**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и технической оценки соответствия в строительстве»**

ПОСОБИЕ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Москва 2020

gost.e-ecolog.ru

Содержание

1 Область применения.....1

2 Нормативные ссылки.....1

3 Термины и определения.....3

4 Обозначения.....3

5 Общие положения 7

6 Исходные данные для проектирования 8

7 Требования к материалам аэродромных покрытий.....10

8 Деформационные швы и стыковые соединения 18

9 Повышение трещиностойкости асфальтобетонного слоя усиления существующих покрытий 29

10 Проектирование покрытий на местах стоянок и перронах 36

11 Расчет сборных аэродромных покрытий из плит ПАГ-14, ПАГ-18 и ПАГ-20 под тяжелые нагрузки 37

12 Расчет жестких слоев усиления при реконструкции покрытий аэродромов.....44

13 Расчет расстояний между швами расширения в монолитных жестких покрытиях 51

14 Расчет асфальтобетонного слоя на аэродинамическую устойчивость.....58

15 Расчет аэродромных покрытий на скальном основании 66

16 Расчет приведенной повторности приложения нагрузки 76

17 Конструирование железобетонных покрытий 79

18 Технологии ремонтных работ, предшествующих реконструкции.....79

Приложение А Типовые схемы расчета аэродромных покрытий 87

Приложение Б Разновидности крупнообломочных и песчаных грунтов.....91

Приложение В Характеристики материалов аэродромных покрытий и искусственных оснований 93

Приложение Г Армирование плит железобетонных покрытий.....101

Приложение Д Максимальные контактные давления на основания жестких покрытий 108

Приложение Е Требуемая толщина пескоцементного основания под сборные покрытия из плит ПАГ.....112
Библиография 115

Введение

Настоящее пособие разработано в развитие положений СП 121.13330.2019 «СНиП 32-03-96 Аэродромы» и предназначено для специалистов по проектированию аэродромов, работников аэродромных служб на предприятиях гражданской авиации в целях реализации требований, заложенных в строительных нормах и правилах, и выполнения более грамотного и рационального проектирования аэродромных покрытий.

Основной задачей разработки настоящего пособия является повышение уровня безопасности искусственных покрытий аэродромов, повышение степени их соответствия функциональному назначению, обеспечение снижения энергозатрат, применение единых методов определения эксплуатационных характеристик, учет требований отечественных и международных нормативных документов.

Необходимость разработки настоящего пособия вызвана, прежде всего, изменением условий работы аэродромных конструкций: растет интенсивность движения, увеличивается нагрузка на искусственные покрытия (масса и давление в пневматиках воздушных судов), разрабатываются новые материалы для строительства ремонта и эксплуатации искусственных покрытий.

При разработке настоящего пособия решались, в том числе, следующие задачи:

- гармонизация настоящего пособия с федеральными законами [1], [2], другими нормативными правовыми актами Российской Федерации;

- сближение основных положений настоящего пособия с положениями СП 121.13330, а также соответствующих международных и европейских стандартов;

- взаимосвязь настоящего пособия с действующими нормативными документами в части учета положений действующих сводов правил по проектированию и строительству и других нормативных документов в области строительства.

Настоящее пособие разработано впервые, как дополнение к СП 121.13330 в виде методик, номограмм и таблиц для проектирования аэродромных покрытий. В настоящем пособии отражен подход к конструированию многослойных аэродромных покрытий с различным сочетанием конструктивных слоев, включены разделы, касающиеся расчета усиления существующих жестких и нежестких покрытий, расчета жестких и нежестких покрытий на скальном основании и др., а также приведены методики по расчету расстояний между швами расширения; искусственных оснований под типовые сборные плиты типа ПАГ-14, ПАГ-18, ПАГ-20 для тяжелых самолетов; асфальтобетонного слоя на аэродинамическую устойчивость от воздействия газовоздушных струй реактивных двигателей воздушных судов;

приведен раздел, касающийся способов повышения трещиностойкости асфальтобетонных слоев усиления.

В приложениях к настоящему пособию приведены справочные материалы о расчетных характеристиках строительных материалов, расчетные схемы покрытий, таблицы контактных давлений, изгибающих моментов.

Настоящее пособие разработано авторским коллективом ФГУП ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект» (руководитель работ – канд. техн. наук *В.И. Березин*; д-р техн. наук *А.П. Виноградов*, канд. техн. наук *В.И. Березин*, *В.А. Сабуренкова*, *М.Д. Суладзе*, *Н.С. Ледовская*, *В.А. Коблов*, *Э.С. Цопанов*, *И.В. Орехов*, *Ю.Б. Скоробогатая*, *А.Ю. Бочарова*).

1 Область применения

1.1 Настоящее пособие разработано в развитие положений разделов 6 (пункты 6.8, 6.9), 7 (подразделы 7.3–7.10), приложений В, И, К СП 121.13330.2019.

1.2 В настоящем пособии разъясняются основные аспекты проектирования конструкций искусственных покрытий элементов аэродрома, методики выбора расчетной нагрузки, расчета толщин конструктивных слоев покрытия и искусственного основания, учета воздействия эксплуатационных нагрузок и климатических факторов.

1.3 Основными задачами разработки настоящего пособия являются дополнение и переработка действующих методов проектирования искусственных покрытий аэродромов с учетом вновь разработанных и актуализированных нормативных документов, научных исследований, отечественного и зарубежного опыта строительства и реконструкции аэродромов различных классов, в первую очередь таких аэропортов как Шереметьево, Домодедово, Внуково, Пулково, Геленджик, Сочи и др.

1.4 Настоящее пособие используется при сборе исходных данных для проектирования аэродромных покрытий, назначении требований к материалам конструктивных слоев, расчете толщин слоев проектируемых покрытий и слоев усиления существующих покрытий, расчете толщин конструктивных слоев искусственных оснований, расчете расстояний между швами расширения, выборе методов повышения эксплуатационной надежности конструкции покрытия (расчет аэродинамической устойчивости, повышение трещиностойкости асфальтобетона, армирование бетонных слоев покрытия и др.).

2 Нормативные ссылки

В настоящем пособии использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 9128–2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия

ГОСТ 23558–94 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия

ГОСТ 25912–2015 Плиты железобетонные предварительно напряженные для аэродромных покрытий. Технические условия

ГОСТ 30740–2000 Материалы герметизирующие для швов аэродромных покрытий. Общие технические условия

ГОСТ 31015–2002 Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия

ГОСТ Р 52608–2006 Материалы геотекстильные. Методы определения водопроницаемости

ГОСТ Р 55029–2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для армирования асфальтобетонных слоев дорожной одежды. Технические требования

ГОСТ Р 55030–2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения прочности при растяжении

ГОСТ Р 56335–2015 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения прочности при статическом продавливании

ГОСТ Р 56337–2015 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические. Метод определения прочности при динамическом продавливании (испытание падающим конусом)

СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (с изменением № 1)

СП 121.13330.2019 «СНиП 32-03-96 Аэродромы»

СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»

Примечание – При пользовании настоящим пособием целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в области стандартизации в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего пособия в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем пособии применены термины по СП 121.13330.

4 Обозначения

В настоящем пособии применены следующие обозначения:

Характеристики нагрузок и усилия от их воздействия в расчетных сечениях покрытий

P_a – давление воздуха в пневматических шинах колес основных опор;

n_a – число осей на основной опоре воздушного судна (ВС);

N_i – число взлетов ВС за проектный срок службы покрытия;

U_{ei} – эквивалентное число приложений нагрузки *i*-го ВС, приведенное к расчетному ВС;

U_d – суммарное число приложений расчетной нагрузки за проектный срок службы для жестких покрытий;

N_r – максимальная суточная приведенная повторяемость расчетной нагрузки в последний год срока службы нежестких покрытий;

$m_{c,\max}$ – максимальный изгибающий момент от нагрузки при центральном загружении плиты;

m_d – расчетный изгибающий момент;

$m_{d,sup}$ – расчетный момент в верхнем слое двухслойного покрытия;

$m_{d,inf}$ – расчетный момент в нижнем слое двухслойного покрытия;

λ_d – расчетный относительный прогиб нежесткой аэродромной конструкции;

λ_u – предельный относительный прогиб нежесткой конструкции;

σ_r – наибольшее растягивающее напряжение при изгибе в рассматриваемом слое асфальтобетонного покрытия от расчетной нагрузки;

D_r – условный диаметр круга передачи нагрузки от покрытия на основание;

P_k – наибольшее контактное давление на основание под покрытием;

P_u – предельно допустимое давление на грунт;

$\bar{F}_z$ – горизонтальное отрывающее усилие при расчете на аэродинамическую устойчивость;

$\bar{F}_b$ – прижимающее усилие при расчете асфальтобетона на аэродинамическую устойчивость;

σ_y – результирующая отрывающая сила на единицу поверхности при расчете на аэродинамическую устойчивость;

σ_{zp} – удельное давление от собственной массы покрытия;

$\sigma_т^{шв}$ – температурные напряжения на краю плиты, МПа.

Расчетные коэффициенты

γ_f – разгрузки;

k_d – динамичности;

k_N – учитывающий увеличение изгибающего момента в покрытии вследствие неравномерного накопления остаточных деформаций в грунтовом основании и искусственном неупрочненном основании;

k_u – учитывающий число приложений колесных нагрузок ВС на жесткие покрытия;

k – учитывающий увеличение изгибающих моментов в краевых зонах плит;

k' – то же, для двухслойных покрытий с совмещенными швами;

k_1 – учитывающий концентрацию напряжений в верхнем слое двухслойного покрытия над швами (и трещинами) нижнего слоя для покрытий с несовмещенными швами и конструкций усиления;

$k_{x(y)}$ – учитывающий перераспределение внутренних усилий в ортотропных плитах в зависимости от отношения жесткостей в продольном и поперечном сечениях;

γ_c – условий работы в зависимости от типа покрытия;

k_m – поправочный множитель к коэффициенту условий работы, определяемый в зависимости от толщины верхнего слоя двухслойного покрытия или слоя усиления;

k_n – приведения нагрузок от ВС к нагрузке расчетного ВС;

ρ – учитывающий разгружающий эффект наличия стабилизированного основания под жесткими покрытиями;

k_w – учитывающий ортотропность плит типа ПАГ при расчете давления на грунт и требуемой толщины искусственного основания под сборными покрытиями;

μ – коэффициент армирования;

C – коэффициент отпора, значение которого определяется по данным испытаний;

$k_{зап}$ – коэффициент запаса.

Характеристики материалов конструктивных слоев и конструкций

R_{tb}, $R_{tb,ser}$ – расчетные сопротивления бетона растяжению при изгибе при расчете на прочность и по образованию трещин соответственно;

R_b – расчетное сопротивление сжатию (призменная прочность);

R_s – расчетное сопротивление арматуры;

R_d – расчетное сопротивление асфальтобетона растяжению при изгибе;

m_u – предельный изгибающий момент в рассматриваемом сечении плиты;

a_{crc} – ширина раскрытия трещин;

l – упругая характеристика плиты;

l_d – требуемая упругая характеристика плиты;

m_r – ядровый момент (момент равнодействующей усилий в нижней и верхней напрягаемой арматуре на единицу ширины сечения относительно оси, проходящей через ядровую точку, наиболее удаленную от зоны сечения, трещиностойкость которой проверяют);

K_s – расчетный коэффициент постели грунтового основания;

K_{se} – эквивалентный коэффициент постели многослойного основания;

$k_{сез}$ – коэффициент, учитывающий изменение свойств грунтов, слагающих основание, по сезонам года;

E_s – модуль упругости арматурной стали;

E_i – модуль упругости материала *i*-го слоя;

E – модуль упругости грунтового основания;

E_0 – модуль упругости материала прослойки между конструкцией и скальным основанием;

E_{ed} – эквивалентный модуль упругости нежесткой конструкции;

μ_0 – коэффициент Пуассона;

$\boldsymbol{B}$ – жесткость сечения плиты;

$\boldsymbol{B_{sup}}$, $\boldsymbol{B_{inf}}$ – жесткость сечения плиты верхнего и нижнего слоев двухслойного покрытия соответственно;

B_f – жесткость слоя основания, обработанного вяжущим;

B_{tot} – суммарная жесткость слоев;

ρ_i – плотность материала конструктивного слоя или грунта;

φ – угол внутреннего трения грунта;

c – удельное сцепление грунта;

W – влажность грунта;

$L_{ш.р}$ – расстояние между швами расширения.

Геометрические характеристики конструкции

t – толщина плиты;

t_i – толщина *i*-го слоя;

h_0 – рабочая высота сечения железобетонного покрытия;

A_s – площадь сечения растянутой арматуры;

l_s – шаг арматуры в железобетоне;

d – диаметр арматурных стержней;

t_{ab} – толщина асфальтобетона;

t_{sup} – толщина верхнего слоя двухслойного покрытия;

t_{inf} – толщина нижнего слоя двухслойного покрытия;

t_f – толщина слоя основания из материала, обработанного вяжущим;

t_{tot} – общая толщина конструкции;

t_0 – толщина прослойки сыпучего материала между покрытием и скальным основанием.

5 Общие положения

5.1 Настоящее пособие разработано в дополнение к СП 121.13330 с учетом требований [3] и содержит указания по проектированию покрытий аэродромов гражданской авиации. Настоящим пособием следует пользоваться при проектировании покрытий на вновь строящихся и реконструируемых аэродромах.

5.2 Проектирование аэродромных покрытий, как правило, выполняют на воздействие конкретных ВС или, как исключение, исходя из условий воздействия нормативных нагрузок.

5.3 По характеру сопротивления действию нагрузок от ВС аэродромные покрытия разделяются на два типа: жесткие и нежесткие.

Расчетная схема жестких конструкций представлена моделью однослойной или двухслойной бесконечной в плане плиты, лежащей на упругом основании Винклера (с одним коэффициентом постели K_s).

Расчетная схема нежестких аэродромных конструкций представлена моделью слоистого упругого полупространства. Несущая способность грунтового основания выражается модулем упругости E.

Типовые схемы расчета аэродромных покрытий приведены в приложении А.

5.4 Процесс конструирования включает:

а) назначение типа конструкции аэродромного покрытия;

б) выбор материалов для устройства конструктивных слоев покрытия и размещение их в конструкции в такой последовательности, чтобы наилучшим образом проявились их распределяющая и деформативная способности, прочностные и теплофизические свойства;

в) установление требуемой толщины конструктивных слоев и площади сечения арматуры в железобетонных покрытиях.

5.5 При проектировании следует рассматривать несколько вариантов конструкций покрытий, при этом наиболее экономичный вариант устанавливают путем сравнения приведенных затрат с учетом сроков службы покрытий и эксплуатационных расходов.

5.6 Прочность аэродромных покрытий следует представлять классификационными числами искусственных покрытий PCN согласно действующей отечественной классификации с учетом стандартов и рекомендаций Международной организации гражданской авиации (ИКАО).

5.7 В настоящем пособии изложены вопросы, касающиеся проектирования аэродромных покрытий капитального типа.

6 Исходные данные для проектирования

Исходные данные для проектирования аэродромных покрытий приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Исходные данные для проектирования аэродромных покрытий		Источник информации
жестких	нежестких	
<u>Нагрузка</u>		
Нагрузки от ВС: - максимальная взлетная масса; - доля массы, приходящаяся на основную опору; - схема основных опор; - давление воздуха в пневматиках.		СП 121.13330
Категория нормативной нагрузки: - нагрузка на условную опору; - внутреннее давление воздуха в пневматиках; - количество колес в опоре, расстояния между колесами в опоре.		Справочные данные (руководства по летной эксплуатации ВС)
<u>Состав движения</u>		
Типы ВС и их интенсивность движения с учетом перспективы или:		Задание на проектирование
Суммарное число приложений нагрузки от опор эксплуатируемых ВС, приведенных к приложению нагрузки от опор расчетного ВС за проектный срок службы (U_d), или соответствующий коэффициент k_u	Приведенная повторяемость приложения нагрузки N_r	Задание на проектирование, расчет в соответствии с разделом 16

Продолжение таблицы 6.1

Исходные данные для проектирования аэродромных покрытий		Источник информации
жестких	нежестких	
Условия работы покрытия		
Дорожно-климатическая зона (ДКЗ)		СП 121.13330
Тип гидрогеологических условий;		Данные изысканий
географическая широта места расположения аэродрома;		»
глубина горизонта подземных вод;		»
наименование грунта естественного основания.		»
Годовая амплитуда среднемесячных температур воздуха; максимальная среднесуточная температура воздуха для летнего периода; среднемесячная температура наиболее холодного месяца	Среднемесячная температура наиболее холодного месяца	СП 131.13330
Группа участков, к которой относится покрытие элемента аэродрома		СП 121.13330, генеральный план
Данные по конструкции		
Класс прочности бетона; модули упругости материалов укрепленного основания; коэффициенты постели материалов неукрепленного искусственного основания; коэффициенты постели грунта естественного основания	Марка и тип асфальтобетона; модули упругости материалов искусственного основания; модули упругости грунта естественного основания	СП 121.13330

Окончание таблицы 6.1

<table>
<tr><td colspan="2">Исходные данные для проектирования аэродромных покрытий</td><td rowspan="2">Источник информации</td></tr>
<tr><td>жестких</td><td>нежестких</td></tr>
<tr><td>Характеристики арматурной стали (класс, диаметр, марка)</td><td></td><td>Приложение В настоящего пособия</td></tr>
<tr><td colspan="2"><u>Покрытия на скальном основании</u>
Наименование грунта (материала) прослойки между скальным основанием и покрытием;
толщина прослойки;
модуль упругости грунта (материала) прослойки;</td><td rowspan="2">Данные изысканий</td></tr>
<tr><td></td><td>Расчетный коэффициент сцепления грунта;
угол внутреннего трения грунта прослойки;
плотность материалов конструктивных слоев</td></tr>
<tr><td colspan="3"><u>Проектирование слоев усиления существующих покрытий</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">Конструкция существующего покрытия (толщины и материалы конструктивных слоев)</td><td rowspan="3">Данные проекта; результаты обследования и испытаний покрытий; материалы изысканий</td></tr>
<tr><td>Виды дефектов и число плит с характерными дефектами (разрушенных плит) и категория разрушения верхнего слоя существующего покрытия</td><td>Виды дефектов и объем разрушений в зоне колеи главных опор расчетного ВС</td></tr>
<tr><td colspan="2">Характеристики грунтового основания</td></tr>
</table>

7 Требования к материалам аэродромных покрытий

7.1 При конструировании аэродромных покрытий в верхнем слое следует применять прочные морозостойкие, износостойкие, долговечные материалы, устойчивые к агрессивному воздействию газовоздушных струй реактивных двигателей и авиационному топливу. Требования к материалам и конструкциям для аэродромных покрытий жесткого типа следует принимать в соответствии с требованиями подразделов 7.3 и 7.4 СП 121.13330.2019.

Материалы, применяемые в конструкциях аэродромных покрытий и оснований, должны удовлетворять требованиям нормативных документов. Расчетные характеристики этих материалов приведены в таблицах приложений В, И СП 121.13330.2019 и в таблицах В.1, В.2, В.4–В.6 приложения В настоящего пособия.

Выбор марки битума для асфальтобетонных смесей для нежестких покрытий в зависимости от климатических условий, величины нагрузки и участка покрытия рекомендуется проводить в соответствии с таблицами 7.1–7.5.

При реконструкции аэродромов следует уточнять расчетные значения характеристик грунтов и материалов на основании данных испытаний (расчетную влажность, температуру, модуль упругости, коэффициент постели, сопротивление растяжению при изгибе, параметры сопротивления сдвигу и т. д.).

7.2 Искусственные основания под покрытиями должны обладать достаточной прочностью и распределяющей способностью передачи нагрузки на грунтовое основание и не изменять своих свойств по сезонам года.

Для нормативных нагрузок категории IV и выше в несущих слоях оснований рекомендуется применять низкомарочный «тощий» бетон (мелкозернистый (песчаный) бетон), а также щебеночные и гравийные материалы подобранного состава, обработанные органическими и неорганическими вяжущими.

При устройстве выравнивающей прослойки из сухой пескоцементной смеси в основаниях под сборными покрытиями расход цемента следует принимать равным 250 кг на 1 $м^3$ песка при оптимальной влажности смеси.

Для нормативных нагрузок категорий V и VI в основаниях рекомендуется применять местные грунты, обработанные вяжущими, если подстилающие грунты сложены из глин, суглинков, пылеватых супесей, а гидрогеологические условия относятся ко 2-му или 3-му типу.

Таблица 7.1 – **Область применения асфальтобетонов при устройстве верхних слоев покрытий взлетно-посадочных полос (ВПП) и магистральных рулежных дорожек (МРД) аэродромов**

ДКЗ	Вид асфальто-бетона	Категория нормативной нагрузки					
		В/К, I, II, III		IV		V	
		Марка и тип асфаль-тобетонной смеси	Марка вяжущего	Марка и тип асфаль-тобе-тонной смеси	Марка битума	Марка и тип асфаль-тобе-тонной смеси	Марка битума
I	Плотный и высоко-плотный	I А, Б	БНД90/130	II А, Б, Г	БНД90/130	III Б, В, Г	БНД90/130
II, III	Плотный и высоко-плотный	I А, Б	БНД60/90 БН60/90 БНД90/130	II А, Б, Г	БНД60/90 БН60/90 БНД90/130	III Б, В, Г	БНД60/90 БН60/90 БНД90/130
IV, V	Плотный	I А, Б	БНД40/60 БНД60/90 БНД90/130 БН40/60 БН60/90	II А, Б, Г	БНД40/60 БНД60/90 БНД90/130 БН40/60 БН60/90	III В, Г	БНД40/60 БНД60/90 БНД90/130 БН40/60 БН60/90

Примечания

1 Битумы БН рекомендуется применять в мягких климатических условиях, характеризуемых средними температурами самого холодного месяца года выше минус 10 °С.

2 Битум марки БН40/60 должен соответствовать технической документации, утвержденной в установленном порядке.

Таблица 7.2 – **Область применения асфальтобетонов при устройстве верхних слоев покрытий рулежных дорожек, мест стоянок (МС) и перронов аэродромов**

ДКЗ	Вид асфальто-бетона	Категория нормативной нагрузки					
		В/К, I, II, III		IV		V, VI	
		Марка и тип асфаль-тобе-тонной смеси	Марка вяжущего	Марка и тип асфаль-тобе-тонной смеси	Марка битума	Марка и тип асфаль-тобе-тонной смеси	Марка битума
I	Плотный	I А, Б	БНД90/130	II А, Б, Г	БНД90/130 БНД130/200	III Б, В, Г	БНД90/130 БНД130/200
II, III	Плотный	I А, Б	БНД60/90 БНД90/130 БН60/90 БНД90/130	II А, Б, Г	БНД60/90 БНД90/130 БНД130/200 БН60/90 БН90/130	III Б, В, Г	БНД60/90 БНД90/130 БНД130/200 БН60/90 БН90/130 БН130/200
IV, V	Плотный	I А, Б	БНД40/60 БНД60/90 БНД90/130 БН40/60 БН60/90	II А, Б, Г	БНД40/60 БНД60/90 БНД90/130 БН40/60 БН60/90	III В, Г	БНД40/60 БНД60/90 БНД90/130 БН40/60 БН60/90

Примечания

1 Битумы БН рекомендуется применять в мягких климатических условиях, характеризуемых средними температурами самого холодного месяца года выше минус 10 °С.

