

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Гидротехническое и энергетическое строительство,
водный транспорт и гидравлика»

О.Б. Корбут
Ю.А. Перевязкин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОРТА

Пособие
по выполнению курсового проекта
для студентов специальности 1-37 03 02 «Кораблестроение
и техническая эксплуатация водного транспорта»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области строительства и архитектуры*

Минск
БНТУ
2019

УДК 627.215.2
ББК 39.413
К66

Рецензенты:
И. В. Качанов, А. Н. Чернобылец

Корбут, О. Б.

К66 Проектирование порта: пособие по выполнению курсового проекта для студентов специальности 1-37 03 02 «Кораблестроение и техническая эксплуатация водного транспорта» / О. Б. Корбут, Ю. А. Перевязкин. – Минск : БНТУ, 2019. – 63 с.
ISBN 978-985-550-932-6.

Пособие содержит информацию об устройстве, оборудовании и работе транспортных портов; рекомендации по принятию технических и компоновочных решений; нормативные данные. Соответствует программам дисциплин по портовому строительству.

Адресуется студентам всех гидротехнических специальностей для выполнения курсовых и дипломных проектов портовой тематики.

УДК 627.215.2
ББК 39.413

ISBN 978-985-550-932-6

© Корбут О. Б., Перевязкин Ю. А., 2019
© Белорусский национальный
технический университет, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методическое пособие подготовлено преподавателями Белорусского национального технического университета (О. Б. Корбут) и Санкт-Петербургского государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова (профессор Ю. А. Перевязкин). Оно адресовано студентам, обучающимся по специальности «Кораблестроение и техническая эксплуатация водного транспорта» и выполняющим курсовой проект и расчетно-графические работы по дисциплине «Порты и портовые сооружения».

Пособие соответствует программам дисциплин по сооружениям и оборудованию портов, изучаемых в профильных вузах России и Беларуси, и может быть использовано студентами всех гидротехнических специальностей при выполнении курсовых и дипломных проектов портовой тематики.

Цель данного пособия – дать студентам общее представление о вопросах, подлежащих разработке при проектировании портов, и научить выполнять необходимые расчеты.

При выполнении проекта студент знакомится с устройством, оборудованием и работой транспортных портов, приобретает навыки по определению параметров и размеров основных элементов порта, проектированию причального фронта, складов, железнодорожных путей в порту, выбору подвижного состава и перегрузочных механизмов.

Пособие включает рекомендации по принятию технических и компоновочных решений, а также необходимое для выполнения задания количество нормативных данных.

В качестве причального сооружения детально рассмотрена наиболее распространенная в портостроении конструкция одноанкерного стального больверка.

1. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из чертежа и пояснительной записки.

На листе ватмана формата А1 студенты представляют ситуационный план в масштабе 1 : 1000, а также компоновку порта в масштабе 1 : 100 – 1 : 200 с иллюминацией. На этом же листе приводят характерное поперечное сечение по причалу и основные показатели проекта.

На ситуационный план с горизонталями и розой ветров наносят район порта, судовой ход и судоходную обстановку, границы участков выемки и насыпи грунтов, а также расположение волнозащитных сооружений при их наличии.

На компоновке порта следует показать расстановку судов у причалов, железнодорожные пути, подъездные пути, границы складов, расстановку перегрузочных машин и механизмов, нанести границы грузового района порта и все служебные здания с экспликацией.

В пояснительной записке объемом 15–20 страниц формата А4 должны быть освещены следующие вопросы:

- выбор схемы доставки и переработки грузов;

- подбор подвижного состава;

- определение категории порта;

- определение отметок территории и дна акватории порта;

- определение производительности порталных кранов;

- проектирование причалов:

 - определение длины причальной линии;

 - проектирование складов;

 - проектирование железнодорожных путей в порту;

 - разработка технологических схем перегрузочного процесса;

- выбор положения линии кордона;

- составление плана порта;

- расчет причальной стенки в виде одноанкерного больверка;

- основные показатели порта.

К записке прилагают выполненные на миллиметровой бумаге технологические схемы перегрузки, схемы к графо-аналитическому расчету больверка, а также чертеж одного причала (поперечное сечение и план).

2. ПОДБОР ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Порты работают в тесном взаимодействии со смежными видами транспорта. Грузы, перевозимые речным транспортом, поступают в порт (вывозятся из порта) железнодорожным или автомобильным транспортом, от типа которого в значительной мере зависит технология и интенсивность перегрузочных работ в порту.

Выбор *судов* осуществляют в зависимости от характера перевозимых грузов по табл. 2.1, при этом следует стремиться к уменьшению типов судов, обслуживающих порт. При морских перевозках можно принимать суда грузоподъемностью $G_s > 12000$ для экспортно-импортных перевозок, для большого каботажа – от 8000 до 12000, для малого каботажа $G_s < 8000$ т.

Характеристики выбранных судов для каждого типа грузов выписывают в таблицу.

Таблица 2.1

Характеристики судов

Тип судна	Грузоподъемность G_s , т	Габариты судна, м				Кол-во трюмов (люков)	Перевозимые грузы
		длина l_s	ширина b_s	осадка в грузу s	высота борта h_b		
1	2	3	4	5	6	7	8
Морские суда							
Теплоход «Капитан Кушнаренко»	13600	169,5	21,8	9,64	13,2	5	Штучные, навалочные, зерновые
Газотурбоход «Парижская Коммуна»	13400	169,9	21,8	9,72	13,5	5	Штучные, навалочные
«Днепр»	11800	169,9	22,2	9,02	12,9	5	Штучные, контейнеры (342 шт.), зерновые
Сухогрузное судно	8000	135,0	18,9	8,50	12,0	5	Штучные, навалочные
Сухогрузное судно	6500	125,8	16,9	7,70	11,8	6	Штучные, навалочные
Полуконтейнерное судно	16000	186,5	25,3	9,50	13,0	5	Контейнеры, автомашины

Продолжение табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Сухогрузное судно	8200	133,0	17,6	7,63	10,8	3	Контейнеры, руда, зерновые
Полуконтейнеровоз	6300	123,9	17,0	7,32	9,8	3	Контейнеры, руда, охлаждаемые грузы
Лесовоз	5310	88,5	13,4	6,80	9,3	4	Круглый лес, пиломатериалы
Танкер	14500	160,0	23,0	8,30	12,1	–	Нефть и нефтепродукты
Танкер	11000	139,0	17,4	8,00	11,3	–	Нефть и нефтепродукты
Танкер	6000	114,1	15,6	7,30	10,0	–	Нефть и нефтепродукты
Танкер	5000	106,7	15,2	6,70	8,6	–	Нефть и нефтепродукты
Речные суда							
	<i>Самоходные суда</i>						
«Волго-Балт»	2700	114,0	13,23	3,35	5,5	2	Штучные, уголь, лесные, зерновые
Беспалубный теплоход СМ-2700	2700	110,0	13,00	3,35	5,7	–	Штучные, лесные, зерновые
«Балтийский»	1300	86,4	11,6	2,25	3,6	2	Штучные, контейнеры
Теплоход-площадка СО-1200	1200	80,0	15,00	1,70	3,1	–	Штучные, контейнеры
Беспалубный теплоход с люковыми закрытиями	700	80,0	9,50	2,00	3,3	–	Штучные, контейнеры, зерновые
Теплоход-площадка катамаранного типа	1000	96,90	15,80	2,96	4,2	–	Контейнеры, навалочные, МСМ
«Волго-Дон»	5000	140,00	16,75	3,50	5,5	–	МСМ, уголь, лесные
Теплоход СО-5000	5000	135,00	16,50	3,35	5,5	–	Навалочные, лесные
«Балтика»	3000	114,02	13,22	3,73	5,5	4	Навалочные

Продолжение табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Теплоход СС-2700	2700	110,0 0	13,00	3,50	5,5	–	Навалочные, лесные, зер- новые
«Балтийский»	1300	88,76	12,66	2,26	3,6	–	Навалочные
Теплоход- площадка	1200	85,04	15,03	1,71	2,8	–	МСМ, уголь, руда
«Балтийский»	2000	96,00	13,22	3,30	5,5	3	Лесные, зер- новые
«Волго-Дон»	5000	138,3 0	16,80	3,53	5,5	2	Зерновые и боящиеся атмосферных осадков
Танкер	4800	132,6 0	16,90	3,68	5,5	–	Нефть и неф- тепродукты
Танкер	1500	88,28	13,00	2,52	4,0	–	Нефть и неф- тепродукты
Нефтерудовоз	2700	119,0 0	13,50	3,51	5,8	–	Нефть, уголь, руда
	<i>Несамостоятельные суда</i>						
Баржа с люко- выми закры- тиями	3000	96,20	14,20	3,20	4,5	–	Штучные, навалочные, лесные
Баржа с люко- выми закры- тиями	3000	88,80	15,00	3,05	4,5	–	Штучные, лес- ные, зерновые
Сухогрузная баржа	1000	77,80	10,37	1,32	2,6	–	Штучные, зерновые
Баржа- площадка	1650	77,26	15,00	1,96	4,5	–	Песок, МСМ
Трюмная баржа	1550	77,00	10,37	3,40	4,6	–	Грузы, боя- щиеся атмос- ферных осад- ков
Наливная бар- жа (без подо- грева)	6000	137,70	19,50	3,05	4,2	–	Нефтепро- дукты
Наливная бар- жа (с подогре- вом)	2000	103,40	16,47	1,58	2,90	–	Нефть и неф- тепродукты
Наливная бар- жа (с подогре- вом)	1500	80,30	15,41	1,81	3,10	–	Нефть и неф- тепродукты

Грузовой *железнодорожный* парк состоит из универсальных вагонов (крытых, полувагонов, платформ) и вагонов, специализированных на перевозке определенных групп грузов (цистерны, изометрические вагоны и др.). Вагоны можно выбрать по табл. 2.2 для каждого вида груза и оформить таблицей.

Таблица 2.2

Технические характеристики грузовых вагонов

Тип вагона	Число осей	Грузоподъемность, т	Масса вагона (тара), т	Полезный объем, м ³	Длина по осям автосцепы, м
Платформа	4	62	22,0	18,5	14,62
Крытый вагон	4	60	22,0	90,0	14,73
То же, с кузовом	4	62	21,5	120,0	14,73
Полувагон-гондола	4	62	22,4	64,8	13,92
То же	6	95	32,0	107,0	16,40
То же	8	125	42,5	137,0	20,20
Полувагон-хоппер	4	50	21,0	59,3	10,03
Полувагон-самосвал (думпкар)	4	50	31,5	22,6	12,82
Цементовоз с бункерным кузовом	4	57	22,4	45,0	12,22
Цистерна	4	60	24,0	60,0	12,22
Изотермический вагон	4	30	41,8	65,0	16,25

Крытые вагоны служат для перевозки ценных грузов и грузов, требующих защиты от воздействия атмосферных осадков (штучные, зерновые). Среди них преобладают четырехосные грузоподъемностью 60–62 т. Крытый вагон с каждой стороны имеет задвижную дверь и два люка (окна). Существенный недостаток – в сложности загрузки и разгрузки. Сейчас создаются более совершенные конструкции крытых вагонов – с раздвижными стенами, съемными или раздвижными крышами и др.

Полувагоны (хопперы, думпкары) используют для перевозки массовых грузов (угля, руды, минерально-строительных материалов и т. п.).

Кузов полувагона обычно бывает цельнометаллический. С торцевой стороны у полувагона устраивают двери, а в полу или в нижней части стенок – открывающиеся разгрузочные люки. Полувагоны бывают четырех-, шести- и восьмиосные грузоподъемностью соответственно 63, 94 и 125 т. Для этих грузов используют также *полувагоны-гондолы*. *Гондолы* служат для перевозки лесных грузов.

Платформы предназначены для перевозки контейнеров, машин, оборудования, металла, железобетонных изделий, конструкций и других подобных грузов. Платформы имеют низкие или высокие откидные борта. Наиболее распространенными являются четырехосные платформы грузоподъемностью 50 и 60 т.

Цистерны используют для перевозки жидких грузов наливом (нефтепродуктов, масел, сжиженных газов, кислот и др.) и пылевидных грузов. Цистерны бывают двух- и четырехосные, их грузоподъемность соответственно 25 и 50 т.

Изотермические вагоны служат для перевозки скоропортящихся грузов (мяса, рыбы, фруктов и др.). В этих вагонах поддерживают определенную температуру.

Автомобильный транспорт обеспечивает перевозку грузов, получаемых или отправляемых через порт местными предприятиями и организациями. К грузовому автомобильному подвижному составу относят грузовые автомобили, прицепы, полуприцепы и автомобили-тягачи.

Автомобили, прицепы и полуприцепы общего назначения имеют неопрокидывающийся кузов и служат для перевозок различных грузов. У специализированных автомобилей, прицепов и полуприцепов кузова имеют определенную форму и конструкцию в зависимости от рода перевозимого груза (самосвалы, цистерны, фургоны и др.).

