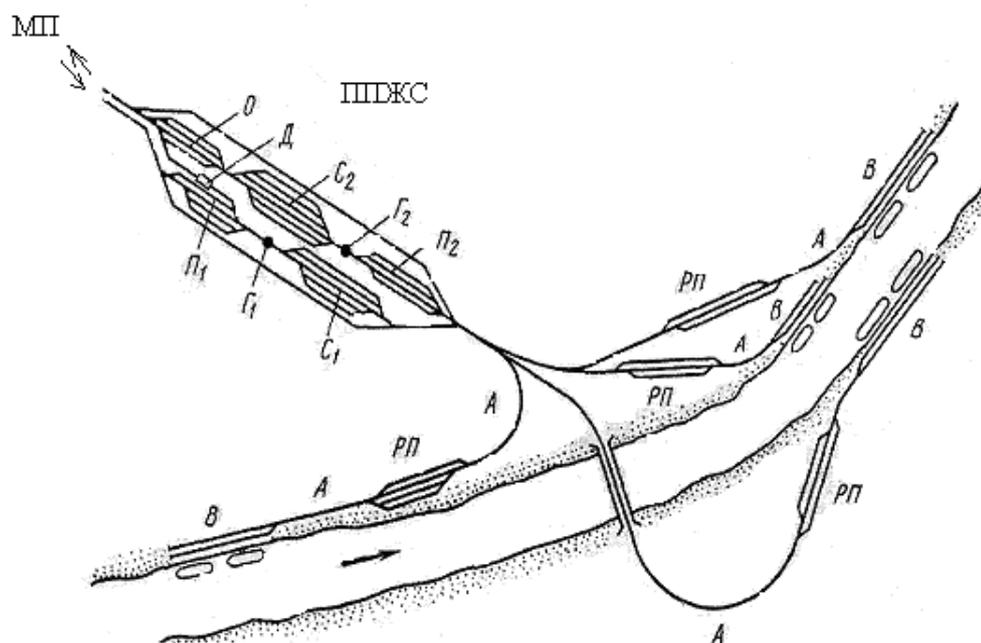


Рис.40. Схема железнодорожных устройств порта.

А – соединительные железнодорожные пути;

В – оперативные железнодорожные пути (ОП).

Железнодорожный комплекс состоит из:

- **предпортовой железнодорожной станции (ППЖС)**, предназначенной для приема составов грузовых вагонов с магистральных путей (МП) в парк прибытия (П1). Здесь магистральный тепловоз (электровоз) оставляет состав и следует в депо (Д) для осмотра и дальнейшей работы или ремонта (при необходимости). Вагоны в железнодорожном составе расположены, как правило, по одному или группами с различными грузами. Исключения составляют целевые (маршрутные) поезда, отправляемые из определенного пункта в адрес порта (например, поезда с углем, зерном, нефтью), но и в этих составах могут быть вагоны с различными сортами и марками этих грузов. Да и порт общего

пользования требует, чтобы в каждый его район поступали вагоны только с определенным (или за определенным) видом груза. Поэтому вагоны прибывшего в парк прибытия  $\Pi_1$  грузового состава расцепляют и маневровый тепловоз проталкивает состав к сортировочной горке  $\Gamma_1$ . Скатывающейся с горки вагон оператор направляет на тот путь сортировочного парка  $C_1$ , где накапливаются вагоны с данным видом груза. Таким образом на ППЖС осуществляют подготовку прибывающих в порт с МП грузовых вагонов. Обработанные в порту вагоны следуют через ППЖС в последовательности: парк прибытия вагонов загруженных (разгруженных) в порту  $\Pi_2$ ; сортировочная горка  $\Gamma_2$ , сортировочный парк  $C_2$  – перегруппировка вагонов по направлениям отправления грузов; парк О – ожидания отправления сформированного грузового состава на МП в пункт назначения.

ППЖС обычно расположена за пределами территории порта на расстоянии до 5км, а иногда и более, в зависимости от местных условий;

- **районных парков (РП)** - предназначенных для обеспечения «подач» групп вагонов на оперативные (прикордонные и тыловые) железнодорожные пути под погрузку или разгрузку. Под «подачей» понимают группу вагонов, которые одновременно можно установить вдоль причального фронта или вдоль склада. Районные железнодорожные парки размещают, по – возможности, ближе к перегрузочным фронтам районов порта (обычно на расстоянии 0,5...1,0км) , на территории многорайонных портов или вне территории порта, но близко к ней;

- **оперативных железнодорожных путей (ОП)** – предназначенных для стоянки вагонов при их разгрузке или загрузке грузом. Это прикордонные и тыловые пути.

Рассмотрим методику расчета оперативных железнодорожных путей.

**1. Прикордонные железнодорожные пути.** Расчет заключается в определении числа ниток железнодорожных путей, необходимых для обеспечения грузооборота по «прямому» варианту, а именно:

$$x_{\text{прик}} = \frac{(q_{\text{сут}})_p (1-\alpha) \cdot l_{\text{ваг}}}{g_{\text{ваг}} \cdot k_{\text{исп}} \cdot C_{\text{п}} \cdot l_{\text{возм.уст.в}}} + 1_{\text{обг.путь}} \quad (85)$$

где  $(q_{\text{сут}})_p \cdot (1-\alpha)$  - расчетная масса груза, проходящая через порт по «прямому» варианту, в сутки,  $t$ ;

$\alpha$  - коэффициент складирования;

$l_{\text{ваг}}$  - длина вагона габаритная (по осям автосцепов),  $m$ ;

$g_{\text{ваг}}$  - грузоподъемность вагона,  $t$ ;

$k_{\text{исп}}$  - коэффициент использования грузоподъемности вагона;

$C_{\text{п}}$  - 3, 6, 9 – число подач вагонов из районного парка на прикордонные пути в сутки (кратна числу смен работы порта в сутки, но не более трех подач в смену);

$l_{\text{возм.уст.в}}$  - длина возможной установки вагонов вдоль причального фронта ( $\approx 0,8L_{\text{прич.фр}}$ );

$1_{\text{обг.путь}}$  - обгонный путь необходим для обеспечения независимой смены вагонов на каждом причале, если пути проходят через несколько причалов. В этом случае между причалами устраивают железнодорожные съезды.

## **2. Тыловые железнодорожные пути.**

Для грузов, складированных на открытых складах – площадках и в крытых складах – зданиях, когда тыловые пути вытянуты вдоль склада, расчет их заключается в определении числа железнодорожных ниток,

необходимых, в отличие от прикордонных путей, для перегрузки груза проходящего через склад, т.е.

$$x_{\text{тыл}} = \frac{(q_{\text{сут}})_p \cdot \alpha \cdot l_{\text{ваг}}}{g_{\text{ваг}} \cdot k_{\text{исп}} \cdot C_{\text{П}}' \cdot l'_{\text{возм.уст.в}}} + 1_{\text{обг.путь}}, \quad (86)$$

где:

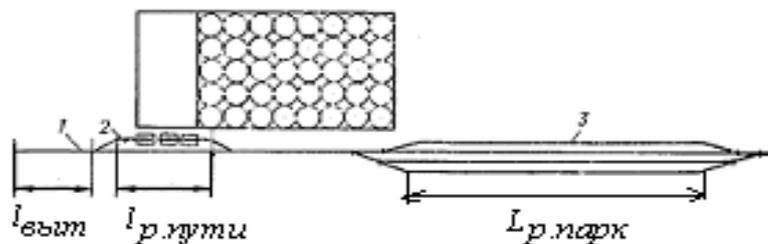
$C_{\text{П}}'$  - 3, 6, 9 – число подач вагонов из районного парка на тыловые пути;

$l'_{\text{возм.уст.в}}$  - длина возможной установки вагонов вдоль складов ( $\approx 0,8l_{\text{скл}}$ );

остальные обозначения те же, что и в формуле (85).

