ОДМ 218.3.030-2013

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА АРМИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ НА УКРЕПЛЕННЫХ ОСНОВАНИЯХ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

Москва 2012

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»

Руководители работ: канд. техн. наук А.А. Чутков, д-р техн. наук А.П. Степушин, канд. техн. наук В.В. Татаринов, канд. техн. наук В.Д. Садовой, канд. техн. наук В.А. Сабуренкова, канд. техн. наук А.А. Фотиади.

2 ВНЕСЕН Управлением проектирования и строительства автомобильных дорог Федерального дорожного агентства

3 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 11.11.2013 № 1848-р

4 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Основные термины, условные обозначения и размерности 3
4 Нормативные и расчетные нагрузки на армированные цементобетонные покрытия 8
5 Материалы для жестких покрытий и укрепленных оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические требования 27
6 Классификация монолитных армированных цементобетонных покрытий. Искусственные основания 48
7 Расчет на прочность монолитных армированных цементобетонных покрытий дорог и аэродромов на укрепленных основаниях 64
8 Расчет на морозоустойчивость монолитных армированных цементобетонных покрытий дорог и аэродромов на укрепленных основаниях 100
Приложение А Примеры расчета монолитных армированных цементобетонных покрытий дорог и аэродромов на укрепленных основаниях 105
А.1 Пример расчета однослойного армобетонного покрытия автомобильной дороги на укрепленном основании на нормативную нагрузку 105
А.2 Пример расчета однослойного армобетонного покрытия автомобильной дороги на укрепленном основании 109
А.3 Пример расчета однослойного армобетонного покрытия аэродрома на укрепленном основании 114

А.4 Пример расчета однослойного монолитного железобетонного покрытия аэродрома на укрепленном основании..... 119
Библиография..... 131

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Методика расчета армированных цементобетонных покрытий дорог и аэродромов на укрепленных основаниях

1 Область применения

Настоящий отраслевой дорожный методический документ (ОДМ) разработан в развитие Методических рекомендаций по проектированию жёстких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91), введенные в действие распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации от 3 декабря 2003 г. № ОС-1066-р, СНиП 2.05.02-85* «Автомобильные дороги», СНиП 32-03-96 «Аэродромы», ФАП «Технологическое проектирование и строительство аэродромов ГА» и распространится на вновь строящиеся автомобильные дороги и аэродромы с покрытиями из монолитного армированного цементобетона на укрепленных основаниях.

Действие данного ОДМ не распространяется на проектирование автомобильных дорог и аэродромов, располагаемых в районах со сложными инженерно-геологическими условиями.

2 Нормативные ссылки

В настоящем ОДМ использованы нормативные ссылки на следующие документы:

1. ГОСТ 10060.0-95 Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования.
2. ГОСТ 23558-94 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими мате-

риалами для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия

3. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация
4. ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования
5. ГОСТ 25607-2009 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия
6. ГОСТ 25820-2000 Бетоны легкие. Технические условия
7. ГОСТ 25912.4-91 Арматурные и монтажно-стыковые изделия железобетонных плит для аэродромных покрытий. Конструкция.
8. ГОСТ 26633-91 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия
9. ГОСТ 30491-2012 Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства
10. ГОСТ 30740-2000 Материалы герметизирующие для швов аэродромных покрытий. Общие технические условия
11. ГОСТ 3344-83 Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия
12. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик
13. ГОСТ Р 52748-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения
14. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия

15. ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия

3 Основные термины, условные обозначения и размерности

3.1 В настоящем ОДМ применены следующие термины с соответствующими определениями.

1 покрытие: Верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая непосредственно усилия от колес автомобилей и опор самолетов, подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов.

2 основание дорожной одежды: Несущая часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои основания или грунт земляного полотна.

3 искусственное укрепленное основание: Конструктивный слой, расположенный под покрытием, обеспечивающий совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на нижележащие дополнительные слои или грунт земляного полотна, искусственное укрепленное основание – слой из обработанных вяжущим материалов, для которых нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе.

4 искусственное неукрепленное основание: Слои между искусственным укрепленным основанием и грунтом земляного полотна, выполняющие морозозащитную, дренирующую и теплоизолирующую функции.

5 жесткое покрытие: Покрытие, работающее под нагрузкой как пластина на упругом основании, к таким покрытиям относятся покрытия на основе цементного бетона.

6 армобетонное покрытие: Покрытие из цементного бетона, армированного металлической сеткой, предназначенной для восприятия температурных напряжений и расположенной на расстоянии равном от 1/3 до 1/2 толщины плиты от поверхности покрытия.

7 железобетонное покрытие: Армированное цементобетонное покрытие, в котором необходимую площадь сечения арматуры определяют расчетом на прочность и ширину раскрытия трещин.

8 предельное состояние: Состояние конструкции, при наступлении которого она становится неспособной сопротивляться внешним воздействиям или получает недопустимые по условиям эксплуатации повреждения.

9 нормативная нагрузка: Установленное нормами значение веса транспортного средства или категории.

10 расчетная нагрузка: Нагрузка, установленное значение для расчета дорожной одежды и покрытия аэродрома, учитывающее условия эксплуатации и конфигурацию шасси транспортного средства или категории.

11 расчетный изгибающий момент: Внутреннее усилие в сечении плиты покрытия, вызванное внешней силовой нагрузкой.

12 предельный изгибающий момент: Предельное значение внутреннего усилия в сечении плиты покрытия, вызванное внешней силовой нагрузкой, при которой наступает предельное состояние.

3.2 В данном ОДМ приняты основные условные обозначения и размерности в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Условные обозначения и размерности

№№ п.п.	Наименование	Условное обозначение	Размерность
1.	Толщина однослойного покрытия	t	м
2.	Толщина верхнего слоя двухслойного покрытия	t_{sup}	м
3.	Толщина нижнего слоя двухслойного покрытия	t_{inf}	м
4.	Толщина слоя искусственного неукрепленного основания	t_i	м
5.	Толщина слоя искусственного укрепленного основания	t_f	м
6.	Расчетный изгибающий момент на единицу ширины сечения для однослойного покрытия	m_d	$\frac{МН\ м}{п.м.}$
7.	Предельный изгибающий момент на единицу ширины сечения для однослойного покрытия	m_u	$\frac{МН\ м}{п.м.}$
8.	Расчетный изгибающий момент на единицу ширины сечения для верхнего слоя двухслойного покрытия	$m_{d,sup}$	$\frac{МН\ м}{п.м.}$
9.	Предельный изгибающий момент на единицу ширины сечения для верхнего слоя двухслойного покрытия	$m_{u,sup}$	$\frac{МН\ м}{п.м.}$
10.	Расчетный изгибающий момент на единицу ширины сечения для нижнего слоя двухслойного покрытия	$m_{d,inf}$	$\frac{МН\ м}{п.м.}$
11.	Предельный изгибающий момент на единицу ширины сечения для нижнего слоя двухслойного покрытия	$m_{u,inf}$	$\frac{МН\ м}{п.м.}$
12.	Максимальный изгибающий момент при центральном загружении плиты	$m_{c,max}$	$\frac{МН\ м}{п.м.}$

продолжение таблицы 1

№№ п.п.	Наименование	Условное обозначение	Размерность
13.	Единичный изгибающий момент от действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с расчетным сечением	$\overline{m}_1$	-
14.	Единичный изгибающий момент, создаваемый действием i-го колеса, расположенного за пределами расчетного сечения	$\overline{m}_{x(y)i}$	-
15.	Динамическая нагрузка от одного колеса основной опоры	F_d	МН
16.	Давление в шине колеса основной опоры	p_a	МПа
17.	Количество основных опор самолета	N_o	-
18.	Количество колес на основной опоре самолета	N_k	-
19.	Среднесуточная интенсивность движения	N_c	-
20.	Радиус круга, равновеликого площади отпечатка колеса основной опоры	R_e	м
21.	Приведенный радиус круга, равновеликого площади отпечатка колеса основной опоры	α	-
22.	Цилиндрическая жесткость плиты однослойного покрытия	B	$МН\frac{м^2}{п.м.}$
23.	Цилиндрическая жесткость плиты верхнего слоя двухслойного покрытия	B_{sup}	$МН\frac{м^2}{п.м.}$
24.	Цилиндрическая жесткость плиты нижнего слоя двухслойного покрытия	B_{inf}	$МН\frac{м^2}{п.м.}$
25.	Цилиндрическая жесткость укрепленного основания	B_f	$МН\frac{м^2}{п.м.}$
26.	Упругая характеристика плиты	l	м
27.	Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе однослойного покрытия	B_{tb}	-

продолжение таблицы 1

№№ п.п.	Наименование	Условное обозначение	Размерность
28.	Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе верхнего слоя двухслойного покрытия	$B_{tb,sup}$	-
29.	Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе нижнего слоя двухслойного покрытия	$B_{tb,inf}$	-
30.	Модуль упругости материала плиты однослойного покрытия	E_b	**МПа**
31.	Модуль упругости материала плиты верхнего слоя двухслойного покрытия	$E_{b,sup}$	**МПа**
32.	Модуль упругости материала плиты нижнего слоя двухслойного покрытия	$E_{b,inf}$	**МПа**
33.	Эквивалентный коэффициент постели однородного массива	K_{se}	$\frac{МН}{м^3}$
34.	Коэффициент постели i-го слоя	K_{si}	$\frac{МН}{м^3}$
35.	Коэффициент динамичности	k_d	-
36.	Коэффициент разгрузки	γ_f	-
37.	Коэффициент загрузки основной опоры	K_o	-
38.	Переходной коэффициент от изгибающего момента при центральном загружении к моменту при краевом загружении: - для однослойных покрытий - для двухслойных покрытий с совмещенными швами для двухслойных покрытий с несовмещенными швами	 K K' K_1	 - -
39.	Условный диаметр круга передачи нагрузки на основание	D_r	**м**
40.	Ширина раскрытия трещин в расчетном сечении плиты	a_{crc}	**мм**
41.	Коэффициент условий работы	γ_c	-

продолжение таблицы 1

№№ п.п.	Наименование	Условное обозначение	Размерность
42.	Площадь сечения арматуры железобетонного покрытия в верхней и нижней зонах соответственно	$A_{s,sup}, A_{s,inf}$	$\frac{м^2}{п.м.}$
43.	Расчетное сопротивление растяжению арматурной стали	R_s	МПа
44.	Коэффициент армирования	μ	-
45.	Процент армирования	μ_a	%
46.	Расстояние между трещинами в железобетонной плите	a_c	м
47.	Модуль упругости арматурной стали	E_s	МПа

4 Нормативные и расчетные нагрузки на армированные цементобетонные покрытия.

4.1 Согласно существующему положению о расчете дорожных одежд с цементобетонным покрытием, расчет покрытий автомобильных дорог ведется от нагрузки на колесо автомобиля или прицепа (часто наиболее нагруженного колеса задней оси) или другого колесного средства. В качестве расчетной схемы нагружения конструкции колесом автомобиля принимается гибкий круговой штамп, передающий равномерно распределенную нагрузку.

В соответствии с ГОСТ Р 52748 приняты следующие нормативные нагрузки, таблица 2.

Таблица 2- Нормативные нагрузки на автомобильные дороги

Нормативная нагрузка, МН в зависимости от категории автомобильной дороги		
IA, IБ, IВ, II	III, IV	V
0.115	0.100	0.060

В процессе эксплуатации покрытия автомобильных дорог подвергаются воздействию транспортного потока, состоящего из различных автомобилей и автопоездов, отличающихся назначением, грузоподъемностью, количеством осей и нагрузкой на колесо или ось. Учет характера действующей нагрузки осуществляется через принятие соответствующих расчетных характеристик, а также через введение коэффициента динамичности при назначении величины нагрузки.

В связи с тем, что транспортный поток не однороден, транспортные средства разделяют на группы по грузоподъемности [1], в каждой из которых выделяют расчетный автомобиль. Для каждого колеса осей расчетного автомобиля в группе определяют коэффициент приведения номинальной динамической нагрузки от колеса каждой из *n* осей транспортного средства к расчетной динамической нагрузке по формуле (1):

$$S_n = \left(\frac{Q_{дн}}{Q_{драсч}}\right)^{\beta}, \quad (1)$$

где $Q_{дн}$ – номинальная динамическая нагрузка от колеса на покрытие; $Q_{драсч}$ – расчетная динамическая нагрузка от колеса на покрытие; β – минимальный показатель степени, принимаемый для жестких дорожных одежд равным 4.4.

Номинальная динамическая нагрузка $Q_{дн}$ определяется умножением номинальной статической нагрузки на колесо данной оси по паспортным данным на транспортное средство на коэффициент динамичности (2):

$$Q_{дн} = Q_н \cdot K_{дин}, \quad (2)$$

где $Q_н$ – номинальная статическая нагрузка на колесо данной оси; $K_{дин}$ – коэффициент динамичности, принимаемый равный 1.3; $K_{дин}$ – допускается принимать по таблице 3 в зависимости от осевого веса автомобиля.

Таблица 3 – Осевой вес автомобиля

Осевой вес автомобиля, МН	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
$K_{дин}$	1.6	1.3	1.15	1.08	1.06	1.04

При определении расчетного значения номинальной статической нагрузки для многоосных автомобилей фактическую номинальную нагрузку на колесо, определяемую по паспортным данным, следует умножать на коэффициент K_c, вычисляемый по формуле (3):

$$K_c = a - в \cdot \sqrt{Б_Т - c}, \quad (3)$$

где $Б_Т$ – расстояние в метрах между крайними осями тележки; $a, в, c$ – параметры, определяемые в зависимости числа осей тележки по таблице 4.

Таблица 4 – Параметры тележки автомобиля

Тележки	a	$в$	c
Двухосные	1.7	0.43	0.5
Трехосные	2.0	0.46	1.0

Расчетную динамическую нагрузку $Q_{драсч}$ определяют как произведение нормативной нагрузки в зависимости от категории автомобильной дороги на коэффициент динамичности (4):

$$Q_{драсч} = Q_{норм} \cdot K_{дин}, \quad (4)$$

где $Q_{норм}$ – нормативная нагрузка на колесо.

Суммарный коэффициент приведения $S_{m_сум}$ от рассматриваемого расчетного автомобиля в группе к расчетной нагрузке определяют как сумму числа осей (5):

$$S_{m_сум} = \sum_{1}^{n} S_n , \quad (5)$$

где n – число осей у данного расчетного транспортного средства.

Значения основных нормативных нагрузок при расчете армированных цементобетонных покрытий автомобильных дорог на укрепленных основаниях следует принимать в соответствии с таблицей 5 и таблицей 6.

4.2 Нормативные и расчетные нагрузки на армированные цементобетонные покрытия аэродромов. Значения основных нормативных нагрузок при расчете армированных цементобетонных покрытий аэродромов на укрепленных основаниях следует принимать в соответствии с таблицей 7 и таблицей 8.

Таблица 5 – Параметры нормативной нагрузки для категорий автомобильной дороги

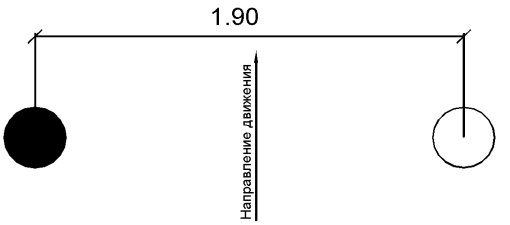
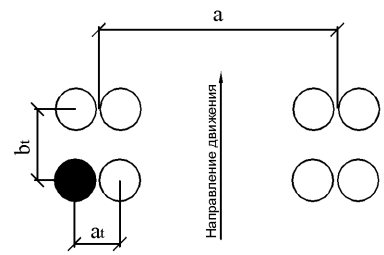
Класс нагрузки	Категория автомобильной дороги	Нормативная нагрузка по ГОСТ Р 52748, МН	Расчетная нагрузка на колесо F_d, МН	Давление в шине p_a, МПа	Расчетная схема
АК	I - II	0.115	0.075	0.6	
	III - IV	0.10	0.065		
	V	0.06	0.039		

Таблица 6 - Параметры нагрузок транспортных средств

Транспортное средство	Расчетная нагрузка на колесо F_d, МН	Давление в шине p_a, МПа	Колея шасси a, м	Колея колес a_t, м	База колес b_t, м	Расчетная схема
ЗИЛ-640900	0.02195	0.64	1.850	0.286	1.40	
КРАЗ-6133М6	0.03479	0.58	2.070	0.295	1.40	
КРАЗ-65055	0.03577	0.58	1.840	0.330	1.40	
МАЗ-642290-2122	0.02868	0.65	2.032	0.234	1.40	
КАМАЗ-55102	0.01788	0.59	1.856	0.232	1.320	

продолжение таблицы 6

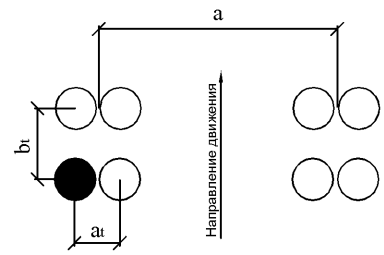
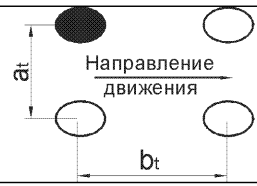
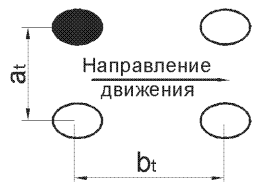
Транспортное средство	Расчетная нагрузка на колесо F_d, МН	Давление в шине p_a, МПа	Колея шасси a, м	Колея колес a_t, м	База колес b_t, м	Расчетная схема
TATRA-T815-25-S01	0.03693	0.83	1.994	0.253	1.32	
УРАЛ-IVECO-63291	0.04112	0.76	1.823	0.219	1.39	
DAF-FTGXF95	0.03068	0.85	1.800	0.300	1.32	
Mercedes-Benz-Actros 3353S	0.04743	0.83	2.035	0.227	1.35	
Iveco-Eurotrakker MP720E42TH	0.04781	0.85	1.823	0.219	1.38	

Таблица 7 – Параметры нормативных нагрузок и нагрузок от самолетов России

Вид нагрузки	Взлетный вес, F, МН	Количество основных опор, N_o	Количество колес на основной опоре, N_k	Давление в шине, p_a, МПа	База тележки, b_t, м	Колея тележки, a_t, м	Коэффициент загрузки основных опор, K_o	Схема опоры
Категории нормативной нагрузки								
В/к	0.85	1	4	1	1.3	0.7	1	
I	0.70	1	4	1	1.3	0.7	1	
II	0.55	1	4	1	1.3	0.7	1	
III	0.40	1	4	1	1.3	0.7	1	
Российские самолеты								
Ил-96	2.310	3	4	1.08	1.4	1.1	0.95	
Ил-96-300	2.410	3	4	1.18	1.4	1.1	0.95	
Ил-86	2.165	3	4	0.932	1.49	1.25	0.936	
Ил-62	1.626	2	4	1.08	0.8	1.65	0.936	
Ту-204	0.935	2	4	1.372	1.27	0.8	0.918	

продолжение таблицы 7

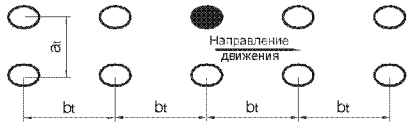
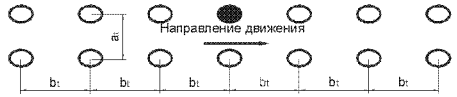
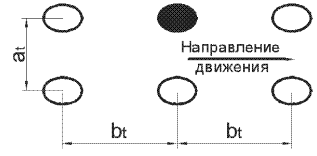
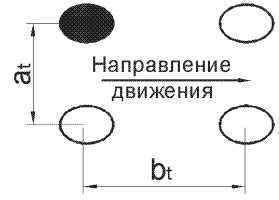
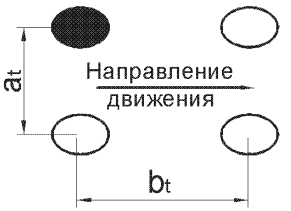
Вид нагрузки	Взлетный вес, F, МН	Количество основных опор, N_o	Количество колес на основной опоре, N_k	Давление в шине, p_a, МПа	База тележки, b_t, м	Колея тележки, a_t, м	Коэффициент загрузки основных опор, K_o	Схема опоры
Ан-124	3.980	2	10	1.08	1.70	1.00	0.958	
Ан-225	6.000	2	14	1.20	1.70	1.00	0.950	

Таблица 8 - Параметры нормативных нагрузок и нагрузок от зарубежных самолетов

Вид нагрузки	Взлетный вес, F, МН	Количество основных опор, N_o	Количество колес на основной опоре, N_k	Давление в шине, p_a, МПа	База тележки, b_t, м	Колея тележки, a_t, м	Коэффициент загрузки основных опор, K_o	Схема опоры
Зарубежные самолеты								
B-777-200	2.878	2	6	1.48	1.4	1.45	0.940	
A-380-800, средние опоры	5.620	2	6	1.34	1.70	1.53	0.950	
A-380-800F, средние опоры	5.920	2	6	1.34	1.70	1.53	0.950	
A-380-800, крайние опоры	5.620	2	4	1.34	1.70	1.35	0.950	
A-380-800F, крайние опоры	5.920	2	4	1.34	1.70	1.35	0.950	
B-747-400	3.960	4	4	1.41	1.47	1.1	0.936	
B-747-200	3.792	4	4	1.39	1.47	1.1	0.908	
B-767-200ER	1.760	2	4	1.31	1.42	1.14	0.920	
B-767-300ER	1.8552	2	4	1.38	1.42	1.14	0.920	

продолжение таблицы 8

Вид нагрузки	Взлетный вес, F, МН	Количество основных опор, N_o	Количество колес на основной опоре, N_k	Давление в шине, p_a, МПа	База тележки, b_t, м	Колея тележки, a_t, м	Коэффициент загрузки основных опор, K_o	Схема опоры
A-300-600R	1.726	2	4	1.21	0.93	1.40	0.950	
A-310-100-2	1.386	2	4	1.30	0.93	1.40	0.934	
A-320-100-3	0.680	2	4	1.12	1.00	0.78	0.942	
A-320-200-2	0.739	2	4	1.22	1.00	0.78	0.938	
B-707-320C	1.5241	2	4	1.24	1.42	0.88	0.934	
B-747-100	3.4155	4	4	1.32	1.47	1.12	0.924	
DC-8-55	1.4878	2	4	1.30	0.76	1.40	0.940	
B - Business Jet	0.7756	2	2	1.34	-	0.78	0.950	
A-320-200	0.739	2	2	1.38	-	0.93	0.938	
B-727-200	0.953	2	2	1.15	-	0.86	0.922	
B-737-400	0.649	2	2	1.44	-	0.78	0.937	
B-787-300	0.615	2	2	1.14	-	0.78	0.918	
B-727-200-5	0.9525	2	2	1.15	-	0.86	0.922	
A-319	0.755	2	2	1.15	-	0.93	0.950	
A-321	0.935	2	2	1.15	-	0.93	0.950	

4.3 Аэродромные покрытия следует рассчитывать на нагрузки, категории и параметры которых приведены в таблице 7 и таблице 8. В соответствии с заданием на проектирование допускается рассчитывать аэродромные покрытия на воздействие вертикальных нагрузок от воздушного судна конкретного типа.

Величину динамической расчетной нагрузки от колеса основной опоры F_d надлежит определять следующим образом по формуле (6):

$$F_d = \frac{F}{\sum_{i=1}^{N_o}\sum_{j=1}^{N_k} n_{kj}} K_o\, k_d\, \gamma_f, \qquad (6)$$

где F - взлетный вес, МН; N_o - количество основных опор; N_k - количество колес основной опоры; K_o - коэффициент загрузки основных опор; k_d - коэффициент динамичности; γ_f - коэффициент разгрузки; $\sum_{i=1}^{N_o}\sum_{j=1}^{N_k} n_{kj}$ - общее количество колес всех основных опор.

Покрытия аэродромов по степени воздействия нагрузок воздушных судов и несущей способности надлежит подразделять на группы участков в соответствии с рисунком 1. Приведенные на нем схемы допускается уточнять в зависимости от назначения и ведомственной принадлежности аэродромов, при этом участки покрытий, предназначаемые для систематического руления воздушных судов, следует относить к группе А.

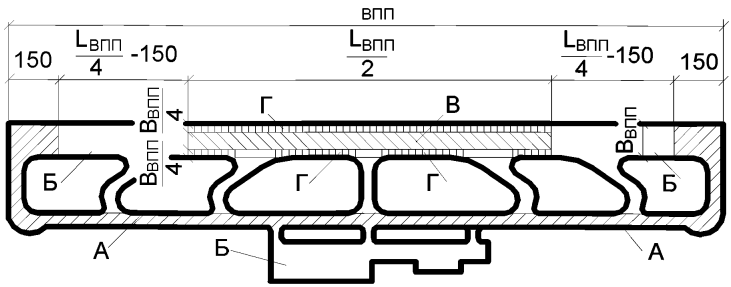


Рисунок 1 - Схема деления покрытий аэродрома на группы участков

При расчете аэродромных покрытий на прочность значения коэффициентов динамичности k_d и разгрузки для всех групп участков γ_f следует принимать по таблице 9.

Таблица 9 – Значения коэффициента динамичности и разгрузки

Группа участков аэродромных покрытий (рисунок 1)	Коэффициент разгрузки γ_f	Коэффициент динамичности k_d при внутреннем давлении воздуха в пневматиках колес p_a, МПа		
		$p_a \le 1.0$	$1.0 < p_a \le 1.5$	$p_a > 1.5$
А	**1**	**1.20**	**1.25**	**1.30**
Б	**1**	**1.1**	**1.15**	**1**
В,Г	**0.85**	**1.1**	**1.1**	**1.1**

При расчете аэродромных покрытий на категорию нормативной нагрузки соответствие нагрузки от самолета категории нормативной нагрузки следует устанавливать по таблице 10 с использованием значений классификационных чисел ACN. Диапазоны значений классификационных чисел ACN для категорий нормативных нагрузок следует принимать по таблице 10.