Автомобили-тягачи предназначены для буксировки прицепов и полуприцепов.

Для перевозок штучных грузов используют различные марки бортовых автомобилей. Навалочные грузы перевозят в самосвалах. Перевозки леса, труб, железобетонных изделий и других длинномерных грузов осуществляют на автомобилях с обычным или удлиненным прицепом, тяжеловесных грузов – на специальных буксируемых платформах-трейлерах. Для перевозки и механизированной

выгрузки цемента и других порошкообразных грузов применяют автомобили, имеющие специальные цистерны.

Автомобильный транспорт, осуществляющий перевозки грузов от грузоотправителей в порт и из порта грузополучателям, находится, как правило, в ведении автопарков. В портах обычно имеется несколько автомобилей для хозяйственных нужд, а также иногда для внутрипортовых перевозок грузов, обусловленных технологией перегрузочных работ.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТМЕТОК ДНА АКВАТОРИИ И ТЕРРИТОРИИ ПОРТА

3.1. Расчетные уровни воды

Расчетные уровни воды устанавливают в зависимости от категории порта.

Категория порта на внутренних водных путях зависит от грузо- и пассажирооборота в условных единицах, поскольку трудоемкость переработки различных грузов неодинакова.

Среднесуточный грузооборот в условных тоннах определяют по зависимости

$$Q_{\text{сут}} = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{\text{год}i} \cdot k_i)}{N_{\text{нав}}}, \text{ усл. т,}$$

где $Q_{\text{год}}$ – годового грузооборота порта по i -му виду груза, т;

k_i – коэффициент приведения грузооборота в условные тонны, принимаемый для различных видов грузов:

штучные и тарно-штучные грузы	4,6;
грузы в универсальных контейнерах	3,1;
металлогрузы, оборудование, ЖБК	3,4;
уголь каменный	1,0;
руда	1,1;
лесные грузы в пакетах	2,5;
лесные грузы в непакетированном виде	3,0;

соль, минеральные удобрения насыпью.....	2,1;
камень строительный	1,3;
гравий и щебень.....	1,3;
песок и песчано-гравийная смесь, выгружаемые	
средствами гидромеханизации.....	0,6;
другими средствами механизации	0,8;
цемент насыпью.....	4,6;
зерновые грузы насыпью	2,5;
нефтегрузы наливом.....	1,1.

$N_{\text{нав}}$ – длительность навигации, сут.; подсчитывают по датам вскрытия и замерзания водоема.

Для портов, расположенных на свободных реках, расчетными являются низкий судоходный уровень НСУ и высший уровень пика половодья ВУВ, которые устанавливают по кривой обеспеченности уровней в зависимости от категории порта (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Категории речных портов

Категория	Среднесуточный грузооборот, усл. т	Среднесуточный пассажирооборот, усл. пассажиров	Обеспеченности расчетных уровней, %		
			НСУ	ВУВ	УПП
I	более 15000	более 2000	99	1	0,5
II	3501–15000	501–2000	99	5	1
III	751–3500	201–500	97	5	1
IV	750 и менее	200 и менее	95	10	5

Категорию морского порта принимают по табл. 3.2 в зависимости от годового грузооборота.

Для морского порта за расчетный принимают уровень воды обеспеченностью от 98 до 99,5 %.

При выполнении курсового проекта можно принять обеспеченность уровня воды для порта I категории – 99,5 %, II категории – 99,0 %, III категории – 98,0 %.

Таблица 3.2

Категории морских портов в зависимости от годового грузооборота, тыс. т

Характер грузооборота	Категории портов		
	I	II	III
Порты общего назначения			
Общий грузооборот	более 1400	601–1400	600 и менее
Грузооборот по генеральным и лесным грузам	более 400	101–400	100 и менее
Порты специального назначения, перегружающие			
навалочные грузы (уголь, руда)	более 4500	3001–4500	3000 и менее
инертные и минерально-строительные грузы	более 10000	7001–10000	7000 и менее

3.2. Определение глубины акватории порта

Проектная навигационная глубина акватории у причала, м, составляет

$$H_{\text{акв}} = s + z_1 + z_2 + z_3 + z_4, \text{ м},$$

где s – осадка расчетного судна в грузу, м;

z_1 – навигационный запас под днищем речного или килем морского судна, м;

z_2 – запас глубины на дифферент речного или крен морского судна, м;

z_3 – запас глубины на волнение, м;

z_4 – запас глубины на заносимость, м.

Навигационный запас под днищем z_1 устанавливают в зависимости от характера грунтов, слагающих дно, и расчетной осадки судна. Для судов с осадкой в грузу до 1,5 м $z_1 = 0,1$ м, от 1,5 до 3,0 м – 0,2 м, более 3 м – 0,3 м.

Таблица 3.3

**Навигационный запас глубины под днищем
для речных судов z_1 , м**

Расчетная осадка судна, м	Для самоходных и несамоходных судов, толкаемых составов на свободных реках, водохранилищах и каналах		Для плотов при любом грунте
	при глинистом, песчаном и галечниковом грунтах	при скальном и крупнообломочном грунтах	
До 1,5	0,1	0,2	0,2
1,5–3,0	0,2	0,2	0,3
Более 3,0	0,2	0,3	0,3

Примечание. В расчетах принимается грунт, залегающий у дна водоема.

Таблица 3.4

**Навигационный запас под килем морских судов
в долях от осадки судна в полном грузу**

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

Запас глубины на дифферент речного судна и крен морского судна z_2 , связанный с неравномерной разгрузкой и загрузкой, принимается для речных судов равным 0,3 м, а для морских – в долях от габаритной ширины судна b_s :

для танкеров – 0,017;

для сухогрузов – 0,026;

для лесовозов – 0,044.

Запас глубины на волнение z_3 можно определить по зависимости

$$z_3 = 0,3h_b - z_1,$$

где h_b – допустимая высота волны на акватории порта (в пределах от 0,8 до 1,2 м). В расчет принимают только положительные значения z_3 .

Запас глубины на отложение наносов (заносимость) z_4 принимают в пределах от 0,4 до 1,0 м (поскольку при толщине слоя менее 0,4 м дноуглубление неэффективно, а более 1,0 м – экономически нецелесообразно) и вычисляют по зависимости

$$z_4 = nt_{\text{сл}},$$

где $t_{\text{сл}}$ – толщина (высота) слоя отложения наносов, м/год;

n – период между ремонтными дноуглубительными работами (составляет 3–5 лет).

3.3. Определение отметки дна акватории

Отметку проектного дна акватории получают вычитанием гарантированной глубины от отметки НРУ. Расчет оформляют в табличной форме с указанием всех составляющих глубин для каждого специализированного причала.

3.4. Определение отметки территории

Под отметкой территории понимают отметку кордона причальной набережной при вертикальном профиле или отметку верхней бровки откоса при откосном и полуоткосном профиле набережной. При выборе отметки территории порта исходят из условия недопущения затопления ее в течение навигации.

В *речных* портах, расположенных на свободных реках, отметку территории назначают на уровне пика половодья (высоких вод) ВУВ (табл. 3.1).

В *водохранилищных* портах отметку территории принимают на 2 м выше НПУ, но не ниже значений ВУВ (табл. 3.1).

Отметку пола крытых складов принимают на уровне пика половодья УПП (табл. 3.1).

В *морских* портах отметку территории принимают по большей из двух норм – основной и поверочной (табл. 3.5), при этом следует учитывать воздействие волн высотой свыше 0,5 м.

Таблица 3.5

Возвышение кордона над уровнем моря

Параметр	Характер бассейна		
	Безливное море	Приливное море	Устьевой участок реки
<i>Основная норма</i>			
Исходный уровень воды	Средний многолетний за навигационный период	Уровень обеспеченностью 50 % (по многолетней кривой обеспеченности ежечасных уровней) за навигационный период	Уровень обеспеченностью 50 % (по многолетней кривой обеспеченности ежедневных уровней) за навигационный период
Минимальное возвышение, м	2,0	2,0	2,0
<i>Поверочная норма</i>			
Исходный уровень воды	Наивысший годовой с обеспеченностью в многолетнем ряду 2 %	Уровень обеспеченностью 1 % в году по многолетней кривой обеспеченности ежечасных уровней	Многолетний паводочный уровень обеспеченностью 1 %
Минимальное возвышение, м	1,0	1,0	0,0

4. МЕХАНИЗАЦИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ РАБОТ В ПОРТУ

4.1. Выбор схемы механизации

Схема механизации представляет собой совокупность основных и вспомогательных машин в одной перегрузочной линии.

При выборе схемы механизации необходимо руководствоваться требованиями к перегрузке и хранению различных видов грузов и техническими характеристиками перегрузочных механизмов.

Основные машины устанавливают у линии кордона причала и с их помощью перемещают грузы из судов на берег и в обратном направлении.

Вспомогательные машины работают в одной перегрузочной линии с основной, их используют на выполнении операций в трюмах судов, на складах и в вагонах.

В качестве основных перегрузочных машин периодического действия в портах применяют *стреловые поворотные краны* (портальные, полупортальные, плавучие, башенные и деррик-краны для перегрузки тяжеловесов). Крановые схемы универсальны. Их широко применяют для перегрузки штучных, лесных, навалочных грузов, металлов и тяжеловесов по разным вариантам работы. Колея портала стандартизована и составляет 6, 10,5 и 15,3 м при размещении под порталом соответственно 1, 2 или 3 железнодорожных путей.

Широко применяют также краны с возвратно-поступательным перемещением грузозахватного устройства в двух взаимно перпендикулярных направлениях – это мостовые, консольно-козловые, кабельные, мостокабельные краны, береговые перегружатели и перегрузочные мосты.

Кабельные краны грузоподъемностью от 3 до 150 т и с пролетом 150–1000 м применяют для перегрузки круглого леса, угля, руды и др.

Для дальнейшей разработки рекомендуется выбрать типовую схему перегрузочных работ по каждому виду груза из литературных источников [2, 5, 7, 8].

4.2. Механовооруженность порта

Под механовооруженностью порта понимают фронтальное и тыловое оборудование, которое выбирают для каждого причала (табл. 4.1–4.3).

Таблица 4.1

Технические характеристики порталных кранов

Тип крана	Грузоподъемность, т	Вылет стрелы, м		Колея, м	Скорость подъема груза, м/мин	Частота вращения, об/мин
		R_{\max}	R_{\min}			
«Кировец»	7,5/10,0	40	9	10,5	63	1,5
«Кировец»	5	30	8	10,5	80	1,75
«Кировец»	15	30	7,5	10,5	63	1,5
КПП-5-30-10,5	5	30	8	10,5	80	1,75
КПП-10-30-10,5	10	30	8	10,5	60	1,4
КПП-16-30-10,5	16	30	8	10,5	63	1,5
КПП-16-30-15,3	16	30	8	15,3	63	1,5
«Ганц» 5-30-10,5	5	30	6	10,5	70	1,5
«Блейхерт»	10	25	8	10,5	60–80	1,3–1,8
«Ман»	5	21,6	7,6	15,3	60–80	1,3–1,8
«Абус»	10	32	8	10,5	60–80	1,3–1,8
«Ансальдо»	7,5	32	7	10,5	60–80	1,3–1,8
«Апплевах»	10	30	7	10,5	60–80	1,3–1,8
«Каяр»	5	30	7	10,5	60–80	1,3–1,8
«Ганц» 16/27,5-33/16-10,5	16/27,5	33/16	9	10,5	60/30	1,5
«Альбрехт» 10/20-32/16-10,5	10/20	32/16	8/10	10,5	62,5	1,525
«Альбатрос» 10/20-32/16-10,5	10/20	32/16	8/10	10,5	63	1,6
Мачтово-стреловый деррик-кран	50/100 и 15	25/15 и 28	10/15 и 12,2	–	2,5–2,9	0,14

Таблица 4.2

Технические характеристики козловых кранов

Типы кранов	Грузоподъемность, т	Пролет крана, м	Рабочий вылет консолей, м
ККТ-5-16,0 (12,5)-7,1	5	16 (12,5)	2 × 4,5
ККС-10	10	32 (20)	7,5 × 8,5
КК-20-32	20	32 (26; 20)	2 × 10
ККС-30-32	30	32	—
КСК-30-128	30	42 (36; 24)	18,5 и 18,6

Таблица 4.3

Технические характеристики мостокабельных и кабельных кранов

Типы кранов	Грузоподъемность, т	Пролет крана, м	Рабочий вылет консолей, м
Мостокабельные краны	3–6	150	две консоли от 3 до 45 м
Кабельные краны	до 150	до 1000	—

Для дальнейших расчетов необходимые характеристики и габариты кранов, установленных на причалах, выписывают в таблицу.

Для перегрузки навалочных грузов необходимо подобрать соответствующее крановое оборудование – ковши или грейферы.

Ковши имеют ограниченное применение, так как требуют специальных устройств для загрузки.

