

МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА РСФСР

ИНСТРУКЦИЯ
ПО РАСЧЕТУ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ
ОДЕЖД ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ
ТЯЖЕЛОВОЗНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ
СРЕДСТВ

ВСН 543-87
Минавтотранс РСФСР

МОСКВА 1987

Инструкция по расчету нежестких дорожных одежд для специализированных тяжеловозных автотранспортных средств ВСН 543-

РАЗРАБОТАНА Союзпромтранснипроектом Госстроя СССР (канд. техн. наук А.Г. Колчанов - руководитель темы, А.Е. Евтеев, А.Ю. Заньков), Киевским автомобильно-дорожным институтом Минвуза УССР (д-р техн. наук Б.С. Радовский), Госдорнри Миндорстроя УССР (канд. техн. наук А.С. Супрун) с участием ПКБ с/о "Спецтяжавтотранс" Минавтотранса РСФСР (канд. техн. наук А.С. Диамидов, М.В. Пахомов).

ВНЕСЕНА И ПОДГОТОВЛЕНА К УТВЕРЖДЕНИЮ Союзпромтранснипроектом Госстроя СССР и ПКБ с/о "Спецтяжавтотранс" Минавтотранса РСФСР.

СОГЛАСОВАНА Минавтодором РСФСР (А.И. Климович)

Инструкция содержит указания по проектированию дорожных одежд как для разовых, так и для регулярных перевозок (например, на внутриводских дорогах) крупногабаритных и тяжеловесных грузов, а также по оценке возможности проезда по существующим дорогам.

Основой для разработки документа послужили положения "Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа" ВСН 46-83, развитые и дополненные авторами с учетом специфики движения специализированных тяжеловозных автотранспортных средств. В настоящей инструкции были также использованы материалы исследований, выполненных Гипророднри Минавтодора РСФСР (канд. техн. наук В.К. Апестин, канд. техн. наук А.В. Руденский).

Инструкция предназначена для работников проектных подразделений минавтодоров и минавтотрансов союзных республик, проектных подразделений министерств и ведомств, осуществляющих перевозки крупногабаритного тяжеловесного оборудования.

МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА
РСФСР

Согласована
Минавтодором РСФСР
5 января 1987 г.

Утверждена
Минавтотрансом РСФСР
14 июля 1987 г.
№ ВЕ-14/1019

ИНСТРУКЦИЯ

ПО РАСЧЕТУ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ
ОДЕЖД ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ
ТЯЖЕЛОВОЗНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ
СРЕДСТВ

ВСН 543-87

Минавтотранс РСФСР

Вводится впервые

Срок действия
с 14.7.87 г.

МОСКВА 1987

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения.....	3
2. Расчетные параметры.....	5
3. Расчетные характеристики грунтов и материалов дорожной одежды.....	16
4. Расчет дорожных одежд на прочность.....	39
4.1. Расчет дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу.....	39
4.2. Расчет дорожных одежд по сдвигу в грунте и слабо- связанных материалах.....	39
4.3. Расчет дорожных одежд по растягивающим напряжениям при изгибе верхних монолит- ных слоев.....	45
5. Проектирование усиления одежд на существующих дорогах.....	48
Приложение I. Примеры расчета дорожных одежд.....	50
Приложение 2. Значения основных расчетных параметров для специализиро- ванных тяжеловозных авто- транспортных средств и авто- мобилей общего назначения.....	64
Приложение 3. Схемы расположения колес специализированных тяжело- возных автотранспортных средств.....	101

Подп. к печ. 27.07.87 Формат 60x84/16 Печать офсетная
Усл. печ. л. 6,74 Усл.-кр. отт. 3892 Уч.-изд. л. 6,5
Тираж 540 экз. Изд. № 306 Цена 1р.30к. Заказ 323

Ротапринт ЦБИТИ Минавтотранса РСФСР: 123514,
Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24

Министерство автомо-
бильного транспорта
РСФСР (Минавтотранс
РСФСР)

Ведомственные
строительные нормы

ВСН 543-87

Минавтотранс РСФСР

Инструкция по расчету
неклестичных дорожных
одежд для специализи-
рованных тяжеловозных
автотранспортных
средств

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая инструкция содержит указания по проектированию и оценке прочности одежд существующих автомобильных дорог при воздействии на них специализированных тяжеловозных автотранспортных средств (СТАС).

1.2. К специализированным тяжеловозным автотранспортным средствам относятся: многоосные многоколесные автотранспортные средства самоходного и прицепного типа, предназначенные для перевозки тяжеловесного и крупногабаритного оборудования, а также заводской автотранспорт для перевозки жидких шлаков, слябов и других технологических грузов.

1.3. Толщину дорожной одежды и ее отдельных конструктивных слоев следует определять расчетом в соответствии с ожидаемыми интенсивностью и составом движения, расчетными характеристиками грунта земляного полотна и материалов слоев дорожной одежды.

Задачей расчета дорожных одежд на прочность является определение оптимальных толщин слоев дорожной конструкции с заданными деформативными и прочностными характеристиками.

Внесена Союзпром-
транснипроектом
Госстроя СССР и
ПКБ с/о "Спецтяж-
автотранс" Мин-
автотранса РСФСР

Утверждена
распоряжением
Министерства автомобиль-
ного транспорта РСФСР
от 14 июля 1987 г.

Срок
введения в
действие
с 14 июля 1987 г.

I.4. Дорожные одежды в общем случае следует рассчитывать по трем критериям: сопротивление сдвигу в грунтах и слоях из слабосвязных материалов; сопротивление растяжению при изгибе монолитных слоев; сопротивление упругому прогибу всей конструкции.

Одежды с покрытиями переходного типа - щебеночными, гравийными и из других прочных минеральных материалов, а также из грунтов и малопрочных каменных материалов, обработанных вяжущими, мостовые из булыжного и золотого камня следует рассчитывать только по двум критериям - сдвигу в грунте и упругому прогибу при соответствующем уровне надежности (см. табл. I.2).

На сдвиг рассчитываются малосвязные материалы в конструктивных слоях дорожных одежд (песок, гравий, материалы и грунты, укрепленные органическими вяжущими).

На растяжение при изгибе рассчитываются монолитные слои из асфальтобетона, дегтебетона, а также из материалов и грунтов, укрепленных комплексными и неорганическими вяжущими.

I.5. При проектировании дорожных одежд для регулярного движения СТАС расчет производят по трем критериям, для разовых проездов - по критерию сдвигостойчивости в грунтах земполотна. При проверке прочности дорожной конструкции в случае разовых проездов СТАС по существующим автодорогам расчет производят по критерию сдвигостойчивости в грунтах и слабосвязных материалах, а также растяжению при изгибе в монолитных слоях.

I.6. При назначении конструкций дорожных одежд необходимо приять во внимание, что наименьшая толщина слоев должна соответствовать значениям, указанным в таблице I.1 (в сантиметрах).

Таблица I.1.

асфальтобетон (дегтебетон) крупнозернистый.....	6-7
то же, мелкозернистый.....	3-5
то же, песчаный.....	3-4
то же, холодный.....	3
щебеночные (гравийные) материалы, обработанные органическими вяжущими.....	8
щебень, обработанный по способу пропитки.....	8
щебеночные и гравийные материалы, не обработанные вяжущими, на песчаном или грунтовом основании.....	15
то же на прочном основании (каменном или из укрепленного грунта).....	8

трунты и малопрочные каменные материалы, обработанные органическими, комплексными или неорганическими вяжущими..... 10

трунт повышенной прочности (для разовых перевозок по вновь проектируемым дорогам толщина может отличаться от указанной)..... 50

I.7 Конструкция дорожной одежды считается прочной, если коэффициент прочности по каждому из критериев больше или равен значению $K_{\text{пр}}$, найденному с учетом требуемого уровня надежности K_H проектируемой одежды (см. табл. I.2).

Таблица I.2.

Тип одежды и покрытия	K_H	$K_{\text{пр}}$
Дорожные одежды капитального типа	0,95	1,0
Одежды облегченного типа	0,90	0,94
Переходные дорожные одежды	0,60	0,63

Примечание. В случае движения СТАС по существующим автомобильным дорогам значение $K_{\text{пр}}$ принимается по таблице I.2 в зависимости от типа покрытия. При проектировании автодорог, предназначенных только для разовых проездов СТАС, принимается значение $K_{\text{пр}} = 0,50$.

I.8. Если проектируемая дорога предусмотрена для постоянной эксплуатации, общая толщина конструктивных слоев дорожной одежды должна быть рассчитана на морозоустойчивость и осушение. Этот расчет, а также конструирование дорожных одежд и земляного полотна должны осуществляться в соответствии с ВСН 46-83.

2. РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СТАС

При расчете дорожных одежд значения параметров расчетной нагрузки определяют в следующей последовательности:

2.1. Вычисляют эквивалентную колесную нагрузку Q_i^3 для каждой оси автотранспортного средства. В качестве величины эквивалентной нагрузки принимается нагрузка на одиночное колесо, вызывающая в дорожной одежде такой же уровень напряженно-деформированного состояния, который наблюдается при одновременном воздействии на дорожную одежду рассматриваемой группы колес транспортного средства. Величину Q_i^3 определяют по формуле:

$$Q_i^3 = Q_i \cdot K_D (\sum q_i + 1) (\sum q_j + 1), \quad (2.1)$$

где $Q_{\text{в}}$ - нагрузка на рассматриваемое колесо транспортного средства, кН;

K_d - коэффициент динамичности приложения нагрузки, принимаемый равным 1,1;

Σq - сумма коэффициентов, характеризующих влияние колес впереди (q^+) и позади (q^-) идущих осей на напряженно-деформированное состояние под рассматриваемым колесом транспортного средства;

Σq - сумма коэффициентов, характеризующих влияние других колес рассматриваемой оси.

Коэффициенты q^+ , q^- и q определяются по nomogrammам на рис. 2.1 - 2.3 в зависимости от отношений $E_{\text{ср}}/E_{\text{гр}}$, H/D и τ/D , где $E_{\text{ср}}$ - средневзвешенный модуль упругости дорожной одежды, определяемый по формуле:

$$E_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (2.2)$$

где n - число слоев дорожной одежды;

E_i - модуль упругости i -го слоя МПа;

h_i - толщина i -го слоя, см;

$E_{\text{гр}}$ - модуль упругости грунта земляного полотна, принимаемый по табл. 3.2, 3.6 в зависимости от расчетной влажности грунта или по результатам полевых испытаний (в случае разовых проездов), МПа;

H - суммарная толщина слоев дорожной одежды, см;

$D_{\text{в}}$ - диаметр отпечатка движущегося колеса, определяемый по формуле, см:

$$D_{\text{в}} = \sqrt{\frac{40 \cdot K_d \cdot Q_{\text{в}}}{\pi \cdot p}}; \quad (2.3)$$

p - давление воздуха в пневматиках колес транспортного средства, МПа;

τ - расстояние от расчетного сечения до рассматриваемых точек, см.

Порядок определения коэффициентов q^+ , q^- и q показан на nomogramмах (рис. 2.1-2.3) пунктиром; при $\tau/D < 1$ коэффициенты влияния следует определять интерполяцией (при $\tau/D=0$ эти коэффициенты принять равными 1).

Значения эквивалентных осевых нагрузок Q_i^3 для различных транспортных средств приведены в таблице I приложения 2.

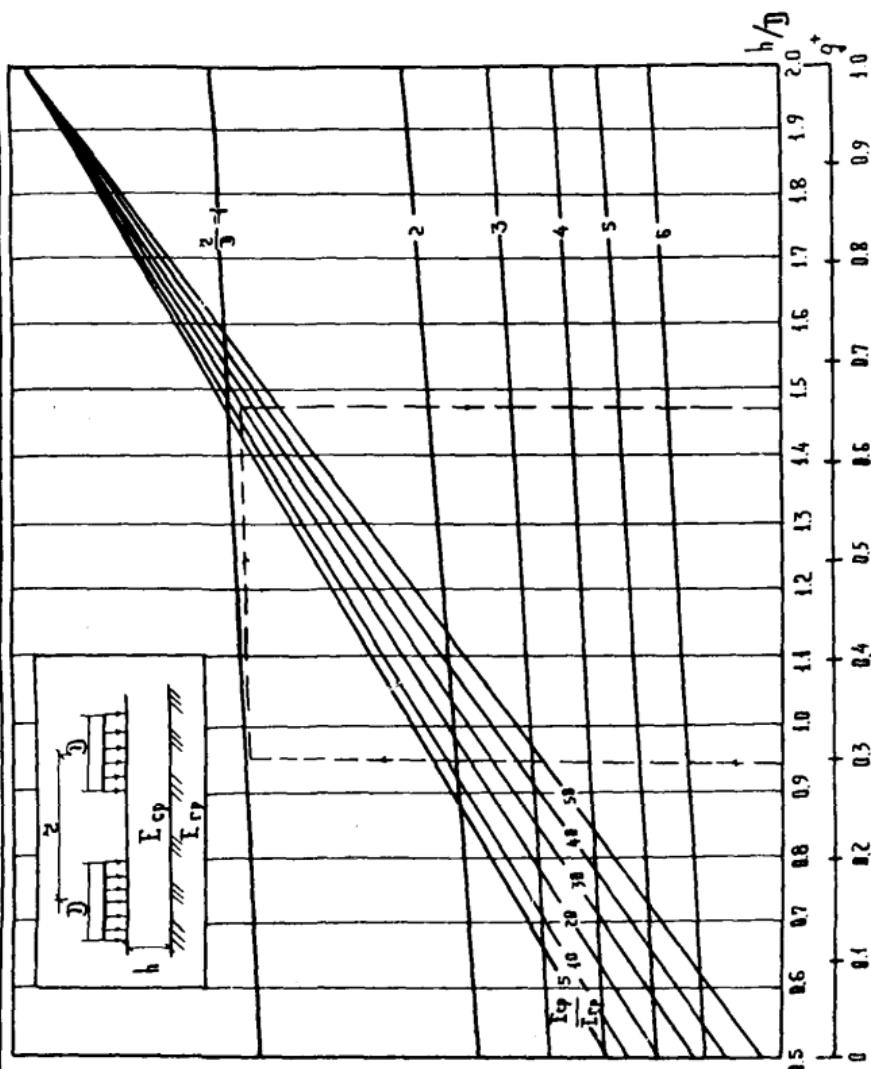


Рис. 21. Номограмма для определения коэффициентов влияния (передвижка колеса).

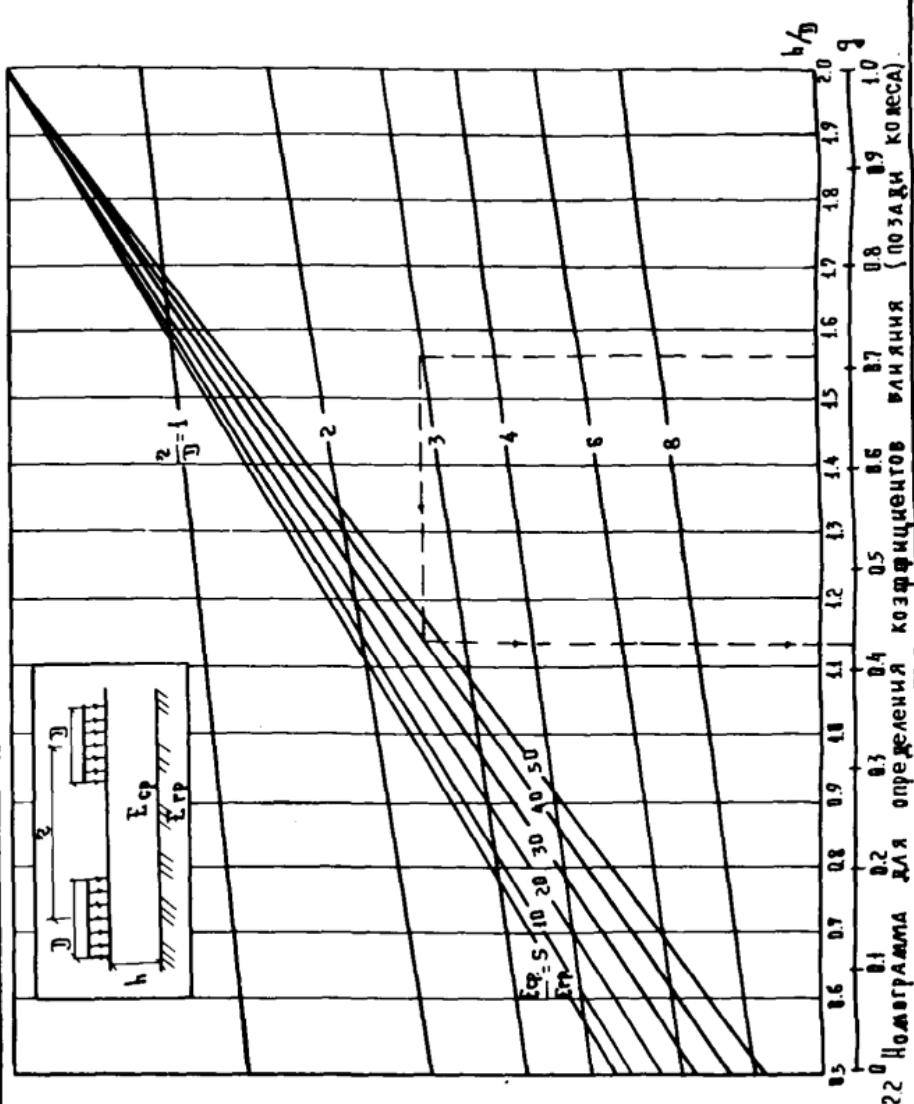


Рис. 2.2. Номограмма для определения коэффициента влажности (показаны коэффициенты)

9

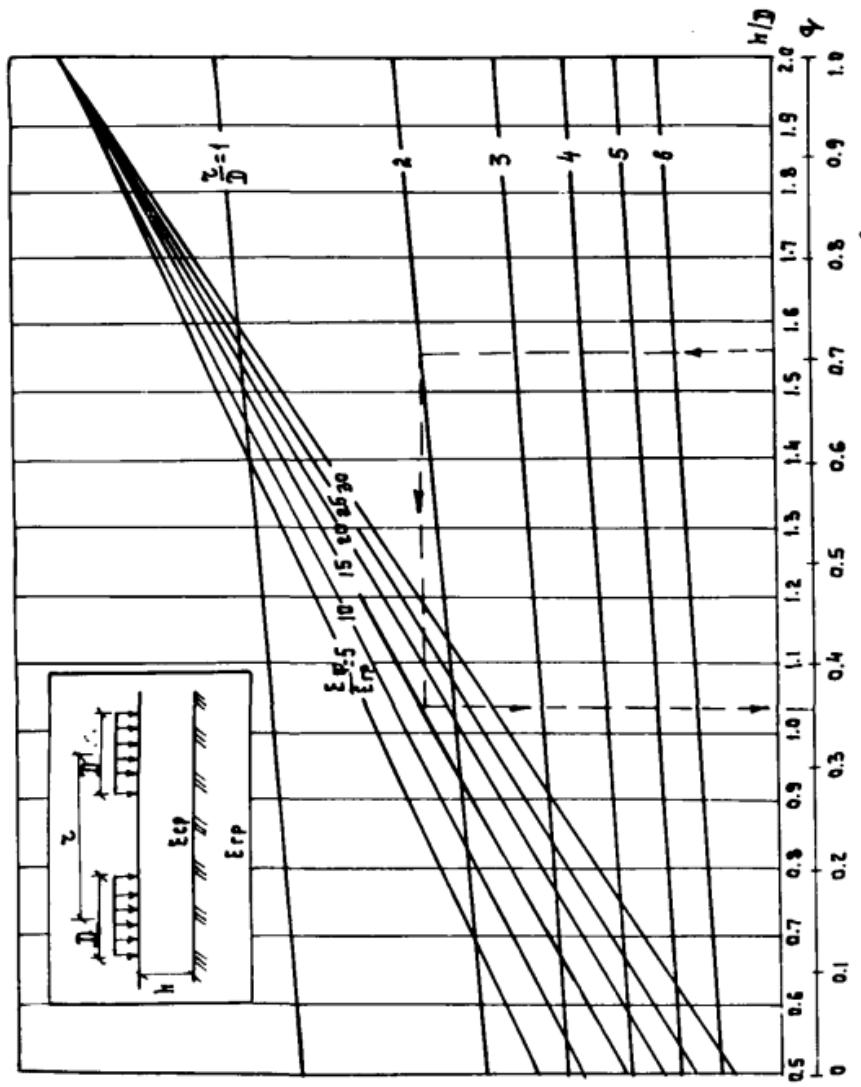


Рис. 2.3. Номограмма для определения коэффициента влияния β поперечном направлении.

2.2. Определяют расчетные нагрузки.

2.2.1. Для регулярного движения: при наибольшей колесной нагрузке $Q_{\max}^k \leq 65 \text{ кН}$ за расчетную нагрузку принимается нагрузка группы А ($Q_p = 65 \text{ кН}$, $D_p = 37 \text{ см}$; $p = 0,6 \text{ МПа}$). Приведение эквивалентных осевых нагрузок к группе А осуществляется в зависимости от толщины дорожной одежды H и отношения H/D_i по графику на рис. 2.4 (для давления в пневматиках колес $p = 0,7 \text{ МПа}$); эквивалентный диаметр отпечатка определяется по формуле:

$$D_i^3 = \sqrt{\frac{40 \cdot Q_i^3}{\pi \cdot p}} \quad (2.4)$$

В случае, если величина давления отличается от $0,7 \text{ МПа}$, значение коэффициента приведения S_i следует умножить на поправочный коэффициент K , определяемый по графику на рис. 2.6.

При наибольшей колесной нагрузке $Q_{\max}^k > 65 \text{ кН}$ в качестве расчетной принимается нагрузка $Q_p = 227 \text{ кН}$ с расчетным диаметром отпечатка $D_p = 66 \text{ см}$ и удельным давлением на покрытие $p = 0,55 \text{ МПа}$. Приведение эквивалентных осевых нагрузок к расчетной в этом случае осуществляется по графику на рис. 2.5 (для давления в пневматиках $p = 1,0 \text{ МПа}$). Значения поправочных коэффициентов определяются по графику на рис. 2.6.

2.2.2. Для разового проезда СТАС по проектируемой дороге за расчетную принимается наибольшая эквивалентная осевая нагрузка Q_{\max}^3 .

2.2.3. Для разового проезда СТАС по существующей дороге при расчете на сдвигостойчивость за расчетную нагрузку принимается наибольшая эквивалентная осевая нагрузка Q_{\max}^3 .

При расчете на растяжение при изгибе монолитных слоев за расчетную нагрузку принимается наибольшая нагрузка на колесо Q_{\max}^k (в случае спаренных колес принимается нагрузка на спаренное колесо).

2.3. Вычисляют приведенную интенсивность движения.

2.3.1. Для регулярного движения СТАС и автомобилей других марок приведенная интенсивность движения определяется по формуле:

$$N_p = f_{\text{нек}} \left(\sum_i N_i \cdot S_i + \sum_j N_j \cdot S_j \right), \quad (2.5)$$

где $f_{\text{нек}}$ - коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним (для проездов части с одной полосой движения $f_{\text{нек}} = 1,0$, с двумя полосами движения -

$f_{\text{нек}} = 0,55$, с тремя полосами движения $f_{\text{нек}} = 0,50$);

N_i - количество проездов в сутки - в обоих направлениях каждой

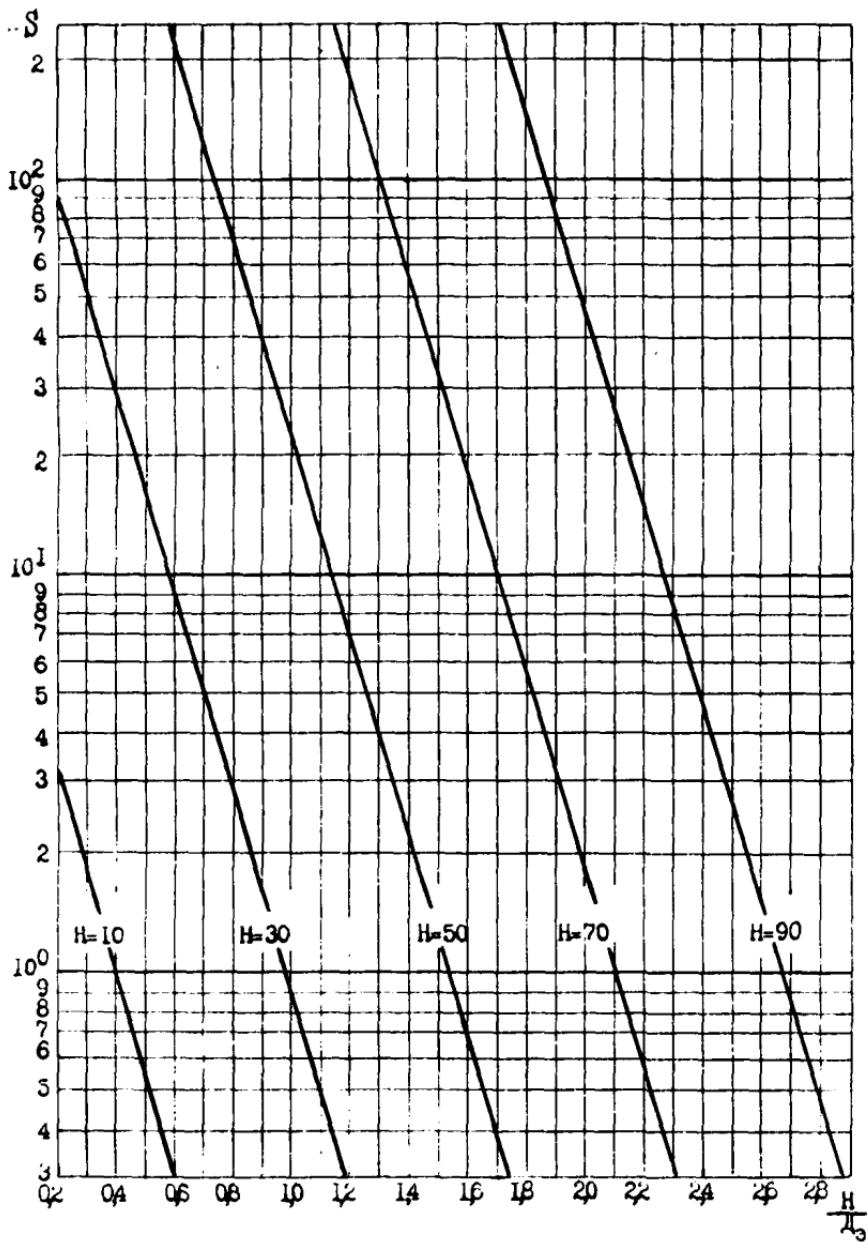


Рис.2.4.1 График для определения коэффициентов приведения $C_{1nс}$ с давлением в пневматиках $p=0,7$ Мпа к расчетной нагрузке группы n .

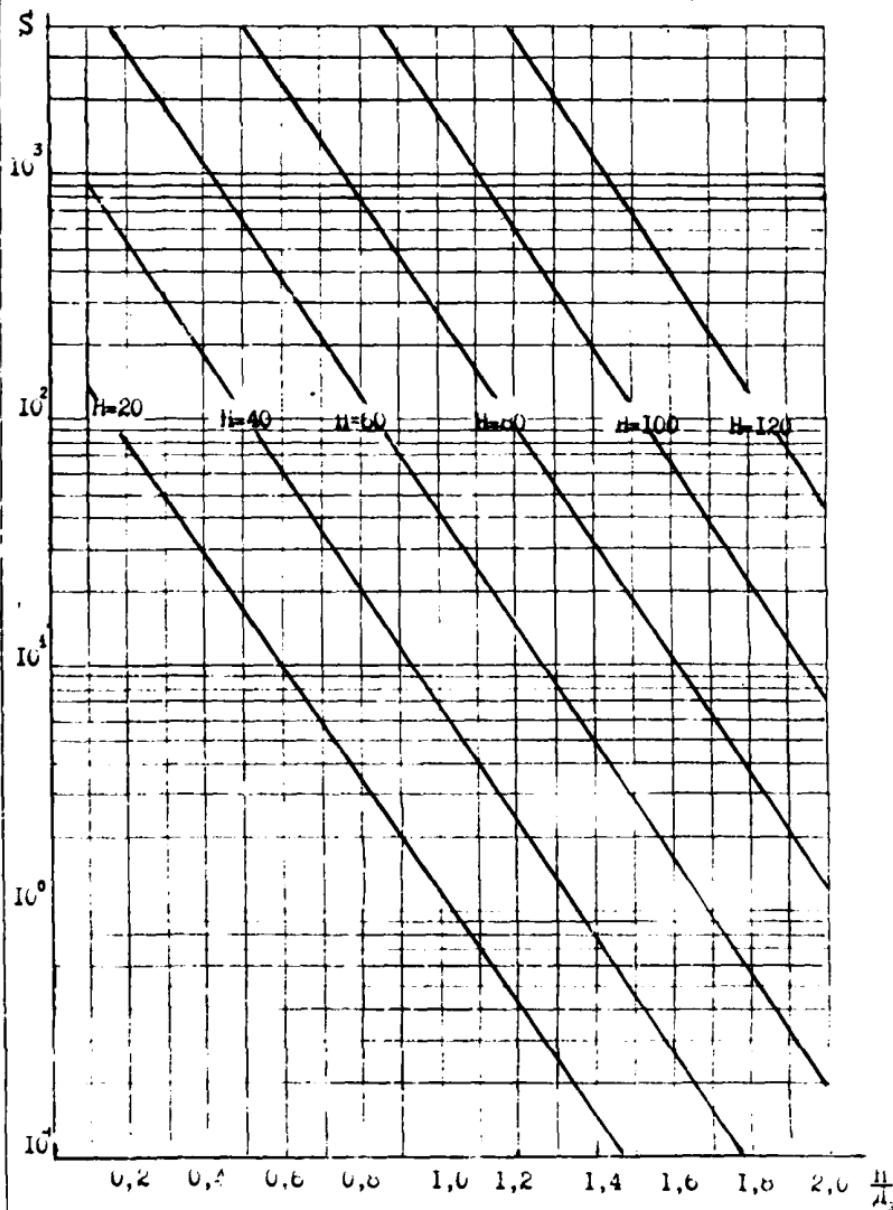


Рис.25. График для определения коэффициентов приведения С_{1АС} с давлением в гидравлике $p=1,0$ М.а к расчетной нагрузке $Q_p=227$ кн.