2 Битум марки БН40/60 должен соответствовать технической документации, утвержденной в установленном порядке.

Таблица 7.3 – **Область применения асфальтобетонов при устройстве нижних слоев покрытий**

ДКЗ	Типы асфальтобетонной смеси в зависимости от категории нормативной нагрузки					
	В/К, I, II, III		IV		V, VI	
	ВПП, МРД	Остальные участки	ВПП, МРД	Остальные участки	ВПП, МРД	Остальные участки
I	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки I Пористые марки I	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки II Пористые марки I	Плотные крупнозернистые типов А, Б марок I, II Пористые марок I, II	Пористые марок I, II	Пористые марок I, II	Пористые марки II
II, III	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки I Пористые марки I	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки II Пористые марки I	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки II Пористые марок I, II	Пористые марок I, II	Пористые марок I, II	Пористые марки II
IV, V	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки I Пористые марки I	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки II Пористые марки I	Пористые марки I	Пористые марок I, II	Пористые высокопористые марок I, II	Пористые, высокопористые марки II

Таблица 7.4 – **Область применения полимерасфальтобетонов при устройстве слоев покрытий ВПП и МРД аэродромов**

ДКЗ	Вид полимер-асфальто-бетона	Категория нормативной нагрузки			
		В/К, I, II, III		IV	
		Марка смеси	Марка вяжущего	Марка смеси	Марка вяжущего
I	Высоко-плотный и плотный	I	ПБВ90	II	ПБВ90
II, III	Высоко-плотный и плотный	I	ПБВ60	II	ПБВ60
IV, V	Плотный	I	ПБВ40	II	ПБВ40

Таблица 7.5 – **Область применения полимерасфальтобетонов при устройстве слоев покрытий рулежных дорожек, МС и перронов аэродромов**

ДКЗ	Вид полимер-асфальто-бетона	Категория нормативной нагрузки			
		В/К, I, II, III		IV	
		Марка смеси	Марка вяжущего	Марка смеси	Марка вяжущего
I	Плотный	I	ПБВ90	II	ПБВ90 ПБВ130
II, III	Плотный	I	ПБВ60 ПБВ90	II	ПБВ60 ПБВ90
IV, V	Плотный	I	ПБВ40 ПБВ60	II	ПБВ40 ПБВ60

7.3 Нижние (дополнительные) слои оснований предназначены защищать аэродромную конструкцию от вредного влияния воды и мороза в неблагоприятных климатических и гидрогеологических условиях. В зависимости от основной функции, которую выполняет дополнительный слой, его называют термоизоляционным или дренирующим. Дополнительные слои, как правило, устраивают из местных материалов, которые должны отвечать требованиям, предъявляемым к ним в зависимости от их назначения. Совместно с верхними слоями оснований дополнительные слои обеспечивают прочность аэродромной конструкции, поэтому учитываются в расчете при определении эквивалентного коэффициента постели или модуля упругости основания, если толщина слоя не менее 10 см. К

дополнительным слоям относятся также прослойки гидро- и пароизоляционные, капилляропрерывающие, разделяющие и противозаиливающие.

7.4 Для дренирующих слоев следует применять зернистые материалы с коэффициентом фильтрации не менее 7 м/сут (щебень, песчаные грунты, гравий, отсортированный шлак и другие фильтрующие местные материалы). Минимальная толщина дренирующего слоя зависит от типа грунтов естественного основания, типа климатических условий и должна приниматься в соответствии с таблицей 7.3 СП 121.13330.2019, если в слое используются пески крупные и средней крупности.

Если дренирующие слои выполняются из песчано-гравийной смеси, гравия или щебня, минимальная толщина слоя принимается равной 15 см, при этом она должна быть проверена расчетом на прочность и на дренирующую способность.

7.5 Материалы термоизоляционных слоев должны обладать теплоизолирующими свойствами и способствовать частичному или полному предотвращению промерзания грунтового основания, а следовательно – уменьшению или исключению деформаций пучения грунта. Такими материалами являются стабильные зернистые материалы, например песок, гравий, щебень, шлаки и др., грунты и каменные материалы, укрепленные вяжущими, а также керамзитобетон, шлакобетон, пенобетон и др. Слои из зернистых материалов одновременно выполняют функции дренирующих и несущих. Требуемую толщину термоизоляционных слоев устанавливают расчетом согласно приложению Д СП 121.13330.2019. Деформационные и прочностные характеристики материала слоя учитывают также при расчете аэродромной одежды на прочность.

7.6 Устройство термоизоляционных слоев предусматривается на пучиноопасных участках, где технически невозможны или экономически нецелесообразны традиционные мероприятия по обеспечению морозоустойчивости, например, требуется устройство насыпи большой толщины. Для уменьшения толщины теплоизолирующей насыпи (при соответствующем технико-экономическом обосновании) в ее теле могут использоваться материалы с более эффективными теплозащитными свойствами, чем у обычных строительных материалов, например пенопласт, легкие бетоны (керамзитобетон, шлакобетон, пенобетон) и составы смесей из укрепленных вяжущими местных материалов (грунтов) или отходов промышленности и пористых заполнителей (керамзит, перлит, аглопорит, гранулы полистирола, измельченные отходы пенопласта), золошлаковые смеси и др.

7.7 Гидроизолирующие прослойки устраиваются в ДКЗ IV и V в тех случаях, когда необходимо изолировать нижние слои оснований от переувлажненного грунтового основания. Прослойки устраивают из грунта, обработанного битумом, толщиной не менее 5 см,

полиэтиленовой пленки, нетканых геосинтетических материалов (например, в районах орошаемых земель).

7.8 Капилляропрерывающие прослойки применяют в ДКЗ II и III в тех случаях, когда требуется обеспечить защиту аэродромного покрытия от грунтовой воды, поднимающейся по капиллярам, и при этом не могут быть обеспечены требования минимального возвышения поверхности аэродромного покрытия над уровнем подземных вод согласно таблице 6.3 СП 121.13330.2019.

Капилляропрерывающие прослойки устраиваются из крупного песка или гравия толщиной 10–15 см. Для предотвращения перемешивания прослойки с грунтом над ней и под ней необходимо устраивать слои мелкого гравия толщиной 3–5 см или применять нетканый геосинтетический материал согласно требованиям таблицы В.6 приложения В.

Глубина размещения гидроизолирующей или капилляропрерывающей прослоек от поверхности покрытия должна быть не менее 0,90 м в ДКЗ II и III и 0,75 м в ДКЗ IV и V. Низ прослойки должен отстоять от горизонта подземных вод не менее чем на 0,2 м.

7.9 Пароизоляционные прослойки устраивают только в южных регионах Российской Федерации. Они предназначены для уменьшения в основании объема мигрирующей парообразной влаги. В качестве пароизоляционных прослоек используют полимерные рулонные материалы, грунт, обработанный органическим вяжущим, толщиной не менее 5 см, или слои тщательно уплотненного грунта в «обойме» (замкнутая прослойка).

7.10 Между нижним слоем основания из крупнопористого материала (щебень, гравий, шлак) и естественным основанием, представленным глинистыми и пылеватыми грунтами, следует предусматривать прослойку, препятствующую взаимопроникание материалов смежных слоев. В прослойке следует применять материалы, не переходящие в пластическое состояние при увлажнении (песок, местный грунт, обработанный вяжущими, мелкий щебень, гравийно-песчаные смеси, непылеватые шлаки, непучинистые золошлаки, синтетические текстильные материалы, укладываемые в один слой со стыковкой соседних полотен внахлест на 10–15 см, и т. д.).

Толщина противозаиливающей прослойки из грунта, укрепленного вяжущими, должна быть не менее размера наиболее крупных частиц используемого материала, но не менее 5 см, а из неукрепленного зернистого материала – 5–10 см (на переувлажненном грунте – 15–20 см).

Границы дополнительных слоев основания или прослоек должны отстоять от кромки покрытия не менее чем на 3 м.

7.11 В нижних слоях оснований допускается применять также местные слабые материалы с предварительной переработкой или укреплением их, например слабые

известняки, опоки, гравийные материалы, дресва, ракушечник и т. д. Если указанные материалы применяют без обработки вяжущими, их показатели прочности, дробимости, гранулометрического состава, числа пластичности мелкозернистой части, морозостойкости должны удовлетворять требованиям ГОСТ 23558.

Если свойства не отвечают этим требованиям, материалы необходимо обрабатывать вяжущими, улучшающими их структурно-механические свойства. Наиболее целесообразно применять местные малопрочные материалы в аэродромных покрытиях капитального типа под категории нормативных нагрузок V и VI, а также в покрытиях облегченного типа.

7.12 При проектировании нежестких покрытий для сильно размокаемых грунтов (глинистые, суглинистые) в районах со 2-м типом гидрогеологических условий рекомендуется предусматривать обработку грунта цементом (расход 3 % – 4 %), золой-уноса (расход 10 % – 15 %) или гранулированными шлаками, известью и т. д. на глубину 10–15 см.

В ДКЗ III–V с 1-м типом гидрогеологических условий рекомендуется применять повышенное уплотнение связных грунтов верхней части грунтового основания на глубину 30–50 см до коэффициента уплотнения 1,0–1,05. Слой грунта повышенной плотности следует рассматривать как самостоятельный конструктивный слой, расчетные значения модуля упругости которого следует принимать с коэффициентом 1,2 по отношению к указанным в приложении В СП 121.13330.2019.

8 Деформационные швы и стыковые соединения

8.1 Для обеспечения свободы деформаций плит, вызываемых изменениями температуры окружающей среды и усадкой бетона, в жестких покрытиях устраивают поперечные и продольные деформационные швы.

По функциональному назначению деформационные швы делятся на швы сжатия и расширения, а также рабочие (технологические) швы. Устройство технологических швов обусловлено шириной захвата бетоноукладочных машин и возможными перерывами в работе.

Деформационные швы сжатия предназначены для сокращения длины плит покрытий при усадке бетона и понижении его температуры. Их устраивают сквозными или ложными.

Деформационные швы расширения, наряду с выполнением функций швов сжатия, обеспечивают свободу деформации удлинения (уширения) плит при повышении температуры бетона, и, таким образом, предотвращают температурное перенапряжение и потерю продольной устойчивости плит покрытия. Температурное перенапряжение плит провоцирует возникновение таких повреждений бетона, как сколы, взбугривание (образование так называемых «домиков»), смещение продольных рядов покрытия относительно друг друга.

Швы должны удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать горизонтальное перемещение плит относительно друг друга; не ослаблять прочность покрытия; не создавать в нем неровности; быть водонепроницаемыми; не ухудшать эксплуатационные качества покрытия; быть простыми в устройстве (технологичными).

В монолитных жестких покрытиях швы сжатия устраивают сквозными и ложными (рисунок 8.1). Расстояния между швами сжатия в зависимости от толщины плиты и вида конструкции приведены в подразделе 7.4 СП 121.13330.2019.

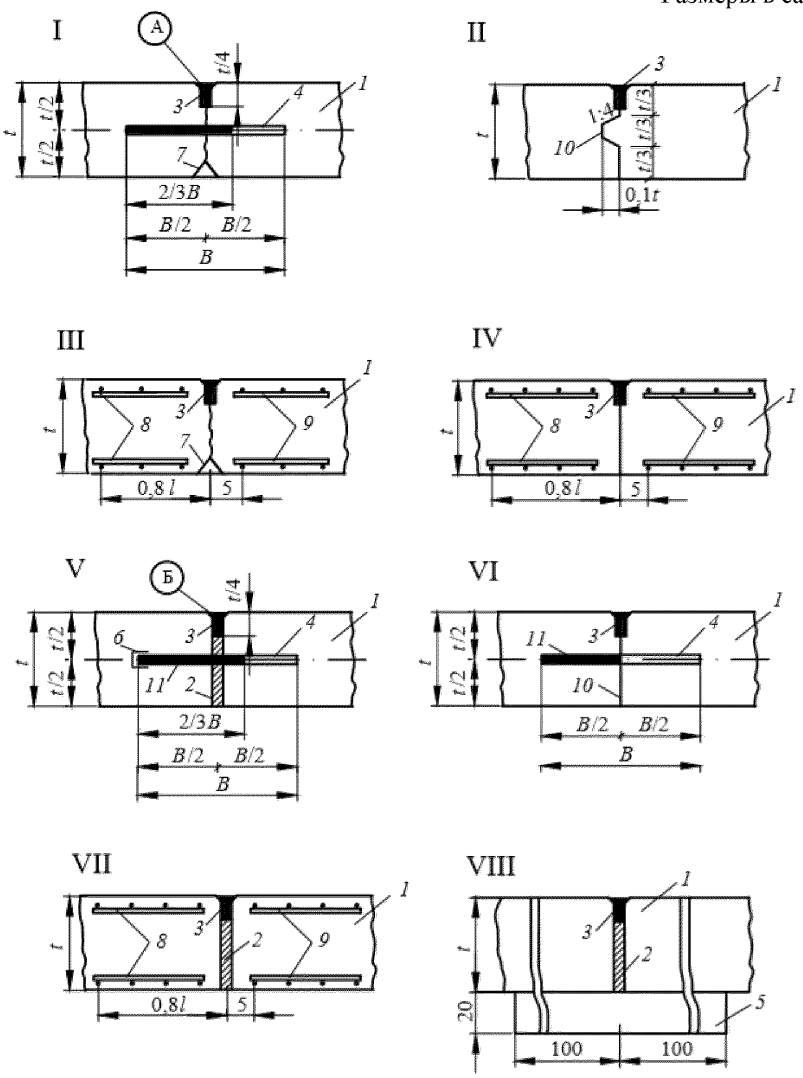
Швы расширения всегда выполняют сквозными с устройством паза, заполняемого легко деформируемым материалом (рисунок 8.2, *б*). Необходимость устройства швов расширения и расстояния между ними рассчитывают по методике, приведенной в разделе 13.

В деформационных швах покрытий допускается применять стыковые соединения, обеспечивающие передачу нагрузки с одной плиты на другую и возможность взаимного горизонтального смещения плит в направлении, перпендикулярном шву.

Обеспечение прочности и ровности покрытия в зоне швов достигается также армированием краевых и угловых участков плит либо устройством подшовных плит, или непрерывным армированием железобетонных покрытий (без разрезки арматуры в швах сжатия).

При устройстве стыковых соединений швов сжатия и расширения не допускается отклонение положения штырей от проектного более чем на 1 см (по горизонтали и по вертикали). Длина зоны обмазки штырей составом, препятствующим сцеплению их с бетоном, должна составлять 2/3 их длины. Температурные колпачки, надеваемые на штыри швов расширения, должны обеспечивать свободный ход штыря в бетоне не менее чем на 3 см.

Размеры в сантиметрах



B – длина штыря; *t* – толщина плиты; *l* – упругая характеристика плиты; *1* – плита бетонного покрытия; *2* – прокладка из податливого (легко сжимаемого) материала (пористый полиэтилен, пенопласт, резиновая крошка и др.); *3* – герметизирующий материал; *4* – штырь; *5* – подшовная плита толщиной 20 см; *6* – температурный компенсатор (колпачок), обеспечивающий смещение штыря в бетоне не менее чем на 3 см; *7* – возбудитель трещины; *8* – рабочая арматура; *9* – распределительная арматура; *10* – обмазка грани плиты битумной мастикой; *11* – обработка металла составом, препятствующим сцеплению его с бетоном (обмазка битумом или другим антиадгезитом, обмотка рулонным материалом, защита полиэтиленовыми колпачками и т. п.)

***Рисунок 8.1* – Схемы конструкций деформационных швов**

Паз шва сжатия должен иметь прямоугольное сечение с вертикальными стенками (за исключением шпунта). Ширину паза рекомендуется принимать равной 0,8–1,5 см (большие значения для больших размеров плит). Глубина паза должна быть не менее 1/3t (t – толщина плиты) при толщине плиты не более 30 см и не менее 1/2t при толщине плиты более 30 см. Допускается устраивать шов сжатия ступенчатого сечения с уменьшением его ширины ниже уплотнительного шнура (рисунок 8.2, *а*).

Шов расширения должен иметь постоянную ширину на всю толщину плиты. Ширину шва принимают равной до 3,5 см в зависимости от расстояния между швами расширения и деформационных свойств герметизирующего материала.

В сборных покрытиях из плит со стыковыми соединениями, препятствующими горизонтальной подвижке в поперечных швах (типа ПАГ по ГОСТ 25912), устраивают поперечные деформационные швы без сварки скоб, расстояние между которыми в зависимости от годовой амплитуды среднемесячных температур определяют расчетом. Конструкции швов в сборных покрытиях приведены на рисунке 8.3.

Область применения указанных типов швов дана в таблице 8.1.

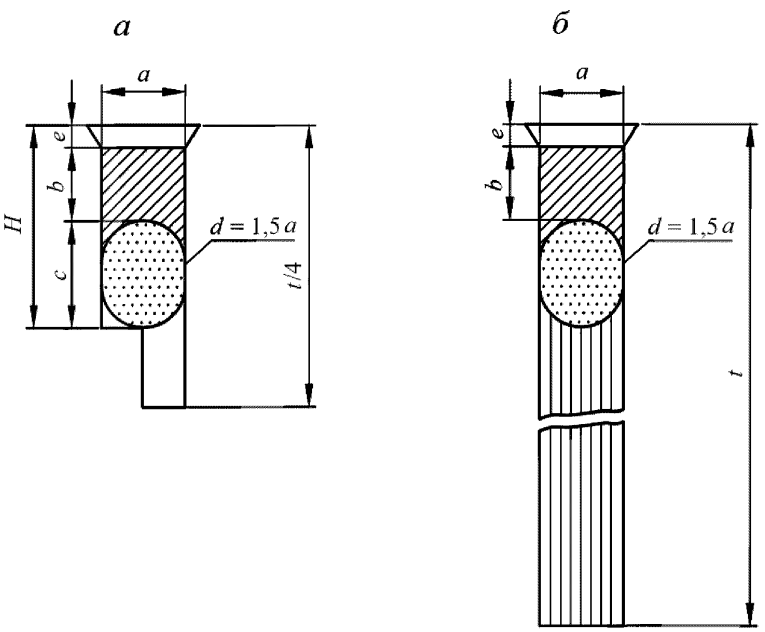
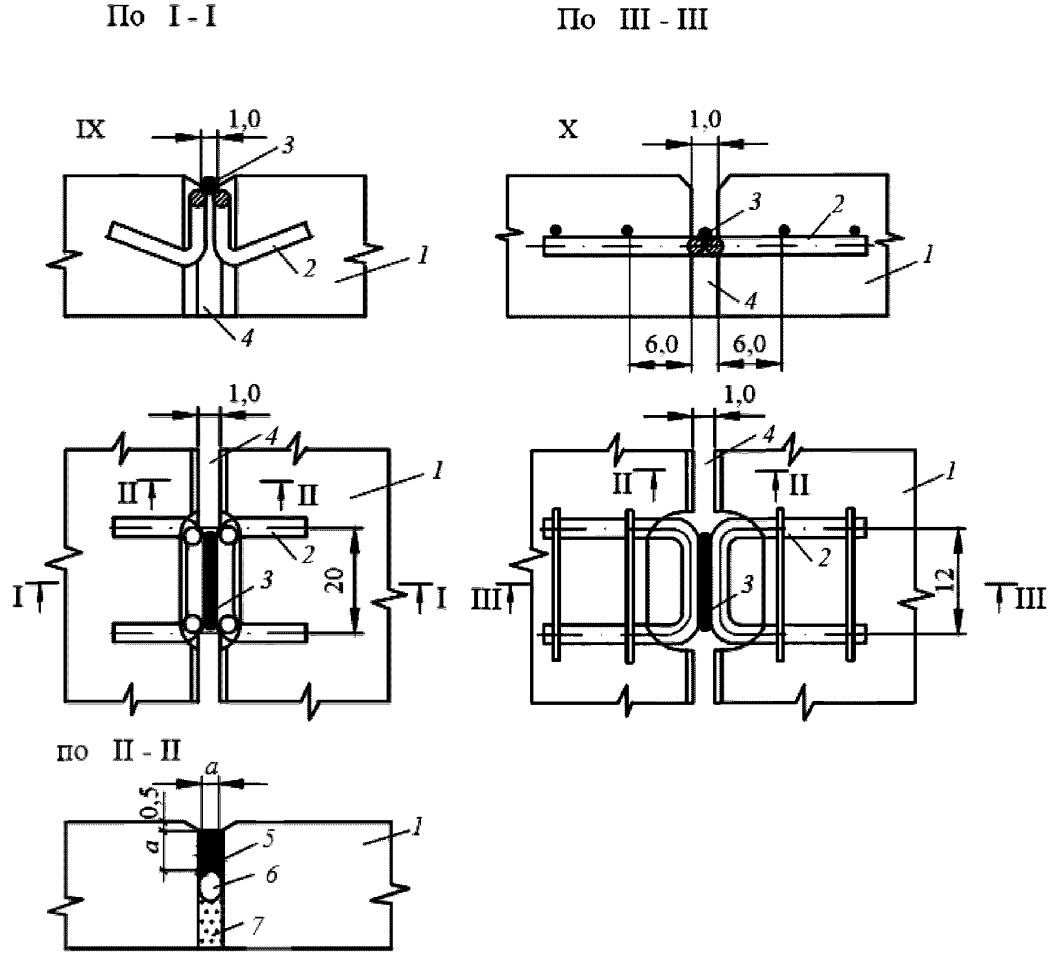


***Рисунок 8.2* – Схемы заполнения швов сжатия (*а*) и расширения (*б*)**

Размеры в сантиметрах



IX – со стыковыми соединениями, обеспечивающими горизонтальное перемещение плит в поперечных швах покрытия (плиты типа 1ПАГ); X – со стыковыми соединениями, исключающими горизонтальное перемещение плит в поперечных швах покрытия (плиты типа 2ПАГ); *1* – плита; *2* – стыковая скоба; *3* – сварка или приваривание стержня (коротыша); *4* – паз шва; *5* – герметизирующая мастика; *6* – уплотнительный шнур диаметром 15 мм; *7* – сухая пескоцементная смесь или любой податливый материал (пористый полиэтилен, синтетическая, резиновая крошка и др.)

Примечания

1 В деформационных швах скобы не сваривают.

2 Проемы в местах расположения скоб заполняют пескоцементной смесью или полностью песчаным асфальтобетоном.