Грейферы представляют собой челюстные ковши и бывают двух- и многочелюстными (от 3 до 8 – для перегрузки камня, металлолома, крупной руды и т. д.). Грейферы подбирают в зависимости от рода перегружаемого материала. Условно различают три типа грейферов: легкий – для зачерпывания материала с насыпной массой $\rho = 800\text{--}1200 \text{ кг/м}^3$, средний – $\rho = 1200\text{--}2000 \text{ кг/м}^3$ и тяжелый – $\rho = 2000\text{--}2700 \text{ кг/м}^3$.

Сетка грейферов для навалочных сыпучих грузов приведена в табл. 4.4.

Параметры грейферов для навалочных сыпучих грузов

Группа груза	Грузо-подъемность крана, т	Тип грейфера	Параметры грейферов					
			1 исполнение		2 исполнение		3 исполнение	
			$V_{гр}$	$Q_{гр}$	$V_{гр}$	$Q_{гр}$	$V_{гр}$	$Q_{гр}$
II при $\rho_1 = 0,9$ $\rho_2 = 1,2$	3	Г-II-3	2,15	1,04	1,50	1,2		
	5	Г-II-5	3,55	1,75	2,50	2		
	10	Г-II-10	7,12	3,5	5,00	4		
	15	Г-II-15	10,70	5,25	7,50	6		
III при $\rho_1 = 1,3$ $\rho_2 = 1,6$ $\rho_3 = 2,0$	3	Г-III-3	1,35	1,25	1,01	1,4	0,72	1,48
	5	Г-III-5	2,25	2,08	1,69	2,3	1,20	2,46
	10	Г-III-10	4,50	4,16	3,38	4,7	2,40	4,92
	15	Г-III-15	6,75	6,24	5,05	7	3,60	7,4
IV при $\rho_1 = 2,2$ $\rho_2 = 2,7$	5	Г-IV-5	1,05	2,71	0,76	3		
	10	Г-IV-10	2,10	5,42	1,52	6		
	15	Г-IV-15	3,15	8,2	2,28	9		

Примечание. $V_{гр}$ – объем грейфера, м³;

$Q_{гр}$ – масса грейфера, т;

ρ_1, ρ_2, ρ_3 – насыпная масса перегружаемого материала, т/м³, соответственно для грейферов 1-го, 2-го и 3-го исполнения.

4.3. Определение производительности порталных кранов

Производительностью подъемно-транспортной машины называют количество груза, перемещаемого данной машиной в единицу времени.

Производительность порталного крана $P_{ч}$ (машины циклического действия) зависит от продолжительности цикла $T_{ц}$ и количества груза $G_{ц}$, перегружаемого за цикл, то есть за период времени, в течение которого перемещается одна порция груза с возвращением грузозахватного устройства к месту захвата груза.

Цикл состоит из машинных операций (подъем, поворот, опускание, изменение вылета стрелы, передвижение, захват груза грейфером,

высыпание груза), а также ручных и механизированных (зацепка, отцепка и установка над местом погрузки-разгрузки грузозахватного устройства, захват штучных грузов автоматическим грузозахватным устройством и их отстропка).

Часовую производительность определяют по зависимости

$$P_{\text{ч}} = G_{\text{ц}} \cdot \frac{3600}{T_{\text{ц}}}, \text{ т/ч},$$

где $G_{\text{ц}}$ – масса груза, перегружаемая за цикл, т;

$T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла машины, с.

При выполнении дипломных проектов, а также работ, не предусматривающих расчет часовой производительности порталных кранов, можно использовать условные нормы:

для кранов порталных грузоподъемностью до 5 т:

штучных грузов	– 45–50 т/ч;
круглого леса	– 30–35 т/ч;
пиломатериалов	– 36–40 т/ч.

для кранов порталных с грейфером емкостью до 3 м³:

угля	– 85–90 т/ч;
руды	– 160–180 т/ч;
песка и песчано-гравийной смеси	– 155–170 т/ч;
щебня, гравия и клинкера	– 120–130 т/ч;
соли	– 60–70 т/ч.

Для грейфера большей емкости норму выработки следует считать пропорциональной изменению объема грейфера.

Для кранов порталных грузоподъемностью до 10 т указанные нормы следует увеличить в 1,5 раза.

Масса *штучных грузов* $G_{\text{ц}}$, перегружаемых за цикл, обуславливается грузоподъемностью крана, родом груза и массой одного места (контейнера, автомобиля, станка, ящика и т. д.), его упаковкой (пакеты, пачки, связки и т. д.), а также типом и размещением захватных устройств и принимается по справочным данным с учетом используемых средств укрупнения грузовых мест (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Характеристика штучных грузов и контейнеров

Груз	Размеры, мм			Масса брутто, т
	длина	ширина	высота	
Пакет кирпича на стандартном поддоне	1600	1200	1100	3,2
Пиломатериалы в пакетах	6000	1300	1350	5,00
Пакеты на поддонах в мешках:				
сахар	1780	1220	1530	2,07
цемент	1680	1250	1160	2,87
мука	1680	1280	1650	2,59
Контейнер	2990	2435	2435	10,00
Контейнер	2650	2100	2400	4,10
Контейнер	2100	1325	2400	2,15
Контейнеры крупнотоннажные ИСО (ИСО – International Standartisation Organisation):				
Контейнер 1А	12190	2435	2435	30,48
Контейнер 1В	9125	2435	2435	25,40
Контейнер 1С	6055	2435	2435	20,32
Контейнер 1D	2990	2435	2435	10,16
Контейнер 1E	1965	2435	2435	7,12
Контейнер 1F	1460	2435	2435	5,08

Средняя масса пакетов штучных грузов в тоннах составляет:

Мука, крупа.....	1,7;	Папиросы	0,32;
Сахар-сырец	1,39;	Промтовары	0,65;
Сахар-песок.....	1,61;	Посуда	0,64;
Сахар-рафинад	1,44;	Мыло.....	1,62;
Суперфосфат	1,8;	Краска.....	1,8;
Цемент	1,92;	Метизы	1,68;
Ткань.....	0,6;	Оборудование	1,8;
Консервы овощные.....	1,34;	Запасные части	1,92;
Консервы мясные и рыбные..	1,44;	Кирпич.....	2,5;
Картон.....	0,88;		
Макароны, кондитерские изделия, чай			0,73;
Электрооборудование и электроприборы.....			1,25.

Для навалочных грузов

$$G_{ц} = V\rho\psi, \text{ т,}$$

где V – объем грейфера, м^3 (табл. 4.4);

ρ – насыпная масса груза, $\text{т}/\text{м}^3$ (табл. 4.6);

ψ – коэффициент заполнения грейфера, величина которого зависит от рода перегружаемого материала и от варианта работы (табл. 4.7, 4.8).

Таблица 4.6

Характеристика навалочных грузов

Наименование грузов	Плотность груза (для навалочных – насыпная), $\text{т}/\text{м}^3$	Угол естественного откоса φ , град.
1	2	3
Антрацит	0,80–0,99	45
Апатит мелкий сухой	0,8–0,97	45
Апатит порошковый	1,58–1,7	31–45
Апатитовый концентрат	1,6–1,7	40
Брикеты угольные	1,0–1,1	
Гравий	1,5–2,0	45
Земля сухая	1,1–1,6	45
Земля сырая	1,6–1,7	45
Известь негашеная	0,9	40
Зерно:		
пшеница	0,7–0,83	35
рожь	0,68–0,79	35
ячмень	0,65–0,75	35
Камень	2,50	45
Клинкер	1,60	45
Кокс металлургический	0,4–0,5	30
Колчедан кусковой	1,25–2,6	45
Колчедан флотационный	2,3	30
Песок:		
мелкий	1,60	35
крупный	1,75–1,8	40
Песчано-гравийная смесь	1,80	40
Портландцемент	1,3–1,4	40

1	2	3
Ракушечник	1,1–1,4	35
Руда:		
апатитовая	2,00	45
железная	2,1–2,8	50
марганцевая	1,70	50
медная	2,70	50
Соль каменная	0,72–0,85	30–50
Соль техническая	0,72–1,28	40
Торф воздушной сушки	0,33–0,4	
Уголь:		
мелкий	0,95	45
бурый	0,65–0,98	50
древесный	0,12–0,25	
каменный	1,10	45
Цемент сухой	1,0–1,8	40
Шлак:		
доменный	1,0–1,5	45
гранулированный	1,0–1,3	45
Щебень сухой	1,2–1,8	45

При погрузке из штабелей в суда или вагоны значение ψ остается примерно постоянным и имеет наибольшую величину. В процессе выгрузки из судов или вагонов значение ψ существенно меняется, в связи с чем рассматривают два этапа выгрузки.

При выгрузке навалочных грузов из судов

$$\psi = \frac{1}{\frac{\varphi_1}{\psi_1} + \frac{\varphi_2}{\psi_2}},$$

где ψ_1 и ψ_2 – коэффициенты заполнения грейфера при выгрузке первого и второго слоев груза (в табл. 4.7 приведены средние значения для грейферов объемом 1,5–2 м³);

φ_1 и φ_2 – доля навалочного груза, выгружаемого из первого и второго слоя груза (табл. 4.8).

Таблица 4.7

**Коэффициенты заполнения грейфера ψ
при выгрузке навалочных грузов**

Род груза	Из трюма		Из полувагона
	первый слой	второй слой	
Камень мелкий	0,65–0,7	0,28–0,4	0,54
Камень крупный	0,55–0,7	0,25–0,4	0,46
Песок, ПГС	0,9	0,45–0,45	0,77
Руда	0,9–1	0,4–0,45	0,75
Соль	0,95	0,6	-
Торф	0,7	0,55	-
Уголь	0,95–1	0,5–0,6	0,82
Щебень, гравий мелкий	0,8–0,85	0,35–0,4	0,67
Щебень, гравий крупный	0,7–0,75	0,3–0,35	0,58

Таблица 4.8

**Количество насыпного груза (кроме зерна), выгружаемого
на первом и втором этапах (распределение навалочных грузов в
судне по слоям)**

Слой груза	Тип трюма			
	Палуба- площадка	Трюм открытый	Трюм полукрытый	Трюм закрытый
Первый	0,9	0,8	0,7 (0,5)	0,6 (0,5)
Второй	0,1	0,2	0,3 (0,5)	0,4 (0,5)

Количество *круглого леса*, перегружаемого за цикл,

$$G_{ц} = F_{лес} l_{лес} \rho_{лес} k, \text{ т,}$$

где $F_{лес}$ – площадь поперечного сечения зева грейфера, м^2 (табл. 4.9);

$l_{лес}$ – длина перегружаемого леса, м;

$\rho_{лес}$ – плотность древесины, т/м^3 (береза, лиственница – 0,6–0,9, ель, пихта – 0,45–0,80, сосна – 0,5–0,8);

k – коэффициент полндревесности пачки, зажатой грейфером, принимается равным 0,7–0,8.

Сетка типов и параметров грейферов для круглого леса

Группа груза (длина пере- гружаемого леса, м)	Грузо- подъем- ность крана, т	Тип грейфера	Параметры грейферов		Наибольшая масса груза
			площадь зева, м ²	масса грейфера, т	
I <i>l</i> = 8,0–6,5 м	3	ЛГ-I-3	0,38	1,3	1,7
	5	ЛГ-I-5	0,60	2	3
	10	ЛГ-I-10	1,25	3,7	6,3
	15	ЛГ-I-15	1,89	5,5	9,5
II <i>l</i> = 6,5–4,5 м	3	ЛГ-II-3	0,49	1,2	1,8
	5	ЛГ-II-5	0,79	1,8	3,2
	10	ЛГ-II-10	1,57	3,6	6,4
	15	ЛГ-II-15	2,35	5,4	9,6
III <i>l</i> = 4,5–3,0 м	3	ЛГ-III-3	0,78	1	2
	5	ЛГ-III-5	1,25	1,5	3,5

При переработке грузов грейферами и другими захватными устройствами должно быть соблюдено условие:

$$G_{кр} \geq G_{ц} + G_{захв. уст-ва}$$

Продолжительность цикла порталных кранов $T_{ц}$ при перегрузке, с:

для навалочных грузов

$$T_{ц}^{нав} = 2(t_1 + t_2 + t_3)\varepsilon + t_4 + t_5 + t_6 + t_7;$$

для тарно-штучных грузов

$$T_{ц}^{шт} = 2(t_1 + t_2 + t_3) + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + 2t_{12};$$