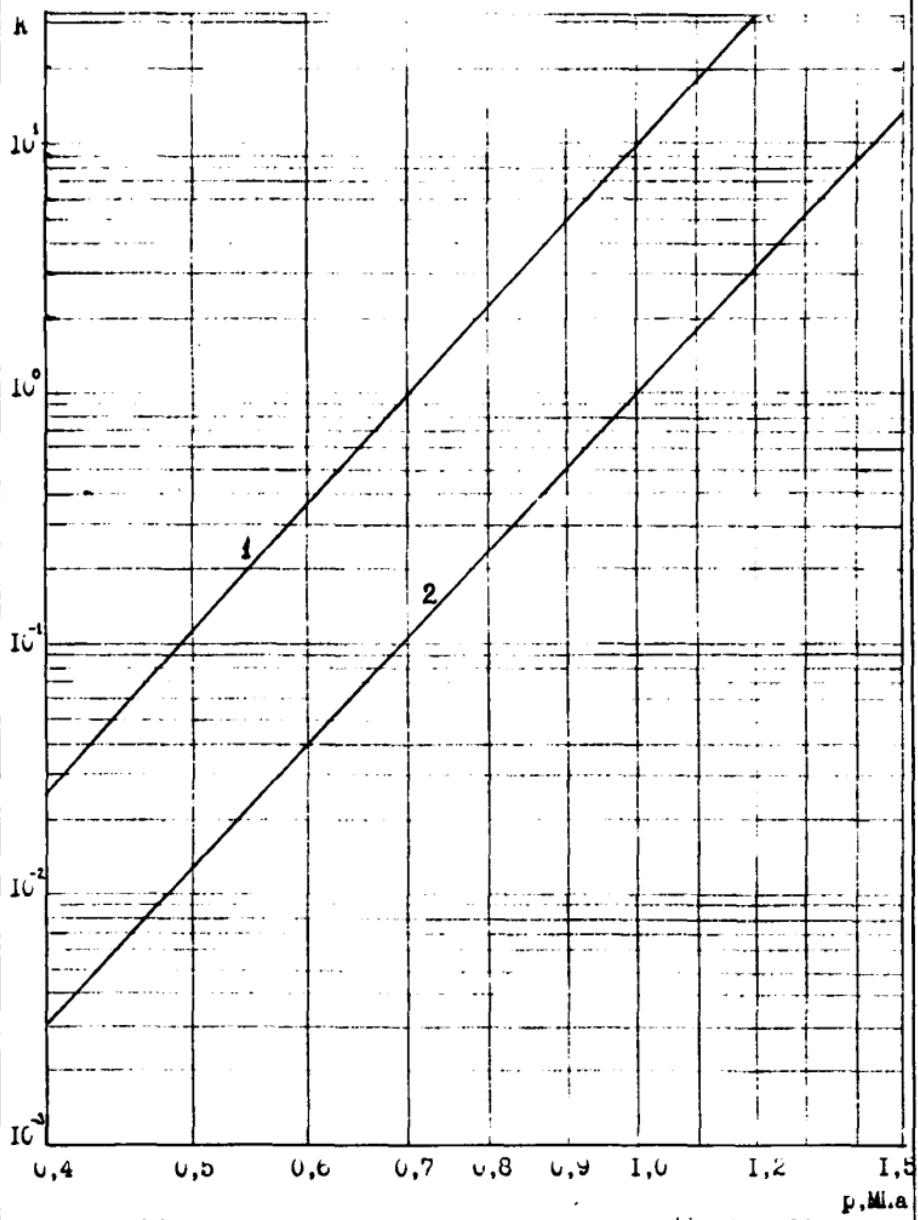


Рис.2.6. График для определения поправочных коэффициентов:

- 1 - для расчетной нагрузки группы α ;
- 2 - для расчетной нагрузки $\alpha_p = 227$ кН.

оси СТАС с чагрузной Q_i^3 ;

N_i - то же для автомобилей общего назначения и тягачей;

S_i - коэффициенты приведения эквивалентной осевой нагрузки Q_i^3 к расчетной нагрузке. Определяются по графикам на рис. 2.4-2.6;

S_j - то же для осей автомобилей общего назначения и тягачей. Определяются по таблице 2 приложения 2 и графикам на рис. 2.4-2.6;

n - число осей СТАС;

m - число осей автомобилей общего назначения и тягачей.

Формула (2.5) справедлива для случая, когда проектный срок службы дорожной одежды для автомобилей общего пользования составляет: для усовершенствованных покрытий капитального типа - 15 лет, усовершенствованных покрытий облегченного типа - 10 лет, переходных покрытий - 8 лет.

Если проектные сроки службы дорожной одежды отличаются от указанных, то для получения приведенной интенсивности следует пользоваться следующей формулой:

$$N_p = f_{\text{нн}} \left(\sum_{i=1}^n N_i \cdot S_i + C \sum_{j=1}^m N_j \cdot S_j \right), \quad (2.6)$$

$$\text{где } C = J \cdot \beta \frac{\beta^2 - 1}{\beta - 1}; \quad (2.7)$$

β - показатель роста интенсивности движения на дороге;

J - постоянная величина, зависящая от типа дорожного покрытия (для капитального типа $J=0,12$, облегченного - $J=0,148$, переходного - $J=0,171$);

T_i - проектный срок службы дорожной одежды в годах.

Коэффициент β определяется по формуле:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{T_i - 1}. \quad (2.8)$$

Коэффициент C определяется по формуле (2.7) или по графику на рис. 2.7.

2.3.2. Для разовых проездов СТАС на проектируемых дорогах расчетная интенсивность движения определяется по формуле:

$$N_p = \sum_{i=1}^n N_i / \lambda, \quad (2.9)$$

где $\sum_{i=1}^n N_i$ - общее число проходов осей СТАС;

λ - коэффициент, зависящий от типа покрытия; $\lambda = 350 \cdot T$, где T - проектный срок службы покрытия (для покрытий капитального типа $T=20$ лет, облегченного - $T=15$ лет, переходного - $T=6$ лет).

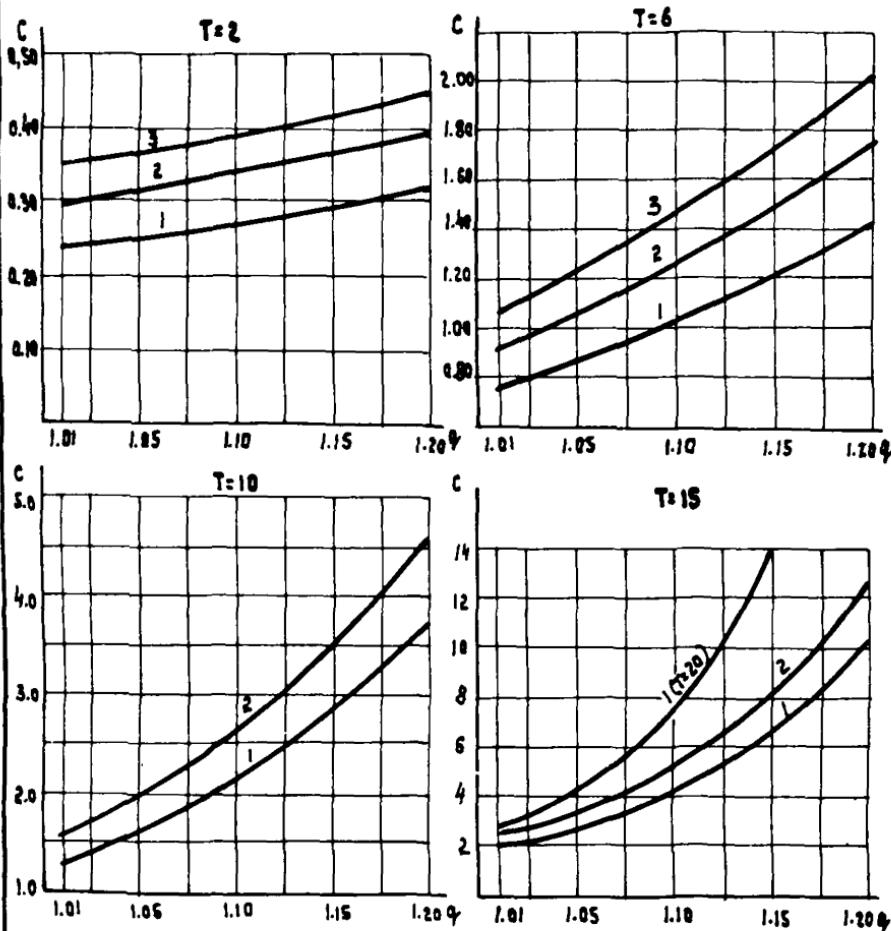


Рис.27. График для определения коэффициента С в зависимости от роста интенсивности движения для различных сроков эксплуатации дороги: 1 – капитальные одежды, 2 – облегченные одежды, 3 – переходные одежды.

2.3.3. Для разовых проездов СТАС по существующим дорогам.

При расчете конструкции на сдвигостойчивость и растяжение при изгибе расчетная интенсивность определяется по формуле:

$$N_p = f_{\text{нап}} \frac{t}{T} \sum_{j=1}^m N_j S_j, \quad (2.10)$$

где t - продолжительность работы дороги в годах до момента перевозки.

2.4. С целью облегчения расчетов в приложении 2 приведены значения эквивалентных осевых нагрузок Q_i^3 и отношений H/D_i^3 для различных СТАС и дорожных конструкций (таблица I).

3. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ И МАТЕРИАЛОВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

3.1. В случае регулярного движения СТАС расчетные характеристики грунта земляного полотна (модуль упругости $E_{\text{гр}}$, угол внутреннего трения $\phi_{\text{гр}}$ и сцепление $C_{\text{гр}}$) назначают в зависимости от его расчетной влажности W_p , определяемой по формуле:

$$W_p = \bar{W} (1 + t \cdot \lambda_w), \quad (3.1)$$

где \bar{W} - средняя влажность грунта в долях W_T (таблица 3.4);

λ_w - коэффициент вариации влажности, равный 0,1;

t - коэффициент нормированного отклонения, принимаемый по таблице 3.1 в зависимости от заданного уровня проектной надежности конструкции дорожной одежды K_n .

Таблица 3.1

K_n	0,50	0,60	0,85	0,90	0,95
	0,15	0,26	1,06	1,32	1,71

Средние значения влажности \bar{W} грунта принимаются в зависимости от дорожно-климатических зон и подзон СССР (см. рис. 3.1 и табл. 3.4, 3.5), а также тигров местности по условиям увлажнения (табл. 3.3).

3.2. Расчетные характеристики песков (за исключением пылеватых) и супеси легкой трупной, мало зависящие от их влажности, приведены в табл. 3.2.

3.3. При проектировании одежд автомобильных дорог, предназначенных для регулярного движения специализированных транспортных средств, расчетные характеристики грунта следует принимать по

КАРТА ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН И ПОДЗОН

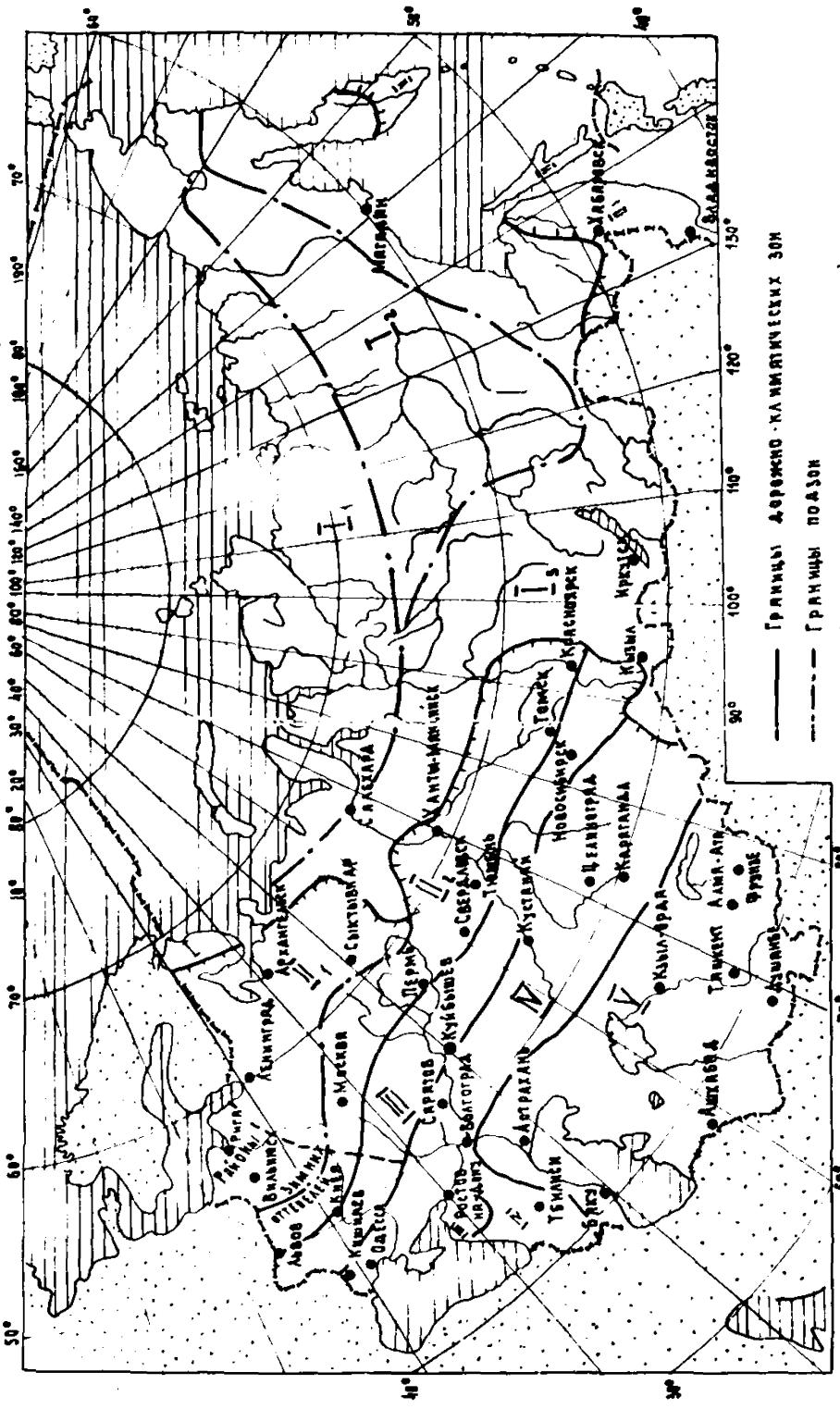


Рис. 31.

таблице 3.2 и 3.6 для наиболее увлажненного («ак» правило, весен-нега) периода.

В случае разовых перевозок грузов характеристики грунтов следует назначать на основе полевых и лабораторных исследований грунтов, проведенных непосредственно перед перевозкой.

3.4. Расчетные характеристики асфальтобетонов и дегтебетонов необходимо принимать по таблицам 3.9 и 3.10.

3.4.1. Для регулярного движения СТАС значения модулей упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, следует принимать при проектировании конструкций: по упругому прогибу-при температуре $+10^{\circ}\text{C}$ для всех дорожно-климатических зон; по сдвигу во II зоне - $+20^{\circ}\text{C}$, в III зоне - $+30^{\circ}\text{C}$, IV зоне - $+40^{\circ}\text{C}$, в V зоне - $+50^{\circ}\text{C}$; по растягивающим напряжениям при изгибе - при температуре 0°C .

При вычислении средневзвешенного модуля упругости $E_{\text{ср}}$ по формуле (2.2) для определения коэффициентов влияния модули упругости асфальтобетонов следует принимать при температуре $+10^{\circ}\text{C}$.

3.4.2. Для разовых проездов СТАС по существующей дороге значений модулей упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, следует принимать: при оценке прочности конструкции по сдвигу - при температуре слоев покрытия на момент проезда, по растягивающим напряжениям при изгибе-при фактической температуре нижнего слоя покрытия на момент проезда.

Температуру нижнего слоя следует принимать равной температуре верхнего слоя при температуре последнего 0° ; $+10^{\circ}\text{C}$; $+20^{\circ}\text{C}$. При температуре верхнего слоя покрытия от $+30^{\circ}\text{C}$ до $+50^{\circ}\text{C}$ температура нижнего слоя принимается равной $+20^{\circ}\text{C}$.

3.5. Расчетные значения характеристик материалов и грунтов, укрепленных вяжущими, следует принимать по таблицам 3.11 и 3.12. В таблице 3.12 приведены также характеристики слоев из неукрепленных зернистых материалов.

Таблица 3.2.

Г р у н т	Расчетные характеристики грунта		
	$E_{\text{гр}}$, МПа	$\varphi_{\text{гр}}$, град.	$C_{\text{гр}}$, МПа
I	2	3	4
Песок «рупный, гравелистый	130	42	0,005
Песок средней «рупности	120	40	0,005

Продолжение таблицы 3.2.

I	2	3	4
Песок мелкий	100	33	0,005
Песок одномерный (барханный, дюнный или подобный им)	75	33	0,005
Супесь легкая крупная	65	40	0,005

Таблица 3.3.

Тип местности по характеру и степени увлажнения	Условия увлажнения	Признаки	
		I	2
I	Сухие места		Поверхностный сток обеспечен, грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи почвогрунтов. В I зоне, кроме того, мощность сезонно оттаивающегося слоя достигает 2,5 м. Грунты гравийно-галечниковые, песчаные, а также супесчаные, глинистые, непросадочные с влажностью менее $0,7W_t$
2	Сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды года		Поверхностный сток не обеспечен, но грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи почвогрунтов. Почвы с признаками поверхностного заболачивания. Весной и осенью появляется застойная вода на поверхности. В I зоне, кроме того, это плоские водоразделы, пологие склоны гор и их шлейфы с мощностью сезонно оттаивающегося слоя от 1,0 до 2,5 м. Грунты глинистые, с влажностью $0,7+0,9W_t$
3	Места с постоянным избыточным увлажнением		Грунтовые воды или длительно стоящие (более 30 суток) поверхностьные воды влияют на увлажнение верхней толщи грунтов; почвы торфяные, оглеенные, с признаками заболачивания, а также солончаки и постоянно орошаемые территории засушливых об-

Продолжение таблицы 3.3.

I	2	3
3	Места с постоянным избыточным увлажнением	ластей. В I зоне, кроме того, заболоченные тальвеги, замкнутые впадины с развитым мохоторфяным покровом и малой мощностью (до 1 м) сезонно оттаивающего слоя. Грунты глинистые, просадочные с влажностью более оптимального значения, содержащие в пределах двойной мощности сезонно оттаивающего слоя линзы льда толщиной более 10 см. Влажность связных грунтов более $0,9W_t$

Таблица 3.4.

Дорожно-климатические зоны и подзоны (таблица 3.5)	Тип местности по условиям увлажнения (таблица 3.3)	Значения влажности грунта \bar{W} , в долях от W_t				
		1	2	3	4	5
I ₁	-I		0,53	0,57	0,62	0,65
	2		0,55	0,59	0,65	0,67
	3		0,57	0,62	0,67	0,70
I ₂	I		0,57	0,57	0,62	0,65
	2		0,59	0,62	0,67	0,70
	3		0,62	0,65	0,70	0,75
I ₃	I		0,60	0,62	0,65	0,70
	2		0,62	0,65	0,70	0,75
	3		0,65	0,70	0,75	0,80
II ₁	I		0,60	0,62	0,65	0,70
	2		0,63	0,65	0,68	0,73
	3		0,65	0,67	0,70	0,75
II ₂	I		0,57	0,59	0,62	0,67
	2		0,60	0,62	0,65	0,70
	3		0,62	0,64	0,67	0,72

Продолжение таблицы 3.4.

I	2	3	4	5	6
III	I	0,55	0,57	0,60	0,63
	2-3	0,59	0,61	0,63	0,67
IV	I	0,53	0,55	0,57	0,60
	2-3	0,57	0,58	0,60	0,64
	I	0,52	0,53	0,54	0,57
	2-3	0,55	0,56	0,57	0,60

- Примечания: 1. Для дорог, проходящих в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях - выемках и нулевых отметках, - данные таблицы следует увеличивать на $0,03 W_t$.
2. Данные таблицы увеличиваются для предгорных (до 1000 м) районов на $0,03 W_t$ и на $0,05 W_t$ - для горных (выше 1000 м) районов.

Таблица 3.5.

№ дорожно-климатических зон и подзон	Примерные географические границы и «ратная характеристика дорожно-климатических зон и подзон
I	2
I	Севернее линии, соединяющей Мончегорск-Почай-Несь-Ошурья-Сухая-Тунгуска-Канс-госграница-Биробиджан-Де-Кастри. Включает географические зоны тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны с распространением вечно-мерзлых грунтов.
I ₁ (северная подзона)	Расположена севернее линии: Нарьян-Мар-Салехард-Курейка-Трубка-Удачнaya-Верхоянск-Дружина-Горный мыс-Мар'ово.
I ₂ (центральная подзона)	Расположена восточнее линии: устье реки Нижняя Тунгуска-Ергобачен-Ленск-водябю-Богдарин; севернее линии: Могоча-Сковородино-Зея-Охотск-Палатка-Слаутское. Ограничена с севера I ₁ подзоной.
I ₃ (южная подзона)	Расположена между южной географической границей вечной мерзлоты в европейской части СССР, в Западной Сибири, на Дальнем Востоке, севернее южной государственной границы в Восточной Сибири и

Продолжение таблицы 3.5.

	I	2
		южной границей северной и центральной подзон.
II		От границы I зоны до линии, соединяющей Львов-Житомир-Тулу-Горький-Ижевск-Кыштым-Томск-Канск-Биробиджан-Де Кастири-граница с КНР. Включает географическую зону лесов с избыточным увлажнением грунтов.
Π_1 (северная подзона)		Расположена севернее линии, соединяющей Барановичи-Рославль-Клин-Рыбинск-Котлас-Березники-Ивдель.
Π_2 (южная подзона)		Расположение южнее линии, соединяющей Барановичи-Рославль-Клин-Рыбинск-Котлас-Березники-Ивдель.
III		От границы II зоны до линии, соединяющей Кишинев-Кировоград-Белгород-Куйбышев-Магнитогорск-Омск-Бийск-Туран. Включает лесостепную географическую зону со значительным увлажнением грунтов в отдельные годы.
IV		От границы III зоны до линии, соединяющей Джурьфу-Степанчерт-Буйначск-Кизляр-Волгоград и далее проходит южнее на 200 км линии, соединяющей Уральск-Актюбинск-Караганду, и до северного побережья озера Балхаш.
V		Включает географическую степную зону с недостаточным увлажнением грунтов.
		Расположена к юго-западу и югу от границы IV зоны и включает пустынную и пустынно-степную географические зоны с засушливым климатом и распространением засоленных грунтов.

Примечание. Кубань и западную часть Северного Кавказа (см. рис. 3.1) следует относить к V дорожно-климатической зоне.

Западные районы П-Ш дорожно-климатических зон, в которых следует учитывать влияние продолжительных зимних оттепелей и морского климата, находятся западнее линии Псков-Смоленск-Орел-Воронеж. Значения влажности грунтов (табл. 3.4) в этом районе следует увеличивать на 0,02±0,05. Большее значение принимается для районов западнее линии Таллин-Рига-Вильнюс-Минск-Харьков, мень-

Таблица 3.6.

Расчетные значения деформационных и прочностных
характеристик глинистых грунтов и пылеватого
песка

Грунт	Характерис- тика грунта	Расчетные характеристики при влажности грунта (доли границы текучести)						23			
		0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,80	0,85	0,9	0,95
Сулинок легкая	E_{rp} , Па	70	60	56	53	49	45	43	42	41	40
	, град.	37	36	36	36	35	35	34	34	33	33
	C_{rp} , Па	0,015	0,014	0,014	0,013	0,012	0,011	0,010	0,009	0,008	0,007
Песок пы- леватый	E_{rp} , Па	96	90	84	76	72	66	60	54	46	43
	, град.	36	38	37	37	36	35	34	33	32	31
	C_{rp} , Па	0,026	0,024	0,022	0,018	0,014	0,012	0,011	0,010	0,009	0,008
Сулинок легкий и тяжелый, глинистый	E_{rp} , Па	70	90	72	50	41	34	29	25	24	23
	град.	32	27	24	21	16	15	13	11	10	9
	C_{rp} , Па	0,045	0,036	0,030	0,024	0,019	0,015	0,011	0,009	0,006	0,004
Сулинок тя- желая и пы- леватая, суглинистый легкий	E_{rp} , Па	100	90	72	54	46	36	32	27	26	25
	град.	32	27	24	21	16	15	13	11	10	9
	C_{rp} , Па	0,045	0,036	0,030	0,024	0,016	0,013	0,010	0,008	0,005	0,004

шее - для районов восточнее этой линии.

Нормативная влажность грунта земляного плотна дорог, проходящих вблизи границ дорожно-климатических зон и подзон (± 50 м), может быть принята равной промежуточному значению между соответствующими влажностями грунта в смежных зонах и подзонах.

Внутри каждой зоны отдельные участки дорог по характеру и степени увлажнения относятся к одному из трех типов местности (табл. 3.3).

Тип увлажнения местности устанавливают при изысканиях.

3.6. Перевозки крупногабаритного оборудования по существующим дорогам должны осуществляться только после проверки несущей способности дорожных одежд по данным полевых испытаний в соответствии с Инструкцией ВСН 46-83 (методом статического нагружения колесом автомобиля или методами кратковременного нагружения).

В случае невозможности проведения подобных испытаний производят оценку фактического состояния материалов конструктивных слоев дорожной одежды по результатам ее вскрытия. Фактический модуль упругости материала слоя в этом случае определяют по формуле:

$$E_{\text{факт.}} = E_{\text{табл.}} \cdot K_p \cdot K_v \cdot K_t \cdot K_r, \quad (3.2)$$

где $E_{\text{табл.}}$ - значение модуля упругости материала слоя, определяемое по таблицам 3.9-3.12;

K_p - коэффициент влияния прочности составляющих материалов слоя;

K_v - коэффициент учета вяжущего;

K_t - коэффициент влияния качества технологии;

K_r - коэффициент влияния условий работы.

Коэффициенты K_p , K_v , K_t , K_r определяют по таблице 3.7.

Таблица 3.7.

Коэффициенты	Характеристика слоя дорожной одежды	Значения коэффициентов	I
			2
K_p	Материал слоя - однородный, прочный Разрушений и износа нет	1,00	3
	На покрытии имеются отдельные редкие трещины (поперечные, продольные, косые)	0,90	
	На покрытии деформации в виде частых трещин	0,80-0,85	
	На покрытии значительные деформации в виде сетки трещин размером 0,5-0,6 м в поперечнике	0,65-0,70	

Продолжение таблицы 3.7.

I	2	3
	На покрытии значительные деформации по площади в виде густой мелкой сетки трещин со сторонами менее 15-20 см и просадками в месте трещин	0,45-0,50
	В щебеночном слое имеются отдельные раздавленные щебенки (5-10%), наблюдается внутренний износ, либо в слое щебня содержится до 10% мелочи размером менее 2 мм	0,85-0,90
	Содержание раздавленных щебенок в слое 15-20%, либо наличие в слое мелочи размером 2 мм - 15-25%	0,65-0,70
	Содержание раздавленных щебенок в слое 25-30%, либо наличие в слое мелочи менее 2 мм 25-30%	0,45-0,50
	Материал слоя полностью разрушился	0,30
K _в	Материал полностью обработан вяжущим, обеспечивающим прочное сцепление	1,0
	Недостаток вяжущего в слое (на поверхности отдельных щебенок светлые пятна, наличие в слое необработанных агрегатов)	0,90
K _в	Наличие в слое в достаточном количестве вяжущего повышенной или пониженной вязкости, не обеспечивающее прочного сцепления материала	0,70-0,80
	Едва заметные следы вяжущего в слое	0,50-0,60
	Избыточное содержание вяжущего в слое (смесь жирная)	0,80-0,85
K _т	Слой плотный, прочно связан, равномерной и достаточной толщины, подвижности в слое не наблюдается, распределение вяжущего в слое равномерное	1,00
	В верхней части грунтового основания содержатся отдельные мелкие щебенки (в небольшом количестве), повышающие его прочность	1,10-1,20
	Заниженная толщина слоя по сравнению с проектной, значительное колебание толщин слоев по периметру вырубки, материал слоя неоднородный, распределение вяжущего в слое неравномерное	0,85-0,90

I	2	3
	Недостаточное уплотнение слоя, обладающего связностью. Слой сравнительно легко разбирается при помощи лома, лопаты	0,80
	Слой рыхлый, подвижный, отсутствует связность в слое (недоуплотнение, использование одномерного материала)	0,50-0,60
K_c	Слой прочный, плотный, сухой, обладающий достаточным сцеплением. Следов размокания материала и вымывания вяжущего нет	1,00
	Имеется незначительное увлажнение материала слоя, не вызывающее его разрушения	0,90-0,95
	Имеются постоянные источники увлажнения. Материал слоя увлажнен, загрязнен, заметно вымывание вяжущего	0,70-0,80
	Материал слоя полностью распался за счет увлажнения	0,30

3.7. Определяют расчетное значение сопротивления растяжению при изгибе монолитных слоев покрытия или промежуточных слоев.