Таблица 10 – Значения классификационных чисел ACN

Категория нормативных нагрузок	Числа ACN при коде прочности основания			
	A	B	C	D
B.K	64 и более	76 и более	88 и более	97 и более
I	47 – 63	57 – 75	67 – 87	75 – 96
II	33 – 46	40 – 56	47 – 66	54 – 74
III	21 – 32	25- 39	30 – 46	35 – 53
IV	14 – 20	17 – 24	20 – 29	24 – 34

Примечание

Код прочности основания	Категория прочности основания	Значение коэффициента постели основания, МН/м^3
A	высокая	св. 120
B	средняя	св. 60 до 120
C	низкая	св. 25 до 60
D	очень низкая	25 и менее

Тип самолета	Максимальный взлетный вес. МН	Давление в пневматике колеса основной опоры. МПа	Значение ACN при коде прочности основания			
			A	B	C	D
A300-B, B2	1.353	1.16	35	43	51	58
A300-B4-200	1.627	1.28	46	56	66	75
A300-B4-200 (Optional Bogie)	1.627	1.16	41	49	59	68
A300-B4-600R	1.693	1.35	51	61	71	80
A300-B4-600R (Optional Bogie)	1.693	1.21	44	54	64	74
A300-C4	1.627	1.24	44	53	63	72
A310-200, 200C	1.509	1.46	43	51	59	67
A310-300 (Configuration 1)	1.480	1.19	40	48	57	65
A310-300 (Configuration 2)	1.549	1.48	46	55	64	72
A310-300 (Configuration 3)	1.617	1.29	47	56	66	75
A310-322 SR, BB	1.500	1.45	42	50	59	67
A310-324	1.540	1.24	41	50	59	67
A310-325	1.608	1.38	46	55	64	73

продолжение таблицы 10

Тип самолета	Максимальный взлетный вес. МН	Давление в пневматике колеса основной опоры. МПа	Значение ACN при коде прочности основания			
			A	B	C	D
A318-100	0.607	0.89	31	34	36	38
A319-100 (Configuration 1)	0.632	0.89	31	34	37	39
A319-100 (Configuration 2)	0.690	1.07	37	40	42	44
A319-100 (Configuration 3)	0.744	1.38	44	46	48	50
A320-100	0.667	1.21	38	41	43	45
A320-200 (Configuration 1)	0.725	1.03	40	43	45	48
A320-200 (Configuration 2)	0.744	1.14	42	45	48	50
A320-200 (Configuration 3)	0.759	1.44	46	49	51	53
A320-200 (Optional Bogie)	0.725	1.22	19	23	27	31
A320-212 (Optional 4-Wheel Bogie)	0.764	1.22	20	24	29	33
A321-100 (Configuration 1)	0.769	1.28	47	50	52	54
A321-100 (Configuration 2)	0.818	1.36	51	54	57	59
A321-200	0.877	1.46	56	59	62	64
A330-200 (Configuration 1)	2.137	1.34	48	56	66	78
A330-200 (Configuration 2)	2.264	1.42	53	61	73	85
A330-300 (Configuration 1)	2.088	1.31	46	54	64	75
A330-300 (Configuration 2)	2.137	1.33	47	55	65	77
A330-300 (Configuration 3)	2.264	1.42	54	62	74	86
A340-200 (Configuration 1)	2.559	1.32	47	55	65	76

продолжение таблицы 10

Тип самолета	Максимальный взлетный вес. МН	Давление в пневматике колеса основной опоры. МПа	Значение ACN при коде прочности основания			
			A	B	C	D
A340-200 (Configuration 2)	2.706	1.42	53	61	73	85
A340-300 (Configuration 1)	2.559	1.32	47	54	65	76
A340-300 (Configuration 2)	2.706	1.42	54	62	74	86
A340-500. 600	3.590	1.42	60	70	83	97
A380-800 (6-колесная основная опора)	5.514	1.47	55	67	88	110
A380-800 (4-колесная основная опора)	5.514	1.47	55	64	76	88
АН-124-100	3.844	1.03	35	48	73	100
АН-225	5.884	1.13	45	61	89	125
Aurora (CP-140)	0.600	1.31	41	43	45	46
B707-120. 120B	1.150	1.17	28	34	40	47
B707-320, 320B, 320C, 420	1.484	1.24	42	50	59	67
B717-100, 200, 300	0.543	1.1	36	38	39	41
B720, 720B	1.045	1.01	24	29	35	41
B727-100, 100C	0.756	1.14	45	48	51	53
B727-200	0.770	1.15	47	50	52	54
B727-200 (Advanced)	0.934	1.19	59	63	66	68
B727-200F (Advanced)	0.907	1.15	57	60	63	66
B737-100	0.445	1.02	25	26	28	29
B737-200, 200C, Advanced	0.572	1.26	35	37	39	41
B737-300	0.623	1.4	40	42	44	46
B737-400	0.670	1.28	43	45	47	49
B737-500	0.596	1.34	38	40	42	43
B737-600	0.645	1.3	39	41	44	45
B737-700	0.690	1.39	43	46	48	50

продолжение таблицы 10

Тип самолета	Максимальный взлетный вес. МН	Давление в пневматике колеса основной опоры. МПа	Значение ACN при коде прочности основания			
			A	B	C	D
B737-800	0.777	1.47	51	53	55	57
B737-900	0.777	1.47	51	53	55	57
B737-BBJ	0.763	1.47	50	52	54	56
B747-100, 100B, 100SF	3.350	1.55	46	54	64	73
B747-100SR	2.690	1.04	29	35	42	50
B747-200B, 200C, 200F, 200M	3.720	1.38	51	61	72	82
B747-300, 300M, 300SR	3.720	1.31	50	60	71	81
B747-400, 400F, 400M	3.905	1.38	53	62	74	85
B747-400D (Domestic)	2.729	1.04	30	36	43	51
B747-400ER	4.061	1.58	59	69	81	92
B747-SP	3.127	1.26	40	48	58	67
B757-200 Series	1.134	1.24	32	38	45	52
B757-300	1.200	1.24	35	42	49	56
B767-200	1.410	1.31	39	46	55	63
B767-200ER	1.726	1.31	44	52	62	71
B767-300	1.566	1.34	40	47	57	66
B767-300ER	1.784	1.38	40	47	57	66
B767-400ER	2.006	1.48	58	68	80	91
B777-200	2.389	1.26	38	47	61	77
B777-200ER	2.823	1.41	50	63	82	101
B777-200LR	3.345	1.50	64	82	105	127
B777-300	2.945	1.48	54	68	88	108
B777-300ER	3.345	1.52	66	85	109	131
B787-8	2.240	1.57	61	71	84	96
BAC-111 Series 400	0.390	0.97	25	27	28	29
BAC-111 Series 475	0.440	0.57	26	28	29	31

продолжение таблицы 10

Тип самолета	Максимальный взлетный вес. МН	Давление в пневматике колеса основной опоры. МПа	Значение ACN при коде прочности основания			
			A	B	C	D
BAC-111 Series 500	0.467	1.1	33	34	35	36
BAe-146-100	0.376	0.84	20	22	24	25
BAe-146-200	0.416	0.97	24	26	27	29
BAe-146-300	0.436	1.1	27	28	30	31
Bombardier BD-700, Global Express, XRS	0.437	1.15	30	31	32	33
Bombardier CRJ700 Series	0.335	1.06	20	21	22	23
Bombardier CRJ900 Series	0.377	1.06	23	24	26	27
Bombardier Global	0.391	1.15	26	27	28	29
C-123K Provider (Fairchild/Republic)	0.267	0.69	21	21	22	22
C-141B Starlifter (Lockheed)	1.553	1.31	51	61	70	78
C-17A (Globemaster III)	2.736	0.95	55	51	61	76
C-5 Galaxy (Lockheed)	3.723	0.77	28	31	37	45
Convair 880	0.860	1.03	26	31	36	40
Convair 990	1.135	1.28	40	47	54	60
DC-10-10, 10CF, 15	2.037	1.34	49	58	69	80
DC-10-20, 20CF, 30CF, 40CF	2.485	1.14	49	59	72	85
DC-10-30, 30ER, 40	2.593	1.22	50	59	72	84
DC-6, 6B	0.480	0.73	22	24	26	27
DC-7 (All Models)	0.640	0.89	37	40	42	44
DC-8-10, 20 Series	1.226	1.01	32	39	46	53
DC-8-43, 55, 61, 71	1.470	1.3	45	54	63	71
DC-8-61F, 63F	1.557	1.32	50	59	68	76
DC-8-62, 62F, 63. 72, 73	1.593	1.35	50	59	69	77
DC-9-10, 15	0.404	0.93	24	26	27	28

продолжение таблицы 10

Тип самолета	Максимальный взлетный вес. МН	Давление в пневматике колеса основной опоры. МПа	Значение ACN при коде прочности основания			
			A	B	C	D
DC-9-21	0.445	1.02	28	29	31	32
DC-9-30, 32	0.485	1.05	30	32	34	35
DC-9-41, 50, 51	0.543	1.17	35	37	39	40
Embraer 170, 175	0.368	1.04	22	24	25	26
Embraer 190, 195	0.481	1.1	31	33	35	36
Fokker 70	0.410	0.81	24	26	27	29
Gulfstream IV	334	1.21	24	25	25	26
Gulfstream V	405	1.37	31	32	32	33
Hercules C-130, 082, 182, 282, 382	778	0.67	33	36	39	42
Hercules L-100 (Commercial)	693	0.74	30	33	35	38
Ил-62, 62М	1.648	1.65	51	59	68	77
Ил-76Т	1.677	0.64	29	33	30	34
Ил-76ТD	1.775	0.66	32	35	32	37
Ил-86	2.054	0.88	26	31	38	46
Ил-96, 96-300, 96М, 96Т	2.310	1.08	35	43	52	61
KC-10 (McDonnell Douglas)	2.593	1.22	50	59	72	84
KC-135 Stratotanker (Boeing)	1.342	1.38	35	40	48	55
L-1011-1 Tristar	1.913	1.35	45	52	62	72
L-1011-100, 200 Tristar	2.073	1.35	49	58	69	81
L-1011-250 Tristar	2.269	1.35	55	66	79	91
L-1011-500 Tristar	2.295	1.35	56	67	80	93
Lockheed 188 Electra	503	0.95	30	32	34	36
MD-11	2.805	1.38	58	69	83	96
MD-81	628	1.14	41	43	45	46
MD-82	670	1.14	43	46	48	50
MD-83	716	1.14	47	50	52	54

продолжение таблицы 10

Тип самолета	Максимальный взлетный вес, МН	Давление в пневматике колеса основной опоры, МПа	Значение ACN при коде прочности основания			
			A	B	C	D
MD-87	628	1.14	41	43	45	46
MD-88	670	1.14	44	46	48	50
MD-90-30	699	1.14	46	48	50	52
MD-90-30ER	739	1.14	49	51	54	56
MD-90-50, 55	772	1.14	52	54	57	58
P-3A/B/C Orion	623	1.31	44	46	48	49
Ту-154	961	0.93	18	24	30	36
Ту-204, 214, 224, 234	1.096	1.38	29	34	40	46
VC10 Series	1.590	1.01	41	50	60	69

5. Материалы для жестких покрытий и укрепленных оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические требования.

Для жестких покрытий автомобильных дорог и аэродромов следует применять тяжелый бетон, отвечающий требованиям ГОСТ 26633.

При конструировании монолитных жестких дорожных и аэродромных покрытий в верхнем слое следует применять прочные морозостойкие, износостойкие, долговечные материалы.

5.1 Материалы для жестких покрытий автомобильных дорог. При проектировании дорожных одежд с цементобетонным покрытием следует применять бетоны тяжелые и мелкозернистые по классификации ГОСТ 25192. Бетон должен отвечать требованиям ГОСТ 26633.

Основными характеристиками дорожного цементобетона являются класс (марка) по прочности на растяжение при изгибе и на сжатие, модуль упругости, марка по морозостойкости, коэффициент линейного температурного расширения и коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона).

Класс бетона по прочности принимают в зависимости от конструктивного слоя дорожной одежды, категории дороги и интенсивности расчетной нагрузки, ед./сут., таблица 11.

Таблица 11 – Проектные классы бетонов автомобильных дорог

Конструктивный слой дорожной одежды	Категория автомобильной дороги	Интенсивность расчетной нагрузки, ед./сут	Минимальные проектные классы (марки) по прочности	
			на растяжение при изгибе B_{tb} (P_{tb})	на сжатие B (M)
Монолитное однослойное покрытие или верхний слой двухслойного покрытия	I	более 2000	4.4 (55)	35 (450)
	II, III	от 1000 до 2000	4.0 (50)	30 (400)
	IV	менее 1000	3.6 (45)	25 (300)
Нижний слой двухслойных монолитных покрытий	I – II	более 1000	3.2 (40)	-
	III – IV	менее 1000	2.8 (35)	-

Значения начального модуля упругости бетона принимаются в зависимости от прочности бетона на растяжение при изгибе, таблица12.

Таблица 12 – Начальные модули упругости бетонов

Класс (марка) бетона по прочности на растяжение при изгибе B_{tb}	Начальный модуль упругости E_b, МПа, бетона	
	тяжелого	мелкозернистого
2.8	$2.60 \cdot 10^4$	$2.16 \cdot 10^4$
3.2	$2.84 \cdot 10^4$	$2.31 \cdot 10^4$
3.6	$3.04 \cdot 10^4$	$2.45 \cdot 10^4$
4.0	$3.24 \cdot 10^4$	$2.60 \cdot 10^4$
4.4	$3.53 \cdot 10^4$	-

Коэффициент линейной температурной деформации α_{tb} при изменении температуры от минус 40°С до плюс 50°С для тяжелого и мелкозернистого бетонов принимается равным $1 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^oC}$.

Марка бетона по морозостойкости принимается в зависимости от конструктивных слоев дорожной одежды и среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца, таблица 13.

Таблица 13 – Марки бетонов по морозостойкости автомобильных дорог

Конструктивный слой дорожной одежды	Минимальные проектные марки бетона по морозостойкости F для районов со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца, °С		
	от 0 до минус 5	от минус 5 до минус 15	ниже минус 15
Однослойное покрытие или верхний слой двухслойного покрытия	F100	F150	F200
Нижний слой двухслойного покрытия	F50	F50	F100

5.2 Материалы для жестких покрытий аэродромов. Строительство жестких покрытий следует выполнять из

тяжелого бетона, отвечающего требованиям ГОСТ 26633 и настоящих рекомендаций.

Допускается применять мелкозернистый бетон, отвечающий требованиям ГОСТ 26633, при этом класс по прочности на сжатие при использовании его в однослойном или верхнем слое двухслойного покрытия должен быть не ниже ***B 30***.

Проектные классы бетона по прочности необходимо принимать не ниже значений, указанных в таблице 14.

Таблица 14 – Проектные классы бетонов аэродромных покрытий

Аэродромное покрытие	Минимальный проектный класс бетона по прочности	
	на растяжение при изгибе	на сжатие
Однослойное монолитное армобетонное и железобетонное с ненапрягаемой арматурой	B_{tb} 4.0	B 30
Верхний слой монолитного армобетонного двухслойного покрытия	B_{tb} 4.0	B 30
Нижний слой армобетонного двухслойного покрытия и подшовные плиты	B_{tb} 2.8	B 20

Морозостойкость бетона должна быть не ниже указанной в таблице 15 и рисунке 2.

Таблица 15 Марки бетонов по морозостойкости аэродромных покрытий

Климатические условия	Морозостойкость бетона	
	для однослойного и верхнего слоя двухслойного покрытий	для нижнего слоя двухслойного покрытия
Мягкие	F100	F50

продолжение таблицы 15

Климатические условия	Морозостойкость бетона	
	для однослойного и верхнего слоя двухслойного покрытий	для нижнего слоя двухслойного покрытия
Умеренные	***F150***	***F75***
Суровые	***F200***	***F100***

Примечания

1. Мягкие климатические условия характеризуются среднемесячной температурой наружного воздуха наиболее холодного месяца от 0 до минус 5 °С, умеренные — ниже минус 5 до минус 15 °С, суровые — ниже минус 15 °С.
2. Расчетная среднемесячная температура наружного воздуха принимается в соответствии с требованиями [2]

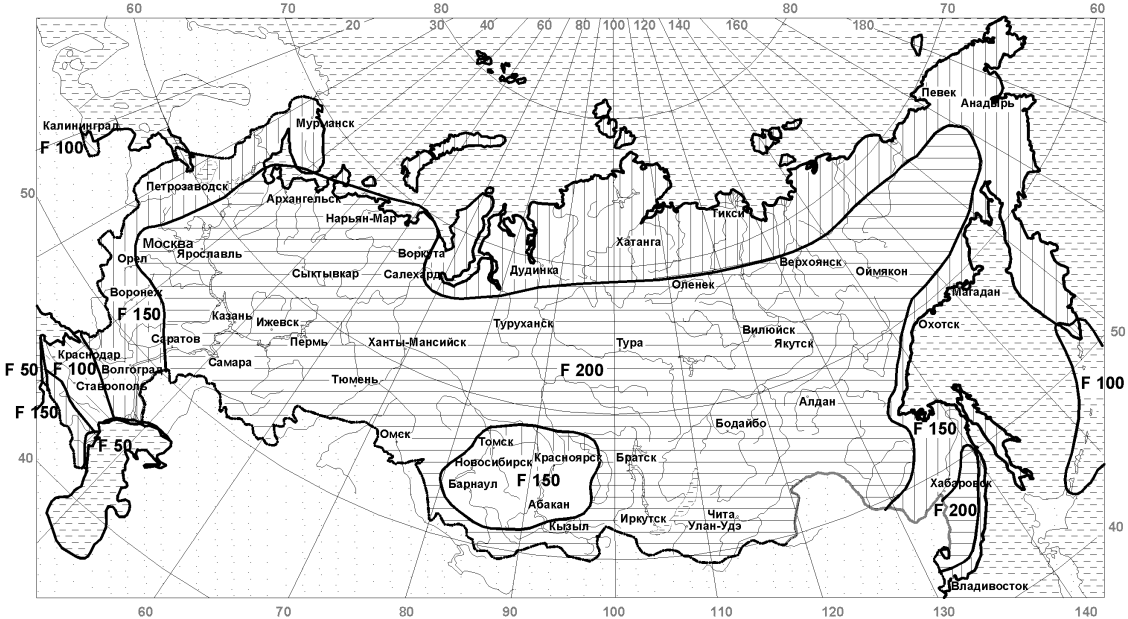


Рисунок 2 - Районирование территории РФ по требуемой морозостойкости бетона для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий

Нормативные и расчетные характеристики бетона, следует принимать по таблице 16.

Таблица 16 - Нормативные и расчетные характеристики бетона

Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе B_{tb}	Расчетное сопротивление растяжению при изгибе R_{tb}, МПа	Начальный модуль упругости бетона E_b, МПа	
		тяжелого	мелкозернистого (песчаного)
$B_{tb}2.8$	2.26	$2.60 \cdot 10^4$	$2.16 \cdot 10^4$
$B_{tb}3.2$	2.75	$2.84 \cdot 10^4$	$2.31 \cdot 10^4$
$B_{tb}3.6$	3.04	$3.04 \cdot 10^4$	$2.45 \cdot 10^4$
$B_{tb}4.0$	3.43	$3.24 \cdot 10^4$	$2.60 \cdot 10^4$
$B_{tb}4.4$	3.73	$3.53 \cdot 10^4$	-
$B_{tb}4.8$	4.10	$3.53 \cdot 10^4$	-
$B_{tb}5.2$	4.40	$3.73 \cdot 10^4$	-
$B_{tb}5.6$	4.80	$3.73 \cdot 10^4$	-
$B_{tb}6.0$	5.10	$3.82 \cdot 10^4$	-
$B_{tb}6.4$	5.50	$3.82 \cdot 10^4$	-

Примечания

1. Классы бетона отвечают гарантированной прочности бетона на растяжение при изгибе с обеспеченностью 0.95.
2. Начальный модуль упругости мелкозернистого бетона приведен для бетона естественного твердения, приготовленного из песков с модулем крупности свыше 2.0; для бетона естественного твердения, приготовленного из песков с модулем крупности менее 2.0, табличные значения следует умножать на 0.9.

Вид и класс арматуры, характеристики арматурных сталей надлежит устанавливать в соответствии с требованиями [3], [4], [5] в зависимости от вида покрытия, назначения арматуры, температурных условий, технологии приготовлении арматурных элементов и способов их использования (ненапрягаемая и напрягаемая арматура).

В качестве ненапрягаемой арматуры в сварных сетках и каркасах следует применять:

- холоднодеформированную периодического профиля классов В 500 (Вр-I, В500С);

- горячекатаную и термомеханически упрочненную арматуру периодического профиля классов А-300 (А-II), А-400 (А-III, А-400С), А500 (А500С).

В качестве монтажной, распределительной и конструктивной арматуры, а также для элементов стыковых соединений следует использовать горячекатаную арматурную сталь гладкую класса А-240 (А-I) и обыкновенную арматурную гладкую проволоку класса В-I.

Основные характеристики арматуры следует назначать в соответствии с таблицей 17.

Таблица 17 – Характеристики арматуры

№ п.п.	Класс арматуры	Диаметр, мм	Площадь сечения стержня, A_1, м^2	Модуль упругости E_s, МПа	Расчетное сопротивление растяжению R_s, МПа
Стержневая горячекатаная					
1.	***А – 240***	***6 – 40***		$2.0 \cdot 10^5$	***215***
2.	***А – 300***	***10***	$7.854 \cdot 10^{-5}$	$2.0 \cdot 10^5$	***270***
		12	$1.131 \cdot 10^{-4}$		
		14	$1.539 \cdot 10^{-4}$		
		16	$2.011 \cdot 10^{-4}$		
		18	$2.545 \cdot 10^{-4}$		
3.	***А – 400***	***10***	$7.854 \cdot 10^{-5}$	$2.0 \cdot 10^5$	***355***
		12	$1.131 \cdot 10^{-4}$		
		14	$1.539 \cdot 10^{-4}$		
		16	$2.011 \cdot 10^{-4}$		
		18	$2.545 \cdot 10^{-4}$		

продолжение таблицы 17

№ п.п.	Класс арматуры	Диаметр, мм	Площадь сечения стержня, A_1, м^2	Модуль упругости E_s, МПа	Расчетное сопротивление растяжению R_s, МПа
4.	**А – 500**	**10**	$7.854 \cdot 10^{-5}$	$2.0 \cdot 10^5$	**435**
		12	$1.131 \cdot 10^{-4}$		
		14	$1.539 \cdot 10^{-4}$		
		16	$2.011 \cdot 10^{-4}$		
		18	$2.545 \cdot 10^{-4}$		
Холоднодеформированная периодического профиля					
5.	**В500**	**3**	$0.7069 \cdot 10^{-5}$	$2.0 \cdot 10^5$	**415**
		4	$1.257 \cdot 10^{-5}$		
		5	$1.964 \cdot 10^{-5}$		
		6	$2.827 \cdot 10^{-5}$		
		8	$5.027 \cdot 10^{-5}$		
		10	$7.854 \cdot 10^{-5}$		
		12	$1.131 \cdot 10^{-4}$		

В качестве арматуры железобетонных конструкций, устанавливаемой по расчету, рекомендуется преимущественно применять:

арматуру периодического профиля классов А500 и А400;

арматуру периодического профиля класса В500 в сварных каркасах и сетках.

В конструкциях покрытий, эксплуатируемых в районах с расчетной зимней температурой ниже минус 30^0 С, не допускается применение арматуры класса А300 марки стали Ст5пс диаметром 18-40 мм, а также класса А240 марки стали Ст3кп. Прочие виды и классы арматуры допускается применять без ограничений.

5.3. Материалы для оснований жестких покрытий автомобильных дорог. Технические требования, предъявляемые к основаниям дорожных одежд.

Конструктивные слои из щебеночно-гравийно-песчаных смесей и грунтов, обработанных органическими и комплексными вяжущими (органоминеральные смеси – ГОСТ 30491), таблица 18.

Таблица 18 – Модули упругости слоев оснований, обработанных органическими и комплексными вяжущими

№ п.п.	Материал слоя	Расчетные значения модуля упругости, МПа
1	Щебеночно-гравийно-песчаные смеси и крупнообломочные грунты (оптимального/неоптимального состава) обработанные: - жидкими органическими вяжущими или вязкими, в т.ч. эмульгированными органическими вяжущими - жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными или эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными	450/350 950/700
2	Пески гравелистые, крупные, средние/пески мелкие; супесь легкая и пылеватая; суглинки легкие обработанные: - жидкими органическими вяжущими или вязкими, в т.ч. эмульгированными органическими вяжущими - жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными или эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными	430/280 700/600

Конструктивные слои из черного щебня следует назначать в соответствии с данными таблице 19.

Таблица 19 – Модули упругости конструктивных слоев из черного щебня

№ п.п.	Материал	Расчетные значения модуля упругости, МПа
1	Черный щебень, уложенный по способу заклинки	600
2	Слой из щебня, устроенного по способу пропитки вязким битумом и битумной эмульсии	400

Конструктивные слои из смесей щебеночно-гравийно-песчаных и грунтов, обработанных неорганическими вяжущими материалами, соответствующих ГОСТ 23558, таблица 20.

Таблица 20 - Модули упругости слоев оснований, обработанных неорганическими вяжущими

№ п.п.	Материал	Расчетные значения модуля упругости, МПа
1	Щебеночно-гравийно-песчаные смеси, крупнообломочные грунты (оптимальные/неоптимальные), обработанные цементом: -соответствующие марке: 20 40 60 75 100	 500/400 600/550 870/830 800/700 1000/950
2	То же, обработанные зольным или шлаковым вяжущим: -соответствующие марке: 20 40 60 75 100	 450/350 550/500 750/650 870/780 950/910

продолжение таблицы 20

№ п.п.	Материал	Расчетные значения модуля упругости, МПа
3	Пески гравелистые, крупные, средние/пески мелкие и пылеватые; супесь легкая и тяжелая; суглинки легкие, обработанные цементом: -соответствующие марки: 20 40 60 75 100	 400/250 550/400 700/550 870/750 950/870
4	То же, обработанные зольным или шлаковым вяжущим: - соответствующие марке: 20 40 60 75 100	 300/200 450/300 600/450 730/600 870/750

Конструктивные слои из смесей щебеночно-гравийно-песчаных, соответствующих ГОСТ 25607 и ГОСТ 3344, таблица 21.

Таблица 21 - Модули упругости слоев оснований из смесей щебеночно-гравийно-песчаных

№ п.п.	Материал слоя	Расчетные значения модуля упругости, МПа
1	Щебёночные/гравийные смеси для оснований - непрерывная гранулометрия: C_3 – 80 мм C_4 – 80 мм C_5 – 40 мм C_6 – 20 мм C_7 – 20 мм	 280/240 275/230 260/220 240/200 260/180

продолжение таблицы 21

№ п.п.	Материал слоя	Расчетные значения модуля упругости, МПа
2	Шлаковая щебеночно-песчаная смесь из неактивных и слабоактивных шлаков (ГОСТ 3344):	
	C_1 – 70 мм	275
	C_2 – 70 мм	260
	C_4 – 40 мм	250
	C_6 – 20 мм	210

Щебеночные основания, устраиваемые методом заклинки, соответствующие ГОСТ 25607, таблица 22.

Таблица 22 – Модули упругости щебеночных оснований, устраиваемых методом заклинки

№ п.п.	Материал слоя	Расчетные значения модуля упругости, МПа
1	Щебень фракционированный 40-80 (80-120) мм с заклинкой:	
	- фракционированный мелким щебнем	450 350
	- известняковый мелкой смесью или активным шлаком	400 300
	- мелким высокоактивным шлаком	450 400
	-асфальтобетонной смесью	500 450
	- цементопесчанной смесью М75 при глубине пропитки 0.25-0.75 толщины слоя	450-700 350-600
Примечание- Для слоя в числителе – из легкоуплотняемого щебня; в знаменателе – из трудноуплотняемого щебня.		

5.4 Материалы для оснований жестких покрытий аэродромов. Технические требования, предъявляемые к основаниям аэродромного покрытия. Для искусственных оснований и термоизоляционных слоев следует применять бетон тяжелый и мелкозернистый по ГОСТ 26633, бетон легкий - по ГОСТ 25820, жесткие бетонные смеси - по [5], материалы щебеночные, гравийные и песчаные, не обработанные - по ГОСТ 25607 и обра-

ботанные неорганическими - по ГОСТ 23558 и органическими вяжущими, щебень и гравий - по ГОСТ 3344, песок - по ГОСТ 8736, а также другие местные материалы.

Материалы всех слоев искусственных оснований должны обладать морозостойкостью, соответствующей климатическим условиям района строительства. Требования к морозостойкости приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Требования к морозостойкости слоев искусственных оснований

Материал слоев искусственных оснований	Морозостойкость материалов, не ниже, для климатических условий		
	суровых	умеренных	мягких
Щебень и щебень из гравия	F50	F25	F15
Гравий	F25	F15	F15
Щебень, гравий, песчано-гравийные, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси, укрепленные органическими вяжущими	F25	F25	F15
Щебень, обработанный неорганическими вяжущими	F50	F25	F15
Гравий, песчано-гравийные, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси, укрепленные неорганическими вяжущими, пескоцемент и грунтоцемент в части основания:			
верхней	F25	F25	F15
нижней	F15	F15	F10
Песчано-гравийные, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси	F25	F15	F15
Мелкозернистый бетон, шлакобетон	F50	F50	F25
Примечание - К верхней части основания относятся слои, лежащие в пределах верхней половины глубины промерзания участков, к нижней части основания — лежащие в пределах нижней половины глубины промерзания, считая от поверхности покрытия.			

Материалы для укрепленных оснований жестких армированных покрытий аэродромов следует назначать в соответствии с рекомендациями таблицы 24, таблицы 25 и таблицы 26.

Таблица 24 – Рекомендуемые материалы для укрепленных оснований жестких армированных покрытий аэродромов

Вид бетона для искусственных оснований жестких покрытий	Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе B_{tb}	Расчетное сопротивление растяжению при изгибе R_{tb}, МПа	Модуль упругости E_b, МПа
Мелкозернистый (песчаный)	1.6	1.2	$14 \cdot 10^3$
	2.0	1.5	$17 \cdot 10^3$
	2.4	1.8	$20 \cdot 10^3$
Шлакобетон	1.6	1.2	$9.5 \cdot 10^3$

Таблица 25 – Рекомендуемые материалы для укрепленных оснований жестких армированных покрытий аэродромов

Материал, применяемый для искусственных оснований	Расчетное сопротивление растяжению при изгибе R_{tb}, МПа	Модуль упругости E_f, МПа, при расчете покрытий
Пескоцемент и грунтоцемент, приготовленный из оптимальной грунтовой смеси при содержании цемента М400 в % от массы грунта оптимальной влажности:		
10	0.6	2900
12	0.8	4000
16	1.0	6000
Грунтоцемент из супесчаных и суглинистых грунтов при содержании цемента М400 в % от массы грунта оптимальной влажности:		
10	0.6	1500
12	0.8	2200
16	1.0	3700

продолжение таблицы 21

Материал, применяемый для искусственных оснований	Расчетное сопротивление растяжению при изгибе R_{tb}, МПа	Модуль упругости E_f, МПа, при расчете покрытий
Грунтоцемент из пылеватых супесей и суглинков при содержании цемента М400 в % от массы грунта оптимальной влажности:		
10	0.6	1400
12	0.8	1900
Примечание - Значения модулей упругости и расчетных сопротивлений растяжению при изгибе приведены для материалов, получаемых способом смешения на месте. Для материалов, получаемых путем смешения в установке, указанные значения R_{tb} и E_f следует повышать на 30 %.		

Таблица 26 – Рекомендуемые материалы для укрепленных оснований жестких армированных покрытий аэродромов

Грунты и смеси в искусственных основаниях	Модуль упругости E_f, МПа, при расчете покрытий
Крупнообломочные грунты, песчано-гравийные, грунто-гравийные и грунто-щебеночные смеси оптимального состава, пески гравелистые, крупные и средней крупности, укрепленные битумной эмульсией с добавкой цемента	4800
Крупнообломочные грунты, песчано-гравийные, грунто-гравийные и грунто-щебеночные смеси неоптимального состава, укрепленные битумной эмульсией с добавкой цемента или карбамидной смолы	4800
Песок и супесь с числом пластичности менее 3, укрепленные: битумной эмульсией с добавкой цемента или карбамидной смолы	4000
Супеси с числом пластичности 3 и более, укрепленные: битумной эмульсией с добавкой цемента	4000

продолжение таблицы 26

Грунты и смеси в искусственных основаниях	Модуль упругости E_f, МПа, при расчете покрытий
Щебень, обработанный вязким битумом смешением в установке, с пределом прочности при сжатии исходной скальной породы, МПа:	
от 100 до 80	4500
менее 80 до 60	3600
менее 60 до 3	3000
Щебень, обработанный вязким, битумом способом пропитки на толщину от 6.5 до 8 см	3600
Щебень, укрепленный пескоцементом способом смешения, при содержании пескоцемента, % к массе щебня:	
40	2200
30	1700
20	1000
10	600
Щебень, укрепленный способом пропитки пескоцементной смесью с расходом пескоцемента 25 % массы щебня	1800

5.5. Номенклатура грунтов, используемых для грунтового основания автомобильных дорог и аэродромов, по генезису, составу, состоянию в природном залегании, пучинистости, набуханию и просадочности должна устанавливаться в соответствии с ГОСТ 25100.