где t_1 – время подъема груза и опускания порожнего захватного устройства на среднюю высоту $H_{п}$

$$t_1 = \frac{H_{п}}{v_{п}} + 2, \text{ с};$$

t_2 – время опускания груза и подъема порожнего устройства на среднюю высоту $H_{оп}$

$$t_2 = \frac{H_{оп}}{v_{п}} + 2, \text{ с};$$

t_3 – время поворота крана с грузом и обратно

$$t_3 = \frac{\alpha}{6n_{вр}} + 4, \text{ с};$$

t_4 – время на направление и установку порожнего грейфера на груз; принимается в зависимости от места работы: трюмы – 8 с, вагоны – 15 с, склады – 5 с;

t_5 – время на захват груза грейфером, принимается равным в среднем 7 с;

t_6 – время на установку грейфера над местом разгрузки, принимается при работе на склад и на трюм – 5 с, при работе на вагон – 16 с;

t_7 – время на высыпание груза из грейфера, принимается равным времени на захват груза;

t_8, t_{10} – время застропки захватного устройства: с грузом – 75 с, без груза – 17 с;

t_9, t_{11} – время установки и отстропки захватного устройства: с грузом – 28 с, без груза – 18 с;

t_{12} – время перемещения стрелы от порожнего (груженого) к груженому (порожнему) захватному устройству – 11 с;

ε – коэффициент, учитывающий совмещение операций и равный при перемещении грузов грейфером по вариантам:

судно – склад	0,65;
склад – судно	0,7;
судно – вагон	0,73;
вагон – судно	0,75;
вагон – склад	0,75;
склад – вагон	0,72;

При перегрузке *штучных грузов* по варианту судно – склад (берег)

$$H_{\Pi} = s - \frac{h_c}{2} + h_{\text{н}} + h_{\text{в}} + 0,5; \quad H_{\text{оп}} = h_{\text{в}} + 0,5;$$

по варианту склад (берег) – судно

$$H_{\Pi} = h_{\text{в}} + 0,5; \quad H_{\text{оп}} = s - \frac{h_c}{2} + h_{\text{н}} + h_{\text{в}} + 0,5.$$

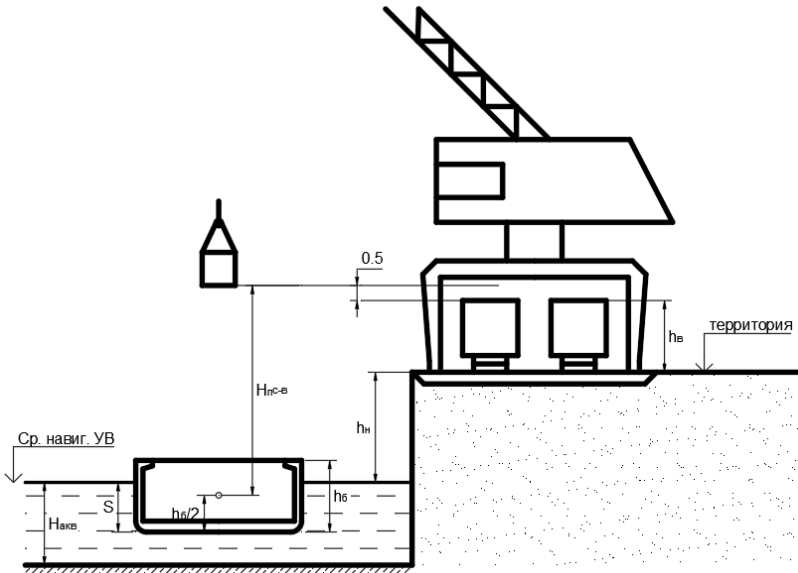


Рис. 4.2. Крановая схема перегрузки штучных грузов

При хранении *контейнеров* на складе в один ярус и перевозке их на судах-площадках в два яруса по варианту судно – склад (берег)

$$H_{\Pi} = s + h_{\text{н}} - h_c - \frac{h_{\text{к}}}{2} + h_{\text{в}} + 0,5; \quad H_{\text{оп}} = h_{\text{в}} + 0,5;$$

по варианту склад (берег) – судно

$$H_{\Pi} = h_{\text{в}} + 0,5; \quad H_{\text{оп}} = s + h_{\text{н}} - h_c - \frac{h_{\text{к}}}{2} + h_{\text{в}} + 0,5.$$

же для зерна и нефтепродуктов при морских перевозках равным 2, в остальных случаях для морских перевозок – на единицу меньше числа трюмов (люков).

Значения коэффициента использования грузоподъемности судна k_r принимают для грузов:

зерно

тяжелое 1,0;
легкое 0,85;

лес

с железной дороги на воду 0,70;
с воды на железную дорогу 0,80;
пиломатериалы 0,75;
навалочные (уголь, руда, щебень, песок) 1,0;
тарно-штучные 0,7;

контейнеры

в судах универсальных 0,6;
в контейнеровозах 1,0;
железобетонные изделия 0,8;
трубы стальные диаметром 1020–1420 мм 0,8.

Часовая производительность перегрузочных машин $P_{ч}$, т/ч, принимается для портальных кранов по расчету, для остальных перегрузочных машин – по Единым нормам выработки и нормам времени на судовые погрузочно-разгрузочные работы, выполняемые в портах с увеличением ее на 20 % на перспективу. В курсовом проекте можно пользоваться условными нормами для перегрузочных машин:

транспортеры и нории для любых навалочных грузов – 75–120 м³/ч;

насосные установки для перегрузки нефти и нефтепродуктов – 80–500 т/ч. Следует стремиться к уменьшению количества нефтяных причалов (желательно, чтобы их количество не превышало 2);

пневмоустановки для перегрузки зерновых и пылевидных грузов – 120–180 т/ч;

контейнерные перегружатели и портальные краны грузоподъемностью более 20 т для перегрузки крупнотоннажных контейнеров системы ИСО – 200–300 т/ч.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ПРИЧАЛЬНОЙ ЛИНИИ

5.1. Определение пропускной способности специализированного причала

Суточная пропускная способность одного причала $P_{\text{сут}}$, т:

$$P_{\text{сут}} = 0,85P_{\text{ч}} \cdot k_{\text{мет}} \cdot x_{\text{м}} \cdot t \cdot y,$$

где $k_{\text{мет}}$ – коэффициент, учитывающий влияние метеорологических факторов; при выполнении курсового проекта можно принять в пределах 0,80–1,0 (большее значение – для грузов, не требующих защиты от метеословий);

t – суточная продолжительность работы перегрузочных машин; при трехсменной работе порта принимается равной 18–20 ч;

y – коэффициент, учитывающий потери на вспомогательные операции:

$$y = \frac{t_{\text{гр}}}{t_{\text{гр}} + t_{\text{всп}}}.$$

Продолжительность вспомогательных операций $t_{\text{всп}}$ зависит от вида груза, грузоподъемности и типа судна (главная составляющая – время на швартовные операции) и составляет 10–15 % от $t_{\text{гр}}$.

5.2. Определение длины причального фронта

Длину причального фронта определяют по зависимости

$$l_{\text{пр}} = (l_s + d) \cdot x_{\text{пр}},$$

где l_s – длина габаритного судна, м;

d – расстояние между судами, м (принимается по данным табл. 5.1 для речных и 5.2 для морских судов соответственно, при этом необходимо учитывать форму причальной линии [8, рис. 42]);

$x_{\text{пр}}$ – принятое количество причалов

$$x_{\text{пр}} = \frac{(q_{\text{сут}})_p}{P_{\text{сут}}}.$$

Таблица 5.1

**Расстояние между речными судами, стоящими
у смежных причалов d , м**

Типы причалов	Самоходные суда длиной l_s , м			Несамостоятельные суда длиной l_s , м		
	более 100	от 100 до 65	менее 65	более 100	от 100 до 65	менее 65
Вертикальный или полукосный	15	10	8	20	15	10
Откосный или откосный с отдельными опорами	20	15	10	25	20	15
Плавучий	25	20	15	25	20	15

Примечания. 1. При проектировании причалов из отдельных бычков, эстакад и плавучих средств, а также причалов судоремонтных и судостроительных заводов их длину определяют в зависимости от расстановки судов и других эксплуатационных требований.
2. Длину причалов, у которых загрузку или выгрузку судна осуществляют с обязательной его передвижкой вдоль причала, необходимо увеличивать на длину передвижки судна.

Таблица 5.2

**Расстояние между морскими судами, стоящими
у смежных причалов d , м**

Габаритная длина расчетного судна l_s , м	d , м
Более 250	30
От 200 до 250	25
От 150 до 200	20
От 100 до 150	15
Менее 100	10

Расчетный суточный грузооборот специализированного причала, т/сут:

$$(q_{\text{сут}})_p = \frac{Q_{\text{год}} \cdot k_n}{N_p}.$$

Здесь годовой грузооборот $Q_{\text{год}}$, т, принимают по заданию; общий коэффициент неравномерности поступления груза в порт k_n – по табл. 5.3, при этом лучше завязать коэффициент, чем занижить: простой судов сказывается на увеличении себестоимости перевозок больше, чем простой причала; плановое число дней работы порта в год N_p составляет около 90 % от продолжительности навигационного периода $N_{\text{нав}}$.

Таблица 5.3

Коэффициенты неравномерности поступления грузов в порт

Наименование груза	Коэффициент неравномерности k_n
Контейнеры	1,2–2,2
Штучные грузы	1,2–2,0
Уголь	1,5–2,2
Песок и МСМ	1,6–2,5
Руда	1,3–2,8
ЖБИ, металлогрузы	2,2
Зерно	1,7–3,0
Круглый лес	1,5–2,8
Пиломатериалы	1,5–2,8
Нефть и нефтепродукты	1,8–3,5
Трубы стальные	1,4
Цемент в мешках	1,2
Грузы в ящиках	1,3
Бумага в рулонах	1,3

Расчеты по определению длины причального фронта сводят в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Определение длины причальной линии

Параметр	Причал		
Годовой грузооборот $Q_{\text{год}}$, т			
Общий коэффициент неравномерности $k_{\text{нер}}$			
Длительность навигации N , сут.			
Расчетный суточный грузооборот $q_{\text{сут}}$, т/сут.			
Элементы судна:			
грузоподъемность G_s , т			
длина l_s , м			
Коэффициент использования грузоподъемности судна $k_{\text{гр}}$			
Число прикордонных перегрузочных машин x_m			
Производительность одной перегрузочной машины $P_{\text{л}}$, т/ч			
Суточная продолжительность работы машин t , ч			
Время грузовой обработки судна $t_{\text{гр}}$, ч			
Коэффициент, учитывающий потерю времени на вспомогательные операции, y			
Коэффициент, учитывающий влияние метеорологических факторов, $k_{\text{мет}}$			
Суточная пропускная способность одного причала $p_{\text{сут}}$, т			
Расчетное число причалов $x'_{\text{пр}}$			
Принятое число причалов $x_{\text{пр}}$			
Разрыв между судами d , м			
Длина причальной линии $l_{\text{пр}}$, м			

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКЛАДОВ

6.1. Способы складирования грузов

Проектирование складов состоит в выборе типа и определении плановых размеров склада для каждого груза с учетом условий его хранения и схемы перегрузки для дальнейшего размещения грузов на компоновке порта.

На специальных площадках открыто хранят штучные грузы, навалочные (уголь, руда, многие строительные материалы), лесные грузы, контейнеры, тяжеловесные грузы.

Навалочные грузы хранят в штабелях различных размеров и форм, размещаемых обычно параллельно причальному фронту в одну или несколько линий. Для увеличения емкости штабелей по их периметру иногда устанавливают разделительные стенки (габаритные щиты), изготавливаемые из железобетонных плит или деревянных щитов.

В крытых специализированных складах хранят зерно, скоропортящиеся продукты, цемент, апатиты, отдельные виды минеральных удобрений, перевозимых навалом, нефтепродукты и другие грузы.

Для долгосрочного складирования зерна строят элеваторы с емкостями-силосами, где одновременно с хранением производят его сушку, очистку, сортировку и другую обработку. В причальных хлебоприемных и перевалочных пунктах для зерна нового урожая обычно строят склады амбарного типа, где зерно хранится на полу.

Для порошкообразных грузов, перевозимых навалом и требующих крытого хранения, строят склады силосного типа.

Нефтепродукты хранят на нефтебазах в специальных резервуарах.

6.2. Определение площадей складов

Необходимую емкость транзитного (буферного) склада определяют по зависимости

$$E_{\text{треб}} = q_{\text{сут}} \cdot \alpha \cdot t_{\text{скл}}, \text{ Т,}$$

где расчетный суточный грузооборот склада $q_{\text{сут}}$ определен ранее для каждого груза (см. п. 5.2), коэффициент складирования α и срок

хранения грузов на складе $t_{\text{скл}}$ принимают по нормативным документам. В учебных целях можно использовать данные табл. 6.1.

Таблица 6.1

Нормы хранения грузов на складах

Наименование груза	Коэффициент складирования α	Число дней хранения $t_{\text{скл}}$, сут
Контейнеры	0,4–0,6	3–8
Штучные грузы	0,6–0,8	5–8
Уголь	0,4–0,7	10–15
Песок и МСМ	0,5–0,8	7–15
Руда	0,4–0,7	10–15
ЖБИ, металлогрузы	0,9	12
Зерно	1,0	5–7
Круглый лес	1,0	10–15
Пиломатериалы	1,0	15–20
Нефть и нефтепродукты	1,0	10–15

Для грузов, допускающих открытое хранение (штучные – до 20 % емкости в зависимости от номенклатуры, металлы и оборудование – 80–90 %), из полученного значения емкости выделяют $E_{\text{откр}}$ и $E_{\text{крыт}}$ складов.