***Рисунок 8.3* – Швы в сборном покрытии из плит ПАГ**

Таблица 8.1

Тип деформационного шва (рисунки 8.1, 8.3)		Условия применения деформационных швов	
		продольных	поперечных
I –	шов сжатия ложный со штыревым соединением	Для цементобетонных покрытий	Для всех типов монолитных жестких покрытий
II –	шов сжатия шпунтовый	Для всех типов жестких монолитных покрытий при толщине плиты более 24 см	–
III –	шов сжатия ложный с армированием краев плит	Для цементобетонных покрытий	Для цементобетонных, армобетонных и железобетонных покрытий
IV –	шов сжатия сквозной (технологический) с армированием краев плит	Для всех типов монолитных жестких покрытий	Для всех типов монолитных жестких покрытий
V –	сквозной шов со штыревым соединением (шов расширения)	–	Для всех типов монолитных жестких покрытий
VI –	шов сжатия сквозной (технологический) со штыревым соединением	–	Для цементобетонных и армобетонных покрытий
VII –	шов расширения сквозной с армированием краев плиты	Для всех типов жестких покрытий в местах примыкания к различным сооружениям или другим покрытиям	Для всех типов жестких покрытий, устраиваемых на пучинистых или просадочных грунтах, а также в местах пересечений и примыканий к различным сооружениям
VIII –	шов расширения с подшовной плитой	–	Для всех типов жестких покрытий
Швы сборных покрытий из типовых плит			
IX –	технологический шов со сваренными скобами	–	Для покрытий плит типа 1ПАГ
X –	технологический шов со сваренными скобами	Для покрытий из всех типов плит ПАГ	Для покрытий из плит типа 2ПАГ (между швами расширения)
X –	деформационный шов (по типу шва расширения) без сварки скоб	Для покрытий из всех типов плит ПАГ только на МС и перронах	Только для покрытий из плит типа 2ПАГ или из всех типов плит ПАГ в местах примыкания к другим покрытиям

8.2 Конструирование деформационных швов в аэродромных покрытиях состоит из двух этапов:

- определение минимальной допустимой ширины паза шва;

- определение оптимальной глубины паза шва.

8.2.1 Определение минимальной допустимой ширины паза шва

Предельные значения ширины паза шва, мм:

8 – минимальная ширина из технологической возможности заполнения;

35 – максимальная по требованиям СП 121.13330.

Ширина паза шва (см. рисунок 8.2) зависит:

- от длины плиты покрытия (блока плит) L (м);

- перепада температуры на поверхности покрытия ΔT (разность между температурами: максимальной летней с учетом солнечной радиации и минимальной средней наиболее холодной пятидневки, °С);

- коэффициента линейных температурных деформаций материала покрытия;

- деформативности используемого герметизирующего материала (относительного удлинения герметика) ε, определяемой при температуре минус 20 °С.

Минимально необходимую ширину паза шва a (мм) определяют по номограммам, представленным на рисунках 8.4–8.7, в зависимости от расстояния между швами L.

Величину L для плит (расстояние между швами сжатия) определяют в соответствии с требованиями подраздела 7.4 СП 121.13330.2019, для блока плит (расстояние между швами расширения) – в соответствии с расчетом, приведенным в разделе 13.

При определении ΔT примерные значения увеличения максимальной температуры поверхности цементобетонных и асфальтобетонных покрытий от воздействия солнечной радиации в зависимости от географической широты расположения аэропорта приведены в таблице 8.2.

Величина относительного удлинения ε при температуре минус 20 °С определяется по техническому паспорту на герметик.

При построении номограмм учитывался коэффициент линейной температурной деформации, равный $1{,}5 \cdot 10^{-5}$ 1/°С (для смешанных покрытий «асфальтобетон + бетон»). Для определения ширины паза шва на бетонных покрытиях результаты расчета по номограммам следует умножать на коэффициент 0,67; на асфальтобетонных покрытиях – на коэффициент 2.

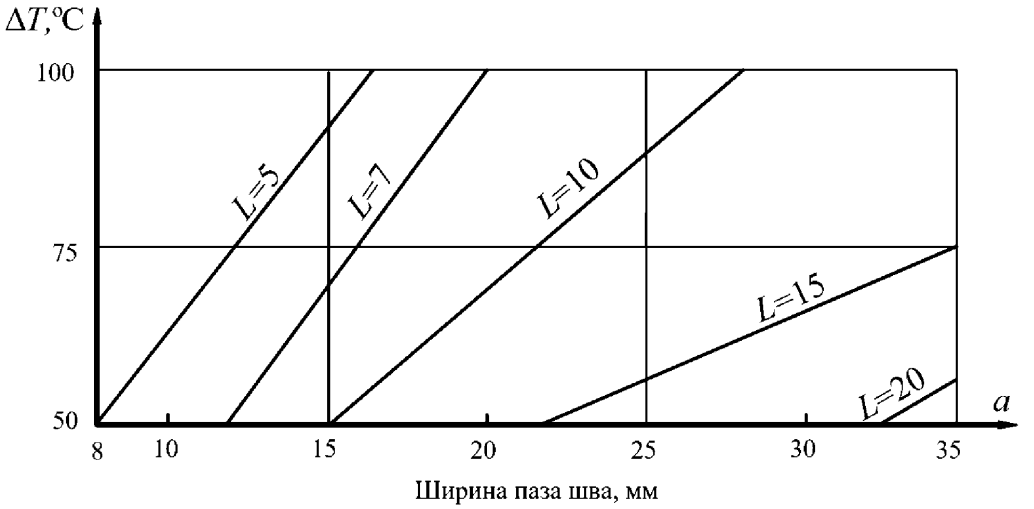


Рисунок 8.4 **– Номограмма для определения ширины паза шва при использовании герметизирующего материала с относительным удлинением ε = 50 % при температуре минус 20 °С**

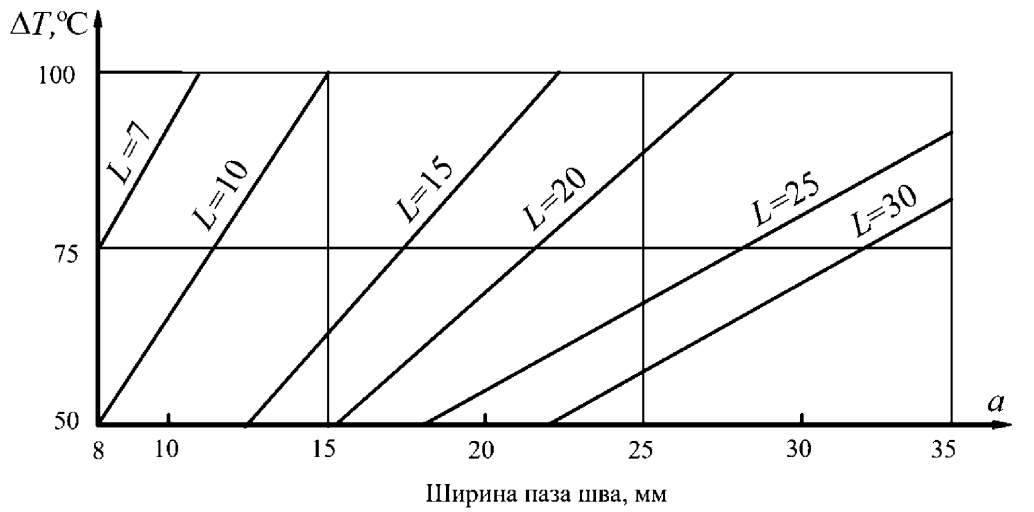


Рисунок 8.5 **– Номограмма для определения ширины паза шва при использовании герметизирующего материала с относительным удлинением ε = 100 % при температуре минус 20 °С**

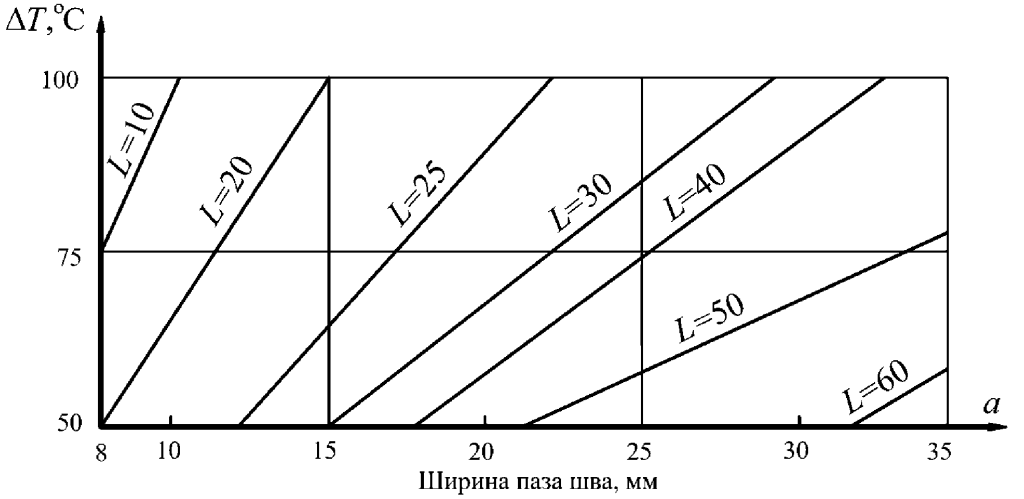


Рисунок 8.6 **– Номограмма для определения ширины паза шва при использовании герметизирующего материала с относительным удлинением ε = 150 % при температуре минус 20 °С**

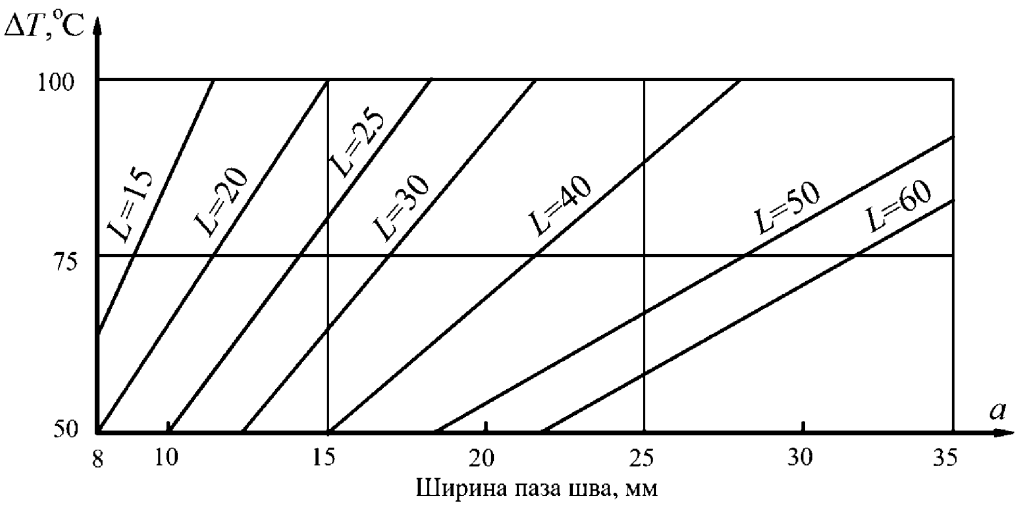


Рисунок 8.7 **– Номограмма для определения ширины паза шва при использовании герметизирующего материала с относительным удлинением ε = 200 % при температуре минус 20 °С**

Таблица 8.2

Вид покрытия верхнего слоя	Увеличение температуры поверхности покрытия, °С, за счет воздействия солнечной радиации для аэропортов, расположенных на широте, градусы с. ш.								
	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Асфальтобетон	21,4	20,5	19,5	18,3	17	15,5	13,8	11,1	10
Цементобетон:									
- новый	16,2	15,6	14,9	14,0	13,0	11,9	10,6	9,2	7,6
- старый	13,9	13,3	12,7	12,0	11,1	10,2	9,0	7,8	6,5

8.2.2 Определение оптимальной глубины паза деформационного шва

Глубина паза шва H складывается из нормативной величины недолива герметика до поверхности покрытия e, глубины заполнения паза шва герметизирующим материалом b и величины диаметра обжатого уплотнительного шнура c (см. рисунок 8.2):

$$H = e + b + c. \quad (8.1)$$

Величина недолива герметика до поверхности должна составлять 5–7 мм, на эту же глубину края паза шва должны быть срезаны под углом 45°.

Глубина заливки паза герметиком в широких швах (15 мм и более) принимается равной его ширине, а в узких швах (менее 15 мм) – в 1,5 раза больше ширины.

Для лучшей герметизации шва и создания вогнутой нижней поверхности герметика уплотнительный шнур выбирается с диаметром (шириной) в 1,2–1,5 раза больше, чем ширина паза шва. Величину c принимают равной диаметру уплотнительного шнура.

Ниже шнура шов может быть заполнен любым легкодеформируемым материалом (резиновой крошкой, пенопластом, пористым полиэтиленом и др.).

8.3 Деформационные швы жестких покрытий должны быть загерметизированы – защищены от проникновения поверхностных вод и эксплуатационных жидкостей, а также засорения песком, щебнем и другими твердыми материалами.

В качестве герметизирующего материала для заполнения деформационных швов жестких покрытий следует применять резинобитумные, полимерные и битумно-полимерные герметики, укладываемые в горячем или холодном состоянии, или готовые эластичные прокладки, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 30740.

8.4 В деформационных швах однослойных покрытий допускается предусматривать устройство стыковых соединений, обеспечивающих передачу нагрузки с одной плиты на другую, и возможность взаимного горизонтального смещения плит в направлении, перпендикулярном шву. Параметры штыревых соединений приведены в таблице 8.3.

Таблица 8.3

Толщина плит жесткого покрытия, см	Диаметр прямых штырей, мм	Длина прямых штырей, см	Расстояния между прямыми штырями, см, в швах	
			сквозных	ложных
20 и менее	22	40	30	45
21–30	22	50	25	35
31–40	22	60	20	30

Допускается выполнять штыревые соединения из двух сваренных между собой и располагаемых один над другим стержней диаметром не менее 16 мм, суммарной площадью сечения на единицу ширины плиты не менее установленной для одиночных штырей диаметром 22 мм.

Вместо устройства стыковых соединений допускается предусматривать усиление краевых участков плит армированием. Армирование краевых участков бетонных и армобетонных плит покрытий следует проводить согласно таблице 8.4. В железобетонных плитах с ненапрягаемой арматурой необходимую площадь арматуры для краевых участков следует определять расчетом в соответствии с эпюрой изгибающих моментов (раздел 17).

Таблица 8.4

Толщина плит жесткого покрытия, см	Количество стержней арматуры класса А-II (А 300) в верхней и нижней зонах сечения плиты в швах	
	сквозных	ложных
20–26	5 ∅12	4 ∅12
27–30	5 ∅14	4 ∅14
31–40	5 ∅16	4 ∅16
41–50	6 ∅18	5 ∅18

Примечания

1 Ширину зоны усиления краевых участков плит следует принимать равной $0{,}8l$, где l – упругая характеристика плиты.

2 Допускается уменьшать диаметр арматурных стержней при одновременном увеличении их количества, сохраняя общую площадь сечения арматуры и минимальное расстояние между стержнями 10 см.

8.5 В двухслойных покрытиях с совмещенными швами и стыковыми соединениями параметры штырей, размещаемых только в верхнем слое, следует принимать как для однослойной плиты, имеющей модуль упругости верхнего слоя, и жесткость, равную сумме жесткостей слоев.

8.6 В нижней зоне плит верхнего слоя двухслойных покрытий с несовмещенными швами в целях снижения концентрации напряжений над швами нижнего слоя следует предусматривать укладку арматурных сеток. Ширину зоны армирования следует принимать $1{,}6l$. Значение упругой характеристики плиты l вычисляется в этом случае при суммарной жесткости слоев. Диаметр арматурных стержней в зависимости от толщины плиты верхнего слоя принимают в соответствии с таблицей 8.4, а количество стержней увеличивают вдвое. Нижнюю зону краевых участков плит верхнего слоя следует также армировать по всему периметру в соответствии с таблицей 8.4. Допускается заменять армирование увеличением толщины верхнего слоя по расчету.

9 Повышение трещиностойкости асфальтобетонного слоя усиления существующих покрытий

9.1 При проектировании усиления существующих жестких аэродромных покрытий асфальтобетоном для снижения вероятности образования отраженных трещин над деформационными швами необходимо предусматривать армирование асфальтобетона геосинтетическими материалами (ГОСТ Р 55029) и нарезку в нем деформационных швов.

Рекомендуемые размеры ячеек геосеток зависят от фракции применяемого каменного заполнителя и составляют 0,005 м – для песчаного, 0,01 м – для мелкозернистого и 0,03 м – для крупнозернистого асфальтобетона.

В зависимости от размера плит существующего жесткого покрытия и его текущего эксплуатационно-технического состояния (наличие сквозных трещин) армирование асфальтобетона может быть сплошным или ленточным. Ленточное армирование допустимо применять на цементобетонных покрытиях, имеющих категорию разрушения (по признаку числа плит со сквозными трещинами) не ниже II и длину плит не менее 7 м. В остальных случаях армирование должно быть сплошным.

При ленточном армировании ширину сеток принимают равной 1,2–1,8 м для продольных и 1,5–2,5 м для поперечных швов. Большие размеры принимают для ДКЗ I–III, меньшие – для ДКЗ IV и V.

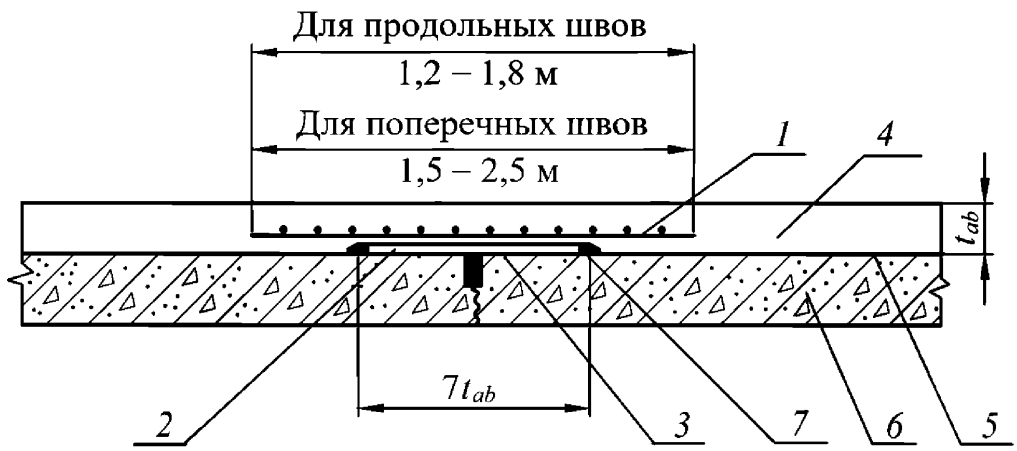
Конструкции покрытий в зависимости от количества слоев асфальтобетона показаны на рисунках 9.1, 9.2.

9.2 Армирование асфальтобетонных слоев рекомендуется также применять в целях повышения их сдвигоустойчивости и аэродинамической устойчивости при усилении существующих покрытий аэродромов классов А, Б, В на участках остановок ВС с работающими двигателями.

Сплошное армирование (независимо от эксплуатационно-технического состояния существующего жесткого покрытия) рекомендуется применять:

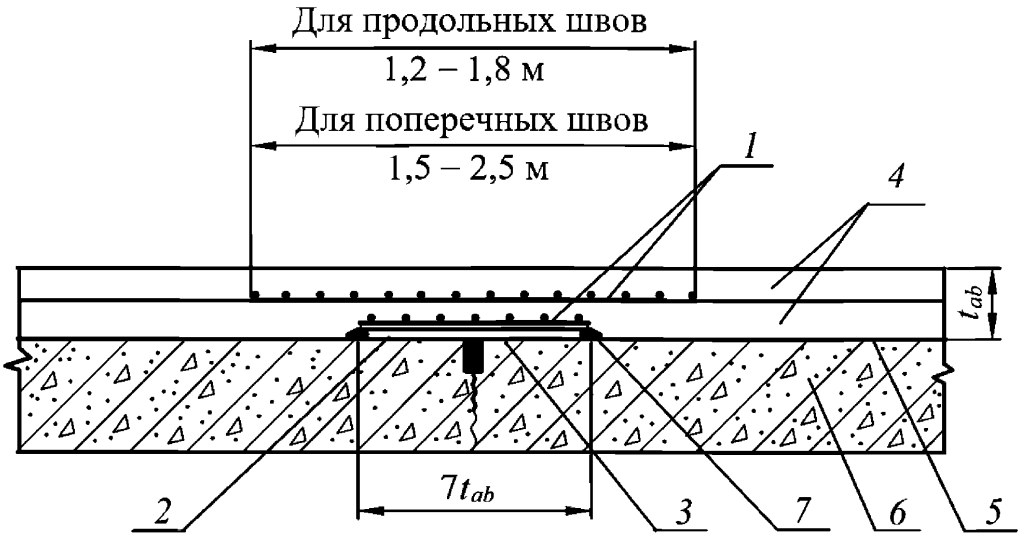
- на концевых участках ВПП длиной 150 м на всю ширину покрытия ВПП и примыкающей рулежной дорожки (РД). Длина армирования РД должна быть равна радиусу закругления примыкания. В случае отсутствия МРД и концевых соединительных РД концевой участок ВПП армируют по всей площади вместе с разворотным карманом;

- в месте примыкания соединительной РД к ВПП покрытие ВПП армируют по длине, равной ширине примыкающей РД к двум радиусам закругления, соединительную РД армируют на длину, равную радиусу закругления;



1 – геосетка; *2* – два слоя пергамина (при усилении сборных покрытий из плит типа ПАГ укладывается только над поперечными швами со сваренными скобами); *3* – побелка известковым молоком (выполняется только там, где укладывается пергамин); *4* – асфальтобетонный слой; *5* – подгрунтовка битумной эмульсией, жидким или вязким битумом; *6* – существующее жесткое покрытие; *7* – место приклейки пергамина

***Рисунок 9.1* – Конструкция армирования однослойного асфальтобетона над швом жесткого покрытия**



1 – 7 – см. рисунок 9.1

Рисунок 9.2 **– Конструкция армирования двухслойного асфальтобетона над швом жесткого покрытия**

- в местах предварительного запуска двигателей на всю ширину МРД по длине, равной 20 м (от линии остановки основных опор расчетного типа самолета, на 5 м вперед и на 15 м назад);

- по всей площади предстартовой площадки;

- в зоне предварительного старта по всей ширине РД по 5 м в обе стороны от оси основных опор расчетного типа самолета;

- на площадках доводочных работ вдоль линии основных опор расчетного типа самолета в соответствии с рисунком 9.3.

9.3 При усилении асфальтобетоном сборных покрытий из плит типа ПАГ рекомендуется сочетать нарезку швов со сплошным армированием. Нарезать швы в асфальтобетонном слое усиления следует над всеми деформационными швами сборных покрытий, где отсутствует сварка скоб, а также над продольными швами со сваренными скобами по оси ВПП (МРД), если ось совпадает со швом сборного покрытия, и по колее основных опор ВС на расстояниях 5–7 м по одному шву в обе стороны от оси руления самолета. При новом строительстве сборного покрытия, перекрываемого асфальтобетоном, допускается увеличивать расстояние между деформационными швами жесткого слоя по сравнению с нормативными значениями с соответствующим обоснованием.