3.7.1. Для регулярного движения СТАС при проектировании расчетное значение сопротивления растяжению при изгибе верхних монолитных слоев, содержащих органическое вяжущее, определяется по формуле:

$$R_p = \bar{R}_{1,2} (1-t \cdot \nu_k) \cdot K_y \cdot K_m, \quad (3.3)$$

где $\bar{R}_{1,2}$ – сопротивление растяжению при изгибе верхних монолитных слоев для автомобилей общего пользования, принимаемое по таблице 3.9;

$\bar{R}_{2,2}$ – то же для СТАС, принимаемое по таблице 3.10;

t – коэффициент нормированного отклонения, принимаемый в зависимости от уровня проектной надежности. Для асфальтобетонов и дегтебетонов $t = 1,71$;

ν_k – коэффициент, принимаемый равным 0,1;

K_y – коэффициент усталости, определяемый по графику на рис. 3.2 или по формуле:

$$K_y = \left(\frac{N_p}{1000} \right)^{-f}, \quad (3.4)$$

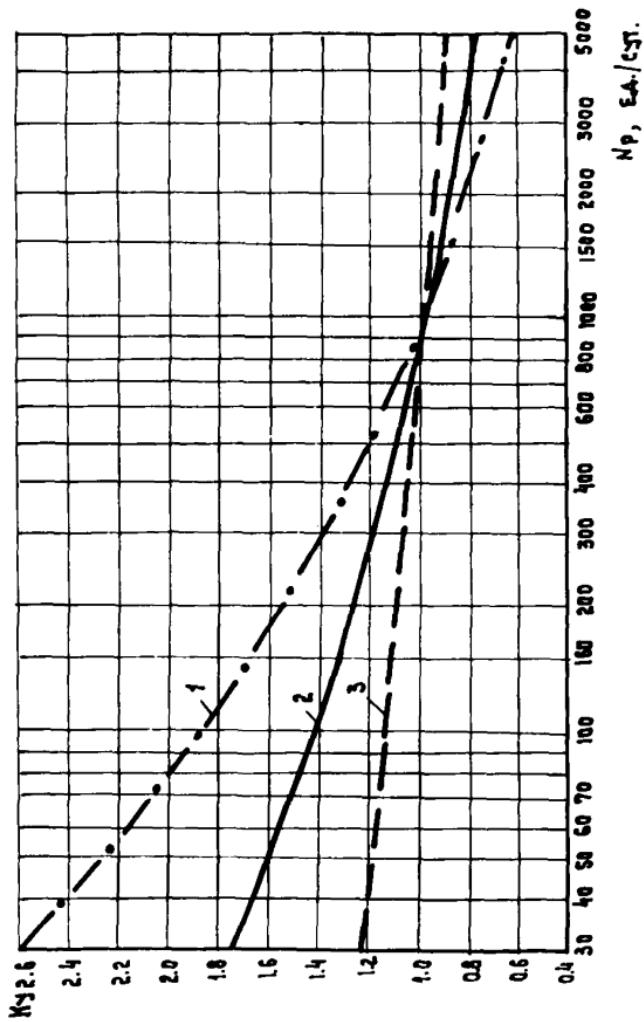


Рис. 3.2. Зависимость коэффициента установки K_d от расчетной суточной приведенной интенсивности воздействия на грунты N_p .

где f - показатель усталостной зависимости; для асфальтобетонов на битумах БНД-130/200 и БНД-200/300, высокопористых асфальтобетонов и дегтебетонов $f = 0,27$ (кривая I на рис. 3.2); для плотных и пористых асфальтобетонов на битумах БНД-40/60, БНД-60/90 и БНД-90/130 $f = 0,16$ (кривая 2);

N_p - приведенная интенсивность расчетной нагрузки, определяемая по формулам (2.5) или (2.6);

K_m - коэффициент снижения прочности от воздействия природно-климатических факторов; назначается для асфальтобетонов I-II марок на щебне изверженных пород $K_m = 1,0$ и III марки $K_m = 0,8$; для смесей на щебне осадочных пород и гравийных материалов I марки $K_m = 0,9$ и II-III марки $K_m = 0,7$; для дегтебетонов - $K_m = 0,7$.

3.7.2. Для разовых проездов СТАС по существующим дорогам расчетное значение сопротивления растяжению при изгибе асфальтобетонов или дегтебетонов определяется по формуле:

$$R_p = \bar{R}_{1,2} \cdot K_y, \quad (3.5)$$

где $\bar{R}_{1,2}$ - сопротивление растяжению при изгибе верхних монолитных слоев для автомобилей общего пользования, принимаемое по таблице 3.9;

\bar{R}_2 - то же для СТАС, принимаемое по таблице 3.10;

K_y - коэффициент усталости, определяемый по формуле (3.4), в которой приведенная интенсивность расчетной нагрузки принимается по формуле (2.9).

3.7.3. Для промежуточных слоев конструкции при любой расчетной нагрузке в случае разовых и регулярных перевозок

$$R_p = \bar{R}_3 \cdot K_y, \quad (3.6)$$

где \bar{R}_3 - сопротивление растяжению при изгибе промежуточных слоев, укрепленных комплексными или неорганическими вяжущими (таблица 3.11);

K_y - вычисляют по формуле (3.4) при $f = 0,06$ (кривая 3 на рис. 3.2).

3.3. Требуемый модуль упругости для регулярного движения определяется при $Q_{max}^k \leq 65 \text{ кН}$ по формуле $E_{tr} = 68 \lg N_p + 57$; (3.7)

при $Q_{max}^k > 65 \text{ кН}$ по формуле $E_{tr} = 85 \lg (N_p \cdot \lambda) - 229$ (3.8)

где N_p - приведенная интенсивность расчетной нагрузки, определяемая по формулам (2.5), (2.6);

для разовых проездов СТАС "как по существующим, так и по

Материал	Марка битума	Значения расчетных характеристик материалов, Мн, при температуре покрытия °С											
		0°			+10°			+20°			+30	+40°	+50°
		Е	~	\bar{R}_t	Е	~	\bar{R}_t	Е	~	\bar{R}_t	Е	~	
Плотный асфальтобетон 1-й марки	БНД-40/60	6000	3,2	4400	2,3	2600	1,4	1300	690	430			
	БНД-60/90	4500	2,8	3200	2,0	1800	1,1	900	550	360			
	БНД-90/130	3600	2,4	2400	1,6	1200	0,8	660	440	350			
	БНД-130/200	2600	2,0	1500	1,2	600	0,7	560	360	320			
	БНД-200/300	2000	1,8	1200	1,1	600	0,5	420	350	300			
	БГ-70/130	1700	1,7	1000	1,0	400	0,4	350	300	300			
	СГ-130/200	1500	1,6	900	1,0	400	0,4	350	300	300			
Пористый асфальтобетон	БНД-40/60	3600	1,6	2600	1,4	1700	0,8	900	540	390			
	БНД-60/90	2600	1,6	2000	1,1	1200	0,6	700	460	360			
	БНД-90/130	2200	1,4	1400	0,9	800	0,5	510	360	350			
	БНД-130/200	1600	1,2	1100	0,8	590	0,4	410	340	340			
	БНД-200/300	1400	1,1	950	0,6	460	0,4	350	330	330			
Высокопористый щебеночный асфальтобетон	БНД-40/60	3000	1,1	1550	0,9	1400	0,5	750	450	320			
	БНД-60/90	2100	1,0	1000	0,8	900	0,5	500	350	300			
	БНД-90/130	1700	0,9	750	0,6	600	0,4	400	300	300			
Высокопористый песчаный асфальтобетон, в т.ч. битумопесчаная смесь по ТУ 216 РС-СР 395-79	БНД-40/60	3000	1,3	1550	1,0	1400	0,6	750	450	320			
	БНД-60/90	2100	1,1	1000	0,9	900	0,5	500	300	300			
Плотный дегтебетон	Д-6; ДО-6; ДО-7; ВДП-6 ВДП-7	10000	2,5	3600	1,0	1500	0,4	600	500	350			
Пористый дегтебетон	-"-	5000	1,5	2000	0,6	800	0,3	400	350	300			

Таблица 3.10

материал	марка битума	Значения расчетных характеристик материалов, Мп, при температуре покрытия, °С									
		0°	+10°	+20°	+30°	+40°	0°	10°	20°	30°	40°
		E	\bar{P}_2	E	\bar{R}_2	E	\bar{P}_2	E	E	E	E
Плотный асфальто- бетон -1 марки	БИД-40/60	4500	2,5	3100	1,8	1750	1,0	870	460	260	
	БИД-60/90	3400	2,7	2250	1,5	1200	0,6	600	370	230	
	БИД-90/130	2700	1,8	1700	1,2	800	0,55	440	300	210	
	БИД-130/200	1900	1,5	1050	0,9	550	0,4	370	250	200	
	БИД-200/300	1450	1,3	850	0,8	400	0,4	270	230	180	
	БГ-70/130	1250	1,2	700	0,7	270	0,3	230	200	180	
	СГ-130/200	1050	1,1	630	0,7	270	0,3	230	200	180	
Пристый асфальто- бетон	БИД-40/60	2700	1,5	1900	1,2	1100	0,7	560	350	230	
	БИД-60/90	2100	1,2	1350	0,8	800	0,5	460	260	210	
	БИД-90/130	1600	1,0	950	0,7	500	0,35	330	240	200	
	БИД-130/200	1350	0,9	750	0,6	360	0,3	250	210	200	
	БИД-200/300	950	0,8	650	0,6	300	0,3	210	200	190	
Высокопристый щебеночный асфальто- бетон	БИД-40/60	2200	0,6	1550	0,6	920	0,4	490	290	200	
	БИД-60/90	1550	0,7	1000	0,6	560	0,35	360	230	190	
	БИД-90/130	1250	0,65	750	0,5	400	0,25	270	210	180	
Высокопристый песчаный асфальто- бетон, в т.ч. битумо- песчаная смесь по ТУ 28 РС-СР 395-79	БИД-40/60	2200	1,0	1550	0,8	920	0,5	490	290	200	
	БИД-60/90	1550	0,8	1000	0,65	560	0,4	360	230	190	
Плотный цементбетон Б-С; Б-6; Б-7; БД-6 БД-7		7300	1,8	2600	0,7	1040	0,4	500	310	200	
Плитный цементбетон	"	3650	1,0	1450	0,5	740	0,2	240	220	180	

- Примечания: I. Если данных непосредственных региональных наблюдений за температурой покрытия не имеется, можно применять в качестве расчетной температуры асфальтобетона в I-II зонах + 20°C, в III зоне - + 30°C, в IV - + 40°C, в V - +50°C.
2. Модули упругости плотного асфальтобетона даны в таблице применительно к смесям типа Б. При температурах от +30° до +50°C модули упругости для смесей типа А следует увеличить, а типов В, Г, Д - уменьшить на 20%.
3. Модули упругости пористого и высокопористого асфальтобетона даны в таблице применительно к песчаным смесям. При температуре от +30° до +50°C модули упругости для мелкозернистых смесей следует увеличить на 10%, а для крупнозернистых смесей - на 20%.

проектируемым дорогам, требуемый модуль упругости не определяется.

Для дорог У «климатической зоны (см. рис. 3.1 и таблицу 3.5) требуемые модули упругости следует уменьшать на 15%.

Общая толщина верхних слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее, ориентировочно назначается в зависимости от требуемых модулей упругости по таблице 3.8.

Таблица 3.8.

Модуль упругости, до 125 МПа	125-180	180-220	220-250	250-300
Толщина слоя, см	4-6	6-8	8-10	10-13

3.9. Определяют допустимое напряжение сдвига для разовых проездов СТАС «ак» по существующим, «ак» и по проектируемым дорогам, а также в случае регулярного их движения для различных расчетных нагрузок по формуле:

$$T_{\text{доп}} = C \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (3.9)$$

где C – сцепление в грунте активной зоны земляного полотна (таблицы 3.2, 3.6) или в слабосвязном материале, МПа (таблица 3.12);

K_1 – коэффициент, учитывающий снижение сопротивления грунта сдвигу под агрессивным воздействием подвижных нагрузок, колебаний и т.д. (при расчете под кратковременные нагрузки $K_1 = 0,6$; при длительном действии нагрузок с малой повторностью $K_1 = 0,9$);

Таблица 3.11

№ пп	Наименование материала	Модуль уп- ругости E , МПа	Прочность на растяжение при изгибе R_3 , МПа	
			3	4
1.	Щебень и гравий, обработанные цементом марки: 75	1000	0,7	
	60	900	0,6	
	40	700	0,5	
2.	Крупнообломочные грунты и гра- вийно-песчаные смеси оптималь- ных или близких к оптимальному составов, укрепленные «комплем- ентными вяжущими»:			

Продолжение таблицы 3. II.

1	2	3	4
	I класс прочности	900-700	0,55-0,45
	II класс прочности	650-500	0,42-0,35
	III класс прочности	450-300	0,32-0,25
3.	То же, укрепленные цементом:		
	I класса прочности	800-550	0,46-0,34
	II класса прочности	530-350	0,33-0,25
	III класса прочности	320-280	0,22-0,20
4.	То же, укрепленные активной золой уноса или гранулированным шлаком, известью, фосфатными вяжущими и другими "композиционными вяжущими", из них с добавками или без добавок ПАВ, дегтем и т.п.:		
	I класс прочности	700-530	0,40-0,32
	II класс прочности	500-330	0,31-0,22
	III класс прочности	300-250	0,20-0,18
5.	То же, укрепленные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	350-250	0,35-0,30
6.	Крупнообломочные грунты и гравийно-песчаные смеси неоптимального состава, пески ("роме мелких, пылеватых и одноразмерных"), супесь легкая "рупная", щебень малопрочных пород и отходы "амнедробления", укрепленные "комплексными вяжущими":		
	I класса прочности	800-650	0,50-0,42
	II класса прочности	600-450	0,40-0,32
	III класса прочности	420-280	0,31-0,24
7.	Крупнообломочные грунты и гравийно-песчаные смеси неоптимального состава, пески ("роме мелких, пылеватых и одноразмерных"), супесь легкая "рупная", щебень малопрочных пород и отходы "амнедробления", укрепленные цементом:		
	I класса прочности	700-500	0,40-0,30
	II класса прочности	480-330	0,28-0,22
	III класса прочности	300-250	0,19-0,18
8.	То же, укрепленные вяжущими, указанными в порядке номере 4:		
	II класс прочности	450-300	0,25-0,17

Продолжение таблицы 3.II.

I	2	3	4
Ш "класс прочности		280-200	0,16-0,12
9. То же, укрепленные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме		300-200	0,30-0,25
10. Пески мелкие и пылеватые, супесь легкая и пылеватая, укрепленные "комплексными" вяжущими:			
I "класс прочности		750-600	0,47-0,40
II "класс прочности		550-400	0,37-0,30
Ш "класс прочности		380-250	0,28-0,22
11. То же, укрепленные цементом:			
I "класс прочности		650-480	0,35-0,26
II "класс прочности		450-300	0,25-0,18
Ш "класс прочности		260-220	0,16-0,18
12. То же, укрепленные вяжущими, указанными в п. 4:			
I "класс прочности		430-280	0,22-0,11
Ш "класс прочности		230-180	0,08-0,07
13. То же, укрепленные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме		300-220	0,25-0,20
14. Побочные продукты промышленности ("аменные" материалы и "粗нообломочные" грунты, сопутствующие рудным ископаемым, золошлаковые смеси, формовочные смеси, фосфоритные "хвосты" и т.п.), укрепленные "комплексными" вяжущими:			
I "класс прочности		700-550	0,45-0,37
II "класс прочности		530-250	0,36-0,28
Ш "класс прочности		320-220	0,26-0,12
15. То же, укрепленные цементом:			
I "класс прочности		600-420	0,30-0,22
II "класс прочности		400-250	0,20-0,14
Ш "класс прочности		220-180	0,12-0,09
16. То же, укрепленные вяжущими; указанными в п. 4:			
II "класс прочности		350-220	0,15-0,09
Ш "класс прочности		200-130	0,08-0,06

Продолжение таблицы 3.II.

I	2	3	4
17.	То же, укрепленные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	250-180	0,20-0,15
18.	Супеси тяжелые пылеватые, суглинистые, легкие, укрепленные комплексными вяжущими:		
	I класс прочности	600-500	0,40-0,35
	II класс прочности	450-300	0,32-0,25
	III класс прочности	280-150	0,24-0,10
19.	То же, укрепленные минеральными вяжущими - цементом, золой уноса или гранулированным шлаком:		
	I класс прочности	500-350	0,22-0,16
	II класс прочности	350-230	0,16-0,12
	III класс прочности	200-120	0,09-0,07
20.	То же, укрепленные вяжущими, указанными в п.4:		
	II класс прочности	300-200	0,12-0,08
	III класс прочности	180-100	0,06-0,05
21.	То же, укрепленные эмульсией на вязком битуме	250-280	0,17-0,10
22.	Суглинистые тяжелые и пылеватые, глины песчанистые и пылеватые, укрепленные минеральными и комплексными вяжущими:		
	II класс прочности	330-200	0,12-0,08
	III класс прочности	180-80	0,06-0,05

Примечание: Большие значения характеристик следует принимать:

- при укреплении битумом - для I-III дорожно-климатических зон;
- при укреплении неорганическими вяжущими - для IV-V дорожно-климатических зон;
- при укреплении комплексным вяжущими - в случае использования битумной эмульсии или жидкого битума совместно с цементом, а также битумной эмульсии совместно с карбамидными смолами.

Таблица 3.12.

Наименование материалов	Угол внутреннего трения φ , град.	Сцепление C , МПа	Модуль упругости E , МПа	Примечание
I	2	3	4	5
Черный щебень, уложенный по способу заливки	-	-	600-900	Большие значения для посыпок, меньшие для оснований
Слой из щебня I-П класса прочности, устроенный по способу пропитки вязким битумом	-	-	400-600	То же
Щебень фракционированный, I-Ш класса прочности, уложенный по способу заливки:				
- из прочных осадочных;	-	-	350-450	" -
- из изверженных пород	-	-	250-350	-
Фракционированный щебень, укрепленный цементопесчаной смесью по способу пропитки	-	-	500	-
Шлак I-IV классов прочности, однородный по качеству, с подобранным гранулометрическим составом:				Большие значения - при устойчивой структуре шлака
- активный	-	-	350-450	
- малоактивный	-	-	200-300	
Рядовой шлаковый щебень	-	-	150-200	
Каменная мостовая, пачеляж	-	-	400-500	
Грунт, укрепленный жидким битумом:				
сухая непылеватая; 25-35		0,02-0,035	150-200	Большие значения - при смешении в установке и при

Продолжение таблицы 3.12.

I	2	3	4	5
суглинов, супесь пылеватая	15-25	0,02-0,035	80-150	менении битумной эмulsionи
Песок, удовлетво- ряющий требова- ниям ГОСТ 8736- 77:				Показатели С и Е приняты при ос- таточной пористо- сти песка, уп- лотненного до максимальной плотности $26\% <$ $n < 32\%$, при $n < 26\%$ - увели- чиваются на 20%, а при $n > 32\%$ - уменьшаются на 20%
крупный и граве- листый; 42	0,007	130		
средней крупности; 40	0,006	120		
мелкий 38	0,005	100		
Песчано-гравийные смеси № 1, 2, 4 по ГОСТ 256-07-83	45	0,03	180	-

K_2 - коэффициент запаса на неоднородность условий работы конструкции, определяется по графику на рис. 3.3 или по формуле

$$K_2 = -0,345 \ell_3 N_p + 1,816 \quad (3.10)$$

где N_p - приведенная интенсивность расчетной нагрузки, определяемая по формулам (2.5), (2.6) - для регулярного движения, (2.9) - для разовых проездов по проектируемым автодорогам, (2.10) - для разовых проездов по существующим дорогам;

K_3 - коэффициент, учитывающий особенности работы грунта в конструкции; значения K_3 в зависимости от вида грунта принимается следующее:

крупнообломочные грунты..... 9,0

пески крупные..... 7,0

пески средней крупности..... 6,0

пески мелкие..... 5,0

пески пылеватые, супеси крупные..... 3,0

глинистые грунты (глины, суглины, супеси, громе крупной)..... 2,5

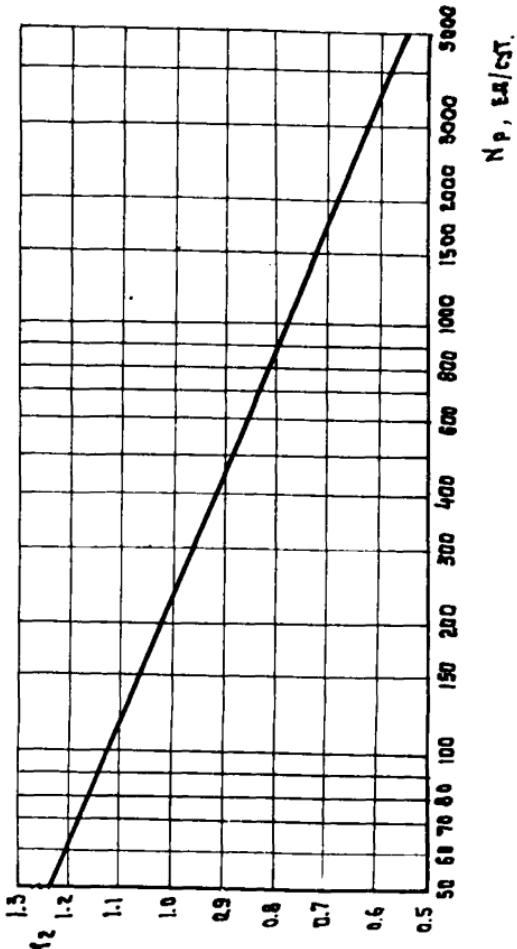


Рис. 3.3. Зависимость коэффициента усталости K_2 для материалов и грунтов, рассчитываемых по сдвигу, от расчетной суточной приведенной интенсивности воздействия нагрузки N_p .

4. РАСЧЕТ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА ПРОЧНОСТЬ

4.1. Расчет дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу

4.1.1. Конструкция дорожной одежды удовлетворяет требованиям надежности и прочности по критерию упругого прогиба, если

$$K_{\text{пр}} \leq E_{\text{общ}}/E_{\text{тр}}, \quad (4.1)$$

где $K_{\text{пр}}$ - значение коэффициента прочности дорожной одежды;

$E_{\text{общ}}$ - общий модуль упругости конструкции;

$E_{\text{тр}}$ - требуемый модуль упругости дорожной одежды.

4.1.2. Расчет дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу осуществляется в следующей последовательности:

в соответствии с таблицей I.2 определяют значение коэффициента прочности $K_{\text{пр}}$;

вычисляют произведение $K_{\text{пр}} \cdot E_{\text{тр}} = E_{\text{общ}}$;

назначают конструкцию дорожной одежды с учетом обеспечения осушения и морозоустойчивости, а также с учетом требований, предъявляемых к толщине конструктивных слоев (таблицы I.1, 3.8);

по вычисленному значению $E_{\text{общ}}$ выполняют послойный расчет дорожной одежды, используя номограммы на рис. 4.1 и 4.2. Эти номограммы связывают значения модулей упругости верхнего и нижнего слоев E_1 и E_2 , относительную толщину слоя Н/Д (Д - расчетный диаметр отпечатка, $D = 37$ см или $D = 66$ см, принимаемый в соответствии с п. 2.2.1) и величину общего модуля упругости $E_{\text{общ}}$. Зная четыре из указанных величин, можно найти любую пятую.

4.1.3. В зависимости от поставленной задачи расчет дорожной одежды можно вести сверху вниз, когда задан общий модуль упругости и определяют толщину нижнего слоя основания, или снизу вверх, когда определяют общий модуль имеющейся конструкции.

Расчет считается законченным, когда расчетное значение $E_{\text{общ}}$ отличается от вычисленного по номограмме не более 3%. Это условие соблюдается при использовании формулы: $\frac{E_{\text{общ}} - E_{\text{тр}} \cdot K_{\text{пр}}}{E_{\text{тр}} \cdot K_{\text{пр}}} \leq 0,03$.

4.2. Расчет дорожных одежд по сдвигу в грунте или слабосвязных материалах

4.2.1. Условие, при котором не возникает сдвиг в грунте земляного полотна:

$$K_{\text{пр}} \leq T_{\text{доп}}/T, \quad (4.2)$$

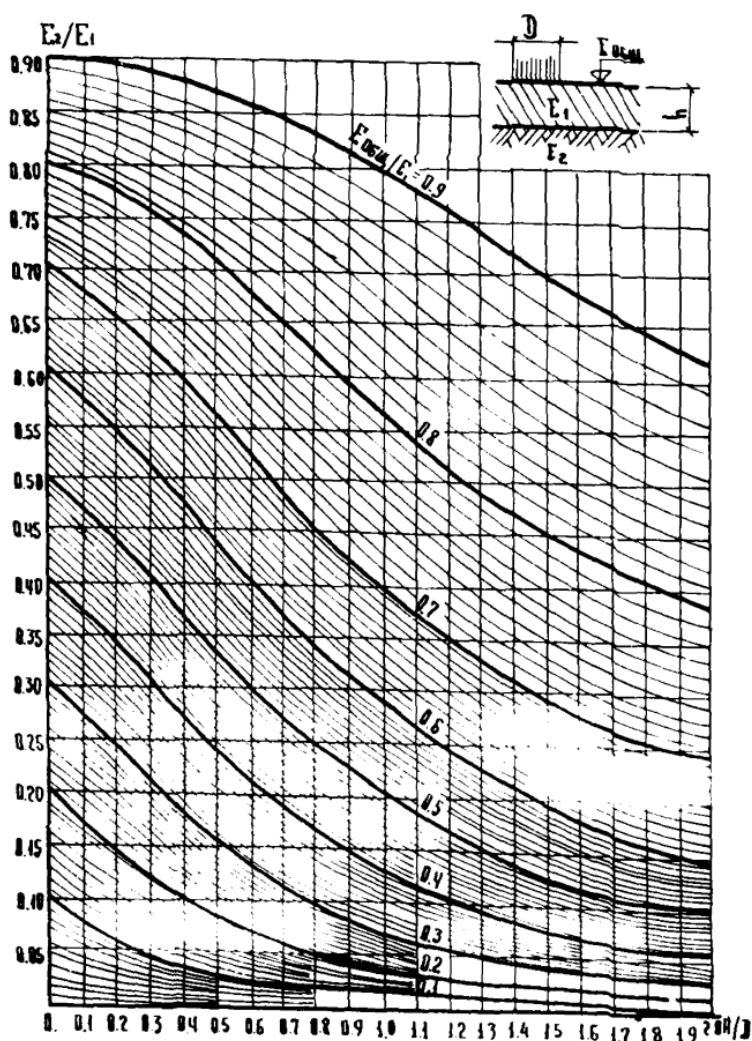


Рис.4.1 Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы $E_{\text{общ}}$.