В случаях специальных складов, размеры которых не привязаны к длине причального фронта (элеваторы, склады для нефти и продуктов ее крекинга), часто применяют концентрированную погрузку или разгрузку груза в специальных пунктах. К этому побуждают иногда санитарные или противопожарные требования, применение специализированных высокопроизводительных стационарных перегрузочных машин, поступление большого количества груза за короткий промежуток времени (период уборки урожая (зерна)) и т.п.

Схема железнодорожных путей для «интенсивной» обработки вагонов приведенная на рис.41 обеспечивает практически непрерывную перегрузку грузов.



**Рис. 41. Схема железнодорожных путей для «интенсивной» обработки вагонов.**

**1 – вытяжной путь (вытяжка); 2 – рабочий путь; 3 – районный парк.**

Прибывшие с ППЖС в РП вагоны расцепляют на группы (по  $x_{ваг}$  - определяют расчетом). Далее маневровый тепловоз подает первую группу вагонов на рабочий путь под погрузку (разгрузку). Оставив вагоны, тепловоз выкатывается на вытяжку и по обгонному пути следует в РП за следующей группой вагонов. Зацепив, тепловоз тащит их за собой к рабочему пути. За время маневрирования тепловоза вагоны первой группы загружены (разгружены). Он проталкивает обработанные вагоны на вытяжку, оставляет новую группу вагонов на рабочем пути, сам выкатывается на вытяжку и направляется в РП на путь комплектации состава. Затем прицепив новую группу вагонов тепловоз тащит их на рабочий путь. Цикл повторяется, обеспечивая практически непрерывную перегрузку груза.

Расчет таких железнодорожных путей заключается в определении числа железнодорожных ниток в районном парке, длины вытяжки ( $l_{выт}$ ) и рабочего пути ( $l_{р.пути}$ ).

Число путей в районном парке равно

$$x_{р.парке} = \frac{(q_{сум})_p \cdot \alpha \cdot l_{ваг}}{g_{ваг} \cdot k_{исп} \cdot C_{Гр.парк} \cdot L_{р.парк}} + 2 \quad \begin{array}{l} \text{(обгонный;} \\ \text{комплектации состава)} \end{array} \quad (87)$$

где  $C_{Гр.парк}$  - число подач железнодорожных вагонов с ППЖС в районный парк (как правило до 3);

$L_{р.парка}$  - расчетная длина районного парка (обычно от 100 до 300 м);

остальные обозначения те же, что и в формуле (85).

Длина вытяжки равна длине рабочего пути и равны

$$l_{выт} = l_{р.пути} = x_{ваг} \cdot l_{ваг} + l_{лок}, \quad (88)$$

где  $l_{лок}$  - длина маневрового локомотива ( $\approx 20$  м);

$x_{ваг}$  - группа (число) вагонов, которую необходимо одновременно ставить под погрузку (разгрузку);

$$x_{ваг} = n_{ваг} / \bar{n}_{ваг}, \quad (89)$$

где  $n_{ваг}$  - число вагонов, которое порт должен загрузить (или разгрузить) в сутки;

$\bar{n}_{ваг}$  - число вагонов, которое за сутки сможет загрузить (разгрузить) одна перегрузочная машина (перегрузочный пункт);

$$n_{ваг} = \frac{(q_{сум})_p \cdot \alpha}{g_{ваг} \cdot k_{исп}} \quad (90)$$

$$\bar{n}_{ваг} = \frac{t_{p.n}}{t_{погр(разгр)} + t_{всп}}, \quad (91)$$

где  $t_{p.n}$  - время работы порта в сутки, ч;

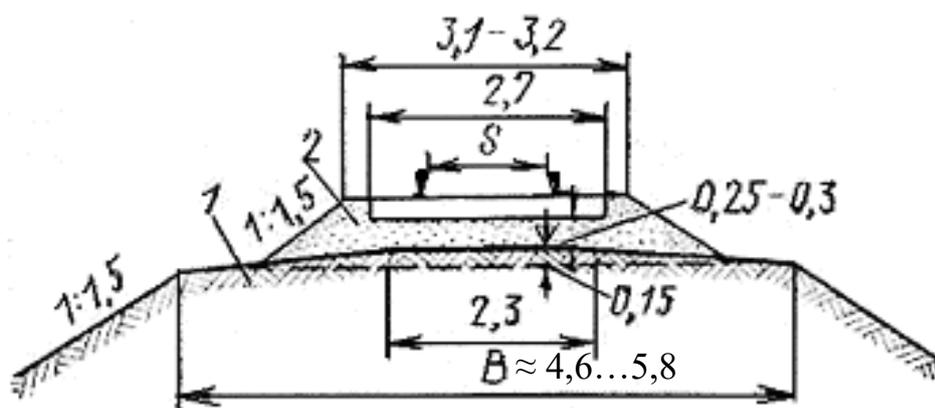
$t_{погр(разгр)}$  - время погрузки (разгрузки) груза, ч;

$t_{всп}$  - время на вспомогательные операции, связанные с погрузкой (или разгрузкой) груза: снятие пломбы, открытие люков, раскрепление вагона, открытие дверей, установка вибраторов и т.п.);