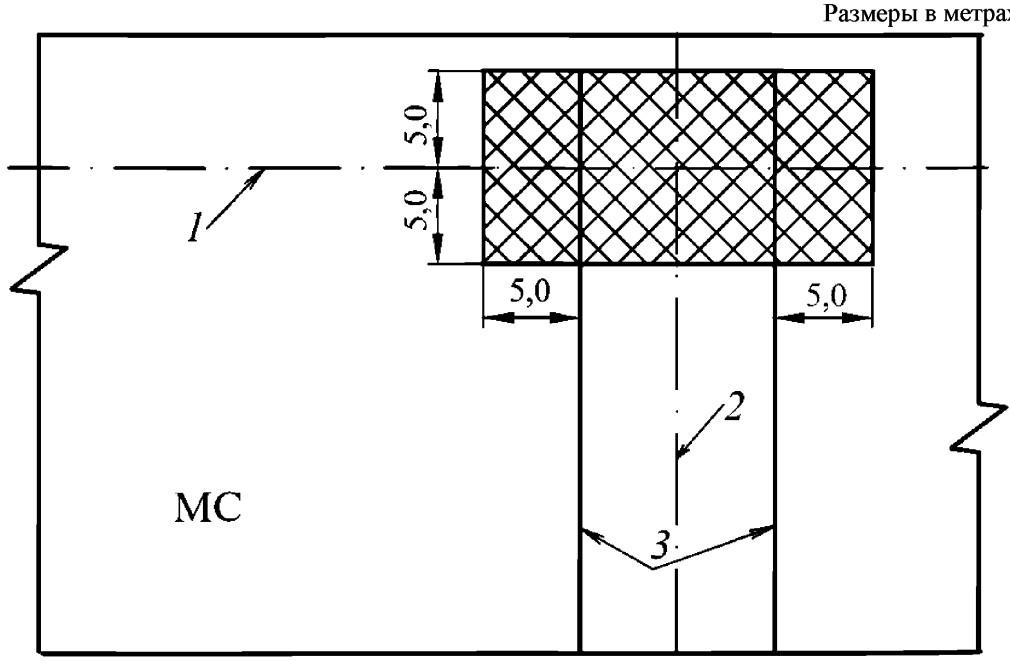
9.4 При усилении асфальтобетоном монолитных жестких покрытий нарезка швов должна осуществляться над всеми швами расширения (рисунок 9.4), а над остальными швами следует предусматривать армирование.

При отсутствии швов расширения в жестком слое расстояние между деформационными швами в асфальтобетоне (шаг нарезки) следует принимать по таблице 9.1.

Таблица 9.1

Среднемесячная температура воздуха наиболее холодного месяца, °С	Шаг нарезки деформационных швов, м
Минус 5 и выше	25–35
Ниже минус 5 до минус 15	15–25
Ниже минус 15 или при числе переходов температуры через 0 °С более 50 раз в году	10–15
Примечание – Расстояния между деформационными швами должны быть кратными длине (ширине) плит существующего покрытия.	

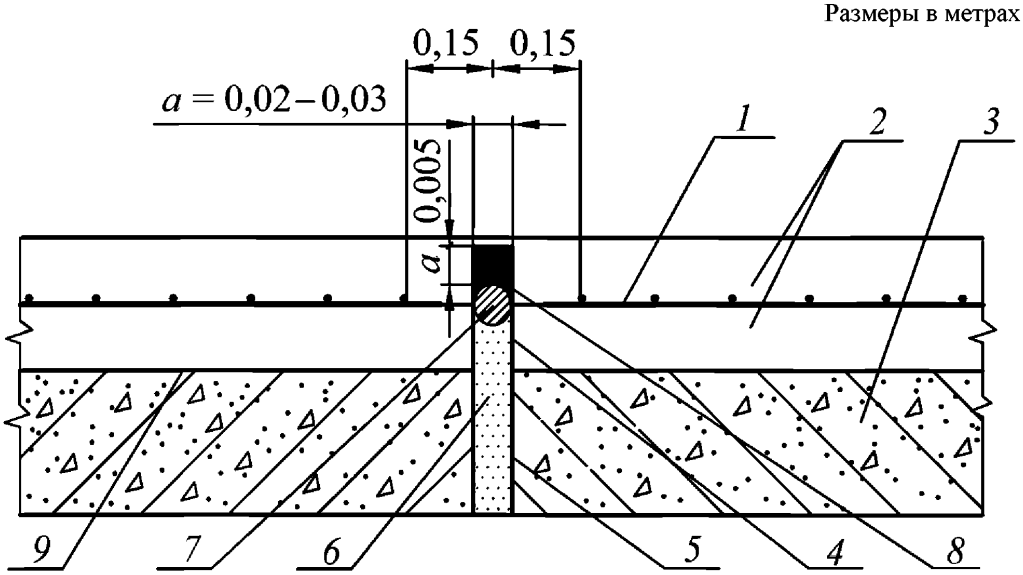
Размеры в метрах



1 – линия основных опор расчетного типа ВС; *2* – ось ВС; *3* – линии основных стоек шасси

***Рисунок 9.3* – Площадь армирования асфальтобетона на площадке для доводочных работ**

Размеры в метрах



1 – геосетка; *2* – верхний и нижний слои асфальтобетона; *3* – существующее жесткое покрытие; *4* – шов расширения в асфальтобетоне; *5* – шов расширения в жестком покрытии; *6* – прокладка из податливого (легкосжимаемого) материала (пористый полиэтилен, пенопласт, резиновая крошка); *7* – уплотнительный шнур $d = 1{,}5a$; *8* – герметизирующая мастика; *9* – подгрунтовка битумом

***Рисунок 9.4* – Шов расширения в двухслойном асфальтобетонном покрытии**

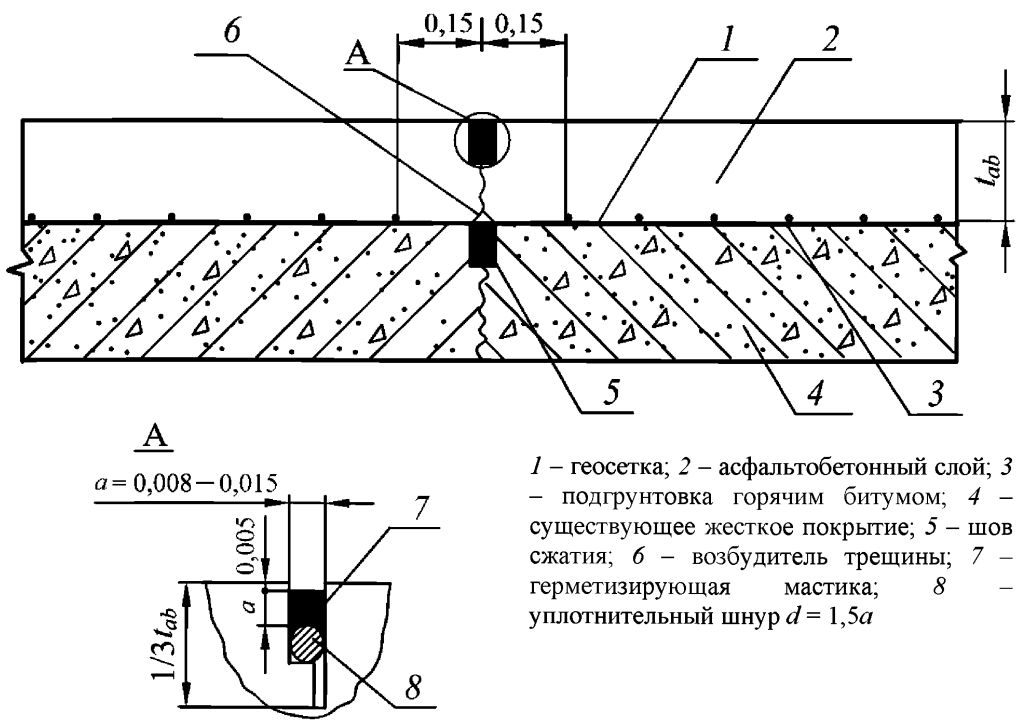
9.5 Геосетку в однослойных асфальтобетонных покрытиях укладывают непосредственно на жесткий или выравнивающий слой, предварительно подгрунтованный битумной эмульсией, жидким или вязким битумом. В двух- и трехслойных асфальтобетонных покрытиях геосетки укладывают между слоями, исключая нижний.

При сплошном армировании геосетки следует укладывать с перекрытием не менее 10 см. В местах нарезки швов геосетки следует прорезать насквозь. Ложные швы в асфальтобетоне должны иметь ширину 0,01–0,015 м.

Швы, совмещенные со швами расширения в жестком слое, должны быть сквозными и иметь одинаковую ширину. При нарезке швов в асфальтобетоне необходимо строго обеспечивать совмещение со швами в жестком слое (путем установки маяков, нанесения разметки, натяжения струны и др.), отклонение не должно превышать ±20 мм. В местах нарезки швов над швами жесткого слоя рекомендуется устанавливать образователь трещин (любой материал желательно с профилем уголка), который способствует появлению трещины в нужном сечении (рисунки 9.5, 9.6).

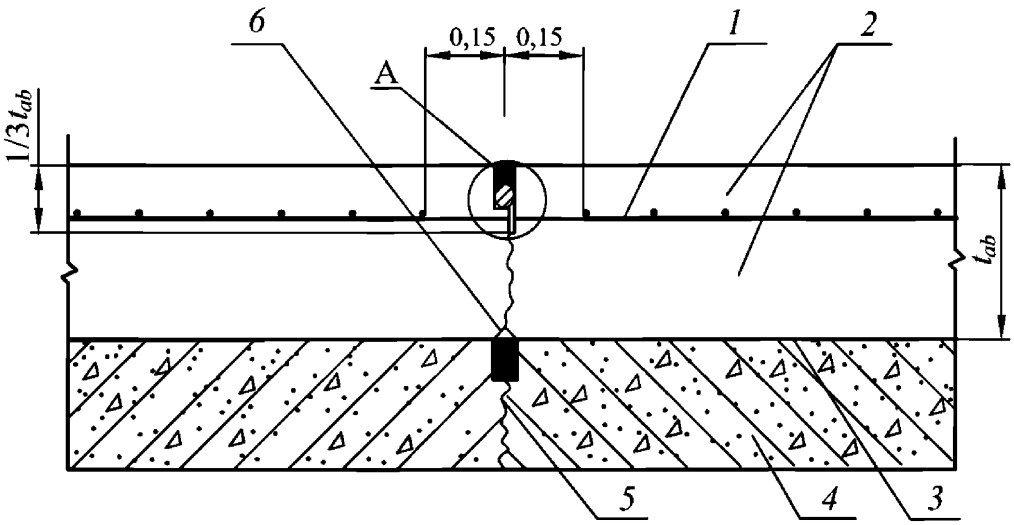
На участках сплошного или ленточного армирования над швами сжатия жестких покрытий (там, где швы не нарезаются) для снятия концентрации напряжений в асфальтобетоне и снижения вероятности появления отраженных трещин рекомендуется устраивать прослойку из двух слоев пергамина или рубероида на ширину не более $7t_{ab}$ (см. рисунки 9.1, 9.2). Поверхность жесткого слоя под пергамином должна быть смазана известковым молоком для исключения сцепления его с бетоном. По продольным краям пергамин должен приклеиваться к бетону битумом или пригружаться асфальтобетонной смесью. При усилении асфальтобетоном сборных покрытий типа ПАГ прослойку устраивают только над поперечными швами со сварными скобами.

9.6 Для заливки швов в асфальтобетоне следует применять горячие мастики на битумной основе. Уплотнительный шнур, предварительно укладываемый в паз шва, должен быть выполнен из жаростойкого материала, выдерживающего температуру 80 °С (например, из резины). Нижняя часть ложного шва может не заполняться, шва расширения – заполняться деформируемым (легко сжимаемым) материалом (резиновой крошкой, пористым полиэтиленом, пенопластом и др.). Разрез ложного шва в асфальтобетоне показан на детали А рисунка 9.5.



1 – геосетка; *2* – асфальтобетонный слой; *3* – подгрунтовка горячим битумом; *4* – существующее жесткое покрытие; *5* – шов сжатия; *6* – возбудитель трещины; *7* – герметизирующая мастика; *8* – уплотнительный шнур $d = 1{,}5a$

***Рисунок 9.5* – Деформационный шов в однослойном асфальтобетонном покрытии**



1 – геосетка; *2* – верхний и нижний слои асфальтобетона; *3* – подгрунтовка горячим битумом; *4* – существующее жесткое покрытие; *5* – шов сжатия; *6* – возбудитель трещины

***Рисунок 9.6* – Деформационный шов в двухслойном асфальтобетонном покрытии**

9.7 Для повышения трещиностойкости асфальтобетонных покрытий на аэродромах и снижения их пластичности при высоких температурах, а также для повышения устойчивости к многократным динамическим воздействиям и фрикционных свойств для устройства слоев усиления рекомендуется применять полимерасфальтобетон (ГОСТ 9128).

9.8 Для предотвращения отраженного трещинообразования в слое усиления рекомендуется также применять предварительное разрушение бетонного покрытия виброрезонансным методом. Разрушение покрытия выполняется низкоамплитудным высокочастотным резонансным бетоноломом. При этом разрушенный слой бетона сохраняет трещиноватую плотную структуру без потери структурной целостности слоя. Ровность и прочность нижележащего слоя не нарушаются. В верхней части разрушенного слоя на толщину 6–7 см образуется рыхлая структура в виде фрагментов разных размеров, которую следует прикатывать 10-тонным катком с гладким барабаном. Полученный рыхлый слой является трещинопрерывающим, а нижележащий плотный трещиноватый слой – искусственным основанием, распределяющим нагрузку на нижележащие слои. Модуль упругости распределяющего нагрузку слоя искусственного основания примерно в два раза превышает модуль упругости щебня (600–900 МПа).

При разрушении армированной плиты сцепление между бетоном и арматурой должно быть разрушено.

Слой усиления следует рассчитывать по модели слоистого упругого полупространства с отсутствием сцепления с основанием, роль которого играет предварительно разрушенный слой.

Обязательным требованием в такой конструкции является необходимость обеспечения водоотвода из разрушенного слоя рыхлой структуры, защемленного между плотными слоями. Устройство дренажа необходимо выполнить перед разрушением покрытия для постоянного поддержания рыхлого слоя в сухом состоянии непосредственно в период устройства слоя усиления и при эксплуатации покрытия.

10 Проектирование покрытий на местах стоянок и перронах

10.1. Проектирование покрытий на МС и перронах следует выполнять таким образом, чтобы любая часть перрона, обслуживающего ВС, была способна выдержать нагрузки, создаваемые в результате их движения и стоянки; при этом необходимо учитывать то обстоятельство, что на некоторых участках перрона плотность движения будет выше, и в результате медленного движения ВС или длительной стоянки эти участки будут подвергаться не меньшим нагрузкам, чем ИВПП.

10.2. При расчете прочности жестких покрытий в расчетный изгибающий момент следует вводить коэффициент k_N = 1,1, если искусственное основание выполнено из зернистых материалов, не обработанных вяжущими.

При расчете нежестких покрытий на перронах и МС величину эквивалентной одноколесной нагрузки F_e следует умножать на коэффициент k_N = 1,1.

Искусственные основания для асфальтобетонных покрытий, сборных из типовых плит типа ПАГ, а также железобетонных монолитных следует проектировать по предельно допускаемому давлению на грунт из условия недопущения в нем накопленных деформаций (осадок).

10.3 Во избежание возникновения сверхрасчетных напряжений в грунтовом основании и возникновения просадок рекомендуется применять следующие принципы конструирования покрытий на МС и перронах:

- избегать нулевых уклонов поверхности покрытий в целях обеспечения надежного отвода воды;

- в сухих местах ДКЗ IV и V применять повышенное уплотнение верхней части основания из связных грунтов на глубину 0,3–0,5 м до k_y = 1,01–1,03 (уплотнять тонкими слоями катками на пневмошинах при влажности грунта $W = 0{,}5–0{,}6\ W_т$);

- обеспечивать надежный водоотвод из грунтового основания и его гидроизоляцию путем устройства на его поверхности (или внутри) водонепроницаемых прослоек, защищающих грунт от проникновения атмосферной и подземной влаги;

- в дренирующих слоях применять щебеночные и гравийные материалы, исключив песок. На глинистых грунтах под дренирующим слоем устраивать прокладки из нетканых синтетических пористых материалов, способствующих эвакуации грунтовой воды;

- применять преимущественно жесткие покрытия. Под нагрузки выше нормативной категории II не рекомендуется применять железобетонные и сборные покрытия из преднапряженных железобетонных плит на нестабилизированных основаниях, в которых могут возникать накопленные деформации и зазоры;

- в качестве несущих слоев искусственных оснований рекомендуется использовать грунты и каменные материалы или подобранные грунтощебеночные и грунтогравийные смеси, обработанные преимущественно неорганическими вяжущими (цементом, известью, золой-уноса и др.);

- под асфальтобетонные покрытия применять только жесткие основания: пескоцемент, грунтоцемент, бетоны низких классов прочности;

- для асфальтобетона применять только жесткие каркасные смеси (щебеночно-мастичный асфальтобетон по ГОСТ 31015), устойчивые к воздействию высоких температур;

- в условиях ДКЗ IV и V по возможности исключать применение асфальтобетона на МС или частично заменять его бетонными покрытиями (сборными или монолитными) в зонах, непосредственно воспринимающих нагрузки от опор стоящих ВС.

11 Расчет сборных аэродромных покрытий из плит ПАГ-14, ПАГ-18 и ПАГ-20 под тяжелые нагрузки

11.1 Тяжелыми нагрузками для сборных покрытий считаются опорные нагрузки с числом колес 4 и более и с нагрузкой на одно колесо более 100 кН.

Сборные покрытия из типовых плит следует применять:

- ПАГ-14 –для нагрузки на колесо многоколесной опоры не более 100 кН и нагрузки от одноколесной опоры – не более 170 кН;

- ПАГ-18 – для многоколесной опоры с нагрузкой не более 140 кН на колесо и для одноколесной опоры – не более 200 кН;

- ПАГ-20 – не более 180 и 250 кН соответственно.

Плиты должны удовлетворять требованиям ГОСТ 25912.

11.2 При расчете сборных покрытий по прочности должны удовлетворяться условия:

$$m_d^{(+)} \le m_u^{(+)}, \quad (11.1)$$

$$m_d^{(-)} \le m_u^{(-)}, \quad (11.2)$$

где $m_d^{(+)}$, $m_u^{(+)}$ – положительные расчетный и предельный изгибающие моменты соответственно при положении нагрузки в центральной зоне плиты;

$m_d^{(-)}$, $m_u^{(-)}$ – отрицательные расчетный и предельный изгибающие моменты соответственно при положении нагрузки у поперечного края плиты.

Положительный расчетный изгибающий момент определяют по формуле

$$m_d^{(+)} = m_{c,\max} k_x . \quad (11.3)$$

Отрицательный расчетный изгибающий момент определяют по формуле

$$m_d^{(-)} = m_{c,\max} k_z^m k_{\text{ст}}, \quad (11.4)$$

где $m_{c,\max}$ – максимальный изгибающий момент при центральном загружении плиты (пункт 7.8.2 СП 121.13330.2019);

k_x – коэффициент, учитывающий ортотропность плиты; для ПАГ-14, ПАГ-18 $k_x = 1{,}38$; для ПАГ-20 $k_x = 1{,}29$;

k_z^m – коэффициент, учитывающий увеличение изгибающих моментов за счет возможного наличия начальных зазоров между плитой и основанием, принимается по графикам (рисунок 11.1).

В случаях применения технологии, обеспечивающей плотный контакт плиты с основанием по всей площади плиты (вибропосадка, инъецирование раствора и др.), принимают $k_z^m = 1$.

$k_{\text{ст}}$ – коэффициент, учитывающий влияние стыковых соединений в поперечных швах сборных покрытий, принимается по рисунку 11.2. При использовании рисунка 11.2 следует принимать расчетную нагрузку (с учетом k_d и γ_f), равную сумме нагрузок от колес, расположенных на одной оси опоры в пределах ширины плиты.

Если в сборном покрытии устраивают деформационные швы, в которых отсутствует сварка стыковых соединений, $k_{\text{ст}}$ принимают равным 1.

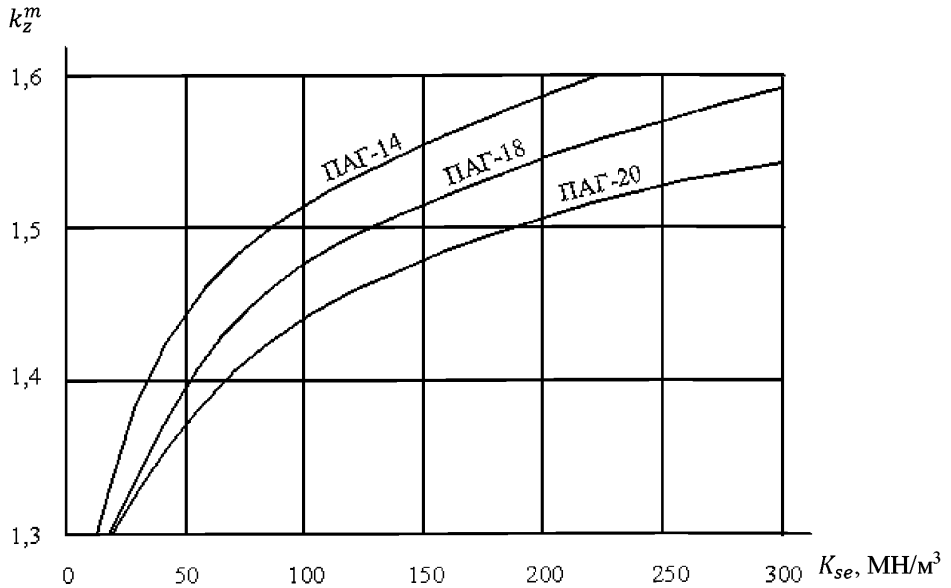


Рисунок 11.1 **– График для определения коэффициента k_z^m, учитывающего наличие начальных зазоров между плитой и основанием**

Положительные предельные изгибающие моменты $m_u^{(+)}$ принимаются по таблице 11.2, отрицательные $m_u^{(-)}$ – по таблице 11.3.

При определении требуемой толщины искусственного основания из материалов, обработанных вяжущими, условный диаметр площади передачи нагрузки надлежит определять по формуле

$$D_r = 3 \cdot l_d \cdot k, \tag{8.5}$$

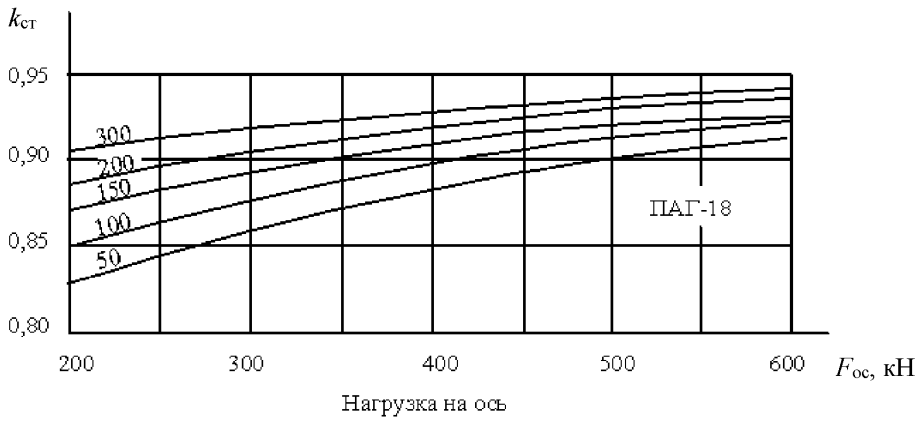
где l_d – требуемая упругая характеристика плиты, при которой обеспечивается условие (8.1) или (8.2), определяется методом последовательного подбора;

k_α – коэффициент, принимаемый в зависимости от отношения радиуса R_e круга, равновеликого площади отпечатка колеса опоры ВС, к упругой характеристике плиты l_d по таблице 11.1.