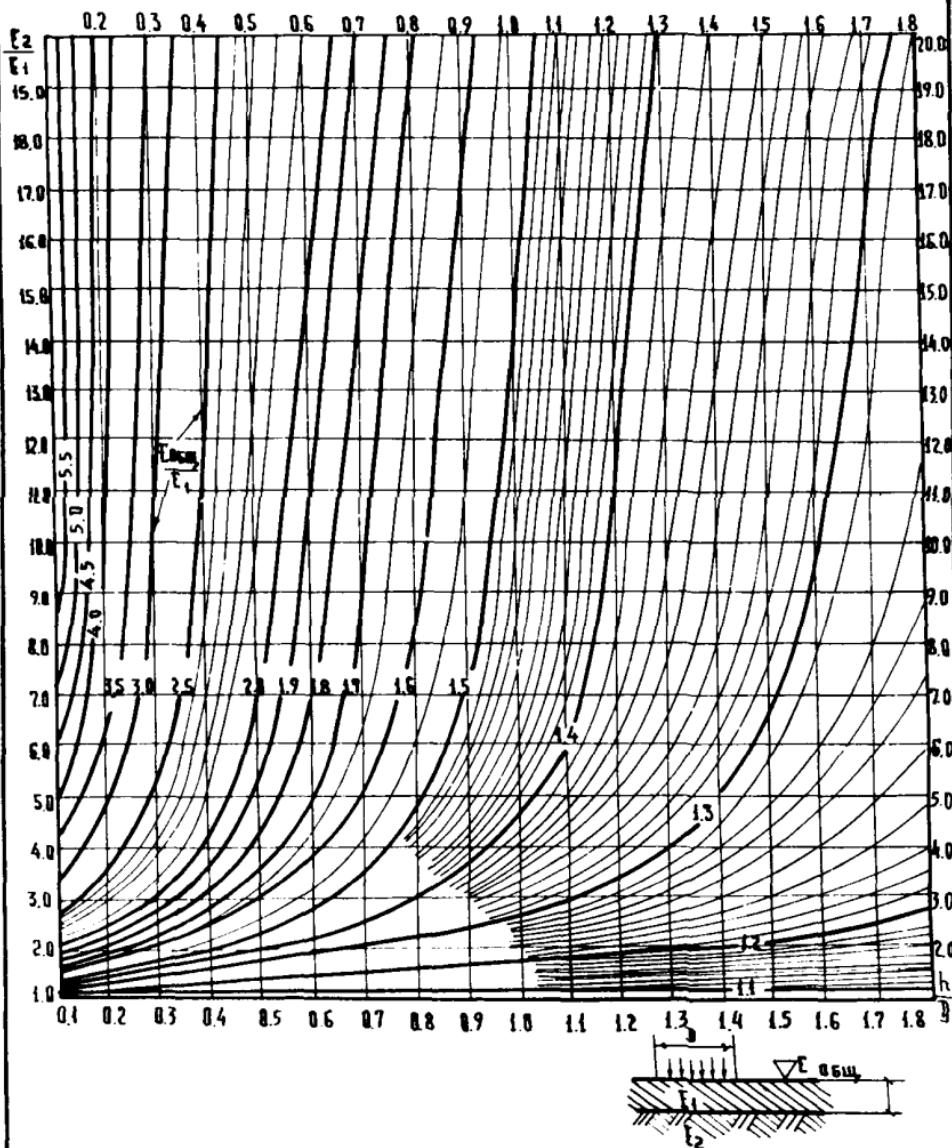


Рис. 4.2 Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы $E_{общ}$ при $E_2 > E_1$

где $K_{\text{пр}}$ - значение коэффициента прочности, принимаемое в соответствии с таблицей 1.2;

$T_{\text{доп}}$ - допускаемое напряжение сдвига, определяемое по формуле (3.9);

T - активное напряжение сдвига в грунте от действующей нагрузки, определяемое по nomogramme 4.3.

4.2.2. Расчет дорожных одежд по сдвигу в грунте или слабо-связных материалах осуществляют в следующей последовательности:

для выбранной конструкции определяют отношения $\frac{E_{\text{ср}}}{E_{\text{гр}}}$ и $\frac{H}{D}$,

где H - общая толщина дорожной одежды или суммарная толщина конструктивных слоев, лежащих выше рассматриваемого слоя;

D - диаметр отпечатка для принятой расчетной нагрузки; определяют удельное напряжение сдвига в зависимости от $E_{\text{ср}}/E_{\text{гр}}$,

H/D и угла внутреннего трения грунта или материала по nomogramme на рис. 4.3. ($E_{\text{ср}}$ - средневзвешенный модуль упругости слоев дорожной одежды, определяемый по формуле (2.2); $E_{\text{гр}}$ - модуль упругости грунта);

определяют фактическое напряжение сдвига от подвижной нагрузки по формуле:

$$\tau_n = \bar{\tau}_n \cdot P, \quad (4.3)$$

где P - расчетное давление на покрытие, МПа;

по nomogramme на рис. 4.4 определяют напряжение от собственного веса конструкции τ_e в зависимости от H и φ ;

полное значение сдвигающего напряжения вычисляют по формуле:

$$T = \tau_n + \tau_e. \quad (4.4)$$

4.2.3. Если $K_{\text{пр}} > T_{\text{доп}}/T$, то следует либо увеличить толщину какого-либо слоя или несколько слоев одежды, либо увеличить средневзвешенный модуль упругости одежды $E_{\text{ср}}$ путем замены материала какого-либо слоя материалом с более высоким модулем упругости, либо заменить или укрепить грунт земляного полотна.

Если $T_{\text{доп}}/T > K_{\text{пр}}$ и необходимая толщина дорожной одежды не диктуется прочими условиями (критерий упругого прогиба, растяжение при изгибе), то следует уменьшить толщину слоя (или слоев) или использовать материалы с меньшими модулями упругости.

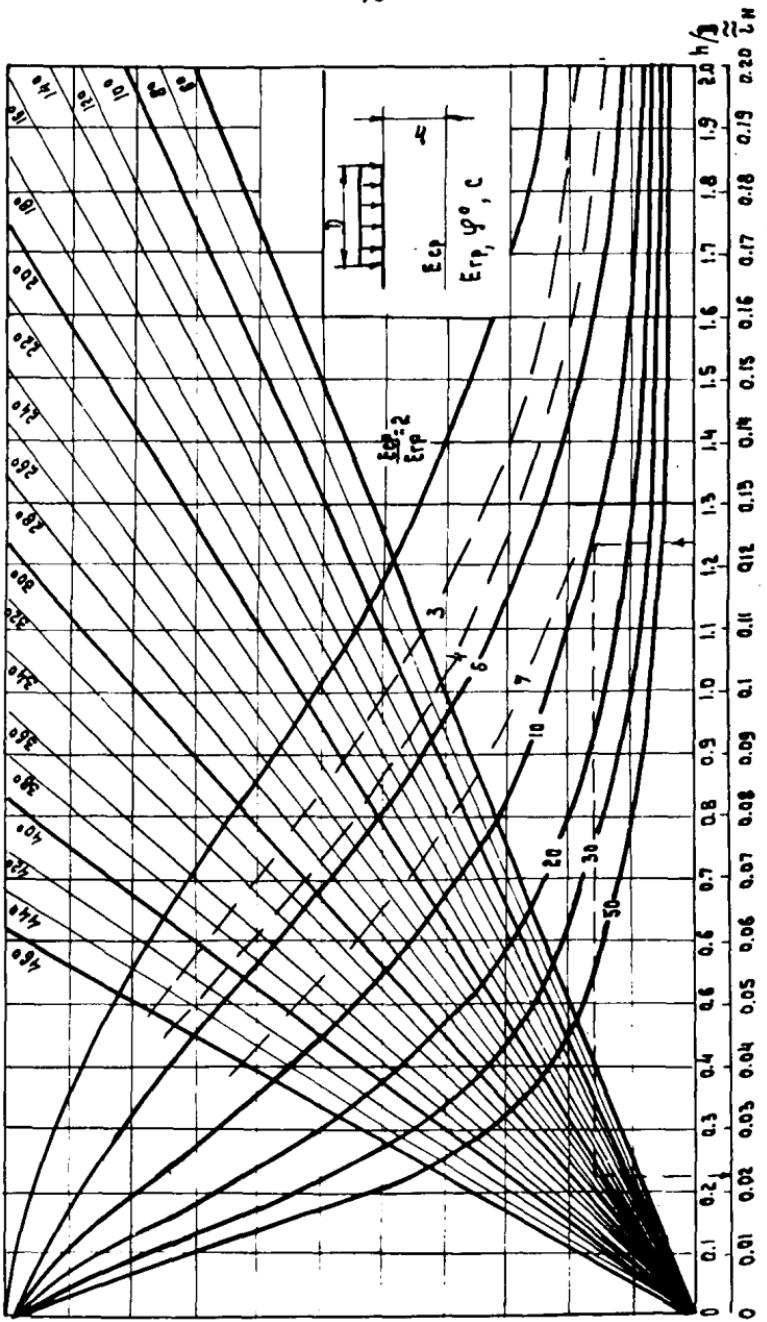


Рис. 4.3. Номограмма для определения активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы (при $h/D = 0 \div 2,0$).

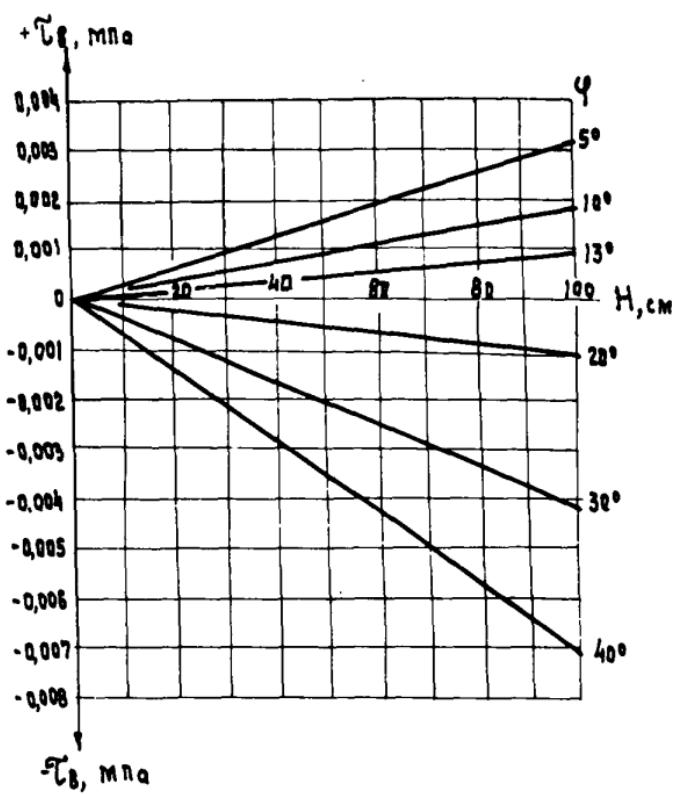


Рис. 44 Номограмма для определения активного напряжения сдвига τ_s от собственного веса дорожной одежды.

Расчет считается законченным, если соблюдается условие:

$$\frac{T_{\text{доп}} - T \cdot K_{\text{пр}}}{T_{\text{доп}} K_{\text{пр}}} \leq 0,03.$$

4.3. Расчет дорожных одежд по растягивающим напряжениям при изгибе

4.3.1. В монолитных слоях дорожной одежды (асфальтобетон, дегтебетон, материалы и грунты, укрепленные комплексными и неорганическими вяжущими) трещины не возникают, если

$$K_{\text{пр}} \leq R_{\text{доп}} / \sigma_t, \quad (4.5)$$

где $K_{\text{пр}}$ - требуемое значение коэффициента прочности на растяжение при изгибе с учетом заданного уровня надежности, принимаемое в соответствии с таблицей I.2;

σ_t - наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, определяемое по nomogrammам на рис. 4.5, 4.6;

$R_{\text{доп}}$ - предельное допускаемое растягивающее напряжение материала слоя с учетом усталостных явлений.

4.3.2. Расчет верхних монолитных слоев на растяжение при изгибе осуществляется в следующей последовательности:

по nomogramme на рис. 4.5 определяют максимальное растягивающее напряжение в покрытии σ_t от единичной нагрузки в зависимости от h_i/D и $E_{\text{ср.а/б}}/E_{\text{осн}}$,

где h_i/D - относительная толщина одно- или двухслойного покрытия; $E_{\text{ср.а/б}}$ - средний модуль упругости верхних монолитных слоев покрытия, определяемый по формуле:

$$E_{\text{ср.а/б}} = \frac{E_1 h_1 + E_2 h_2 + E_3 h_3 + \dots + E_n h_n}{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}, \quad (4.6)$$

где D - диаметр отпечатка одиночного или спаренного колеса, см; $E_{\text{осн}}$ - общий модуль упругости на поверхности основания, определяемый с помощью nomogramm на рис. 4.1, 4.2; при определении $E_{\text{осн}}$ следует использовать диаметр отпечатка D_p ;

вычисляют фактическое растягивающее напряжение σ_t по формуле:

для одиночного колеса $\sigma_t = \bar{\sigma}_t \cdot P$;

для спаренного колеса $\sigma_t = 0,85 \cdot \bar{\sigma}_t \cdot P$,

$$(4.7)$$

где P - расчетное давление на покрытие, МПа;

определяют допускаемое растягивающее напряжение при изгибе асфальтобетона $R_{\text{доп}} = R_p$ в соответствии с п. 3.7.

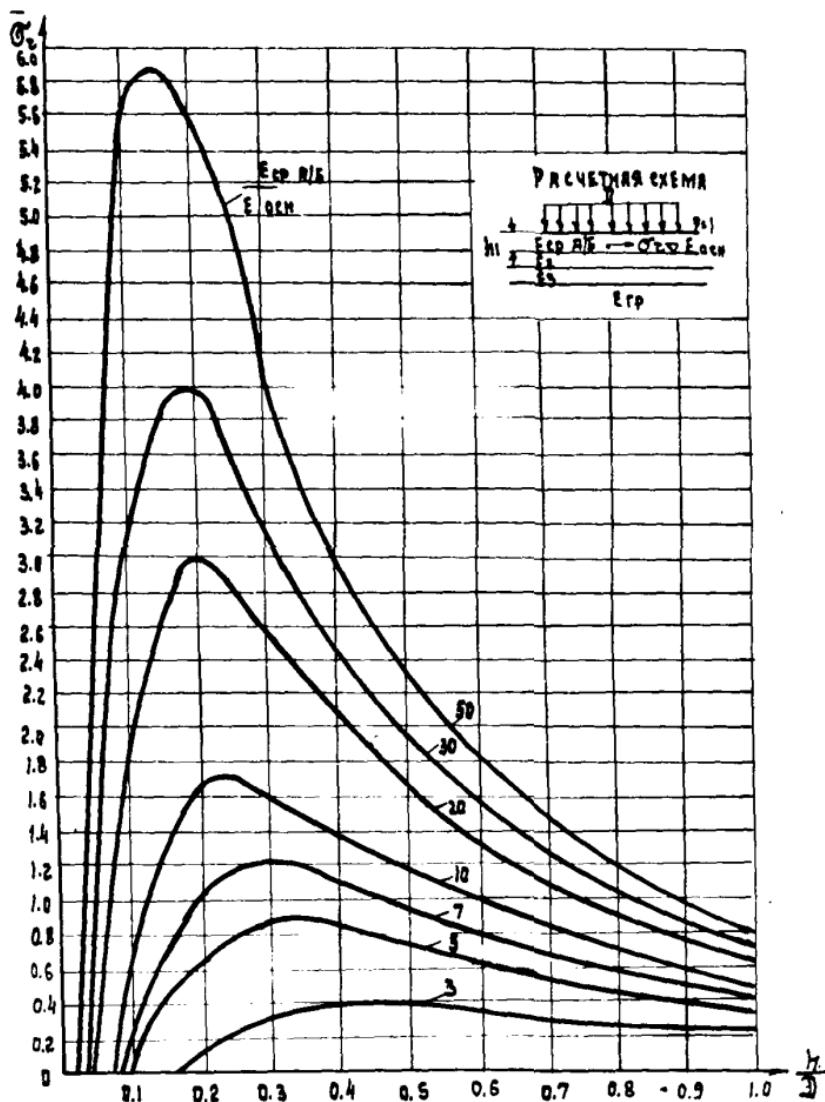


Рис.4.5. Номограмма для определения растягивающего напряжения σ_0 в верхнем слое дорожной одежды.

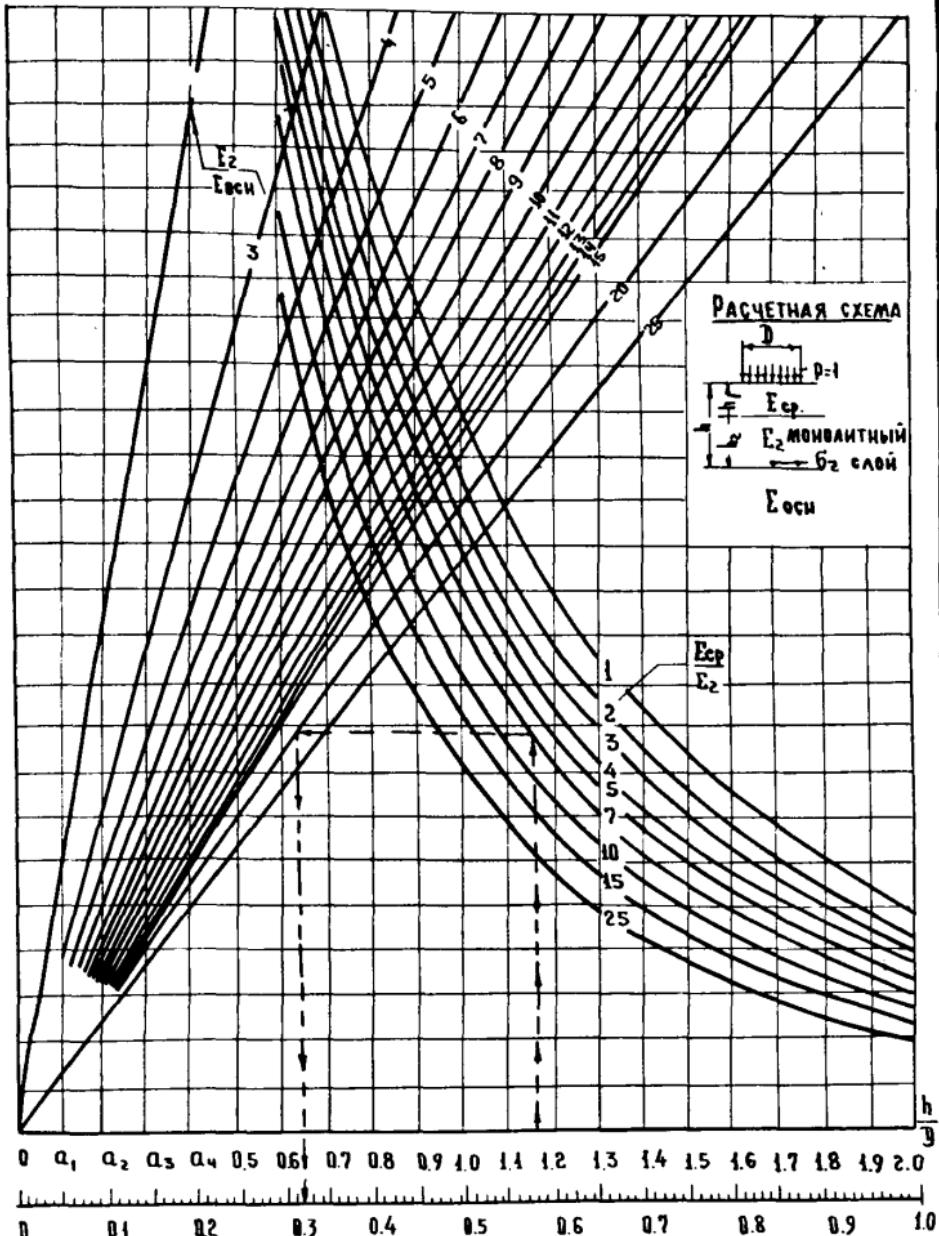


Рис. 4.6 Номограмма для определения растягивающего напряжения σ_2 в промежуточном монолитном слое дорожной одежды.

Если $\frac{R_p \cdot K_{np}}{S_2} \geq K_{np}$, то конструкцию считают удовлетворяющей требованиям прочности на растяжение при изгибе. В противном случае нужна корректировка толщин слоев.

4.3.3. Расчет промежуточных монолитных слоев ведут в следующем порядке:

определяют по формуле (2.2) средневзвешенный модуль упругости конструктивных слоев, лежащих выше рассчитываемого монолитного слоя;

определяют общий модуль упругости на поверхности основания, подстилающего рассчитываемый монолитный слой, используя для этого номограмму на рис. 4.1 и 4.2;

по номограмме на рис. 4.6 находят растягивающее напряжение от единичной нагрузки в рассчитываемом слое и по формуле (4.7) вычисляют фактическое растягивающее напряжение.

Далее расчет ведется в той же последовательности, что для верхних монолитных слоев.

Расчет считается законченным, если выполняется условие:

$$\frac{R_p \cdot K_{np} - \sigma_2}{R_p \cdot K_{np}} = 0,03.$$

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ ОДЕЖД НА СУЩЕСТВУЮЩИХ ДОРОГАХ

5.1. Усиление дорожной одежды необходимо, если при расчете существующей конструкции по любому из трех критериев значение коэффициента прочности оказывается меньшим, чем указано в таблице I.2.

Усиление следует предусматривать и в случаях, когда по результатам оценки прочности одежды с учетом дальнейшего роста интенсивности движения можно ожидать прогрессирующего разрушения конструкции.

5.2. Проектирование усиления необходимо осуществлять на основе материалов изысканий, содержащих результаты измерения толщин всех конструктивных слоев одежды, характеристику их состояния и качества, сведения о виде грунта земляного полотна и об условиях его увлажнения. Оценку прочности существующей дорожной одежды производят в соответствии с указаниями п. 3.

5.3. Толщины слоев усиления следует назначать на основе расчета по сопротивлению растяжению при изгибе и сопротивлению сдвигу всех слабосвязных слоев и грунта земляного полотна.

Тип нового покрытия не должен быть менее совершенным, чем

покрытие усиливаемой одежды.

5.4. Толщины слоев усиления существующей дорожной одежды не должны быть менее величин, указанных в таблице I.I. Если, по данному расчета, слой усиления должен иметь толщину менее указанной в таблице I.I, но большие половины этой величины, то следует принять толщину по таблице или рассмотреть вариант применения другого материала, из которого можно устраивать более тонкий слой. Если необходимая толщина слоя усиления из материала, содержащего органическое вяжущее, меньше половины значения, указанного в таблице I.I, то достаточно предусмотреть устройство поверхностной обработки после производства ямочного ремонта проезжей части.

5.5. В случае, если результаты расчета существующей одежды показывают, что необходимо усиление конструкции, вычисленные значения при повторном расчете Q_i^3 и D_i^3 можно оставить без изменения (с учетом слоя усиления).

ПРИЛОЖЕНИЕ I.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Пример I. Требуется запроектировать конструкцию одежды внутривнешней автомобильной дороги, по которой предполагается движение транспортных средств ЧМЗАП-8390 с тягачами МАЗ-7310 (интенсивность движения - 30 ед./сут.). Кроме того, в состав движения входят автомобили: ЗИЛ-130-76 (с интенсивностью 200 ед./сут.), МАЗ-5549 (100 ед./сут.), КрАЗ-256Б1 (70 ед./сут.).

Полная масса груженого транспортного средства ЧМЗАП-8390 740 кН. Нагрузка на колеса $Q_k = \frac{740}{16} = 46,25$ кН. Давление воздуха в шинах - 0,5 МПа.

Распределение полной массы по осям тягача МАЗ-7310: на переднюю ось - 105,75 кН; на заднюю ось - 115,0 кН. Нагрузка на колеса передней оси $Q_k^{\text{Пер}} = \frac{105,75}{2} = 52,87$ кН; задней оси $Q_k^{\text{Задн.}} = \frac{115,0}{2} = 57,5$ кН. Давление воздуха в шинах - 0,38 МПа.

Автомобильная дорога расположена в II дорожно-климатической зоне. Местность по условиям увлажнения относится к I-му типу. Грунт земляного полотна - супесь легкая.

Назначаем предварительно конструкцию дорожной одежды:

5 см - плотный асфальтобетон I марки, горячий, на битуме БНД-130/200;

10 см - пористый асфальтобетон, горячий, на битуме БНД-130/200;

30 см - фракционированный щебень из прочных осадочных пород.

Расчетные характеристики материалов и грунта принимаются в соответствии с табл. 3.6, 3.9-3.12:

модули упругости асфальтобетона верхнего слоя покрытия: при расчете по упругому прогибу (при температуре покрытия $t = 10^\circ\text{C}$) $E_1 = 1500$ МПа; при расчете по сопротивлению сдвигу (при расчетной температуре покрытия для II дорожно-климатической зоны $t = 20^\circ\text{C}$) $E_1 = 800$ МПа;

при расчете на изгиб $E_1 = 2600$ МПа;

Модули упругости асфальтобетонного нижнего слоя покрытия при расчете по упругому прогибу (при $t = 10^\circ\text{C}$) $E_2 = 1100$ МПа; при расчете по сопротивлению сдвигу (при $t = 20^\circ\text{C}$) $E_2 = 590$ МПа; при расчете на изгиб $E_2 = 1800$ МПа;

модуль упругости фракционированного щебня $E_3 = 300$ МПа;
 расчетная влажность грунта (по формуле 3.1) $W_p = 0,55 (1 +$
 $+ 1,7 \cdot 0,1) W_t = 0,64 W_t$; характеристики грунта: $E_{gr} = 53$ МПа; $\psi_{gr} =$
 $= 36^\circ$, $C_{gr} = 0,013$ МПа.

Определяем по формуле (2.2) средневзвешенный модуль упругости дорожной одежды:

$$E_{cp} = \frac{1500 \cdot 5 + 1100 \cdot 10 + 300 \cdot 30}{5 + 10 + 30} = 611 \text{ МПа.}$$

$$\text{Вычисляем отношение: } E_{cp}/E_{gr} = 611/53 = 11,5.$$

Требуемый уровень надежности для данной дороги $K_H = 0,95$ (см. табл. I.2). Коэффициенты прочности по всем критериям расчета, соответствующие требуемому уровню надежности, принимаем $K_{\text{пр}} \geq I$.

Расчет дорожной одежды осуществляется в следующем порядке:

I. Определяем суммарный коэффициент приведения "расчетной нагрузке для транспортного средства ЧМЗАП-8390.

Диаметр круга, равновеликого отпечатку движущегося колеса, определяем по формуле (2.3):

$$D_v = \sqrt{\frac{40 \cdot I \cdot I \cdot 46,25}{3,14 \cdot 0,5}} = 36,0 \text{ см}$$

$$\text{Вычисляем отношение: } \frac{H}{D_v} = \frac{45}{36} = 1,25, \text{ где}$$

H - суммарная толщина слоев дорожной одежды.

По формуле (2.1) вычисляем эквивалентные "колесные нагрузки" Q_i^3 для каждой оси ЧМЗАП-8390.

Для I-ой оси:

определяем отношение расстояния ζ_{1-2} между первой и второй осью "диаметру D_v :

$$\frac{\zeta_{1-2}}{D_v} = \frac{155}{36} = 4,3;$$

по nomogramme на рис. 2.1 для значений $\frac{\zeta_{1-2}}{D_v} = 4,3$:

$$\frac{I}{D_v} = 1,25; \frac{E_{cp}}{E_{gr}} = 11,5 \text{ находим коэффициент } g_{1-2}^+ = 0,06;$$

определяем отношение расстояния ζ_{1-3} между первой и третьей осью "диаметру D_v :

$$\frac{\zeta_{1-3}}{D_v} = \frac{155 + 230}{36} = 10,7;$$

с учетом nomogramme на рис. 2.1 принимаем коэффициент $g_{1-3}^+ = 0$;

следовательно, влиянием колес третьей и четвертой осей на напряжения и деформации под расчетным колесом первой оси можно пренебречь;

определяем отношения расстояний от 2-го колеса первой оси до остальных колес этой оси "диаметру D' и по nomogramme на рис.

2.3 находим значения "коэффициентов q :

$$\frac{\zeta_1}{D'} = \frac{93}{36} = 2,58; q_1 = 0,18;$$

$$\frac{\zeta_3}{D'} = \frac{85}{36} = 2,36; q_3 = 0,22;$$

$$\frac{\zeta_4}{D'} = \frac{178}{36} = 4,94; q_4 = 0.$$

Подставляя найденные значения "коэффициентов в формулу (2.1), определяем эквивалентную колесную нагрузку для первой оси:

$$Q_1^3 = 46,25 \cdot 1,1 \cdot (0,06+1)(0,18+0,22+1) = 75,50 \text{ кН.}$$

Для 2-ой оси:

по nomogramme на рис. 2.2 для отношений $\frac{H}{D'} = 1,25$;

$\frac{E_{ср}}{E_{гр}} = 11,5$ и $\frac{\zeta_{1-2}}{D'} = 4,3$ находим значение "коэффициента

$$q_{2-1} = 0,13;$$

определяем отношение расстояния ζ_{2-3} между второй и третьей осью "диаметру D' :

$$\frac{\zeta_{2-3}}{D'} = \frac{230}{36} = 6,4;$$

по nomogramme на рис. 2.1 определяем значение "коэффициента $q_{2-3}^3 = 0$; следовательно, влиянием колес третьей и четвертой осей можно пренебречь;

"коэффициенты q для второй оси принимаем те же, что для первой оси (вследствие равенства расстояний между колесами на каждой оси):

$$q_1 = 0,18; q_3 = 0,22; q_4 = 0;$$

определяем по формуле (2.1) эквивалентную колесную нагрузку для второй оси:

$$Q_2^3 = 46,25 \cdot 1,1 (0,13+1)(0,18+0,22+1) = 80,49 \text{ кН.}$$

Для 3-ей оси:

для $\frac{\zeta_{2-3}}{D'} = \frac{230}{36} = 6,4; \frac{H}{D'} = 1,25$ и $\frac{E_{ср}}{E_{гр}} = 11,5$

по nomogramme на рис. 2.2 находим $q_{3-2} = 0$;

$$\text{для } \frac{z_{1-3}}{D} = \frac{385}{36} = 10,69; \quad g_{3-1}^- = 0;$$

$$\text{для } \frac{z_{3-4}}{D} = \frac{130}{36} = 3,61; \quad g_{3-4}^+ = 0,12;$$

эквивалентная "колесная нагрузка" по формуле (2.1) составит:

$$Q_3^3 = 46,25 \cdot 1,1(0,12+1)(0,18+0,22+1) = 79,77 \text{ кН.}$$

Для 4-ой оси:

$$\frac{z_{1-4}}{D} = \frac{515}{36} = 14,3; \quad g_{4-1}^- = 0;$$

$$\frac{z_{2-4}}{D} = \frac{360}{36} = 10,0; \quad g_{4-2}^- = 0;$$

$$\frac{z_{3-4}}{D} = \frac{130}{36} = 3,61; \quad g_{4-3}^- = 0,21;$$

$$Q_4^3 = 46,25 \cdot 1,1(0,21+1)(0,18+0,22+1) = 86,19 \text{ кН.}$$

Так как "колесная нагрузка" СТАС $Q_i < 65 \text{ кН}$ (см. таблицу I приложения 2), то осуществляем приведение осевых эквивалентных нагрузок к расчетной нагрузке группы А ($Q_p = 65 \text{ кН}$; $p = 0,6 \text{ МПа}$). Для этого по формуле (2.4) для каждой оси СТАС определяем значения эквивалентных диаметров D_i^3 , а затем по отношениям H/D_i^3 и при $H=45 \text{ см}$ по графику (рис. 2.4) находим "коэффициенты приведения":

$$H/D_1^3 = \frac{45}{43,9} = 1,02; \quad S_1 = 8,9;$$

$$H/D_2^3 = \frac{45}{45,3} = 1,0; \quad S_2 = 10,0;$$

$$H/D_3^3 = \frac{45}{45,1} = 1,0; \quad S_3 = 10,0;$$

$$H/D_4^3 = \frac{45}{46,9} = 0,96; \quad S_4 = 11,9.$$

По графику на рис. 2.6 находим для $p=0,5 \text{ МПа}$ значение поправочного "коэффициента": $K = 0,11$.