$$t_{погр(разгр)} + t_{всп} \approx (0,2 \dots 0,5) \text{ ч.}$$

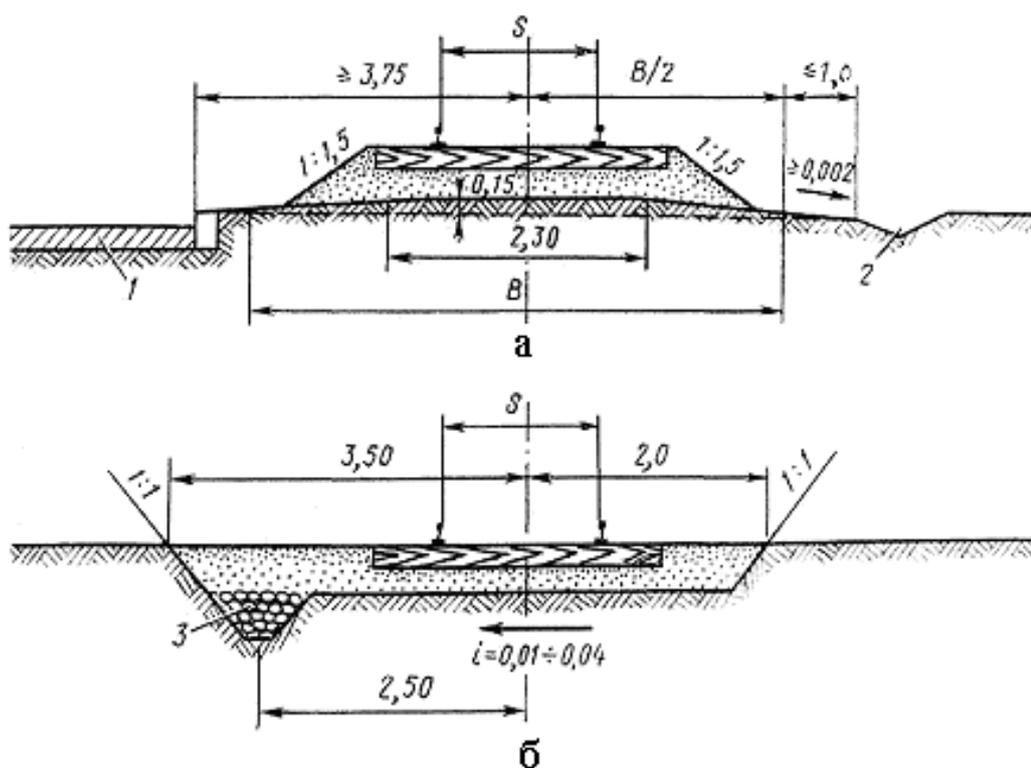
Железнодорожные пути, обслуживающие порт, подразделяют на **подъездные** (ППЖС и соединительные пути с железнодорожной станцией, промышленными предприятиями, РП и т.д.) и **внутрипортовые** (ОП, РП и соединительные).

В общем случае железнодорожный путь состоит из земляного полотна и верхнего строения. Верхнее строение включает: балластный слой (щебень), шпалы (железобетонные или деревянные) и рельсы (рис.42).



**Рис. 42. Устройство железнодорожного полотна**

На территории порта железнодорожные пути чаще всего выполняют с заглубленным балластом (рис.43б).



**Рис.43. Поперечные профили железнодорожного полотна на территории порта:**

**а- в нулевых отметках; б- с заглубленным балластом;**  
**1-автодорога; 2-лоток или кювет; 3-дренаж.**

В этом случае необходимо устроить дренаж (водоотвод) в виде траншеи заполненной щебнем, по дну которой уложены перфорированные асбоцементные или полиэтиленовые трубы диаметром 0,1...0,2м. Дренаж устраивают с продольным уклоном не менее 0,005 и через каждые 75...100м размещают колодцы для осмотра и очистки. Головки рельсов выступают над покрытием на 1...2см.

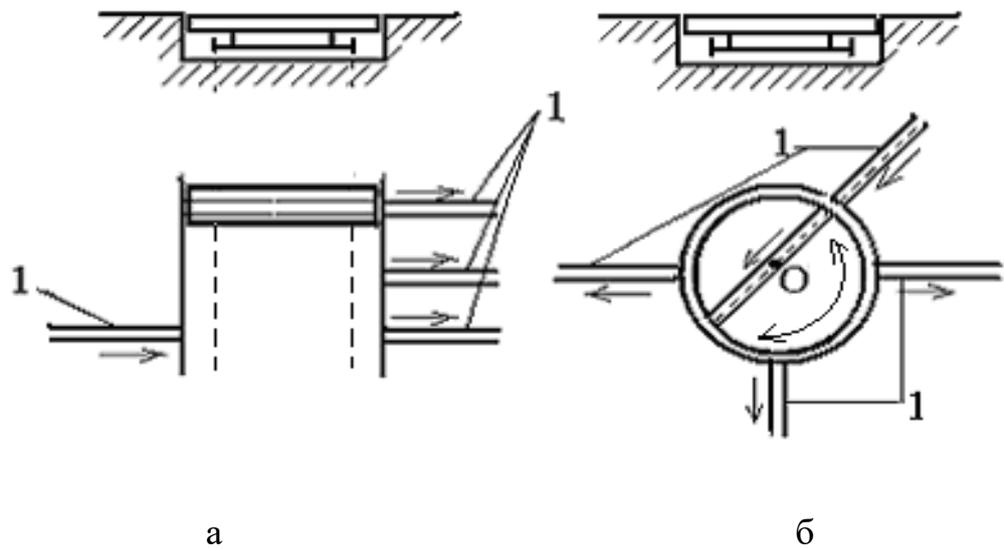
Верхнее строение железнодорожного пути предназначено для передачи нагрузок на земляное полотно, упругое поглощение динамических воздействий и сохранение постоянства рельсовой колен. Балластный слой предотвращает продольное и поперечное перемещение шпал и способствует удалению выпадающих на пути атмосферных осадков. Ширина железной дороги нормальной колен S (расстояние между внутренними кромками головок рельс (рис.42,43)) 1524мм с допусками +6мм и -2мм.

В плане железнодорожные пути состоят из прямолинейных участков и криволинейных, выполняемых по окружности. Рекомендуемый радиус кривых: на подъезде к порту  $\geq 300м$ ; на территории порта  $\geq 120м$ .

Уклон железнодорожного пути на территории порта не допускается; на подходах к порту не более 3%.

Скорость движения железнодорожных составов на территории порта ограничена 15км/ч, что позволяет устраивать (очерчивать) криволинейные участки постоянным радиусом (без переходных кривых и не предусматривать повышение наружного рельса на кривых).

Для перехода подвижного состава с одного пути на другой применяют траверзные тележки, поворотные круги и стрелочные переводы (рис.44,45)



**Рис. 44.**

**а – траверзная тележка; б – поворотный круг.**

**1 – железнодорожный путь.**

На территории порта траверзные тележки и поворотные круги, предназначенные для передачи одного вагона, применяют крайне редко. Как правило, устраивают наиболее простые и надежные одиночные стрелочные переводы (рис.45). Основной характеристикой стрелочного перевода является **марка крестовины**  $M = 2tg \frac{\alpha}{2} \approx tg \alpha$ . Крестовины бывают различных марок: 1:4,5; 1:6; 1:7; 1:8; 1:9; 1:11; 1:15; 1:18; 1:22; ... . В стесненных условиях портов применяют обычно крестовины 1:7, (1:9).

Предельный столбик Р указывает место, ближе которого к стрелочному переводу стоянка (установка) вагонов не разрешается, для безопасного прохождения состава по смежному пути.