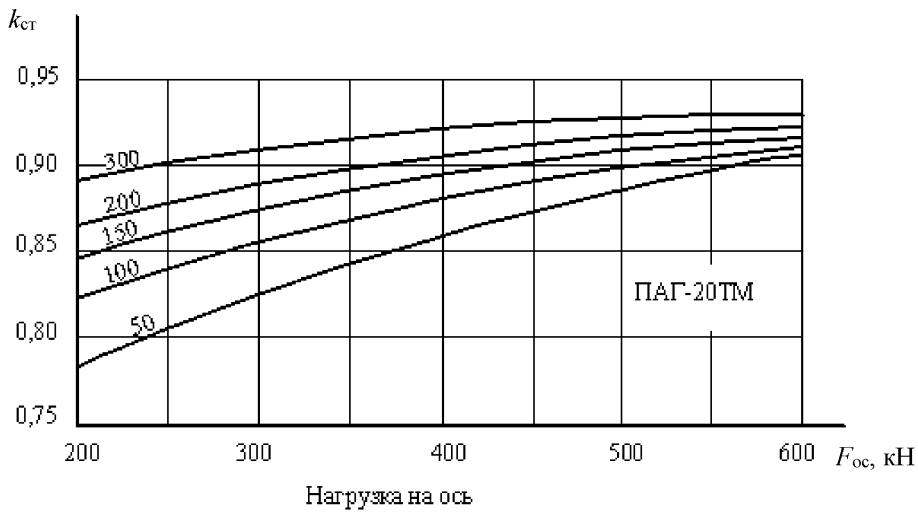
Таблица 11.1

R_e / l_d	k_α	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

а



б



Примечание – Цифры на графиках обозначают эквивалентный коэффициент постели упругого основания K_{se}, МН/м^3.

***Рисунок 11.2* – График для определения коэффициента $k_{ст}$, учитывающего стыковые соединения между плитами 1ПАГ-18 (*а*) и ПАГ-20 (*б*)**

Таблица 11.2

Тип плиты	Группа участков покрытия	Положительные предельные изгибающие моменты $m_u^{(+)}$, кНм/м, в центре плиты при расчетном числе нагружений				
		10^2	10^3	10^4	10^5	10^6
		k_u=1,66	k_u =1,5	k_u =1,33	k_u =1,17	k_u =1,0
ПАГ-14 B_{tb}4,0	А	30,20	27,80	25,30	22,90	20,50
	Б, В	32,80	30,10	27,50	24,90	22,20
	Г	35,30	32,40	29,50	26,80	23,90
ПАГ-18 B_{tb}4,0	А	50,60	46,50	42,50	38,60	34,60
	Б, В	54,80	50,40	46,0	41,90	37,50
	Г	59,0	54,20	49,50	45,10	40,40
ПАГ-20 B_{tb}4,0	А	62,0	57,0	52,0	47,30	42,30
	Б, В	67,20	61,70	56,30	51,20	45,80
	Г	72,30	66,50	60,60	55,10	49,30

Примечание – При расчете табличных значений положительных предельных изгибающих моментов приняты следующие значения ядрового момента m_r, кНм/м:

- для ПАГ-14 – 5,32;
- для ПАГ-18 – 9,40;
- для ПАГ-20 – 11,25

и следующие значения γ_c для участков группы:

А – 1,21;
Б – 1,32;
В – 1,43.

Таблица 11.3

Тип плиты	Группа участков покрытия	Отрицательные предельные изгибающие моменты в краевой зоне плиты $m_u^{(-)}$, кНм/м, при расчетном числе нагружений				
		10^2	10^3	10^4	10^5	10^6
		k_u =1,66	k_u =1,5	k_u =1,33	k_u =1,17	k_u =1,0
ПАГ-14 B_{tb} 4,0	А	37,42	34,71	31,62	28,85	25,92
	Б, В	41,07	37,75	34,69	31,51	28,31
	Г	44,48	41,03	37,35	34,15	30,59
ПАГ-18 B_{tb} 4,0	А	63,47	58,57	53,92	49,17	44,17
	Б, В	70,38	63,92	58,76	53,75	48,24

Окончание таблицы 11.3

Тип плиты	Группа участков покрытия	Отрицательные предельные изгибающие моменты в краевой зоне плиты $m_u^{(-)}$, кНм/м, при расчетном числе нагружений				
		10^2	10^3	10^4	10^5	10^6
		k_u =1,66	k_u =1,5	k_u =1,33	k_u =1,17	k_u =1,0
	Г	75,05	69,14	63,60	58,20	52,43
ПАГ-20ТМ B_{tb} 4,0	А	82,11	75,38	68,79	62,68	55,95
	Б, В	89,69	82,21	74,97	68,36	59,96
	Г	97,66	92,56	81,28	73,92	65,94

Требуемую толщину искусственного основания t_f, м, из материалов, укрепленных вяжущими, для сборных покрытий определяют по формуле

$$t_f = D_r \Big/ \left(\frac{D_r}{t_f}\right), \tag{11.6}$$

где $\frac{D_r}{t_f}$ – отношение, определяемое по номограмме рисунка 11.3 в зависимости от значений $\frac{E_c}{1{,}8 l_d K_{sd}}$ и $\frac{E_c}{1{,}8 l K_s}$;

K_{sd}, l_d – значения соответственно требуемого коэффициента постели, МН/м^3, и упругой характеристики плиты l_d, м, при которых соблюдается условие прочности покрытия (11.1) или (11.2);

K_s, l – значения соответственно коэффициента постели основания, МН/м^3, и упругой характеристики плиты, м, лежащей на грунте;

E_c – модуль упругости материала искусственного основания, обработанного вяжущим, МПа, принимаемый согласно приложению В.

Если значения $\frac{E_c}{1{,}8 l_d K_{sd}}$ и $\frac{E_c}{1{,}8 l K_s}$ выходят за пределы номограммы рисунка 8.3, рекомендуется принять основание с более высоким модулем E_{c1} и выполнить расчет его толщины t_{f1}.

Требуемую толщину основания t_f с модулем E_c определяют по формуле перерасчета

$$t_f = t_{f1} \sqrt[3]{\frac{E_{c1}}{E_c}}. \tag{11.7}$$

Слои оснований из материалов, необработанных вяжущими (щебня, гравия, песчано-гравийной смеси (ПГС), грунтощебеночных, гравийно-щебеночных смесей, песка) учитывают в расчете эквивалентным коэффициентом постели K_{se}. В этом случае коэффициент постели грунта K_s заменяется на эквивалентный коэффициент постели многослойного основания K_{se}.

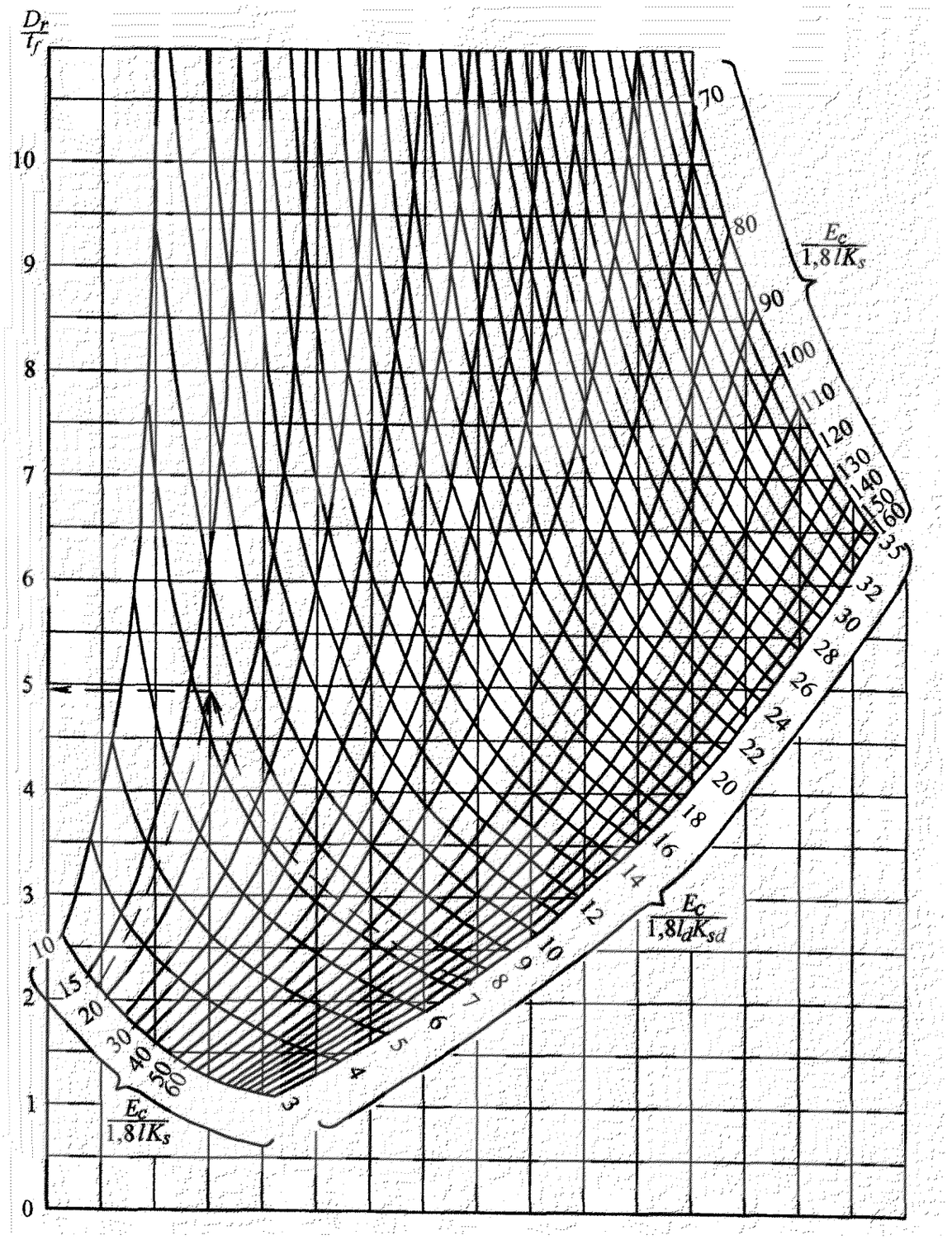


Рисунок 11.3 **– Номограмма для определения соотношения** $\frac{D_r}{t_f}$

12 Расчет жестких слоев усиления при реконструкции покрытий аэродромов

12.1 Слои усиления покрытий следует проектировать в случаях:

- когда несущая способность существующего покрытия недостаточна для восприятия нагрузок от ВС, эксплуатация которых планируется на данном аэродроме;

- когда несущая способность покрытия достаточна, но его поверхность находится в состоянии, при котором замена отдельных плит или участков и ремонт оставшихся плит экономически менее выгодны, чем укладка нового слоя.

12.2 Необходимо иметь в виду, что механические свойства находившегося в эксплуатации покрытия могут существенно отличаться от данных проекта в силу повышения прочности цементобетона, изменения гидрологического режима в грунте под аэродромной конструкцией, накопления остаточных деформаций, других явлений, происходящих в период эксплуатации покрытия, а также отклонений от проекта при строительстве и наличия непредусмотренного математической моделью конструкции трения-сцепления между слоями. Решение о назначении слоев усиления покрытий рекомендуется основывать на данных визуальных и инструментальных исследований существующих конструкции и основания.

Инструментальные обследования могут включать следующие виды работ:

- испытания покрытий пробной нагрузкой (прокатка расчетным типом ВС);

- отбор образцов-кернов из слоев существующего покрытия (замер кернов и лабораторные испытания прочностных характеристик).

12.3 В качестве математической модели существующей конструкции принимают бесконечную в плане плиту с суммарной жесткостью B_{tot}, упругой характеристикой l на упругом основании, податливость которого характеризуется коэффициентом отпора C или эквивалентным коэффициентом постели основания K_{se}. Параметры C, l и B_{tot} определяются по данным испытаний покрытий пробной нагрузкой в отдельных точках покрытия.

Коэффициент отпора определяют как среднее значение величины, умноженное на коэффициент $k_{сез}$, учитывающий изменение свойств грунтов, слагающих основание, по сезонам года. Коэффициент $k_{сез}$ определяют экспериментально по данным испытаний конструкций в различные сезоны года. Если такие сведения для грунтов данной местности отсутствуют, допускается принимать значения $k_{сез}$ для второго типа местности в ДКЗ II и III равными:

- для глинистых грунтов, пылеватых и мелких песков:

1,0 – при весенних испытаниях,

0,68 – при летних испытаниях,

0,85 – при осенних испытаниях покрытий;

- для песков средней крупности и крупных:

1,0 – при весенних испытаниях,

0,9 – при летних и осенних испытаниях.

Расчетное значение упругой характеристики определяют по формуле

$$l = \bar{l}\,(1 + t_{н}\nu), \tag{12.1}$$

где $\bar{\lambda}$ – среднее значение упругой характеристики по данным испытаний в нескольких точках одной и той же конструкции;

ν – коэффициент вариации, равный отношению среднеквадратического отклонения к среднему значению упругой характеристики (данные испытаний);

$t_{н}$ – нормированное отклонение для заданного уровня надежности конструкции P, принимаемое по таблице 12.1. Требуемый уровень проектной надежности зависит от расчетного (проектного) срока службы, устанавливаемого заданием на проектирование (таблица 12.2).

Таблица 12.1

Требуемая надежность P	0,80	0,85	0,90	0,95	0,98	0,99
$t_{н}$	0,82	1,10	1,30	1,64	2,00	3,00

Таблица 12.2

Расчетный срок службы слоя усиления, годы	5	10	15	20
Требуемый уровень надежности P	0,80	0,90	0,93	0,95

Суммарную жесткость существующей конструкции определяют по формуле

$$B_{tot} = l^4 \cdot C. \tag{12.2}$$

Примечание – Коэффициент отпора, значения которого находят по данным испытаний, при прочих равных условиях меньше коэффициента постели. В математической модели конструкции, использующей представление о коэффициенте отпора, это компенсируется тем, что грунтовому основанию приписывается жесткость, входящая в качестве слагаемого в величину суммарной

жесткости B_{tot}. Поэтому не рекомендуется находить значение B_{tot} каким-либо иным способом, кроме указанного в настоящем пункте.

12.4 При инструментальном обследовании, включающем только отбор образцов-кернов, жесткость каждого слоя существующего покрытия определяют с учетом фактических прочностных характеристик бетона (полученных в результате испытаний) и толщин слоев покрытия (полученных в результате замера кернов). Расчет B_{tot} и l выполняют в соответствии с подразделом 7.8 СП 121.13330.2019. Эквивалентный коэффициент постели основания K_{se} определяют в соответствии с приложением Г СП 121.13330.2019.

12.5 Жесткие слои усиления из бетона, армобетона и монолитного железобетона, как правило, проектируют с совмещением швов слоя усиления и существующего слоя. В отдельных случаях, когда это затруднено, допускается несовмещение швов (продольные и поперечные швы в верхнем и нижнем слоях взаимно смещены более чем на две толщины слоя усиления). В случае совмещения швов в слое усиления рекомендуется устраивать стыковые соединения в продольных и поперечных швах в соответствии с 8.2–8.4. Если в существующем покрытии уже имеются стыковые соединения, допускается в слое усиления применять краевое армирование плит в соответствии с таблицей 8.4. Ширину зоны усиления армированием следует принимать равной 0,8 l, где l – упругая характеристика слоя усиления, но не менее 0,6 м.

На участках усиленных конструкций с несовмещенными швами или сквозными трещинами следует армировать нижнюю зону слоя усиления над швами (трещинами) существующего покрытия в соответствии с 8.6.

12.6 Между слоем усиления и существующим покрытием рекомендуется применять разделительную прослойку из двух слоев пергамина, аэродромной полиэтиленовой прокладки (ППА) и других подобных материалов.

12.7 Покрытия аэродромов, предназначенные для эксплуатации ВС внеклассной и нормативных категорий I–III, рекомендуется усилять железобетонным слоем с армированием только нижней зоны плиты. Продольные швы слоя усиления и существующего покрытия совмещают в обязательном порядке. Поперечные швы применяют трех типов: ложные заанкеренные (без разрезки арматурной сетки в шве), ложные обычные (с отсутствием стыковых соединений и арматуры в шве) с дополнительным армированием верхней зоны плиты у края шва и швы расширения с дополнительным армированием краевых участков верхней части плиты. Швы всех типов следует совмещать со швами нижележащего слоя реконструируемого покрытия. Размеры плит слоя усиления между

заанкеренными швами (продольными и поперечными) не должны превышать 7,5 м. Расстояние между ложными швами сжатия с краевым армированием верхней зоны плиты назначают в пределах 60–70 м (включает несколько плит с заанкеренными швами). Расстояние между швами расширения в слое усиления определяют расчетом в соответствии с методикой раздела 13, если в существующем покрытии они отсутствуют, или принимают равным расстоянию между швами расширения усиляемого покрытия с обязательным их совмещением. По возможности рекомендуется совмещать швы расширения с ложными швами с дополнительным армированием верхней зоны плиты. Стыковые соединения в швах не устраивают. Арматурную сетку из стали периодического профиля диаметром от 5 до 18 мм укладывают непосредственно на существующее покрытие (или выравнивающий слой) без устройства разделительной прослойки и защитного слоя арматуры. Минимальное значение коэффициента армирования $\mu = 0{,}25$. При толщине выравнивающего слоя более 0,1 м в нем проводят нарезку швов, совмещая их со швами существующего покрытия. При меньших толщинах выравнивающего слоя нарезку швов в нем не проводят. Применение в качестве выравнивающих слоев материалов, обработанных органическими вяжущими, не допускается.

12.8 Сборные покрытия из предварительно напряженных железобетонных плит рекомендуется усиливать асфальтобетоном. В этом случае следует предусматривать конструктивные мероприятия по снижению вероятности образования отраженных трещин в асфальтобетонном слое в соответствии с разделом 6.

Усиливать сборные покрытия из предварительно напряженных железобетонных плит сборными предварительно напряженными плитами целесообразно только в том случае, если толщина плиты ПАГ слоя усиления больше толщины ПАГ существующего покрытия (например, плиты ПАГ-14 рационально усиливать плитой ПАГ-18 или ПАГ-20).

При усилении сборных покрытий сборными плитами швы слоя усиления по отношению к швам существующего покрытия необходимо смещать не менее чем на 0,5 м для продольных и 1,0 м для поперечных швов. Между существующим покрытием и сборными плитами слоя усиления следует обязательно, независимо от ровности усиляемого покрытия, предусматривать устройство выравнивающего слоя из пескоцементной смеси толщиной не менее 3 см; разделительную прослойку в этом случае не устраивают.

Усиливать монолитные бетонные (цементобетонные, армобетонные, железобетонные) покрытия сборными предварительно напряженными плитами не рекомендуется.

12.9 Расчет требуемой толщины жесткого слоя усиления из монолитного бетона, армобетона выполняют по модели двухслойного жесткого покрытия из условия обеспечения прочности верхнего слоя $m_{d,sup} \leq m_{u,sup}$ для двух вариантов взаимного размещения швов в слоях: с совмещением и без совмещения. Окончательная толщина слоя усиления принимается по варианту, дающему наибольшее значение искомой толщины.

Расчетные моменты в бетонном и армобетонном слое усиления определяют по формулам:

- для покрытий с совмещенными швами

$$m_{d,sup} = \frac{m_{c,\max} \cdot B_{sup} \cdot k'}{B_{sup} + B_{inf}}; \tag{12.3}$$

- для покрытий с несовмещенными швами

$$m_{d,sup} = \frac{m_{c,\max} \cdot B_{sup} \cdot k_1}{B_{sup} + B_{inf}}, \tag{12.4}$$

где $m_{c,\max}$ – максимальный изгибающий момент в центре плиты с жесткостью, равной суммарной жесткости слоя усиления и существующего покрытия, МН·м/м;

B_{sup} – жесткость слоя усиления, МПа·м^4/м;

B_{inf} – жесткость существующего покрытия, определяемая по данным испытаний, приравнивается к B_{tot} (формула (12.2)), МПа·м^4/м;

k' и k_1 – коэффициенты, учитывающие увеличение напряжений на краю плиты по сравнению с центральной частью для покрытий с совмещенными швами и учитывающие концентрацию напряжений в слое усиления над швом или трещиной в покрытиях с несовмещенными швами соответственно.

12.10 Если между существующей жесткой конструкцией и жестким слоем усиления предусматривается устройство выравнивающей или разделительной прослойки из пескоцемента, тощего бетона или других более деформативных, чем бетон, материалов, правые части формул (12.3) и (12.4) следует умножать на коэффициент k_2, определяемый по формуле

$$k_2 = 1 + \frac{B_{inf}}{B_{sup}(1+\Omega)} \cdot \sqrt[4]{\frac{0{,}95 k_s \cdot B_{sup} \cdot B_{inf} \cdot t_0}{E_0 (B_{sup} + B_{inf})^2}}, \tag{12.5}$$

где $\Omega = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} \bar{m}_{x(y)_i}}{f(\alpha)}$ – принимают по таблице 12.3;

$\bar{m}_{x(y)i}$ – единичные изгибающие моменты в расчетном сечении плиты от воздействия i-го колеса опоры ВС;

$f(\alpha)$ – функция, значения которой принимают по таблице К.1 СП 121.13330.2019;

t_0 – толщина материала прослойки, м;

E_0 – модуль упругости материала прослойки, МПа;

K_s – коэффициент постели основания, приравнивают к величине коэффициента отпора C, МН/м^3, значение которого определяется по данным испытаний.

Формулу (12.5) рекомендуется использовать для учета деформативности материала только новых прослоек, считая, что деформативность существующих асфальтобетонных слоев учтена значениями B_{tot} и C при определении этих величин по данным испытаний. Если эти величины определяли по проектным данным, приведенную формулу рекомендуется использовать и для учета сжимаемости ранее уложенных асфальтобетонных слоев, непосредственно подстилающих проектируемый жесткий слой усиления.

