МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО РАСЧЕТУ И КОНСТРУИРОВАНИЮ ПОКРЫТИЙ НА ПЛОЩАДКАХ ПОД КОНТЕЙНЕРЫ И КОНТЕЙНЕРОВОЗЫ В МОРСКИХ ПОРТАХ

Москва 1977

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО РАСЧЕТУ И КОНСТРУИРОВАНИЮ ПОКРЫТИЙ НА ПЛОЩАДКАХ ПОД КОНТЕЙНЕРЫ И КОНТЕЙНЕРОВОЗЫ В МОРСКИХ ПОРТАХ

Одобрены трестом „Севзапморгидрострой"

Москва 1977

УДК 625.712.6.001.24:627.2

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ И КОНСТРУИРОВАНИЮ ПОКРЫТИЙ НА ПЛОЩАДКАХ ПОД КОНТЕЙНЕРЫ И КОНТЕЙНЕРОВОЗЫ В МОРСКИХ ПОРТАХ. Союздорнии, М., 1977.

Изложены принципы конструирования и расчета одежды контейнерного терминала, методика расчета бетонного покрытия и конструктивных слоев основания. Дана последовательность расчета, приведены расчетные характеристики материалов и пример расчета конструкции.

Табл. 5, рис. 3.

© Союздорнии, 1977г.

УДК 625.712.6.001.24:627.2

Предисловие

Для обработки крупнотоннажных грузов в контейнерах большой вместимости морские порты необходимо оборудовать специализированными комплексами - контейнерными терминалами, оснащенными новейшими перегрузочными средствами (кранами, контейнеровозами).

В "Методических рекомендациях по расчету и конструированию покрытий на площадках под контейнеры и контейнеровозы в морских портах" изложены основные принципы назначения конструкций бетонных покрытий в комплексе с искусственными и естественными основаниями. Бетонные покрытия, как показывает опыт, являются наиболее приемлемыми для устройства контейнерных терминалов, где, помимо тяжелых нагрузок от колес контейнеровозов, действуют также весьма большие сосредоточенные воздействия от самих контейнеров, укладываемых в ярусы.

"Методические рекомендации" разработаны Ленинградским филиалом Союздорнии с учетом опыта службы экспериментальных участков, построенных в 1974-1975 гг. в Ленинградском морском торговом порту трестом "Севзапморгидрострой", в дополнение к "Нормам технологического проектирования морских портов" по разделу "Покрытия портовых территорий".

"Методические рекомендации" составлены канд.техн. наук М.А.Железниковым (Ленинградский филиал Союздорнии) при участии Ю.А.Новикова (Ленморниипроект).

"Методические рекомендации" разработаны для Главморречстроя Минтрансстроя.

Все замечания и пожелания просьба направлять по адресу: 143900 Балашиха-6 Московской обл., Союздорнии или 191065 Ленинград, ул.Герцена,19, Ленинградский филиал Союздорнии.

I. Общие положения

1.1. "Методические рекомендации" предназначены для проектирования конструкций бетонного покрытия и несущих слоев основания контейнерных терминалов в морских портах.

1.2. Покрытие и несущие слои основания распределяют напряжения, передаваемые на подстилающий грунт, и поэтому при расчетах они рассматриваются совместно. Покрытие и основание по аналогии с дорожной терминологией будут называться "одеждой контейнерного терминала".

1.3. Отдельные конструктивные слои одежды контейнерного терминала должны отвечать следующим основным требованиям:

покрытие - верхний слой одежды терминала, непосредственно воспринимающий и передающий на основание и подстилающий грунт нагрузки от колес безрельсового транспорта (контейнеровозы, автопогрузчики и т.п.), а также от опор самих контейнеров - должно устраиваться из материалов, устойчивых против воздействия природных факторов (температуры, влажности и др.);

основание - несущая часть одежды контейнерного терминала, обеспечивающая совместно с покрытием передачу напряжений на подстилающий грунт - устраивают из одного или нескольких слоев. Однослойное основание или верхний слой сооружают, как правило, из материалов, укрепленных цементом, битумом и другими вяжущими. В некоторых случаях целесообразно устраивать нижний слой основания (помимо требуемого по расчету на прочность) из песка и других местных материалов.

1.4. Монолитный бетон покрытия контейнерных терминалов должен отвечать требованиям ГОСТ 8424-72

"Бетон дорожный". Обычно рекомендуется применять бетон марки "400" на прочность при сжатии и "50" – при изгибе, обеспечивающий получение морозо- и эрозионностойкой структуры материала.

1.5. Бетонное покрытие следует устраивать на тщательно уплотненном и спланированном основании и подстилающем грунте. Требуемая плотность подстилающего грунта, состоящего, как правило, из песка, должна быть до глубины около 1 м не менее 0,98 от максимальной, определяемой с помощью прибора стандартного уплотнения Союздорнии.

1,6. Бетонное покрытие на намытых грунтах рекомендуется устраивать после завершения консолидационных процессов (не ранее чем через 1 год).

1.7. Не рекомендуется устраивать покрытия контейнерных терминалов:

из сборных железобетонных плит, так как они не обеспечивают требуемой ровности, необходимой для опирания контейнеров на их опорные части (зазор между поверхностью покрытия и низом обшивки нагруженного контейнера должен быть не менее 6мм), за исключением участков, где проложены инженерные сети коммуникаций;

из асфальтобетона, который, особенно при высоких температурах, не обладает достаточной прочностью для выдерживания высоких удельных нагрузок от опор контейнеров (100–150 кгс/см^2).

1.8. Для снижения температурных, усадочных и других напряжений в бетонных покрытиях устраивают швы сжатия, швы расширения и швы коробления (или изгиба). Благодаря этим швам, скрепленным, как правило, "глухими" (без колпачков) штырями, бетон только изгибается, взаимных горизонтальных смещений смежных плит в стыке не наблюдается.

Швы расширения рекомендуется устраивать, если длина бетонируемой полосы ("карты") превышает 100 м.