Суммарный "коэффициент приведения":

$$S_{\text{чмзап}} = 0,11(8,9+10,0+10,0+11,9) = 4,49.$$

2. Определяем суммарный "коэффициент приведения" к расчетной нагрузке для тягача МАЗ-7310. Схема расположения колес тягача приведена в Приложении I, рис. I.

Диаметр круга, равновесного отпечатку движущегося колеса: для колес передних осей $D_{\text{пер.}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 1,1 \cdot 5287}{3,14 \cdot 0,38}} = 44,1 \text{ см};$

54

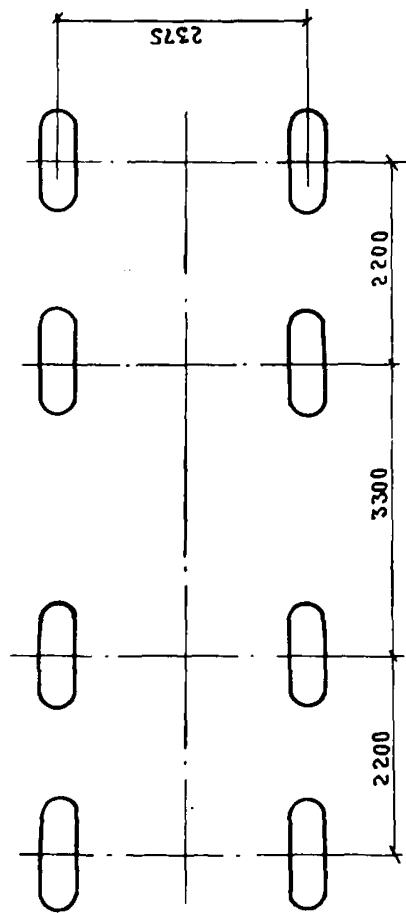


Рис. 5. Схема расположения колес тягача МАЗ-7310.

для колес задних осей $D_{\text{задн.}} = \sqrt{\frac{40 \cdot I \cdot I \cdot 5750}{3,14 \cdot 0,38}} = 46,0 \text{ см.}$

$$\frac{H}{D_{\text{пер.}}} = \frac{45}{44,1} = 1,02; \quad \frac{H}{D_{\text{задн.}}} = \frac{45}{46} = 0,98; \quad \frac{E_{\text{ср}}}{E_{\text{гр}}} = 11,5.$$

По номограммам на рис. 2.1, 2.2 определяем значения коэффициентов влияния q^+ и q^- :

$$\frac{\gamma_{1-2}}{D_{\text{пер.}}} = \frac{220}{44,1} = 5,0; \quad q_{1-2}^+ = 0; \quad q_{1-2}^- = 0,07;$$

Дпер. 44,1

$$\frac{\gamma_{3-4}}{D_{\text{задн.}}} = \frac{220}{46} = 4,78; \quad q_{3-4}^+ = 0,005; \quad q_{3-4}^- = 0,08;$$

Дзадн. 46

$$\frac{\gamma_{2-3}}{D_{\text{пер.}}} = \frac{330}{44,1} = 7,48; \quad q_{2-3}^+ = 0;$$

Дпер. 44,1

$$\frac{\gamma_{2-3}}{D_{\text{задн.}}} = \frac{330}{46} = 7,17; \quad q_{2-3}^- = 0.$$

Дзадн. 46

По номограмме на рис. 2.3 находим значения коэффициентов q :

$$\text{для передних осей } \frac{\gamma}{D_{\text{пер.}}} = \frac{237,5}{44,1} = 5,38; \quad q = 0;$$

$$\text{для задних осей } \frac{\gamma}{D_{\text{задн.}}} = \frac{237,5}{46,0} = 5,16; \quad q = 0.$$

Эквивалентные осевые колесные нагрузки определяются по формуле (2.1):

$$Q_1^3 = 52,875 \cdot I \cdot I \cdot (0+I) \cdot (0+I) = 58,16 \text{ кН};$$

$$Q_2^3 = 52,875 \cdot I \cdot I \cdot (0,07+I) \cdot (0+I) = 62,23 \text{ кН};$$

$$Q_3^3 = 57,50 \cdot I \cdot I \cdot (0,005+I) \cdot (0+I) = 63,57 \text{ кН};$$

$$Q_4^3 = 57,50 \cdot I \cdot I \cdot (0,08+I) \cdot (0+I) = 68,31 \text{ кН.}$$

Колесная нагрузка тягача $Q_k < 65 \text{ кН}$. Поэтому осуществляем приведение осевых эквивалентных нагрузок к расчетной нагрузке группы А.

$$\frac{H}{D_1^3} = \frac{45}{44,2} = 1,02; \quad S_1 = 8,9;$$

$$\frac{H}{D_2^3} = \frac{45}{45,7} = 0,98; \quad S_2 = 10,6;$$

$$\frac{H}{D_3^3} = \frac{45}{46,2} = 0,97; \quad S_3 = 11,5;$$

$$\frac{H}{D_4^3} = \frac{45}{47,8} = 0,94; \quad S_4 = 13,7.$$

По графику на рис. 2.6 находим для $p=0,38 \approx 0,4 \text{ МПа}$ значение поправочного коэффициента: $K=0,026$. Суммарный коэффициент приве-

дения для тягача: $S_{\text{МАЗ}-310} = 0,026 \cdot (8,9 + 10,6 \cdot 11,5 \cdot 13,7) = 1,16$.

3. По таблице 2 приложения 2 находим суммарные "коэффициент приведения воздействия от остальных транспортных средств на дорожную одежду" к расчетной нагрузке группы А:

$$S_{\text{ЗИЛ}-130} = 0,20; S_{\text{МАЗ}-5549} = 1,06; S_{\text{КрАЗ}-256} = 3,48.$$

4. По формуле (2.5) вычисляем приведенную интенсивность расчетной нагрузки:

$$N_p = 0,55(30 \cdot 4,49 + 30 \cdot 1,16 + 200 \cdot 0,20 + 100 \cdot 1,06 + 70 \cdot 3,48) = 308 \text{ ед/с}$$

5: Рассчитываем дорожную одежду по величине упругого прогиба

Расчет ведем послойно снизу вверх с помощью nomogramma на рис. 4.1, в результате чего получаем общий модуль упругости $E_{\text{общ}}$ на поверхности покрытия (этапы расчета сведены в табл. I).

Таблица I.

Материал слоя	Модуль уп- ругости E_i , МПа	Толщина слоя h_i , см	$\frac{h_i}{D_p}$	Общий модуль уп- ругости на поверх- ности слоя $E_{\text{общ}}$, МПа
Асфальтобетон плотный	1500	5	0,135	240
Асфальтобетон пористый	1100	10	0,27	198
Фракционирован- ный щебень	300	30	0,81	132
Грунт-супесь легкая	53	-	-	53

Примечание. В таблице $D_p = 37$ см – диаметр круга, равновеликого отпечатку колеса расчетного автомобиля.

По формуле (3.7) определяем величину требуемого модуля упругости дорожной одежды:

$$E_{\text{тр}} = 684(308) + 57 = 226 \text{ МПа.}$$

Вычисляем коэффициент прочности по упругому прогибу:
 $E_{\text{общ}}/E_{\text{тр}} = \frac{240}{226} = 1,06$, что несильно больше минимального требуемого значения $\kappa_{\text{пр}} = 1,0$.

6. Рассчитываем конструкцию по сопротивлению сдвигу в грунте. Для этого вычисляем по формуле (2.2) средневзвешенный модуль упругости дорожной одежды:

$$E_{\text{ср}} = \frac{800 \cdot 5 + 550 \cdot 10 + 300 \cdot 30}{45} = 420 \text{ МПа.}$$

По отношениям $E_{ср}/E_{гр} = \frac{420}{53} = 7,9$; $h/d_p = \frac{45}{37} = 1,2$ и при $\psi_{гр} = 36^\circ$

с помощью номограммы (рис. 4.3) находим удельное напряжение сдвига $\bar{\tau}_h = 0,018$; отсюда

$$\tau_h = \bar{\tau}_h \cdot p = 0,018 \cdot 0,60 = 0,0108 \text{ МПа.}$$

По номограмме (рис. 4.4) определяем напряжение сдвига от собственного веса одежды при ее толщине $h = 45 \text{ см}$ и $\psi_{гр} = 36^\circ$:

$$\tau_b = 0,0028 \text{ МПа. Суммарное напряжение сдвига в грунте } T = \tau_h + \tau_b = 0,0108 + 0,0028 = 0,0136 \text{ МПа.}$$

По формуле (3.9) вычисляем допустимое сдвигающее напряжение в грунте:

$$T_{доп} = C_{гр} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0,013 \cdot 0,6 \cdot 0,96 \cdot 1,5 = 0,0112 \text{ МПа,}$$

где по формуле (3.10) $K_2 = -0,345 \sqrt{308} + 1,816 = 0,96$.

$T_{доп}/T = \frac{0,0112}{0,0136} = 1,4$, что больше минимального требуемого значения $K_{гр} = 1,0$.

7. Рассчитываем асфальтобетонные слои на сопротивление растяжению при изгибе.

Средневзвешенный модуль упругости асфальтобетонных слоев дорожной одежды:

$$E_{ср. а/б} = \frac{2600 \cdot 5 + 1800 \cdot 10}{5 + 10} = 2067 \text{ МПа}$$

Общий модуль упругости на поверхности основания (см. табл. I) $E_{осн} = 132 \text{ МПа.}$

$$\text{По отношениям } \frac{E_{ср. а/б}}{E_{осн}} = \frac{2067}{132} = 15,6 \text{ и } \frac{h}{d_p} = \frac{5 + 10}{37} = 0,4$$

с помощью номограммы на рис. 4.5 находим, что $\bar{\sigma}_z = 1,75$

Растягивающее напряжение при изгибе асфальтобетона определяется по формуле (4.7):

$$\sigma_z = 1,75 \cdot 0,6 = 1,05 \text{ МПа.}$$

По формуле (3.4) вычисляем коэффициент усталости:

$$K_y = \left(\frac{308}{1000} \right)^{-0,16} = 1,21.$$

Допустимое растягивающее напряжение определяем по формуле (3.3):

$$R_{доп} = R_p = 0,9(1 - 1,71 \cdot 0,01) \cdot 1,21 \cdot 1,0 = 1,20 \text{ МПа.}$$

$R_{\text{доп}} = \frac{1,20}{1,05} = 1,14$, что больше минимального требуемого значения $K_{\text{пр}} = 1,0$.

Следовательно, выбранная конструкция дорожной одежды удовлетворяет всем критериям прочности.

Пример 2. Требуется запроектировать конструкцию одежды автомобильной дороги, по которой предусмотрена перевозка тяжеловесного оборудования на СТАС ВНИИМСС-250 с тягачом МАЗ-7310.

Полная масса груженого транспортного средства - 2966,6 т. Нагрузка на колесо - 123,6 т. Давление воздуха в шинах прицепа - 1,0 МПа. Схема расположения колес приведена на рис. 12,6 Приложения 3.

Распределение полной массы по осям тягача МАЗ-7310: на переднюю ось - 105,75 т, на заднюю ось - 115,0 т. Нагрузка на колесо: передней оси - 52,87 т; задней оси - 57,5 т. Давление воздуха в шинах тягача - 0,38 МПа.

Грунт земляного полотна - суглиночный тяжелый.

На основании результатов испытаний грунта, проведенных непосредственно перед перевозкой, установлено значение влажности грунта: $W_p = 0,74 W_t$.

В зависимости от значения W_p по таблице 3.6 принимаем расчетные характеристики грунта: модуль упругости $E_{\text{гр}} = 35$ МПа; угол внутреннего трения $\varphi_p = 15^\circ$; сцепление $C_{\text{гр}} = 0,016$ МПа.

Предварительно назначаем конструкцию дорожной одежды: 21 см - фракционированный щебень из изверженных пород, уложенный по способу захлики; модуль упругости щебня $E_I = 350$ МПа.

По формуле (2.3) определяем диаметр круга, равновеликого отпечатку колеса ВНИИМСС-250:

$$D_u = \sqrt{\frac{40 \cdot 1,1 \cdot 123,6}{3,14 \cdot 1,0}} = 41,6 \text{ см.}$$

Вычисляем отношения: $E_I/E_{\text{гр}} = \frac{350}{35} = 10$ и $H/D_u = \frac{21}{41,6} \approx 0,5$.

По таблице 1 приложения 2 находим для вычисленных отношений $E_I/E_{\text{гр}}$ и H/D_u значения наибольшей эквивалентной нагрузки и эквивалентного диаметра для ВНИИМСС-250: $Q_{\text{max}}^3 = 160,4$ т; $D_{\text{max}}^3 = 45,2$ см.

Диаметр круга, равновеликого отпечатку колеса тягача МАЗ-7310, в среднем составляет 45 см (см. пример 1).

По таблице I для отношений $E_I/E_{гр} = 10$ и $H/D_k = 21/45 = 0,47 \approx 0,5$ находим для МАЗ-7310 значение $Q_{max}^3 = 63,2 \text{ кН}$.

Таким образом, в качестве расчетной принимаем наибольшую эквивалентную нагрузку для ВНИИМСС-250 $Q_{max}^3 = 160,4 \text{ кН}$.

Рассчитываем дорожную одежду по сопротивлению сдвига в грунте.

По отношениям $E_I/E_{гр} = 10$; $H/D_{max}^3 = \frac{21}{45,2} = 0,46$ и при $\varphi_{гр} = 15^\circ$

с помощью номограммы на рис. 4.3 находим удельное сопротивление сдвига в грунте $\tau_H = 0,109$; отсюда $\tau_H = \tau_H \cdot p = 0,109 \cdot 1,0 = 0,109 \text{ МПа}$.

По номограмме (рис. 4.4) определяем напряжение сдвига от собственного веса одежды при ее толщине $H = 21 \text{ см}$ и $\varphi_{гр} = 15^\circ$: $\tau_\delta \approx 0$. Суммарное напряжение сдвига в грунте $T = \tau_H + \tau_\delta = 0,109 \text{ МПа}$.

Допустимое сдвигающее напряжение:

$T_{доп} = C_{гр} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0,016 \cdot 0,9 \cdot 2,69 \cdot 1,5 = 0,058 \text{ МПа}$,

где K_2 определяется по формуле (3.10); $K_2 = -0,345 \lg \left(\frac{6}{2100} \right) + 2,69$

+ 1,816 = 2,69.

$T_{доп}/T = \frac{0,058}{0,109} = 0,53$, что несколько больше минимального требуемого значения $K_{гр} = 0,50$.

Условие прочности по критерию сопротивления сдвига в грунте выполнено.

Таким образом, толщина дорожной одежды назначена правильно.

Пример 3. Требуется проверить прочность конструкции одежды автомобильной дороги, по которой предполагается разовый проезд груженого транспортного средства ЧМЗАП-5530 с тягачом МАЗ-7310.

Полная масса груженого транспортного средства ЧМЗАП-5530 - 1665 кН. Нагрузка на колесо $Q_k = 70 \text{ кН}$, давление воздуха в шинах $p = 0,675 \text{ МПа}$. Схема расположения колес приведена на рис. 8, б Приложения 3.

Характеристики МАЗ-7310 см. в примерах I, 2. Перевозка будет осуществляться при температуре $t = 10^\circ\text{C}$.

Конструкция существующей дорожной одежды: 4 см - плотный асфальтобетон I марки на битуме БНД-60/90; 8 см - пористый асфальтобетон на битуме БНД-60/90; 30 см - известняковый щебень; 30 см - среднезернистый песок. Грунт земляного полотна - суглиночко-пылеватый. Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды - $K_{гр} \geq 1,0$.

К моменту перевозки автомобильная дорога находилась в эксплуатации 5 лет (при проектном сроке службы 20 лет). Интенсивность воздействия расчетной нагрузки группы А - 500 авт/сут. на полосу.

Диаметр трубы, равновеликого отпечатку движущегося колеса ЧМЗАЛ-5530:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,1 \cdot 10 \cdot 70}{3,14 \cdot 0,675}} = 38,1 \text{ см.}$$

Расчетные значения модулей упругости асфальтобетона принимаем по таблице 3.10 для температуры $t = 10^{\circ}\text{C}$:

асфальтобетона покрытия - $E_1 = 2250 \text{ МПа};$

асфальтобетона основания - $E_2 = 1350 \text{ МПа}.$

Значения модулей упругости щебня и песка принимаются соответственно по таблицам 3.12 и 3.2: $E_3 = 350 \text{ МПа}; E_4 = 120 \text{ МПа}.$

На основании результатов испытаний грунта, проведенных непосредственно перед перевозкой, установлено значение его влажности: $W_p = 0,75 W_t$. В зависимости от значения W_p по таблице 3.6 принимаем расчетные характеристики грунта: модуль упругости $E_{gr} = 38 \text{ МПа}$; угол внутреннего трения $\varphi_{gr} = 15^{\circ}$; сцепление $C_{gr} = 0,013 \text{ МПа}$.

Ввиду невозможности проведения испытаний дорожной конструкции в соответствии с ВСН 46-83 (см. п. 3.6) фактическое состояние материалов конструктивных слоев одежды оценивалось по результатам ее вскрытия. На основании данных обследования дороги приняты следующие значения поправочных коэффициентов (см. таблицу 3.7):

для асфальтобетонных слоев $K_p = 1,0$; $K_b = 1,0$; $K_t = 0,85$; $K_c = 1,0$;

для щебеночного основания и песчаного слоя $K_p = 1,0$; $K_b = 1,0$; $K_t = 1,0$; $K_c = 1,0$.

Определяем по формуле (3.2) фактические значения модулей упругости конструктивных слоев:

асфальтобетона покрытия $E_1 = 2250 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 1912 \text{ МПа};$

асфальтобетона основания $E_2 = 1350 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 1147 \text{ МПа};$

щебеночного основания $E_3 = 350 \text{ МПа};$

песчаного слоя $E_4 = 120 \text{ МПа}; \varphi_4 = 40^{\circ}; C_4 = 0,006 \text{ МПа}.$

По формуле (2.2) определяем средневзвешенный модуль упругости дорожной одежды:

$$E_{cp} = \frac{1912 \cdot 4 + 147 \cdot 8 + 350 \cdot 30 + 120 \cdot 30}{4 + 8 + 30 + 30} = 429 \text{ МПа.}$$

$$\text{Вычисляем отношения: } E_{cp}/E_{gr} = \frac{429}{11,3} = 11,3; \text{ и } h/D^3 = \frac{72}{38,1} = 1,89.$$

По таблице I Приложения 2 находим интерполяцией для вычисленных отношений E_{cp}/E_{gr} и h/D^3 значения наибольшей эквивалентной нагрузки и эквивалентного диаметра для ЧМЗАП-5530: $Q_{max}^3 = 134,3 \text{ Н}$; $D_{max}^3 = 50,3 \text{ см.}$

1. Рассчитываем дорожную одежду по сопротивлению сдвига в грунте земляного полотна.

$$\text{По отношениям } E_{cp}/E_{gr} = 11,3; \text{ и } h/D_{max}^3 = \frac{72}{50,3} = 1,43 \text{ и при}$$

$\varphi_{pr} = 15^\circ$ с помощью номограммы (рис. 4.3) находим удельное напряжение сдвига $\bar{\tau}_h = 0,022$; отсюда $\tau_h = \bar{\tau}_h \cdot p = 0,022 \cdot 0,675 = 0,0148 \text{ МПа.}$

По номограмме (рис. 4.4) определяем напряжение сдвига от собственного веса одежды при ее толщине $H = 72 \text{ см}$ и $\varphi_{pr} = 15^\circ$:

$$\tau_b \approx 0. \text{ Суммарное напряжение сдвига } T = \tau_h + \tau_b = 0,0148 \text{ МПа.}$$

По формуле (3.9) вычисляем допустимое сдвигающее напряжение в грунте:

$$T_{dop} = C_{gr} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0,013 \cdot 0,9 \cdot 1,09 \cdot 1,50 = 0,0191 \text{ МПа,}$$

где по формуле (3.10) $K_2 = -0,345 \lg \left(\frac{5 \cdot 500}{20} \right) + 1,816 = 1,09.$

$$T_{dop}/T = \frac{0,0191}{0,0148} = 1,29 > K_{pr} = 1,0.$$

2. Проверяем прочность конструкции на сопротивление сдвига в песке.

Определяем средний модуль упругости слоев, лежащих выше песчаного:

$$E_{cp} = \frac{1912 \cdot 4 + 147 \cdot 8 + 350 \cdot 30}{4 + 8 + 30} = 650 \text{ МПа.}$$

$$\text{По отношениям } E_{cp}/E_4 = \frac{650}{120} = 5,4 \text{ и } \sum h/D_{max}^3 = \frac{42}{50,3} = 0,83$$

и при $\varphi_{pr} = 40^\circ$ по номограмме на рис. 4.3 находим для песка:

$$\tau_h = 0,034; \quad \tau_h = \bar{\tau}_h \cdot p = 0,034 \cdot 0,675 = 0,0229 \text{ МПа.}$$

По номограмме (рис. 4.4) при $\sum h = 42 \text{ см}$ и $\varphi_{pr} = 40^\circ$ определяем $\tau_b = -0,0028 \text{ МПа.}$

Полное активное напряжение сдвига в песке:

$$T = \tau_h + \tau_b = 0,0229 - 0,0028 = 0,0201 \text{ МПа.}$$

Допускаемое сдвигающее напряжение:

$$T_{\text{доп}} = C_4 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0,006 \cdot 0,9 \cdot 1,09 \cdot 6,0 = 0,0352 \text{ МПа.}$$

$$T_{\text{доп}}/T = \frac{0,0352}{0,0201} = 1,75 > K_{\text{пр}} = 1,0.$$

3. Рассчитываем асфальтобетон на растяжение при изгибе. Средний модуль упругости асфальтообетонных слоев:

$$E_{\text{ср. а/б}} = \frac{1912 \cdot 4 + 1147 \cdot 8}{4 + 8} = 1402 \text{ МПа.}$$

Определяем общий модуль упругости на поверхности основания. Этапы расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2.

Материал слоя	Модуль упругости E_i , МПа	Толщина слоя h_i , см	$h_i D_p$	Общий модуль упругости на поверхности слоя $E_{\text{общ}}$, МПа
Известняковый щебень	350	30	0,6	133
Песок	120	30	0,6	62
Грунт-суглиночный пылеватый	38	-	-	38

Примечание. В таблице $D_p = D_{\text{макс}} = 50,3$ см - диаметр отпечатка, соответствующий максимальной эквивалентной нагрузке $Q_{\text{макс}}$. По отношениям $E_{\text{ср. а/б}}/E_{\text{осн.}} = \frac{1402}{133} = 10,5$ и $\frac{h_i}{D_p} = \frac{12}{38} = 0,32$.

с помощью nomogram на рис. 4.5 находим $\bar{\sigma}_t = 1,65$; отсюда $\sigma_t = \bar{\sigma}_t \cdot p = 1,65 \cdot 0,675 = 1,11 \text{ МПа.}$

Находим среднее сопротивление растяжению при изгибе для асфальтобетона основания по таблице 3.10: $\bar{\sigma}_2 = 0,8 \text{ МПа.}$

По формуле (3.4) определяем коэффициент K_y :

$$K_y = \frac{(5 \cdot 500)^{-0,16}}{20 \cdot 1000} = 1,39.$$

Допускаемое растягивающее напряжение вычисляем по формуле (3.3):

$$\sigma_{\text{доп}} = 0,8 \cdot 1,39 = 1,11 \text{ МПа.}$$

$$\frac{\sigma_{\text{доп}}}{\sigma_t} = \frac{1,11}{1,11} = 1,0, \text{ что равно минимальному требуемому}$$

коэффициенту прочности $K_{\text{пр}} = 1,0.$

Таким образом, прочность существующей дорожной одежды достаточна для прохода груженого транспортного средства ЧМЗАП-5530 с тягачом МАЗ-7310.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ СТАС И
АВТОМОБИЛЕЙ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

I. Шойерле K-100/4; $Q_{\text{K}} = 37,5 \text{ кН}$; $P = 0,7 \text{ МПа}$; $D_{\text{K}} = 27,4 \text{ см}$

$H/D_{\text{K}} = 0,5$

Таблица I.

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_{K}	<u>64,4</u> 4		<u>70,95</u> 4		<u>91,16</u> 4		<u>112,8</u> 1; <u>115</u> 1; <u>117,2</u> 2
H	0,40		0,38		0,33		0,3; 0,3; 0,3
$D_{\text{экв}}$							

$H/D_{\text{K}} = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_{K}	<u>67,6</u> 4		<u>77,96</u> 1	<u>78,7</u> 3	<u>99,4</u> 1	<u>104,4</u> 3	<u>122,4</u> 1; <u>131,9</u> 1; <u>135,4</u> 2
H	0,78		0,72; 0,72		0,65; 0,63		0,58; 0,56; 0,55
$D_{\text{экв}}$							

$H/D_K = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{74,25}{1}; \frac{77,96}{3}$		$\frac{84,98}{1}; \frac{90,9}{3}$		$\frac{109,16}{1}; \frac{122,13}{1}; \frac{123,21}{2}$		$\frac{532,97}{1}; \frac{148,46}{1}; \frac{154,5}{2}$
H	I,II	I,09	I,05	I,02	0,92	0,88	0,86
$D_{экв}$					0,83	0,79	0,78

$H/D_K = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{81,3}{1}; \frac{91,0}{3}$		$\frac{93,6}{1}; \frac{107,7}{3}$		$\frac{118,1}{4}; \frac{136,5}{1}; \frac{139,9}{2}$		$\frac{146,1}{1}; \frac{164,9}{1}; \frac{176,9}{2}$
H	I,43	I,35	I,33	I,24	I,18	I,10	I,08
$D_{экв}$					I,06	0,99	0,96

2. Шайерле K-150/6; $Q_K = 37,5 \text{ кН}$; $P = 0,7 \text{ МПа}$; $D_K = 27,4 \text{ см}$

$H/D_K = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{70,12}{6}$		$\frac{80,44}{6}$		$\frac{101,5}{6}$		$\frac{119,5}{1}; \frac{121,8}{1}; \frac{124,2}{4}$
H	0,38		0,35		0,32		0,29
$D_{экв}$					0,29	0,29	0,29

$$H/\Delta_x = 1,0$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i^3	<u>75,0</u> 6		<u>88,74</u> 6		<u>108,9</u> ; <u>114,3</u> 1 5		<u>127,0</u> ; <u>136,9</u> ; <u>140,6</u> 1 1 4
$\frac{H}{\Delta_{\text{крв}}}$	0,74		0,68		0,62; 0,6		0,57; 0,55; 0,54

$$H/\Delta_x = 1,5$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i^3	<u>85,4</u> ; <u>89,66</u> 1 5		<u>96,1</u> ; <u>102,84</u> 1 5		<u>118,32</u> ; <u>132,4</u> ; <u>133,55</u> 1 1 4		<u>138,17</u> ; <u>153,96</u> ; <u>160,5</u> 1 1 4 96
$\frac{H}{\Delta_{\text{крв}}}$	I,03; I,02		0,98; 0,95		0,89; 0,83; 0,83;		0,82; 0,78; 0,76

$$H/\Delta_x = 2,0$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i^3	<u>93,6</u> ; <u>104,9</u> 1 5		<u>106,0</u> ; <u>121,9</u> 1 5		<u>128,3</u> ; <u>148,2</u> ; <u>151,98</u> 1 1 4		<u>150,6</u> ; <u>169,97</u> ; <u>182,4</u> 1 1 4
$\frac{H}{\Delta_{\text{крв}}}$	I,32; I,25		I,24; I,16		I,13; I,05; I,04		I,04; 0,99; 0,95

3. Шойерле К-175/7; $Q_k = 35,0 \text{ кН}$; $P = 0,7 \text{ МПа}$; $D_k = 26,5 \text{ см}$
 $H/D_k = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	<u>65,44</u> 7		<u>75,07</u> 7		<u>94,73</u> 7		<u>III;5</u> ; <u>II3,7</u> ; <u>II5,9</u> 1 1 5
$\frac{H}{D_{\text{экв}}}$	0,38		0,36		0,32		0,29; 0,29; 0,29

$H/D_k = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	<u>70,0</u> 7		<u>82,07</u> ; <u>82,8</u> 1 6		<u>101,6</u> ; <u>106,7</u> 1 6		<u>118,5</u> ; <u>127,8</u> ; <u>138,8</u> 1 1 5
$\frac{H}{D_{\text{экв}}}$	0,74		0,68; 0,68		0,62; 0,6		0,57; 0,55; 0,54

$H/D_k = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	<u>79,7</u> ; <u>83,7</u> 1 6		<u>89,7</u> ; <u>96,0</u> 1 6		<u>110,4</u> ; <u>123,6</u> ; <u>124,6</u> 1 1 5		<u>128,95</u> ; <u>143,7</u> ; <u>149,8</u> 1 1 5
$\frac{H}{D_{\text{экв}}}$	1,04; 1,02		0,98; 0,95		0,88; 0,83; 0,83		0,82; 0,77; 0,76

$H/D_v = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_v^2	$87,4; 97,9$		$96,9; 113,8$		$119,7; 138,3; 141,8$		$140,6; 158,6; 170,2$
H	$I, 6$		$I, 6$		$I, 5$		$I, 5$
D_{av}	$I, 33; I, 25$		$I, 25; I, 16$		$I, 13; I, 05; I, 03$		$I, 04; 0, 98; 0, 96$

4. ВНИИМСС-150; $Q_v = 81,25 \text{ м}^3/\text{ч}$; $P = 1,0 \text{ МПа}$; $D_v^{2-5} = 33,7$; $D_v^{1,6} = 48,1 \text{ см}$
 $H/D_v = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_v^2	$89,4; 178,8$		$96,5; 97,5; 178,8$		$117,1; 121,8; 178,8$		$132,3; 145,5; 178,8$
H	4		2		2		2
D_{av}	$0,5; 0,5$		$0,48; 0,48; 0,5$		$0,44; 0,43; 0,5$		$0,41; 0,39; 0,5$

$H/D_v = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_v^2	$92,9; 96,7; 178,8$		$101,0; 107,0; 178,8$		$123,3; 138,1; 178,8$		$139,4; 160,3; 178,8$
H	2		2		2		2
D_{av}	$0,98; 0,96; 1,0$		$0,94; 0,91; 1,0$		$0,85; 0,80; 1,0$		$0,80; 0,74; 1,0$

^{*)} цифрами обозначены номера осей.