Таблица 12.3

Нагрузка	Значения Ω при упругой характеристике плиты l, см, равной					
	50	70	90	110	130	150
Категории нормативных нагрузок						
Внеклассная	–	0,144	0,250	0,380	0,620	0,910
I	–	0,160	0,268	0,413	0,684	0,959
II	–	0,181	0,312	0,475	0,765	1,087
III	–	0,207	0,357	0,559	0,929	1,358
IV	–	0,243	0,417	0,630	1,083	1,482
Типы ВС						
Ил-62	–	–	0,352	0,400	0,453	0,478
Ил-76	0,546	0,723	0,895	1,063	1,152	1,238
Ту-154	0,243	0,432	0,762	0,968	1,176	1,324
Як-42	0,205	0,316	0,409	0,573	0,695	–
Ан-24	0,367	0,45	0,515	0,545	–	

12.11 Если жесткий слой усиления устраивают по нежесткому покрытию, расчетный изгибающий момент вычисляют как для однослойного покрытия, лежащего на искусственном основании из материалов, укрепленных вяжущими, жесткость которого B_f принимают равной жесткости существующего покрытия B_{tot}, определяемой по данным испытаний.

$$m_d = \frac{k \cdot \rho \cdot m_{c,\max} \cdot B}{B + B_f}, \quad (12.6)$$

где k – коэффициент учитывающий увеличение изгибающего момента при приложении нагрузки на краю плиты (при наличии стыковых соединений или краевого армирования) или углу плиты (при отсутствии усиления краевой зоны плиты верхнего слоя), принимаемый равным 1,2 в первом случае и 1,5 – во втором;

ρ – коэффициент, учитывающий снижение напряжений в слое усиления, лежащем на основании, укрепленном вяжущими;

B – жесткость слоя усиления, МПа·м^4/м.

При расчете жесткого слоя усиления существующего нежесткого покрытия, характеристики деформативности которого по данным испытаний отсутствуют, необходимо учитывать средний модуль упругости нежесткой конструкции с учетом понижающих коэффициентов к модулям упругости материалов конструктивных слоев по формуле

$$E_{mt} = \frac{\sum \beta_i \cdot E_i}{\sum t_i}, \quad (12.7)$$

где E_{mt} – средний модуль упругости нежесткого покрытия, МПа;

t_i – толщины конструктивных слоев нежесткого покрытия, м;

E_i – модули упругости материалов конструктивных слоев, принимаемые по таблицам приложения И СП 121.13330.2019 и таблицы Д.1 приложения Д настоящего пособия, МПа;

β_i – понижающие коэффициенты к модулям упругости, учитывающие техническое состояние конструктивного слоя, принимаются по таблице Д.3 приложения Д настоящего пособия.

Примечание – Модули упругости материалов конструктивных слоев существующего нежесткого покрытия E_i в таблице И.5 приложения И СП 121.13330.2019 следует принимать по графе для жестких покрытий.

12.12 Предельный изгибающий момент в бетонном (армобетонном) слое усиления определяют по формуле

$$m_u = \gamma_c \frac{t_{sup}^2}{6} R_{tb} \cdot k_u, \quad (12.8)$$

где γ_c – коэффициент условий работы;

t_{sup} – толщина слоя усиления, м;

R_{tb} – расчетное сопротивление бетона слоя усиления, принимаемое по таблицам приложения И СП 121.13330.2019, МПа;

k_u – коэффициент, учитывающий повторность приложения нагрузки, вычисляемый по формуле

$$k_u = 2 - 0{,}167 \lg U_d. \tag{12.9}$$

12.13 Перед проектированием слоев усиления в условиях наличия пучинистых грунтов рекомендуется выполнять измерения сезонных колебаний вертикальных отметок поверхности существующего покрытия, обусловленных пучением грунтов. Если местные сезонные деформации приводят к превышению допустимых уклонов, установленных проектом, следует предусматривать мероприятия по их уменьшению (например, осушение оснований и пр.). Если нормы для уклонов соблюдаются, то расчет вертикальных деформаций не выполняют.

13 Расчет расстояний между швами расширения в монолитных жестких покрытиях

13.1 Расстояние между швами расширения в аэродромных покрытиях зависит от множества факторов: климатических условий, конструкции покрытий, характеристик материалов и других.

Ниже приведена методика ФГУП ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект», применяемая для расчета расстояния между швами расширения в жестких аэродромных покрытиях в гражданской авиации.

13.2 Надежность работы жестких монолитных покрытий от сжимающих напряжений на контуре плиты ($\sigma_т^{шв}$), возникающих при невозможности свободного расширения плит при повышении температуры, определяется расчетом на продольную устойчивость и прочность бетона на скалывание в швах.

13.3 Обеспечение продольной устойчивости плит вблизи шва достигается при следующем условии:

$$\sigma_т^{шв} \cdot k_{зап} \leq \frac{4 \cdot g \cdot \rho_i \cdot L^2}{10^3 \cdot t}, \tag{13.1}$$

где $\sigma_т^{шв}$ – температурные напряжения на краю плиты, МПа;

$k_{зап}$ – коэффициент запаса, рекомендуется принимать равным 2;

g – ускорение свободного падения, равное 9,8 м/с^2;

ρ_i – плотность бетона (армобетона, железобетона), т/м^3;

L – длина плиты покрытия, м;

t – толщина плиты покрытия, м.

13.4 Значения $\sigma_т^{шв}$ определяют по номограмме на рисунке 13.1.

Исходными данными для определения $\sigma_т^{шв}$ являются:

- географическая широта расположения объекта;

- средняя максимальная температура самого жаркого месяца $T_в^{ср}$ или средняя из абсолютных максимумов температуры воздуха $T_в^{ср(а)}$ с учетом суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации, поступающей в 12:00–13:00 на горизонтальную поверхность при безоблачном небе, определяемая по климатологическим справочникам или по таблице 13.1;

- температура укладки бетона ($25° \geq T_у \geq 5°$);

- класс прочности бетона на растяжение при изгибе B_{tb}.

Примечание – Среднюю максимальную температуру самого жаркого месяца ($T_в^{ср}$) рекомендуется использовать при оценке напряженного состояния действующих покрытий; средний абсолютный максимум ($T_в^{ср(а)}$) – при новом строительстве или реконструкции с устройством жесткого слоя усиления. Порядок пользования номограммой показан пунктирными линиями со стрелками (см. рисунок13.1).

13.5 Обеспечение прочности бетона на скалывание в швах покрытий определяется условием

$$\sigma_т^{шв} \cdot k_{зап} \leq \tau, \qquad (13.2)$$

где τ – скалывающие напряжения у кромки плит, МПа, определяемые по формуле

$$\tau = 0{,}26 \cdot R_b;$$

0,26 – эмпирический коэффициент, учитывающий переход от сжатия к скалыванию;

R_b – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию, принимаемое по СП 63.13330, МПа.

13.6 При выполнении условий (13.1) и (13.2) устройство швов расширения не требуется. Если одно из условий не выполняется, необходимо в покрытии устраивать швы расширения.

Максимально допустимое расстояние между швами расширения $L_{ш.р}$ определяют по графику на рисунке 13.2 в зависимости от температурного напряжения

$\sigma_т = \sigma_т^{шв}$, при котором соблюдаются условия (13.1) и (13.2). Если расстояние между швами расширения по расчету превышает 250 м, то его следует принимать равным 240–250 м. Однако расстояние между швами расширения не должно превышать величины

$$L_{ш.р} = \frac{\Delta}{\alpha \cdot T}, \tag{13.3}$$

где $\Delta = a \cdot \varepsilon_{сж}$ – деформация прокладки в шве, м;

здесь a – ширина паза шва расширения, максимальное значение которой не должно превышать 3,5 см;

$\varepsilon_{сж}$ – относительная деформация сжатия прокладки в шве, равная отношению деформации сжатия к первоначальной толщине прокладки, принимаемая, как правило, не менее 0,70 для полимерных материалов и 0,20 – для дерева;

α – коэффициент линейного расширения бетона, принимаемый равным 10^{-5}, 1/С°;

T – температура, обусловливающая обжатие прокладок в швах, С°, определяется по графику на рисунке 13.3.

13.7 Герметизирующую мастику подбирают по величине расчетного значения максимального относительного удлинения $\frac{\Delta_{max}}{a}$ (отношения максимальной деформации растяжения мастики Δ_{max} к первоначальному ее размеру, равному ширине паза шва a). Величину Δ_{max}, обусловленную разностью максимальной средней (абсолютной) температуры покрытия $T_в^{ср(а)}$ с учетом радиации и температуры укладки $T_у$, определяют по формуле

$$\Delta_{max} = L \cdot \alpha \cdot (T_в^{ср(а)} - T_у). \tag{13.4}$$

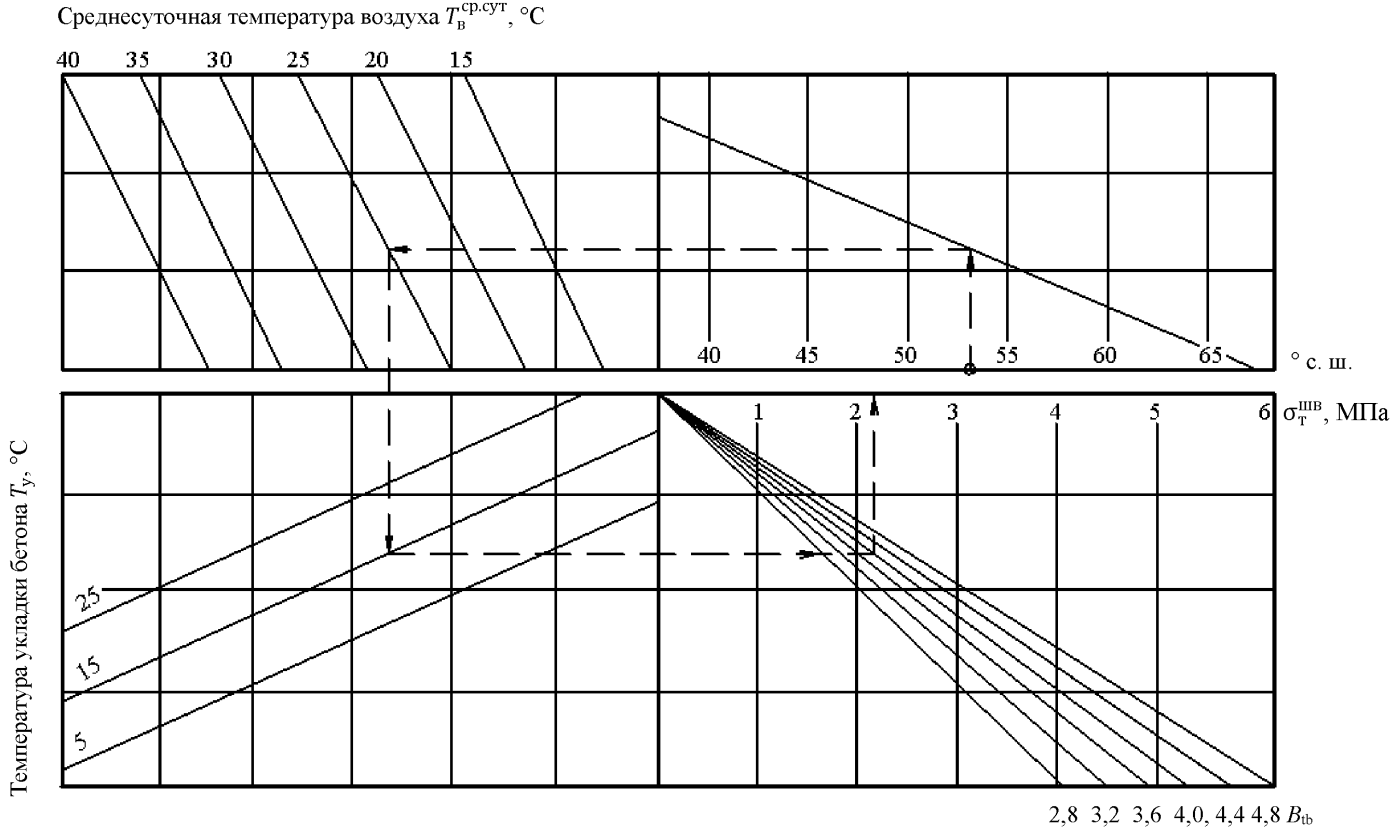


Рисунок 13.1 **– Номограмма для определения температурных напряжений $\sigma_т^{ШВ}$ на краю плиты**

Таблица 13.1

Наименование пункта	$T_в^{ср}$, °С	$T_в^{ср(а)}$, °С	Наименование пункта	$T_в^{ср}$, °С	$T_в^{ср(а)}$, °С
Абакан	26	33	Оренбург	31	38
Анапа	30	34	Пенза	29	34
Архангельск	26	29	Печора	27	33
Астрахань	32	38	Пермь	28	34
Барнаул	30	36	Псков	26	31
Бугульма	27	32	Рязань	28	33
Березово	26	30	Самара	30	35
Волгоград	30	37	Санкт-Петербург	26	30
Воронеж	29	35	Саратов	31	36
Грозный	30	36	Сургут	26	31
Екатеринбург	27	32	Сыктывкар	27	32
Йошкар-Ола	28	34	Тверь	26	32
Казань	29	34	Томск	27	32
Калининград	25	29	Тобольск	28	32
Кемерово	27	34	Тамбов	29	35
Киров	27	31	Тула	27	33
Колпашево	27	32	Тюмень	29	34
Кострома	27	31	Ульяновск	29	34
Краснодар	30	37	Уфа	29	34
Красноярск	26	31	Ухта	26	32
Курган	30	36	Челябинск	30	35
Курск	28	33			
Магнитогорск	28	34			
Москва	28	33			
Нижний Новгород	28	33			
Нижний Тагил	26	32			
Новосибирск	28	33			
Омск	30	36			
Орел	28	33			

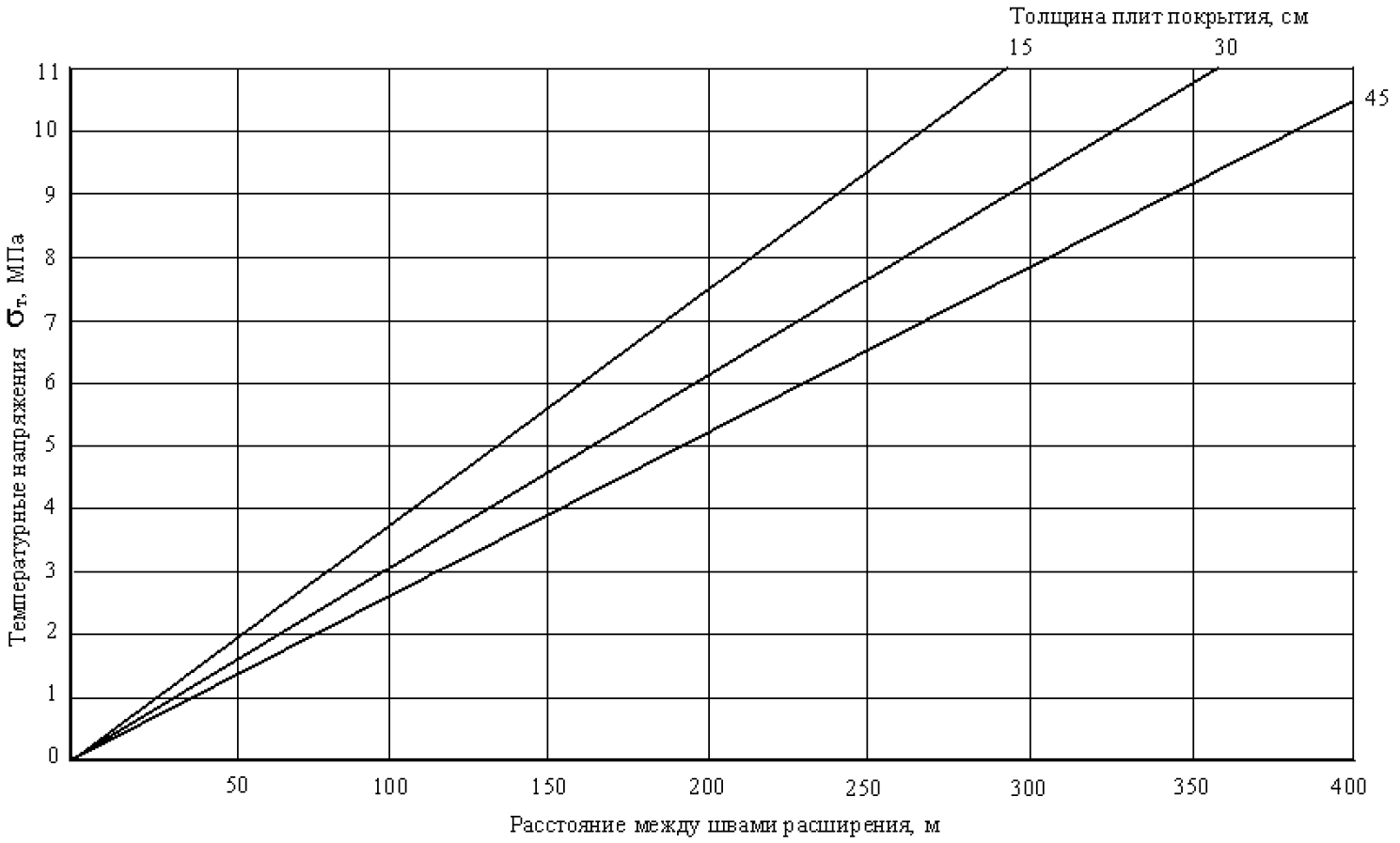


Рисунок 13.2 **– Графики для определения максимальных расстояний между швами расширения**

Относительное удлинение выбранной мастики, определенное в соответствии с техническими условиями на герметики при температуре минус 20 °С, должно быть не менее расчетного значения $\frac{\Delta_{max}}{a}$.

Схемы работы швов показаны на рисунке 13.4.

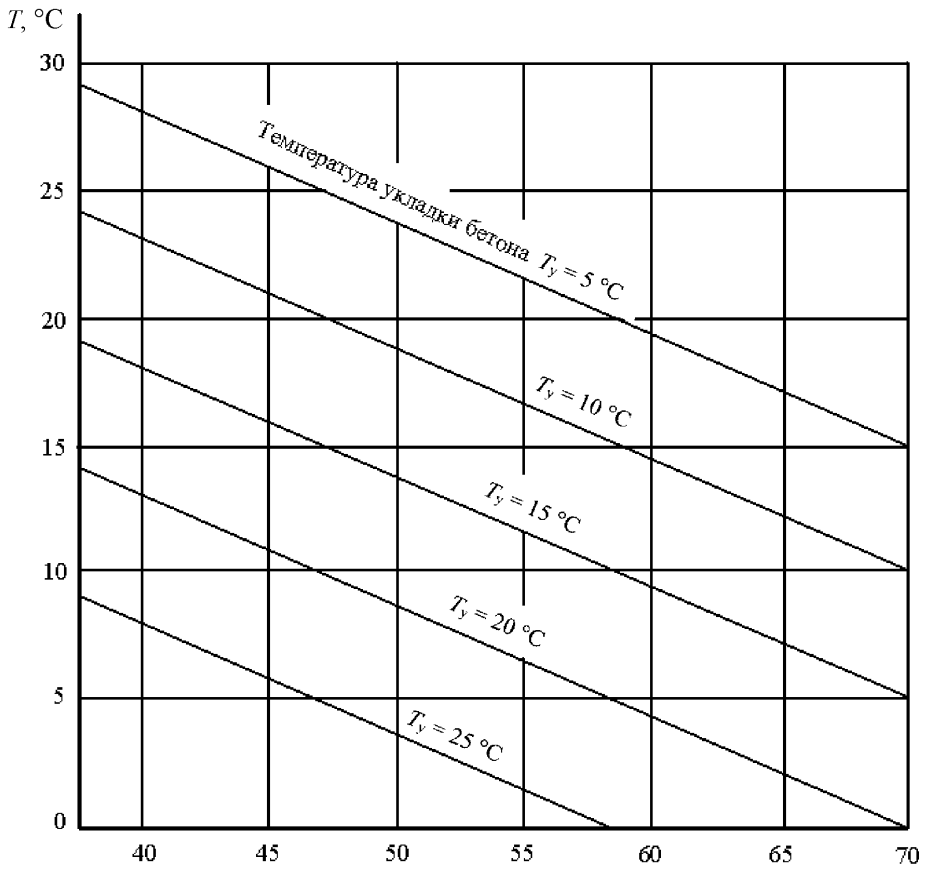
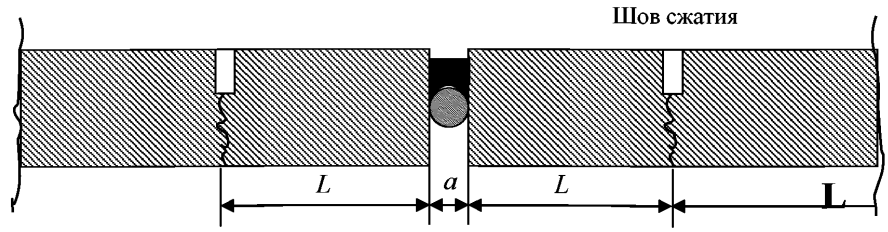
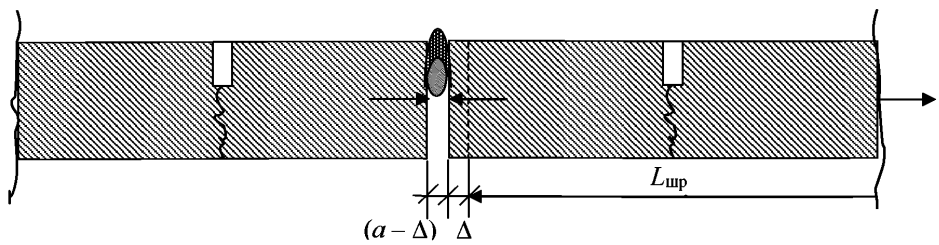


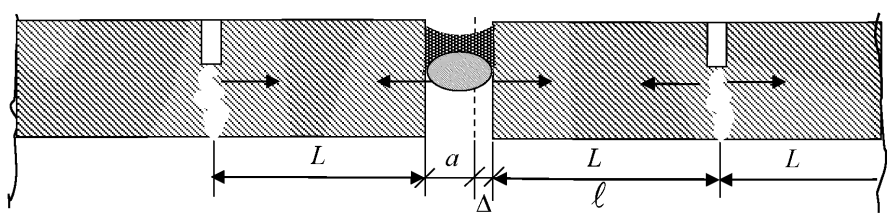
Рисунок 13.3 **– Графики зависимости температур, обусловливающих обжатие прокладок, от географической широты расположения объекта и температуры укладки бетона**



а) Напряжения отсутствуют



б) Обжатие прокладки (герметика) в шве при расширении бетона



в) Растяжение герметика в шве при сжатии бетонной плиты длиной L

***Рисунок 13.4* – Схемы работы шва**

14 Расчет асфальтобетонного слоя на аэродинамическую устойчивость

14.1 Аэродинамическая устойчивость, действующая на покрытие от газовоздушной струи, имеет две составляющие (рисунок 14.1): вертикальную $F_в$, прижимающую покрытие к земле, и горизонтальную $F_г$, стремящуюся поднять покрытие за счет разрежения воздуха под струей. Отрывающему усилию препятствуют собственный вес слоя и силы сцепления между верхним слоем и основанием.

Настоящая методика позволяет определить требуемую минимальную толщину верхнего слоя покрытия из условия его аэродинамической устойчивости.