Швы сжатия (ложные швы) либо нарезают в затвердевшем бетоне алмазными или карборундовыми дисками, либо устраивают в свежеуложенном бетоне закладкой на время схватывания бетона реек. Глубина ложных швов от верха покрытия 1/5÷1/6 толщины плиты. Штыри в швах сжатия рекомендуются главным образом при наличии подстилающих грунтов, склонных к неравномерным деформациям. Расстояние между швами сжатия в средней полосе рекомендуется назначать 5–6 м.

Продольные швы устраивают так же, как и швы коробления. Штыри диаметром не менее 28 мм, длиной не менее 0,5м устанавливают на расстоянии не менее 1 м друг от друга. После бетонирования деревянные прокладки от опалубки обязательно убирают.

1.9. Для укладки монолитного бетона используют средства малой механизации (виброрейки) по технологии, разработанной трестом "Севзапморгидрострой", либо, в соответствии с проектом,–бетоноукладочный комплект машин.

2. Принципы конструирования и расчета одежды контейнерного терминала

2.1. Одежда контейнерного терминала должна обеспечивать проезд с заданными скоростями всех видов безрельсового транспорта в данном порту в течение расчетного срока службы.

За расчетный срок службы основных гидротехнических сооружений принимают 40 лет.

2.2. Конструкцию одежды следует рассчитывать таким образом, чтобы на протяжении срока службы под действием прикладываемых нагрузок от контейнеровозов и контейнеров не происходило накопления остаточных деформаций ни в одном из конструктивных элементов, а также и в подстилающем одежду грунте.

Для этого необходимы два условия:

в монолитных материалах (бетоне, материалах и грунтах, обработанных неорганическими вяжущими, и т.п.) при изгибе не должна нарушаться сплошность;

в подстилающем грунте и слабосвязных материалах основания не должно достигаться предельное равновесие по сдвигу.

2.3. Размеры плит в плане, конструкции стыков назначают в соответствии с рекомендациями "Указаний по проектированию аэродромных покрытий" СН 120-70, "Инструкции по устройству цементобетонных покрытий автомобильных дорог" ВСН 139-68.

2.4. Конструктивные слои одежды контейнерного терминала (цементобетонного покрытия и основания) рассчитывают на нагрузки от колес безрельсового транспорта с учетом нагрузок, создаваемых складируемыми контейнерами. Количество ярусов определяется проектом.

2.5. Нормативные и расчетные нагрузки от безрельсового транспорта назначают по одной из схем КВ-35 или КВ-70 в соответствии с "Нормами технологического проектирования морских портов" (табл.1). Нагрузка по схеме КВ-35 представлена контейнеровозом портального типа с четырьмя равномерно нагруженными

Таблица 1

Индекс схемы расчетной нагрузки	Наибольшая статическая нагрузка на ось, тс	Статическая нагрузка на одно колесо, P, тс	Расчетное удельное давление на покрытие q, кгс/см2	Расчетный диаметр следа колеса D, см
КВ-35	35	17,5	8,5	50
КВ-70	70	35,0	8,5	70

колесами на пневматических шинах с давлением на ось 35 тс (приложение 1). Нагрузка по схеме КВ-70 относится к другой разновидности контейнеровозов - к автопогрузчикам или контейнеровозам фронтального типа. Этот тип контейнеровозов снабжен специальным навесным оборудованием (спредером) для захвата контейнеров, а также вилами, находящимися спереди. Расчетная нагрузка на переднюю ось у последнего типа контейнеровозов составляет 70 тс.

2.6. В качестве основной расчетной нагрузки принимают нагрузку по схеме КВ-35. Расчет по схеме нагрузки КВ-70 является обязательным только для 50-метровой операционной зоны погрузочно-разгрузочных работ (приложение 1).

Примечание. При наличии специальных обоснований расчеты можно вести на другие нагрузки, параметры которых указывают в задании на проектирование.

2.7. Помимо колесных нагрузок при расчетах учитывают усилия от контейнеров большой вместимости, укладываемых в ярусы. Для облегчения расчетов принимают коэффициент перегрузки n_p , равный 1,2 при складировании контейнеров в два яруса, и 1,3 - при трехъярусном складировании.

Коэффициент перегрузки n_p = 1,3 используется только при расчетах на нагрузку по схеме КВ-35 из-за сравнительно близкого расположения опор контейнера от колес контейнеровоза портального типа.

При расчетах на нагрузку КВ-70 коэффициент n_p принимают равным 1, так как опоры контейнера далеко отстоят от колеса контейнеровоза фронтального типа.

2.8. Динамичность приложения подвижных нагрузок от контейнеров учитывается с помощью коэффициента K_g . Для зон терминала с интенсивным и скоростным движением (операционная зона причала, кото-

Таблица 2

Схема нагрузки	Среднесуточное число проходов расчетных осей контейнеровозов на расчетную полосу x)	Коэффициент динамичности $K_д$	Коэффициент перегрузки $n_р$	Коэффициент неоднородности материалов $K_н$
КВ-35				
Операционная зона причала шириной 50 м от кордона; магистральные проезды	До 1000	1,15	1,00	1,00
	До 500	1,15	1,00	1,25
Складские площадки	До 100	1,00	1,30	1,50
КВ-70				
Операционная зона причала шириной 50 м от кордона; магистральные проезды	До 1000	1,00	1,00	1,00
	До 500	1,00	1,00	1,25
	До 100	1,00	1,00	1,50

x) За расчетную принята полоса бетонного покрытия шириной 4,5 м.

рая занимает полосу шириной 50м от линии кордона, а также магистральные проезды) коэффициент динамичности K_g = 1,15. Для складских площадок, где передвижение контейнеровозов производится с небольшими скоростями (до 5км/ч.), и для контейнеровозов фронтального типа K_g = 1.

2.9. Неоднородность свойств материалов и грунтов учитывают коэффициентом K_u в зависимости от среднесуточной интенсивности движения N расчетных контейнеровозов на тех или иных технологических площадках терминала (табл.2).

2.10. Величину полной расчетной нагрузки P_p определяют по формуле

$$P_p = K_g \cdot n_p \cdot P, \qquad (1)$$

где P - полная статическая нагрузка на колесо (см.табл.1);

K_g и n_p - соответственно коэффициент динамичности и перегрузки (см.табл.2).