$H/D_v = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_v^3	<u>98,3</u> ; <u>108,1</u> ; <u>178,8</u>		<u>109,9</u> ; <u>124,2</u> ; <u>178,8</u>		<u>129,6</u> ; <u>152,9</u> ; <u>178,8</u>		<u>145,7</u> ; <u>177,7</u> ; <u>178,8</u>
H	<u>1,43</u> ; <u>1,36</u> ; <u>1,51</u>		<u>1,35</u> ; <u>1,27</u> ; <u>1,51</u>		<u>1,24</u> ; <u>1,14</u> ; <u>1,51</u>		<u>1,17</u> ; <u>1,06</u> ; <u>1,51</u>
D_{av}							

$H/D_v = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_v^3	<u>101,9</u> ; <u>119,2</u> ; <u>178,8</u>		<u>116,2</u> ; <u>140,6</u> ; <u>178,8</u>		<u>137,6</u> ; <u>172,05</u> ; <u>178,8</u>		<u>149,3</u> ; <u>191,05</u> ; <u>178,8</u>
H	<u>1,87</u> ; <u>1,73</u> ; <u>2,0</u>		<u>1,75</u> ; <u>1,59</u> ; <u>2,0</u>		<u>1,61</u> ; <u>1,44</u> ; <u>2,0</u>		<u>1,55</u> ; <u>1,37</u> ; <u>2,0</u>
D_{av}							

5. ВНИИМСС-250; $Q_v = 123,6 \text{ кН}$; $P = 1,0 \text{ МПа}$; $D_v = 41,6 \text{ см}$

$H/D_v = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_v^3	<u>148,2</u> ; <u>135,96</u> ; <u>141,4</u>		<u>160,43</u> ; <u>145,48</u> ; <u>155,66</u>		<u>174,03</u> ; <u>180,83</u> ; <u>202,53</u>		<u>199,96</u> ; <u>203,94</u> ; <u>238,6</u>
H	<u>0,50</u> ; <u>0,49</u> ; <u>0,48</u>		<u>0,48</u> ; <u>0,47</u> ; <u>0,46</u>		<u>0,44</u> ; <u>0,43</u> ; <u>0,41</u>		<u>0,42</u> ; <u>0,4</u> ; <u>0,38</u>
D_{av}							

$H/D\kappa = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q	$\frac{156,35}{2}; \frac{135,96}{2}; \frac{152,27}{2}$		$\frac{165,87}{2}; \frac{156,35}{2}; \frac{179,81}{2}$		$\frac{186,26}{2}; \frac{190,34}{2}; \frac{226,51}{2}$		$\frac{210,74}{2}; \frac{213,0}{2}; \frac{265,83}{2}$
$\frac{H}{D\kappa_B}$	0,94; 1,0; 0,94		0,90; 0,94; 0,87		0,85; 0,84; 0,77		0,8; 0,8; 0,71

$H/D\kappa = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q	$\frac{163,15}{2}; \frac{145,48}{2}; \frac{174,57}{2}$		$\frac{174,57}{2}; \frac{164,51}{2}; \frac{200,57}{2}$		$\frac{197,14}{2}; \frac{199,86}{2}; \frac{251,82}{2}$		$\frac{220,25}{4}; \frac{286,33}{2}$
$\frac{H}{D\kappa_B}$	1,36; 1,45; 1,32		1,32; 1,36; 1,23		1,24; 1,24; 1,10		1,17; 1,03

$H/D\kappa = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q	$\frac{171,31}{2}; \frac{157,71}{2}; \frac{200,3}{2}$		$\frac{180,83}{2}; \frac{179,46}{2}; \frac{231,5}{2}$		$\frac{206,02}{2}; \frac{209,38}{2}; \frac{276,38}{2}$		$\frac{229,77}{4}; \frac{312,49}{2}$
$\frac{H}{D\kappa_B}$	1,78; 1,85; 1,66		1,73; 1,73; 1,53		1,61; 1,61; 1,41		1,53; 1,31

6. ВНИИМСС-500; $Q_{\text{к}} = 200 \text{ кН}$; $P = 1,15 \text{ МПа}$; $D_{\text{к}} = 49,4 \text{ см}$
 $H/D_{\text{к}} = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q	<u>237,6</u> ; <u>242,35</u>		<u>261,8</u> ; <u>272,27</u>		<u>334,27</u> ; <u>337,39</u>		<u>389,31</u> ; <u>396,26</u>
	4	4	4	4	4	4	4
$\frac{H}{D_{\text{к}}}$	0,48; 0,48		0,46; 0,45		0,38; 0,37		0,34; 0,33

$H/D_{\text{к}} = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q	<u>246,6</u> ; <u>266,0</u>		<u>238,29</u> ; <u>304,92</u>		<u>360,58</u> ; <u>376,97</u>		<u>413,82</u> ; <u>428,34</u>
	4	4	4	4	4	4	4
$\frac{H}{D_{\text{к}}}$	0,65; 0,84		0,80; 0,78		0,72; 0,71		0,65; 0,63

$H/D_{\text{к}} = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q	<u>267,39</u> ; <u>303,73</u>		<u>317,15</u> ; <u>356,05</u>		<u>386,85</u> ; <u>421,39</u>		<u>438,94</u> ; <u>476,78</u>
	4	4	4	4	4	4	4
$\frac{H}{D_{\text{к}}}$	1,36; 1,28		1,25; 1,18		1,13; 1,09		1,06; 1,02

$H/D = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{303,16}{4}; \frac{343,2}{4}$		$\frac{344,52}{4}; \frac{392,37}{4}$		$\frac{416,33}{4}; \frac{460,15}{4}$		$\frac{464,68}{4}; \frac{511,94}{4}$
$\frac{H}{D_{\text{экв}}}$	1,71; 1,60		1,60; 1,51		1,45; 1,38		1,38; 1,30

7. ВНИИМСС-600; $Q^v = 220 \text{ МН}$; $P = 1,15 \text{ МПа}$; $D = 51,8 \text{ см}$
 $H/D = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{263,8}{4}; \frac{269,1}{4}$		$\frac{311,0}{4}; \frac{317,1}{4}$		$\frac{386,8}{4}; \frac{394,0}{4}$		$\frac{471,6}{4}; \frac{484,2}{4}$
$\frac{H}{D_{\text{экв}}}$	0,48; 0,47		0,44; 0,44		0,39; 0,39		0,36; 0,35

$H/D = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{293,7}{4}; \frac{308,1}{4}$		$\frac{343,0}{4}; \frac{362,6}{4}$		$\frac{425,9}{4}; \frac{445,3}{4}$		$\frac{517,6}{4}; \frac{540,1}{4}$
$\frac{H}{D_{\text{экв}}}$	0,90; 0,88		0,84; 0,82		0,75; 0,74		0,68; 0,66

$H/D_r = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q	$\frac{327,2}{4}; \frac{364,9}{4}$		$\frac{385,1}{4}; \frac{420,4}{4}$		$\frac{466,2}{4}; \frac{51260}{4}$		$\frac{552,1}{4}; \frac{599,3}{4}$
$\frac{H}{D_{avB}}$	1,28; 1,21		1,18; 1,14		1,08; 1,02		1,0; 0,95

$H/D_r = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q	$\frac{362,5}{4}; \frac{413,3}{4}$		$\frac{415,4}{4}; \frac{465,1}{4}$		$\frac{509,3}{4}; \frac{566,9}{4}$		$\frac{593,2}{4}; \frac{658,05}{4}$
$\frac{H}{D_{avB}}$	1,64; 1,54		1,52; 1,44		1,39; 1,31		1,27; 1,21

6. Комета 41RP; $Q_K = 42,5$ кН; $P = 1,0$ МПа; $D_r = 24,4$ см

$H/D_r = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q	$\frac{88,8}{4}$		$\frac{96,8}{4}$		$\frac{108,6}{4}$		$\frac{119,7}{4}$
$\frac{H}{D_{avB}}$	0,36		0,35		0,33		0,31

$H/D_F = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^2	<u>95,4</u>		<u>103,3</u>		<u>113,1</u>		<u>125,8</u>
	4		4		4		4
$\frac{H}{D_F}$	0,7		0,67		0,64		0,61
$\Delta_{\text{экв}}$							

$H/D_F = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^2	<u>102,8</u>		<u>110,8; 113,0</u>		<u>120,6; 126,6</u>		<u>133,2; 149,2</u>
	4		1 3		1 3		1 3
$\frac{H}{D_F}$	1,01		0,97; 0,96		0,93; 0,91		0,89; 0,84
$\Delta_{\text{экв}}$							

$H/D_F = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^2	<u>111,3; 115,7</u>		<u>117,3; 125,6</u>		<u>129,0; 144,5</u>		<u>140,2; 164,1</u>
	1 3		1 3		1 3		1 3
$\frac{H}{D_F}$	0,97; 0,95		0,95; 0,91		0,9; 0,85		0,86; 0,8
$\Delta_{\text{экв}}$							

9. Ч43АИ-5212А; $Q^* = 23,125 \text{ кг/ч}$; $P = 0,7 \text{ МПа}$; $D^* = 21,5 \text{ см}$
 $H/D^* = 0,5$

E_1/E_2	5	10	20	30
Q^*	$\frac{35,4}{4}$	$\frac{43,0}{4}$	$\frac{54,7}{4}$	$\frac{66,8}{2}; \frac{68,1}{2}$
$\frac{H}{D^* \cdot \nu}$	0,41	0,38	0,34	0,31; 0,3

$H/D^* = 1,0$

E_1/E_2	5	10	20	30
Q^*	$\frac{40,7}{2}; \frac{41,1}{2}$	$\frac{46,3}{2}; \frac{47,7}{2}$	$\frac{59,3}{2}; \frac{64,0}{2}$	$\frac{72,0}{2}; \frac{77,5}{2}$
$\frac{H}{D^* \cdot \nu}$	0,79; 0,78	0,74; 0,73	0,66; 0,63	0,59; 0,57

$H/D^* = 1,5$

E_1/E_2	5	10	20	30
Q^*	$\frac{45,0}{2}; \frac{49,1}{2}$	$\frac{51,1}{2}; \frac{56,7}{2}$	$\frac{66,0}{2}; \frac{74,4}{2}$	$\frac{80,1}{2}; \frac{88,2}{2}$
$\frac{H}{D^* \cdot \nu}$	1,12; 1,08	1,05; 1,0	0,93; 0,87	0,84; 0,80

Н/Д ν = 2,0

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i^3	$\frac{49,2}{2}; \frac{57,2}{2}$		$\frac{56,5}{2}; \frac{65,6}{2}$		$\frac{72,0}{2}; \frac{85,1}{2}$		$\frac{76,4}{2}; \frac{89,8}{2}$
H	1,43; 1,33		1,34; 1,23		1,18; 1,09		1,14; 1,02
Дэ ν в							

10. ЧМЗАП-5530; $Q\nu = 70,0$ кН; $P = 0,675$ МПа; $D\nu = 38,1$ см
Н/Д $\nu = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i^3	$\frac{93,9}{6}$		$\frac{99,3}{2}; \frac{100,3}{4}$		$\frac{113,4}{2}; \frac{114,5}{2}; \frac{117,8}{2}$		$\frac{138,1}{2}; \frac{139,3}{2}; \frac{151,9}{2}$
H	0,45		0,44; 0,44		0,41; 0,41; 0,40		0,37; 0,37; 0,36
Дэ ν в							

Н/Д ν = 1,0

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i^3	$\frac{98,6}{2}; \frac{102,5}{4}$		$\frac{105,2}{2}; \frac{109,4}{2}; \frac{111,4}{2}$		$\frac{124,1}{2}; \frac{131,1}{2}; \frac{138,1}{2}$		$\frac{149,2}{2}; \frac{153,2}{2}; \frac{169,2}{2}$
H	0,88; 0,86		0,86; 0,84; 0,83		0,79; 0,76; 0,75		0,72; 0,71; 0,67
Дэ ν в							

$$H/D_r = 1.5$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q ³	<u>103,7</u> ; <u>111,8</u> ; <u>113,8</u> ;		<u>111,6</u> ; <u>120,1</u> ; <u>125,4</u>		<u>133,8</u> ; <u>143,6</u> ; <u>155,7</u>		<u>161,2</u> ; <u>171,0</u> ; <u>192,0</u>
<u>2</u>	<u>2</u>		<u>2</u>		<u>2</u>		<u>2</u>
<u>Н</u>	I,30; I,24; I,23		I,24; I,20; I,17		I,I4; I,09; I,05		I,04; I,00; 0,95
<u>Дэв</u>							

$$H/D_r = 2,0$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q ³	<u>109,7</u> ; <u>123,4</u> ; <u>127,6</u>		<u>118,6</u> ; <u>134,2</u> ; <u>141,9</u>		<u>143,2</u> ; <u>159,8</u> ; <u>175,1</u>		<u>172,1</u> ; <u>188,2</u> ; <u>213,2</u>
<u>2</u>	<u>2</u>		<u>2</u>		<u>2</u>		<u>2</u>
<u>Н</u>	I,67; I,57; I,55		I,61; I,52; I,47		I,46; I,39; I,32		I,33; I,27; I,20
<u>Дэв</u>							

II. ЧМЗАЛ-8388; $Q^r = 36,25 \text{ м}^3/\text{ч}$; $P = 0,5 \text{ МПа}$; $D^r = 31,9 \text{ см}$
 $H/D_r = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q ³	<u>66,6</u>		<u>72,6</u>		<u>87,4</u> ; <u>90,0</u> ; <u>89,1</u>		<u>109,5</u> ; <u>118,8</u> ; <u>112,6</u>
<u>6</u>			<u>6</u>		<u>4</u>		<u>4</u>
<u>Н</u>	0,39		0,37		0,34; 0,33; 0,33		0,3; 0,29; 0,3
<u>Дэв</u>							

$H/D_r = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{71,4}{1}; \frac{73,6}{5}$		$\frac{8,5}{1}; \frac{82,5}{5}$		$\frac{96,0}{1}; \frac{105,4}{4}; \frac{113,7}{1}$		$\frac{117,8}{1}; \frac{134,3}{4}; \frac{126,6}{1}$
$\frac{H}{D_{\text{кр}}}$	$0,75; 0,74$		$0,71; 0,7$		$0,64; 0,61; 0,59$		$0,58; 0,54; 0,56$

$H/D_r = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{76,2}{1}; \frac{83,8}{5}$		$\frac{84,1}{1}; \frac{94,2}{5}$		$\frac{106,2}{1}; \frac{122,5}{4}; \frac{118,4}{1}$		$\frac{128,5}{1}; \frac{153,05}{4}; \frac{148,4}{1}$
$\frac{H}{D_{\text{кр}}}$	$1,08; 1,04$		$1,03; 0,98$		$0,92; 0,85; 0,87$		$0,84; 0,77; 0,78$

$H/D_r = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{82,9}{1}; \frac{96,2}{5}$		$\frac{92,7}{1}; \frac{109,1}{4}; \frac{107,3}{1}$		$\frac{116,5}{1}; \frac{140,4}{4}; \frac{132,8}{1}$		$\frac{133,3}{1}; \frac{171,7}{4}; \frac{156,8}{1}$
$\frac{H}{D_{\text{кр}}}$	$1,39; 1,29$		$1,31; 1,21; 1,22$		$1,17; 1,07; 1,1$		$1,07; 0,96; 1,01$

12. ЧМЗАП-8390; $Q_w = 46,25 \text{ м}^3/\text{с}$; $P = 0,55 \text{ МПа}$; $D_w = 34,3 \text{ см}$

$H/D_w = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q.	$\frac{52,9}{1}; \frac{54,0}{1}; \frac{55,5}{1}; \frac{58,2}{1}$		$\frac{62,3}{1}; \frac{63,5}{1}; \frac{67,15}{1}; \frac{68,4}{1}$		$\frac{78,6}{1}; \frac{80,03}{1}; \frac{82,9}{1}; \frac{84,4}{1}$		$\frac{95,2}{1}; \frac{97,7}{1}; \frac{99,4}{1}; \frac{102,8}{1}$

$\frac{H}{D_w}$	0,49; 0,48; 0,47; 0,46	0,45; 0,45; 0,43; 0,43	0,4; 0,4; 0,39; 0,39	0,36; 0,36; 0,35; 0,35
-----------------	------------------------	------------------------	----------------------	------------------------

$H/D_w = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q.	$\frac{58,1}{1}; \frac{61,0}{1}; \frac{61,0}{1}; \frac{66,1}{1}$		$\frac{68,9}{1}; \frac{72,8}{1}; \frac{73,5}{1}; \frac{77,4}{1}$		$\frac{84,5}{1}; \frac{88,3}{1}; \frac{89,1}{1}; \frac{93,7}{1}$		$\frac{104,7}{1}; \frac{109,3}{1}; \frac{109,3}{1}; \frac{114,7}{1}$

$\frac{H}{D_w}$	0,94; 0,91; 0,91; 0,88	0,86; 0,84; 0,83; 0,81	0,78; 0,76; 0,75; 0,72	0,7; 0,68; 0,68; 0,66
-----------------	------------------------	------------------------	------------------------	-----------------------

$H/D_w = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q.	$\frac{65,1}{1}; \frac{72,6}{1}; \frac{69,5}{1}; \frac{77,0}{1}$		$\frac{77,0}{1}; \frac{84,15}{1}; \frac{80,6}{1}; \frac{87,7}{1}$		$\frac{93,4}{1}; \frac{102,6}{1}; \frac{98,4}{1}; \frac{106,0}{1}$		$\frac{113,1}{1}; \frac{122,8}{1}; \frac{117,9}{1}; \frac{127,6}{1}$

$\frac{H}{D_w}$	1,33; 1,28; 1,28; 1,21	1,21; 1,17; 1,19; 1,14	1,11; 1,05; 1,08; 1,04	1,0; 0,97; 0,98; 0,95
-----------------	------------------------	------------------------	------------------------	-----------------------

$H/D_k = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{71,9}{1}; \frac{81,9}{1}; \frac{76,6}{1}; \frac{86,6}{1}$		$\frac{83,0}{1}; \frac{92,7}{1}; \frac{86,7}{1}; \frac{98,0}{1}$		$\frac{102,4}{1}; \frac{114,0}{1}; \frac{106,8}{1}; \frac{120,2}{1}$		$\frac{120,5}{1}; \frac{133,6}{1}; \frac{126,5}{1}; \frac{139,7}{1}$
$\frac{H}{D_{kV}}$	I,68; I,57; I,63; I,53	I,57; I,48; I,53; I,44		I,4; I,34; I,38; I,3		I,3; I,24; I,26; I,20	

I3. ТС-25; $Q_k = 23,8 \text{ м}^3/\text{ч}$; $P = 0,7 \text{ МПа}$; $D_k = 21,8 \text{ см}$

$H/D_k = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{36,9}{2}$		$\frac{40,3}{2}$		$\frac{47,12}{2}$		$\frac{53,1}{2}$
$\frac{H}{D_{kV}}$	0,42		0,4		0,37		0,35

$H/D_k = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{39,0}{2}$		$\frac{42,7}{2}$		$\frac{50,0}{2}$		$\frac{56,0}{2}$
$\frac{H}{D_{kV}}$	0,82		0,78		0,72		0,68

$H/D_K = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	<u>42,1</u>		<u>45,3</u>		<u>52,9</u>		<u>58,6</u>
2			<u>2</u>		<u>2</u>		<u>2</u>
$\frac{H}{D_{Kv}}$	<u>1,18</u>		<u>1,14</u>		<u>1,05</u>		<u>1,0</u>

$H/D_K = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	<u>44,8</u>		<u>48,4</u>		<u>56,0</u>		<u>61,0</u>
2			<u>2</u>		<u>2</u>		<u>2</u>
$\frac{H}{D_{Kv}}$	<u>1,53</u>		<u>1,47</u>		<u>1,37</u>		<u>1,31</u>

14. ТС-35; $Q_K = 25,625 \text{ м}^3/\text{ч}$; $P = 0,7 \text{ МПа}$; $D_K = 22,6 \text{ см}$

$H/D_K = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	<u>45,9</u>		<u>49,9</u>		<u>60,9</u>		<u>72,7</u>
2			<u>2</u>		<u>2</u>		<u>2</u>
$\frac{H}{D_{Kv}}$	<u>0,39</u>		<u>0,38</u>		<u>0,34</u>		<u>0,31</u>

$H/D_r = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i^3	<u>46,8</u>		<u>53,3</u>		<u>65,1</u>		<u>78,4</u>
2			2		2		2
H	0,76		0,73		0,56		0,6
$D_{\text{св}}$							

$H/D_r = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i^3	<u>51,6</u>		<u>57,6</u>		<u>70,2</u>		<u>84,0</u>
2			2		2		2
H	I,II		I,05		0,95		0,87
$D_{\text{св}}$							

$H/D_r = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i^3	<u>56,4</u>		<u>63,1</u>		<u>76,9</u>		<u>89,6</u>
2			2		2		2
H	I,41		I,34		I,21		I,12
$D_{\text{св}}$							

15. ТС-50; $Q_r = 24,375 \text{ м}^3/\text{ч}$; $P = 0,7 \text{ МПа}$; $D_r = 22,1 \text{ см}$

$H/D_r = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_r^3	<u>39,7</u>		<u>43,4</u>		<u>52,3</u>		<u>65,2; 65,9</u>
	<u>4</u>		<u>4</u>		<u>4</u>		<u>2</u> <u>2</u>
$\frac{H}{D_r \cdot g}$	<u>0,41</u>		<u>0,39</u>		<u>0,36</u>		<u>0,32; 0,32</u>

$H/D_r = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_r^3	<u>42,1; 42,5</u>		<u>45,6; 46,95</u>		<u>56,6; 61,1</u>		<u>72,2; 76,3</u>
	<u>2</u> <u>2</u>		<u>2</u> <u>2</u>		<u>2</u> <u>2</u>		<u>2</u> <u>2</u>
$\frac{H}{D_r \cdot g}$	<u>0,8; 0,8</u>		<u>0,77; 0,76</u>		<u>0,69; 0,66</u>		<u>0,61; 0,59</u>

$H/D_r = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_r^3	<u>45,0; 48,2</u>		<u>49,9; 54,9</u>		<u>63,5; 70,9</u>		<u>73,5; 80,2</u>
	<u>2</u> <u>2</u>		<u>2</u> <u>2</u>		<u>2</u> <u>2</u>		<u>2</u> <u>2</u>
$\frac{H}{D_r \cdot g}$	<u>1,16; 1,12</u>		<u>1,10; 1,05</u>		<u>0,97; 0,92</u>		<u>0,9; 0,87</u>

$$H/D_v = 2,0$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{48,5}{2}; \frac{55,8}{2}$		$\frac{54,7}{2}; \frac{64,0}{2}$		$\frac{70,8}{2}; \frac{80,8}{2}$		$\frac{88,3}{2}; \frac{98,5}{2}$
$\frac{H}{D_v B}$	I,49; I,39		I,40; I,30		I,23; I,15		I,10; I,04

16. ТС-80; $Q_v = 70,0 \text{ кН}$; $P = 0,675 \text{ МПа}$; $D_v = 38,1 \text{ см}$

$$H/D_v = 0,5$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{100,1}{6}$		$\frac{104,7}{2}; \frac{105,8}{4}$		$\frac{118,2}{2}; \frac{119,3}{2}; \frac{122,8}{2}$		$\frac{141,4}{2}; \frac{142,7}{2}; \frac{155,6}{2}$
$\frac{H}{D_v B}$	0,44		0,43; 0,42		0,4; 0,4; 0,4		0,37; 0,37; 0,35

$$H/D_v = 1,0$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{103,2}{2}; \frac{107,3}{4}$		$\frac{110,0}{2}; \frac{114,3}{2}; \frac{116,4}{2}$		$\frac{126,5}{2}; \frac{133,7}{2}; \frac{140,8}{2}$		$\frac{151,8}{2}; \frac{155,8}{2}; \frac{172,1}{2}$
$\frac{H}{D_v B}$	0,86; 0,85		0,84; 0,82; 0,81		0,78; 0,76; 0,74		0,71; 0,70; 0,67

Н/Д^н = 1,5

E ₁ /E ₂	5	:	10	:	20	:	30
Q ³	<u>I10,0</u> ; <u>I18,6</u> ; <u>I20,7</u>		<u>I18,0</u> ; <u>I27,0</u> ; <u>I32,6</u>		<u>I38,1</u> ; <u>I48,1</u> ; <u>I60,6</u>		<u>I65,6</u> ; <u>I75,7</u> ; <u>I97,3</u>
2	<u>2</u>		<u>2</u>		<u>2</u>		<u>2</u>
Н	I,25; I,21; I,19		I,21; I,17; I,14		I,12; I,08; I,04		I,02; 0,99; 0,94

Н/Д^н = 2,0

E ₁ /E ₂	5	:	10	:	20	:	30
Q ³	<u>I16,9</u> ; <u>I31,5</u> ; <u>I36,0</u>		<u>I25,2</u> ; <u>I41,6</u> ; <u>I49,8</u>		<u>I49,2</u> ; <u>I66,5</u> ; <u>I82,5</u>		<u>I77,5</u> ; <u>I94,2</u> ; <u>I220,0</u>
2	<u>2</u>		<u>2</u>		<u>2</u>		<u>2</u>
Н	I,61; I,53; I,50		I,57; I,47; I,43		I,43; I,36; I,30		I,32; I,26; I,18

I7. ТС-80/I60; Q^н = 81,67 кН; Р = 0,55 МПа; Д^н = 45,6 см

Н/Д^н = 0,5

E ₁ /E ₂	5	:	10	:	20	:	30
Q ³	<u>I02,4</u>		<u>I09,6</u> ; <u>I10,7</u>		<u>I22,1</u> ; <u>I23,3</u> ; <u>I26,9</u>		<u>I44,3</u> ; <u>I57,4</u>
3			I	<u>2</u>	I	I	I
Н	0,47		0,45; 0,45		0,43; 0,43; 0,42		0,39; 0,38

$H/D_v = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i	<u>108,7</u> ; <u>113,05</u>		<u>115,5</u> ; <u>120,0</u> ; <u>122,2</u>		<u>130,5</u> ; <u>145,2</u> ; <u>137,8</u>		<u>155,0</u> ; <u>159,1</u> ; <u>175,7</u>
H	I 2		I	I	I	I	I
$D_{\text{эвв}}$	0,91; 0,89		0,88; 0,86; 0,86		0,83; 0,79; 0,8		0,76; 0,75; 0,71

$H/D_v = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i	<u>116,4</u> ; <u>127,8</u> ; <u>125,5</u>		<u>126,4</u> ; <u>142,05</u> ; <u>136,03</u>		<u>144,3</u> ; <u>167,9</u> ; <u>154,8</u>		<u>167,4</u> ; <u>199,4</u> ; <u>177,6</u>
H	I	I	I	I	I	I	I
$D_{\text{эвв}}$	I,32; I,26; I,27		I,26; I,20; I,22		I,18; I,10; I,14		I,10; I,00; I,07

$H/D_v = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i	<u>124,3</u> ; <u>144,6</u> ; <u>139,8</u>		<u>133,6</u> ; <u>159,8</u> ; <u>151,1</u>		<u>153,9</u> ; <u>188,3</u> ; <u>171,8</u>		<u>177,6</u> ; <u>220,1</u> ; <u>194,3</u>
H	I	I	I	I	I	I	I
$D_{\text{эвв}}$	I,7; I,58; I,59		I,64; I,49; I,54		I,53; I,38; I,44		I,42; I,28; I,36