Исходные данные

t – толщина верхнего слоя покрытия, устойчивость которого определяется, м;

ρ – плотность материала конструктивного слоя, кг/м^3;

D – выходной диаметр сопла двигателя, м;

U_0 – выходная скорость газового потока на взлетном режиме, м/с;

T_0 – температура струи на срезе сопла на взлетном режиме, °К (абсолютная температура выраженная в градусах Кельвина, равна T_o = 273 + T, где T – температура, °С);

$T_н$ – температура окружающего воздуха, °К, принимается равной средней летней температуре;

α_0 – угол наклона оси сопла над покрытием, градусы (рисунок 14.1);

H – высота оси сопла над поверхностью покрытия, м.

14.2 Методом подбора определяют угол натекания оси газовоздушной струи на поверхность аэродромного покрытия по формуле

$$\alpha_к = \alpha_0 + \frac{1}{113}\mathrm{ctg}^2(\alpha_к + 0{,}22). \quad (14.1)$$

14.3 Определяют расстояние, м, от среза сопла до точки натекания струи на поверхность покрытия по формуле

$$L = \frac{H}{\sin\left(\frac{\alpha_0 + \alpha_k}{2}\right)}. \quad (14.2)$$

Для пользования графиками (рисунки 14.2, 14.3) определяется относительное расстояние

$$\overline{L'} = \frac{L'}{D}. \quad (14.3)$$

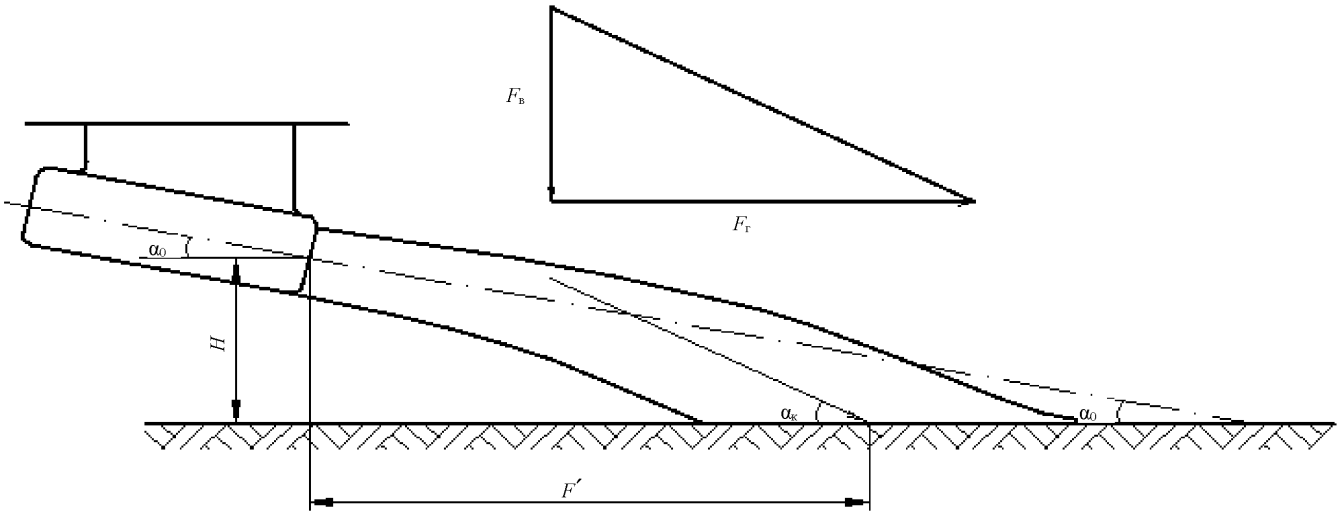


***Рисунок 14.1* – Схема воздействия струи на покрытие**

14.4 Вычисляют:

- показатель $a = \sqrt{K \cdot R \cdot T_0}$,

где $K = 1{,}33$ – показатель адиабаты;

$R = 289{,}3$ – газовая постоянная;

- число Маха $M = U_0 / a$.

По таблице 14.1 газодинамических функций определяют λ и τ(λ) в зависимости от M.

14.5 Вычисляют температуру, К, заторможенного потока на срезе сопла по формуле

$$T_0^* = \frac{T_0}{\tau(\lambda)}. \quad (14.4)$$

14.6 Вычисляют степень подогрева струи относительно окружающего воздуха по формуле

$$\theta = \frac{T_0^*}{T_н}. \quad (14.5)$$

14.7 По графикам на рисунках 14.2 и 14.3 определяют значения скорости U_m и температуры T_m на оси струи в точке натекания ее на поверхность покрытия.

По рисунку 14.2 при известных значениях $\bar{L}'$ и θ определяют соотношение $\frac{\Delta U_m}{\Delta U_0}$, принимая $U_н = 0$ (скорость окружающего воздуха) и вычисляют скорость U_m по формуле, м/с,

$$U_m = U_0 \cdot \frac{\Delta U_m}{\Delta U_0}. \quad (14.6)$$

По рисунку 14.3 при известных значениях $\bar{L}'$ и θ определяют соотношение $\frac{\Delta T_m}{\Delta T_0}$, а затем температуру, К:

$$T_m = \frac{\Delta T_m}{\Delta T_0}(T_0 - 273) + 273. \quad (14.7)$$

14.8 Вычисляют средние значения скорости, м/с, и температуры, К, в зонах максимального аэродинамического воздействия струи двигателя:

$$U_{ср} = 0{,}7869 \cdot U_m, \quad (14.8)$$

$$T_{ср} = 0{,}945 \cdot (T_m - T_н). \quad (14.9)$$

Таблица 14.1

Газодинамические функции τ(λ) при $K = 1{,}33$					
λ	τ(λ)	M	λ	τ(λ)	M
0	1,000	0	0,80	0,9094	0,7772
0,05	0,9997	0,0463	0,85	0,8977	0,8312
0,10	0,9986	0,0927	0,90	0,8853	0,8862
0,15	0,9968	0,1392	0,95	0,8722	0,9424
0,20	0,9943	0,1858	1,00	0,8584	1,0000
0,25	0,9912	0,2327	1,05	0,8439	1,0590
0,30	0,9873	0,2197	1,10	0,8286	1,1196
0,35	0,9827	0,3271	1,15	0,8127	1,1819
0,40	0,9773	0,3749	1,20	0,7961	1,2461
0,45	0,9713	0,4230	1,25	0,7787	1,3124
0,50	0,9646	0,4717	1,30	0,7606	1,3620
0,55	0,9572	0,5208	1,35	0,7419	1,4521
0,60	0,9490	0,5706	1,40	0,7224	1,5290
0,65	0,9402	0,6211	1,45	0,7022	1,6031
0,70	0,9306	0,6723	1,50	0,6813	1,6836
0,75	0,9203	0,7243	–	_	_

14.9 Для асфальтобетона проверяют условие температуроустойчивости

$$T_{ср} \le (30 \div 35)\ ^\circ\text{C}. \qquad (14.10)$$

Если это условие не выполняется, то применение асфальтобетона не допускается или ограничивается продолжительностью воздействия струи временем не более 20–30 с.

14.10 Определяют горизонтальное отрывающее усилие, кгс/м^2, по формуле

$$\bar{F}_{\text{г}} = C_y \cdot \frac{\rho}{2}(U_{\text{ср}}\cos\frac{\alpha_0+\alpha_{\text{к}}}{2})^2. \quad (14.11)$$

где $C_y = 0{,}22$ – среднее значение коэффициента подъемной силы для поверхности искусственного покрытия;

$\rho = 0{,}1$ кг/м^3 – плотность газовоздушной смеси в струе на расстоянии L' от среза сопла.

14.11 Определяют прижимающее усилие, кгс/м^2, по формуле

$$\bar{F}_{\text{в}} = C_x \cdot \frac{\rho}{2}(U_{\text{ср}}\sin\frac{\alpha_0+\alpha_{\text{к}}}{2})^2, \quad (14.12)$$

где $C_x = 1$ – для плоской поверхности.

14.12 Результирующая отрывающая сила на единицу поверхности, кгс/м^2, составит

$$\sigma_y = \bar{F}_{\text{г}} - \bar{F}_{\text{в}}. \quad (14.13)$$

14.13 Определяют удельную нагрузку σ_m, обусловленную собственной массой покрытия, Па, по формуле

$$\sigma_m = g \cdot \rho \cdot t, \quad (14.14)$$

где g = 9,8 м/с^2;

ρ – плотность материалов, кг/м^3;

t – толщина слоя, м.

14.14 Проверяется условие прочности

$$\sigma_{\text{у}} \le \gamma_c \cdot (\sigma_m + \sigma_{\text{с}}), \quad (14.15)$$

где $\sigma_{\text{с}}$ – коэффициент сцепления между верхним асфальтобетонным слоем покрытия и основанием; при новом строительстве принимается $\sigma_{\text{с}}$ = 5 кПа (0,05 кгс/см^2), в существующих покрытиях $\sigma_{\text{с}}$ = 0 (сцепления нет);

γ_c – коэффициент условий работы, принимается равным: 1 для взлетного режима (на ВПП); 1,9 – для режима руления (РД, МС, перрон).

Если условие прочности не выполняется, то увеличивают толщину слоя покрытия, устойчивость которого проверяют и повторяют расчет до тех пор, пока это условие не будет выполнено.

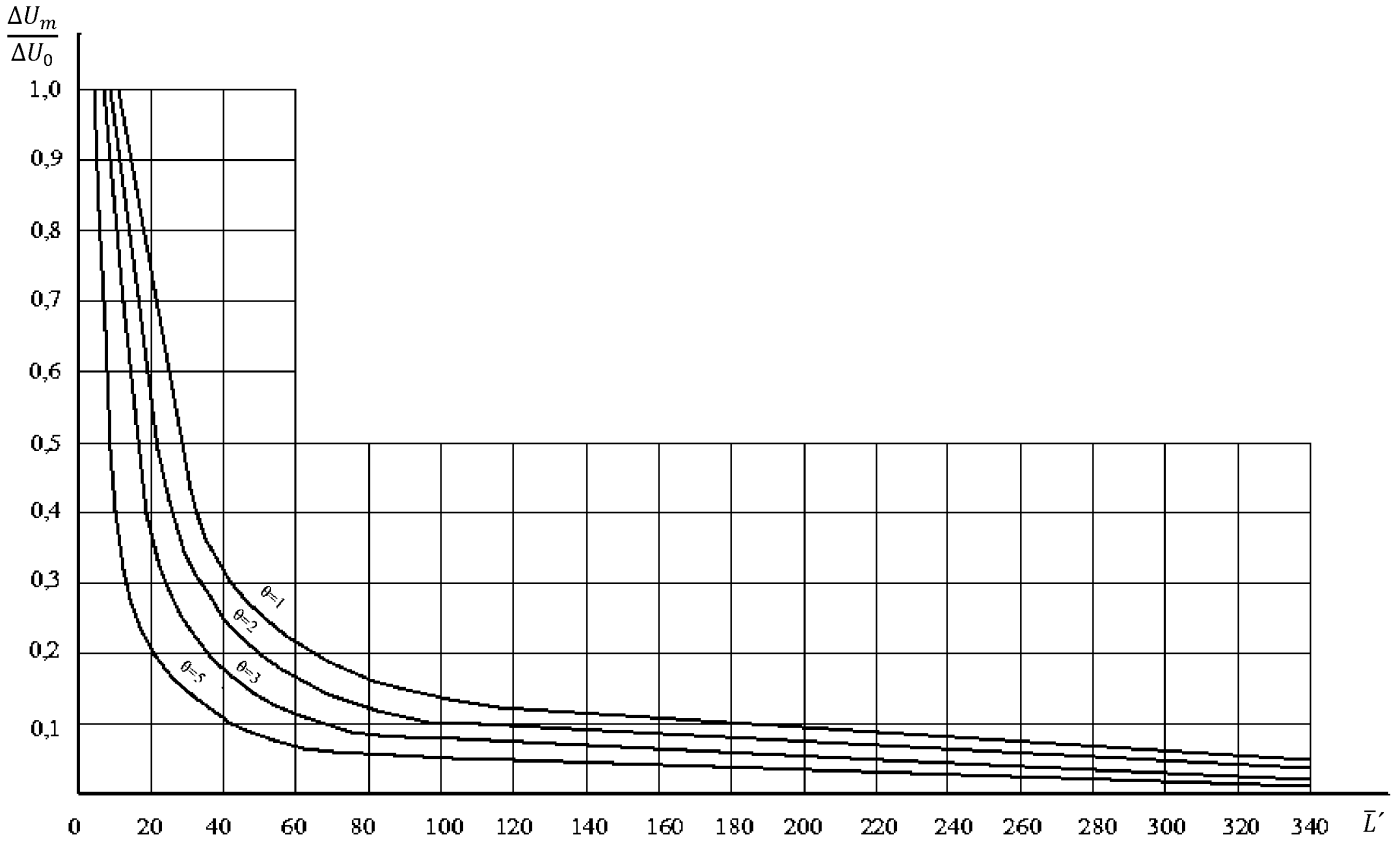


Рисунок 14.2 **– Кривые падения безразмерной избыточной скорости по оси осесимметричной струи, натекающей на плоскость**

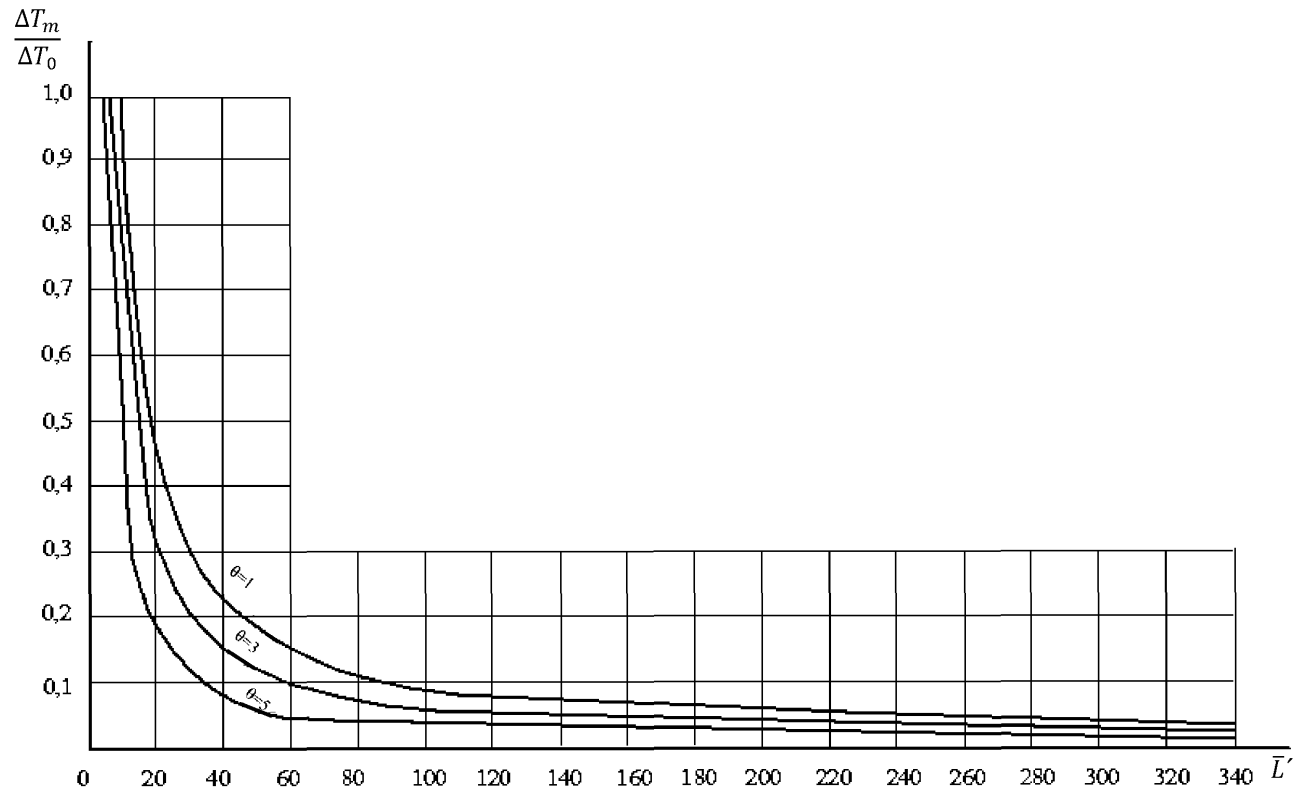


Рисунок 14.3 **– Кривые падения безразмерной избыточной температуры по оси осесимметричной струи, натекающей на плоскость**

15 Расчет аэродромных покрытий на скальном основании

15.1 К скальным грунтам (основаниям) относятся изверженные, метаморфические и осадочные породы с жесткими связями между зернами (спаянные и сцементированные), залегающие в виде сплошного или трещиноватого массива.

Скальные грунты практически несжимаемы при тех значениях давлений, которые воздействуют на грунты под аэродромными покрытиями. Однако в силу неоднородности залегания скальных пород требуется их предварительное выравнивание перед устройством аэродромных покрытий.

Выравнивание скального основания рациональнее всего выполнять продуктами дробления скального грунта с минимальной толщиной слоя. В тех случаях, когда между аэродромным покрытием и скальным основанием залегают слабые грунты, обладающие малой сопротивляемостью сдвиговым деформациям (пески, супеси, глины, суглинки, ПГС, гравелистые грунты), прочность конструкции будет обусловлена напряженно-деформированным состоянием прослойки.

Близкое залегание несжимаемого слоя оказывает двоякое воздействие на прочность аэродромной конструкции: с одной стороны, повышается эквивалентный модуль упругости (или коэффициент постели) системы «грунт на скальном основании», с другой стороны, увеличиваются напряжения в защемленном грунтовом слое как по его толщине, так и на контакте с искусственным основанием аэродромного покрытия. Расчет жестких покрытий на скальном основании основывается на предпосылке, что прослойка сыпучего материала между покрытием и скалой работает в условиях стеснения горизонтальных смещений (как в жесткой обойме).

Влияние скального основания будет тем больше, чем меньше толщина сжимаемого слоя. При толщине сжимаемого слоя грунта, в два раза превышающей условный диаметр круга передачи нагрузки от покрытия к грунту D_0, влияние скального основания незначительно и его не учитывают.

15.2 Особенность расчета аэродромных покрытий на скальных основаниях заключается в определении эквивалентного коэффициента постели или модуля упругости системы «прослойка грунта на скальном основании».

Расчет жестких и нежестких покрытий на скальном (практически несжимаемом) основании выполняется по схеме слоя конечной мощности. Несущая способность скального основания и грунтовой (или выравнивающей) прослойки характеризуется эквивалентным коэффициентом постели K_{se} или модулем упругости E_e. Деформативные

свойства грунтов прослойки характеризуются модулем упругости E_0, а для нежестких покрытий – дополнительно углом внутреннего трения φ_0 и удельным сцеплением C_0.

15.3 Для жестких покрытий эквивалентный коэффициент постели основания определяют по формуле

$$K_{se} = \frac{E_0}{t_0}\left(1 - \frac{2\mu_0^2}{1-\mu_0^2}\right)^{-1}, \qquad (15.1)$$

где E_0 – модуль упругости материала прослойки между скальным основанием и искусственным покрытием, принимаемый по таблицам 15.1, 15.3 и таблице И.6 приложения И СП 121.13330.2019;

μ_0 – коэффициент Пуассона материала прослойки, принимаемый для грунтов, ПГС, щебня, грунтогравия и грунтощебня равным 0,3;

t_0 – толщина прослойки.

В расчетах учитывается значение коэффициента постели K_s по таблице В.1 приложения В СП 121.13330.2019 для грунта прослойки, если $K_s > K_{se}$ (где K_{se} вычислено по формуле (15.1)). Далее расчет жестких аэродромных покрытий выполняют аналогично расчету этих покрытий на обычных основаниях.

15.4 Нежесткие аэродромные покрытия на скальном основании рассчитывают по двум предельным состояниям: по предельному давлению на грунт из условия недопущения деформаций сдвига в грунтовой прослойке и по прочности слоев из асфальтобетона на растяжение при изгибе (рисунок 15.1).

15.4.1 По первому предельному состоянию расчет выполняется только в тех случаях, когда грунтовая прослойка состоит из естественных грунтов: глины, суглинка, супеси, песка, ракушечника, ПГС и грунто-гравийной смеси. В остальных случаях расчет прочности нежестких покрытий на скальном основании выполняют только по второму предельному состоянию.

Условие прочности по предельному давлению на грунт выражается неравенством

$$P_k \leq P_u, \qquad (15.2)$$

где P_k – наибольшее контактное давление на грунт от нагрузки;

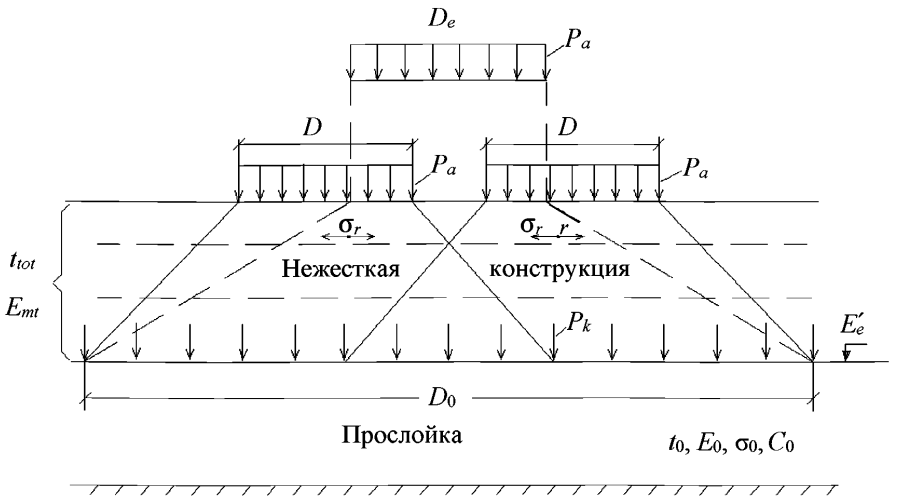


***Рисунок 15.1* – Расчетная схема для оценки прочности грунтовой прослойки по допустимому давлению**

P_u – величина максимально допустимого (безопасного) давления на грунт, при котором не происходят сдвиги в грунте.