Необходимую площадь крытых складов-зданий и открытых складов-площадок определяют зависимостью

$$F_{\text{скл}} = \frac{E_{\text{скл}}^{\text{расч}}}{q_{\text{скл}} \cdot k_{\text{и}}}, \text{ м}^2,$$

где $k_{\text{и}}$ – коэффициент использования полезной площади склада, учитывающий технологические и противопожарные проезды (проходы) между штабелями груза в складе:

- для штучных грузов 0,4–0,7;
- руды, песка, МСМ 0,8;
- угля 0,65;
- ЖБИ и металлогрузов 0,7;

лесных грузов.....0,5;
контейнеров0,4–0,8;

$q_{\text{скл}}$ – масса груза, приходящаяся на 1 м^2 площади склада, т/м^2 , зависит от вида груза, его упаковки и прочности, предельной высоты подъема перегрузочных машин, допускаемой нагрузки на территорию порта или на перекрытие здания-склада.

При выполнении задания $q_{\text{скл}}$ можно принять:

для тарно-штучных грузов – до 3 т/м^2 ;

ЖБИ и металлогрузов – до 4 т/м^2 ;

навалочных грузов $q_{\text{скл}} = \rho \cdot h_{\text{шт}}$, но не более 20 т/м^2 (для гравия, щебня, ПГС высоту штабеля можно принять до 16 м , для угля – до 8 м , для остальных – до 12 м);

лесных грузов и рудстойки $q_{\text{скл}} = (0,7-0,8) \cdot \rho \cdot h_{\text{шт}}$, (высота штабеля лесных грузов не должна превышать 12 м , рудстойки – 4 м ; $0,7-0,8$ – коэффициент полновесности пакета);

контейнеров $q_{\text{скл}} = \frac{m_{\text{конт}} \cdot n_{\text{яр}}}{F_{\text{конт}}}$, где $m_{\text{конт}}$ – масса контейнера, т,

$F_{\text{конт}}$ – площадь основания контейнера, м^2 , $n_{\text{яр}}$ – число ярусов контейнеров в штабеле.

Ширину крытых складов-зданий и открытых складов-площадок определяют как

$$b_{\text{скл}}^{\text{расч}} = \frac{F_{\text{скл}}}{l_{\text{скл}}}, \text{ м},$$

где $l_{\text{скл}}$ – расчетная длина склада, м.

Длину открытого склада принимают равной длине причального фронта данного вида груза. Возможную длину крытых складов-зданий (на каждом причале свое здание крытого склада) принимают с учетом унификации зданий-складов (шаг колонн 12 м) и противопожарных разрывов между зданиями $d_{\text{пож}}$ ($d_{\text{пож}} \geq 20 \text{ м}$ при глухих стенах соседних зданий, $d_{\text{пож}} \geq 30 \text{ м}$ при наличии проемов в стенах соседних зданий):

$$l_{\text{скл}}^{\text{крыт}} = l_{\text{пр}} - d_{\text{пож}} \cdot x_{\text{пр}}.$$

Полученную расчетом ширину крытого склада необходимо увязать с пролетом типовых складов:

для однопролетного здания $b_{\text{скл}} = 12, 18, 24, 30, 48, 60$ м;

двухпролетного здания $b_{\text{скл}} = 36 (18 + 18)$ м, $48 (24 + 24)$ м, $60 (30 + 30)$ м;

трехпролетного здания $b_{\text{скл}} = 48$ м $(12 + 24 + 12)$ м, $60 (18 + 24 + 18)$ м.

При необходимости здания-склады могут быть до четырех этажей. Высота первого этажа 6,0 м, второго и выше – 4,5 м.

Фактическую ширину складов-площадок для навалочных грузов можно получить по формуле (ширина склада не равна ширине штабеля, так как определена с учетом $k_{и}$):

$$b_{\text{скл}}^{\text{факт}} = b_{\text{скл}}^{\text{расч}} + h_{\text{шт}} \cdot \text{ctg}\varphi.$$

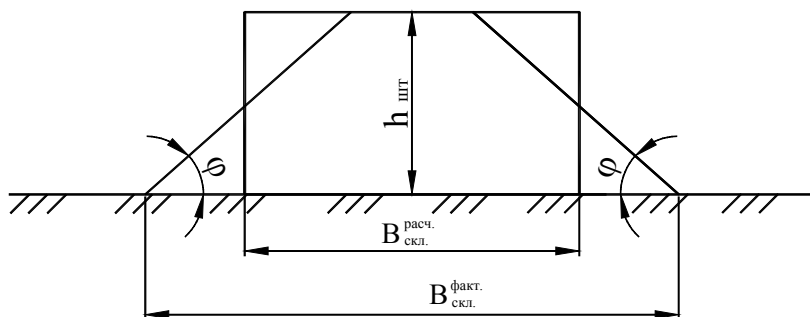


Рис. 6.1. К определению фактической ширины склада-площадки

При обелисковой форме штабеля можно подобрать ширину склада из формулы объема груза в штабелях (рис. 6.2):

$$V_{\text{шт}} = \frac{H_{\text{шт}}}{6} [(2L_{\text{шт}} + l_{\text{шт}})B_{\text{шт}} + (2l_{\text{шт}} + L_{\text{шт}})b_{\text{шт}}], \text{ м}^3,$$

где $H_{\text{шт}}$ – высота штабеля, м;

$L_{\text{шт}}$ и $l_{\text{шт}}$ – длина штабеля соответственно по основанию и по верхней кромке, м ($L_{\text{шт}}$ лимитируется длиной причала и числом штабелей,

размещаемых по фронту, с учетом противопожарных разрывов);

$$L_{\text{ш}} = l_{\text{ш}} + 2H_{\text{ш}} \cdot \text{ctg}\varphi;$$

$B_{\text{ш}}$ и $b_{\text{ш}}$ – ширина штабеля соответственно по основанию и по верхней кромке, м ($B_{\text{ш}}$ определяется вылетом стрелы крана);

$$B_{\text{ш}} = b_{\text{ш}} + 2H_{\text{ш}} \cdot \text{ctg}\varphi.$$

Для штабеля призматической формы $b_{\text{ш}} = 0$.

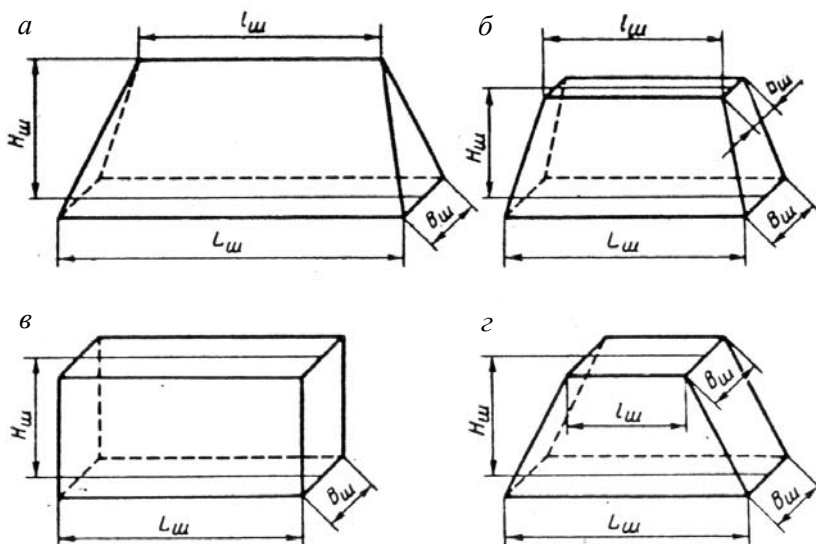


Рис. 6.2. Формы штабелей насыпных грунтов

Объем штабеля $V_{\text{ш}}$ легко определить при известных вместимости склада $E^{\text{расч}}$ и насыпной массе груза ρ , т/м³.

Нефтепродукты складировать в баки (1, 2, 4 или 6 шт.). Для определения их количества и размеров задаются радиусом бака $R_6 = 10-20$ м, принимают высоту бака $H_6 = R_6$ и вычисляют количество баков

$$n_6 = \frac{E^{\text{расч}}}{\pi R_6^3 \rho_n}.$$

Плотность нефтепродуктов ρ_n в т/м³ можно принять по табл. 6.2.

Таблица 6.2

Плотность нефтепродуктов ρ , т/м³, при температуре +20 °С

Название нефтепродукта	Плотность	Название нефтепродукта	Плотность			
Бензин автомобильный	0,7300	Масло цилиндровое	0,9274			
Бензин авиационный	0,7223	Нефть обыкновенная	0,8648			
Газойль полимерный	0,9571	Нефть отборная	0,8513			
Керосин осветительный	0,8100–0,8340	Сольвент-нефть	0,8800			
Керосин тракторный	0,8090–0,8230	Топливо дизельное	0,8471			
Лигроин	0,7698	Топливо дизельное	0,8320			
Мазут флотский	0,9295–0,9350	Топливо дизельное	0,8440			
Масло автотракторное	0,9300	Топливо дизельное	0,9168			
Масло зеленое	0,9630	Топливо дизельное	0,8670			
Масло промышленное	0,9147–0,9030	Топливо моторное	0,7740			
Масло солярное	0,8920	Топливо моторное	0,7730			
Масло трансформаторное	0,8770	Топливо моторное </tr <tr> <td>Масло турбинное</td> <td>0,9000</td> <td>Уайт-спирит</td> <td>0,7760</td> </tr>	Масло турбинное	0,9000	Уайт-спирит	0,7760
Масло турбинное	0,9000	Уайт-спирит	0,7760			

При проектировании нефтяного склада следует обеспечивать противопожарные разрывы между баками (2–3 диаметра бака), обваловывая каждый бак, и удалять места погрузки и выгрузки от склада не менее чем на 100 м (рис. 6.3).

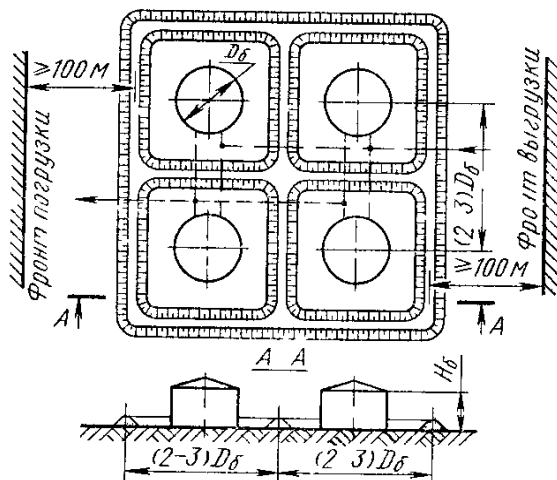


Рис. 6.3. Склад нефтепродуктов

Размеры элеватора для складирования зерна определяют согласно рекомендациям [8, с. 106].

Расчеты по определению размеров складов производят в форме табл. 6.3. К расчету прилагают схемы, иллюстрирующие плановое расположение штабелей и проездов между ними.

Таблица 6.3

Определение размеров складов

Параметр	Причал		
Расчетный суточный грузооборот $q_{\text{сут}}$, т/сут.			
Коэффициент складирования α			
Средний срок хранения грузов t , сут.			
Емкость склада $E_{\text{скл}}$, т			
открытого			
крытого			
Расчетная масса на площадь склада $q_{\text{скл}}$, т/м ³			
открытого			
крытого			
Коэффициент использования полезной площади склада $k_{\text{п}}$			
открытого			
крытого			
Площадь склада $F_{\text{скл}}$, м ²			
открытого			
крытого			
Длина склада по причальному фронту $L_{\text{скл}}$, м			
открытого			
крытого			
Ширина склада расчетная $B_{\text{р}}$, м			
открытого			
крытого			
Ширина склада принятая $B_{\text{скл}}$, м			
открытого			
крытого			
Радиус бака $R_{\text{б}}$, м			
Плотность наливного груза $\rho_{\text{н}}$, т/м ³			
Расчетное число баков n'			
Принятое число баков n			

7. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПУТИ ПОРТА

7.1. Внутрипортовые железнодорожные пути

Для обеспечения транспортных связей порты имеют подъездные и внутрипортовые пути.

В составе внутрипортовых железнодорожных путей различают прикордонные пути, предназначенные для перевалки грузов из вагонов непосредственно в суда или из судов в вагоны (по прямому варианту), и тыловые пути – для перевалки грузов из вагонов на склад или со склада в вагоны.

Пропускная способность железнодорожных путей должна быть равна или больше пропускной способности причала. Ее определяют на основе полезной длины перегрузочного фронта, типов и технической нормы загрузки вагонов, времени выполнения грузовых работ и маневровых операций.