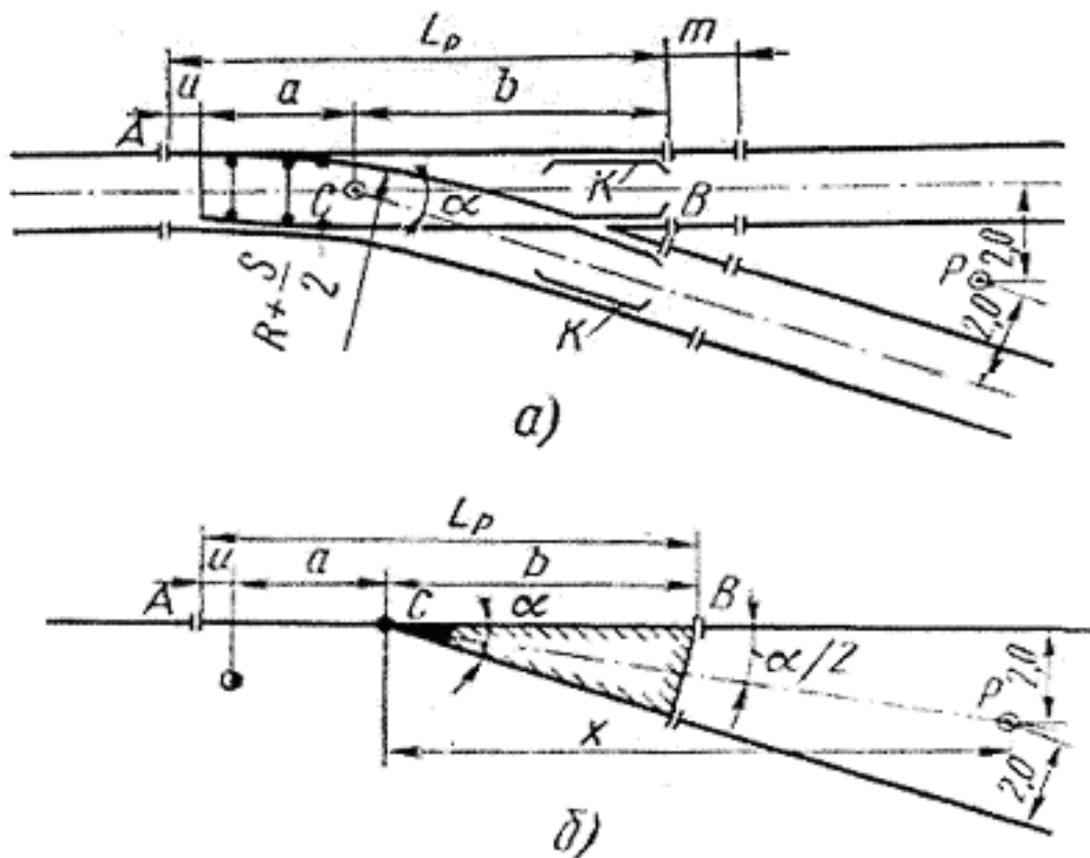
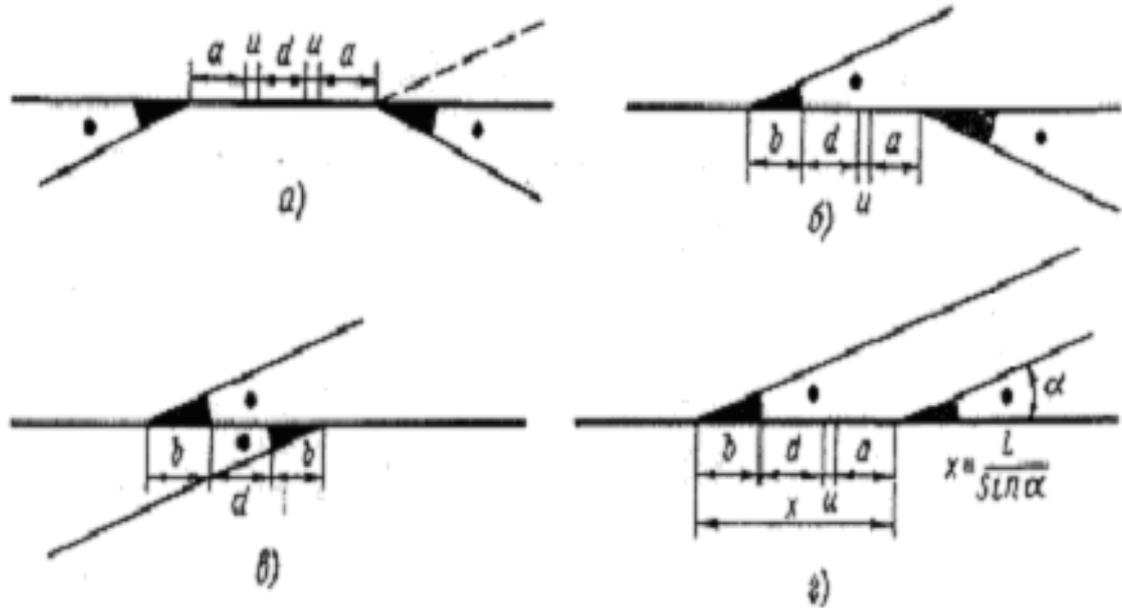


Рис.45. Одиночные стрелочные переводы.

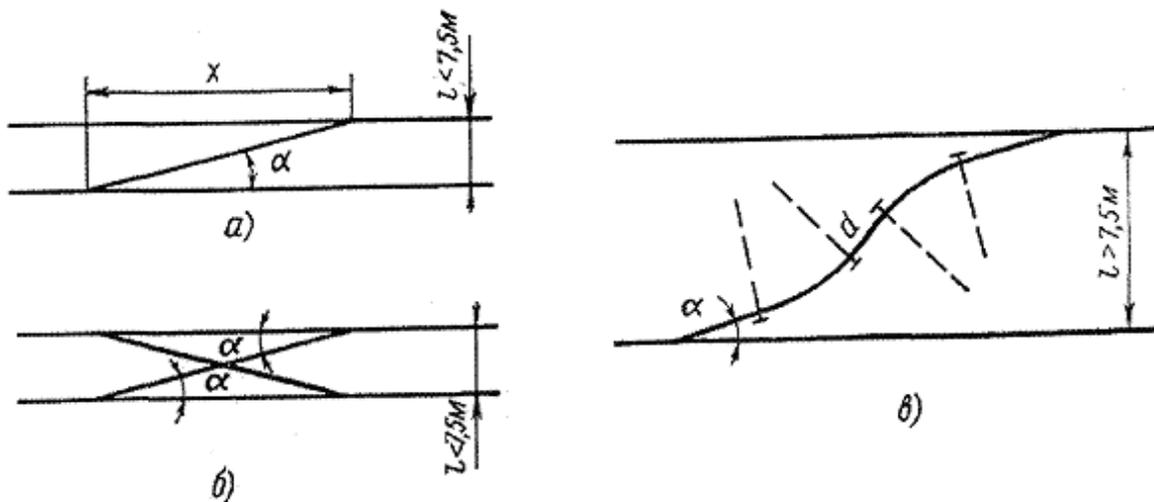
а – изображение колеи двумя нитками; б – изображение колеи её осью;  
 С – центр перевода;  $u$  – расстояние от стыка рамного рельса до начала остряков;  $a$  - - расстояние от конца остряков до центра стрелочного перевода;  $b$  – расстояние от центра перевода до конца крестовины;  
 А – начало рамного рельса; В – конец крестовины;  $\alpha$  – угол крестовины;  $R$  – радиус переводной кривой;  $S$  – ширина рельсовой колеи;  $P$  – предельный столбик;  $L_p$  - полная длина стрелочного перевода;  $m$  – прямая вставка для приведения длины стрелочного перевода в соответствие с длиной рельсовых звеньев.