2.11. Расчет конструктивных слоев одежды контейнерного терминала выполняют последовательно сверху вниз, т.е. сначала рассчитывают бетонное покрытие, а затем - основание, а также подстилающий грунт.

3. Методика расчета бетонного покрытия

3.1. При расчете требуемой толщины бетонного покрытия для заданных нагрузок марку бетона выбирают в зависимости от природных условий места строительства.

3.2. Предельное состояние бетонного покрытия определяют величиной растягивающих напряжений при изгибе, являющейся функцией изгибающего момента в плите.

Условие надежности (прочности) бетонного покрытия записывают выражением

$$K_м \geq 0{,}95, \qquad (2)$$

где $K_м$ – коэффициент надежности работы одежды по прочности бетонного покрытия на изгиб, определяемый по формуле

$$K_м = \frac{M_{пр}}{M_р}, \qquad (3)$$

$M_{пр}$ – предельный изгибающий момент в расчетном сечении бетонной плиты, кгс·см;

$M_п$ – расчетный изгибающий момент в том же сечении, кгс·см.

Из экономических соображений, чтобы не создавать излишних запасов прочности, коэффициент надежности не должен превышать 1 . Условие оптимальности при назначении толщины бетонного покрытия можно записать:

$$0{,}95 \leq K_м \leq 1 \qquad (4)$$

3.3. Для определения расчетного изгибающего момента расчетную схему принимают в виде двух полубесконечных шарнирно-сочленных плит, лежащих на упругом полупространстве, с общим модулем упругости $E_{общ}$. Применение этой расчетной схемы подтверждено экспериментами.

3.4. За расчетное принимают положение нагрузки, симметричное стыку плит.

За расчетное сечение принимают сечение полосы шириной 1 см, примыкающей длинной стороной к шарнирному краю. Высота этой полосы равна толщине бетонной плиты.

3.5. Расчетный изгибающий момент определяют по формуле

$$M_р = b \cdot P_р \cdot \bar{M}, \qquad (5)$$

где M_p – расчетный изгибающий момент, кгс·см;

b – расчетная ширина сечения, равная 1 см;

P_p – полная расчетная нагрузка (см. п. 2.10), кгс;

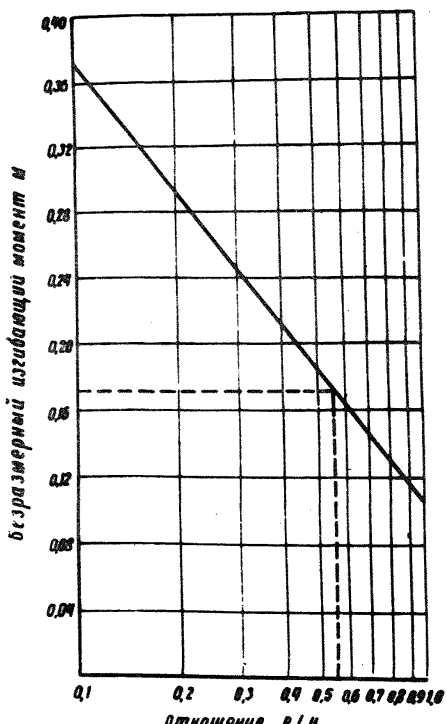


Рис.1. Номограмма для определения безразмерного изгибающего момента $\bar{M}$ в бетонном покрытии при шарнирном сочленении плит в швах

$\bar{M}$ – безразмерный изгибающий момент, определяемый для шарнирно-сочлененных плит по номограмме (рис.1) в зависимости от отношения $R/L_{общ}$;

R – расчетный радиус площади контакта колеса контейнеровоза с покрытием (см. табл. 1), см;

$L_{общ}$ – упругая характеристика плиты, см.

Упругую характеристику плиты $L_{общ}$ находят по формуле

$$L_{общ.} = h_o \sqrt[3]{\frac{E_o}{6E_{общ}}}, \qquad (6)$$

где h_o – толщина бетонной плиты, см;

E_o – модуль упругости бетона, кгс/см^2 (приложение 2);

$E_{общ}$ – общий модуль упругости основания, кгс/см^2 (определяют в соответствии с "Инструкцией по проектированию дорожных одежд нежесткого типа" ВСН 46-72).

3.6. Предельный изгибающий момент определяют по формуле

$$M_{пр} = K_u \cdot K^I \cdot R^н_{рп} \cdot W_0 \ , \qquad (7)$$

где $M_{пр}$ – предельный изгибающий момент, кгс·см;

K_u – коэффициент неоднородности материалов (см. табл.2);

K^I – комплексный коэффициент условий работы бетонного покрытия, учитывающий ряд факторов (особенности расчетной схемы, усталостные явления в бетоне при повторных нагрузках и др.), $K^I = 0{,}55$;

$R^н_{рп}$ – нормативный предел прочности на растяжение при изгибе, принимаемый по ГОСТ 8424-72;

W_0 – момент сопротивления сечения плиты расчетной ширины b, определяемый по формуле

$$W_0 = \frac{b h_0^2}{6} \ ; \qquad (8)$$

h_0 – толщина бетонной плиты, см.

3.7. Толщину бетонного покрытия рекомендуется определять с округлением до ближайшего четного числа.

4. Методика расчета конструктивных слоев основания

4.1. Толщину несущего слоя основания (или слоев при многослойном основании) рассчитывают так, чтобы в подстилающем грунте и слабосвязном материале основания не достигалось местного предельного равновесия по сдвигу.