Группу вагонов, одновременно подаваемую на погрузочно-разгрузочный фронт, называют подачей.

Расчет железнодорожных путей состоит в определении их количества.

7.2. Прикордонные железнодорожные пути

Прикордонные железнодорожные пути, как и склады, желательно размещать в виде непрерывной линии вдоль всего причального фронта.

При заданном числе подач вагонов в сутки $C_{\Pi} = 3, 6$ или 9 (соответственно $1, 2$ или 3 в смену) и при известной грузоподъемности вагона $g_{\text{в}}$ определяют число одновременно устанавливаемых вагонов:

$$n_{\text{в}} = \frac{(1 - \alpha) \cdot q_{\text{сут}}}{g_{\text{в}} \cdot C_{\Pi} \cdot k_{\text{исп}}}$$

В числителе формулы представлена доля суточного грузооборота, обрабатываемого по прямому варианту. Коэффициент использования грузоподъемности $k_{\text{исп}}$ вагона составляет $0,8-1,0$, для специализированных вагонов – 1 .

Полезная длина путей на причалах $l_{\text{пол}}$ с учетом разрывов между причалами для съездов составляет $0,8l_{\text{прич}}$.

Число прикордонных путей, необходимых для установки расчетного числа вагонов, с учетом одного обгонного для независимой смены вагонов рассчитывают как

$$y_{\text{п}} = \frac{n_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}}}{l_{\text{пол}}} + 1 = \frac{n_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}}}{0,8 \cdot l_{\text{прич}}} + 1,$$

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

7.3. Тыловые железнодорожные пути

Расчет тыловых железнодорожных путей выполняют аналогично расчету прикордонных, только вместо $(1-\alpha)$ в формулы подставляют α , а число подач вагонов в сутки $C'_{\text{п}}$ может отличаться от принятого $C_{\text{п}}$ для прикордонных путей.

Число вагонов, подлежащих установке,

$$n'_{\text{в}} = \frac{\alpha \cdot q_{\text{сут}}}{g_{\text{в}} \cdot C'_{\text{п}} \cdot k_{\text{исп}}}.$$

Полезная длина фронта складирования, используемая для установки вагонов, $l = 0,8L_{\text{скл}}$.

Число тыловых путей с учетом одного обгонного вычисляют как

$$y_{\text{т}} = \frac{n'_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}}}{0,8 \cdot L_{\text{скл}}} + 1.$$

Расчеты по определению количества железнодорожных путей ведутся в форме таблицы [8, табл. 15].

8. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПЕРЕГРУЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

Технологические схемы или схемы механизации по переработке грузов, указанных в задании, студент разрабатывает или выбирает для своего проекта из многочисленных известных универсальных и специализированных примеров по литературным источникам.

Технологическая схема перегрузки груза представляет собой поперечный разрез по причалу и выполняется на миллиметровой бумаге в масштабе 1 : 200 или 1 : 500 в предположении вертикальной набережной. Схема механизации должна давать четкое представление о пути следования груза при его переработке.

На разрез наносят отметки характерных уровней воды. На отметке минимального уровня воды на расстоянии 0,5 м от причальной стенки вычерчивают разрез по мидель-шпангоуту проектного судна на максимальной осадке.

Расстояние от линии кордона до оси ближайшего подкранового рельса должно быть 2,2 м для речных и водохранилищных портов и 2,75 (3,20) м – для морских.

На схеме вычерчивают порталный кран и отмечают зону обслуживания складских площадок в пределах максимального вылета стрелы крана R_{\max} . Выделяют зону передачи груза от фронтального крана тыловым или вспомогательным перегрузочным машинам. Расстояние от головки тылового подкранового рельса до зоны передачи грузов или кромки штабеля груза 2,0 м. В тыловой части причала вычерчивают тыловую линию кранов, расположенную на расстоянии $(2R_{\max} - 3,5)$ м от оси фронтального крана.

При проектировании *крытых складов штучных грузов* следует учесть следующие нормы:

ширину рампы у складов принимают равной 6–8 м;

в районах со значительным количеством осадков рампы устраивают крытыми, навес над рампой должен перекрывать на менее 5/8 ширины вагона;

высота рампы может быть от 1,1 до 1,3 м;

уклон поля складов для выхода на рампу назначают не более 0,02. Уклоны пандусов не превышают 0,12.

Для *контейнеров* наиболее распространена укладка двумя смежными рядами в два яруса. Длину непрерывного ряда принимают из условия установки 15–20 контейнеров типа 1С. Разрыв между смежными рядами назначают 0,2–0,3 м при применении автопогрузчиков, 1,5–2,0 м – при применении автоконтейнеровозов. Ширина проездов между штабелями контейнеров – 12–15 м. Между складом и подкрановым рельсом прикордонных и тыловых перегрузочных машин предусматривают оперативные зоны – проезды шириной 20–28 м.

Колея тыловых путей козловых кранов, предназначенных для погрузки (разгрузки) грузов на сухопутный транспорт, может быть принята равной 16, 20, 25 и 32 м (по числу тыловых железнодорожных путей и в зависимости от технологии перегрузочных работ). Пример складирования группы контейнеров приведен на рис. 8.1.

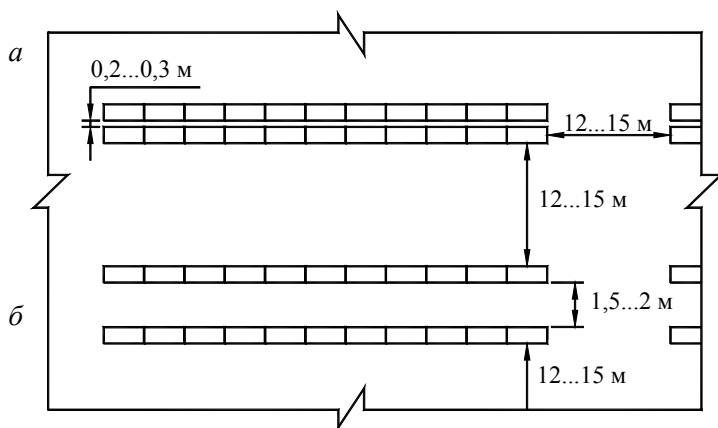


Рис. 8.1. Складирование группы контейнеров:
а – при применении погрузчиков; *б* – при применении автоконтейнеровозов

Между штабелями *навалочных грузов*, размещенными на каждом причале, следует предусмотреть противопожарные проезды шириной 8–10 м, учтенные коэффициентом использования полезной площади склада при определении его размеров.

Лесные грузы подразделяют на круглый лес, пиломатериалы и прочие изделия из древесины (фанера, рамы, двери, клепка для бочек, щепы и т. д.). Круглый лес и пиломатериалы перевозят в судах пакетами массой до 5 т.

На складе пакеты укладывают в штабеля площадью не более 1200 м^2 , между которыми устраивают проезды шириной 8–10 м.

Штабеля круглого леса, как правило, состоят из двух рядов с шириной прохода между ними 1–2 м. Ширину каждого ряда принимают по длине бревен от 6,0 до 6,5 м (рис. 8.2).

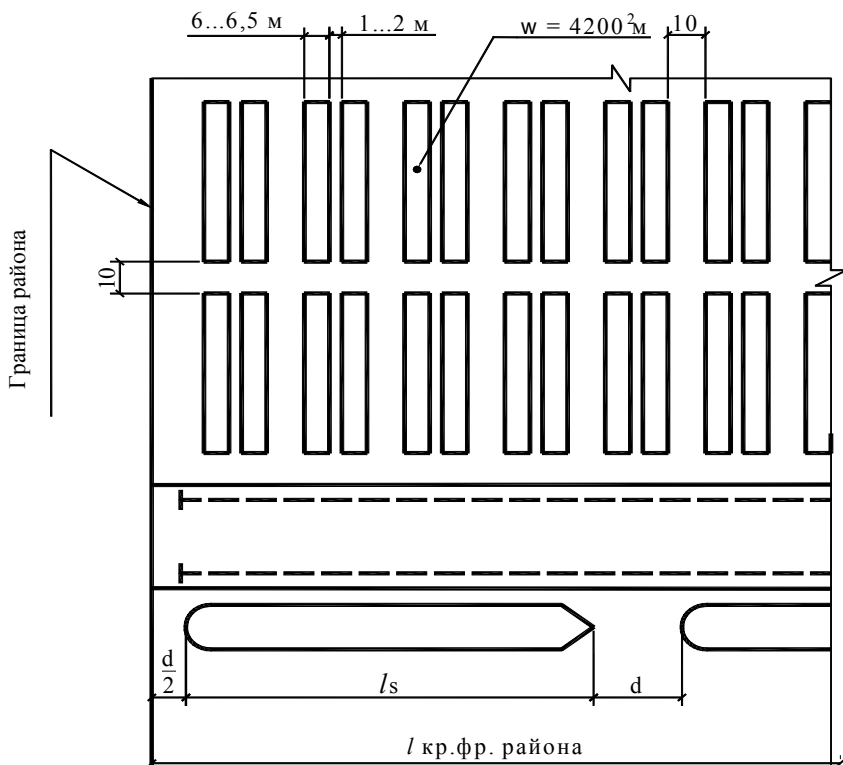


Рис. 8.2. Складирование круглого леса

Пиломатериалы поступают на склад в виде пакетов сечением $1,2 \times 1,3 \text{ м}$ длиной $3,0 \text{--} 6,5 \text{ м}$. Пакеты пиломатериалов на складе для хранения укладывают штабелями по аналогии с круглым лесом и дополнительно устраивают проходы для осмотра груза, его застропки и отстропки шириной 1–2 м между отдельными клетями пакетов пиломатериалов размером в плане $6,5 \times 6,5 \text{ м}$. Пример штабелирования пиломатериалов приведен на рис. 8.3.

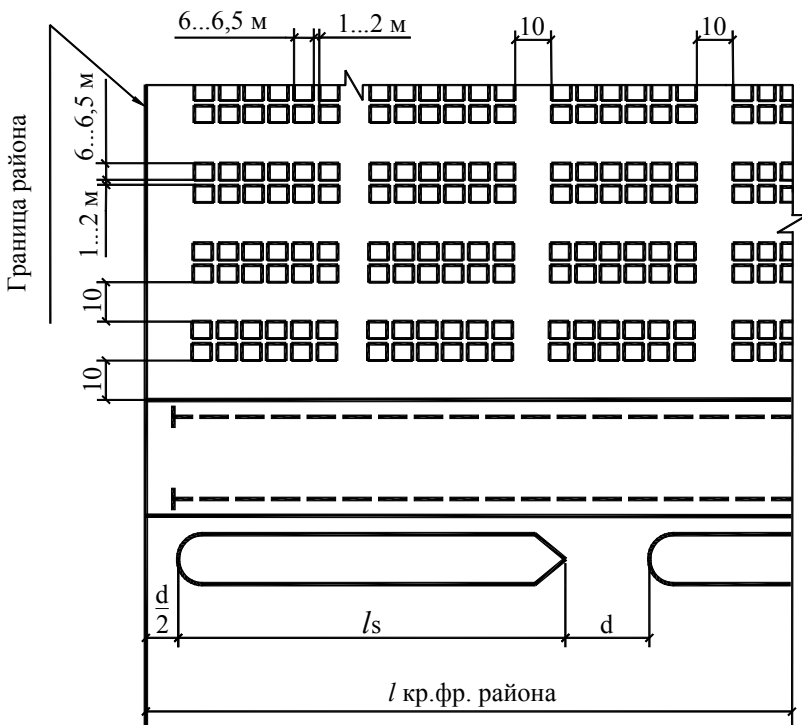


Рис. 8.3. Складирование пиломатериалов

9. ПЛАН ПОРТА

Компоновку порта выполняют после определения основных размеров порта и выбора схем механизации.

На топографическом плане берегового участка выбирают место расположения порта, обеспечивающее удобные подходы как для водного, так и для сухопутного видов транспорта, а также наилучшую защиту акватории порта от волн.

При выборе положения причального фронта следует стремиться к минимуму затрат по основным видам работ, соответствующему балансу земляных масс.

Для выбора положения линии кордона на плане рассматриваются характерные сечения каждого причала, для которых строятся по-

перечные профили; на каждый наносятся линии, соответствующие отметкам территории и дна акватории. Перемещением возможной вертикальной причальной стенки добиваются положения, когда площадь выемки в сечении равна площади насыпи: пересечение вертикали с линией естественной поверхности укажет горизонталь, на которой рационально разместить кордон в данном сечении (рис. 9.1).