Расчетные характеристики грунтов природного залегания, а также искусственного происхождения должны определяться, на основе их непосредственных испытаний в полевых или лабораторных условиях с учетом возможного изменения влажности грунтов в процессе строительства и эксплуатации аэродромных сооружений.

При отсутствии данных испытаний допускается использовать табличные значения (таблица 28) расчетных характеристик, установленные на основе статистической обработки массовых испытаний грунтов.

Определение дорожно-климатической зоны следует выполнять в соответствии с рисунком 3.

Глубина сжимаемой толщи грунтового основания, в пределах которой учитываются состав и свойства грунтов, принимается по таблице 27 в зависимости от числа колес на основной опоре воздушного судна и нагрузки на одно колесо этой опоры.

Таблица 27 - Глубина сжимаемой толщи грунтового основания

Число колес на основной опоре воздушного судна	Глубина сжимаемой толщи грунтового основания от верха покрытия, м, при нагрузке на одно колесо основной опоры, МН				
	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05
1	5	4.5	4	3	2
2	6	6	5	4.5	4
4 и более	6	6	6	5	5

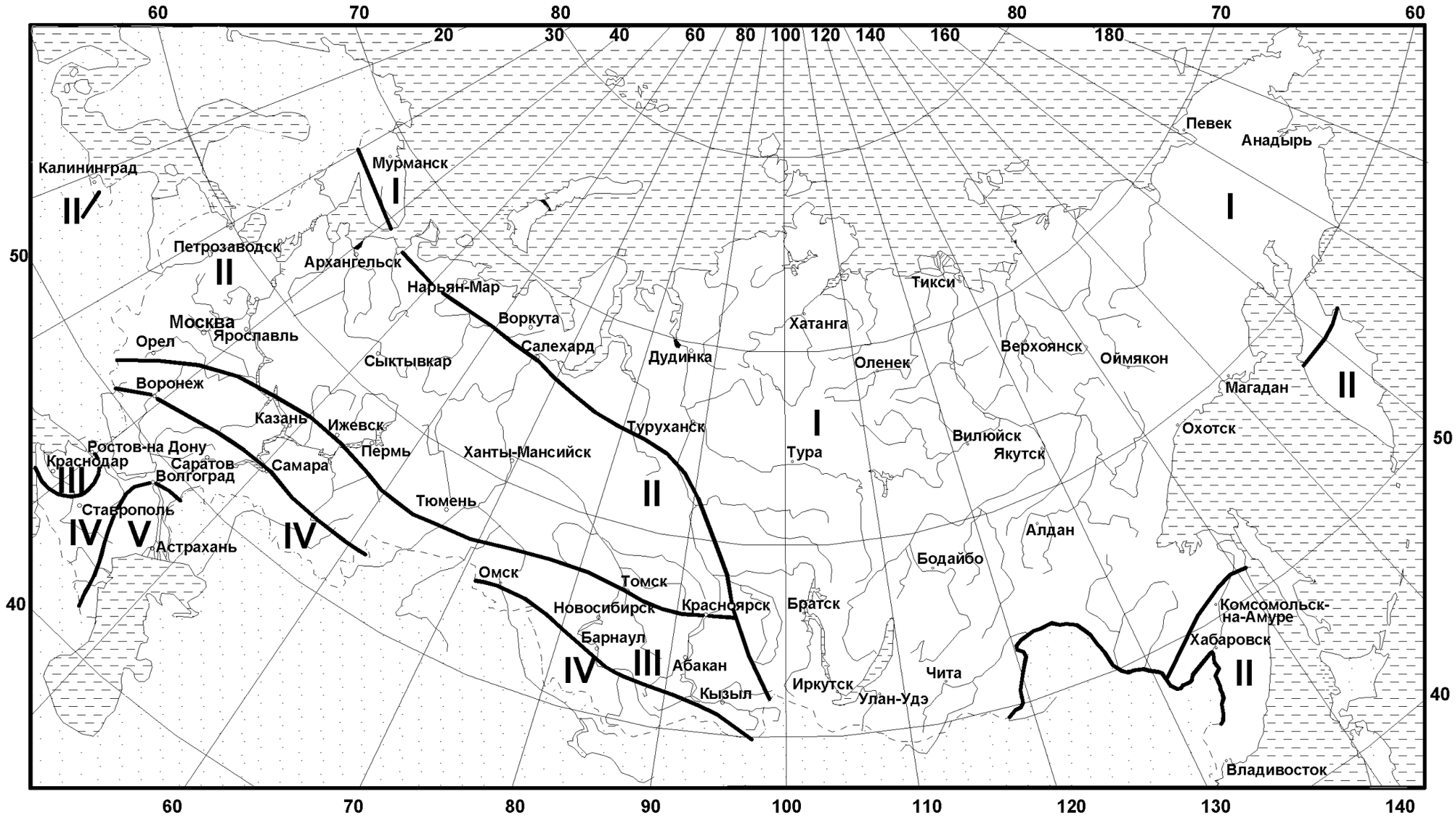


Рисунок 3 - Карта дорожно-климатических зон территории России

Тип гидрогеологических условий устанавливать по таблице 29, при этом следует учитывать, что устройство капитальных монолитных покрытий при третьем типе гидрогеологических условий не допускается без предварительного проведения инженерных мероприятий, приводящих местность к гидрогеологическим условиям второго типа [7], [8].

Таблица 28 – Расчетные значения коэффициентов постели грунтов

Грунт естественного снования	Тип гидрогеологических условий	Расчетный коэффициент постели K_s, МН/м^3 для дорожно-климатических зон				
		I	II	III	IV	V
Песчано-гравийная смесь		280	280	280	280	280
Песок гравелистый, песок крупный		160	160	160	170	180
Песок средней крупности	1	120	130	140	150	160
	2	110	120	130	140	150
Песок мелкий	1	70	80	80	90	100
	2	60	70	70	80	90
	3	50	60	60	70	80
Песок пылеватый	1	40	60	80	100	110
	2	30	50	60	70	80
	3	20	40	50	60	70
Супесь	1	40	60	80	100	110
	2	30	50	60	70	80
	3	20	40	50	60	70
Глина, суглинок	1	40	50	70	80	90
	2	30	40	50	60	80
	3	20	30	40	50	70
Супесь и суглинок пылеватые	1	30	40	50	70	80
	2	20	30	40	50	60
	3	10	30	30	40	50

Таблица 29 - **Глубина горизонта подземных вод к началу промерзания грунта**

Тип гидрогеологических условий	Глубина горизонта подземных вод к началу промерзания грунта
1 – сухая местность: поверхностный сток обеспечен; подземные воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов естественного основания	Больше глубины промерзания на: 2.0 м – в глинах, суглинках пылеватых; 1.5 м – в суглинках, супесях пылеватых; 1.0 м – в супесях, песках, песках пылеватых
2 – сырая местность: поверхностный сток не обеспечен, подземные воды залегают ниже глубины промерзания грунтов; почвы с признаками поверхностного заболачивания; весной и осенью появляется застой воды на поверхности	Больше глубины промерзания, но меньше, чем для 1-го типа
3 – мокрая местность: подземные воды или длительно стоящие (более 20 суток) поверхностные воды залегают выше глубины промерзания грунтов; почвы торфяные, оглеенные с признаками заболачивания	Меньше глубины промерзания
Примечания 1. Глубина промерзания определяется расчетом для открытой очищенной от снега поверхности покрытия и исчисляется от его верха с учетом вертикальной планировки поверхности аэродрома и теплотехнических характеристик материалов оснований и покрытия. 2. Глубина горизонта подземных вод к началу промерзания грунта исчисляется от верха покрытия до уровня подземных вод, установленного изысканиями, а при наличии глубинного дренажа или других водопонижающих устройств — до верха депрессионной кривой.	

6 Классификация монолитных армированных цементобетонных покрытий. Искусственные основания.

Жесткие покрытия представляют собой слоистую систему, включающую собственно покрытие, конструктивные слои искусственных оснований и естественный грунт.

Собственно покрытие может быть:

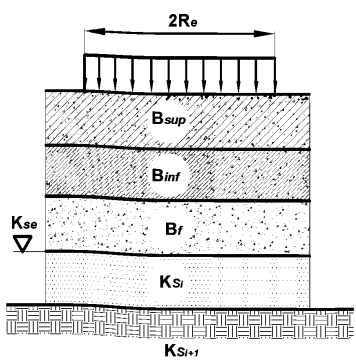
- ***бетонным***, не имеющим армирования;
- ***армобетонным*** - покрытие из цементного бетона, армированного сеткой, расположенной на расстоянии от дневной поверхности равном от 1/3 до 1/2 толщины плиты; процент армирования μ_a (степень насыщения бетона арматурой) определяется температурными напряжениями и находится в пределах 0.10 до 0.15. При толщине плиты до 0.3 м их армируют сетками из стержневой арматуры диаметром от 10 до 14 мм, при толщине плит свыше 0.3 м – диаметром от 14 до 18 мм. Шаг стержней продольной арматуры в сетках принимают по расчету в зависимости от процента армирования μ_a. Поперечное армирование – конструктивное; расстояние между поперечными стержнями принимают равным 0.40 м.
- ***железобетонным*** - покрытия, в котором необходимую площадь арматуры определяют расчетом на эксплуатационную нагрузку. Рабочую арматуру располагают в двух или одном уровне по сечению плиты. Процент армирования μ_a должен быть от 0.25 до 0.40. Для армирования железобетонных покрытий с ненапрягаемой арматурой применяют сварные каркасы из арматуры диаметром от 12 до 18 мм или сварные сетки из арматуры диаметром от 5 до 18 мм. Расстояния ме-

жду стержнями назначают в зависимости от требуемой площади арматуры и принятого диаметра стержней в пределах от 0.10 до 0.30 м.

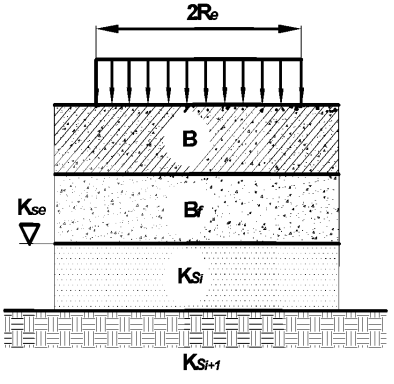
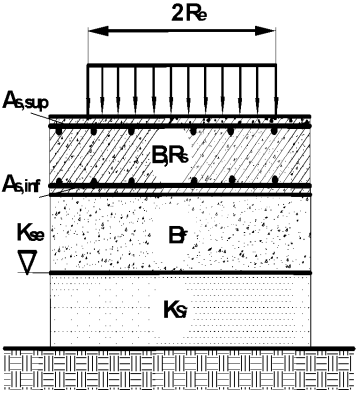
Расчетными предельными состояниями жестких покрытий являются (таблица 30):

- армобетонных - предельное состояние по прочности;
- железобетонных с ненапрягаемой арматурой - предельные состояния по прочности и раскрытию трещин [9]

Таблица 30 – Предельные состояния жестких покрытий

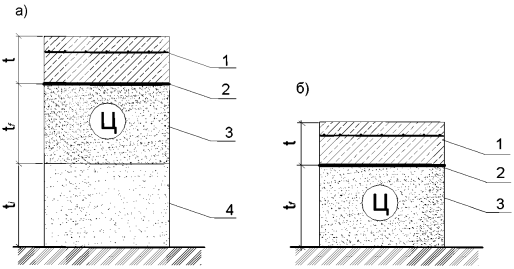
№ п.п.	Расчетные схемы жестких покрытий	Тип покрытия	Предельное состояние
1.		Двухслойное армобетонное покрытие на укрепленном основании	По прочности каждого слоя покрытия: $\begin{cases} m_{d,sup} \le m_{u,sup} \\ m_{d,inf} \le m_{u,inf} \end{cases}$

продолжение таблицы 30

№ п.п.	Расчетные схемы жестких покрытий	Тип покрытия	Предельное состояние
2.		Однослойное армобетонное покрытие на укрепленном основании	По прочности слоя покрытия: $m_d \le m_u$
3.		Железобетонные покрытия на укрепленном основании	1. По прочности: $m_d \le m_u$; 2. По ширине раскрытия трещин: $a_{crc} \le 0.3$ мм

При проектировании допускаются следующие варианты конструкций жестких покрытий на укрепленном основании:

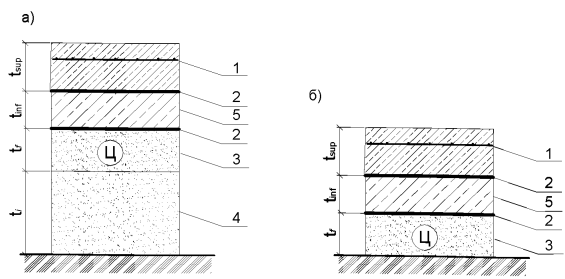
Однослойное армобетонное покрытие на укрепленном основании (рисунок 4).



а) с дренирующим основанием; б) без дренирующего основания; 1 – армобетонное покрытие; 2 - разделяющая прослойка; 3 – укрепленное основание; 4- дренирующее основание.

Рисунок 4 - Конструктивный разрез армобетонного покрытия на укрепленном основании

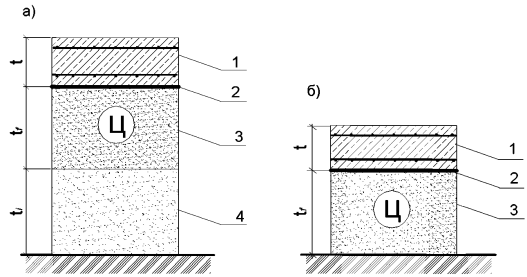
Двухслойное армобетонное покрытие на укрепленном основании (рисунок 5).



а) с дренирующим основанием; б) без дренирующего основания; 1 – армобетонное покрытие; 2 - разделяющая прослойка; 3 – укрепленное основание; 4 - дренирующее основание; 5 - бетонное покрытие.

Рисунок 5 - Конструктивный разрез армобетонного покрытия на укрепленном основании

Однослойное железобетонное покрытие на укрепленном основании (рисунок 6).



а) с дренирующим основанием; б) без дренирующего основания; 1 – железобетонное покрытие; 2 - разделяющая прослойка; 3 – укрепленное основание; 4 - дренирующее основание.

Рисунок 6 - Конструктивный разрез железобетонного покрытия на укрепленном основании

Двухслойные покрытия следует устраивать с совмещением швов в слоях. В отдельных случаях допускается устраивать двухслойные покрытия с несовмещением швов (с несовмещенными швами считаются покрытия, в которых продольные и поперечные швы в верхнем и нижнем слоях взаимно смещены более чем на $2t_{sup}$).

При проектировании покрытий с совмещенными швами следует предусматривать взаимное смещение швов в обоих направлениях до $2t_{sup}$. В покрытиях с совмещенными швами жесткость нижнего слоя не должна превышать жесткость верхнего более чем в 2 раза.

Между плитами жестких монолитных покрытий и искусственными основаниями, а также между слоями двухслойных монолитных покрытий необходимо предусматривать конструктивные мероприятия, обеспечивающие независимость горизонтальных перемещений слоев (разделительные прослойки из

рулонных, пленочных полимерных и других материалов). Применение пескобитумного коврика (прослойки) не допускается.

При устройстве двухслойных покрытий методом сращивания разделительная прослойка не устраивается.

В деформационных швах однослойных покрытий необходимо предусматривать устройство стыковых соединений, обеспечивающих передачу нагрузки с одной плиты на другую, и возможность взаимного горизонтального смещения плит в направлении, перпендикулярном шву. Вместо устройства стыковых соединений допускается предусматривать усиление краевых участков плит армированием или утолщением, либо применять подшовные плиты.

Двухслойные покрытия с совмещенными швами следует проектировать с устройством стыковых соединений в продольных и поперечных швах. Допускается устраивать стыковые соединения только в верхнем слое, но параметры их принимать как для однослойной плиты, имеющей жесткость, равную суммарной жесткости слоев.

В двухслойных покрытиях с несовмещенными швами стыковые соединения следует предусматривать только в поперечных технологических (рабочих) швах, при этом в армобетонных покрытиях нижнюю зону плит верхнего слоя надлежит армировать над швами нижнего слоя в соответствии с расчетом

Деформационные швы в жестких покрытиях дорог и аэродромов.

Жесткие покрытия следует расчленять на отдельные плиты деформационными швами сжатия. Размеры плит должны устанавливаться в зависимости от местных климатических усло-

вий, а также в соответствии с намеченной технологией производства строительных работ.

Расстояния между деформационными швами сжатия для монолитных армированных жестких покрытий не должны превышать:

армобетонных при годовой амплитуде среднесуточных температур, °С:

45 и выше……..10 м

менее 45.....…….15 м

железобетонных с арматурой в одном уровне…….7.5 м

железобетонных с арматурой в двух уровнях…....20 м.

Годовую амплитуду среднесуточных температур надлежит вычислять как разницу средних температур воздуха наиболее жаркого и наиболее холодного месяцев, определяемых в соответствии с требованиями [2].

Деформационные швы жестких покрытий должны быть защищены от проникновения поверхностных вод и эксплуатационных жидкостей, а также от засорения их песком, щебнем и другими твердыми материалами. В качестве заполнителей швов должны использоваться специальные герметизирующие материалы горячего и холодного применения, отвечающие требованиям деформативности, адгезии к бетону, температуроустойчивости, химической стойкости, липкости к пневматикам авиационных колес и усталостным деформациям, соответствующим условиям их применения. Материалы - заполнители швов - не должны изменять свои эксплуатационные свойства при кратковременном воздействии горячих газовоздушных струй от авиадвигателей.

Требования к герметизирующим материалам.

В качестве материалов для заполнения деформационных швов жестких покрытий должны применяться специальные герметизирующие материалы горячего и холодного применения.

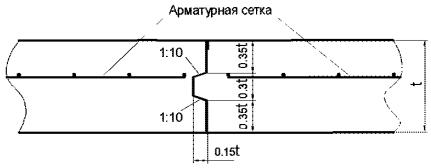
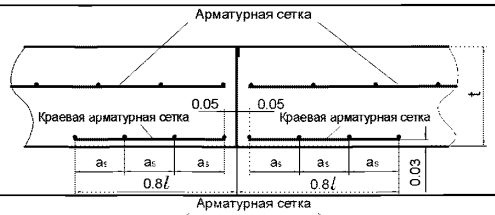
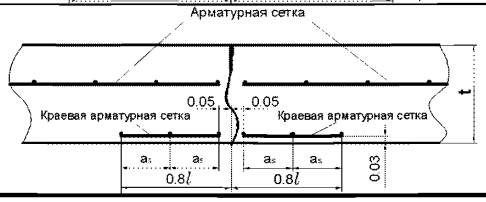
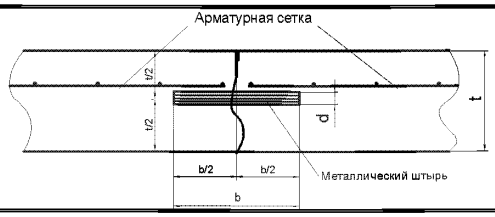
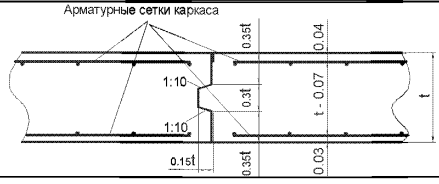
По технологии применения герметизирующие материалы подразделяют на герметики горячего применения и герметики холодного применения. По виду основного компонента герметики подразделяют на: битумные – Б; битумно-полимерные – БП; битумно-резиновые - БР; полимерные - П. Материалы, предназначенные для герметизации деформационных швов жестких и асфальтобетонных покрытий аэродромов должны отвечать эксплуатационным и технологическим требованиям, предъявляемым ГОСТ 30740.

Необходимость устройства швов расширения и расстояния между ними следует обосновывать расчетом с учетом климатических условий и конструктивных особенностей покрытий. Швы расширения необходимо устраивать при примыкании покрытий к другим сооружениям, а также при примыкании различных элементов аэродрома друг к другу.

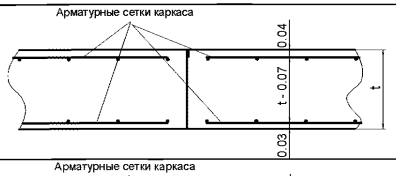
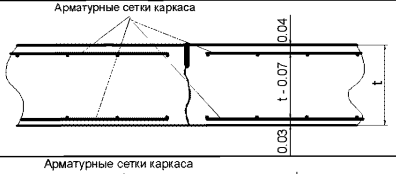
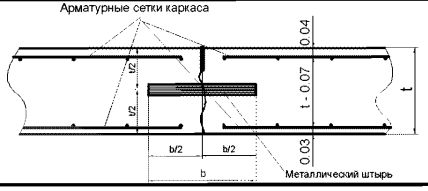
К технологическим относятся швы, устройство которых обусловливается шириной захвата бетоноукладочных машин и возможными перерывами в строительном процессе. В монолитных покрытиях продольные технологические швы необходимо использовать в качестве деформационных.

Виды швов сжатия следует принимать в соответствии с таблицей 31.

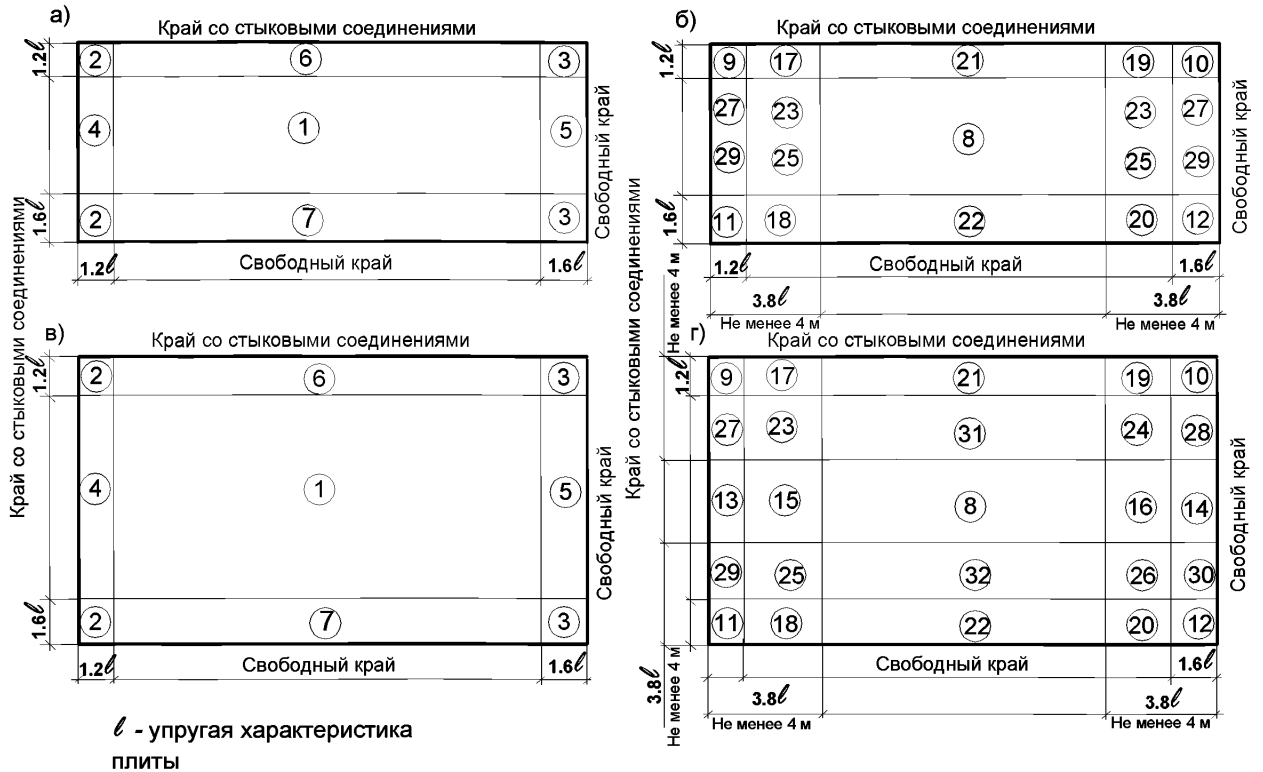
Таблица 31 – Конструкции швов сжатия аэродромных покрытий

Тип шва	Конструкция шва	Область применения
Армобетонные покрытия		
Шпунтовый сквозной		Продольный шов, при толщине плиты t не менее 0.24 м
Сквозной с краевым армированием		Продольный
Ложный с краевым армированием		Поперечный
Тип шва	Конструкция шва	Область применения
Ложный штыревой (штырь покрывается битумом на 2/3 длины)		Поперечный
Железобетонные покрытия		
Шпунтовый сквозной		Продольный шов, при толщине плиты t не менее 0.24 м

продолжение таблицы 31

Тип шва	Конструкция шва	Область применения
Сквозной без стыковых соединений		Продольный
Ложный без стыковых соединений		Поперечный
Ложный штыревой (штырь покрывается битумом на 2/3 длины)		Поперечный

Армирование монолитных железобетонных плит следует выполнять в соответствии с рекомендациями таблицы 32 и схемами, приведенными на рисунке 7 и рисунке 8.



а, в – для положительных изгибающих моментов; б, г – для отрицательных изгибающих моментов; а, б – при ширине плиты до 10 м; в, г - при ширине плиты более 10 м.

Рисунок 7 - Схема деления железобетонной плиты на зоны армирования

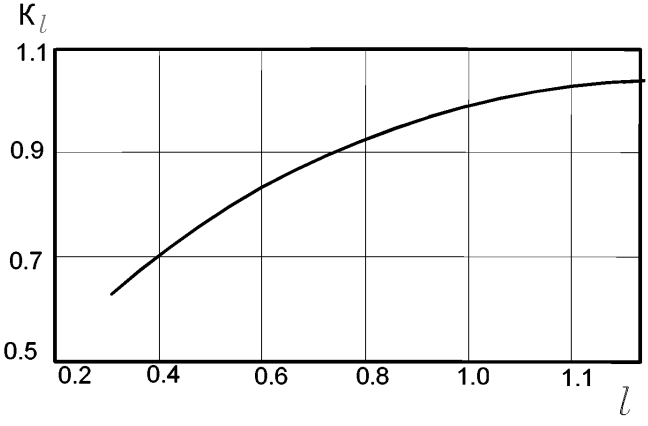


Рисунок 8 - Номограмма определения поправочного коэффициента K_l к значению процента армирования зоны плиты

Таблица 32 - Значение процента армирования μ_a участков плит железобетонного покрытия

Номер зоны плиты в соответствии с рисунком 7	Значение процента армирования μ_a участков плит железобетонного покрытия	
	продольное направление	поперечное направление
Центральные зоны плиты		
1	μ_a	μ_a
8	$0.39\mu_a$	$0.39\mu_a$
Угловые зоны плиты		
2	$1.65K_l\mu_a$	$1.65K_l\mu_a$
3	$2.35K_l\mu_a$	$2.35K_l\mu_a$
9	$1.13\mu_a$	$1.13\mu_a$
10	$1.91\mu_a$	$1.91\mu_a$
11	$1.91\mu_a$	$1.91\mu_a$
12	$2.35\mu_a$	$2.35\mu_a$
Краевые зоны по короткой стороне плиты		
4	μ_a	$1.65K_l\mu_a$
5	μ_a	$2.35K_l\mu_a$
13	$0.78\mu_a$	$0.65\mu_a$
14	$1.13\mu_a$	$0.83\mu_a$

продолжение таблицы 32

Номер зоны плиты в соответствии с рисунком 8	Значение процента армирования μ_a участков плит железобетонного покрытия	
	продольное направление	поперечное направление
Краевые зоны по длинной стороне плиты		
6	$1.65K_l\mu_a$	μ_a
7	$2.35K_l\mu_a$	μ_a
21	$0.65\mu_a$	$0.78\mu_a$
22	$0.83\mu_a$	$1.13\mu_a$
27	$0.78\mu_a$	$1.13\mu_a$
28	$1.13\mu_a$	$1.91\mu_a$
29	$0.78\mu_a$	$1.91\mu_a$
30	$1.13\mu_a$	$2.35\mu_a$
Промежуточные зоны по короткой стороне плиты		
15	$0.78\mu_a$	$0.39\mu_a$
16	$1.13\mu_a$	$0.39\mu_a$
23	$0.78\mu_a$	$0.78\mu_a$
24	$1.13\mu_a$	$0.78\mu_a$
25	$0.78\mu_a$	$1.13\mu_a$
26	$1.13\mu_a$	$1.13\mu_a$
Промежуточные зоны по длинной стороне плиты		
17	$1.13\mu_a$	$0.78\mu_a$
18	$1.91\mu_a$	$1.13\mu_a$
19	$1.91\mu_a$	$0.78\mu_a$
20	$2.35\mu_a$	$1.13\mu_a$
31	$0.39\mu_a$	$0.78\mu_a$
32	$0.39\mu_a$	$1.13\mu_a$

Искусственные основания жестких покрытий состоят из одного или нескольких слоев, которые по их назначению подразделяют на:

- *упрочняющие* или повышающие несущую способность покрытия;
- *дренирующие*, отводящие воду из оснований;

- *термоизоляционные*, уменьшающие глубину промерзания-оттаивания грунтового основания;
- *гидроизолирующие*, предотвращающие проникание поверхностных вод в грунтовое основание или воздействие засоленных грунтов на материалы вышележащих слоев;
- *капилляропрерывающие*, предотвращающие проникание грунтовых вод в вышележащие слои;
- *противозаиливающие*, предотвращающие проникание частиц переувлажненного глинистого или пылеватого грунтов в вышележащие слои искусственных оснований из крупнопористых материалов.

Искусственные покрытия устраивают на укрепленных искусственных основаниях из материалов, обработанных органическими или неорганическими вяжущими.