В зависимости от взаимного расположения различают следующие сочетания стрелочных переводов: встречные, попутные, обратные и параллельные ответвления (рис.46)



**Рис.46. Сочетания стрелочных переводов:**  
**а-встречных; б-попутных; в-обратных; г-параллельных ответвлений,**  
**d – прямая вставка (так наз. «рубка» рельса) равна 6,5 м для**  
**встречных и 4,5 для попутных стрелок.**

При двух рядом расположенных параллельных железнодорожных нитках съезды могут быть: одиночные, перекрестные (на территории порта, как правило, не устраивают) и сокращенные (при расстоянии  $l \geq 7,5 м$ ) (рис.47).



**Рис.47. Железнодорожные съезды.**

**а - одиночный, б - перекрестный, в – сокращенный.**

Подвижной состав железнодорожного транспорта включает:

- локомотивы – электровозы (в основном для магистральных путей);  
– тепловозы (для магистральных путей и практически для всех маневровых работ);
- вагоны – пассажирские;
  - грузовые (универсальные – крытые, полувагоны /гондолы/ и платформы);
  - специализированные – саморазгружающиеся /думпкары/, цистерны, бункерного типа, изотермические и т.д.).

Следует иметь в виду, что специализированные вагоны обеспечивают экономичность при выполнении погрузочно – разгрузочных работ и наилучшую сохранность груза, но, как правило, возвращаются за новым грузом порожнем.

### 3.6. Автомобильный транспорт в порту.

Задача автомобильного транспорта состоит в доставке грузов в порт или вывозе, а также перемещении их по территории порта. В соответствии с этим различают внешнепортовые и внутрипортовые перевозки. Внутрипортовые перемещения грузов (подача грузов в склад или на отгрузку, перемещение между складами и т.п.) осуществляют, как правило, специализированные машины (авто – электропогрузчики, автолесовозы, автоконтейнеровозы, тягачи с составом, несамоходные и самоходные тележки и т.п.), хотя для этих целей могут быть использованы и обычные автомобили (бортовые, самосвалы, трейлеры и т.п.)

Преимущества автомобильного транспорта:

- большая скорость доставки грузов;
- высокая маневренность подвижного состава - доставка грузов «от ворот до ворот»;
- отсутствие необходимости затрат на дополнительную упаковку грузов.

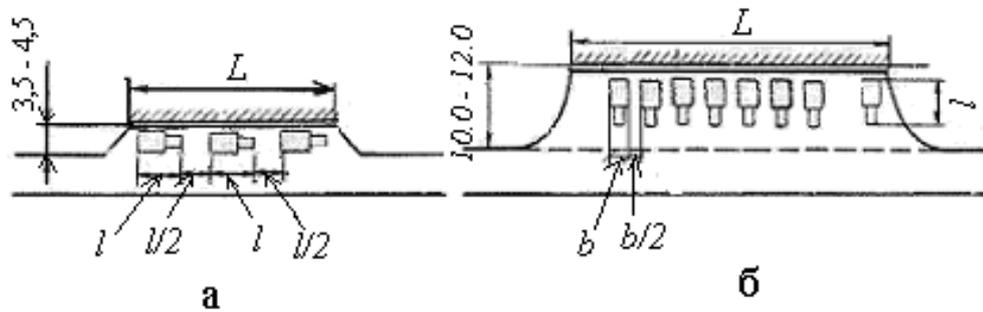
Перевозки грузов автомобильным транспортом рациональны на расстоянии до 200км.

Характерными особенностями внутрипортовых дорог являются: малые скорости движения транспортных средств (до 20км/ч); прокладка на отметке территории порта. В крупных портах стремятся создать возможность движения автотранспорта по всей территории порта. Однополосные дороги на территории порта возможны для хозяйственных и пожарных подъездов при отсутствии регулярного встречного движения.

На территории порта прокладывают объездную автомобильную дорогу шириной 6...7 м на расстоянии не менее 3,75 м от оси железнодорожного пути, 1,5...3,0 м от стен зданий и 8 м от зданий,

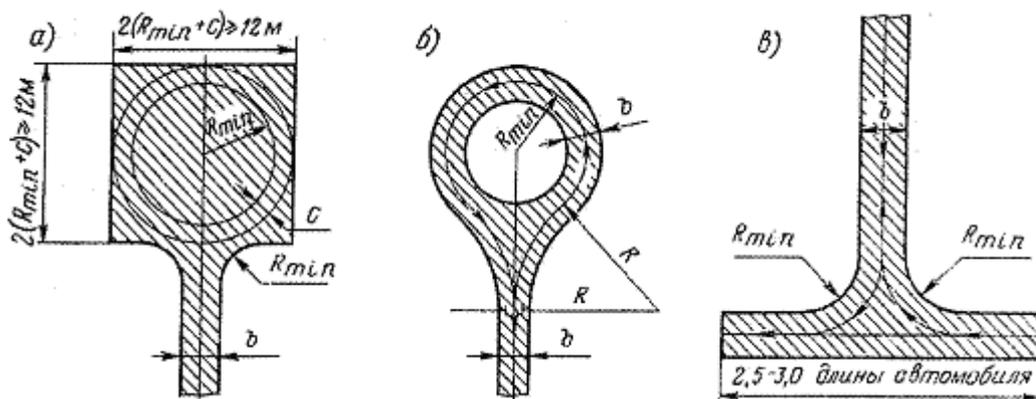
имеющих въезды для автотранспорта, позволяющую подъехать к каждому складу и вспомогательным зданиям порта.

На рис.48 представлена расстановка автомобилей у рампы крытых зданий – складов.



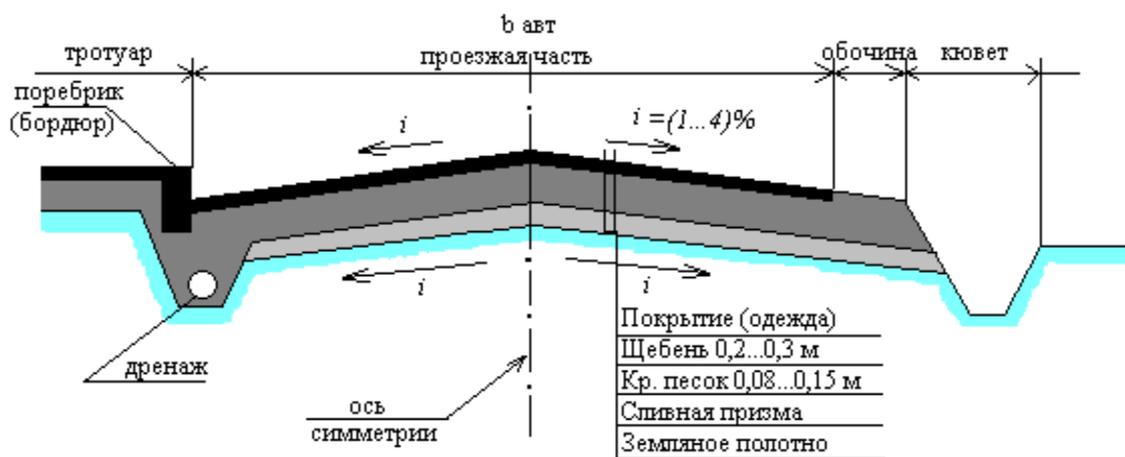
**Рис.48. Установка автомобилей у рампы складов:  
а – продольная; б – торцевая  
(*l*-длина, *b* – ширина автомобиля.)**

В случае устройства тупиковых участков автодорог, их заканчивают разворотными площадками (рис.49).