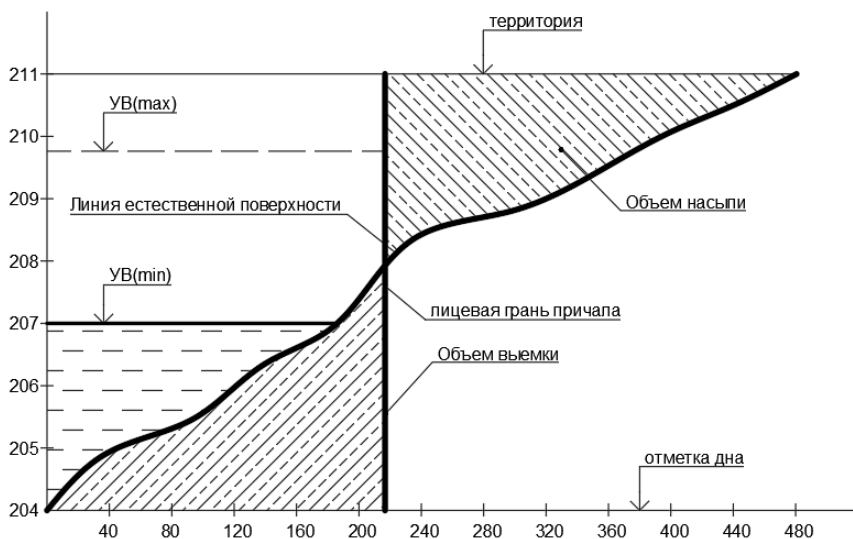


Рис. 9.1. К выбору положения кордона

Размещение порта и его районов производят с учетом розы ветров.

При компоновке порта следует учитывать возможности его перспективного развития, для чего необходимо предусмотреть резерв береговой линии и акватории.

Начертание железнодорожных путей в порту выполняют с соблюдением следующих требований:

минимальный радиус кривой на железнодорожных путях (подъездных и на территории порта) рекомендуется принимать равным 300 м, а в стесненных условиях и при применении специального подвижного состава, а также контррельса – 120 м;

наибольший допустимый уклон на подходных путях равен 0,03, а на территории порта уклоны железнодорожных путей не допускаются;

съезды с обгонного пути на рабочий (ближайший к кордону или к складу железнодорожный путь, на котором устанавливают вагоны для производства перегрузочных работ) рекомендуется делать на стыке смежных причалов и между складами.

Для удобства подводки железнодорожных путей к складам следует стремиться к выравниванию ширины складов. Для этого можно варьировать в допускаемых пределах временем хранения грузов, распределенной поверхностной нагрузкой, коэффициентом прохождения грузов через склад. У всех причалов, кроме зерновых и нефтеналивных, по всей длине склада должна быть обеспечена передача грузов по варианту склад – вагон, поэтому вдоль всего склада железнодорожные пути должны быть прямолинейными и располагаться как можно ближе к нему.

Обгонный путь – как прикордонный, так и тыловой – необходим для независимой смены вагонов, если пути проходят последовательно через несколько причалов (при прямой линии причального фронта).

При использовании на причалах порталных кранов в качестве перегрузочных машин железнодорожные пути укладывают, как правило, между рельсами подкрановых путей. Если требуемое количество прикордонных железнодорожных путей больше, чем может быть уложено под порталами кранов, то дополнительные пути укладывают за линией подкрановых путей.

На складах открытого хранения лесных, навалочных и других грузов оперативные железнодорожные пути укладывают вдоль складских площадок с обеспечением удобства перегрузочных операций.

На каждом причале необходимо предусмотреть также и автомобильную дорогу. Перед складами штучных грузов (со стороны кордона) автодорога непосредственно примыкает к площадке передачи грузов кранами напольным средствам механизации с одновременной возможностью погрузки и выгрузки автомашин на этой площадке; вдоль тылового обгонного железнодорожного пути на расстоянии не менее 3,75 м от его оси предусматривают объездную автомобильную дорогу.

На территории порта размещают основные служебно-вспомогательные здания (возможно совмещение их в одном двух-трехэтажном):

управление порта (располагается за территорией порта, в непосредственной близости от нее – например, сразу же при выезде автомобильной дороги из порта);

районные конторы;

ремонтно-механические мастерские;

гараж;

здание пожарной и сторожевой охраны;

материально-технический склад;

трансформаторная подстанция;

душевые;

медпункт;

диспетчерская;

проходные;

столовая.

Все эти здания располагают, как правило, вдоль объездной автомобильной дороги на расстоянии 10–30 м от нее – желательно с соблюдением створного расположения и устройством подъездов (при необходимости) или пешеходных тротуаров шириной 2,25 м. Территория грузовых районов порта должна иметь ограждение.

С учетом защитной зеленой зоны 8–12 м ограждение можно устраивать на расстоянии 20–30 м от зданий и дорог, размещенных на территории порта и на расстоянии 100 м от оси обвалования склада нефтеналивных грузов.

Для правильного сопряжения территории и дна акватории с естественным рельефом местности порт необходимо разместить на ситуационном плане с учетом следующих рекомендаций:

в случае открытого причального фронта линию кордона располагают так, чтобы объем грунта выемки при устройстве акватории был примерно равен объему грунта насыпи, необходимой для устройства порта;

при пирсовой либо бассейновой компоновке порт наносят на побережье так, чтобы корень пирса (или начало бассейна) располагались по урезу воды.

На ситуационный план наносят контуры территории и акватории порта, подходы со стороны воды и с суши, внешние оградительные

сооружения, знаки судоходной обстановки, а также откосы, сопрягающие акваторию порта с рельефом местности.

При оформлении чертежей на плане в масштабе 1 : 500 или 1 : 1000 указывают размещение перегрузочных машин на причале, крановых и железнодорожных путей, площадок для складирования груза, зон передачи груза, проездов, автомобильных дорог (если на причале производится грузовая обработка автомобильного транспорта), а также общую длину и ширину причала, размеры складских помещений и их вместимость, габаритные размеры судов.

10. РАСЧЕТ ОДНОАНКЕРНОГО БОЛЬВЕРКА

10.1. Расчетная схема и задачи расчета

В качестве конструкции причала рассматривается одноанкерный металлический (стальной) больверк как наиболее распространенный тип набережной.

Расчетная схема больверка представлена на рис. 10.1, *a*. Исходными данными к расчету являются размеры больверка (свободная высота стенки H , м, и высота наданкерной части h , м), расчетная равномерно распределенная нагрузка на причал q_0 , кПа, физико-механические характеристики грунта засыпки и основания (плотность ρ , т/м³, угол внутреннего трения ϕ , град., удельное сцепление c , кПа, при этом индекс 1 соответствует грунту засыпки в сухом состоянии, индекс 2 – во взвешенном состоянии, индекс 3 – грунту основания).

Расчетный уровень воды рекомендуется принять соответствующим 50 %-й обеспеченности.

В результате расчета следует подобрать шпунтовую сваю – ее тип, сечение, глубину забивки, а также определить диаметр анкерной тяги. Запроектированную конструкцию причала проверяют на общую устойчивость против сдвига.

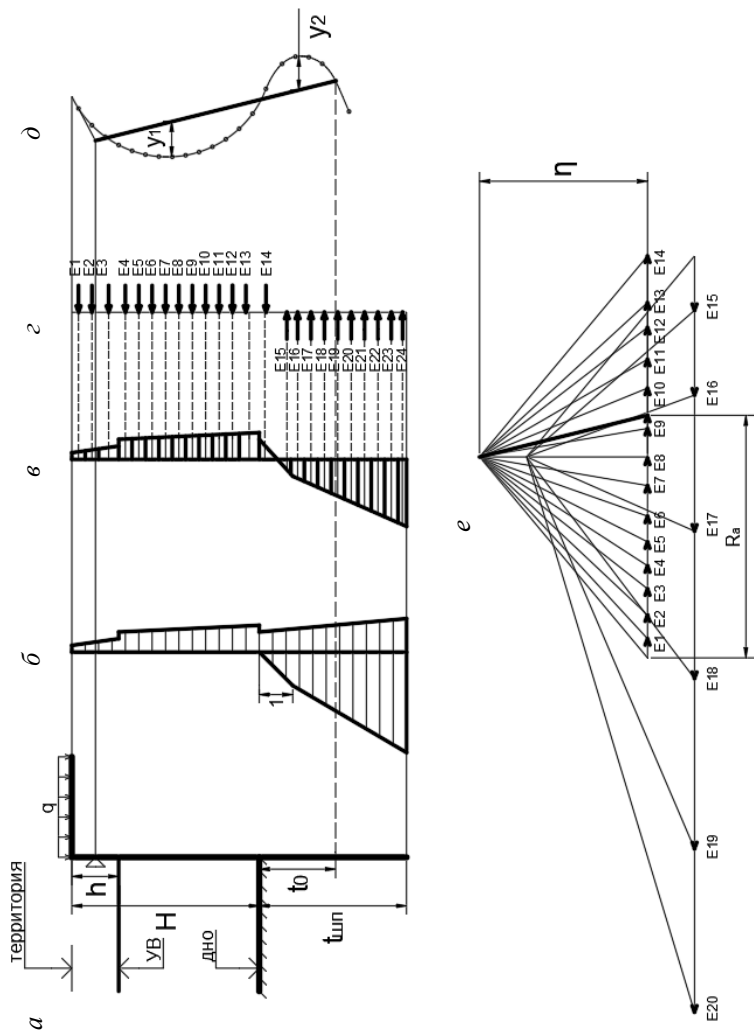


Рис. 10.1. Графоаналитический расчет одноанкерного больверка

10.2. Порядок расчета

Расчет одноанкерного металлического больверка выполняется графо-аналитическим способом в следующем порядке:

предварительно намечается глубина забивки шпунта;

строятся эпюры интенсивности давления грунта – активного, пассивного и суммарная;

строится силовой многоугольник;

строится и замыкается веревочный многоугольник;

определяется глубина забивки шпунтовой сваи;

определяется максимальный изгибающий момент в шпунтовой стенке и его расчетное значение;

определяется момент сопротивления стенки и по нему подбирается тип и сечение шпунтовой сваи;

определяется усилие в анкерных тросах и подбирается сечение троса;

проверяется общая устойчивость причальной стенки методом кругло-цилиндрических поверхностей скольжения.

10.3. Указания к выполнению расчетов

Предварительно *глубину забивки свай* назначают в пределах (0,7–0,8) Н.

При *построении эпюр давления грунта* (рис. 10.1, б) его интенсивность определяют в характерных точках (поверхность, границы грунтов, низ шпунта), при этом для случая вертикальной стенки и горизонтальной поверхности нормативные расчетные зависимости принимают упрощенный вид:

для активного давления

$$p_{ah} = (q_0 + \sum \rho gh) \cdot \lambda_{ah} - 2c\sqrt{\lambda_{ah}};$$

$$\lambda_{ah} = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

(здесь q_0 – нагрузка на поверхности грунта);

для пассивного давления

$$p_{ph} = (q_0 + \sum \rho gh) \cdot \lambda_{ph} + 2c\sqrt{\lambda_{ph}};$$

$$\lambda_{ph} = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\Phi}{2} \right)$$

(здесь q_0 – нагрузка от крепления дна, по заданию равна нулю).

При определении ординат эпюры пассивного давления грунта на шпунт следует дополнительно учесть трение грунта о стенку умножением полученных значений ординат на коэффициент k , для стального шпунта в зависимости от угла внутреннего трения грунта равный

ϕ , град.	10	15	20	25	30	35	40;
k	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,3.

Построение эпюры интенсивности пассивного давления грунта начинается от нуля на отметке дна (в случае отсутствия крепления дна), при этом полный учет сцепления связных грунтов производится от глубины 1 м. В пределах толщи грунта 1 м от дна интенсивность изменяется по прямому закону (рис. 10.1, б).

Суммарная эпюра (рис. 10.1, в) разбивается на полосы высотой 0,5–1 м, действие которых заменяют сосредоточенными силами (рис. 10.1, г), приложенными в центрах тяжести полос и численно равными их площадям.

Для построения **силового многоугольника** (рис. 10.1, е) последовательно откладывают полученные значения элементарных сил (площадей полос) – активные от нуля, пассивные – в обратную сторону от суммарного значения (последнего луча) активных сил. Концы всех векторов сил соединяют с произвольно выбранным полюсом. Для удобства пользования лучевым масштабом полученную диаграмму пассивных сил сдвигают вверх или вниз относительно диаграммы активных сил. Сумма пассивных сил должна превышать сумму активных на 20–30 % – в противном случае следует увеличить глубину забивки шпунта и достроить суммарную эпюру давления.

Для построения *веревочной кривой* (рис. 10.1, *д*) из произвольной точки на поверхности проводят нулевой луч силового многоугольника до пересечения с линией действия силы E_1 . Из полученной точки проводят следующий луч до линии действия следующей силы, и так последовательно все лучи силового многоугольника переносят параллельно на поле веревочного многоугольника.

Поскольку веревочный многоугольник – это эпюра изгибающих моментов, то его замыкание позволит определить фактические значения максимальных моментов. В случае одноанкерного больверка первый луч веревочного многоугольника продлевается до горизонтали на уровне крепления анкерной тяги.

Из полученной точки *проводится замыкающая*, равноудаленная от веревочной кривой в пролетной и нижней ее частях, при этом момент в пролетной части может быть несколько большим (порядка 10 %).