4.2. Условие надежности одежды контейнерного терминала можно записать так:

$$K_\tau \geq 0{,}95 \ , \qquad (9)$$

где K_τ – коэффициент надежности работы одежды по сопротивлению сдвигу в подстилающем грунте и слабосвязном материале основания, определяемый по формуле

$$K_\tau = \frac{\tau_{пр}}{\tau_{ам}}, \qquad (10)$$

$\tau_{ам}$ – максимальное активное (за вычетом удерживающих сил, обусловленных внутренним трением) напряжение сдвига на данной глубине z от подошвы бетонного покрытия, вызванное расчетной нагрузкой (определяется по номограмме рис.2), кгс/см^2;

$\tau_{пр}$ – предельное активное напряжение сдвига на той же глубине z, определяемое по формуле

$$\tau_{пр} = \tau_{а\,в} + K_ц \cdot K_i^{II} \cdot C_{гр.}, \qquad (11)$$

$\tau_{а\,в}$ максимальное активное напряжение сдвига от действия собственной массы конструктивных слоев, расположенных выше рассматриваемого уровня, определяют по номограмме рис.3, где $H = h_0 + z$, кгс/см^2;

$C_{гр}$ – расчетное сцепление в грунте или слабосвязном материале основания, кгс/см^2 (принимают по приложению 3);

$\varphi_{гр}$ – расчетный угол внутреннего трения в грунте, град. (принимают по приложению 3);

K_i^{II} – комплексный коэффициент условий работы несущих слоев, равный:

0,65 – для конструкций с несущим слоем основания средней толщиной 15 см из монолитных материалов (тощий бетон, материал и грунты, обработанные вяжущими);

0,55 – для конструкций с искусственным основанием из необработанных зернистых материалов;

$K_ц$ – коэффициент неоднородности материалов (принимают по табл.2).

4.3. При пользовании номограммой рис.2 упругую характеристику определяют по формуле (6) с подстановкой вместо $E_{общ}$ модуля упругости грунта $E_{гр}$ [x].

4.4. Условие оптимальности при назначении толщины несущего слоя основания с учетом того, что в подстилающем грунте может быть допущено перенапряжение не более 5%, можно записать так:

$$0{,}95 \leqslant K_{\tau} \leqslant 1. \qquad (12)$$

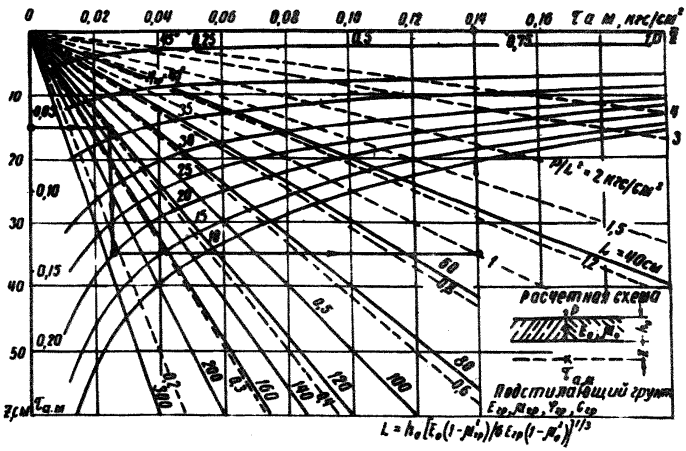


Рис.2. Номограмма для определения активных напряжений сдвига при шарнирном сочленении плит в швах: – – – p/L^2 ; —— L ; $\varphi_{гр}$ – расчетный угол внутреннего трения грунта, град.

---

[x] Железников М.А., Саккаев Ю.Г., Кондрашова Ж.А. Исследование напряженного состояния однородного и двухслойного оснований шарнирно-соединенных плит. – Сб. "Труды Союздорнии", вып. 28. М., 1969.

При определении составляющих K_τ, т.е. предельных и фактических активных напряжений сдвига, в расчетах учитывается показатель жесткости бетонного покрытия l, поэтому можно утверждать, что условие (12) позволяет обосновать всю толщину одежды контейнерного терминала.

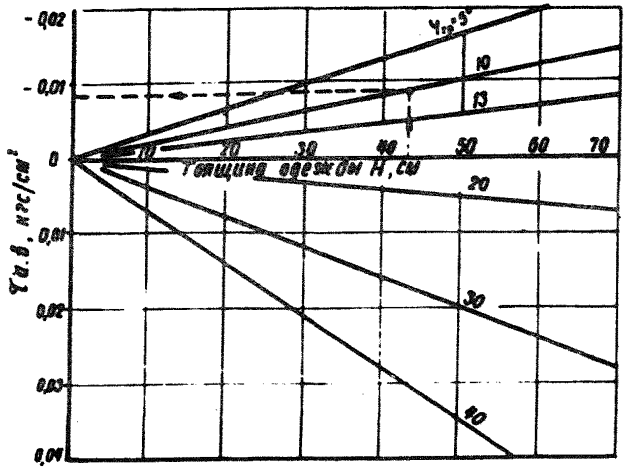


Рис.3. Номограмма для определения напряжений сдвига $\tau_{c.g}$ от собственной массы одежды толщиной $H = h_0 + E$; φ -угол внутреннего трения грунта

4.5. В отдельных случаях (см. п.1.3) при неблагоприятных гидрологических условиях (2-й и особенно 3-й тип местности по условиям увлажнения), когда естественное или искусственно созданное основание сложено из грунтов, склонных к неравномерным деформациям, помимо основания, требуемого по расчету на прочность, необходимо устраивать дополнительное основание из песка и других местных зернистых материалов.

В настоящее время пока не создан строгий метод расчета по последнему условию. Поэтому до разработки такого метода рекомендуется назначать толщину дополнительного слоя основания по ВСН 46-72.

5. Последовательность расчета

5.1. Выбрав участок контейнерного терминала в соответствии с его технологическим назначением (п. 2.9, табл.2), осуществляют расчет конструктивных слоев с обоснованием их параметров:

определяют схему нагрузки и исходные расчетные параметры: P_p, N, E_o, $E_{гр}$, $\varphi_{гр}$, $C_{гр}$, $R^н_{р.и}$;

назначают расчетную схему в виде шарнирно-сочлененных плит;

рассчитывают толщину бетонного покрытия, затем толщину основания;

выясняют необходимость устройства дополнительного слоя основания;

рассматривают возможность вариантного проектирования конструкции покрытия и несущего слоя основания в целях выбора оптимального соотношения толщины.