**Рис.49. Концевые устройства для разворота автомобилей:  
а - площадка; б – петля; в – Т-образный тупик;  
b – ширина проезжей части; с – ширина автомобиля.**

В качестве дорожных покрытий в портах применяют бетонные и асфальтобетонные, а в прикордонной полосе нередко применяют железобетонные плиты.



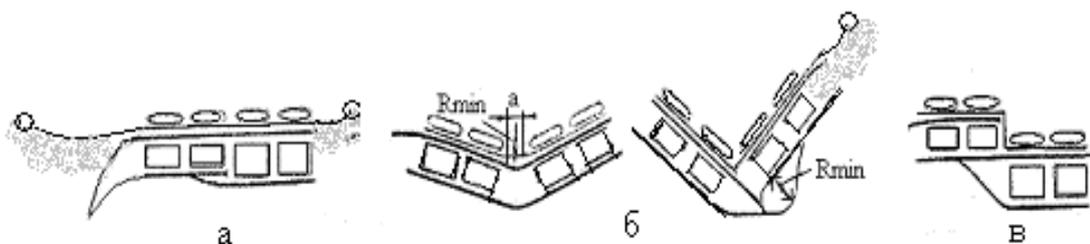
**Рис. 50. Устройство автодороги.**

1. ось симметрии показывает возможность устройства автодороги:
  - с кюветами с обеих сторон;
  - с тротуарами с обеих сторон;
  - с тротуаром с одной стороны и кюветом с другой стороны.
2. Сливная призма – поверхность земляного полотна.
3. Покрытие может быть:
  - асфальтовое (двуслойное – нижний слой крупнозернистый (чёрный) асфальт 4...5см; верхний слой мелкозернистый 3...4см);
  - бетонное 18...24см (в зависимости от расчётной нагрузки);
  - железобетонное (плиты толщиной 0,14...0,16м).

### 3.7. Основные формы причального фронта порта.

Различают три основные формы причального фронта:

- открытая (фронтальная) – прямолинейная, под углом и с уступами (рис.51);
- в виде бассейнов (рис.52);
- пирсовая - широкие и узкие пирсы, американского и европейского типа (рис.53).



**Рис.51. Начертание причальных сооружений при открытом причальном фронте:  
а – прямолинейное; б – под углом; в – с уступом (уступами).**

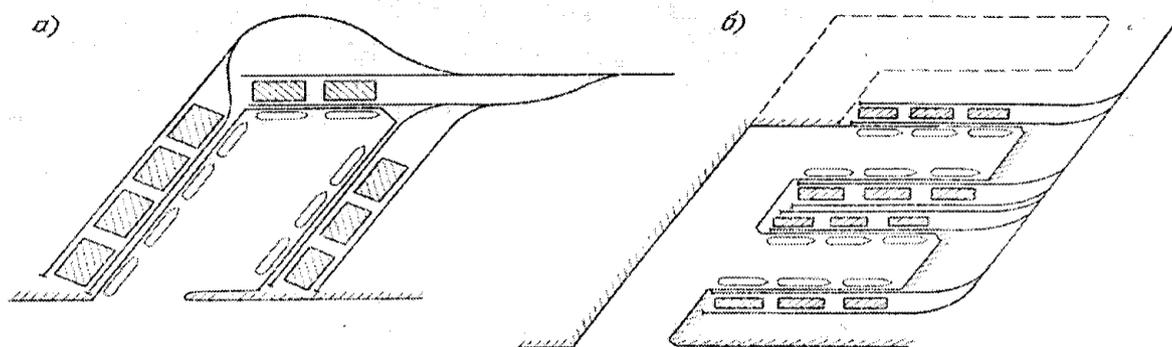
Выбор той или иной формы причального фронта зависит от топографических, геологических и гидрологических естественных условий, площади территории порта и условий подхода водного и железнодорожного транспорта.

Открытая форма причального фронта является наиболее распространенной в портах, особенно в речных. Для нее характерно:

- достаточная протяженность побережья для размещения причального фронта;
- удобные условия для подхода и маневрирования судов;
- сравнительно невысокая стоимость земляных работ при соблюдении баланса земляных работ;
- естественные условия побережья не требующие устройства дорогостоящих оградительных сооружений (протяженность оградительных сооружений при такой форме причального фронта оказывается значительной, что существенно увеличивает общую стоимость порта);
- прямолинейную форму или под углом рассматривают по очертанию береговой полосы, но с числом причалов, имеющих прикордонные железнодорожные пути и вытянутых в одну прямую

линию, не более пяти (шести). В иной ситуации рассматривают открытый причальный фронт с уступом (или уступами).

**Бассейновую (ковшевую) форму причального фронта (рис.52)**



**Рис.52. Причальный фронт в виде бассейнов:  
а – одиночный бассейн; б – группа бассейнов**

рассматривают в естественных условиях (бухты, заливы, затоны) либо искусственно созданных (отчерпанных вглубь суши) акваториях, что увеличивает объем и стоимость земляных работ по выемке. Условия маневрирования судов в бассейнах, как правило, стесненные, требующие буксиров портофлота для перемещения судов и постановки их к причалам и на рейды.

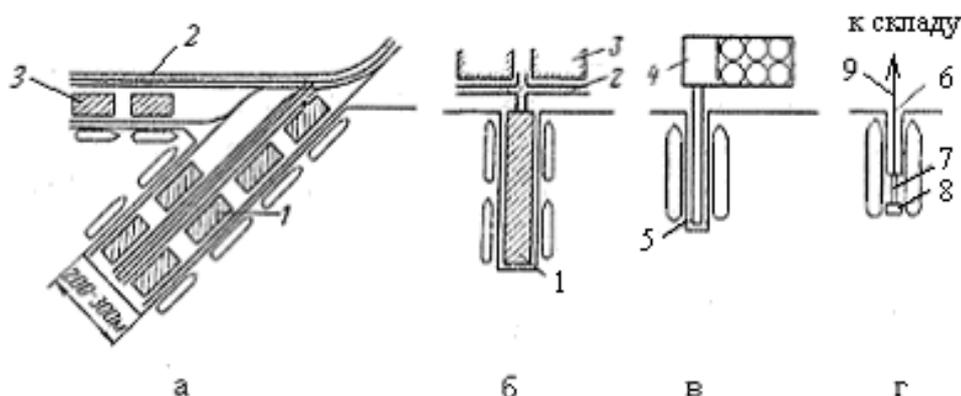
Формы и размеры портовых бассейнов весьма разнообразны, что связано с топографией и геологией местности, а также историческим развитием порта. Наиболее простой и распространенной формой бассейна является прямоугольник. В речных портах бассейны в форме параллелограмма располагают под углом к руслу. Для устьевых портов Западной Европы (Роттердам, Гамбург, Рейнхафен и др.) характерны более сложные формы бассейнов, отличающиеся компактностью и удобными подходами сухопутных видов транспорта. Бассейны нефтеналивных районов портов обустраивают боновыми

ограждениями, предназначенными для защиты водоемов от аварийных и технологических разливов нефти.