Точка пересечения замыкающей с веревочной кривой определяет необходимую *глубину забивки шпунта* t_0 .

Полная глубина забивки шпунтовой стенки составит $t_{\text{шп}} = t_0 + \Delta t$, где запас Δt можно принять в пределах 15–20 % от расчетной, то есть $t_{\text{шп}} = (1,15–1,20) \cdot t_0$.

Максимальный *изгибающий момент* в пролетной части определяется как

$$M_{\text{max}} = \eta \cdot y,$$

где η – полюсное расстояние силового многоугольника в масштабе сил, кН (рис. 10.1, *е*);

y – максимальное значение момента по веревочному многоугольнику в линейном масштабе построения больверка, м (рис. 10.1, *д*).

Расчетное значение изгибающего момента можно принять

$$M_{\text{расч}} = \frac{M_{\text{max}}}{1,3–1,35}.$$

Для подбора *сечения шпунта* по сортаменту (табл. 10.1) необходимо определить момент сопротивления стенки на погонный метр длины:

$$W = \frac{M_{\text{расч}}}{R_p},$$

где R_p – допускаемое сопротивление материала сваи; для стали можно принять 160 МПа.

Таблица 10.1

Технические характеристики стальных шпунтовых свай

Профиль	Ширина (в осях) b , м	Высота h , м	Длина l , м	Момент сопротивления 1 п. м стенки, м ³
Плоский				
ШП-1	0,40	0,081	8–25	0,000188
ШП-2	0,20	0,057		0,000166
Зетовый				
ЩД-1	0,40	0,150	8–12	0,000615
ЩД-2	0,40	0,210	8–14	0,001000
ЩД-3	0,50	0,270	10–16	0,001534
ЩД-4	0,50	0,320	до 22	0,002120
ЩД-5	0,50	0,360	до 25	0,003120
ЩД-6	0,50	0,380	до 25	0,004050
ЩД сварной				0,0066–0,016
Корытный				
ШК-1	0,40	0,110	8–25	0,000400
ШК-2	0,40	0,1605		0,000840
Ларсен-3	0,40	0,145		0,001600
Ларсен-4	0,40	0,180		0,002200
Ларсен-5	0,42	0,180		0,003000
Ларсен-6	0,42	0,180		0,003000
Ларсен-7	0,47	0,228		0,004764

Расчетные усилия в анкерных тягах

$$R_{\text{а расч}} = R_a \cdot k_a \cdot a,$$

где R_a – усилие в анкерной тяге на один погонный метр, кН; определяется отрезком на силовом многоугольнике от начала до пересечения его линией, параллельной проходящей через полюс замыкающей (рис. 10.1, е);

k_a – коэффициент, учитывающий податливость анкерных закреплений, неравномерность натяжения анкерных тяг, способ возведения стенки и т. д., можно принять 1,25–1,3;

a – шаг анкерных тяг, м; назначают согласно размерам шпунтовых свай через 4, 6, 8 свай в пределах 1,5–3 м.

Площадь *сечения анкерной тяги*

$$F = \frac{R_a \text{ расч.}}{m \cdot R_p}$$

Тяги круглого сечения принимаются диаметром в пределах 3,0–7,0 см. Если расчетом получено значение большее или меньшее, следует соответственно уменьшить или увеличить шаг тяг.

Проверка *общей устойчивости* выполняется по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения (рис. 10.2).

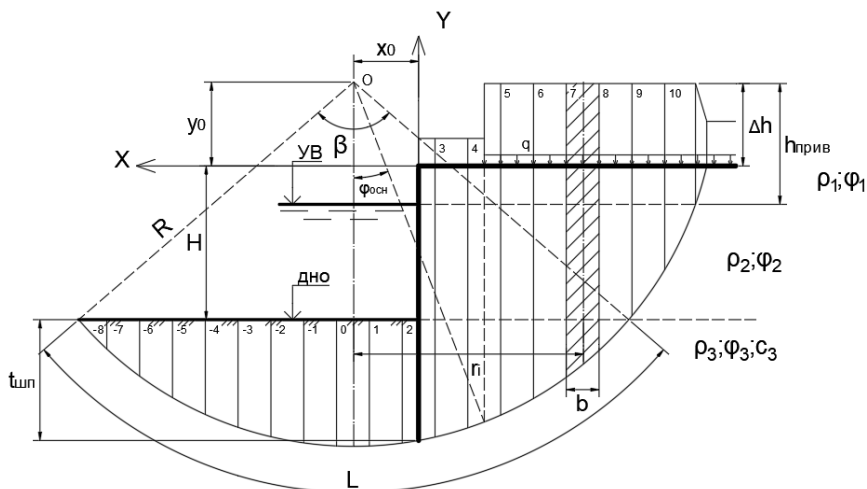


Рис. 10.2. Расчетная схема к проверке общей устойчивости

Коэффициент запаса устойчивости набережной в общем виде составляет

$$k = \frac{\sum M_{\text{уд}}}{M_{\text{сдв}}} = \frac{M_{\text{тр}} + M_{\text{сц}} + M_{\text{св}}}{M_{\text{сдв}}} = \frac{R \cdot (G \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi + \sum c \cdot L + \sum P)}{\sum G \cdot r} > 1.$$

Для больверка с учетом отсутствия свай и приведения сдвигающего массива к однородному грунту зависимость примет вид

$$k = \frac{R \cdot \left(\sum h \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{c \cdot L}{\rho \cdot g \cdot b} \right)}{\sum h \cdot r} > 1.$$

Сдвигающий грунтовый массив рекомендуется привести к однородному с плотностью ρ_2 грунта, находящегося во взвешенном состоянии, тогда эквивалентный слой нагрузки над расчетным уровнем воды составит

$$h_{\text{прив}} = \frac{q_0 + \sum \rho_i g h_i}{\rho_2 g}.$$

Полученную высоту откладывают вверх от расчетного уровня воды и получают ограничение сверху однородного сдвигаемого массива.

Для нахождения наиболее опасного положения поверхности скольжения производят ряд расчетов при различных координатах центра кривой, выбирая минимальное значение коэффициента устойчивости на сдвиг, которое должно быть выше допустимого.

Координаты наиболее неблагоприятного центра кривой скольжения X и Y определяются по приближенному методу Феллениуса:

$$X = x \cdot H \quad Y = y \cdot H,$$

где x и y – относительные координаты центра кривой скольжения, определяемые по табл. 10.2, при этом выбираются ближайшие значения без интерполяции.

Относительные координаты центра кривой скольжения

$\Delta h/H$	t/H	x	y
0	0,5	0,25	0,26
0	1,0	0,33	0,41
0,5	0,5	0,31	0,35
0,5	1,0	0,41	0,53
1,0	0,5	0,34	0,39
1,0	1,0	0,44	0,57

Здесь H – полная высота причальной стенки (от отметки территории до отметки дна акватории); Δh – превышение эпюры приведенных нагрузок над отметкой территории порта; t – величина заглубления поверхности скольжения ниже уровня дна, то есть глубина забивки шпунта.

Радиус поверхности скольжения R определяют ее проведением через низ шпунтовой стенки.

Корректируется очертание эпюры приведенных нагрузок. Из центра кривой скольжения проводится радиус под углом φ_3 (углом внутреннего трения грунта основания) к вертикали до пересечения с поверхностью скольжения. Из полученной точки восстанавливают вертикаль, до которой от линии кордона временную равномерно распределенную нагрузку в расчете не учитывают. Для ограничения эпюры в тыловой ее части расчетный уровень воды продолжают вправо до пересечения с поверхностью скольжения и из полученной точки восстанавливают вертикаль до верха эпюры приведенных нагрузок. Полученную точку соединяют со значением приведенной нагрузки в точке пересечения кривой скольжения с поверхностью порта.

Всю сдвигающуюся призму грунта разбивают на полоски (отсеки) шириной $b = 0,1R$, при этом первую располагают так, чтобы ее центр тяжести был на вертикали, опущенной из центра поверхности скольжения. Отсеки, лежащие справа от нулевого, нумеруют 1, 2, 3

и т. д., слева – –1, –2, –3 и т. д. с тем, чтобы числовые значения $\sin \alpha$ были 0, 0,1, 0,2 и т. д.

Расчет ведется на ЭВМ в приложении Excel в форме табл. 10.3.

Таблица 10.3

К определению коэффициента устойчивости причальной стенки

№ отсека	h_i , м	r_i , м	$\frac{h_i \cdot r_i}{\text{м}^2}$	$\sin \alpha_i = \frac{r_i}{R}$	$\cos \alpha_i$	φ_i , град	$\text{tg} \varphi_i$	$h_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \text{tg} \varphi_i$
			Σ					Σ

Длину дуги L , по которой действует сцепление, определяют как

$$L = 0,0175 \cdot \beta \cdot R,$$

где β – центральный угол, опирающийся на дугу L , град.

11. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОРТА

Завершают работу составлением паспорта, включающего основные технические показатели:

грузооборот порта (годовой и суточный);

категория порта;

количество причалов (всего и в том числе по видам груза);

длина причальной линии;

количество грузоперерабатывающих машин и механизмов на причалах;

пропускная способность порта;

годовой грузооборот порта, то есть число судов, посещающих порт в течение года:

$$N_c = \sum_{(i)} N_{ci} = \sum_{(i)} \frac{Q_{\text{год}i}}{G_{\text{судна}i} \cdot k_{\text{Г}i}},$$

где N_{ci} – годовой грузооборот i -го специализированного причала;
 i – тип судна.

Судоемкость порта n_c , то есть число судов, одновременно находящихся в порту у причалов и на акватории,

$$n_c = \frac{\sum^{(i)} N_{ci} \cdot t_i \cdot k_{\text{нер}i}}{N_{\text{нав}}},$$

где t_i – среднее время пребывания судна в порту.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуревич, В.Б. Речные портовые гидротехнические сооружения / В.Б. Гуревич. – М. : Транспорт, 1969. – 416 с.
2. Казаков, В.П. Технология и организация перегрузочных работ: учеб. пособие / В.П. Казаков. – М. : Транспорт, 1974. – 171 с.
3. Портовые гидротехнические сооружения: в 2 ч. / В.Е. Ляхницкий [и др.]; под ред. В.Е. Ляхницкого. – Л. : Речной транспорт, 1955. – Т. 1. – 552 с.
4. Порты и портовые сооружения: учебник для вузов / Г.Н. Смирнов [и др.]; под ред. Г.Н. Смирнова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Ассоциация строительных вузов, 2003. – 464 с.
5. Суколенов, А.Е. Подъемно-транспортные машины и механизация перегрузочных работ / А.Е. Суколенов, Ю.Г. Артюхин. – М. : Транспорт, 1972. – 312 с.
6. Удовиченко, В.Н. Морские и речные гидротехнические сооружения / В.Н. Удовиченко, П.И. Яковлев. – М. : Транспорт, 1976. – 416 с.
7. Шерле, Э.П. Справочник механизатора речного порта / Э.П. Шерле, Г.Г. Каракулин. – М. : Транспорт, 1986. – 391 с.
8. Штенцель, В.К. Порты и портовые сооружения : учеб. пособие / В.К. Штенцель, М.А. Соколов; под ред. В.К. Штенцеля. – М. : Транспорт, 1977. – 336 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Состав курсового проекта	4
2. Подбор подвижного состава	5
3. Определение отметок дна акватории и территории порта	10
3.1. Расчетные уровни воды	10
3.2. Определение глубины акватории порта	12
3.3. Определение отметки дна акватории	14
3.4. Определение отметки территории	14
4. Механизация перегрузочных работ в порту	16
4.1. Выбор схемы механизации	16
4.2. Механовооруженность порта	17
4.3. Определение производительности порталных кранов	19
4.4. Определение продолжительности грузовой обработки судна	29
5. Определение длины причальной линии	31
5.1. Определение пропускной способности специализированного причала	31
5.2. Определение длины причального фронта	31
6. Проектирование складов	35
6.1. Способы складирования грузов	35
6.2. Определение площадей складов	35
7. Железнодорожные пути порта	42
7.1. Внутрипортовые железнодорожные пути	42
7.2. Прикордонные железнодорожные пути	42
7.3. Тыловые железнодорожные пути	43
8. Разработка технологических схем перегрузочного процесса	44
9. План порта	47
10. Расчет одноанкерного бьева	51
10.1. Расчетная схема и задачи расчета	51
10.2. Порядок расчета	53
10.3. Указания к выполнению расчетов	53
11. Основные показатели порта	60
Список рекомендуемой литературы	62

Учебное издание

КОРБУТ Ольга Борисовна
ПЕРЕВЯЗКИН Юрий Александрович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОРТА

Пособие

по выполнению курсового проекта
для студентов специальности 1-37 03 02 «Кораблестроение
и техническая эксплуатация водного транспорта»

Редактор *Т. В. Мейкшане*

Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 26.04.2019. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 2,91. Тираж 100. Заказ 929.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.