18. ТС-220; ТС-90/ИИ5; $Q^* = 23,828 \text{ кН}$; $P = 0,7 \text{ МПа}$; $D^* = 21,8 \text{ см}$

$H/D^* = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^*	<u>38,8</u> 8		<u>42,5</u> 8		<u>51,4</u> 8		<u>63,2</u> , <u>64,4</u> 4, 4
$\frac{H}{D^*}$	<u>0,42</u> 0,39				<u>0,36</u> 0,36		<u>0,32</u> <u>0,32</u> 0,32 0,32

$H/D^* = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^*	<u>41,15</u> ; <u>41,6</u> 4, 4		<u>44,8</u> ; <u>46,2</u> 4, 4		<u>55,04</u> ; <u>59,4</u> 4, 4		<u>68,7</u> ; <u>74,0</u> 4, 4
$\frac{H}{D^*}$	<u>0,79</u> ; <u>0,79</u> 0,76; 0,74				<u>0,68</u> ; <u>0,66</u> 0,68; 0,66		<u>0,62</u> ; <u>0,60</u> 0,62; 0,60

$H/D^* = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^*	<u>44,0</u> ; <u>48,0</u> 4, 4		<u>48,0</u> ; <u>53,2</u> 4, 4		<u>61,5</u> ; <u>69,3</u> 4, 4		<u>77,7</u> ; <u>85,5</u> 4, 4
$\frac{H}{D^*}$	<u>I, I6</u> ; <u>I, II</u> I, II; I, 05				<u>0,97</u> ; <u>0,92</u> 0,97; 0,92		<u>0,87</u> ; <u>0,83</u> 0,87; 0,83

$$H/D_r = 2,0$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{47,2}{4}; \frac{54,7}{4}$		$\frac{52,7}{4}; \frac{62,2}{4}$		$\frac{67,1}{4}; \frac{79,3}{4}$		$\frac{83,6}{4}; \frac{95,8}{4}$
$\frac{H}{D_r}$	I,49; I,38		I,41; I,3;		I,25; I,I4		I,I2; I,04

19. ТС-230; $Q_r = 70,0$ кН, $P = 0,675$ МПа; $D_r = 38,1$ см

$$H/D_r = 0,5$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30	∞
Q^3	$\frac{93,9}{6}$		$\frac{105,5}{2}; \frac{106,5}{4}$		$\frac{126,9}{2}; \frac{131,8}{2}; \frac{133,1}{2}$		$\frac{159,2}{2}; \frac{160,7}{2}; \frac{175,2}{2}$	
$\frac{H}{D_r}$	0,45		0,43; 0,42		0,39; 0,38; 0,38		0,35; 0,35; 0,33	

$$H/D_r = 1,0$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{101,6}{2}; \frac{105,7}{4}$		$\frac{115,5}{2}; \frac{122,2}{2}; \frac{120,0}{2}$		$\frac{140,4}{2}; \frac{156,3}{2}; \frac{148,3}{2}$		$\frac{175,1}{2}; \frac{198,5}{2}; \frac{179,7}{2}$
$\frac{H}{D_r}$	0,87; 0,85		0,81; 0,8; 0,79		0,74; 0,7; 0,72		0,66; 0,62; 0,65

$H/D = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{111,5}{2}; \frac{122,5}{2}; \frac{120,2}{2}$		$\frac{126,1}{2}; \frac{141,7}{2}; \frac{135,7}{2}$		$\frac{155,0}{2}; \frac{180,4}{2}; \frac{166,3}{2}$		$\frac{190,4}{2}; \frac{226,8}{2}; \frac{202,0}{2}$
H	$1,24; 1,19; 1,20$		$1,17; 1,10; 1,13$		$1,05; 0,98; 1,02$		$0,96; 0,87; 0,92$
Δe^w_B							

$H/D = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{120,9}{2}; \frac{140,7}{2}; \frac{136,0}{2}$		$\frac{135,9}{2}; \frac{162,6}{2}; \frac{153,7}{2}$		$\frac{166,4}{2}; \frac{203,6}{2}; \frac{185,8}{2}$		$\frac{203,6}{2}; \frac{252,3}{2}; \frac{222,7}{2}$
H	$1,59; 1,47; 1,5$		$1,5; 1,37; 1,42$		$1,36; 1,23; 1,29$		$1,23; 1,10; 1,18$
Δe^w_B							

20. ТС-450; $Q^w = 187,5 \text{ кН}$; $P = 1,0 \text{ МПа}$; $D = 51,2 \text{ см}$

$H/D = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{206,2}{8}$		$\frac{257,3}{4}; \frac{252,4}{4}$		$\frac{315,6}{4}; \frac{321,5}{4}$		$\frac{380,0}{4}; \frac{390,3}{4}$
H	$0,5$		$0,45; 0,45$		$0,40; 0,40$		$0,37; 0,36$
Δe^w_B							

68

$H/D^* = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^2	$231,0; \frac{244,9}{4}$		$276,7; \frac{295,3}{4}$		$338,6; \frac{354,1}{4}$		$418,5; \frac{436,9}{4}$
H	$0,94; 0,92$		$0,86; 0,83$		$0,78; 0,76$		$0,70; 0,69$
D^*/π^*							

$H/D^* = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^2	$263,8; \frac{294,3}{4}$		$312,5; \frac{341,2}{4}$		$374,2; \frac{411,0}{4}$		$453,7; \frac{492,4}{4}$
H	$1,32; 1,25$		$1,22; 1,16$		$1,11; 1,06$		$1,01; 0,97$
D^*/π^*							

$H/D^* = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^2	$294,0; \frac{332,1}{4}$		$336,5; \frac{375,9}{4}$		$413,9; \frac{456,7}{4}$		$483,5; \frac{503,8}{2}; \frac{536,3}{4}$
H	$1,67; 1,57$		$1,56; 1,48$		$1,41; 1,34$		$1,31; 1,28; 1,24$
D^*/π^*							

21. ЧМЗАП-5208; $Q^* = 20,37 \text{ м}^3/\text{ч}$; $P = 0,7 \text{ МПа}$; $D^* = 20,2 \text{ см}$

$H/D^* = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^*	<u>32,9</u> 3		<u>36,1</u> 3		<u>43,02</u> 3		<u>50,9</u> 3
$\frac{H}{D^*}$	<u>0,41</u> <u>Дэкв</u>		<u>0,39</u>		<u>0,36</u>		<u>0,33</u>

$H/D^* = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^*	<u>34,9</u> 3		<u>36,1</u> 3		<u>46,2; 47,5</u> 2; 1		<u>54,5; 55,0; 58,8</u> 1; 1; 1
$\frac{H}{D^*}$	<u>0,8</u> <u>Дэкв</u>		<u>0,77</u>		<u>0,69; 0,69</u>		<u>0,64; 0,64; 0,62</u>

$H/D^* = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^*	<u>37,4; 39,3</u> 2		<u>40,8; 44,04</u> 2		<u>49,5; 55,5</u> 2		<u>58,3; 60,0; 69,9</u> 1
$\frac{H}{D^*}$	<u>1,16; 1,13</u>		<u>1,12; 1,07</u>		<u>1,0; 0,95</u>		<u>0,93; 0,92; 0,85</u>

$$H/D_w = 2,0$$

E_1/E_2	05	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{40,1}{2}; \frac{44,1}{1}$		$\frac{44,4}{2}; \frac{49,7}{1}$		$\frac{54,0}{1}; \frac{54,5}{1}; \frac{62,6}{1}$		$\frac{63,9}{1}; \frac{67,7}{1}; \frac{77,3}{1}$
$\frac{H}{D_w}$	I,50; I,43		I,42; I,34		I,29; I,28; I,19		I,17; I,15; I,07

22. ТРА-П-80; $Q_w = 24,05 \text{ м}^3/\text{ч}$; $P = 0,7 \text{ МПа}$; $D_w = 21,9 \text{ см}$

$$H/D_w = 0,5$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{39,15}{4}; \frac{39,95}{1}$		$\frac{43,7}{1}; \frac{44,6}{1}; \frac{42,9}{3}$		$\frac{55,7}{1}; \frac{56,7}{1}; \frac{52,1}{1}; \frac{50,2}{1}; \frac{49,7}{1}$		$\frac{67,0}{1}; \frac{68,8}{1}; \frac{63,4}{1}; \frac{68,8}{1}; \frac{65,2}{1}$
$\frac{H}{D_w}$	0,41; 0,4		0,39; 0,39; 0,38		0,34; 0,35; 0,36; 0,37; 0,34		0,31; 0,31; 0,32; 0,31; 0,32

$$H/D_w = 1,0$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^3	$\frac{42,6}{1}; \frac{44,7}{1}; \frac{41,8}{1}; \frac{43,05}{2}$		$\frac{48,5}{3}; \frac{51,1}{1}; \frac{46,03}{1}$		$\frac{61,4}{2}; \frac{64,2}{1}; \frac{56,9}{1}; \frac{62,5}{1}$		$\frac{73,3}{2}; \frac{76,5}{1}; \frac{66,2}{1}; \frac{77,8}{1}$
$\frac{H}{D_w}$	0,78; 0,77; 0,79; 0,78		0,74; 0,72; 0,76		0,65; 0,64; 0,68; 0,65		0,59; 0,59; 0,62; 0,58

Н/Д κ = 1,5

E ₁ /E ₂	5	:	10	:	20	:	30
Q ³	<u>49,5; 46,8; 52,2; 45,0</u>		<u>54,5; 59,5; 50,0; 56,0</u>		<u>66,7; 73,2; 61,9; 71,4; 69,05</u>		<u>78,6; 85,3; 73,9; 88,03; 81,3</u>
Н Д κ в	I,10;I,14;I,07;I,15		I,04;I,0; I,09;I,03		0,95;0,9; I,03;0,98;0,98		0,87;0,83;0,9; 0,82;0,85

Н/Д κ = 2,0

E ₁ /E ₂	5	:	10	:	20	:	30
Q ³	<u>52,1; 59,4; 48,7; 56,5</u>		<u>59,6; 66,6; 54,8; 64,4; 63,4</u>		<u>73,3; 81,6; 68,2; 82,2; 77,8</u>		<u>84,7; 93,9; 79,7; 98,2; 89,7</u>
Н Д κ в	I,42;I,33;I,46;I,37		I,38;I,26;I,43;I,28;I,29		I,20;I,I4;I,24;I,I2;I,I6		I,I2;I,06;I,I5;I,03;I,08

23. ТРА-П-46; Q κ = 23,59 Н; Р = 0,6 МПа; Д κ = 23,5 см

Н/Д κ = 0,5

E ₁ /E ₂	5	:	10	:	20	:	30
Q ³	<u>40,5</u>		<u>43,8; 44,3</u>		<u>53,7; 55,3; 55,9</u>		<u>62,02; 63,2; 63,4</u>
Н Д κ в	0,4		0,38; 0,38		0,35; 0,34; 0,34		0,32; 0,31; 0,31

$H/D_V = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^2	$\frac{43,3}{2}; \frac{44,5}{1}$		$\frac{47,5}{1}; \frac{48,4}{1}; \frac{50,3}{1}$		$\frac{58,1}{1}; \frac{61,6}{1}; \frac{65,1}{1}$		$\frac{65,65}{1}; \frac{73,5}{1}; \frac{75,5}{1}$
$\frac{H}{D_{\text{exp}}}$	$0,77; 0,76$		$0,74; 0,73; 0,72$		$0,67; 0,65; 0,63$		$0,63; 0,59; 0,59$

$H/D_V = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^2	$\frac{46,2}{1}; \frac{47,1}{1}; \frac{50,8}{1}$		$\frac{51,9}{1}; \frac{54,5}{1}; \frac{58,6}{1}$		$\frac{62,5}{1}; \frac{68,8}{1}; \frac{73,8}{1}$		$\frac{69,5}{1}; \frac{80,0}{1}; \frac{84,8}{1}$
$\frac{H}{D_{\text{exp}}}$	$1,13; 1,11; 1,07$		$1,06; 1,04; 1,0$		$0,97; 0,92; 0,89$		$0,92; 0,85; 0,83$

$H/D_V = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q^2	$\frac{50,9}{1}; \frac{52,9}{1}; \frac{59,0}{1}$		$\frac{56,8}{1}; \frac{60,8}{1}; \frac{68,8}{1}$		$\frac{66,4}{1}; \frac{74,4}{1}; \frac{83,0}{1}$		$\frac{73,2}{1}; \frac{85,6}{1}; \frac{93,7}{1}$
$\frac{H}{D_{\text{exp}}}$	$1,43; 1,40; 1,33$		$1,35; 1,31; 1,23$		$1,25; 1,18; 1,12$		$1,19; 1,10; 1,05$

24. МАЗ-7310; $Q_{\text{вр}}^{\text{нр}} = 52,8 \text{ м}^3/\text{ч}$; $P_{\text{вр}} = 0,38 \text{ МПа}$; $D_{\text{вр}}^{\text{нр}} = 46,3 \text{ см}$; $Q_{\text{вр}}^{\text{х2н}} = 57,5 \text{ м}^3/\text{ч}$;
 $P_{\text{вр}} = 0,38 \text{ МПа}$; $D_{\text{вр}}^{\text{х2н}} = 48,3 \text{ см}$
 $H/D_{\text{вр}} = 0,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
$Q_{\text{вр}}$	$58,2; 63,2$		$58,2; 63,2$		$59,9; 60,5; 65,1; 65,8$		$66,0; 66,6; 71,7; 72,4$
$\frac{H}{D_{\text{вр}}}$	$2; 2$		$2; 2$		$1; 1; 1; 1$		$1; 1; 1; 1$

$H/D_{\text{вр}} = 1,0$

55

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
$Q_{\text{вр}}$	$58,2; 59,9; 63,2; 65,1$		$58,2; 61,1; 63,2; 66,4$		$61,1; 64,0; 66,4; 69,6$		$69,7; 72,9; 75,8; 79,3$
$\frac{H}{D_{\text{вр}}}$	$1,05; 1,04; 1,05; 1,03$		$1,05; 1,04; 1,05; 1,02$		$1,04; 1,0; 1,02; 1,0$		$0,96; 0,94; 0,96; 0,93$

$H/D_{\text{вр}} = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
$Q_{\text{вр}}$	$58,2; 64,0; 63,2; 69,6$		$59,3; 65,1; 64,5; 70,8$		$62,9; 68,1; 68,3; 74,1$		$73,0; 78,8; 80,0; 85,7$
$\frac{H}{D_{\text{вр}}}$	$1,58; 1,50; 1,58; 1,50$		$1,56; 1,48; 1,56; 1,48$		$1,51; 1,45; 1,50; 1,45$		$1,41; 1,36; 1,40; 1,37$

$$H/D = 2,0$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i^3	$\frac{58,7}{1}; \frac{67,5}{1}; \frac{64,5}{1}; \frac{73,3}{1}$		$\frac{60,5}{1}; \frac{69,8}{1}; \frac{67,8}{1}; \frac{67,9}{1}$		$\frac{67,2}{1}; \frac{75,1}{1}; \frac{78,3}{1}; \frac{81,7}{1}$		$\frac{76,9}{1}; \frac{85,6}{1}; \frac{85,6}{1}; \frac{93,1}{1}$
$\frac{H}{D_{\text{экв}}}$	2,08; 1,94; 2,08; 1,94		2,04; 1,91; 2,03; 1,92		1,94; 1,84; 1,88; 1,85		1,82; 1,72; 1,80; 1,72

25. Фаун 8x8; $Q_i^3 = 48,7 \text{ кН}$; $P_{\text{экв}} = 0,65 \text{ МПа}$; $D = 32,4 \text{ см}$; $Q_i^3 = 38,7 \text{ кН}$; $P_{\text{экв}} = 0,5 \text{ МПа}$; $D = 32,9 \text{ см}$

$$H/D = 0,5$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i^3	$\frac{53,6}{2}; \frac{59,7}{2}$		$\frac{53,6}{2}; \frac{62,2}{2}$		$\frac{53,6}{2}; \frac{65,6}{1}; \frac{66,3}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{54,7}{1}; \frac{70,7}{1}; \frac{71,4}{1}$
$\frac{H}{D_{\text{экв}}}$	0,5; 0,42		0,5; 0,41		0,5; 0,4; 0,39		0,5; 0,5; 0,38; 0,38

$$H/D = 1,0$$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i^3	$\frac{53,6}{2}; \frac{62,2}{2}$		$\frac{53,6}{2}; \frac{63,9}{1}; \frac{65,2}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{55,2}{1}; \frac{68,3}{1}; \frac{71,6}{1}$		$\frac{55,2}{1}; \frac{57,9}{1}; \frac{73,9}{1}; \frac{77,3}{1}$
$\frac{H}{D_{\text{экв}}}$	1,0; 0,81		1,0; 0,8; 0,79		1,0; 0,98; 0,78; 0,76		0,98; 0,96; 0,75; 0,73

Н/Д_у = 1,5

E ₁ /E ₂	5	:	10	:	20	:	30
Q ³	$\frac{53,6}{1}; \frac{55,2}{1}; \frac{54,8}{1}; \frac{69,3}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{56,3}{1}; \frac{66,5}{1}; \frac{73,1}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{59,0}{1}; \frac{70,7}{1}; \frac{77,5}{1}$		$\frac{56,3}{1}; \frac{61,7}{1}; \frac{77,1}{1}; \frac{83,5}{1}$
$\frac{H}{Д_{экв}}$	I,5; I,48; I,2; I,16		I,5; I,46; I,18; I,12		I,5; I,43; I,14; I,09		I,46; I,40; I,10; I,05

Н/Д_у = 2,0

E ₁ /E ₂	5	:	10	:	20	:	30
Q ³	$\frac{53,6}{1}; \frac{58,4}{1}; \frac{66,5}{1}; \frac{75,1}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{59,5}{1}; \frac{69,1}{1}; \frac{78,6}{1}$		$\frac{54,2}{1}; \frac{62,2}{1}; \frac{75,2}{1}; \frac{84,4}{1}$		$\frac{57,4}{1}; \frac{65,4}{1}; \frac{80,7}{1}; \frac{89,3}{1}$
$\frac{H}{Д_{экв}}$	2,0; I,92; I,50; I,50		2,0; I,89; I,57; I,47		I,99; I,86; I,50; I,42		I,83; I,81; I,45; I,38

26. Фаун 6x6; $Q_{нр}^{нр} = 43,7$ кН; $P_{нр} = 0,65$ МПа; $Д_{нр}^{нр} = 32,4$ см; $Q_{нр}^{нр} = 38,7$ кН; $P_{нр} = 0,5$ МПа; $Д_{нр}^{нр} = 32,9$ см

Н/Д_у = 0,5

E ₁ /E ₂	5	:	10	:	20	:	30
Q ³	$\frac{53,6}{1}; \frac{59,7}{2}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{62,2}{2}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{65,6}{1}; \frac{66,3}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{70,7}{1}; \frac{71,4}{1}$
$\frac{H}{Д_{экв}}$	0,5; 0,42		0,5; 0,4		0,5; 0,4; 0,39		0,5; 0,38; 0,38

$H/Dv = 1,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i	$\frac{53,6}{1}; \frac{62,2}{2}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{63,9}{1}; \frac{65,2}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{68,3}{1}; \frac{71,6}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{73,9}{1}; \frac{77,3}{1}$
$\frac{H}{D_{экв}}$	I,0; 0,81		I,0; 0,8; 0,79		I,0; 0,78; 0,76		I,0; 0,75; 0,73

 $H/Dv = 1,5$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i	$\frac{53,6}{1}; \frac{64,8}{1}; \frac{69,3}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{66,5}{1}; \frac{73,1}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{70,7}{1}; \frac{77,5}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{77,1}{1}; \frac{83,5}{1}$
$\frac{H}{D_{экв}}$	I,5; I,2; I,16		I,5; I,18; I,12		I,5; I,14; I,09		I,5; I,10; I,05

 $H/Dv = 2,0$

E_1/E_2	5	:	10	:	20	:	30
Q_i	$\frac{53,6}{1}; \frac{66,5}{1}; \frac{75,1}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{69,1}{1}; \frac{78,6}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{75,2}{1}; \frac{84,4}{1}$		$\frac{53,6}{1}; \frac{80,7}{1}; \frac{89,3}{1}$
$\frac{H}{D_{экв}}$	2,0; I,6; I,5		2,0; I,57; I,47		2,0; I,5; I,42		2,0; I,45; I,38

Примечание. В числителе приведены значения эквивалентных осевых нагрузок Q_i^3 ; в знаменателе – количество осей транспортного средства, соответствующее данной эквивалентной нагрузке.

Таблица 2.

Вид транс- портного средства	ГРУЗОВЫЕ АВТОМОБИЛИ											
	УАЗ- 451	ГАЗ- 53А	ЗИЛ- 133Г1	Урал- 377Н	ЗИЛ- 130	Урал- 4320	КрАЗ- 257Б1	МАЗ- 516Б	МАЗ- 500А	ЗИЛ- 130-76	Магирус- 290Д2БК	КамАЗ- 5320

Суммарный
коэффициент
для приве-
дения авто-
мобиля к
нагрузке

группы А 0,00 0,08 0,30 0,29 0,20 0,14 2,71 2,46 1,04 0,36 4,21 0,27 1,10

Вид транспорт- ного средства	СЕДЕЛЬНЫЕ ТЯГАЧИ											
	КамАЗ- 5410	Урал- 377СН	МАЗ- 504А	КАЗ- 608Б	Урал- 375С-К1	ЗИЛ- 157КВ	КрАЗ- 255В	ЗИЛ- 131В	КрАЗ- 256Б1	Мерседес- Бенц 2232LS	Вольво F89-32 (6x2)	Вольво F89-32 (6x4)

Суммарный ко-
эффициент для
приведения ав-
томобиля к
нагрузке групп-
пы А 0,27 0,28 1,03 0,10 0,13 0,05 0,83 0,09 2,34 1,65 2,14 5,23

Продолжение таблицы 2.

Вид транспортного средства	А В Т О М О Б И Л И - С А М О С ВА Л Y										Прицепы общего назна- чения
	ГАЗ-САЗ- 53Б	ЗИЛ-ММЗ- 554	КАМАЗ- 5511	МАЗ- 503А	КраЗ- 256Б1	Магирус- 290Д-26К	Татра 138С1	Татра 148С1	ГКБ- 817	МАЗ- 8926	ГКБ- 8350

Суммарный коэффи- циент для приведе- ния автомобиля к нагрузке группы А	0,08	0,15	1,05	1,06	3,48	4,21	2,34	4,49	0,04	0,21	0,1
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

Вид транспортно- го средства	А В Т О Б У С Y										Полуприцепы общего назначения	
	ПАЗ- 3201	ЛАЗ- 695Н	ЛАЗ- 699Н	ЛАЗ- 4202	ЛиАЗ- 677	Икарус- 250	Икарус- 255	Икарус- 260	Икарус- 280	ОдАЗ- 9370	КАЗ- 717	МАЗ- 5245

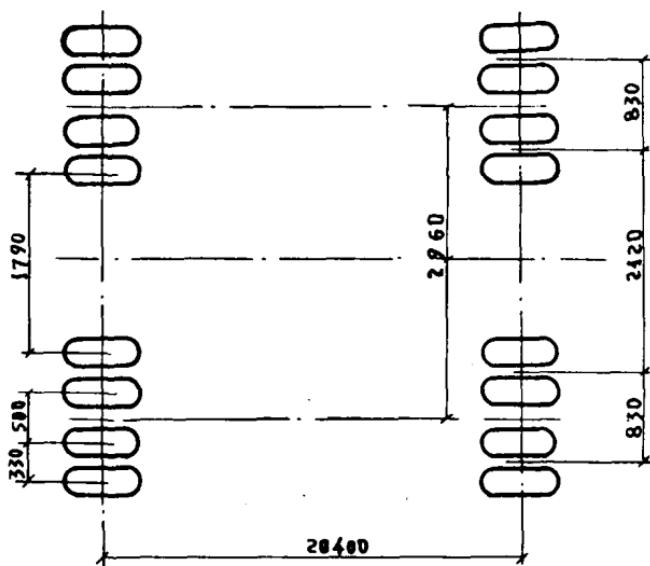
Суммарный коэффи- циент для приведе- ния автомобиля к нагрузке группы А	0,03	0,29	0,40	0,75	0,53	0,91	0,80	0,79	0,81	0,30	0,32	1,00
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Схемы расположения колес специализированных
тяжеловозных автотранспортных средств

102

а)



б)

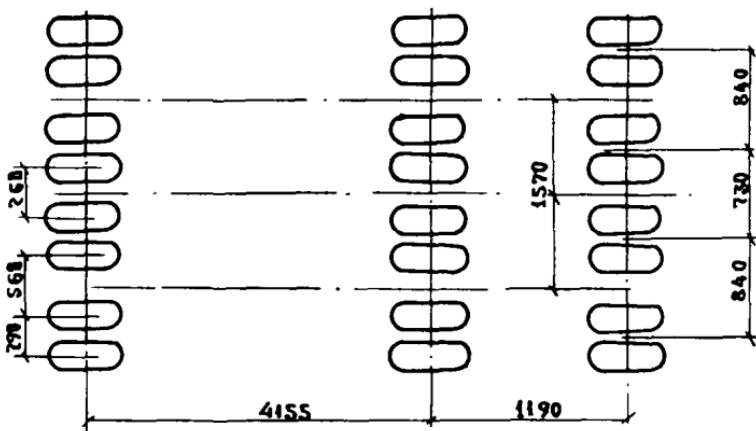
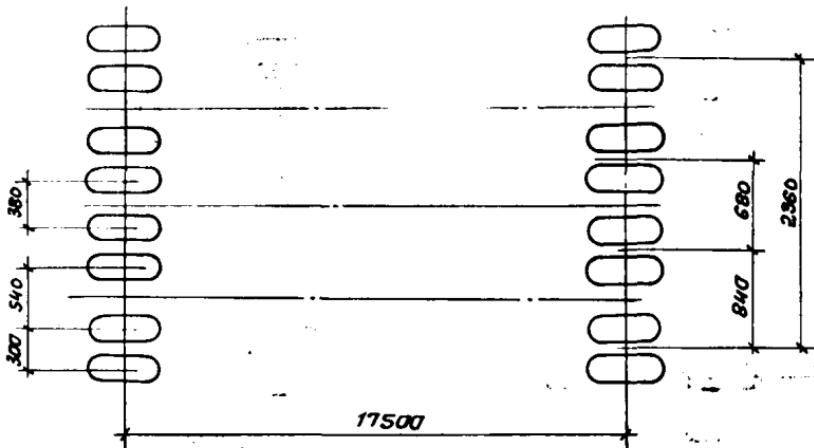


Рис. I. Схемы расположения колес транспортных средств:

а) ТС-25;

б) ЧМЗП-5206.

a/



б/

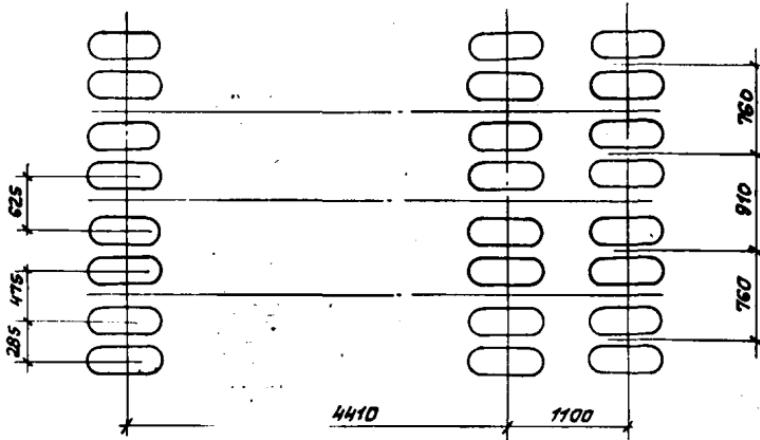
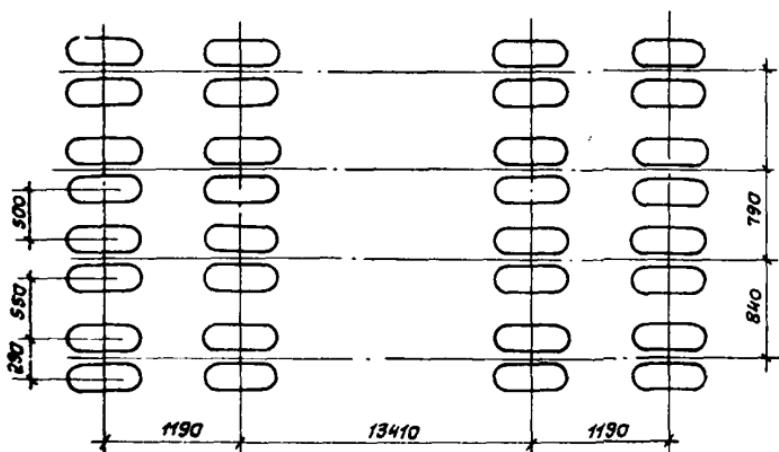


Рис. 2. Схемы расположения колес транспортных средств:

- а) ТС-35;
б) ТУЛ-1-46.