На приливных морях порты – бассейны могут быть закрытыми, с устройством на входе шлюзов.

На реках акватории внерусловых (ковшевых) портов используют для зимнего отстоя флота и в период весеннего ледохода.

**Пирсы**, как правило, отсыпают вглубь водоема, создавая причальный фронт и оперативную территорию порта. (рис.53).



**Рис.53. Пирсовая форма причального фронта:**  
**а – широкий пирс; б – узкий пирс американского типа; в – пирс для зерновых грузов; г - пирс для нефтегрузов;**  
**1-склад на пирсе; 2-автомобильная дорога; 3-склады;**  
**4-элеватор; 5-конвейерная эстакада; 6-нефтяной пирс;**  
**7-переходный мостик; 8-швартовный пал; 9 – трубопровод.**

Различают пирсы широкие и узкие. Широкие пирсы ( $B_{\text{пирса}} \text{ до } 400 \text{ м}$ ) предназначены для расположения всей оперативной зоны перегрузки груза (перегрузочные машины, склады и оперативные железнодорожные и автомобильные пути). Узкие пирсы ( $B_{\text{пирса}} \text{ до } 20 \text{ м}$ ) целесообразны при размещении грузов в специальных склада (элеваторы, емкости для жидких грузов и т.п.), не привязанных к

причальному фронту. При этом на пирсах размещают погрузочно – разгрузочные устройства, транспортерные галереи или трубопроводы.

Различают пирсы по отношению к береговой линии – под прямым углом (американского типа) или острым углом (европейского типа).

Пирсы, располагаемые под острым углом к береговой полосе (как правило, широкие пирсы) удобны для подвода железнодорожных путей. Пирсы американского типа, чаще всего, узкие.

Длину пирсов стремятся ограничить естественными глубинами на водоёме, равными гарантированным.

Главное преимущество пирсовой формы причального фронта является ее компактность, что крайне важно для требующих защиты акваторий морских и водохранилищных портов. А для некоторых морских побережий при узкой береговой полосе, недостаточной для размещения складов, скальными грунтами и большим уклоном дна эта форма причального фронта практически единственно рациональная.

И наконец, при размещении рядом нескольких пирсов получают форму причального фронта, аналогичную группе рядом размещенных бассейнов. Отличие заключается лишь в способе создания причального фронта: бассейны открывают вглубь суши, а пирсы отсыпают в водоем. На реках пирсы не строят, так как они изменяют естественный русловый режим.

### **3.8. Вспомогательные здания, сооружения и инженерные сети в портах.**

На территории порта должно быть предусмотрено устройство служебно – вспомогательных зданий, а именно:

- управление порта – расположено за пределами территории порта, желательно недалеко от нее;

- управления районами порта – располагают на территории порта в непосредственной близости к соответствующему грузовому району и в виде индивидуальных строений для открытых складов – площадок. Для прочих грузов управления районами располагают в крытых зданиях – складах, рабочих башнях элеваторов, насосных станциях и т.п.);

- здания пожарной и сторожевой охраны, проходные;

- ремонтно – механические мастерские, предназначенные для планово - предупредительного ремонта и повседневного технического обслуживания перегрузочных машин, навигационного ремонта портового и транспортного флота (навигационный ремонт – ремонт без вывода из эксплуатации), ремонта электрических и энергетических установок, средств и сетей связи;

- гараж, для средств напольного транспорта и автотранспорта порта, часто со своей ремонтной базой (аккумуляторная, цех со смотровыми ямами и эстакадами, покрасочный бокс и т.п.);

- материально – технический склад;

- трансформаторные подстанции;

- столовая; медпункт; душевые и т.п. – могут быть совмещены в одном здании;

- и др.

При необходимости к зданиям устраивают подъезды автодорог или пешеходные тротуары.

Как правило, порты имеют ремонтно – строительные подразделения для поддержания в должном техническом и работоспособном состоянии портовых гидротехнических и строительных сооружений.

**Водоснабжение** порта, для снабжения судов и береговых потребителей порта, устраивают, как правило, централизованные: закольцованные объединенные системы водохозяйственно–противопожарного водопровода. Для производственных нужд, когда не

требуется вода питьевого качества, устраивают производственные водопроводы с забором воды непосредственного из водоема (река, водохранилище, море) или какого – либо другого источника водоснабжения.

Для отвода дождевых, бытовых и производственных сточных вод в портах устраивают чаще всего централизованную **канализацию**. При этом предусматривают отдельные канализационные сети и сооружения, обеспечивающие сброс в водоем (или прилегающие к нему зоны) вод, удовлетворяющих требованиям по охране окружающей среды.

**Электроэнергия** в портах потребляется основной перегрузочной техникой (кранами, вагоноопрокидывателями, конвейерами, пневмоперегрузчиками и другими перегрузочными машинами и механизмами (примерно 70% установленной мощности)), вспомогательным оборудованием (зачистные машины, обеспыливающие установки, поливные и т.п.) (примерно 18%), освещение и др. нужды (примерно 12%).

Понижающие трансформаторные подстанции, от которых осуществляют непосредственное питание электроэнергией всех основных потребителей в порту, обслуживают обычно 2...3 причала.

**Средства связи**, (группа слабых токов) – телефонная, телевизионная, спутниковая – входят в состав технических средств систем управления производством, автоматизации инженерно – технического и управленческого труда. Например, диспетчерская телевизионная связь позволяет наблюдать за территорией порта и районами выполнения погрузочно – разгрузочных работ; спутниковую и радиосвязь используют для определения местонахождения судна, наблюдений за акваторией и движущимися судами и переговоров береговых служб с плавсредствами.

### **3.9. Общие требования к плану порта.**

#### **Противопожарные и природоохранные мероприятия в портах.**

К генеральному плану порта предъявляют нижеследующие общие требования:

- со стороны судоходства – удобные, безопасные и доступные весь период навигации подходы к порту; достаточная площадь акватории порта для свободного маневрирования, подхода и стоянки судов у причалов и на рейдах; обеспеченные гарантированные глубины;

- со стороны сухопутных видов транспорта – безопасное и удобное устройство при наименьшем числе пересечений, в особенности с водным транспортом, и развязок, обеспечивающих, по – возможности, независимость движения транспортных средств; обеспечение бесперебойной подачи железнодорожных составов и автомобилей в зоны погрузки или разгрузки груза и наличие для этого достаточного числа соединительных путей, приближенных к районам порта районных парков, резервных площадок для стоянок автомобилей и организация кольцевого движения;

- генеральный план порта должен быть запроектирован так, чтобы обеспечивался кратчайший путь прохождения груза через порт;

- сети инженерных коммуникаций порта должны обеспечивать бесперебойную работу оборудования и обслуживание судов стоящих у причалов;

- территория порта должна быть достаточной для компактного размещения оперативной зоны, инженерных сетей, вспомогательных зданий и сооружений и подъездов к ним в тыловой части. Ограждение территории порта обязательно, как предприятия повышенной опасности;

- при проектировании порта следует предусматривать перспективу его развития;

- порт должен быть правильно районирован, удовлетворяя санитарным и противопожарным требованиям;

- необходимо правильно сочетать порт и город. Не существует города, расположенного на водоеме (реке, море, водохранилище), без порта и с появлением порта возникает поселок сравнительно быстро перерастающий в город. И порт и город стремятся к водоему: первый – для устройства новых причалов; второй – для устройства городских набережных, спортивных сооружений и пляжей. Проектируя порт следует продумать размещение его грузовых районов ниже по течению реки – за пределами города, но и недалеко от него.