При устройстве искусственных оснований из крупнозернистых материалов, укладываемых непосредственно на глинистые грунты, должна быть предусмотрена противозаиливающая прослойка, которая исключала бы возможность проникания грунта основания при его увлажнении в слой крупнопористого материала.

Толщина противозаиливающей прослойки должна быть не менее размера наиболее крупных частиц используемого зернистого материала, но не менее 5 см.

Для местности с гидрогеологическими условиями второго типа, когда естественное основание сложено недренирующими грунтами (глинами, суглинками, суглинками и супесями пылеватыми), в конструкциях искусственных оснований следует предусматривать дренирующие слои из песков крупных и средней

крупности с коэффициентом фильтрации не менее 7 м/сут. и толщиной в соответствии с таблицей 33.

Таблица 33 – Минимальная толщина дренирующего слоя

Грунт естественного основания	Минимальная толщина, м, дренирующего слоя для дорожно-климатических зон			
	I	II	III	IV
Глина, суглинок	0.35	0.30/0.35	0.20/0.25	0.15
Суглинок и супесь пылеватые	0.50	0.40/0.50	0.30/0.35	0.15/0.20
Примечание- Толщину слоя, указанного перед чертой, принимают для районов, расположенных в южной части дорожно-климатической зоны, после черты – в северной части.				

В качестве материала дренажного слоя может быть использован также щебень с большим коэффициентом фильтрации чем у песка.

При устройстве оснований из крупнозернистых материалов, укладываемых непосредственно на глинистые, суглинистые и пылеватые грунты, предусматривают противозаиливающую прослойку, исключающую проникание грунта при его увлажнении в слой крупнозернистого материала. Прослойку устраивают из песка, шлака, геосинтетических материалов, а также естественного грунта, обработанного вяжущим и другим материалом, не переходящим в пластическое состояние при увлажнении.

Грунтовые основания (спрофилированные и уплотненные местные или привозные грунты), которые должны обеспечивать прочность и устойчивость дорожной и аэродромной одежд независимо от погодных условий и времени года с учетом:

- состава и физико-механических характеристик грунтов в пределах сжимаемой толщи и зоны действия на грунты природных факторов;

- типов гидрологических условий;
- дорожно-климатической зоны объекта;
- категории нормативных нагрузок;
- опыта проектирования, строительства и эксплуатации жестких дорожных и аэродромных одежд, расположенных в аналогичных инженерно-геологических, гидрологических и климатических условиях.

Минимально допускаемую толщину конструктивных слоев (в уплотненном состоянии) искусственных оснований следует принимать согласно таблицы 34. При этом толщина конструктивного слоя должна быть во всех случаях не меньше чем 1.5 размера наиболее крупной фракции применяемого в слое минерального материала.

Таблица 34 – Минимальная толщина конструктивных слоев искусственных оснований

Материал конструктивного слоя искусственного основания	Минимальная толщина слоя, м
Щебень, гравий, грунты, обработанные органическими вяжущими	0.08
Щебень, обработанный органическими вяжущими по способу пропитки:	0.08
Грунты и малопрочные каменные материалы, обработанные минеральными вяжущими	0.15
Щебень или гравий, не обработанные вяжущими и укладываемые на песчаном основании	0.15
Щебень, не обработанный вяжущими и укладываемый на прочном (каменном или укрепленном вяжущими грунтовом) основании	0.08

7 Расчет на прочность монолитных армированных цементобетонных покрытий дорог и аэродромов на укрепленных основаниях

7.1 Общие положения расчета. Монолитные армированные цементобетонные покрытия дорог и аэродромов должны удовлетворять предельным состояниям, приведенным в таблице 30.

При расчете армированных покрытий на прочность многоколесную нагрузку располагают в центре плиты так, чтобы было создано самое невыгодное загружение (рисунок 9). Расчетным колесом считается колесо, расположенное в центре плиты. Нагрузка от расчетного колеса считается распределенной по круговому отпечатку радиуса R_e, определяемого по следующей формуле (7):

$$R_e = \sqrt{\frac{F_d}{\pi p_a}}. \qquad (7)$$

Нагрузка от колес несовпадающих с расчетным сечением принимается как сосредоточенная сила величиной F_d.

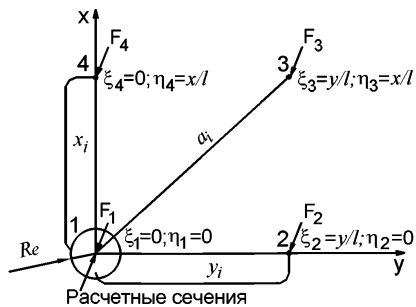


Рисунок 9 - Расчетная схема загружения покрытия четырехколесной нагрузкой

При выполнении расчета на прочность определяется максимальный изгибающий момент при центральном загружении плиты $m_{c,max}$, МН·м/п.м., который вычисляется как наибольший суммарный момент, создаваемый колесами в расчетном сечении плиты, перпендикулярном к осям X и Y (рисунок 9):

$$m_{c,max} = m_1 + \sum_{i=2}^{n_k} m_{x(y)i}, \quad (8)$$

где m_1 - изгибающий момент от действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с расчетным сечением, МН·м/п.м.; n_k - количество колес нагрузки; $m_{x(y)i}$ - изгибающий момент, создаваемый действием i-го колеса, расположенного за пределами расчетного сечения.

Значения изгибающих моментов в расчетном сечении надлежит определять следующим образом:

момент от колеса, совпадающего с расчетным сечением:

$$m_1 = F_d \, \overline{m}_1, \quad (9)$$

где F_d - динамическая нагрузка от колеса;

$\overline{m}_1$ - единичный изгибающий момент от действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с расчетным сечением, определяется по таблице 35 в зависимости от параметра $\alpha = R_e / l$.

Величину упругой характеристики плиты l следует рассчитывать по формуле (10):

$$l = \sqrt{\frac{B}{K_{se}}}, \quad (10)$$

где B - жесткость сечения плиты покрытия; K_{se} - эквивалентный коэффициент постели основания.

моменты от колес, не совпадающих с расчетным сечением:

$$m_{x(y)i} = F_d \, \overline{m}_{x(y)i}, \qquad (11)$$

где $\overline{m}_{x(y)i}$ - единичные изгибающие моменты, создаваемые действием i-го колеса, расположенного за пределами расчетного сечения, определяемые по таблице 36 в зависимости от приведенных координат $\xi_i = \frac{y_i}{l}$ и $\eta_i = \frac{x_i}{l}$.

Таким образом, формула для определения $m_{c,max}$ имеет следующий вид:

$$m_{c,max} = F_d \cdot \left(\overline{m}_1 + max\left(\sum_{i=2}^{n_k} \overline{m}_{x_i}, \sum_{i=2}^{n_k} \overline{m}_{y_i} \right) \right). \qquad (12)$$

При определении моментов $\overline{m}_{x(y)i}$ должны быть исключены колеса, вызывающие отрицательное значение изгибающего момента в расчетном сечении.

При расчете армированных покрытий аэродромов значение коэффициента условий работы γ_c следует принимать по данным таблицы 37.

Для слоистых неукрепленных оснований армированных цементобетонных покрытий эквивалентный коэффициент постели Kse, МН/м^3 надлежит определять по формуле (13):

$$K_{se} = \frac{K_{s_1} + K_{s_2} \cdot \alpha_2 + K_{s_3} \cdot \alpha_3}{1 + \alpha_2 + \alpha_3}, \qquad (13)$$

где $\alpha_2 = \frac{t_2 \cdot [1{,}6 \cdot D_r - (t_1 + 0{,}5 \cdot t_2)]}{t_1 \cdot (1{,}6 \cdot D_r - 0{,}5 \cdot t_1)}$, $\alpha_3 = \frac{0{,}5 \cdot [1{,}6 \cdot D_r - (t_1 + t_2)]^2}{t_1 \cdot (1{,}6 \cdot D_r - 0{,}5 \cdot t_1)}$;

K_{s1}, K_{s2}, K_{s3} - расчетные значения коэффициентов постели, МН/м^3, соответственно первого (считая сверху), второго и третьего слоев естественного или искусственного основания из

однородных грунтов в различном состоянии, включая дренирующие и теплозащитные слои;

t_1, t_2 - толщина соответственно первого и второго слоев основания, м;

D_r - условный диаметр круга передачи нагрузки на основание (м), принимаемый равным для монолитных покрытий, рассчитываемых на внекатегорийную и I категорию нагрузок – 3.6 м, на II – 3.2, на III – 2.9, на IV – 2.4, При расчете конструкций на конкретный самолет, категорию нормативной нагрузки следует выбрать из таблицы 10. При расчете автомобильных дорог I и II категорий – 3.2, а для остальных категорий – 2.9.

Для оснований, состоящих из двух слоев, значения α_2 и t_2 принимаются равными нулю.

Если в основании более трех слоев, конструкцию приводят к расчетной трехслойной путем объединения наиболее тонких слоев со смежными и при расчете эквивалентного коэффициента постели используют показатели (толщину t_{red} и приведенное значение коэффициента постели k_{sr}) объединенного слоя, определяемые по формулам:

$$t_{red} = \sum_{i=1}^{n} t_i ;$$

$$K_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_{s_i} \cdot t_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i},$$

где t_i, K_{s_i} - соответственно толщина и коэффициент постели каждого из объединяемых слоев.

Таблица 35 – Значения единичного изгибающего момента от действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с расчетным сечением

α	$\overline{m}_1(\alpha)$	α	$\overline{m}_1(\alpha)$	α	$\overline{m}_1(\alpha)$	α	$\overline{m}_1(\alpha)$	α	$\overline{m}_1(\alpha)$	α	$\overline{m}_1(\alpha)$
0	-	0.18	0.2167	0.36	0.1532	0.58	0.1107	0.94	0.0703	2.50	0.0111
0.01	0.4847	0.19	0.2117	0.37	0.1507	0.60	0.1077	0.96	0.0686	2.60	0.0097
0.02	0.4204	0.20	0.2070	0.38	0.1483	0.62	0.1049	0.98	0.0670	2.70	0.0085
0.03	0.3827	0.21	0.2025	0.39	0.1460	0.64	0.1022	1.00	0.0654	2.80	0.0075
0.04	0.3560	0.22	0.1982	0.40	0.1437	0.66	0.0995	1.10	0.0582	2.90	0.0065
0.05	0.3353	0.23	0.1941	0.41	0.1415	0.68	0.0970	1.20	0.0518	3.00	0.0057
0.06	0.3184	0.24	0.1902	0.42	0.1393	0.70	0.0945	1.30	0.0461	3.10	0.0049
0.07	0.3041	0.25	0.1865	0.43	0.1372	0.72	0.0921	1.40	0.0411	3.20	0.0043
0.08	0.2917	0.26	0.1829	0.44	0.1351	0.74	0.0898	1.50	0.0366	3.30	0.0037
0.09	0.2808	0.27	0.1794	0.45	0.1331	0.76	0.0876	1.60	0.0326	3.40	0.0032
0.10	0.2710	0.28	0.1761	0.46	0.1311	0.78	0.0854	1.70	0.0290	3.50	0.0027
0.11	0.2622	0.29	0.1729	0.47	0.1292	0.8	0.0833	1.80	0.0258	3.60	0.0023
0.12	0.2542	0.30	0.1698	0.48	0.1274	0.82	0.0813	1.90	0.0230	3.70	0.0019
0.13	0.2468	0.31	0.1668	0.49	0.1255	0.84	0.0793	2.00	0.0204	3.80	0.0016
0.14	0.2399	0.32	0.1639	0.50	0.1237	0.86	0.0774	2.10	0.0181	3.90	0.0013
0.15	0.2335	0.33	0.1611	0.52	0.1203	0.88	0.0756	2.20	0.0160	4.00	0.0011
0.16	0.2276	0.34	0.1584	0.54	0.1169	0.90	0.0737	2.30	0.0142		
0.17	0.2220	0.35	0.1557	0.56	0.1138	0.92	0.0720	2.40	0.0125		

Примечание

Для промежуточных значений α величину $\overline{m}_1$ следует принимать по линейной интерполяции.

Таблица 36 - Значения единичного изгибающего момента от действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с расчетным сечением

$\eta(\xi)$	Значения $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ при $\xi(\eta)$ в расчетном сечении плиты жесткого покрытия от воздействия i–го колеса												
	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.60
0	-	0.2558	0.1916	0.1543	0.1280	0.1078	0.0916	0.0780	0.0665	0.0565	0.0478	0.0402	0.0334
0.05	0.3221	0.2568	0.1946	0.1561	0.1291	0.1086	0.0921	0.0784	0.0668	0.0568	0.0481	0.0403	0.0335
0.1	0.2578	0.2343	0.1927	0.1577	0.1310	0.1102	0.0934	0.0795	0.0677	0.0575	0.0487	0.0409	0.0340
0.15	0.2203	0.2089	0.1831	0.1555	0.1314	0.1114	0.0947	0.0807	0.0688	0.0585	0.0495	0.0417	0.0347
0.2	0.1938	0.1872	0.1704	0.1498	0.1294	0.1112	0.0953	0.0817	0.0698	0.0595	0.0505	0.0425	0.0355
0.25	0.1733	0.1690	0.1576	0.1421	0.1255	0.1095	0.0949	0.0820	0.0705	0.0603	0.0514	0.0434	0.0363
0.3	0.1567	0.1537	0.1455	0.1337	0.1202	0.1066	0.0935	0.0815	0.0706	0.0608	0.0520	0.0442	0.0371
0.35	0.1428	0.1406	0.1344	0.1252	0.1143	0.1027	0.0912	0.0803	0.0702	0.0608	0.0524	0.0447	0.0378
0.4	0.1308	0.1291	0.1243	0.1171	0.1081	0.0983	0.0883	0.0785	0.0692	0.0604	0.0524	0.0450	0.0382
0.45	0.1203	0.1190	0.1152	0.1094	0.1020	0.0937	0.0850	0.0762	0.0677	0.0596	0.0520	0.0450	0.0385
0.5	0.1111	0.1100	0.1069	0.1021	0.0960	0.0889	0.0813	0.0736	0.0659	0.0584	0.0513	0.0447	0.0385
0.55	0.1028	0.1019	0.0994	0.0954	0.0902	0.0842	0.0775	0.0707	0.0637	0.0569	0.0504	0.0441	0.0382
0.6	0.0953	0.0946	0.0925	0.0891	0.0847	0.0795	0.0737	0.0676	0.0614	0.0552	0.0492	0.0433	0.0378
0.65	0.0886	0.0880	0.0862	0.0833	0.0795	0.0750	0.0700	0.0645	0.0590	0.0533	0.0478	0.0424	0.0372
0.7	0.0824	0.0819	0.0804	0.0779	0.0746	0.0707	0.0662	0.0614	0.0564	0.0513	0.0462	0.0412	0.0364
0.75	0.0767	0.0763	0.0750	0.0729	0.0700	0.0666	0.0626	0.0584	0.0539	0.0492	0.0446	0.0399	0.0354
0.8	0.0715	0.0712	0.0700	0.0682	0.0657	0.0626	0.0592	0.0554	0.0513	0.0471	0.0428	0.0386	0.0344
0.85	0.0667	0.0664	0.0654	0.0638	0.0616	0.0589	0.0558	0.0524	0.0488	0.0449	0.0411	0.0371	0.0333
0.9	0.0623	0.0620	0.0611	0.0597	0.0578	0.0554	0.0526	0.0496	0.0463	0.0428	0.0393	0.0357	0.0321
0.95	0.0582	0.0579	0.0571	0.0559	0.0542	0.0520	0.0496	0.0468	0.0439	0.0407	0.0375	0.0341	0.0308
1	0.0543	0.0541	0.0534	0.0523	0.0508	0.0489	0.0467	0.0442	0.0415	0.0386	0.0357	0.0326	0.0296
1.1	0.0475	0.0473	0.0467	0.0458	0.0446	0.0431	0.0413	0.0393	0.0371	0.0347	0.0322	0.0296	0.0270
1.2	0.0414	0.0413	0.0409	0.0401	0.0391	0.0379	0.0364	0.0348	0.0329	0.0310	0.0289	0.0267	0.0245
1.3	0.0362	0.0361	0.0357	0.0351	0.0343	0.0333	0.0321	0.0307	0.0292	0.0275	0.0258	0.0239	0.0220
1.4	0.0316	0.0315	0.0312	0.0307	0.0300	0.0292	0.0282	0.0270	0.0258	0.0244	0.0229	0.0213	0.0197
1.5	0.0275	0.0275	0.0272	0.0268	0.0263	0.0256	0.0247	0.0238	0.0227	0.0215	0.0203	0.0189	0.0176

Примечание

1. Значения $\overline{m}_{yi}$ находятся при замене в таблице входа по ξ входом по η и обратно; для этого случая обозначения даны в скобках.

2. Для промежуточных значений ξ и η величины $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ следует принимать по линейной интерполяции.

продолжение таблицы 36

$\eta(\xi)$	Значения $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ при ξ(η) в расчетном сечении плиты жесткого покрытия от воздействия *i*–го колеса												
	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.60
1.6	0.0240	0.0239	0.0237	0.0234	0.0229	0.0223	0.0216	0.0208	0.0199	0.0189	0.0179	0.0167	0.0155
1.7	0.0208	0.0208	0.0206	0.0203	0.0199	0.0194	0.0189	0.0182	0.0174	0.0166	0.0157	0.0147	0.0137
1.8	0.0181	0.0180	0.0179	0.0176	0.0173	0.0169	0.0164	0.0158	0.0152	0.0145	0.0137	0.0129	0.0120
1.9	0.0156	0.0156	0.0155	0.0153	0.0150	0.0146	0.0142	0.0137	0.0132	0.0126	0.0119	0.0112	0.0105
2	0.0135	0.0134	0.0133	0.0132	0.0129	0.0126	0.0123	0.0119	0.0114	0.0109	0.0103	0.0097	0.0091
2.1	0.0116	0.0115	0.0115	0.0113	0.0111	0.0109	0.0106	0.0102	0.0098	0.0094	0.0089	0.0084	0.0078
2.2	0.0099	0.0099	0.0098	0.0097	0.0095	0.0093	0.0090	0.0087	0.0084	0.0080	0.0076	0.0072	0.0067
2.3	0.0085	0.0084	0.0084	0.0083	0.0081	0.0079	0.0077	0.0075	0.0072	0.0068	0.0065	0.0061	0.0057
2.4	0.0072	0.0072	0.0071	0.0070	0.0069	0.0067	0.0065	0.0063	0.0061	0.0058	0.0055	0.0052	0.0048
2.5	0.0061	0.0060	0.0060	0.0059	0.0058	0.0057	0.0055	0.0053	0.0051	0.0049	0.0046	0.0043	0.0040
2.6	0.0051	0.0051	0.0050	0.0050	0.0049	0.0048	0.0046	0.0045	0.0043	0.0041	0.0038	0.0036	0.0034
2.7	0.0042	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0035	0.0034	0.0032	0.0030	0.0028
2.8	0.0035	0.0035	0.0034	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0026	0.0024	0.0022
2.9	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0027	0.0026	0.0026	0.0025	0.0023	0.0022	0.0021	0.0019	0.0018
3	0.0023	0.0023	0.0023	0.0022	0.0022	0.0021	0.0020	0.0020	0.0019	0.0018	0.0016	0.0015	0.0014
3.1	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0013	0.0012	0.0010
3.2	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0010	0.0009	0.0009	0.0008
3.3	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010	0.0010	0.0009	0.0009	0.0008	0.0007	0.0007	0.0006	0.0005
3.4	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0005	0.0004	0.0004	0.0003
3.5	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001
3.6	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	-0.0000
3.7	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0001	-0.0001
3.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0002	-0.0002
3.9	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0003
4	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003

Примечание

1. Значения $\overline{m}_{yi}$ находятся при замене в таблице входа по ξ входом по η и обратно; для этого случая обозначения даны в скобках.

2. Для промежуточных значений ξ и η величины $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ следует принимать по линейной интерполяции.

продолжение таблицы 36

η(ξ)	Значения $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ при ξ(η) в расчетном сечении плиты жесткого покрытия от воздействия *i*–го колеса												
	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
0	0.0273	0.0218	0.0170	0.0126	0.0086	0.0050	0.0018	-0.0011	-0.0061	-0.0101	-0.0133	-0.0158	-0.0177
0.05	0.0274	0.0220	0.0171	0.0127	0.0087	0.0051	0.0019	-0.0010	-0.0060	-0.0100	-0.0132	-0.0157	-0.0177
0.1	0.0278	0.0223	0.0174	0.0129	0.0089	0.0053	0.0021	-0.0008	-0.0058	-0.0099	-0.0131	-0.0156	-0.0176
0.15	0.0284	0.0229	0.0179	0.0134	0.0094	0.0057	0.0025	-0.0005	-0.0055	-0.0096	-0.0129	-0.0154	-0.0174
0.2	0.0292	0.0236	0.0185	0.0140	0.0099	0.0062	0.0029	-0.0001	-0.0052	-0.0093	-0.0126	-0.0152	-0.0171
0.25	0.0300	0.0244	0.0193	0.0147	0.0106	0.0068	0.0035	0.0005	-0.0047	-0.0089	-0.0122	-0.0148	-0.0168
0.3	0.0308	0.0251	0.0200	0.0154	0.0113	0.0075	0.0041	0.0011	-0.0041	-0.0084	-0.0117	-0.0144	-0.0165
0.35	0.0315	0.0259	0.0208	0.0162	0.0120	0.0082	0.0048	0.0017	-0.0035	-0.0078	-0.0112	-0.0139	-0.0161
0.4	0.0321	0.0265	0.0215	0.0169	0.0127	0.0089	0.0055	0.0024	-0.0029	-0.0072	-0.0107	-0.0134	-0.0156
0.45	0.0325	0.0270	0.0221	0.0175	0.0134	0.0096	0.0062	0.0031	-0.0022	-0.0066	-0.0101	-0.0129	-0.0151
0.5	0.0327	0.0274	0.0225	0.0181	0.0140	0.0103	0.0069	0.0038	-0.0016	-0.0060	-0.0095	-0.0123	-0.0146
0.55	0.0327	0.0276	0.0229	0.0185	0.0145	0.0108	0.0075	0.0044	-0.0009	-0.0053	-0.0089	-0.0117	-0.0140
0.6	0.0326	0.0277	0.0231	0.0189	0.0149	0.0113	0.0080	0.0050	-0.0003	-0.0047	-0.0083	-0.0111	-0.0134
0.65	0.0322	0.0275	0.0232	0.0191	0.0153	0.0118	0.0085	0.0055	0.0003	-0.0041	-0.0076	-0.0105	-0.0128
0.7	0.0317	0.0273	0.0231	0.0192	0.0155	0.0121	0.0089	0.0060	0.0009	-0.0035	-0.0070	-0.0099	-0.0122
0.75	0.0311	0.0269	0.0229	0.0191	0.0156	0.0123	0.0093	0.0064	0.0014	-0.0029	-0.0064	-0.0093	-0.0117
0.8	0.0303	0.0264	0.0226	0.0190	0.0157	0.0125	0.0095	0.0068	0.0018	-0.0024	-0.0059	-0.0087	-0.0111
0.85	0.0294	0.0258	0.0222	0.0188	0.0156	0.0125	0.0097	0.0070	0.0022	-0.0019	-0.0053	-0.0082	-0.0105
0.9	0.0285	0.0251	0.0217	0.0185	0.0154	0.0125	0.0098	0.0072	0.0026	-0.0014	-0.0048	-0.0076	-0.0099
0.95	0.0275	0.0243	0.0212	0.0181	0.0152	0.0125	0.0098	0.0074	0.0029	-0.0010	-0.0043	-0.0071	-0.0094
1	0.0265	0.0235	0.0206	0.0177	0.0149	0.0123	0.0098	0.0074	0.0031	-0.0006	-0.0039	-0.0066	-0.0089
1.1	0.0244	0.0218	0.0192	0.0167	0.0142	0.0119	0.0096	0.0074	0.0035	-0.0000	-0.0031	-0.0057	-0.0079
1.2	0.0222	0.0200	0.0177	0.0155	0.0134	0.0113	0.0092	0.0073	0.0036	0.0004	-0.0025	-0.0049	-0.0070
1.3	0.0201	0.0182	0.0162	0.0143	0.0124	0.0105	0.0087	0.0070	0.0037	0.0007	-0.0019	-0.0042	-0.0062
1.4	0.0181	0.0164	0.0147	0.0130	0.0113	0.0097	0.0081	0.0065	0.0036	0.0009	-0.0015	-0.0037	-0.0055
1.5	0.0161	0.0147	0.0132	0.0118	0.0103	0.0089	0.0074	0.0061	0.0034	0.0010	-0.0012	-0.0032	-0.0049

Примечание

1. Значения $\overline{m}_{yi}$ находятся при замене в таблице входа по **ξ** входом по **η** и обратно; для этого случая обозначения даны в скобках.

2. Для промежуточных значений **ξ** и **η** величины $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ следует принимать по линейной интерполяции.

продолжение таблицы 36

$\eta(\xi)$	Значения $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ при $\xi(\eta)$ в расчетном сечении плиты жесткого покрытия от воздействия *i*–го колеса												
	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
1.6	0.0143	0.0131	0.0118	0.0105	0.0093	0.0080	0.0067	0.0055	0.0032	0.0010	-0.0010	-0.0028	-0.0044
1.7	0.0126	0.0116	0.0105	0.0094	0.0083	0.0072	0.0061	0.0050	0.0029	0.0009	-0.0009	-0.0025	-0.0039
1.8	0.0111	0.0102	0.0092	0.0083	0.0073	0.0063	0.0054	0.0044	0.0026	0.0008	-0.0008	-0.0022	-0.0036
1.9	0.0097	0.0089	0.0081	0.0072	0.0064	0.0056	0.0047	0.0039	0.0023	0.0007	-0.0007	-0.0020	-0.0032
2	0.0084	0.0077	0.0070	0.0063	0.0056	0.0048	0.0041	0.0034	0.0019	0.0006	-0.0007	-0.0019	-0.0030
2.1	0.0073	0.0067	0.0061	0.0054	0.0048	0.0042	0.0035	0.0029	0.0016	0.0004	-0.0007	-0.0018	-0.0027
2.2	0.0062	0.0057	0.0052	0.0046	0.0041	0.0035	0.0030	0.0024	0.0013	0.0003	-0.0007	-0.0017	-0.0025
2.3	0.0053	0.0049	0.0044	0.0039	0.0035	0.0030	0.0025	0.0020	0.0011	0.0001	-0.0008	-0.0016	-0.0024
2.4	0.0045	0.0041	0.0037	0.0033	0.0029	0.0025	0.0020	0.0016	0.0008	-0.0000	-0.0008	-0.0015	-0.0022
2.5	0.0037	0.0034	0.0031	0.0027	0.0024	0.0020	0.0016	0.0013	0.0006	-0.0002	-0.0008	-0.0015	-0.0021
2.6	0.0031	0.0028	0.0025	0.0022	0.0019	0.0016	0.0013	0.0010	0.0003	-0.0003	-0.0009	-0.0014	-0.0020
2.7	0.0025	0.0023	0.0020	0.0018	0.0015	0.0012	0.0010	0.0007	0.0002	-0.0004	-0.0009	-0.0014	-0.0019
2.8	0.0020	0.0018	0.0016	0.0014	0.0012	0.0009	0.0007	0.0005	-0.0000	-0.0005	-0.0009	-0.0014	-0.0018
2.9	0.0016	0.0014	0.0012	0.0011	0.0009	0.0007	0.0005	0.0003	-0.0002	-0.0006	-0.0009	-0.0013	-0.0017
3	0.0012	0.0011	0.0009	0.0008	0.0006	0.0004	0.0003	0.0001	-0.0003	-0.0006	-0.0010	-0.0013	-0.0016
3.1	0.0009	0.0008	0.0007	0.0005	0.0004	0.0002	0.0001	-0.0001	-0.0004	-0.0007	-0.0010	-0.0012	-0.0015
3.2	0.0006	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001	-0.0001	-0.0002	-0.0005	-0.0007	-0.0010	-0.0012	-0.0014
3.3	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001	0.0000	-0.0001	-0.0002	-0.0003	-0.0005	-0.0007	-0.0010	-0.0012	-0.0014
3.4	0.0002	0.0001	0.0001	-0.0000	-0.0001	-0.0002	-0.0003	-0.0004	-0.0006	-0.0008	-0.0009	-0.0011	-0.0013
3.5	0.0001	0.0000	-0.0001	-0.0001	-0.0002	-0.0003	-0.0004	-0.0005	-0.0006	-0.0008	-0.0009	-0.0011	-0.0012
3.6	-0.0001	-0.0001	-0.0002	-0.0002	-0.0003	-0.0004	-0.0004	-0.0005	-0.0006	-0.0008	-0.0009	-0.0010	-0.0011
3.7	-0.0002	-0.0002	-0.0003	-0.0003	-0.0004	-0.0004	-0.0005	-0.0005	-0.0006	-0.0008	-0.0009	-0.0010	-0.0011
3.8	-0.0002	-0.0003	-0.0003	-0.0004	-0.0004	-0.0005	-0.0005	-0.0006	-0.0007	-0.0007	-0.0008	-0.0009	-0.0010
3.9	-0.0003	-0.0003	-0.0004	-0.0004	-0.0005	-0.0005	-0.0005	-0.0006	-0.0006	-0.0007	-0.0008	-0.0009	-0.0009
4	-0.0004	-0.0004	-0.0004	-0.0004	-0.0005	-0.0005	-0.0005	-0.0006	-0.0006	-0.0007	-0.0008	-0.0008	-0.0009

Примечание

1. Значения $\overline{m}_{yi}$ находятся при замене в таблице входа по **ξ** входом по **η** и обратно; для этого случая обозначения даны в скобках.