5.2. Минимальные толщины основания принимают в соответствии с "Нормами технологического проектирования морских портов. Покрытия портовых территорий":

15 см - для оснований из монолитных материалов типа "тощего" бетона;

20 см - для однослойных оснований из неукрепленных слабосвязных зернистых материалов (щебеночных, гравийных).

Устройство несущего слоя основания из необработанного вяжущими песка допускается в порядке исключения на участках с невысокой интенсивностью движения контейнеровозов (складские площадки).

5.3. При получении слишком большой по расчету толщины основания следует несколько увеличить толщину бетонной плиты. Оптимальное решение находят на основе технико-экономического сравнения рассмотренных вариантов.

Таблица 3

Подстилающий грунт	Вид основания	Операционная зона причала, магистральные проезды				Складские площадки			
		Толщина бетонного покрытия, см	Толщина основания, см			Толщина бетонного покрытия, см	Толщина основания, см		
			I	II	Общая		I	II	Общая
Песок мелкий	I[x)]	36	15	–	15	30	15	–	15
	II	36	–	20	20	30	–	20	20
Суглинок пылеватый	I	38	15	15	30	32	15	10	25
	II	38	–	45	45	32	–	35	35

x) I – основание, укрепленное цементом; II – основание из зернистых материалов.

5.4. В соответствии с п.1.8 назначают конструкции швов и расстояние между ними.

5.5. Рекомендуемые конструктивные слои одежды на контейнерном терминале получены расчетом (табл.3). В качестве основной расчетной нагрузки принята нагрузка по схеме КВ-35 с расчетным количеством проходов контейнеровозов до 1000 в операционной зоне причала и до 100 – на складских площадках.

Поверочные расчеты на нагрузку по схеме КВ-70 показали, что указанные конструкции в операционной зоне должны выдержать до 100 проходов фронтальных погрузчиков с контейнерами.

Расчеты выполнены для двух разновидностей подстилающего грунта: песка мелкого ($E_{гр} = 1000$ кгс/см^2, $\varphi_{гр} = 38^\circ$, $C_{гр} = 0{,}05$ кгс/см^2); суглинка пылеватого, (относительная влажность $\frac{W}{W_T} = 0{,}8$, $E_{гр} = 240$ кгс/см^2, $\varphi_{гр} = 13^\circ$, $C_{гр} = 0{,}1$ кгс/см^2) – с использованием бетона марки "400" при сжатии и "50"-при изгибе (модуль упругости $E_0 = 3{,}5 \cdot 10^5$ кгс/см^2).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

О расчетных нагрузках при проектировании покрытий контейнерных терминалов

1. Принятые в настоящих "Методических рекомендациях" расчетные схемы нагрузок КВ-35 и КВ-70 являются некоторыми условными моделями двух разновидностей наиболее тяжелых контейнеровозов.

2. Нагрузка по схеме КВ-35 (нагрузка на ось 35 тс) характеризует некоторый условный контейнеровоз с двумя, в равной мере нагруженными осями. Этой схеме по своим параметрам наиболее соответствуют контейнеровозы итальянской фирмы "Белотти", финской фирмы "Валмет", а также недавно закупленный Советским Союзом в Болгарии контейнеровоз объединения "Балканкар". Указанные контейнеровозы имеют параметры, близкие тем, которые указаны в табл.1 "Методических рекомендаций".

3. Нагрузка по схеме КВ-70 является по своей величине (нагрузка на ось 70 тс) верхним пределом для известных в настоящее время контейнеровозов фронтального и бокового типов. Наиболее близко по своим параметрам к схеме КВ-70 приближается контейнеровоз модели "Гермес -68" английской фирмы "Хенли".

4. В тех случаях, когда в проектируемом районе порта намечено использовать контейнеровозы, которые по своим параметрам существенно отличаются от указанных нормативных, покрытия следует рассчитывать на эти ненормативные нагрузки.

Приложение 2

Расчетные характеристики бетона

1. Бетон, применяемый для устройства покрытий на контейнерных терминалах, должен удовлетворять ГОСТ 8424-72 "Бетон дорожный".

2. Цементобетонное покрытие на контейнерных терминалах следует, как правило, устраивать в один слой с тем, чтобы обеспечивалась монолитность бетона по высоте сечения плиты.

3. Расчетными характеристиками бетона являются предел прочности на растяжение при изгибе $R^{н}_{р.и}$, модуль упругости E_0 (см.таблицу).

$R^{н}_{сж}$, кгс/см^2	$R^{н}_{р.и}$, кгс/см^2	E_0, кгс/см^2
500	55	380000
400	50	350000
350	45	330000

Примечание. $R^{н}_{сж}$ - нормативный предел прочности бетона при сжатии.

4. При вариантном проектировании рекомендуется задаваться той или иной маркой бетона и рассчитывать для каждой марки бетона соответствующую ей толщину цементобетонного покрытия, а также толщину основания, необходимую для данной конструкции покрытия. Окончательное решение находят путем технико-экономического сравнения вариантов равнопрочных конструкций. В распространенных условиях рекомендуется устраивать покрытия из бетона марки "400" при сжатии и "50" - на растяжение при изгибе.

Расчетные характеристики грунтов и материалов

1. В качестве расчетных характеристик подстилающего грунта при назначении размеров покрытия и основания на контейнерных терминалах рекомендуется использовать деформационные (модуль упругости $E_{гр}$, кгс/см^2) и прочностные (сцепление $C_{гр}$, кгс/см^2 и угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$, град.) характеристики, применяемые при проектировании дорожных одежд жесткого ("Предложения по расчету и конструированию цементобетонных покрытий на основаниях различных типов". Союздорнии. М., 1968) и нежесткого (ВСН 46-72) типов.

2. Расчетные значения модулей упругости и сопротивления грунтов при сдвиге ($\varphi_{гр}$ и $C_{гр}$) в зависимости от расчетной относительной влажности $W/W_т$ (представляющей собой отношение расчетной влажности к влажности на границе текучести), приведенные в таблице, взяты из ВСН 46-72.