Противопожарные мероприятия в порту обычны как и для прочих промышленно – хозяйственных предприятий. Особые требования предъявляют к грузам повышенной пожароопасности.

**Уголь** – способен к самовозгоранию и поэтому:

- высота штабеля угля не более 8 м;

- коэффициент использования полезной площади склада около 0,65, т.е. 35% складской площади являются и противопожарными проездами;

- предусматривается система полива водой, в том числе и для обеспыливания.

**Лесные грузы** (пиломатериалы и круглый лес) укладывают в штабели высотой до 10 (12) м, что определено прочностью древесины на смятие поперек волокон, и площадью до 1200 м<sup>2</sup>. Штабели группируют в кварталы примерно 50% площади склада занимают противопожарные проезды, ширина которых не менее:

- 10 м (основные), 5 м (второстепенные) – между штабелями пиломатериалов;

• при площади квартала пиломатериалов до 4,5га (гектар) проезды между кварталами:

- 25 м при высоте штабеля до 5 м;
- 40 м при высоте штабеля от 5 м до 10 м;
- 50 м при высоте штабеля от 10 м до 12 м;

• при площади группы кварталов до 18га:

- 100 м при ширине полосы посадок лиственных деревьев 25 м;

• в пределах кварталов между штабелями круглого леса не нормируются. В портовских складах устраивают технологические проезды, как и для пиломатериалов;

• при площади квартала круглого леса до 9га:

- 25 м при сухом способе хранения (влажность древесины не более 18%);
- в остальных случаях не нормируется;

• при площади группы кварталов от 9 до 18га:

- 25 м при влажном способе хранения;
- 40 м при сухом способе хранения;

• при площади от 18 до 40га:

- 40 м при влажном способе хранения;
- 50 м при сухом способе хранения.

• превышение общей площади склада более 40га не рекомендуется.

**Для нефтеналивных грузов**, как грузов взрыво – пожароопасных, рекомендуется:

• удалять танкеры и наливные баржи от других причалов на расстояние не менее 300 м. На реках при размещении таких причалов выше по течению, указанное расстояние должно быть не менее 1200 м;

• расстояние от оси обвалования складов нефтеналивных грузов до оперативных зон погрузки – выгрузки груза из транспортных средств

(судно, вагоны, авто и т.п.) и других инженерных объектов (здания, ограждения территории и т.п.) не менее 100 м;

- устраивать молниеотводы;
- выполнять заземление трубопроводов;
- оборудовать искрогасителями подвижной железнодорожный состав;
- проектировать причальные сооружения из негорючих строительных материалов;
- предусматривать окраску наземных металлических баков для хранения нефтегрузов в светлые тона, во избежание дополнительного разогрева от солнечного теплого воздействия;
- осуществлять закачку инертных газов в баки, не полностью заполненные грузом.
- обязательное устройство системы пожаротушения с применением огнегасящего вещества в виде высокократной воздушно – механической пены.

**Природоохранные мероприятия** в портах, как и для других предприятий хозяйственной деятельности человека, направлены на предотвращение загрязнений водоемов хозяйственно – бытовыми, нефтесодержащими, химическими, биопищевыми и прочими отходами и просорами, связанными с перегрузкой грузов в порту, и в особенности от эксплуатации судов. В портах следует предусмотреть:

- обеспыливание при перегрузке навалочных грузов (уголь, песок, песчано – гравийная смесь и т.п.) поливом водой, смачиванием грейфера, лесопосадками вокруг таких погрузочно – разгрузочных зон;
- установку фильтров на выбросе в атмосферу воздуха из вытяжных вентиляционных систем пневмоустановок (перегрузка зерна, цемента и др. пылевидных грузов);

- устройство в порту очистных сооружений для канализационных стоков, загрязненных и балластных вод с судов, или отвод их на городские очистные станции;

- использование специальных зачистных станций для мойки и чистки топливных емкостей;

- боновые ограждения вокруг возможного разлива нефти;

- применение судов нефтемусоросборщиков для сбора с поверхности воды нефтепродуктов;

- обвалование нефтехранилищ и складов жидких химических и ядовитых грузов, во избежание загрязнения больших территорий при аварийных ситуациях;

- устройство твердых, химически стойких покрытий полов складов химических и ядовитых грузов с обеспечением поверхностного водоотвода в соответствующие канализационные стоки;

- и других мероприятий, предотвращающих попадание в природную среду вредных веществ выше установленных для них предельно – допустимых концентраций (ПДК).

## Содержание

1. Общие положения и понятия.....	4
1.1. Порт как транспортный узел. Работа порта.....	4
1.2. Основные элементы порта.....	8
1.3. Грузооборот, пропускная способность, грузооборот и судоемкость порта.....	13
1.4. Классификации портов.....	21
2. Факторы естественного режима побережья, влияющие на портостроение.....	29
2.1. Естественный режим побережья.....	29
2.2. Метеорологические факторы и их влияние на строительство и эксплуатацию портов.....	31
2.3. Гидрологические факторы естественного режима, влияющие на портостроение.....	36
2.4. Геологические и геоморфологические факторы естественного режима, влияющие на портостроение.....	61
3. Основные расчётные характеристики портов. Требования к плану порта.....	74
3.1. Длина причального фронта.....	74
3.2. Определение размеров рейдов портовой акватории.....	79
3.3. Определение отметок территории и дна акватории порта.....	85
3.4. Портовые склады.....	91
3.5. Железнодорожный транспорт в порту.....	106
3.6. Автомобильный транспорт в порту.....	118
3.7. Основные формы причального фронта порта.....	120
3.8. Вспомогательные здания, сооружения и инженерные сети в портах.....	124
3.9. Общие требования к плану порта. Пожарные и природоохранные мероприятия в портах.....	127

Юрий Александрович Перевязкин

Сооружения портов и транспортных терминалов и их техническая  
эксплуатация

Часть 1. Устройство портов

Печатается в авторской редакции.  
Компьютерный набор Чуркиной М.В.  
Огородник Т.В.

---

Подписано в печать ..... Сдано в производство.....  
Лицензия №000283 от 19.10.98. Формат 60×841/164 усл. печ. л.....  
Уч. изд. л..... Тираж 100 экз. Заказ №...

---

Отпечатано в ИПЦ ФГОУ ВПО СПбГУВК  
198 035, Санкт-Петербург, Межевой канал 2.