2. Для промежуточных значений **ξ** и **η** величины $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ следует принимать по линейной интерполяции.

продолжение таблицы 36

η(ξ)	Значения $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ при ξ(η) в расчетном сечении плиты жесткого покрытия от воздействия *i*–го колеса												
	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
0	-0.0191	-0.0201	-0.0208	-0.0211	-0.0212	-0.0211	-0.0207	-0.0203	-0.0197	-0.0190	-0.0182	-0.0174	-0.0165
0.05	-0.0191	-0.0201	-0.0208	-0.0211	-0.0212	-0.0210	-0.0207	-0.0203	-0.0197	-0.0190	-0.0182	-0.0174	-0.0165
0.1	-0.0190	-0.0200	-0.0207	-0.0210	-0.0211	-0.0210	-0.0207	-0.0202	-0.0196	-0.0189	-0.0182	-0.0174	-0.0165
0.15	-0.0189	-0.0199	-0.0206	-0.0209	-0.0210	-0.0209	-0.0206	-0.0201	-0.0195	-0.0189	-0.0181	-0.0173	-0.0164
0.2	-0.0186	-0.0197	-0.0204	-0.0207	-0.0209	-0.0208	-0.0205	-0.0200	-0.0194	-0.0188	-0.0180	-0.0172	-0.0164
0.25	-0.0184	-0.0194	-0.0201	-0.0205	-0.0207	-0.0206	-0.0203	-0.0199	-0.0193	-0.0187	-0.0179	-0.0171	-0.0163
0.3	-0.0180	-0.0191	-0.0199	-0.0203	-0.0204	-0.0204	-0.0201	-0.0197	-0.0192	-0.0185	-0.0178	-0.0170	-0.0162
0.35	-0.0176	-0.0188	-0.0195	-0.0200	-0.0202	-0.0201	-0.0199	-0.0195	-0.0190	-0.0183	-0.0176	-0.0169	-0.0160
0.4	-0.0172	-0.0184	-0.0192	-0.0197	-0.0199	-0.0198	-0.0196	-0.0193	-0.0188	-0.0181	-0.0175	-0.0167	-0.0159
0.45	-0.0167	-0.0180	-0.0188	-0.0193	-0.0195	-0.0195	-0.0194	-0.0190	-0.0185	-0.0179	-0.0173	-0.0165	-0.0157
0.5	-0.0163	-0.0175	-0.0184	-0.0189	-0.0192	-0.0192	-0.0190	-0.0187	-0.0183	-0.0177	-0.0170	-0.0163	-0.0155
0.55	-0.0157	-0.0170	-0.0179	-0.0185	-0.0188	-0.0189	-0.0187	-0.0184	-0.0180	-0.0174	-0.0168	-0.0161	-0.0153
0.6	-0.0152	-0.0165	-0.0174	-0.0181	-0.0184	-0.0185	-0.0184	-0.0181	-0.0177	-0.0172	-0.0165	-0.0159	-0.0151
0.65	-0.0146	-0.0160	-0.0169	-0.0176	-0.0179	-0.0181	-0.0180	-0.0177	-0.0174	-0.0169	-0.0163	-0.0156	-0.0149
0.7	-0.0141	-0.0154	-0.0164	-0.0171	-0.0175	-0.0177	-0.0176	-0.0174	-0.0170	-0.0166	-0.0160	-0.0154	-0.0147
0.75	-0.0135	-0.0149	-0.0159	-0.0166	-0.0170	-0.0172	-0.0172	-0.0170	-0.0167	-0.0162	-0.0157	-0.0151	-0.0144
0.8	-0.0129	-0.0143	-0.0154	-0.0161	-0.0166	-0.0168	-0.0168	-0.0166	-0.0163	-0.0159	-0.0154	-0.0148	-0.0142
0.85	-0.0123	-0.0138	-0.0149	-0.0156	-0.0161	-0.0163	-0.0164	-0.0162	-0.0159	-0.0156	-0.0151	-0.0145	-0.0139
0.9	-0.0118	-0.0132	-0.0143	-0.0151	-0.0156	-0.0159	-0.0159	-0.0158	-0.0156	-0.0152	-0.0147	-0.0142	-0.0136
0.95	-0.0112	-0.0127	-0.0138	-0.0146	-0.0151	-0.0154	-0.0155	-0.0154	-0.0152	-0.0148	-0.0144	-0.0139	-0.0133
1	-0.0107	-0.0121	-0.0133	-0.0141	-0.0146	-0.0149	-0.0150	-0.0150	-0.0148	-0.0145	-0.0141	-0.0136	-0.0130
1.1	-0.0097	-0.0111	-0.0122	-0.0130	-0.0136	-0.0140	-0.0141	-0.0141	-0.0140	-0.0137	-0.0133	-0.0129	-0.0124
1.2	-0.0087	-0.0101	-0.0112	-0.0121	-0.0127	-0.0130	-0.0132	-0.0133	-0.0132	-0.0129	-0.0126	-0.0122	-0.0118
1.3	-0.0079	-0.0092	-0.0103	-0.0111	-0.0117	-0.0121	-0.0123	-0.0124	-0.0124	-0.0122	-0.0119	-0.0116	-0.0111
1.4	-0.0071	-0.0084	-0.0094	-0.0102	-0.0108	-0.0112	-0.0115	-0.0116	-0.0116	-0.0114	-0.0112	-0.0109	-0.0105
1.5	-0.0064	-0.0076	-0.0086	-0.0094	-0.0100	-0.0104	-0.0107	-0.0108	-0.0108	-0.0107	-0.0105	-0.0102	-0.0099

Примечание

1. Значения $\overline{m}_{yi}$ находятся при замене в таблице входа по **ξ** входом по **η** и обратно; для этого случая обозначения даны в скобках.

2. Для промежуточных значений **ξ** и **η** величины $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ следует принимать по линейной интерполяции.

продолжение таблицы 36

η(ξ)	Значения $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ при ξ(η) в расчетном сечении плиты жесткого покрытия от воздействия *i*–го колеса												
	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
1.6	-0.0057	-0.0069	-0.0078	-0.0086	-0.0092	-0.0096	-0.0099	-0.0100	-0.0100	-0.0099	-0.0098	-0.0095	-0.0092
1.7	-0.0052	-0.0063	-0.0072	-0.0079	-0.0084	-0.0088	-0.0091	-0.0093	-0.0093	-0.0092	-0.0091	-0.0089	-0.0086
1.8	-0.0047	-0.0057	-0.0065	-0.0072	-0.0077	-0.0081	-0.0084	-0.0086	-0.0086	-0.0086	-0.0085	-0.0083	-0.0080
1.9	-0.0043	-0.0052	-0.0060	-0.0066	-0.0071	-0.0075	-0.0077	-0.0079	-0.0079	-0.0079	-0.0078	-0.0077	-0.0075
2	-0.0039	-0.0047	-0.0054	-0.0060	-0.0065	-0.0069	-0.0071	-0.0073	-0.0073	-0.0073	-0.0072	-0.0071	-0.0069
2.1	-0.0036	-0.0043	-0.0050	-0.0055	-0.0059	-0.0063	-0.0065	-0.0067	-0.0067	-0.0067	-0.0067	-0.0066	-0.0064
2.2	-0.0033	-0.0040	-0.0046	-0.0051	-0.0054	-0.0058	-0.0060	-0.0061	-0.0062	-0.0062	-0.0062	-0.0061	-0.0059
2.3	-0.0030	-0.0037	-0.0042	-0.0046	-0.0050	-0.0053	-0.0055	-0.0056	-0.0057	-0.0057	-0.0057	-0.0056	-0.0054
2.4	-0.0028	-0.0034	-0.0038	-0.0042	-0.0046	-0.0048	-0.0050	-0.0051	-0.0052	-0.0052	-0.0052	-0.0051	-0.0050
2.5	-0.0026	-0.0031	-0.0035	-0.0039	-0.0042	-0.0044	-0.0046	-0.0047	-0.0048	-0.0048	-0.0047	-0.0047	-0.0046
2.6	-0.0024	-0.0029	-0.0032	-0.0036	-0.0038	-0.0040	-0.0042	-0.0043	-0.0044	-0.0044	-0.0043	-0.0043	-0.0042
2.7	-0.0023	-0.0027	-0.0030	-0.0033	-0.0035	-0.0037	-0.0038	-0.0039	-0.0040	-0.0040	-0.0040	-0.0039	-0.0038
2.8	-0.0021	-0.0025	-0.0027	-0.0030	-0.0032	-0.0034	-0.0035	-0.0036	-0.0036	-0.0036	-0.0036	-0.0036	-0.0035
2.9	-0.0020	-0.0023	-0.0025	-0.0028	-0.0029	-0.0031	-0.0032	-0.0033	-0.0033	-0.0033	-0.0033	-0.0032	-0.0032
3	-0.0019	-0.0021	-0.0023	-0.0025	-0.0027	-0.0028	-0.0029	-0.0030	-0.0030	-0.0030	-0.0030	-0.0029	-0.0029
3.1	-0.0017	-0.0020	-0.0022	-0.0023	-0.0025	-0.0026	-0.0026	-0.0027	-0.0027	-0.0027	-0.0027	-0.0027	-0.0026
3.2	-0.0016	-0.0018	-0.0020	-0.0021	-0.0022	-0.0023	-0.0024	-0.0024	-0.0025	-0.0025	-0.0024	-0.0024	-0.0023
3.3	-0.0015	-0.0017	-0.0018	-0.0019	-0.0020	-0.0021	-0.0022	-0.0022	-0.0022	-0.0022	-0.0022	-0.0022	-0.0021
3.4	-0.0014	-0.0016	-0.0017	-0.0018	-0.0019	-0.0019	-0.0020	-0.0020	-0.0020	-0.0020	-0.0020	-0.0020	-0.0019
3.5	-0.0013	-0.0015	-0.0016	-0.0016	-0.0017	-0.0018	-0.0018	-0.0018	-0.0018	-0.0018	-0.0018	-0.0018	-0.0017
3.6	-0.0012	-0.0013	-0.0014	-0.0015	-0.0016	-0.0016	-0.0016	-0.0016	-0.0016	-0.0016	-0.0016	-0.0016	-0.0015
3.7	-0.0012	-0.0012	-0.0013	-0.0014	-0.0014	-0.0014	-0.0015	-0.0015	-0.0015	-0.0015	-0.0014	-0.0014	-0.0014
3.8	-0.0011	-0.0011	-0.0012	-0.0012	-0.0013	-0.0013	-0.0013	-0.0013	-0.0013	-0.0013	-0.0013	-0.0013	-0.0012
3.9	-0.0010	-0.0011	-0.0011	-0.0011	-0.0012	-0.0012	-0.0012	-0.0012	-0.0012	-0.0012	-0.0011	-0.0011	-0.0011
4	-0.0009	-0.0010	-0.0010	-0.0010	-0.0011	-0.0011	-0.0011	-0.0011	-0.0011	-0.0010	-0.0010	-0.0010	-0.0010

Примечание

1. Значения $\overline{m}_{yi}$ находятся при замене в таблице входа по **ξ** входом по **η** и обратно; для этого случая обозначения даны в скобках.

2. Для промежуточных значений **ξ** и **η** величины $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ следует принимать по линейной интерполяции.

продолжение таблицы 36

$\eta(\xi)$	Значения $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ при $\xi(\eta)$ в расчетном сечении плиты жесткого покрытия от воздействия *i*–го колеса											
	2.9	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4
0	-0.0156	-0.0147	-0.0138	-0.0129	-0.0120	-0.0112	-0.0103	-0.0095	-0.0087	-0.0079	-0.0072	-0.0066
0.05	-0.0156	-0.0147	-0.0138	-0.0129	-0.0120	-0.0112	-0.0103	-0.0095	-0.0087	-0.0079	-0.0072	-0.0065
0.1	-0.0156	-0.0147	-0.0138	-0.0129	-0.0120	-0.0111	-0.0103	-0.0095	-0.0087	-0.0079	-0.0072	-0.0065
0.15	-0.0156	-0.0147	-0.0138	-0.0129	-0.0120	-0.0111	-0.0103	-0.0094	-0.0087	-0.0079	-0.0072	-0.0065
0.2	-0.0155	-0.0146	-0.0137	-0.0128	-0.0119	-0.0111	-0.0102	-0.0094	-0.0086	-0.0079	-0.0072	-0.0065
0.25	-0.0154	-0.0145	-0.0136	-0.0127	-0.0119	-0.0110	-0.0102	-0.0094	-0.0086	-0.0079	-0.0071	-0.0065
0.3	-0.0153	-0.0144	-0.0136	-0.0127	-0.0118	-0.0110	-0.0101	-0.0093	-0.0086	-0.0078	-0.0071	-0.0064
0.35	-0.0152	-0.0143	-0.0135	-0.0126	-0.0117	-0.0109	-0.0101	-0.0093	-0.0085	-0.0078	-0.0071	-0.0064
0.4	-0.0151	-0.0142	-0.0133	-0.0125	-0.0116	-0.0108	-0.0100	-0.0092	-0.0084	-0.0077	-0.0070	-0.0064
0.45	-0.0149	-0.0141	-0.0132	-0.0124	-0.0115	-0.0107	-0.0099	-0.0091	-0.0084	-0.0076	-0.0070	-0.0063
0.5	-0.0147	-0.0139	-0.0131	-0.0122	-0.0114	-0.0106	-0.0098	-0.0090	-0.0083	-0.0076	-0.0069	-0.0063
0.55	-0.0146	-0.0138	-0.0129	-0.0121	-0.0113	-0.0105	-0.0097	-0.0089	-0.0082	-0.0075	-0.0068	-0.0062
0.6	-0.0144	-0.0136	-0.0128	-0.0120	-0.0112	-0.0104	-0.0096	-0.0088	-0.0081	-0.0074	-0.0068	-0.0061
0.65	-0.0142	-0.0134	-0.0126	-0.0118	-0.0110	-0.0102	-0.0095	-0.0087	-0.0080	-0.0073	-0.0067	-0.0061
0.7	-0.0139	-0.0132	-0.0124	-0.0116	-0.0109	-0.0101	-0.0093	-0.0086	-0.0079	-0.0072	-0.0066	-0.0060
0.75	-0.0137	-0.0130	-0.0122	-0.0115	-0.0107	-0.0100	-0.0092	-0.0085	-0.0078	-0.0071	-0.0065	-0.0059
0.8	-0.0135	-0.0127	-0.0120	-0.0113	-0.0105	-0.0098	-0.0091	-0.0084	-0.0077	-0.0070	-0.0064	-0.0058
0.85	-0.0132	-0.0125	-0.0118	-0.0111	-0.0104	-0.0096	-0.0089	-0.0082	-0.0076	-0.0069	-0.0063	-0.0057
0.9	-0.0130	-0.0123	-0.0116	-0.0109	-0.0102	-0.0095	-0.0088	-0.0081	-0.0074	-0.0068	-0.0062	-0.0056
0.95	-0.0127	-0.0120	-0.0114	-0.0107	-0.0100	-0.0093	-0.0086	-0.0080	-0.0073	-0.0067	-0.0061	-0.0055
1	-0.0124	-0.0118	-0.0111	-0.0105	-0.0098	-0.0091	-0.0085	-0.0078	-0.0072	-0.0066	-0.0060	-0.0054
1.1	-0.0118	-0.0113	-0.0106	-0.0100	-0.0094	-0.0087	-0.0081	-0.0075	-0.0069	-0.0063	-0.0058	-0.0052
1.2	-0.0113	-0.0107	-0.0101	-0.0096	-0.0090	-0.0084	-0.0078	-0.0072	-0.0066	-0.0061	-0.0055	-0.0050
1.3	-0.0107	-0.0102	-0.0096	-0.0091	-0.0085	-0.0080	-0.0074	-0.0069	-0.0063	-0.0058	-0.0053	-0.0048
1.4	-0.0101	-0.0096	-0.0091	-0.0086	-0.0081	-0.0076	-0.0070	-0.0065	-0.0060	-0.0055	-0.0050	-0.0046
1.5	-0.0095	-0.0091	-0.0086	-0.0081	-0.0077	-0.0072	-0.0067	-0.0062	-0.0057	-0.0052	-0.0048	-0.0043

Примечание

1. Значения $\overline{m}_{yi}$ находятся при замене в таблице входа по **ξ** входом по **η** и обратно; для этого случая обозначения даны в скобках.

2. Для промежуточных значений **ξ** и **η** величины $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ следует принимать по линейной интерполяции.

продолжение таблицы 36

η(ξ)	Значения $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ при ξ(η) в расчетном сечении плиты жесткого покрытия от воздействия *i*–го колеса											
	2.9	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4
1.6	-0.0089	-0.0085	-0.0081	-0.0077	-0.0072	-0.0067	-0.0063	-0.0058	-0.0054	-0.0049	-0.0045	-0.0041
1.7	-0.0083	-0.0080	-0.0076	-0.0072	-0.0068	-0.0063	-0.0059	-0.0055	-0.0051	-0.0046	-0.0042	-0.0039
1.8	-0.0078	-0.0074	-0.0071	-0.0067	-0.0063	-0.0059	-0.0055	-0.0051	-0.0048	-0.0044	-0.0040	-0.0036
1.9	-0.0072	-0.0069	-0.0066	-0.0063	-0.0059	-0.0056	-0.0052	-0.0048	-0.0044	-0.0041	-0.0037	-0.0034
2	-0.0067	-0.0064	-0.0061	-0.0058	-0.0055	-0.0052	-0.0048	-0.0045	-0.0041	-0.0038	-0.0035	-0.0032
2.1	-0.0062	-0.0060	-0.0057	-0.0054	-0.0051	-0.0048	-0.0045	-0.0042	-0.0039	-0.0035	-0.0032	-0.0029
2.2	-0.0057	-0.0055	-0.0053	-0.0050	-0.0047	-0.0044	-0.0042	-0.0039	-0.0036	-0.0033	-0.0030	-0.0027
2.3	-0.0053	-0.0051	-0.0049	-0.0046	-0.0044	-0.0041	-0.0038	-0.0036	-0.0033	-0.0030	-0.0028	-0.0025
2.4	-0.0048	-0.0047	-0.0045	-0.0043	-0.0040	-0.0038	-0.0035	-0.0033	-0.0030	-0.0028	-0.0025	-0.0023
2.5	-0.0044	-0.0043	-0.0041	-0.0039	-0.0037	-0.0035	-0.0032	-0.0030	-0.0028	-0.0026	-0.0023	-0.0021
2.6	-0.0041	-0.0039	-0.0038	-0.0036	-0.0034	-0.0032	-0.0030	-0.0028	-0.0025	-0.0023	-0.0021	-0.0019
2.7	-0.0037	-0.0036	-0.0034	-0.0033	-0.0031	-0.0029	-0.0027	-0.0025	-0.0023	-0.0021	-0.0019	-0.0017
2.8	-0.0034	-0.0033	-0.0031	-0.0030	-0.0028	-0.0026	-0.0025	-0.0023	-0.0021	-0.0019	-0.0018	-0.0016
2.9	-0.0031	-0.0030	-0.0028	-0.0027	-0.0025	-0.0024	-0.0022	-0.0021	-0.0019	-0.0017	-0.0016	-0.0014
3	-0.0028	-0.0027	-0.0026	-0.0024	-0.0023	-0.0022	-0.0020	-0.0019	-0.0017	-0.0016	-0.0014	-0.0013
3.1	-0.0025	-0.0024	-0.0023	-0.0022	-0.0021	-0.0020	-0.0018	-0.0017	-0.0015	-0.0014	-0.0013	-0.0011
3.2	-0.0023	-0.0022	-0.0021	-0.0020	-0.0019	-0.0018	-0.0016	-0.0015	-0.0014	-0.0013	-0.0011	-0.0010
3.3	-0.0020	-0.0020	-0.0019	-0.0018	-0.0017	-0.0016	-0.0015	-0.0013	-0.0012	-0.0011	-0.0010	-0.0009
3.4	-0.0018	-0.0018	-0.0017	-0.0016	-0.0015	-0.0014	-0.0013	-0.0012	-0.0011	-0.0010	-0.0009	-0.0008
3.5	-0.0016	-0.0016	-0.0015	-0.0014	-0.0013	-0.0012	-0.0012	-0.0011	-0.0010	-0.0009	-0.0008	-0.0007
3.6	-0.0015	-0.0014	-0.0013	-0.0013	-0.0012	-0.0011	-0.0010	-0.0009	-0.0008	-0.0008	-0.0007	-0.0006
3.7	-0.0013	-0.0013	-0.0012	-0.0011	-0.0010	-0.0010	-0.0009	-0.0008	-0.0007	-0.0007	-0.0006	-0.0005
3.8	-0.0012	-0.0011	-0.0011	-0.0010	-0.0009	-0.0009	-0.0008	-0.0007	-0.0006	-0.0006	-0.0005	-0.0004
3.9	-0.0010	-0.0010	-0.0009	-0.0009	-0.0008	-0.0007	-0.0007	-0.0006	-0.0005	-0.0005	-0.0004	-0.0004
4	-0.0009	-0.0009	-0.0008	-0.0008	-0.0007	-0.0006	-0.0006	-0.0005	-0.0005	-0.0004	-0.0003	-0.0003

Примечание

1. Значения $\overline{m}_{yi}$ находятся при замене в таблице входа по **ξ** входом по **η** и обратно; для этого случая обозначения даны в скобках.

2. Для промежуточных значений **ξ** и **η** величины $\overline{m}_{xi}$ и $\overline{m}_{yi}$ следует принимать по линейной интерполяции.

Таблица 37 – Коэффициент условий работы жестких покрытий

Аэродромные покрытия	Коэффициент γ_c условий работы жестких покрытий при расположении аэродромов								
	севернее 50°			между 50° и 43°			южнее 50°		
	для групп участков								
	А	Б, В	Г	А	Б, В	Г	А	Б, В	Г
Армобетонные	0,9	1,0	1,2	0,85	0,95	1,15	0,80	0,9	1,1
Железобетонные с ненапрягаемой арматурой	1,0	1,1	1,3	0,95	1,05	1,25	0,90	1.0	1,2

Расчетное число приложений нагрузки U следует определять по формуле:

$$U = \sum_{i=1}^{n_j} k_n n_a N_i , \qquad (14)$$

где n_a - число осей в расчетной схеме загружения;

N_i - число приложений колесной нагрузки за проектный срок эксплуатации – 20 лет;

n_j - число учитываемых типов транспортных средств;

k_n - коэффициент приведения, принимаемый по графику рисунка 10 в зависимости от отношения расчетной нагрузки на колесо *i*-го транспортного средства к максимальной расчетной нагрузке для данного покрытия F_d.

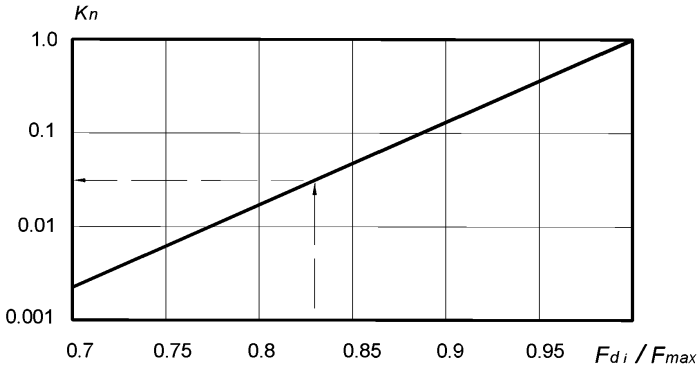


Рисунок 10 - График для определения коэффициента k_n

7.2. Расчет армобетонных покрытий на укрепленном основании. Армобетонные покрытия на укрепленном основании должны удовлетворять следующим предельным состояниям по прочности:

- однослойные варианты покрытий на укрепленном основании:

$$m_d \le m_u; \tag{15}$$

- двухслойные варианты покрытий на укрепленном основании:

$$\begin{cases} m_{d,sup} \le m_{u,sup}; \\ m_{d,inf} \le m_{u,inf}, \end{cases} \tag{16}$$

где m_d - расчетный изгибающий момент в рассматриваемом сечении плиты покрытия; m_u - предельный изгибающий момент в рассматриваемом сечении плиты покрытия; $m_{d,sup}, m_{u,sup}$ и $m_{d,inf}, m_{u,inf}$ - соответственно расчетные и предельные изгибающие моменты верхнего и нижнего слоев двухслойного покрытия.

С целью недопущения перерасхода строительных материалов предельные состояния по каждому слою должны быть выполнены с точностью до 5%:

$$\varepsilon = \frac{m_u - m_d}{m_u} \cdot 100\% \le 5\%.$$

Расчетные значения изгибающих моментов на единицу ширины сечения *армобетонных однослойных покрытий* на искусственном основании из материалов, для которых нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе (укрепленном основании), следует определять по формуле (17):

$$m_d = \frac{B}{B + B_f} m_{c,max} \cdot k \cdot \rho, \qquad (17)$$

где B - жесткость сечения плиты армобетонного покрытия отнесенная к единице ширины ее сечения, МН м^2/п.м., рассчитываемая по формуле (18):

$$B = 0.085 \cdot E_b \cdot t^3, \qquad (18)$$

где t - толщина армобетонной плиты; E_b - модуль упругости бетона;

B_f - жесткость укрепленного основания, МН м^2/п.м., рассчитываемая по формуле (19):

$$B_f = 0.085 \cdot E_f \cdot t_f^{\,3}, \qquad (19)$$

где t_f - толщина укрепленного основания; E_f - модуль упругости укрепленного основания, при наличии нескольких слоев основания их жесткости суммируются;

$m_{c,max}$ - максимальный изгибающий момент при центральном загружении, МН·м/м, вычисляемый как для однослойной плиты жесткостью $B + B_f$ по формуле (12)

k - переходный коэффициент от изгибающего момента при центральном загружении к моменту при краевом загружении, принимаемый равным: для армобетонных покрытий со стыковыми соеди-

нениями или конструктивным краевым армированием – 1,2; для армобетонных покрытий, устраиваемых без стыковых соединений и краевого армирования плит –1.5;

$$\rho = 1 - 0.167 \cdot \theta_0; \quad (20)$$

где θ_0 - величина, определяемая по графику рисунка 11 в зависимости от значения $\gamma_b = \frac{B}{B_f}$.

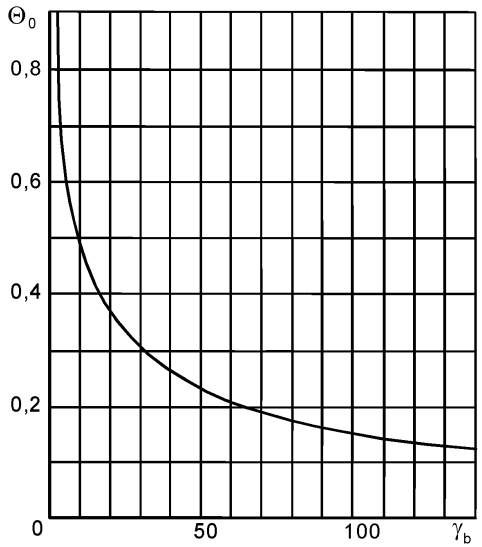


Рисунок 11 - График для определения θ_0

Расчетные значения изгибающих моментов на единицу ширины сечения *армобетонных двухслойных покрытий* на искусственном основании из материалов, для которых нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе (укрепленном основании), следует определять по формулам:

- для верхнего слоя с совмещенными швами:

$$m_{d,sup} = \frac{B_{sup}}{B_{tot}} \cdot m_{c,max} \cdot k' \cdot \rho, \quad (21)$$

- для нижнего слоя с совмещенными швами:

$$m_{inf} = \frac{B_{inf}}{B_{tot}} \cdot m_{c,max} \cdot k' \cdot \rho, \quad (22)$$

- для верхнего слоя с несовмещенными швами:

$$m_{d,sup} = \frac{B_{sup}}{B_{tot}} \cdot m_{c,max} \cdot k_1 \cdot \rho, \quad (23)$$

- для нижнего слоя с несовмещенными швами:

$$m_{inf} = \frac{B_{inf}}{B_{tot}} \cdot m_{c,max}, \quad (24)$$

где $m_{c,max}$ - максимальный изгибающий момент, МН·м/п.м., при центральном загружении, вычисляемый как для однослойной плиты жесткостью $B_{tot} = B_{sup} + B_{inf} + B_f$,

где B_{sup}, B_{inf}, B_f - жесткости верхнего, нижнего слоев покрытия и искусственного основания, вычисленные по формулам (18) и (19);

k' - коэффициент, принимаемый равным: 1.5 – при отсутствии стыковых соединений в верхнем и нижнем слоях; 1.4 – при устройстве стыковых соединений только в нижнем слое; 1.2 – при устройстве стыковых соединений в верхнем и нижнем слоях или только в верхнем слое, но с параметрами, принятыми по толщине покрытия, вычисленной по суммарной жесткости слоев;

k_1 - коэффициент, учитывающий концентрацию изгибающих моментов в верхнем слое двухслойного покрытия над краями и углами плит нижнего слоя, принимаемый по таблице 38;

ρ - коэффициент, определяемый по формуле (20) в зависимости от величины θ_0, определяемой по графику (рисунок 11) при значениях γ_b:

$\gamma_b = \frac{B_{inf} + B_{sup}}{B_f}$ для покрытий с совмещенными швами;

$\gamma_b = \frac{B_{inf}}{B_f}$ для покрытий с несовмещенными швами.