121

а)



б)

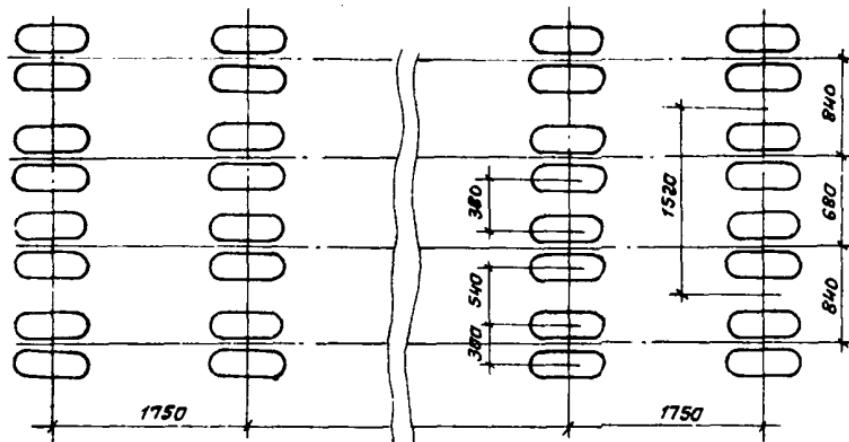
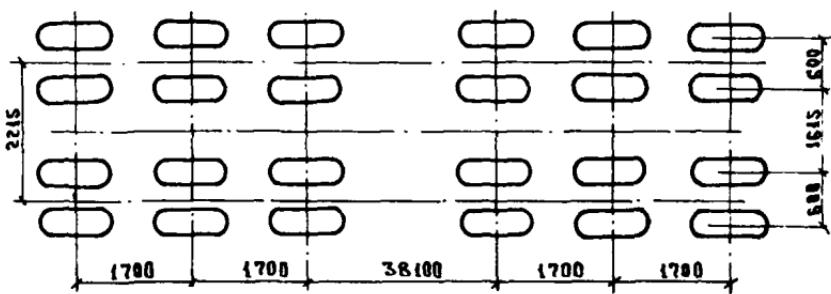


Рис. 3. Схемы расположения колес транспортных средств:

а) ТС-50;

б) ТС-55.

a)



б)

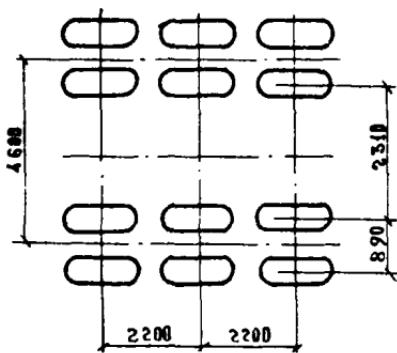


Рис. 4. Схемы расположения колес транспортных средств:
 а) ТС-60;
 б) ТС-60/760.

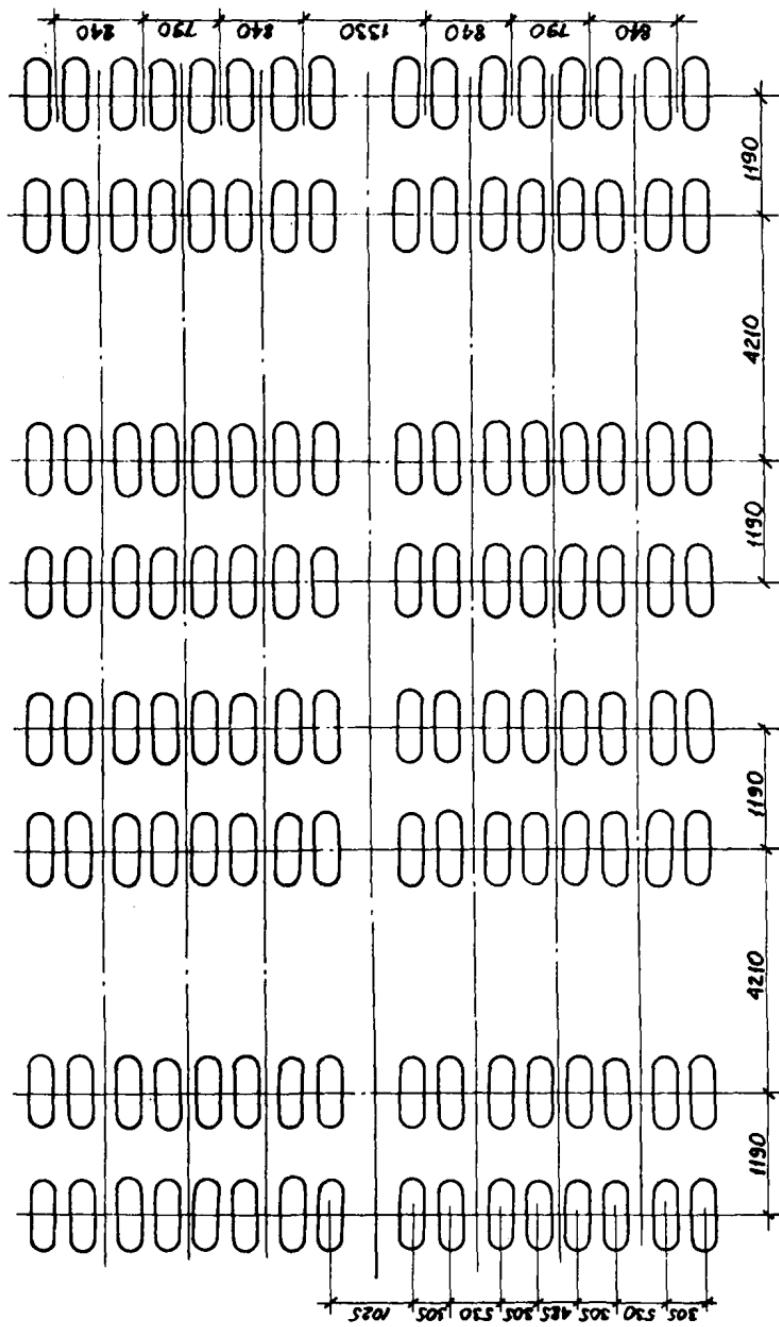
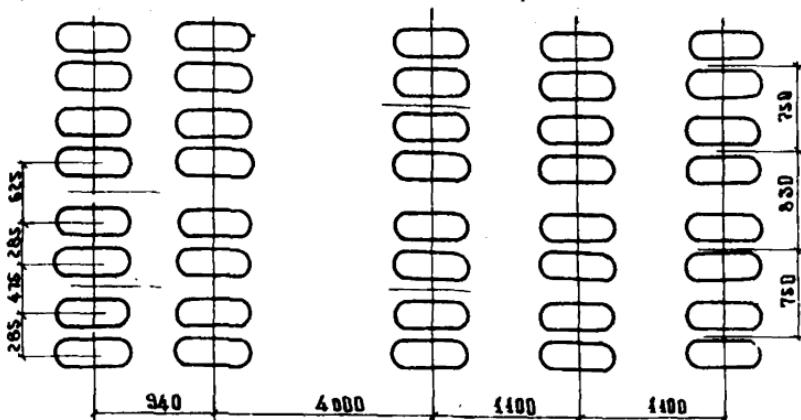


Рис. 5. Схема расположения колес транспортного средства ТС-22У.

a)



б)

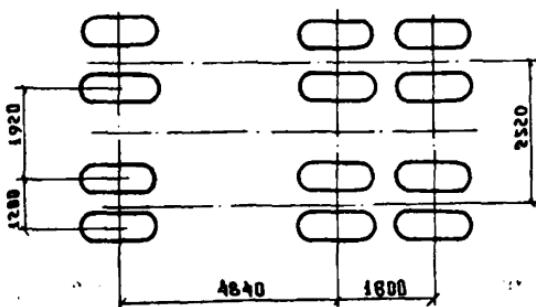
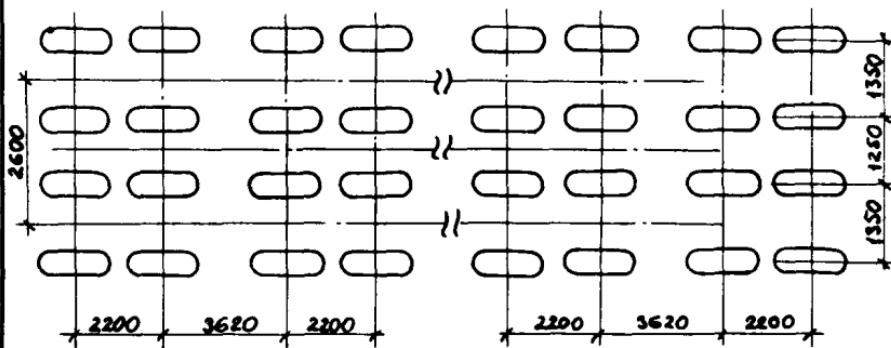


Рис. 6. Схемы расположения колес транспортных средств:

- а) ТРА-II-80;
- б) ТС-250.

a)



б)

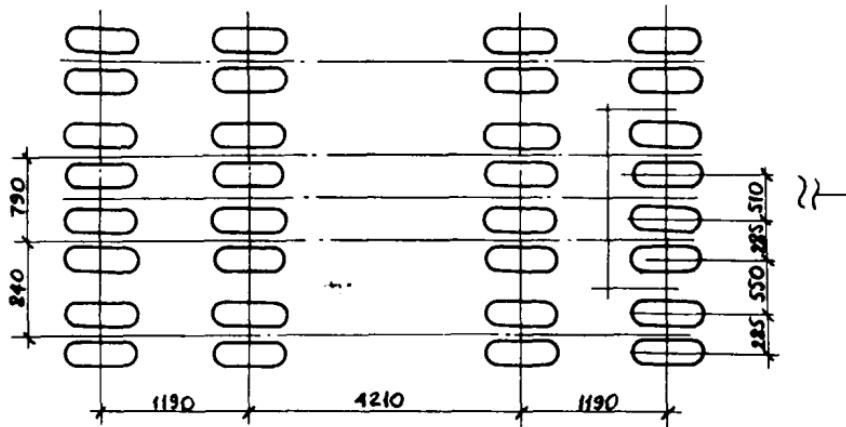
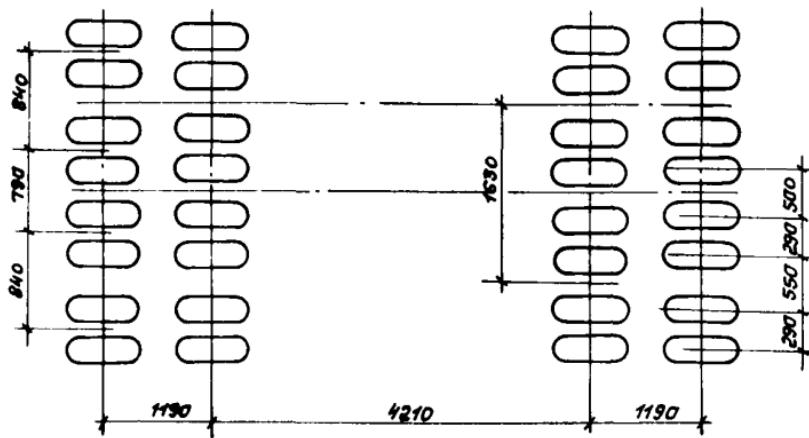


Рис. 7. Схемы расположения колес транспортных средств:
 а) ТС-450;
 б) ТС-90/115.

а)



б)

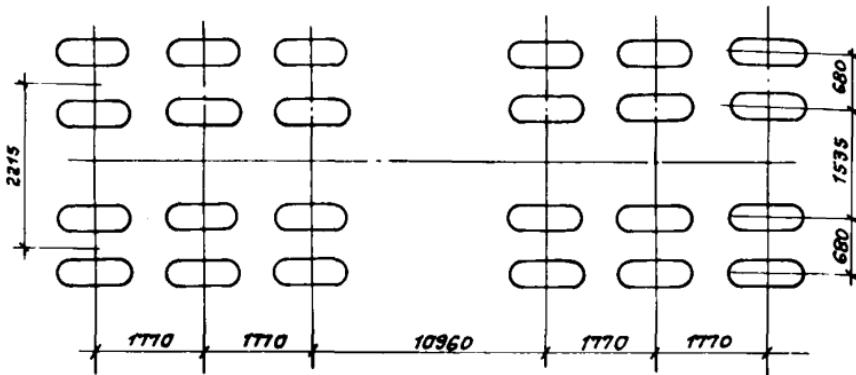
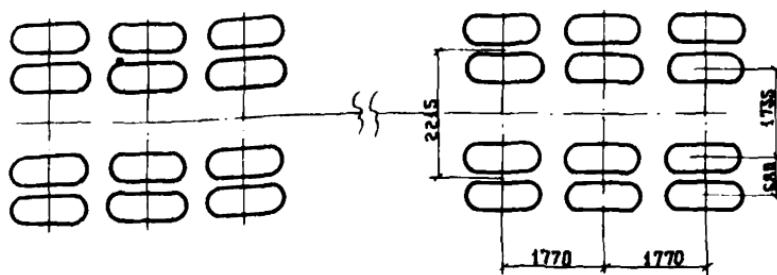


Рис. 6. Схемы расположения колес транспортных средств:

- ЧМЗАП-5272А;
- ЧМЗАП-5530.

a)



б)

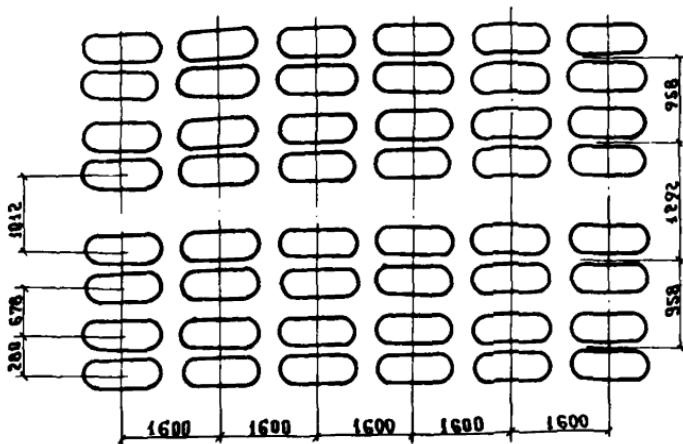
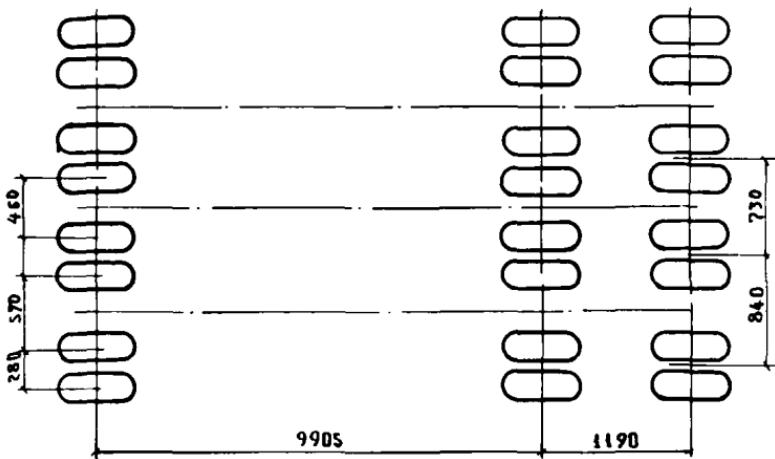


Рис. 9. Схемы расположения колес транспортных средств:

- а) ЧМЗАИ-5530М;
- б) ЧМЗАИ-8388.

а)



б)

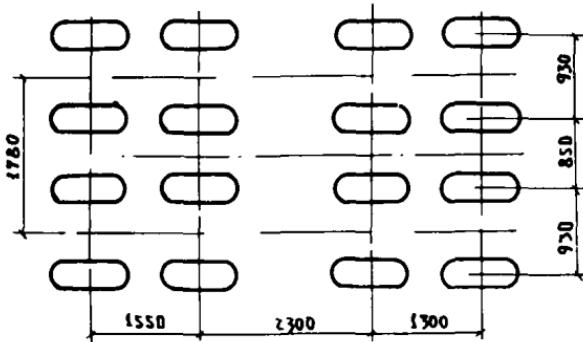


Рис. 10. Схемы расположения колес транспортных средств:

- а) СТАТ 6.029;
- б) ЧМЗиМ-0390.

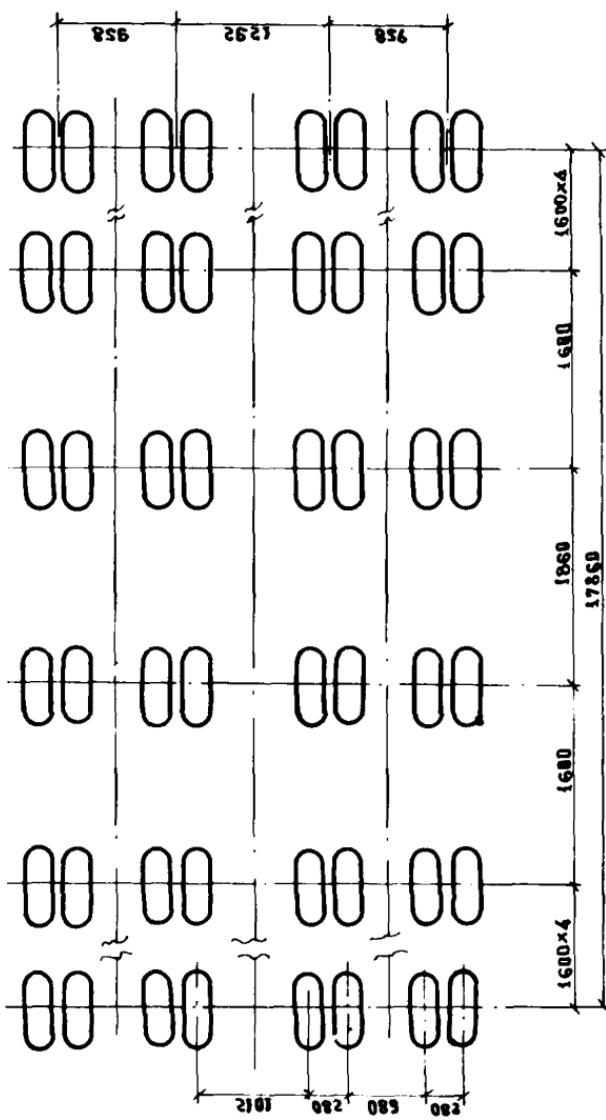
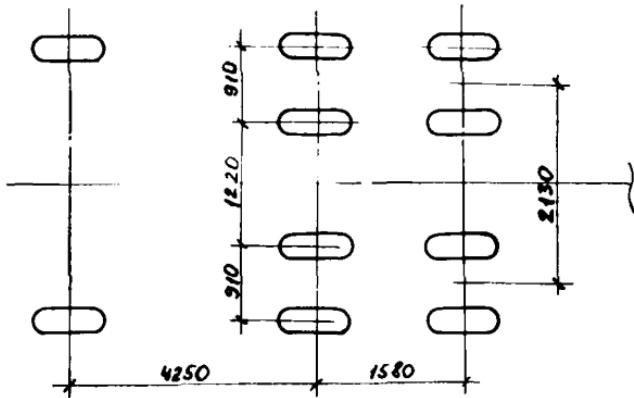


Рис. II. Схема расположения колес транспортного средства ЧМЗАП-389.

а)



б)

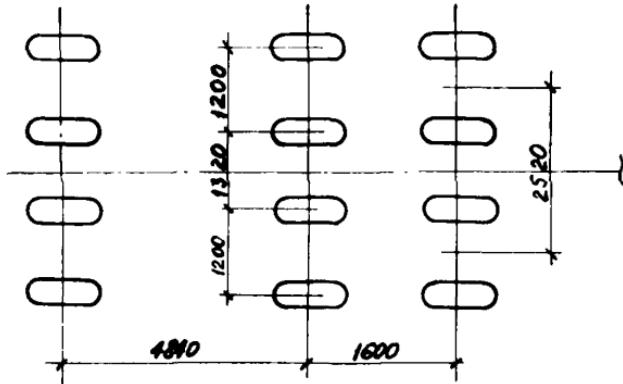
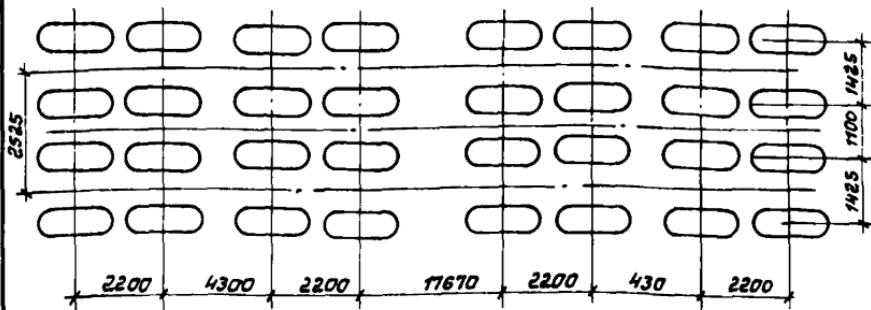


Рис. 12. Схемы расположения колес транспортных средств:

а) ВНИИМСС-150;

б) ВНИИМСС-250.

a)



б)

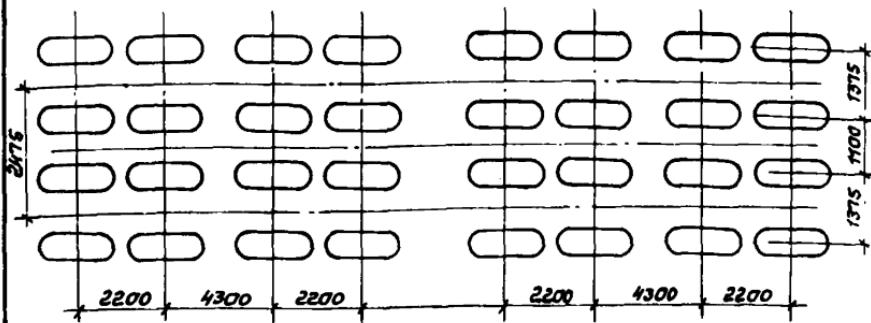


Рис. 3. Схемы расположения колес транспортных средств:

- а) ВНИИМСС-500;
- б) ВНИИМСС-600.

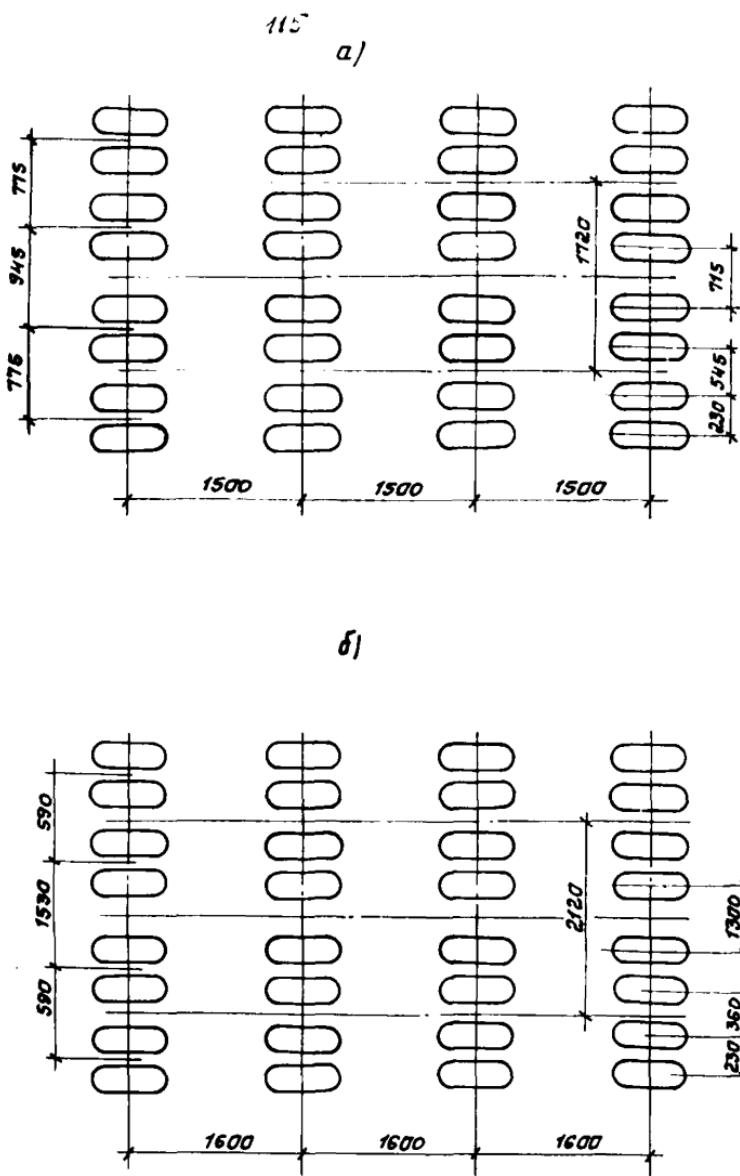
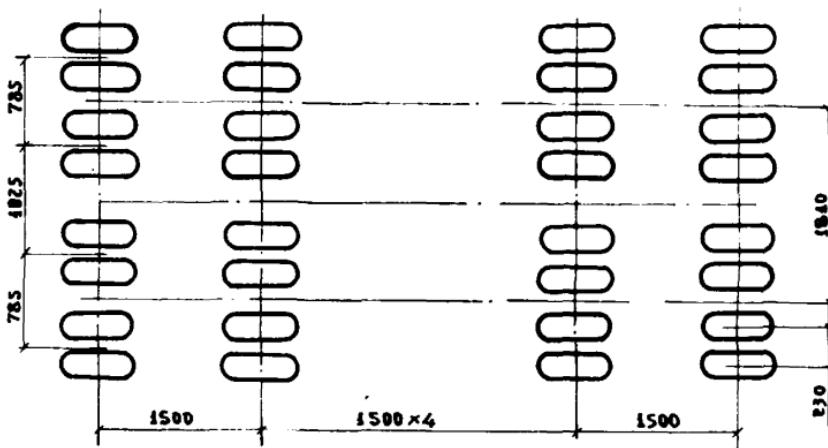


Рис. 14. Схемы расположения колес транспортных средств:
 а) "Шойерле" K-100/4;
 б) "Кометто" 41 RP.

a)



б)

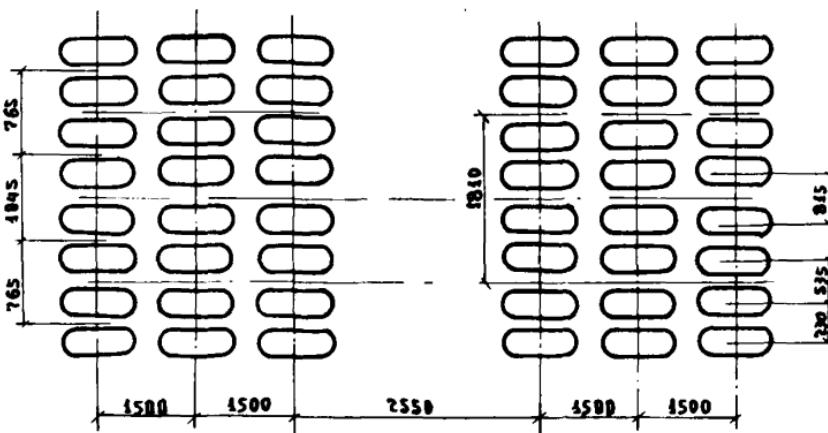
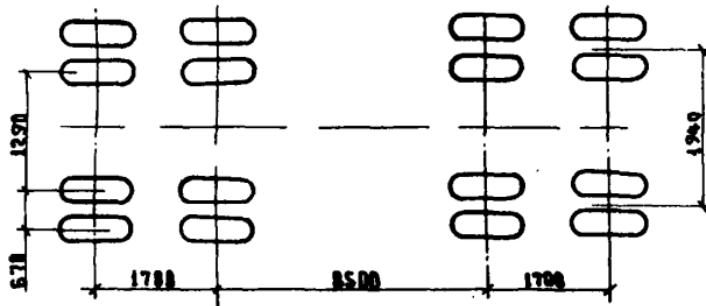


Рис. 15. Схемы расположения колес транспортных средств:

- а) "Шнейерле" К-175/7;
- б) "Шнейерле" К-150/6.

a)



б)

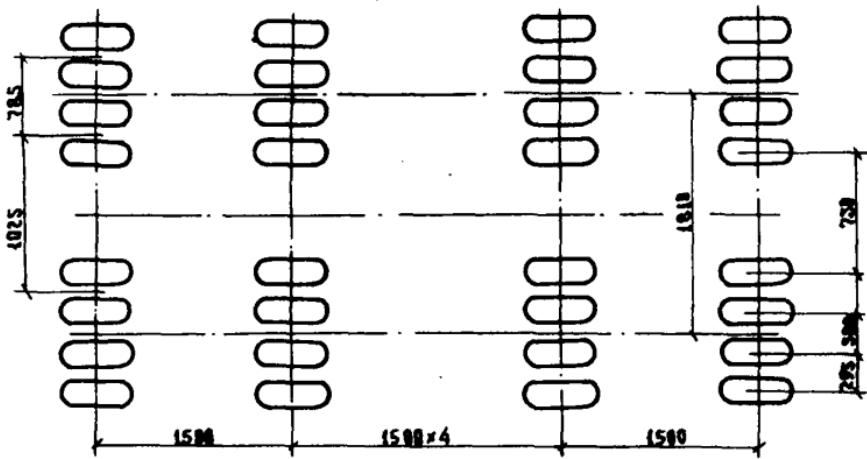


Рис. 16. Схемы расположения колес транспортных средств:

а) Р-402;

б) "Шойерле" К-190/7.