В таблице не приведены значения расчетных характеристик при значениях относительной влажности выше 0,8, так как для грунтов с такой влажностью требуется по условиям обеспечения морозоустойчивости дополнительное основание значительно большей толщины из песка и других местных зернистых материалов по сравнению с той, которая требуется по расчету на прочность. При такой толщине дополнительного основания (приблизительно 0,5-2м и более) расчетное сечение будет не на контакте с подстилающим грунтом, а на поверхности дополнительного основания с несущим слоем основания. Поэтому при расчетах необходимо знать модуль упругости, сцепление и угол внутреннего трения только для песка или другого слабосвязного материала, подстилающего одежду контейнерного терминала.

Подстилающий грунт	Расчетная характеристика грунта	Значение расчетной характеристики при относительной влажности W/W_T (доли границы текучести)				
		0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
Песок крупный и гравелистый	$E_{гр}$	1300	1300	1300	1300	1300
	$\varphi_{гр}$	43	43	43	43	43
Песок средней крупности	$E_{гр}$	1200	1200	1200	1200	1200
	$\varphi_{гр}$	40	40	40	40	40
Песок мелкий	$E_{гр}$	1000	1000	1000	1000	1000
	$\varphi_{гр}$	38	38	38	38	38
Песок пылеватый	$E_{гр}$	500	500	500	500	500
	$\varphi_{гр}$	36	36	36	36	36
Супесь легкая крупная	$E_{гр}$	600	600	600	600	600
	$\varphi_{гр}$	40	40	40	40	40
Супесь легкая (непылеватая)	$E_{гр}$	450	420	390	370	350
	$\varphi_{гр}$	35	35	34	34	33
	$C_{гр}$	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
Супесь пылеватая, суглинок, глины	$E_{гр}$	600	420	340	280	240
	$\varphi_{гр}$	24	21	18	15	13
	$C_{гр}$	0,32	0,26	0,19	0,15	0,10

Примечания: 1. Величина сцепления $C_{гр}$ в песчаном грунте и легкой крупной супеси зависит от наличия в них цементирующих веществ и принимается равной 0,05–0,08 кгс/см^2.

2. Если в супесчаных и суглинистых грунтах содержатся средние и крупные песчаные фракции, значение $\varphi_{гр}$ может достигать 30° и более и уточняется испытанием образцов.

Статистических данных об относительной влажности для территорий морских портов пока не имеется

(нет соответствующих таблиц или других обобщенных данных). Поэтому до проведения специальных исследований и получения необходимых данных можно рекомендовать определять расчетные влажности в натурных условиях с учетом приложения 2 ВСН 46-72.

Пример расчета конструкции

Требуется определить толщины бетонного покрытия и несущего слоя основания на операционной зоне причала (полоса шириной 50 м от кордона). Подстилающий грунт - мелкий песок с расчетными характеристиками

$E_{гр}$= 1000 кгс/см^2, $\varphi_{гр} = 38^\circ$, $C_{гр} = 0{,}05$ кгс/см^2.

Предусматривается использование контейнеровозов портального (КВ-35) и фронтального (КВ-70) типов. Интенсивность движения контейнеровозов КВ-35 на расчетную полосу - до 1000 проходов в сутки (K_u =1,), а контейнеровозов КВ-70 - до 100 проходов в сутки на расчетную полосу (K_u = 1,5). Покрытие устраивают из бетона марки "400", расчетный модуль упругости которого $E_0 = 3{,}5 \cdot 10^5$ кгс/см^2.

В продольных швах предусматриваются штыри, что дает возможность использовать расчетную схему с шарнирным сочленением. Расчеты ведут в такой последовательности. Сначала рассчитывают конструкцию применительно к нагрузке по схеме КВ-35, а затем ее проверяют на нагрузку по схеме КВ-70.

Расчеты на нагрузку КВ-35

1. Толщину бетонного покрытия определяют по условию

$$0{,}95 < K_м < 1$$

Чтобы воспользоваться этим условием, выполняют следующее.

Устанавливают расчетную нагрузку от колеса для контейнеровоза КВ-35 (согласно п.2.10):

$P_p = K_g \cdot n_p \cdot p = 1{,}15 \cdot 1 \cdot 17500 = 20100$ кгс.

Выбирают два вида основания и задаются его предварительными толщинами:

$h_1^{зер} = 20$ см – из щебеночной смеси (рядового щебня) при модуле упругости материала в слое $E_1^{зер} = 2500$ кгс/см^2;

$h_1^{укр} = 15$ см – из щебня, укрепленного 6% портландцемента, при модуле упругости материала в слое $E_1^{упр} = 5000$ кгс/см^2.

Расчетные модули упругости назначают по ВСН 46-72.

Для каждого типа основания определяют соответствующий общий модуль упругости на поверхности основания, согласно п.3.4 настоящих "Методических рекомендаций" и ВСН 46-72.

Основание из рядового щебня

$$\frac{h_1^{зер}}{D} = \frac{20}{50} = 0{,}4; \quad \frac{E_2}{E_1} = \frac{1000}{2500} = 0{,}4.$$

С помощью номограммы рис.4 ВСН 46-72 для полученных $\frac{h_1}{D}$ и $\frac{E_2}{E_1}$ находят $\frac{E_{общ}^{зер}}{E_1} = 0{,}52$. Отсюда $E_{общ} = 0{,}52 \cdot E_1 = 0{,}52 \cdot 2500 = 1300$ кгс/см^2.

Основание из щебня, укрепленного цементом

$$\frac{h_1^{упр}}{D} = \frac{15}{50} = 0{,}3; \quad \frac{E_2}{E_1} = \frac{1000}{5000} = 0{,}2.$$

С помощью номограммы рис.4 ВСН 46-72 получают $\frac{E_{общ}^{укр}}{E_1} = 0{,}28$. Отсюда $E_{общ}^{укр} = 0{,}28 \cdot 5000 = 1400$ кгс/см^2.