Таблица 38 – значения коэффициента k_1

$\frac{B_{inf}}{B_{sup}}$	k_1	$\frac{B_{inf}}{B_{sup}}$	k_1
0	1.2	4	2.00
0.15	1.04	5	2.25
1	1.25	6	2.50
2	1.50	7	2.75
3	1.75	8	3.00

Предельные значения изгибающих моментов на единицу ширины сечения *армобетонных однослойных покрытий* на искусственном основании из материалов, для которых нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе (укрепленном основании), МН м/п.м., следует определять по формуле:

$$m_u = \gamma_c \cdot R_{tb} \cdot \frac{t^2}{6} \cdot k_u, \quad (25)$$

где γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый по таблице 37; R_{tb} - расчетное сопротивление при изгибе бетона покрытия;

K_u - коэффициент, учитывающий число приложений колесных нагрузок за проектный срок службы, принимаемый равным 1.0 - при расчете покрытий автомобильных дорог, а при проектировании покрытий аэродромов рассчитываемый по формуле (26):

$$k_u = 2 - \frac{lg(U)}{6}, \quad (26)$$

где U - расчетное число приложений нагрузки, определяемое по формуле (14).

Предельные значения изгибающих моментов на единицу ширины сечения *армобетонных двухслойных покрытий* на искусственном основании из материалов, для которых нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе (укрепленном основании), МН м/п.м., следует определять по формулам:

- предельный изгибающий момент в верхнем слое двухслойного покрытия определяется по формуле (23) с характеристиками верхнего слоя:

$$m_{u,sup} = \gamma_{c,sup} \cdot R_{tb,sup} \cdot \frac{t_{sup}^{2}}{6} \cdot k_u , \qquad (27)$$

- предельный изгибающий момент в нижнем слое определяется по формуле (28):

$$m_{u,inf} = \gamma_{c,inf} \cdot R_{tb,inf} \cdot \frac{t_{inf}^{2}}{6} \cdot k_u \cdot k_m , \qquad (28)$$

где k_m - коэффициент, учитывающий толщину верхнего слоя и принимаемый по графику рисунка 12.

$\gamma_{c,sup}$ и $\gamma_{c,inf}$ - коэффициент условий работы соответственно верхнего и нижнего слоя двухслойного покрытия.

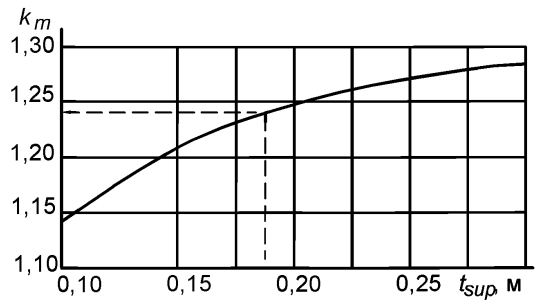


Рисунок 12 - График для определения коэффициента k_m

Расчет арматурной сетки армобетонного покрытия надлежит осуществлять следующим образом:

- определение расстояний между продольными (рабочими) стержнями l_s при условии расположения крайних стержней на границах зоны армирования, рекомендуется выполнять по следующей формуле (29):

$$l_s = \frac{B_s}{n-1}, \quad (29)$$

где B_s - ширина зоны армирования плиты, определяемая как разница между шириной плиты и удвоенным значением защитного слоя шва $2a = 0.1$ м; n - количество продольных (рабочих) стержней арматурной сетки.

Количество стержней рабочей арматуры n для всей плиты следует определять по следующей формуле с округлением в большую сторону до целого значения:

$$n = \frac{A_{sp}}{A_1},$$

где A_1 - площадь сечения одного стержня рабочей арматуры, м^2;

A_{sp} - общая площадь стержней рабочей арматуры сетки армобетонной плиты:

$$A_{sp} = \frac{\mu_a \cdot A_b}{100},$$

где μ_a - процент армирования; $A_b = t \cdot B_s$ - площадь поперечного сечения плиты армобетонного покрытия, м^2.

Расстояние между стержнями поперечной арматуры сетки армобетонного покрытия принимается постоянным и равно 0.4 м. В случае деления арматурной сетки на фрагменты длина нахлеста фрагментов в продольном направлении должна быть не менее 30 номинальных диаметров стержня рабочей арматуры.

7.3. Расчет монолитных железобетонных покрытий на укрепленном основании. Железобетонные покрытия на укрепленном основании должны удовлетворять следующим предельным состояниям:

- по прочности:

$$\boldsymbol{m_d \le m_u}, \tag{30}$$

данное условие должно выполняться для конструкции покрытия и укрепленного основания, характеристики укрепленного основания подбираются таким образом, чтобы обеспечить равенство расчетного и предельного изгибающих моментов;

- по раскрытию трещин:

$$a_{crc} \le \boldsymbol{0.3}, \tag{31}$$

где a_{crc} - ширина раскрытия трещин в расчетном сечении, мм.

Расчетное значение изгибающего момента на единицу ширины сечения *железобетонных покрытий* на искусственном основании из материалов, для которых нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе (укрепленном основании), следует определять по формуле:

$$\boldsymbol{m_d = m_{c,max} \cdot k \cdot k_N}, \tag{32}$$

где $\boldsymbol{k}$ - переходный коэффициент от изгибающего момента при центральном загружении к моменту при краевом загружении, принимаемый равным 1.15; $\boldsymbol{k_N}$ - коэффициент, учитывающий накопление остаточных прогибов в основании из материалов, не обработанных вяжущими, и принимаемый равным 1.1.

Величину $\boldsymbol{m_{c,max}}$ при расчете железобетонных монолитных покрытий рекомендуется определять по формуле (12) в зависимости от жесткости, рассчитываемой с учетом параметров арматуры.

Жесткость железобетонных плит определяется по формуле (33):

$$B = \frac{E_s \cdot A_s}{\psi_b} \cdot \left(t_0 - \frac{x}{3}\right)(t_0 - x), \quad (33)$$

где E_s - модуль упругости арматуры, МПа; A_s - площадь сечения растянутой арматуры на единицу ширины сечения плиты, м^2/п.м.; ψ_b - коэффициент, учитывающий работу бетона между трещинами в растянутой зоне и принимаемый равным при расчете по прочности 0,2, по раскрытию трещин -1; t_0 - рабочая высота сечения (расстояние от сжатой грани сечения до центра тяжести растянутой арматуры) (рисунок 13), м:

$$t_0 = t - t_{pr} - d/2,$$

d - номинальный диаметр арматурных стержней, м; t_{pr} - толщина защитного слоя, м; x - высота сжатой зоны бетона в сечении, м:

$$x = \left(-\theta_0 + \sqrt{\theta_0^2 + 2 \cdot \theta_0}\right) \cdot t_0, \quad (34)$$

где $\theta_0 = \frac{E_s}{E_b} \cdot \frac{\psi_c}{\psi_b} \cdot \mu$,

ψ_c - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения деформаций крайнего волокна сжатой зоны сечения на участке между трещинами и принимаемый по таблице 39 в зависимости от отношения шага арматуры l_s, параллельной рассматриваемому сечению, к толщине плиты t;

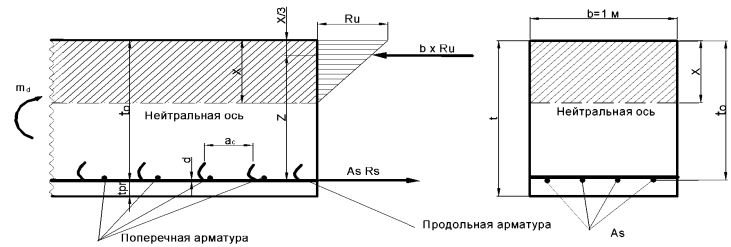
Таблица 39 – Значение коэффициента ψ_c

$\frac{l_s}{t}$	0,5	0,75	1	1,25	1,5 и более
ψ_c	0,79	0,67	0,59	0,53	0,48

μ - коэффициент армирования, $\mu = \frac{A_s}{t_0}$.

Значение величины шага арматуры l_s, параллельной рассматриваемому сечению рекомендуется устанавливать по формуле:

$$l_s = \frac{A_1}{A_s} = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot A_s}.$$



z – плечо изгибающего момента, R_u – сопротивление бетона.

Рисунок 13 - Расчетная схема железобетонного покрытия

Предельное значение изгибающего момента на единицу ширины сечения *железобетонных покрытий* на искусственном основании из материалов, для которых нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе (укрепленном основании), МН м/п.м., следует определять по формуле (35):

$$m_u = \gamma_c \cdot A_s \cdot R_s \cdot \left(t_0 - \frac{x}{3}\right), \qquad (35)$$

где R_s - расчетное сопротивление арматуры растяжению, МПа;

Расчет железобетонных монолитных покрытий на искусственном основании из материалов, для которых нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе (укрепленном основании) заключается в подборе толщины укрепленного основания при заданной величине толщины железобетона, при которой выполняется условие прочности $m_d = m_u$.

Расчет рекомендуется производить в следующем порядке. Сначала выполняется определение расчетного и предельного моментов железобетонного покрытия без искусственного основания (32), (35) и проверяется условие прочности (30). Если это условие выполняется, укрепляемое основания не требуется.

При невыполнении условия прочности (30) вычисляется требуемый максимальный изгибающий момент при центральном загружении плиты из условия равенства расчетного и предельного изгибающих моментов:

$$m_{c,max,d} = \frac{m_u}{k \cdot k_N}.$$

Следующим этапом расчета является определение требуемой упругой характеристики плиты l_d, при которой выполняется условие $m_d = m_u$. Определение величины l_d следует выполнять по номограммам (рисунок 14-21).

Требуемое значение коэффициента постели K_{sd}, при котором достигается равенство расчетного и предельного изгибающих моментов, определяется по формуле:

$$k_{sd} = \frac{B}{l_d^4}.$$

Определение эквивалентного модуля деформации искусственного основания вычисляется по формуле:

$$E_d = 1.8 \cdot l_d \cdot k_{sd},$$

а эквивалентный модуль деформации основания, включающего слои из материалов, для которых не нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе, и грунт, определяется следующим образом:

$$E_0 = 1{,}8 \cdot l \cdot k_{se}.$$

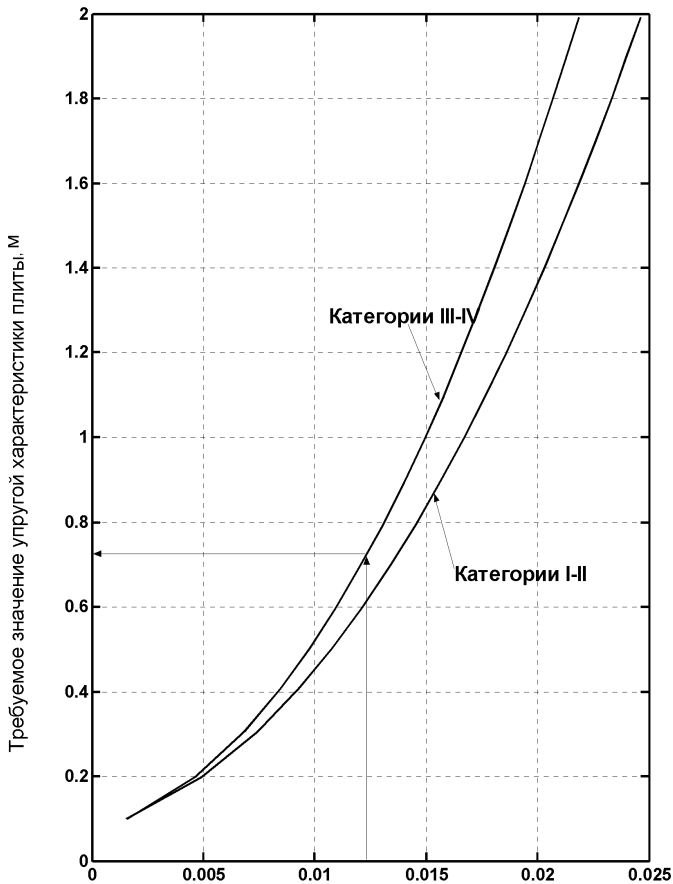


Рисунок 14 - Номограмма для определения l_d для нормативных нагрузок автомобильных дорог

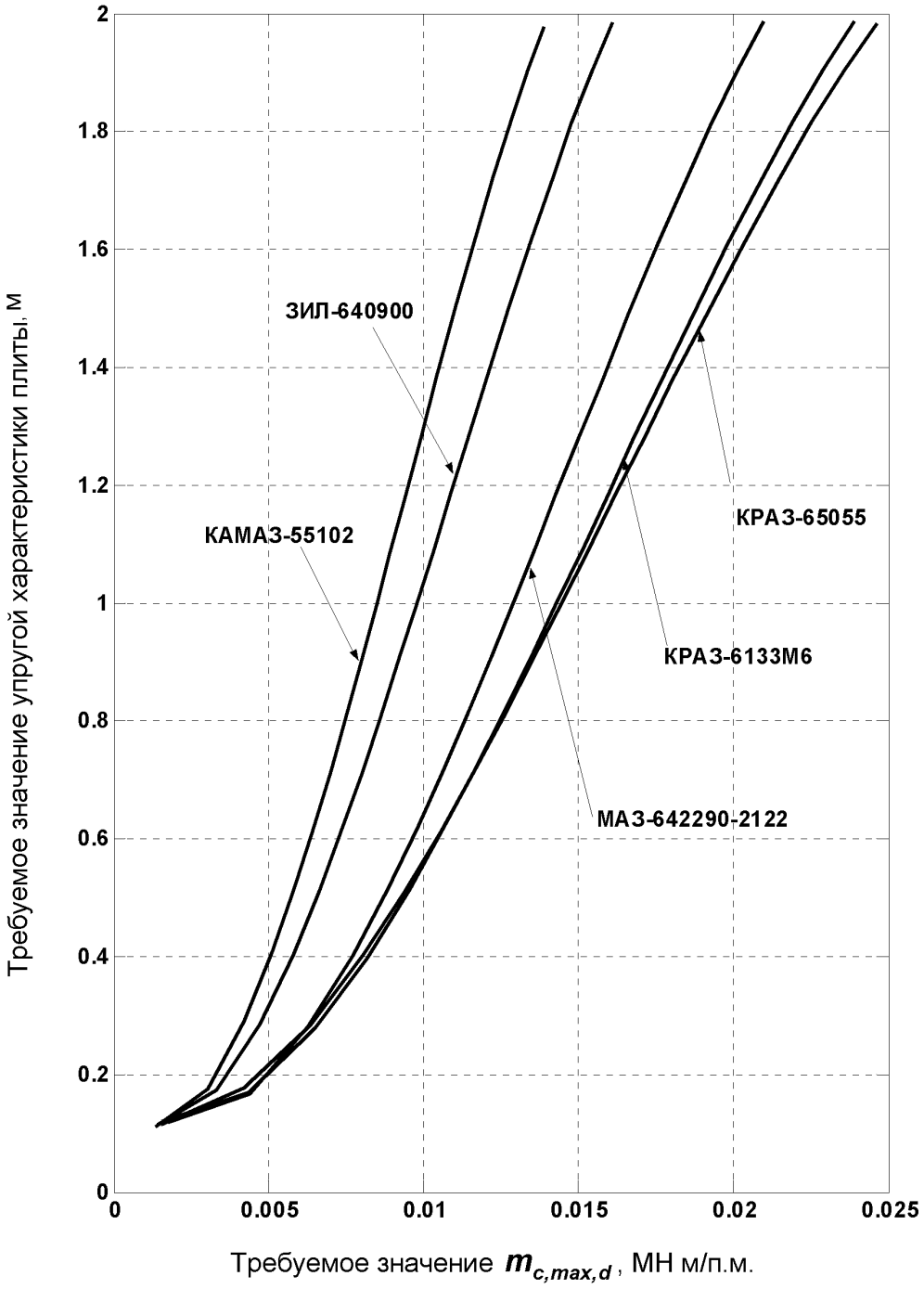


Рисунок 15 - Номограмма для определения l_d для автомобилей

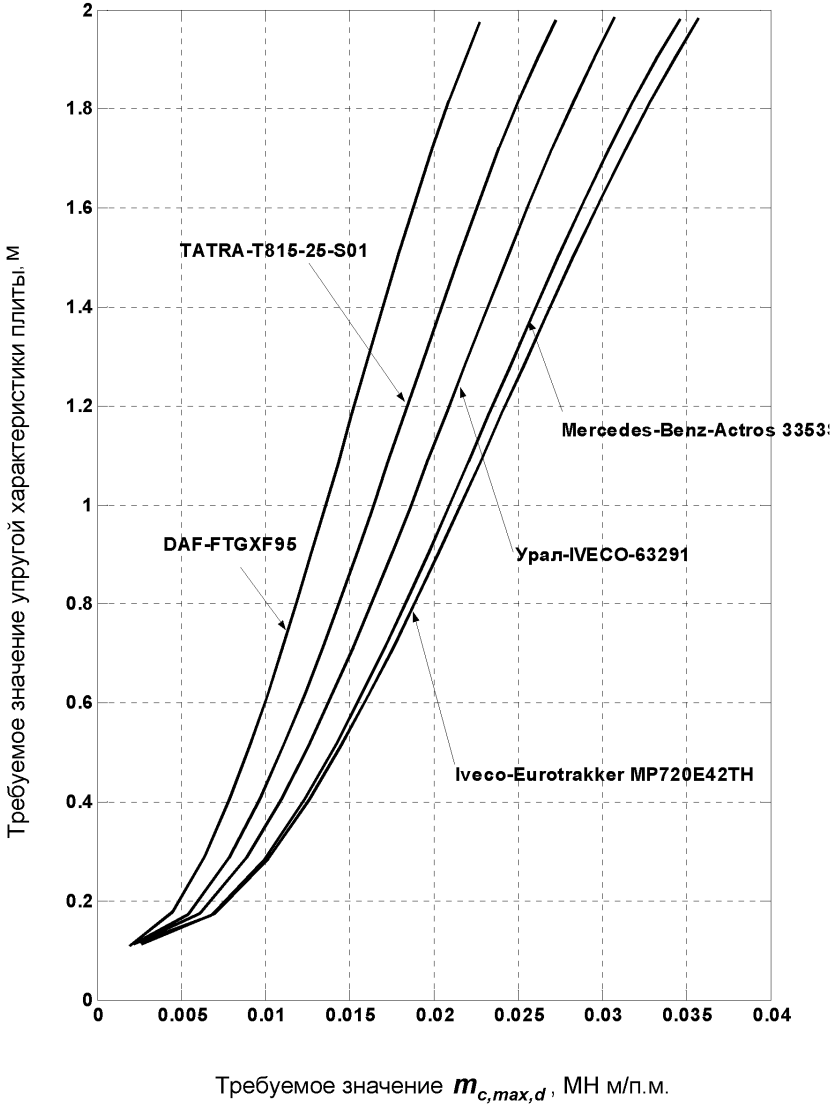


Рисунок 16 - Номограмма для определения l_d для автомобилей

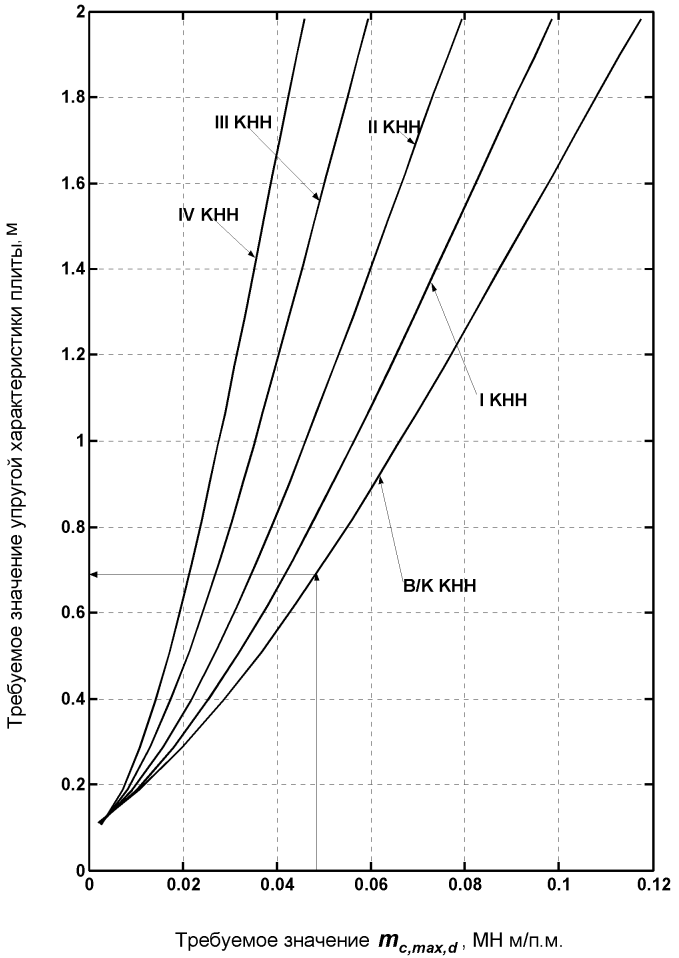


Рисунок 17 - Номограмма для определения l_d для категорий нормативных нагрузок аэродромов

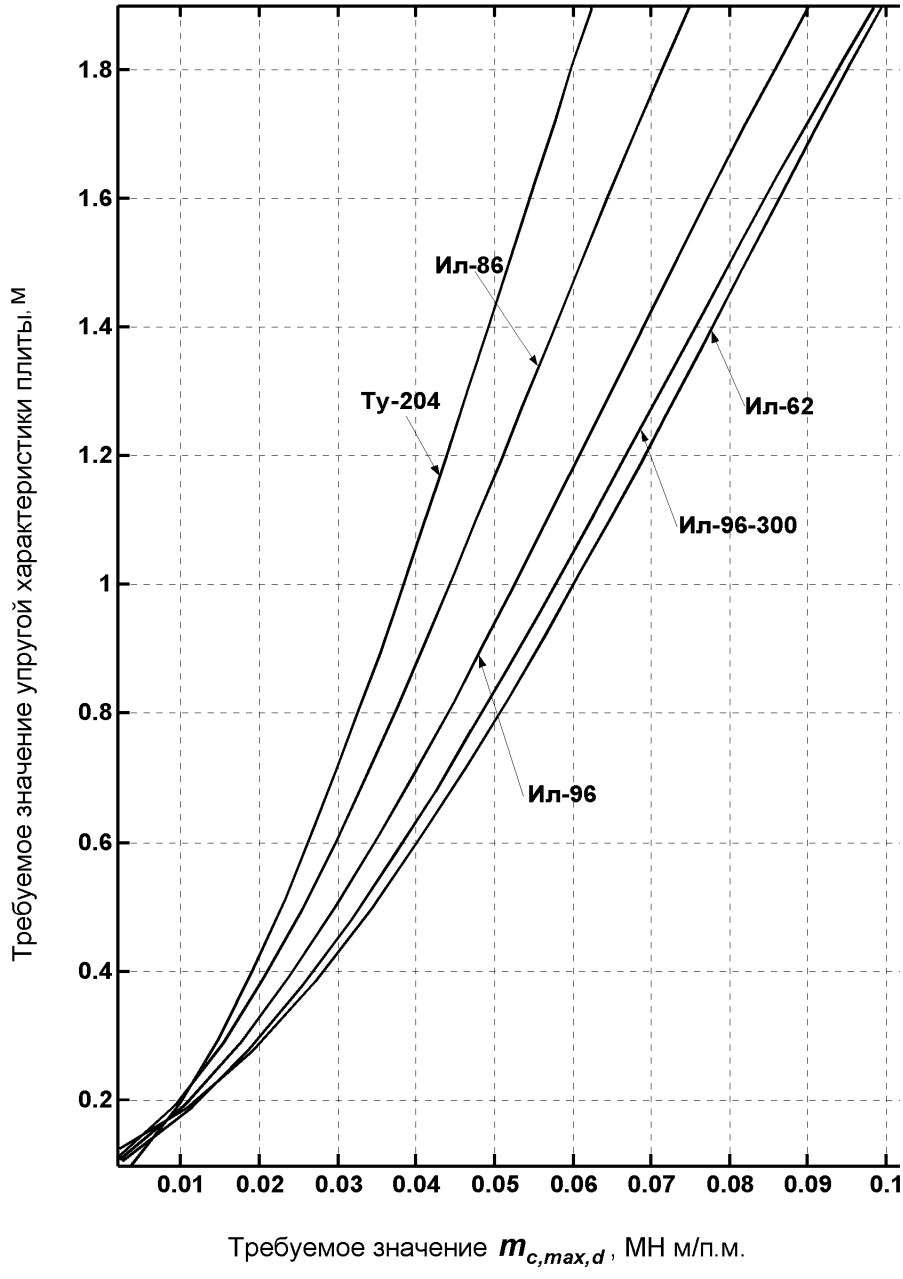


Рисунок 18 - Номограмма для определения l_d для отечественных самолетов

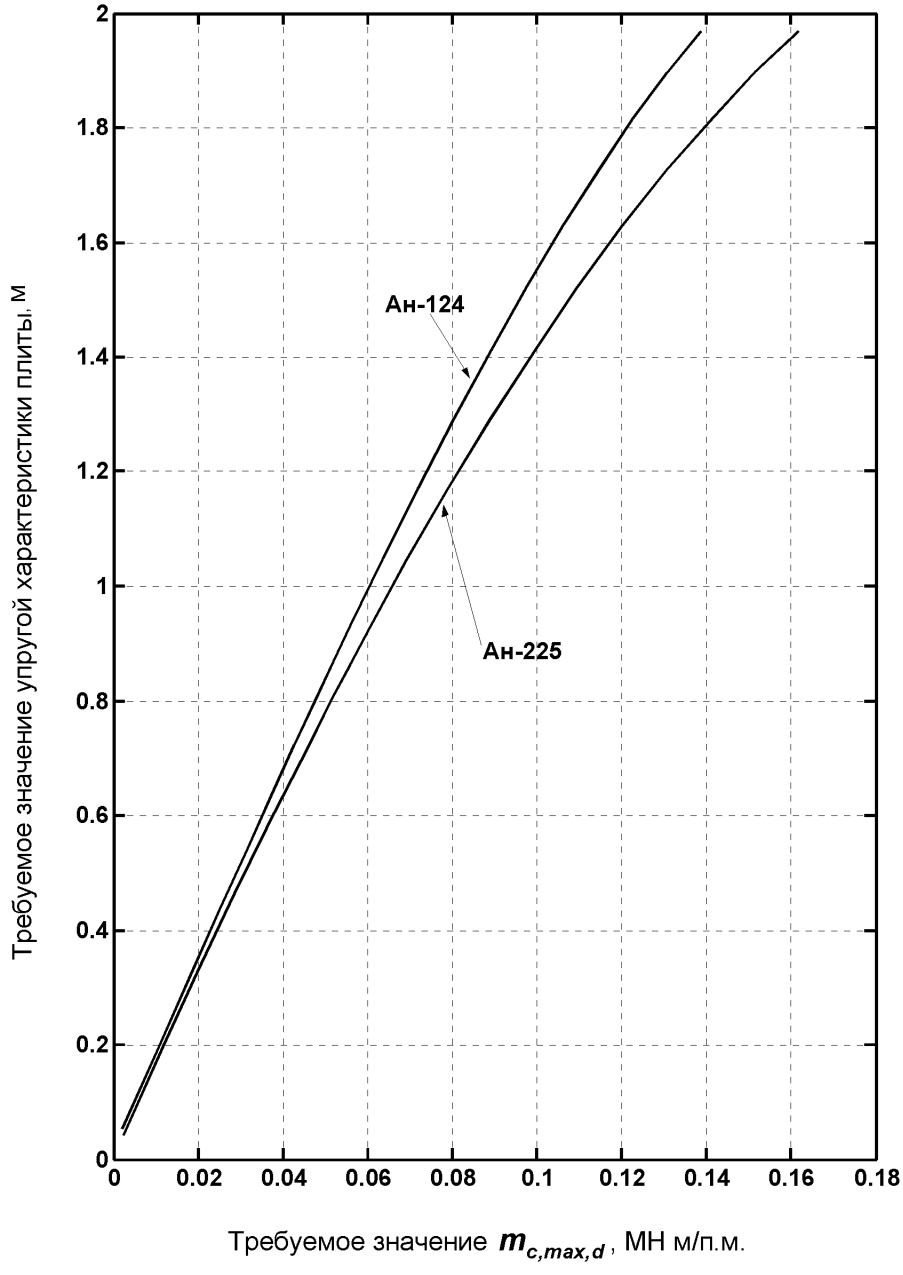


Рисунок 19 - Номограмма для определения l_d для отечественных самолетов

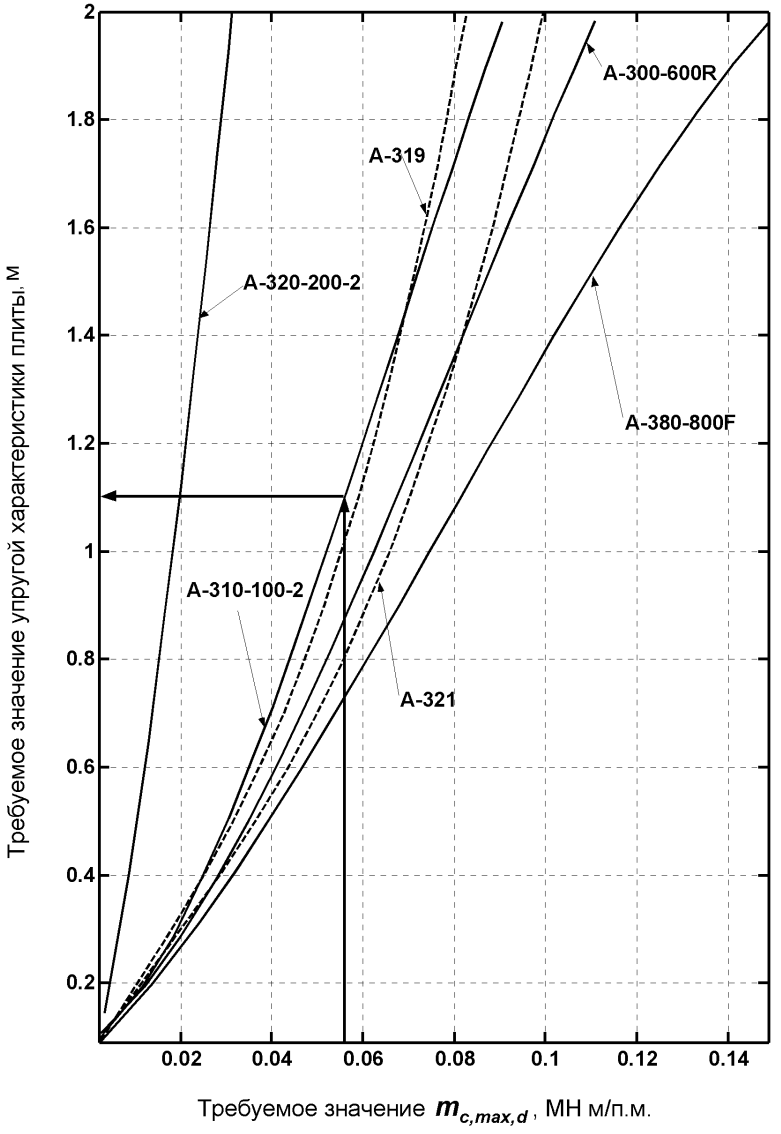


Рисунок 20 - Номограмма для определения l_d для зарубежных самолетов

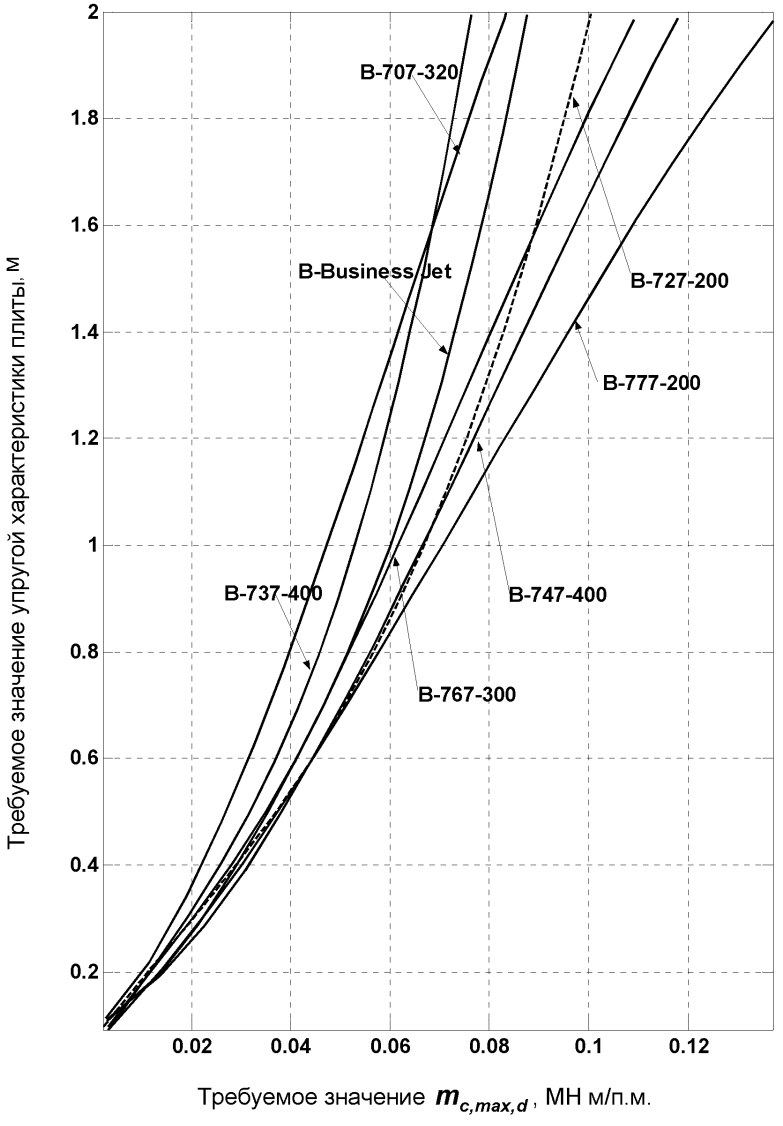


Рисунок 21 - Номограмма для определения l_d для зарубежных самолетов

По номограмме рисунка 22 определяется отношение $\frac{D_r}{t_f}$ в зависимости от отношений:

$$\frac{E_c}{E_d} = \frac{E_c}{1.8 \cdot l_d \cdot k_{sd}} \text{ и } \frac{E_c}{E_0} = \frac{E_c}{1.8 \cdot l \cdot k_{se}}.$$

Вычисляется условный диаметр круга передачи нагрузки от плиты покрытия к искусственному основанию D_r:

$$D_r = 2.5 \cdot l_d \cdot k_\alpha,$$

где k_α - коэффициент, определяемый в зависимости от отношения радиуса R_e круга, равновеликого площади отпечатка колеса опоры воздушного судна к упругой характеристике плиты l_d по таблице 40.

Таблица 40 – Значение коэффициента k_α

$\frac{R_e}{l_d}$	k_α	$\frac{R_e}{l_d}$	k_α
0,1	1,042	0,6	1,300
0,2	1,095	0,7	1,363
0,3	1,140	0,8	1,430
0,4	1,190	0,9	1,500
0,5	1,240	1,0	1,580

Толщина искусственного укрепленного основания t_f, при которой достигается равенство предельного и расчетного изгибающих моментов определяется по формуле:

$$t_f = D_r \Big/ \frac{D_r}{t_f}.$$

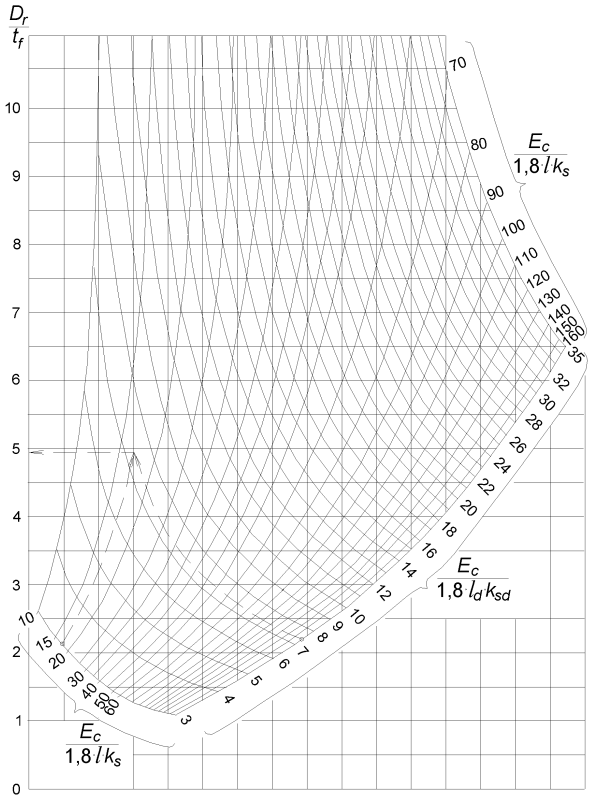


Рисунок 22 - Номограмма для определения отношения $\frac{D_r}{t_f}$

При расчете по предельному состоянию (31) ширина раскрытия трещин в расчетном сечении железобетонной плиты определяется по формуле (36):

$$a_{crc} = 1000 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot a_c, \tag{36}$$

где σ_s - величина напряжения в растянутой арматуре, МПа:

$$\sigma_s = \frac{m_d}{A_s\left(t_0 - \frac{x}{3}\right)}, \tag{37}$$

где a_c - расстояние между трещинами, м:

m_d - расчетный момент в рассматриваемом сечении при параметрах $K_{se} = K_{sd}$, $l = l_d$, $k_N = 1.0$ и $\psi_b = 1.0$;

x - высота сжатой зоны сечения, рассчитанная при $\psi_b = 1.0$;

$$a_c = k_c \cdot \frac{A_s}{U_s} \cdot \frac{E_s}{E_b} \cdot \eta_1 = k_c \cdot \frac{d}{4} \cdot \frac{E_s}{E_b} \cdot \eta_1, \tag{38}$$

где U_s - периметр сечения арматуры, приходящейся на единицу ширины сечения плиты, м;

η_1 - коэффициент, принимаемый равным: для стержневой арматуры периодического профиля – 0.7; для сварных сеток из холоднодеформируемой проволоки – 1.25;

k_c - коэффициент, определяемый по формуле:

$$k_c = \frac{t^2 \cdot E_b}{3.5 \cdot A_s \cdot \left(t_0 - \frac{x}{3}\right) \cdot E_s} - 2. \tag{39}$$

Расчет арматурных сеток каркасов надлежит выполнять по формуле (29) при этом значения зон и процентов армирования назначаются по данным таблицы 31 и рисунка 8.

8. Расчет на морозоустойчивость монолитных армированных цементобетонных покрытий дорог и аэродромов на укрепленных основаниях

Расчетные значения вертикальных деформаций равномерного пучения основания S_f в период эксплуатации покрытия не должны превышать предельных значений S_u:

$$S_f \le S_u, \quad (40)$$

где S_f - равномерная деформация пучения поверхности грунтового основания;

S_u - предельное значение вертикальной деформации пучения, принимаемое по таблице 41.

Таблица 41 - Предельное значение вертикальной деформации пучения

Тип покрытия	Предельные значения вертикальных деформаций основания S_u, м
Армобетонные и железобетонные покрытия автомобильных дорог	0.04
Армобетонные и железобетонные покрытия взлетно-посадочных полос аэродромов	0.02
Армобетонные и железобетонные покрытия магистральных рулежных дорожек аэродромов	0.03
Армобетонные и железобетонные покрытия рулежных дорожек, перронов, мест стоянок и др.	0.04

Для выполнения условия (40) следует предусматривать:

- понижение уровня подземных вод;

- устройство в основании стабильного слоя из непучинистых материалов с применением в отдельных случаях теплоизолирую-

щих материалов для уменьшения глубины промерзания пучинистого грунта;

- мероприятия по уменьшению пучинистости грунтов основания путем обработки их на расчетную глубину солями (NaCl, CaCl2, MgCl2 и др.), понижающими температуру замерзания, органическими и минеральными вяжущими, а также путем электрохимической обработки.

Возвышение поверхности покрытия над расчетным уровнем подземных вод должно быть не менее установленного в таблице 42.

Таблица 42 - Минимальное возвышение поверхности покрытия, м, над уровнем подземных вод в дорожно-климатических зонах

Грунт основания (насыпи)	Минимальное возвышение поверхности покрытия, м, над уровнем подземных вод в дорожно-климатических зонах			
	II	III	IV	V
Песок средней крупности	1.1	0.9	0.8	0.7
Песок мелкий, супесь	1.6	1.2	1.1	1.0
Глина, суглинок, песок и супесь пылеватые	2.3	1.8	1.5	1.3

В случае, когда выполнение настоящих требований технико-экономически нецелесообразно, в грунтовом основании, сооружаемом во II и III дорожно-климатических зонах, следует устраивать капилляропрерывающие, а в IV и V дорожно-климатических зонах - гидроизолирующие прослойки, верх которых должен располагаться на расстоянии от поверхности покрытия не менее 0.9 м для II и III зон и 0.75 м - для IV и V зон. Низ прослоек должен отстоять от горизонта подземных вод не менее чем на 0.2 м.

Значение деформации пучения основания S_f, м, согласно расчетной схеме рисунка 23, следует определять по формуле (41):

$$S_f = H_1 m_{z1} k_{f1} + \sum_{i=2}^{n} H_i m_{zi} (k_{fi} - k_{f(i-1)}), \quad (41)$$

где H_i - высота промерзающего слоя основания за вычетом слоев, лежащих выше i-го слоя, м;

m_{zi} - коэффициент, учитывающий снижение интенсивности пучения по глубине и определяемый по графику рисунка 24 в зависимости от отношения $\frac{H_i}{H_f}$;

H_f - высота промороженной толщи покрытия и основания, м;

k_{fi} - коэффициент морозного пучения i-го слоя, принимаемый по таблице 43.

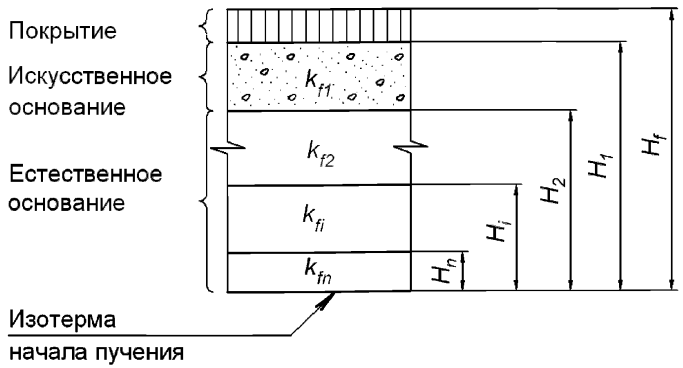


Рисунок 23 - Расчетная схема к определению k_f

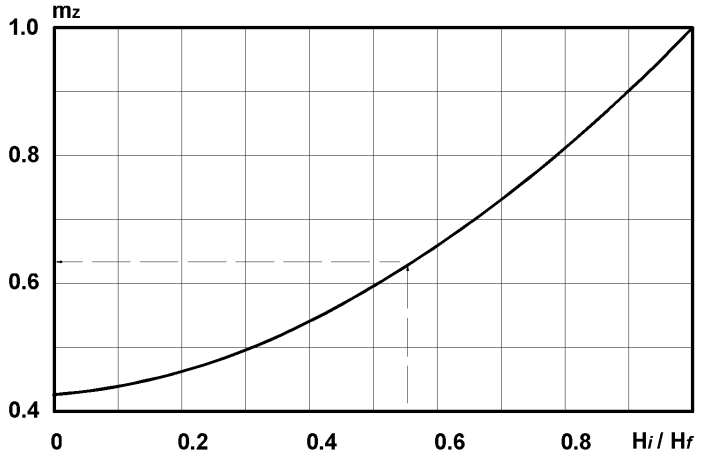


Рисунок 24 - График для определения m_z

Таблица 43 – Значения коэффициента морозного пучения

Тип грунта	Коэффициент морозного пучения k_f при типе гидрогеологических условий		
	1	2	3
Пески:			
гравелистые	0	0	0.01
крупные	0	0.01	0.02
средней крупности	0	0.01	0.03
мелкие с содержание частиц, размером менее 0.05 мм, %:			
до 2	0	0.01	0.03
св. 2 до 15	0.01	0.02	0.04
пылеватые	0.02	0.05	0.10

продолжение таблицы 43

Тип грунта	Коэффициент морозного пучения k_f при типе гидрогеологических условий		
	1	2	3
Супеси:			
с содержанием песчаных частиц, размером от 0.25 до 0.05 мм, %:			
20 и менее	0.01	0.03	0.10
св. 20	0.03	0.05	0.12
пылеватые	0.04	0.08	0.20
Суглинки:			
с содержанием глинистых частиц, %:			
от 10 до 20	0.02	0.04	0.12
св. 20 до 30	0.03	0.05	0.14
пылеватые	0.04	0.06	0.20
Глина	0.03	0.05	0.10

Приложение А

Примеры расчета монолитных армированных цементобетонных покрытий дорог и аэродромов на укрепленных основаниях

А.1 Пример расчета однослойного армобетонного покрытия автомобильной дороги на укрепленном основании на нормативную нагрузку

Исходные данные к расчету:

- расчетная нагрузка – АК;

- категория автомобильной дороги I А;

- характеристика района проектирования: II ДКЗ, 50^0 С.Ш., тип гидрогеологических условий – 1, грунт естественного основания – суглинок с $K_s = 50\ МН/м^3$.

Конструирование.

На основании опыта проектирования подобных конструкций принимаем следующий конструктивный вариант армобетонного покрытия на укрепленном основании:

Армобетонное покрытие: $B_{tb} = 4.0; E_b = 3.24 \cdot 10^4\ МПа; R_{tb} = 3.43\ МПа;\ t = 0.19\ м$ (без стыковых соединений по контуру)
Искусственное основание из пескоцемента: $E = 2900\ МПа;\ t_f = 0.22\ м$
Основание из песчано-гравийной смеси: $K_{s1} = 280\ \frac{МН}{м^3};\ t_1 = 0.35\ м$
Естественное суглинистое основание: $K_s = 50\ \frac{МН}{м^3}$

Расчет принятого варианта конструкции покрытия на прочность:

1. Определение расчетных коэффициентов:

- переходный $k = 1.5$;

- учитывающий число приложений колесных нагрузок $K_u = 1.0$;

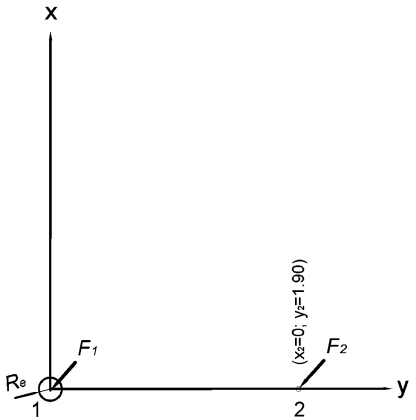


Рисунок А.1 - Расчетная схема приложения нагрузки: движение вдоль оси X

2. Расчет эквивалентного коэффициента постели:

$$K_{se} = \frac{K_{s_1} + K_{s_2}\alpha_2 + K_{s_3}\alpha_3}{1 + \alpha_2 + \alpha_3} = 80.3705 \frac{МН}{м^3};$$

$$\alpha_3 = \frac{0.5[1.6Dr - (t_1 + t_2)]^2}{t_1(1.6Dr - 0.5t_1)} = 6.5731;$$

$D_r = 3.2$ м, $t_2 = 0$, $\alpha_2 = 0$.

3. Определение расчетного изгибающего момента:

- жесткость армобетонной плиты

$$B = 0.085 \cdot E_b \cdot t^3 = 18.8897 \frac{МН \cdot м^2}{п.м.};$$

- жесткость укрепляемого основания

$$B_f = 0.085 \cdot E_f \cdot {t_f}^3 = 2.6247 \frac{МН \cdot м^2}{п.м.};$$

- суммарная жесткость

$$B + B_f = 21.5144 \frac{МН \cdot м^2}{п.м.};$$

- упругая характеристика плиты:

$$l = \sqrt[4]{\frac{B + B_f}{K_{se}}} = 0.7193 \ м;$$

- динамическая нагрузка от одного колеса:

$$F_d = 0.07475 \ МН;$$

- давление в шине:

$$p_a = 0.6 \ МПа;$$

- радиус круга, равновеликого площади отпечатка колеса:

$$R_e = \sqrt{\frac{F_d}{\pi p_a}} = 0.19914 \ м;$$

- параметр α

$$\alpha = \frac{R_e}{l} = 0.27685;$$

- единичный изгибающий момент от действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с расчетным сечением:

$$\overline{m}_1 = 0.17711;$$

- сумма единичных изгибающих моментов, создаваемых действием колес, расположенных за пределами расчетного сечения:

№ колеса	декартовы координаты		приведенные координаты		единичные изгибающие моменты	
	y_i	x_i	$\xi_i = y_i/l$	$\eta_i = x_i/l$	$\overline{m}_{xi}$	$\overline{m}_{yi}$
2	1.90	0	2.641	0	-0.0179	0.0047
сумма единичных изгибающих моментов					-	0.0047
максимальное значение суммы $\sum_{2}^{4} \overline{m}_{x(y)i}$					0.0047	

- максимальный изгибающий момент при центральном загружении плиты:

$$m_{c,max} = F_d \cdot \left(\overline{m}_1 + max\left(\sum_{i=2}^{2} \overline{m}_{x_i}, \sum_{i=2}^{2} \overline{m}_{y_i} \right) \right) = 0.01359 \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

- коэффициент ρ, при $\gamma_b = 7.1968$ и $\theta_0 = 0.552$:

$\rho = 1 - 0.167 \cdot \theta_0 = 0.9078$;

- расчетное значение изгибающего момента

$$m_d = \frac{B}{B + B_f} m_{c,max} k\, \rho = 0.01625 \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

4. Определение предельного изгибающего момента:

$$m_u = \gamma_c R_{tb} \frac{t^2}{6} K_u = 0.01651 \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

3. Определение процента недонапряжения:

$$\varepsilon = \frac{m_u - m_d}{m_u} \cdot 100\% = 1.58 \le 5\%.$$

Заключение: прочность конструкции покрытия обеспечена.

Расчет принятого варианта конструкции покрытия на морозоустойчивость при высоте промороженной толщи $H_f = 1.4$ м.

1. Определение расчетных коэффициентов:

- пучения для грунтов естественного основания $k_f = 0.03$, для остальных материалов покрытия и основания $k_{f1} = 0$;

- учитывающий интенсивность снижения пучения по глубине

$$\frac{H_1}{H_f} = \frac{1.4 - 0.19 - 0.22 - 0.35}{1.4} = 0.457;$$

$m_{z1} = 0.57$.

2. Определение расчетного значения деформации пучения основания

$S_f = H_1 m_{z1} k_{f1} = (1.4 - 0.19 - 0.22 - 0.35) \cdot 0.57 \cdot 0.03 = 0.011$ м.

Заключение: морозоустойчивость конструкции покрытия обеспечена, так как $S_f = 0.011 \le S_u = 0.02$.

Расчет арматурной сетки для принятого варианта покрытия.

1. Исходные данные к расчету:

- процент продольного армирования $\mu_a = 0.10\%$;

- тип арматуры: стержневая горячекатаная периодического профиля А300 (А-II), $E_s = 2 \cdot 10^5$ МПа, $R_s = 270$ МПа, номинальный диаметр стержня $d = 8$ мм, площадь сечения одного стержня $A_1 = 5.026 \cdot 10^{-5}$ м^2;

- площадь поперечного сечения плиты армобетонного покрытия при ширине зоны армирования $B_s = 7.5 - 2 \cdot 0.05 = 7.4$ м:

$$A_b = t \cdot B_s = 0.19 \cdot 7.4 = 1.406 \text{ м}^2;$$

- площадь всех стержней продольной арматуры на плиту:

$$A_{sp} = \frac{\mu_a \cdot A_b}{100} = 1.406 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

- количество стержней продольной арматуры:

$$n = \frac{A_{sp}}{A_1} = 27.97 \approx 28;$$

- расстояние между продольными стержнями:

$$l_s = \frac{B_s}{n-1} = 0.27 \text{ м};$$

- расстояние между поперечными стержнями конструктивное – 0.4 м.

Принимается сетка из арматурной стали класса А300 (А-II) с диаметром стержней 8 мм и с ячейкой 0.27х0.40 м.

А.2 Пример расчета однослойного армобетонного покрытия автомобильной дороги на укрепленном основании.

Исходные данные к расчету:

- расчетная нагрузка – седельный тягач Iveco-Eurotrakker MP720E42TH;

- категория автомобильной дороги I А;

- характеристика района проектирования: II ДК3, 50^0 С.Ш., тип гидрогеологических условий – 1, грунт естественного основания – суглинок с $K_s = 50 \text{ МН/м}^3$.

Конструирование.

На основании опыта проектирования подобных конструкций принимаем следующий конструктивный вариант армобетонного покрытия на укрепленном основании:

Армобетонное покрытие: $B_{tb} = 4.0; E_b = 3.24 \cdot 10^4$ МПа; $R_{tb} = 3.43$ МПа; $t = 0.23$ м (без стыковых соединений по контуру)
Искусственное основание из пескоцемента: $E = 2900$ МПа; $t_f = 0.25$ м
Основание из песчано-гравийной смеси: $K_{s1} = 280 \frac{МН}{м^3}; t_1 = 0.35$ м
Естественное суглинистое основание: $K_s = 50 \frac{МН}{м^3}$

Расчет принятого варианта конструкции покрытия на прочность:

1. Определение расчетных коэффициентов:

- переходный $k = 1.5$;

- учитывающий число приложений колесных нагрузок $K_u = 1.0$;

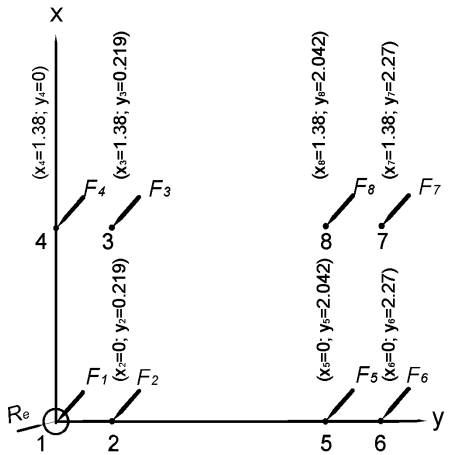


Рисунок А.2 - Расчетная схема приложения нагрузки: движение вдоль оси X

2. Расчет эквивалентного коэффициента постели:

$$K_{se} = \frac{K_{s_1} + K_{s_2}\alpha_2 + K_{s_3}\alpha_3}{1 + \alpha_2 + \alpha_3} = 80.3705 \frac{МН}{м^3};$$

$$\alpha_3 = \frac{0.5[1.6Dr - (t_1 + t_2)]^2}{t_1(1.6Dr - 0.5t_1)} = 6.5731;$$

$D_r = 3.2$ м, $t_2 = 0$, $\alpha_2 = 0$.

3. Определение расчетного изгибающего момента:

- жесткость армобетонной плиты

$$B = 0.085 \cdot E_b \cdot t^3 = 33.5079 \frac{МН \cdot м^2}{п.м.};$$

- жесткость укрепляемого основания

$$B_f = 0.085 \cdot E_f \cdot t_f^{\,3} = 3.8516 \frac{МН \cdot м^2}{п.м.};$$

- суммарная жесткость

$$B + B_f = 37.3595 \frac{МН \cdot м^2}{п.м.};$$

- упругая характеристика плиты

$$l = \sqrt[4]{\frac{B + B_f}{K_{se}}} = 0.8257 \text{ м};$$

- динамическая нагрузка от одного колеса

$$F_d = 0.04781 \text{ МН};$$

- давление в шине:

$$p_a = 0.85 \text{ МПа};$$

- радиус круга, равновеликого площади отпечатка колеса

$$R_e = \sqrt{\frac{F_d}{\pi p_a}} = 0.13381 \text{ м};$$

- параметр α

$$\alpha = \frac{R_e}{l} = 0.1338;$$

- единичный изгибающий момент от действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с расчетным сечением

$\overline{m}_1 = 0.16205$;

- единичный изгибающий момент от действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с расчетным сечением

- сумма единичных изгибающих моментов, создаваемых действием колес, расположенных за пределами расчетного сечения;

№ колеса	декартовы координаты		приведенные координаты		единичные изгибающие моменты	
	y_i	x_i	$\xi_i = y_i/l$	$\eta_i = x_i/l$	$\overline{m}_{xi}$	$\overline{m}_{yi}$
2	0.219	0	0.2652	0	0.1025	0.1679
3	0.219	1.38	0.2652	1.6713	0.0201	-0.0191
4	0	1.38	0	1.6713	0.0217	-0.0199
5	2.042	0	2.4730	0	-0.0192	0.0063
6	2.261	0	2.7383	0	-0.0171	0.0039
7	2.261	1.38	2.7383	1.6713	-0.0090	-0.0025
8	2.042	1.38	2.4730	1.6713	-0.0095	-0.0030
сумма единичных изгибающих моментов					0.1443	0.1781
максимальное значение суммы $\sum_{2}^{4} \overline{m}_{x(y)i}$					0.1781	

- максимальный изгибающий момент при центральном загружении плиты:

$$m_{c,max} = F_d \cdot \left(\overline{m}_1 + max\left(\sum_{i=2}^{8} \overline{m}_{x_i}, \sum_{i=2}^{8} \overline{m}_{y_i} \right) \right) = 0.019343 \ \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

- коэффициент ρ, при $\gamma_b = 8.6998$ и $\theta_0 = 0.507$

$\rho = 1 - 0.167 \cdot \theta_0 = 0.915$;

- расчетное значение изгибающего момента

$$m_d = \frac{B}{B + B_f} m_{c,max} k \ \rho = 0.02382 \ \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

4. Определение предельного изгибающего момента:

$$m_u = \gamma_c R_{tb} \frac{t^2}{6} K_u = 0.02419 \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

3. Определение процента недонапряжения:

$$\varepsilon = \frac{m_u - m_d}{m_u} \cdot 100\% = 1.53 \le 5\%.$$

Заключение: прочность конструкции покрытия обеспечена.

Расчет принятого варианта конструкции покрытия на морозоустойчивость при высоте промороженной толщи $H_f = 1.4$ м:

1. Определение расчетных коэффициентов:

- пучения для грунтов естественного основания $k_f = 0.03$, для остальных материалов покрытия и основания $k_{f1} = 0$;

- учитывающий интенсивность снижения пучения по глубине

$$\frac{H_1}{H_f} = \frac{1.4 - 0.23 - 0.25 - 0.35}{1.4} = 0.57;$$

$m_{z1} = 0.63$.

2. Определение расчетного значения деформации пучения основания

$$S_f = H_1 m_{z1} k_{f1} = (1.4 - 0.23 - 0.25 - 0.35) \cdot 0.63 \cdot 0.03 = 0.011 \text{ м}.$$

Заключение: морозоустойчивость конструкции покрытия обеспечена, так как $S_f = 0.011 \le S_u = 0.02$.

Расчет арматурной сетки для принятого варианта покрытия.