Задаются предварительной толщиной бетонного покрытия h_0 = 36 см и вычисляют упругую характеристику плиты $l_{общ}$ для двух типов основания:

$$l_{общ}^{зер} = h_0 \sqrt[3]{\frac{E_0}{6E_{общ}^{зер}}} = 36\sqrt[3]{\frac{3,5\cdot 10^5}{6\cdot 1300}} = 128 \text{ см};$$

$$l_{общ}^{укр} = h_0 \sqrt[3]{\frac{E_0}{6E_{общ}^{укр}}} = 36\sqrt[3]{\frac{3,5\cdot 10^5}{6\cdot 1400}} = 125 \text{ см}.$$

Так как различие в значениях упругих характеристик очень незначительное (около 2%), а они определяют общую жесткость системы (покрытие + основание + + подстилающий грунт), то дальнейшие расчеты ведут применительно к более неблагоприятному случаю, когда основание устроено из рядового щебня (общий модуль упругости по подошве плиты меньше).

Вычисляют относительный радиус площади загружения:

$$\frac{R}{l} = \frac{25}{128} = 0,195.$$

По номограмме рис.1 настоящих "Методических рекомендаций" определяют безразмерный изгибающий момент в расчетном сечении бетонной плиты, который действует в направлении, параллельном шарниру. Само сечение находится под центром нагрузки, распределенной по площади круга, и проходит под прямым углом к шарнирному краю.

Получают по этой номограмме $\bar{M}$ = 0,295.

Вычисляют расчетный изгибающий момент:

$$M_p = \beta P_p \cdot \bar{M} = 1 \cdot 20100 \cdot 0,295 = 5930 \text{ кгс}\cdot\text{см}.$$

Определяют предельный изгибающий момент:

$$M_{пр} = K_н \cdot R^I R''_{рн} W = 1 \cdot 0,55 \cdot 50 \frac{1\cdot 36^2}{6} = 5950 \text{ кгс}\cdot\text{см}.$$

Определяют коэффициент надежности бетонного покрытия:

$$K_M = \frac{M_{пр}}{M_р} = \frac{5950}{5940} \approx 1.$$

2. Толщину несущего слоя основания определяют из условия

$$0{,}95 \leqslant K_\tau \leqslant 1$$

K_τ представляет собой отношение предельного активного напряжения сдвига $\tau_{пр}$ к максимальному активному напряжению сдвига от временной нагрузки $\tau_{а.м.}$

Активное напряжение сдвига $\tau_{а.м}$ определяют следующим образом.

Вычисляют упругую характеристику плиты (см.л.43):

$$L_{гр} = h_0 \sqrt[3]{\frac{E_0}{6\,E_{гр}}} = 36 \sqrt[3]{\frac{3{,}5 \cdot 10^5}{6 \cdot 1000}} = 140\text{ см}.$$

Находят параметр

$$\frac{p}{L^2_{гр}} = \frac{20100}{140^2} = 1{,}03\text{ кгс/см}^2.$$

По номограмме рис.2 настоящих "Методических рекомендаций" определяют максимальное активное напряжение сдвига $\tau_{а.м}$ соответственно на глубине 15 см при основании из монолитного материала и на глубине 20 см из зернистого материала:

$$\left[\tau^{укр}_{а.м}\right]_{Z\,=\,15\text{ см}} = 0{,}05\ \text{кгс/см}^2;$$

$$\left[\tau^{зер}_{а.м}\right]_{Z\,=\,20\text{ см}} = 0{,}046\text{ кгс/см}^2.$$

По номограмме рис.3 настоящих "Методических рекомендаций" определяют активное напряжение сдвига от собственной массы конструкции при толщине одежды

$$H_{укр.} = 36 + 15 = 51\text{ см};$$

$$H_{зер.} = 36 + 20 = 56\text{ см};$$

$$\left[\tau_{a.в}\right]_{H=51\text{ см}} = 0{,}035\ \text{кгс/см}^2;$$

$$\left[\tau_{a.в}\right]_{H=56\text{ см}} = 0{,}038\ \text{кгс/см}^2.$$

Определяют предельные активные напряжения сдвига по формуле (11) п.4.2 соответственно для двух типов оснований:

$$\tau_{пр}^{укр} = K_{ц} K_1^{II} C_{гр} + \left[\tau_{aв}\right]_{H=51\text{ см}} =$$

$$= 1 \cdot 0{,}65 \cdot 0{,}05 + 0{,}035 = 0{,}067\ \text{кгс/см}^2;$$

$$\tau_{пр}^{зер} = K_{ц} K_2^{II} C_{гр} + \left[\tau_{aв}\right]_{H=56\text{ см}} =$$

$$= 1 \cdot 0{,}55 \cdot 0{,}05 + 0{,}038 = 0{,}065\ \text{кгс/см}^2.$$

Соответствующие коэффициенты надежности для рассматриваемых оснований имеют значения

$$K_{\tau}^{укр} = \frac{\tau_{пр}^{укр}}{\tau_{a.м}^{укр}} = \frac{0{,}067}{0{,}050} = 1{,}34;$$

$$K_{\tau}^{зер} = \frac{\tau_{пр}^{зер}}{\tau_{a.м}^{зер}} = \frac{0{,}065}{0{,}046} = 1{,}41.$$

Хотя получены большие запасы надежности по прочности основания, но меньше принятой толщины основание не следует устраивать. Кроме того, необходимо проверить, будут ли полученные конструкции работать при нагрузках по схеме КВ-70.

Расчет на нагрузку КВ-70

3. Проверка толщины бетонного покрытия

Как и в предыдущем случае (по схеме КВ-35) расчет должен удовлетворять условию

$$0{,}95 \leq K_M \leq 1$$

Для этого определяют расчетную нагрузку от колеса контейнеровоза КВ-70 в операционной зоне причала:

$$P_p = K_g \cdot n_p \cdot P = 1 \cdot 1 \cdot 35000 = 35000 \text{ кгс}.$$

Для этой нагрузки диаметр следа колеса $D = 70$ см (см.табл.1). Определяют общий модуль упругости на поверхности несущего слоя основания соответственно для двух рассмотренных выше типов (он зависит от диаметра площади нагружения).