1. Исходные данные к расчету:

- процент продольного армирования $\mu_a = 0.10\%$;

- тип арматуры: стержневая горячекатаная периодического профиля А300 (А-II), $E_s = 2 \cdot 10^5$ МПа, $R_s = 270$ МПа, номинальный диаметр стержня $d = 8$ мм, площадь сечения одного стержня $A_1 = 5.026 \cdot 10^{-5}$ м^2;

- площадь поперечного сечения плиты армобетонного покрытия при ширине зоны армирования $B_s = 7.5 - 2 \cdot 0.05 = 7.4$ м:

$$A_b = t \cdot B_s = 0.23 \cdot 7.4 = 1.702 \text{ м}^2;$$

- площадь всех стержней продольной арматуры на плиту:

$$A_{sp} = \frac{\mu_a \cdot A_b}{100} = 1.702 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

- количество стержней продольной арматуры:

$$n = \frac{A_{sp}}{A_1} = 33.86 \approx 34;$$

- расстояние между продольными стержнями:

$$l_s = \frac{B_s}{n-1} = 0.22 \text{ м};$$

- расстояние между поперечными стержнями конструктивное – 0.4 м.

Принимается сетка из арматурной стали класса А300 (А-II) с диаметром стержней 8 мм и с ячейкой 0.22х0.40 м.

А.3 Пример расчета однослойного армобетонного покрытия аэродрома на укрепленном основании

Исходные данные к расчету:

- расчетная нагрузка – I КНН;

- интенсивность движения – 25 опер./сут.;

- характеристика района проектирования: II ДКЗ, 50^0 С.Ш., тип гидрогеологических условий – 1, грунт естественного основания – суглинок с $K_s = 50 \text{ МН/м}^3$, группа участков покрытия А.

Конструирование.

На основании опыта проектирования подобных конструкций принимаем следующий конструктивный вариант армобетонного покрытия на укрепленном основании:

Армобетонное покрытие: $B_{tb} = 4.0; E_b = 3.24 \cdot 10^4$ МПа; $R_{tb} = 3.43$ МПа; $t = 0.32$ м (стыковые соединения по контуру плиты)
Искусственное основание из пескоцемента: $E = 7800$ МПа; $t_f = 0.33$ м
Основание из крупнозернистого песка: $K_{s1} = 160 \frac{МН}{м^3}; t_1 = 0.35$ м
Естественное суглинистое основание: $K_s = 50 \frac{МН}{м^3}$

Расчет принятого варианта конструкции покрытия на прочность:

1. Определение расчетных коэффициентов:

- динамичности $k_d = 1.2$;

- разгрузки $\gamma_f = 1.0$;

- переходный $k = 1.2$;

- учитывающий число приложений колесных нагрузок K_u:

$$U = \sum_{i=1}^{n_j} k_n n_a N_i = 1 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 365 \cdot 20 = 292000,$$

$$k_u = 2 - \frac{lg(U)}{6} = 1.0891;$$

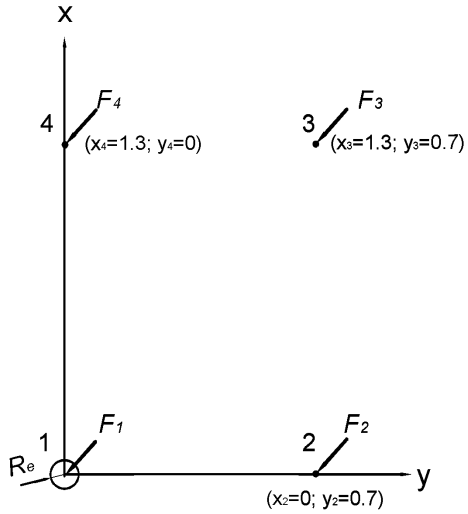


Рисунок А.3 - Расчетная схема приложения нагрузки: движение вдоль оси X

2. Расчет эквивалентного коэффициента постели:

$$K_{se} = \frac{K_{s_1} + K_{s_2}\alpha_2 + K_{s_3}\alpha_3}{1 + \alpha_2 + \alpha_3} = 62.9619 \frac{МН}{м^3};$$

$$\alpha_3 = \frac{0.5[1.6Dr - (t_1 + t_2)]^2}{t_1(1.6Dr - 0.5t_1)} = 7.4864;$$

$$D_r = 3.6 \text{ м}, t_2 = 0, \alpha_2 = 0.$$

3. Определение расчетного изгибающего момента:

- жесткость армобетонной плиты

$$B = 0.085 \cdot E_b \cdot t^3 = 98.9705 \frac{МН \cdot м^2}{п.м.};$$

- жесткость укрепляемого основания

$$B_f = 0.085 \cdot E_f \cdot {t_f}^3 = 26.0586 \frac{МН \cdot м^2}{п.м.};$$

- суммарная жесткость

$$B + B_f = 125.0291 \frac{МН \cdot м^2}{п.м.}$$

- упругая характеристика плиты

$$l = \sqrt[4]{\frac{B + B_f}{K_{se}}} = 1.1871 \ м;$$

- динамическая нагрузка от одного колеса

$$F_d = \frac{F}{\sum_{i=1}^{N_o} \sum_{j=1}^{N_k} n_{kj}} K_o \, k_d \, \gamma_f = \frac{0.7}{4} \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 1 = 0.2100 \ МН;$$

- радиус круга, равновеликого площади отпечатка колеса

$$R_e = \sqrt{\frac{F_d}{\pi \, p_a}} = 0.2585 \ м;$$

- параметр α

$$\alpha = \frac{Re}{l} = 0.2178;$$

- единичный изгибающий момент от действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с расчетным сечением:

$$\overline{m}_1 = 0.1991;$$

- сумма единичных изгибающих моментов, создаваемых действием колес, расположенных за пределами расчетного сечения:

№ колеса	декартовы координаты		приведенные координаты		единичные изгибающие моменты	
	y_i	x_i	$\xi_i = y_i/l$	$\eta_i = x_i/l$	$\overline{m}_{xi}$	$\overline{m}_{yi}$
2	0.7	0	0.5897	0	0.0347	0.0968
3	0.7	1.3	0.5897	1.0951	0.0277	-0.0002
4	0	1.3	0	1.0951	0.0478	-0.00585
сумма единичных изгибающих моментов					0.1102	0.0968
максимальное значение суммы $\sum_{2}^{4} \overline{m}_{x(y)i}$					0.1102	

- максимальный изгибающий момент при центральном загружении плиты

$$m_{c,max} = F_d \cdot \left(\overline{m}_1 + max\left(\sum_{i=2}^{4} \overline{m}_{x_i}, \sum_{i=2}^{4} \overline{m}_{y_i} \right) \right) = 0.064945 \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

- коэффициент ρ, при $\gamma_b = 3.798$ и $\theta_0 = 0.762$

$$\rho = 1 - 0.167 \cdot \theta_0 = 0.8727$$

- расчетное значение изгибающего момента

$$m_d = \frac{B}{B + B_f} m_{c,max} k \rho = 0.05384 \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

4. Определение предельного изгибающего момента:

$$m_u = \gamma_c R_{tb} \frac{t^2}{6} K_u = 0.05424 \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

3. Определение процента недонапряжения:

$$\varepsilon = \frac{m_u - m_d}{m_u} \cdot 100\% = 0.7 \le 5\%.$$

Заключение: прочность конструкции покрытия обеспечена.

Расчет принятого варианта конструкции покрытия на морозоустойчивость при высоте промороженной толщи $H_f = 1.4$ м.

1. Определение расчетных коэффициентов:

- пучения для грунтов естественного основания $k_f = 0.03$, для остальных материалов покрытия и основания $k_{f1} = 0$;

- учитывающий интенсивность снижения пучения по глубине

$$\frac{H_1}{H_f} = \frac{1.4 - 0.32 - 0.33 - 0.35}{1.4} = 0.29;$$

$$m_{z1} = 0.5.$$

2. Определение расчетного значения деформации пучения основания

$$S_f = H_1 m_{z1} k_{f1} = (1.4 - 0.32 - 0.33 - 0.35) \cdot 0.50 \cdot 0.03 = 0.006 \text{ м}.$$

Заключение: морозоустойчивость конструкции покрытия обеспечена, так как $S_f = 0.006 \le S_u = 0.02$.

Расчет арматурной сетки для принятого варианта покрытия.

1. Исходные данные к расчету:

- процент продольного армирования $\mu_a = 0.15\%$;

- тип арматуры: стержневая горячекатаная периодического профиля А300 (А-II), $E_s = 2 \cdot 10^5$ МПа, $R_s = 270$ МПа, номинальный диаметр стержня $d = 14$ мм, площадь сечения одного стержня $A_1 = 1.539 \cdot 10^{-4}$ м^2;

- площадь поперечного сечения плиты армобетонного покрытия при ширине зоны армирования $B_s = 7.5 - 2 \cdot 0.05 = 7.4$ м:

$$A_b = t \cdot B_s = 0.32 \cdot 7.4 = 2.368 \text{ м}^2;$$

- площадь всех стержней продольной арматуры плиты:

$$A_{sp} = \frac{\mu_a \cdot A_b}{100} = 3.552 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

- количество стержней продольной арматуры:

$$n = \frac{A_{sp}}{A_1} = 21.65 \approx 22;$$

- расстояние между продольными стержнями:

$$l_s = \frac{B_s}{n-1} = 0.34 \text{ м}$$

- расстояние между поперечными стержнями конструктивное – 0.4 м.

Принимается сетка из арматурной стали класса А300 (А-II) с диаметром стержней 14 мм и с ячейкой 0.34х0.40 м.

А.4 Пример расчета однослойного монолитного железобетонного покрытия аэродрома на укрепленном основании.

Исходные данные к расчету:

- расчетная нагрузка – I КНН;

- характеристика района проектирования: II ДКЗ, 50^0 С.Ш., тип гидрогеологических условий – 1, грунт естественного основания – суглинок с $K_s = 50\ МН/м^3$, группа участков покрытия А.

Конструирование.

На основании опыта проектирования подобных конструкций принимаем следующий конструктивный вариант железобетонного покрытия на укрепленном основании:

Железобетонное покрытие: $B_{tb} = 4.0; E_b = 3.24 \cdot 10^4\ МПа; R_{tb} = 3.43\ МПа;\ t = 0.24\ м$ Арматура: $A400, d = 14\ мм, E_s = 2 \cdot 10^5\ МПа, R_s = 355\ МПа, \mu_a = 0.35\%$ $\mu = 3.5 \cdot 10^{-3}$ (стыковые соединения отсутствуют)
Искусственное основание из пескоцемента: $E = 2900\ МПа;\ t_f = по\ расчету$
Основание из крупнозернистого песка: $K_{s1} = 160 \frac{МН}{м^3}; t_1 = 0.35\ м$
Естественное суглинистое основание: $K_s = 50 \frac{МН}{м^3}$

Расчет принятого варианта конструкции покрытия на прочность.

1. Определение расчетных коэффициентов:

- динамичности $k_d = 1.2$;

- разгрузки $\gamma_f = 1.0$;

- переходный $k = 1.15$;

- условий работы $\gamma_c = 1.0$;

- учета накопления остаточных прогибов в основании при расчете варианта без укрепленного основания $K_N = 1.10$:

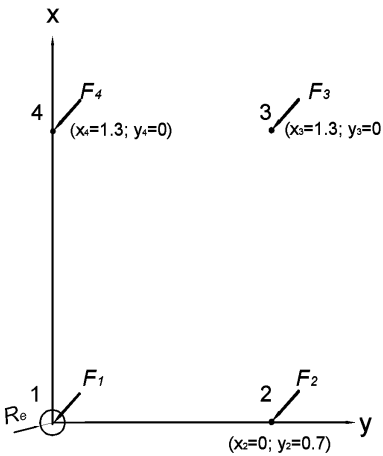


Рисунок А.7 - Расчетная схема приложения нагрузки: движение вдоль оси X

2. Расчет эквивалентного коэффициента постели:

$$K_{se} = \frac{K_{s_1} + K_{s_2}\alpha_2 + K_{s_3}\alpha_3}{1 + \alpha_2 + \alpha_3} = 62.9619 \ \frac{МН}{м^3};$$

$$\alpha_3 = \frac{0.5[1.6Dr - (t_1 + t_2)]^2}{t_1(1.6Dr - 0.5t_1)} = 7.4864;$$

$$D_r = 3.6, t_2 = 0, \alpha_2 = 0.$$

3. Определение расчетного изгибающего момента:

- рабочая высота сечения:

$$t_0 = t - t_{pr} - \frac{d}{2} = 0.24 - 0.03 - \frac{14 \cdot 10^{-3}}{2} = 0.2030 \ м;$$

- площадь сечения растянутой арматуры на единицу ширины плиты:

$$A_s = \mu \cdot t_0 = 3.5 \cdot 10^{-3} \cdot 0.2030 = 0.0007105 \frac{м^2}{п.м.};$$

- шаг арматуры, параллельной рассматриваемому сечению:

$$l_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot A_s} = \frac{\pi \cdot (14 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 0.0007105} = 0.21666 \text{ м};$$

- коэффициент, учитывающий неравномерность распределения деформаций крайнего волокна сжатой зоны сечения на участке между трещинами:

$$\psi_c = 0.62112, \text{ при } \frac{l_s}{t} = \frac{0.21666}{0.24} = 0.90275;$$

- параметр θ_0:

$$\theta_0 = \frac{E_s}{E_b} \cdot \frac{\psi_c}{\psi_b} \cdot \mu = \frac{2 \cdot 10^4}{3.24 \cdot 10^4} \cdot \frac{0.62112}{0.2} \cdot 3.5 \cdot 10^{-3} = 0.067096;$$

- высота сжатой зоны сечения:

$$x = \left(-\theta_0 + \sqrt{\theta_0^2 + 2 \cdot \theta_0} \right) \cdot t_0 = 0.06198 \text{ м};$$

- жесткость покрытия:

$$B = \frac{E_s \cdot A_s}{\psi_b} \cdot \left(t_0 - \frac{x}{3} \right) (t_0 - x) =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 0.0007105}{0.2} \left(0.2030 - \frac{0.06198}{3} \right) (0.2030 - 0.06198) =$$

$$= 18.2695 \frac{\text{МН} \cdot \text{м}^2}{\text{п.м.}};$$

- упругая характеристика плиты:

$$l = \sqrt[4]{\frac{B}{K_{se}}} = \sqrt[4]{\frac{18.2695}{62.9619}} = 0.7339 \text{ м};$$

- расчетная нагрузка на колесо:

$$F_d = \frac{F}{\sum_{i=1}^{N_o} \sum_{j=1}^{N_k} n_{kj}} K_o \, k_d \, \gamma_f = \frac{0.7}{4} \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 1 = 0.21 \text{ МН};$$

- радиус круга, равновеликого площади отпечатка колеса:

$$R_e = \sqrt{\frac{F_d}{\pi \, p_a}} = 0.2585 \text{ м};$$

- параметр α

$$\alpha = \frac{R_e}{l} = \frac{0.2585}{0.7339} = 0.3523;$$

- единичный изгибающий момент от действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с расчетным сечением:

$$\overline{m}_1 = 0.15516;$$

- сумма единичных изгибающих моментов, создаваемых действием колес, расположенных за пределами расчетного сечения:

№ колеса	декартовы координаты		приведенные координаты		единичные изгибающие моменты	
	y_i	x_i	$\xi_i = y_i/l$	$\eta_i = x_i/l$	$\overline{m}_{xi}$	$\overline{m}_{yi}$
2	0.7	0	0.9537	0	0.00157	0.05787
3	0.7	1.3	0.9537	1.7712	0.00550	-0.01346
4	0	1.3	0	1.7712	0.01882	-0.02064
сумма единичных изгибающих моментов					0.02589	0.05787
максимальное значение суммы $\sum_{2}^{4} \overline{m}_{x(y)i}$					0.05787	

- максимальный изгибающий момент при центральном загружении плиты

$$m_{c,max} = F_d \cdot \left(\overline{m}_1 + max\left(\sum_{i=2}^{4} \overline{m}_{x_i}, \sum_{i=2}^{4} \overline{m}_{y_i} \right) \right) = 0.044737 \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

- расчетное значение изгибающего момента:

$$m_d = m_{c,max} \cdot k \cdot k_N = 0.044737 \cdot 1.15 \cdot 1.1 = 0.05659 \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

4. Определение предельного изгибающего момента.

Значение предельного изгибающего момента m_u будет равно:

$$m_u = \gamma_c \cdot A_s \cdot R_s \cdot \left(t_0 - \frac{x}{3} \right) = 1.0 \cdot 0.0007105 \cdot 355 \cdot$$

$$\cdot \left(0.2030 - \frac{0.06198}{3} \right) = 0.04599 \frac{МН \cdot м}{п.м.}.$$

Так как условие требуемой прочности не выполняется необходимо устройство укрепленного основания.

5. Расчет толщины укрепленного основания:

- максимальный изгибающий момент из условия равенства расчетного и предельного изгибающих моментов:

$$m_{c,max,d} = \frac{m_u}{k \cdot k_N} = \frac{0.04599}{1.15 \cdot 1.10} = 0.036357 \ \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

- требуемое значение упругой характеристики плиты l_d, при которых удовлетворяется условие прочности по номограмме $l_d = 0.589 м$;

- требуемое значение коэффициента постели:

$$k_{sd} = \frac{B}{l_d^4} = 152.2626 \ \frac{МН}{м^3};$$

- условный диаметр круга передачи нагрузки от плиты покрытия к искусственному основанию при значениях

$\frac{R_e}{l_d} = 0.43929$ и $K_\alpha = 1.2096$:

$$D_r = 2.5 \cdot l_d \cdot k_\alpha = 2.5 \cdot 0.589 \cdot 1.2096 = 1.7798 м;$$

- требуемая толщина укрепленного основания определяется при значениях:

$$\frac{E_c}{E_d} = \frac{E_c}{1.8 \cdot l_d \cdot k_{sd}} = 17.9783 \text{ и } \frac{E_c}{E_0} = \frac{E_c}{1.8 \cdot l \cdot k_{se}} = 34.8646,$$

по номограмме: $\frac{D_r}{t_f} = 8.2$,

требуемая толщина, удовлетворяющая условию прочности:

$$t_f = \frac{D_r}{\frac{D_r}{t_f}} = 1,7798 / 8.2 = 0,217 м,$$

принимается толщина укрепленного основания $t_f = 0.22$ м.

Расчет принятого варианта конструкции покрытия по ширине раскрытия трещин

1. Определение расчетного изгибающего момента:

- параметр θ_0:

$$\theta_0 = \frac{E_s}{E_b} \cdot \frac{\psi_c}{\psi_b} \cdot \mu = \frac{2 \cdot 10^4}{3.24 \cdot 10^4} \cdot \frac{0.62112}{1.0} \cdot 3.5 \cdot 10^{-3} = 0.013419;$$

- высота сжатой зоны сечения:

$$x = \left(-\theta_0 + \sqrt{\theta_0^2 + 2 \cdot \theta_0} \right) \cdot t_0 =$$

$$= \left(-0.013419 + \sqrt{0.013419^2 + 2 \cdot 0.013419} \right) \cdot 0.2030 = 0.030644 \text{ м};$$

- жесткость покрытия:

$$B = \frac{E_s \cdot A_s}{\psi_b} \cdot \left(t_0 - \frac{x}{3} \right) (t_0 - x) =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 0.0007105}{1.0} \left(0.2030 - \frac{0.030644}{3} \right) (0.2030 - 0.030644) =$$

$$= 4.7217 \ \frac{\text{МН} \cdot \text{м}^2}{\text{п.м.}};$$

-упругая характеристика плиты:

$$l = \sqrt[4]{\frac{B}{K_{sd}}} = \sqrt[4]{\frac{4.7217}{152.2626}} = 0.41964 \text{ м};$$

- параметр α

$$\alpha = \frac{R_e}{l} = \frac{0.2585}{0.41964} = 0.616;$$

- единичный изгибающий момент от действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с расчетным сечением:

$$\overline{m_1} = 0.10545;$$

- сумма единичных изгибающих моментов, создаваемых действием колес, расположенных за пределами расчетного сечения:

№ колеса	декартовы координаты		приведенные координаты		единичные изгибающие моменты	
	y_i	x_i	$\xi_i = y_i/l$	$\eta_i = x_i/l$	$\overline{m}_{xi}$	$\overline{m}_{yi}$
2	0.7	0	1.6681	0	-0.01987	0.02179
3	0.7	1.3	1.6681	3.0979	-0.00190	-0.00776
4	0	1.3	0	3.0979	0.00183	-0.01385
сумма единичных изгибающих моментов					0.00183	0.02179
максимальное значение суммы $\sum_{2}^{4} \overline{m}_{x(y)i}$					0.02179	

- максимальный изгибающий момент при центральном загружении плиты

$$m_{c,max} = F_d \cdot \left(\overline{m}_1 + max\left(\sum_{i=2}^{4} \overline{m}_{x_i}, \sum_{i=2}^{4} \overline{m}_{y_i} \right) \right) = 0.02672 \frac{МН \cdot м}{п.м.};$$

- расчетное значение изгибающего момента:

$$m_d = m_{c,max} \cdot k \cdot k_N = 0.02672 \cdot 1.15 \cdot 1.0 = 0.03073 \frac{МН \cdot м}{п.м.}.$$

2. Величина напряжения в растянутой арматуре:

$$\sigma_s = \frac{m_d}{A_s\left(t_0 - \frac{x}{3}\right)} = \frac{0.03073}{0.0007105\left(0.2030 - \frac{0.030644}{3}\right)} =$$

$$= 224.3425 \ МПа;$$

- значение коэффициента k_c:

$$k_c = \frac{t^2 \cdot E_b}{3.5 \cdot A_s \cdot \left(t_0 - \frac{x}{3}\right) \cdot E_s} - 2 =$$

$$\frac{0.24^2 \cdot 3.24 \cdot 10^4}{3.5 \cdot 0.0007105 \cdot \left(0.2030 - \frac{0.030644}{3}\right) \cdot 2 \cdot 10^4} - 2 = 17.464.$$

3. Расстояние между трещинами:

$$a_c = k_c \cdot \frac{A_s}{U_s} \cdot \frac{E_s}{E_b} \cdot \eta_1 = k_c \cdot \frac{d}{4} \cdot \frac{E_s}{E_b} \cdot \eta_1 =$$

$$= 17.464 \cdot \frac{14 \cdot 10^{-3}}{4} \cdot \frac{2 \cdot 10^4}{3.24 \cdot 10^4} \cdot 0.7 = 0.26412 \text{ м.}$$

4. Расчетное значение ширины раскрытия трещин:

$$a_{crc} = 1000 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot a_c = 1000 \cdot \frac{224.3425}{2 \cdot 10^4} \cdot 0.26412 = 0.296 \text{ мм}.$$

Ширина раскрытия трещин допустима, так как выполняется условие:

$a_{crc} = 0.296 < 0.3$ мм.

Расчет принятого варианта конструкции покрытия на морозоустойчивость при высоте промороженной толщи $H_f = 1.4$ м.

1. Определение расчетных коэффициентов:

- пучения для грунтов естественного основания $k_f = 0.03$, для остальных материалов покрытия и основания $k_{f1} = 0$;

- учитывающий интенсивность снижения пучения по глубине

$$\frac{H_1}{H_f} = \frac{1.4 - 0.24 - 0.22 - 0.35}{1.4} = 0.42;$$

$m_{z1} = 0.56$.

2. Определение расчетного значения деформации пучения основания:

$$S_f = H_1 m_{z1} k_{f1} = (1.4 - 0.24 - 0.22 - 0.35) \cdot 0.56 \cdot 0.03 = 0.01 \text{ м.}$$

Заключение: морозоустойчивость конструкции покрытия обеспечена, так как $S_f = 0.01 \le S_u = 0.02$.

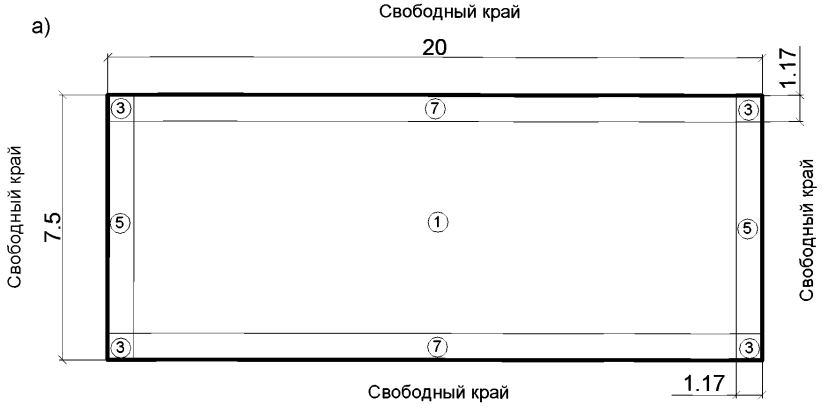
Расчет армирования железобетонного покрытия:

1. Расчет сетки положительных изгибающих моментов (нижней сетки каркаса) при размерах плиты в плане 7.5х20:

- размер краевой зоны: $S = 1.6 \cdot l = 1.6 \cdot 0.73394 = 1.17$ м;

- коэффициент $k_l = 0.88$;

- значения процентов армирования по зонам нижней сетки в соответствии со схемой (рисунок 8а) и таблица 32:



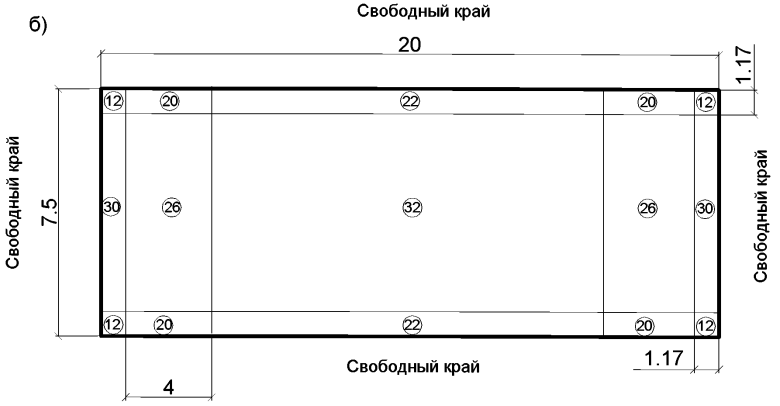
№ зоны сетки	Процент армирования μ_a	
	Продольная арматура	Поперечная арматура
1	$\mu_a = 0.35$	$\mu_a = 0.35$
3	$\mu_a = 2.35 \cdot 0.35 \cdot 0.88 = 0.724$	$\mu_a = 2.35 \cdot 0.35 \cdot 0.88 = 0.724$
5	$\mu_a = 0.35$	$\mu_a = 2.35 \cdot 0.35 \cdot 0.88 = 0.724$
7	$\mu_a = 2.35 \cdot 0.35 \cdot 0.88 = 0.724$	$\mu_a = 0.35$

2. Расчет сетки отрицательных изгибающих моментов (верхней сетки каркаса) при размерах плиты в плане 7.5х20:

- размер краевой зоны: $S = 1.6 \cdot l = 1.6 \cdot 0.73394 = 1.17$ м;

- значения процентов армирования по зонам верхней сетки в соответствии со схемой (рисунок 8б) и таблица 32:

б)



№ зоны сетки	Процент армирования μ_a	
	Продольная арматура	Поперечная арматура
12	$\mu_a = 2.35 \cdot 0.35 = 0.82$	$\mu_a = 2.35 \cdot 0.35 = 0.82$
20	$\mu_a = 2.35 \cdot 0.35 = 0.82$	$\mu_a = 1.13 \cdot 0.35 = 0.40$
22	$\mu_a = 0.83 \cdot 0.35 = 0.29$	$\mu_a = 1.13 \cdot 0.35 = 0.40$
26	$\mu_a = 1.13 \cdot 0.35 = 0.40$	$\mu_a = 1.13 \cdot 0.35 = 0.40$
30	$\mu_a = 1.13 \cdot 0.35 = 0.40$	$\mu_a = 2.35 \cdot 0.35 = 0.82$
32	$\mu_a = 0.39 \cdot 0.35 = 0.14$	$\mu_a = 1.13 \cdot 0.35 = 0.40$

Расстояния между стержнями арматуры верхней и нижней сеток каркаса надлежит определять по каждой зоне следующим образом:

- определение расстояний между стержнями l_s при условии расположения крайних стержней на границах зоны армирования:

$$l_s = \frac{B_s}{n-1}, \quad (26)$$

где B_s - ширина зоны армирования плиты, определяемая как разница между шириной зоны и значением защитного слоя шва м; n - количество стержней арматурной сетки.

Количество стержней арматуры n следует определять по следующей формуле с округлением в большую сторону до целого значения:

$$n = \frac{A_{sp}}{A_1},$$

где A_1 - площадь сечения одного стержня рабочей арматуры, м^2;

A_{sp} - общая площадь стержней рабочей арматуры сетки армобетонного покрытия для выбранной зоны:

$$A_{sp} = \frac{\mu_a \cdot A_b}{100},$$

где μ_a - процент армирования; $A_b = t_0 \cdot B_s$ - площадь поперечного сечения плиты армобетонного покрытия, м^2.

Библиография

[1] Методические рекомендации по проектированию жёстких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91), 2004 г.

[2] СНиП 23-01-99* Строительная климатология.

[3] Пособие к СНиП 2.03.01-84 Проектирование железобетонных сборно-монолитных конструкций.

[4] СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.

[5] СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.

[6] ТУ 218 РСФР 620-90 Смеси бетонные жесткие для строительства цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов.

[7] СНиП 32-03-96 Аэродромы.

[8] СНиП 2.05.08-85 Аэродромы.

[9] Жесткие покрытия аэродромов и автомобильных дорог / Г.И. Глушков, В.Ф. Бабков, В.Е. Тригони и др.; Под ред. Г.И. Глушкова, 1994 г.

УДК_____ ОКС_____

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожная одежда, аэродромное покрытие, армированное цементобетонное покрытие, армобетонное покрытие, железобетонное покрытие, укрепленное основание.

Руководитель организации-разработчика
ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)»

Проректор по научной работе _____ А.М. Иванов

gost.e-ecolog.ru