Основание из рядового щебня

$$\frac{h_1^{зер}}{D} = \frac{20}{70} = 0{,}29; \qquad \frac{E_2}{E_1} = \frac{1000}{2500} = 0{,}4.$$

По номограмме рис.4 ВСН 46-72 находят

$$\frac{E_{общ}^{зер}}{E_1} = 0{,}49; \quad E_{общ}^{зер} = 0{,}49 \cdot E_1 = 0{,}49 \cdot 2500 = 1220 \text{ кгс/см}^2.$$

Основание из щебня, укрепленного цементом

$$\frac{h_1^{укр}}{D} = \frac{15}{70} = 0{,}215; \qquad \frac{E_2}{E_1} = \frac{1000}{5000} = 0{,}2.$$

С помощью номограммы рис.4 ВСН 46-72 получают $\frac{E_{общ}^{укр}}{E_1} = 0{,}25$. Отсюда $E_{общ}^{укр} = 0{,}25 \cdot E_1 = 0{,}25 \cdot 5000 = 1250 \text{ кгс/см}^2$.

Задаемся предварительной толщиной бетонного покрытия, приняв ее, как и в предыдущем расчете, равной 36 см:

$$L_{общ}^{зер} = h_o \sqrt[3]{\frac{E_o}{6\, E_{общ}^{зер}}} = 36 \sqrt[3]{\frac{3{,}5 \cdot 10^5}{6 \cdot 1220}} = 131 \text{ см};$$

$$L_{общ}^{укр} = h_o \sqrt[3]{\frac{E_o}{6E_{общ}^{укр}}} = 36\sqrt[3]{\frac{3,5\cdot10^5}{6\cdot1250}} = 129\text{ см}.$$

Принимают среднее значение ввиду близости упругих характеристик

$$L_{общ} = 130\text{ см}.$$

Близость упругих характеристик указывает на то, что по жесткости рассматриваемые варианты конструкций практически одинаковы. Расчет же должен показать, будут ли они равнопрочными. Относительный радиус площади загружения

$$\frac{R}{L} = \frac{35}{130} = 0,27.$$

Отсюда по номограмме рис.1 настоящих "Методических рекомендаций" $\bar{M} = 0,255$. Вычисляют расчетный изгибающий момент

$$M_p = \delta P_p \bar{M} = 1 \cdot 35000 \cdot 0,255 = 8920\text{ кгс}\cdot\text{см}.$$

Предельный изгибающий момент, при $K_u = 1,5$ ($N \leq 100$),

$$M_{пр} = K_u K' \cdot R''_{ри} W = 1,5 \cdot 0,55 \cdot 50\ \frac{1\cdot36^2}{6} = 8900\text{ кгс}\cdot\text{см}.$$

Определяем $K_u = \frac{M_{пр}}{M_p} = \frac{8900}{8920} = 0,998$.

Следовательно, прочность плиты обеспечена.

4. Проверка толщины несущего слоя основания

Определяют упругую характеристику плиты

$$L_{гр} = h_o \sqrt[3]{\frac{E_o}{6E_{гр}}} = 36\sqrt[3]{\frac{3,5\cdot10^5}{6\cdot1000}} = 140\text{ см}.$$

Находят параметр

$$\frac{P}{l^2_{гр}} = \frac{35000}{140^2} = 1{,}79 \text{ кгс/см}^2.$$

Определяют по номограмме рис. 2 настоящих "Методических рекомендаций"

$$\left[\tau^{упр}_{а.м}\right]_{z = 15 \text{ см}} = 0{,}085 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\left[\tau^{зер}_{а.м}\right]_{z = 20 \text{ см}} = 0{,}08 \text{ кгс/см}^2.$$

Активные напряжения, вызванные собственной массой конструкции, были получены выше:

$$\left[\tau_{а.в}\right]_{H = 51 \text{ см}} = 0{,}035 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\left[\tau_{а.в}\right]_{H = 56 \text{ см}} = 0{,}038 \text{ кгс/см}^2.$$

Вычисляют предельные активные напряжения соответственно для двух типов оснований:

$$\tau^{укр}_{пр} = K_ц K_1^{II} C_{гр}\left[\tau_{а.в}\right]_{H = 51 \text{ см}} =$$
$$= 1{,}5 \cdot 0{,}65 \cdot 0{,}05 + 0{,}035 = 0{,}084 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\tau^{зер}_{пр} = K_ц K_2^{II} C_{гр} + \left[\tau_{а.в}\right]_{H = 56 \text{ см}} =$$
$$= 1{,}5 \cdot 0{,}55 \cdot 0{,}05 + 0{,}038 = 0{,}079 \text{ кгс/см}^2.$$

Коэффициент надежности при устройстве основания из укрепленного пементом щебня

$$K_\tau = \frac{\tau^{укр}_{пр}}{\tau^{укр}_{а.м}} = \frac{0{,}084}{0{,}085} = 0{,}99.$$

Коэффициент надежности при основании из рядового щебня

$$K_\tau = \frac{\tau_{пр}^{зер}}{\tau_{а.м}^{зер}} = \frac{0{,}079}{0{,}080} = 0{,}99.$$

В обоих случаях условие (12) удовлетворяется, так как

$$0{,}95 < 0{,}99 < 1$$

Следовательно, и при нагрузке КВ-70 прочность основания обеспечивается.

Оглавление

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие положения	4
2. Принципы конструирования и расчета одежды контейнерного терминала	6
3. Методика расчета бетонного покрытия	10
4. Методика расчета конструктивных слоев основания	13
5. Последовательность расчета	17
Приложения:	
1. О расчетных нагрузках при проектировании покрытий контейнерных терминалов	22
2. Расчетные характеристики бетона	23
3. Расчетные характеристики грунтов и материалов	24
4. Пример расчета конструкции	27

Ответственный за выпуск

инж. В.Е.Губанов

Редактор О.А.Ильина
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор И.А.Рубцова

Подписано к печати 17/1 1977г. Формат 60x84/16
Л 114227
Заказ 60-7 Тираж 400 1,5 уч.-изд.л. 2,2 печ.л. Цена 22коп.

Ротапринт Союздорнии

gost.e-ecolog.ru