Наибольшее контактное давление на грунт от нагрузки определяют по формуле

$$P_k = 1{,}5 \cdot P_a \cdot \bar{P}_k \cdot K_p', \tag{15.3}$$

где P_a – внутреннее давление воздуха в пневматиках колес, Па;

$\bar{P}_k$ – удельное контактное давление на поверхности грунтовой прослойки, определяемое в зависимости от отношений $\frac{E_{mt}}{E_e'}$; $\frac{t_{tot}}{D_e}$ по таблице 15.4;

E_{mt} – средний модуль упругости нежесткого покрытия;

E_e' – эквивалентный модуль упругости системы «слой грунта на несжимаемом основании»:

$$E_e' = \Psi_{ke} \cdot E_{mt}; \tag{15.4}$$

Ψ_{ke} – определяется по таблице 14.5 в зависимости от отношений $\frac{E_0}{E_{mt}}$; $\frac{t_{tot}}{D_e}$; $\frac{D_e}{2t_{tot}}$;

D_e – условный диаметр отпечатка колеса эквивалентной одноколесной нагрузки;

t_{tot} – суммарная толщина слоев нежесткой конструкции без прослойки;

$k_p^{'}$ – коэффициент, учитывающий увеличение контактных давлений на грунт за счет влияния подстилающего несжимаемого слоя, определяется в зависимости от относительной толщины грунтового слоя $t_0 / \frac{D_0}{2}$ по таблице

$t_0 / \frac{D_0}{2}$	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	5,00	10,00 и более
$k_p^{'}$	1,093	1,252	1,446	1,565	1,589	1,600	1,599

D_0 – условный диаметр круга передачи нагрузки от покрытия к грунту, м, определяемый по формуле

$$D_0 = \frac{D_e}{\sqrt{P_k}}. \quad (15.5)$$

Таблица 15.1

Грунт	Показатель	Расчетные значения характеристик при влажности грунта, доли $W_т$								
		0,50	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
Супесь легкая	E_0, МПа	70	60	56	53	49	45	43	42	41
	φ_0, градусы	37	36	36	35	35	34	34	34	33
	C_0, МПа	0,015	0,015	0,014	0,013	0,012	0,011	0,010	0,009	0,008
Песок пылеватый	E_0, МПа	96	90	84	78	72	66	60	54	48
	φ_0, градусы	38	38	37	37	36	35	34	33	32
	C_0, МПа	0,025	0,024	0,022	0,018	0,014	0,012	0,011	0,010	0,009
Суглинок легкий и тяжелый, глина	E_0, МПа	108	90	75	50	41	34	29	25	24
	φ_0, градусы	32	27	24	21	18	15	13	11	10
	C_0, МПа	0,045	0,036	0,030	0,024	0,019	0,015	0,011	0,009	0,006
Супесь пылеватая, тяжелая, пылеватая, суглинок легкий пылеватый	E_0, МПа	108	90	72	54	46	38	32	27	26
	φ_0, градусы	32	27	24	21	18	15	13	11	10
	C_0, МПа	0,045	0,036	0,030	0,024	0,016	0,013	0,010	0,008	0,005

Примечание – Значения характеристик суглинка и глины даны применительно к гидрослюдистому и каолинитовому минералогическому составу глинистых частиц. Характеристики суглинок и глин монтмориллонитового состава при влажности $(0,6–0,75)W_т$, а также некоторых засоленных грунтов следует определять экспериментальным путем. При влажности выше $0,75W_т$ такие грунты практически не способны сопротивляться нагрузкам, поэтому они должны быть заменены или защищены от чрезмерного увлажнения. Расчетные значения влажности грунта в долях $W_т$ приведены в таблице 15.2.

Таблица 15.2

Дорожно-климатическая зона и подзона	Тип гидрогеологических условий	Расчетная влажность грунта в долях $W_т$			
		супеси легкой	песка пылеватого	суглинка легкого и тяжелого, глины	супеси пылеватой и тяжелой пылеватой, суглинка пылеватого
II-1	1	0,70	0,70	0,75	0,80
	2	0,75	0,75	0,80	0,85
	3	0,75	0,80	0,85	0,90
II-2	1	0,65	0,65	0,70	0,75
	2	0,70	0,70	0,75	0,80
	3	0,70	0,70	0,75	0,85
III	1	0,60	0,65	0,70	0,70
	2–3	0,65	0,70	0,75	0,75
IV	1	0,60	0,60	0,65	0,75
	2–3	0,60	0,65	0,70	0,75
V	1	0,60	0,60	0,65	0,65
	2–3	0,60	0,65	0,70	0,70

Примечания

1 В основу дифференциации грунтов положена их классификация по степени пучинистости, поскольку пучинистость грунта зависит от его склонности к водонасыщению при промерзании.

2 Приведенные данные относятся к незасоленным грунтам. При использовании в основании засоленных грунтов расчетную влажность следует повышать при средней степени засоленности на 5 %, при сильной – на 15 %.

3 Расчетные влажности приведены для активной зоны (в верхней части грунтового основания от низа подстилающего слоя или искусственного основания до глубины 1,3–1,6 м от поверхности покрытия) в наиболее неблагоприятный (весенний) период года. Плотность грунта и возвышение поверхности покрытия над уровнем подземных вод должны соответствовать требованиям СП 121.13330. При возвышении верха покрытия над уровнем подземных вод более чем на 50 % требуемых строительными нормативами значений расчетную влажность во всех случаях следует принимать как для 1-го типа гидрогеологических условий.

4 Расчетную влажность в приморских районах надо увеличивать на 5 %. В западных районах II и III ДКЗ, находящихся западнее линии Псков – Орел – Смоленск – Воронеж, следует

учитывать влияние продолжительных зимних оттепелей и увеличивать влажность грунтов, указанных в настоящей таблице, на (0,02–0,06) $W_т$.

5 Расчетную влажность для горных (выше 1000 м) и предгорных (до 1000 м) районов увеличивают по сравнению с рекомендуемой в настоящей таблице на $0{,}03W_т$ и $0{,}06W_т$ соответственно. Рекомендуется расчетную влажность грунтов в предгорных и горных районах устанавливать по данным региональных схем дорожно-климатического районирования.

Таблица 15.3

Грунт	E_0, МПа	φ_0, градусы
Песок:		
- крупный и гравелистый	130	42
- средней крупности	120	40
- мелкий	100	38
Супесь легкая крупная	60	40

Примечание – Значение C_0 принимают равным 0,005 МПа.

Таблица 15.4

Относительная толщина нежесткого покрытия $\frac{t_{tot}}{D_e}$	Удельные контактные давления на поверхность грунта $\bar{P}_k$ при отношениях $\frac{E_{mt}}{E_e'}$, равных					
	1	3	5	10	15	20
0,4	0,76	0,63	0,54	0,42	0,35	0,30
0,6	0,55	0,41	0,34	0,24	0,20	0,18
0,8	0,39	0,28	0,23	0,16	0,13	0,11
1,0	0,29	0,2	0,16	0,11	0,09	0,08
1,2	0,21	0,15	0,12	0,08	0,06	0,05
1,4	0,17	0,12	0,09	0,06	0,05	0,04
1,6	0,13	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03
1,8	0,11	0,07	0,06	0,04	0,03	0,03
2,0	0,09	0,06	0,05	0,03	0,03	0,02
2,2	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02
2,4	0,06	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02
2,6	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01
2,8	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01
3,0	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01

Примечание – Промежуточные значения $\bar{P}_k$ принимают по линейной интерполяции.

Таблица 15.5

$\frac{E_0}{E_{mt}}$	$\frac{D_e}{2t_{tot}}$	Коэффициент Ψ_{ke} при относительной толщине грунтовой прослойки $\frac{t_0}{t_{tot}}$				
		10	5	1,0	0,5	0,1
0,01	0,2	0,02	0,02	0,08	0,13	0,50
	0,3	0,02	0,02	0,08	0,13	0,49
	0,5	0,02	0,02	0,07	0,12	0,45
	1,0	0,02	0,02	0,07	0,11	0,38
	1,5	0,01	0,02	0,06	0,10	0,35
	2,0	0,01	0,02	0,06	0,10	0,36
0,06	0,2	0,08	0,10	0,28	0,46	1,00
	0,3	0,08	0,10	0,27	0,45	1,00
	0,5	0,08	0,10	0,26	0,43	1,00
	1,0	0,07	0,09	0,24	0,40	1,00
	1,5	0,07	0,09	0,24	0,41	1,00
	2,0	0,07	0,08	0,25	0,43	1,00
0,10	0,2	0,13	0,16	0,40	0,67	1,00
	0,3	0,13	0,16	0,40	0,66	1,00
	0,5	0,13	0,15	0,38	0,62	1,00
	1,0	0,12	0,14	0,35	0,58	1,00
	1,5	0,11	0,13	0,35	0,61	1,00
	2,0	0,11	0,13	0,37	0,67	1,00
0,14	0,2	0,18	0,21	0,52	0,86	1,00
	0,3	0,18	0,21	0,51	0,84	1,00
	0,5	0,17	0,20	0,49	0,80	1,00
	1,0	0,16	0,19	0,46	0,76	1,00
	1,5	0,15	0,18	0,46	0,80	1,00
	2,0	0,14	0,18	0,50	0,92	1,00

Окончание таблицы 15.5

$\frac{E_0}{E_{mt}}$	$\frac{D_e}{2t_{tot}}$	Коэффициент Ψ_{ke} при относительной толщине грунтовой прослойки $\frac{t_0}{t_{tot}}$				
		10	5	1,0	0,5	0,1
0,20	0,2	0,25	0,29	0,69	1,00	1,00
	0,3	0,25	0,29	0,67	1,00	1,00
	0,5	0,24	0,28	0,64	1,00	1,00
	1,0	0,22	0,25	0,59	0,99	1,00
	1,5	0,21	0,24	0,61	1,00	1,00
	2,0	0,20	0,24	0,68	1,00	1,00
0,30	0,2	0,37	0,42	0,94	1,00	1,00
	0,3	0,36	0,41	0,91	1,00	1,00
	0,5	0,35	0,39	0,86	1,00	1,00
	1,0	0,31	0,36	0,81	1,00	1,00
	1,5	0,30	0,35	0,86	1,00	1,00
	2,0	0,30	0,35	0,98	1,00	1,00
0,40	0,2	0,48	0,55	1,00	1,00	1,00
	0,3	0,47	0,53	1,00	1,00	1,00
	0,5	0,45	0,51	1,00	1,00	1,00
	1,0	0,41	0,46	1,00	1,00	1,00
	1,5	0,39	0,45	1,00	1,00	1,00
	2,0	0,39	0,46	1,00	1,00	1,00
0,50	0,2	0,60	0,67	1,00	1,00	1,00
	0,3	0,59	0,65	1,00	1,00	1,00
	0,5	0,55	0,62	1,00	1,00	1,00
	1,0	0,50	0,56	1,00	1,00	1,00
	1,5	0,48	0,55	1,00	1,00	1,00
	2,0	0,48	0,57	1,00	1,00	1,00

Примечание – Значения коэффициентов Ψ_{ke} для промежуточных величин $\frac{E_0}{E_{mt}}$; $\frac{t_0}{t_{tot}}$; $\frac{D_e}{2t_{tot}}$ получают линейной интерполяцией табличных значений.

Величину безопасного давления на грунт, исходя из условия, что сдвиги в грунте не допускаются, определяют по формуле

$$P_u = M_t \cdot g \cdot \sum_1^n \rho_i \cdot t_i + k_0 \cdot C_0 \cdot M_c, \quad (15.6)$$

где ρ_i – плотность материала конструктивного слоя, кг/м^3;

g – 9,8 м/с^2;

t_i – толщина конструктивного слоя, м;

k_0 – комплексный коэффициент, учитывающий условия работы слоев на контакте, тиксотропные изменения в грунте под действием повторных нагрузок и условия работы на различных группах участков аэродромов, принимаемый по таблице 15.6;

n – количество слоев в конструкции выше сжимаемого слоя;

M_t, M_c – коэффициенты, представляющие собой функции угла внутреннего трения φ_0, принимаемые по таблице 15.7;

C_0, φ_0 – параметры длительного сопротивления грунта прослойки сдвигу: расчетный коэффициент сцепления и угол внутреннего трения соответственно, принимаемые по таблицам 15.1 и 15.3.

Таблица 15.6

Группы участков покрытий аэродрома	Комплексный коэффициент k_0 при расчете критического давления на грунт, для грунтов	
	глин, суглинков, супесей, пылеватых, непылеватых, с включением гравия, пылеватых песков	песков мелких, средней крупности, крупных, гравелистых, ракушечников, галечниковых грунтов, песчано-гравийных смесей
А	0,92	0,52
Б, В	1,15	0,65
Г	1,33	0,76

Таблица 15.7

Параметры M_t и M_c в зависимости от угла внутреннего трения φ_0							
φ_0, градусы	0	10	20	30	35	40	45
M_t	0	0,75	2,00	4,50	7,00	10,00	14,60
M_c	3,10	4,15	5,80	8,00	10,00	12,00	14,60

Прочность слоев грунтощебеночных, щебеночных, а также из продуктов дробления скального грунта на значение безопасного давления не проверяется.

Если грунтовая прослойка состоит из грунтов различных видов, условие прочности (15.2) должно быть обеспечено для каждого вида грунта.

Если прослойка грунта имеет переменную толщину, условие прочности (15.2) проверяют для минимальной и максимальной (но не более $2D_o$) толщин и за окончательное решение принимают наибольшую толщину нежесткой конструкции, удовлетворяющую условиям прочности (15.2).

15.4.2 Прочность асфальтобетонных слоев нежесткой конструкции должна удовлетворять условию

$$\sigma_r \leq \gamma_c R_d. \qquad (15.7)$$

Величины наибольших растягивающих напряжений при изгибе от расчетной нагрузки σ_r, расчетного сопротивления растяжению при изгибе асфальтобетона R_d и коэффициента условий работы γ_c определяют в соответствии с пунктом 7.9.3 СП 121.13330.2019. При этом значение эквивалентного модуля упругости основания под асфальтобетоном определяют с учетом влияния скального несжимаемого основания.

16 Расчет приведенной повторности приложения нагрузки

Жесткие покрытия

16.1 В соответствии с принятыми проектными решениями по конструкции аэродромного покрытия под расчетный тип ВС определяют упругую характеристику плиты l (для приближенных расчетов допускается принимать l = 1 м).

Для каждого типа ВС, входящего в перспективный состав движения на аэродроме, включая расчетный тип, в соответствии с подразделом 7.8 СП 121.13330.2019 определяют величину максимального изгибающего момента в центре плиты (m_{ci} и m_{cd}), а также расчетное число приложений нагрузки от опоры i-го воздушного судна (U_i) по формуле

$$U_i = N_i \cdot n_a, \qquad (16.1)$$

где N_i – число взлетов i-го ВС за проектный срок службы покрытия.

Для ВС, у которых отношение максимальной посадочной массы к максимальной взлетной превышает 0,8, число взлетов следует принимать с коэффициентом 1,5;

n_a – число осей на основной опоре i-го ВС.

За расчетную нагрузку принимают либо заданную нормативную нагрузку, либо нагрузку от опоры расчетного типа ВС.

Вычисляют отношение m_{ci}/m_{cd}. Определяют эквивалентное число приложений нагрузки от опоры i-го ВС (U_{ei}), приведенное к приложению нагрузки от опоры расчетного ВС, по формуле

$$U_{e_i} = 10^{\left\{\frac{m_{cd}}{m_{ci}}\left[\lg U_i + 12\left(\frac{m_{ci}}{m_{cd}} - 1\right)\right]\right\}} \qquad (16.2)$$

Определяют расчетное число приложений нагрузки U_d, суммируя U_{ei}:

$$U_d = \sum_1^{n_i} U_{ei}, \qquad (16.3)$$

где n_i – число учитываемых ВС.

Примечание – При $\frac{m_{ci}}{m_{cd}} \le 0{,}7$ влияние i-го ВС на расчетное число приложений нагрузки незначительно и его допускается не учитывать.

Значение расчетного коэффициента k_u, учитывающего число приложений нагрузки от приведенного состава ВС, определяют по формуле

$$k_u = 2 - 0{,}167 \lg U_d. \qquad (16.4)$$

Нежесткие покрытия

Расчет по предельному относительному упругому прогибу

16.2 Предварительно назначают общую толщину нежесткой аэродромной конструкции.

16.3 Для каждого типа ВС, включая нормативную нагрузку, определяют условный диаметр круга (D_{ei} для i-го ВС и D_{ed} для нормативной нагрузки), равновеликого площади отпечатка одноколесной эквивалентной нагрузки на нежесткой конструкции заданной толщины.

В соответствии с заданием на проектирование назначают максимальное суточное число взлетов i-го ВС N_i.

За расчетную нагрузку принимают либо заданную нормативную нагрузку, либо нагрузку от опоры расчетного типа ВС.

Вычисляют отношения $\frac{D_{ei}}{D_{ed}}$ и $\frac{P_{ai}}{P_a}$.

Определяют коэффициенты приведения i-й к расчетной k_{ri} по формуле

$$k_{ni} = \left(\frac{P_{ai}}{P_d}\right)^{5,5} \cdot \left(\frac{D_{ei}}{D_{ed}}\right)^{7,66}. \quad (16.5)$$

Приведенную повторяемость приложения расчетной нагрузки определяют по формуле

$$N_r = \sum_1^n k_n N_i n_{ai}, \quad (16.6)$$

где k_n – коэффициент приведения i-й нагрузки к расчетной;

N_i – максимальное суточное число взлетов каждого типа ВС на расчетный год эксплуатации.

Для ВС, у которых отношение максимальной посадочной массы к максимальной взлетной превышает 0,8, суточное число взлетов следует принимать с коэффициентом 1,5;

n_{ai} – принимают равным 1, если общая толщина нежесткой конструкции больше половины расстояния между осями ближайших колес в опоре; в остальных случаях, а также при расчете прочности асфальтобетонных слоев на изгибы, принимают равным числу осей в основной опоре ВС;

n – число типов ВС, учитываемых в расчете (включая расчетное).

Примечание – При определении расчетного числа приложений нагрузки не включают ВС, у которых нагрузка в два раза меньше колесной (опорной) нагрузки расчетного ВС.

Расчет прочности асфальтобетонных слоев на растяжение при изгибе

16.4 Предварительно назначают суммарную толщину асфальтобетонных слоев t_{ab}.

Для каждого типа ВС определяют значения $D_{e,ab}$ для заданной толщины асфальтобетона. Если толщина асфальтобетона t_{ab} меньше половины минимального расстояния между ближайшими колесами в главной опоре a, принимают:

$$D_{e,ab} = D_e, \quad (16.7)$$

где D_e – диаметр круга, равновеликого площади отпечатка пневматика одноколесной эквивалентной нагрузки.

Далее выполняют расчет приведенной повторяемости приложения расчетной нагрузки N_r аналогично расчету по предельному относительному упругому прогибу с учетом примечания к нему.

17 Конструирование железобетонных покрытий

17.1 Исходными данными для конструирования железобетонных покрытий являются:

- толщина плиты t;

- упругая характеристика l;

- коэффициент армирования в центре плиты для нижней зоны μ (отношение площади сечения рабочей арматуры к рабочей площади сечения бетона в процентах);

- диаметр и тип рабочей арматуры d;

- модуль упругости бетона,

при которых выполняются условия прочности и допустимой ширины раскрытия трещин, определяемые в соответствии с подразделом 7.8 СП 121.13330.2019.

17.2 Армирование плиты следует выполнять в двух уровнях в соответствии с эпюрами растягивающих напряжений.

Для обеспечения равнопрочного состояния по всей площади плиты на ней выделяют участки с различным процентом армирования. Таких участков насчитывается 10 (см. схему на рисунке Г.1).

Коэффициент армирования в продольном и поперечном направлениях для каждого участка определяют в соответствии с формулами, приведенными в таблице Г.1, в зависимости от наличия стыковых соединений.

Шаг арматуры (расстояние между арматурными стержнями) l_s в продольном и поперечном направлениях в различных участках верхней и нижней зон железобетонной плиты определяют по таблице Г.2 в зависимости от толщины плиты t, коэффициента армирования μ и диаметра арматуры d. Если диаметр арматуры превышает 16 мм, рекомендуется пользоваться формулой

$$A = \frac{78{,}5 \cdot d^2}{\mu(t - d - 3{,}5)}, \qquad (17.1)$$

где значения μ принимают в процентах; A, t и d – в сантиметрах.

18 Технологии ремонтных работ, предшествующих реконструкции

18.1 Ремонтные работы, предшествующие реконструкции, направлены на устранение дефектов существующего покрытия, которые снижают эксплуатационные характеристики усиливаемого слоя и могут повлиять на эксплуатационные характеристики конструкции искусственного покрытия после усиления.

18.2 Устранению подлежат дефекты, влияющие на ровность, несущую способность усиливаемого слоя, могут отрицательно повлиять на совместную работу слоев покрытия, могут способствовать скоплению влаги между слоями покрытия, повреждению разделительной прослойки.

18.3 На покрытиях с верхним цементобетонным слоем устранению подлежат следующие дефекты: сколы углов и кромок плит, трещины с нарушенной герметизацией и сколами кромок, шелушение глубиной более 1,5 см с отделением каменного заполнителя (щебня), разрушенные (разделенные трещинами на блоки размерами менее чем 3×3 м) плиты (для покрытий, находящихся в категориях разрушения I и II), фрагменты плит, подверженные вздыбливанию.

18.4 На покрытиях с верхним цементобетонным слоем, в зависимости от характера дефектов, подлежащих устранению, должны выполняться следующие виды ремонтных работ:

- ремонт сколов углов и кромок плит, кромок трещин с формированием ремонтной вставки;

- герметизация трещин;

- разделка, очистка и герметизация швов расширения;

- ремонт глубокого шелушения;

- замена разрушенных плит (фрагментов плит).

18.5 На покрытиях с верхним асфальтобетонным слоем устранению подлежат следующие дефекты: трещины с нарушенной герметизацией и сколами кромок, эрозия поверхности глубиной более 1 см с отделением каменного заполнителя, просадки.

18.6 При ремонте сколов должны выполняться следующие основные технологические операции:

- Оконтуривание скола нарезчиком швов. Размер выемки под ремонт скола в плане должен превышать размеры визуально определенного дефектного бетона не менее чем на 30 мм с каждой стороны (не со стороны шва).

- Вырубка бетона отбойным молотком и перфоратором на заданную глубину. В любом случае, глубина выемки под ремонт скола должна превышать глубину дефектного бетона, определяемую опытным путем (перфоратором, отбойным молотком), не менее чем на 20 мм. В камере не должно быть ступенек, нижняя поверхность скола (дно выемки) должна быть горизонтальной.

- Сбор остатков бетона на ручную тележку с вывозом за пределы покрытия в заранее согласованное заказчиком и службой аэропорта место.

- Обработка боковой поверхности выемки игольчатым пистолетом, продувка, просушка камеры.

- Установка в паз швов мягкой опалубки толщиной 10 мм.

- Обмазка поверхности камеры раствором на основе ремонтного материала с осадкой конуса ОК = 20–25 см с расходом 1–1,5 кг/м^2.

- Укладка ремонтной смеси из высокопрочного быстротвердеющего состава на минеральном вяжущем в подготовленную выемку, уплотнение с помощью глубинных вибраторов и отделка поверхности.

18.7 Места, предназначенные для ремонта сколов, в плане должны иметь прямые углы. Основание подготовленного места после удаления ослабленного бетона должно быть параллельно поверхности покрытия. Если подлежащий ремонту скол граничит с другими, ранее отремонтированными сколами или вставками, то новый скол в плане необходимо устраивать на ширину, включающую ранее сделанные сколы (не допускается новый скол соединять анкерами со старым, соседним, ранее отремонтированным сколом).

18.8 При герметизации трещин должны выполняться следующие основные технологические операции:

- Расшивка трещины на глубину 20 мм с формированием камеры по типу камеры шва сжатия шириной 12 мм.

- Прочистка камеры трещины щеточной машиной.

- Продувка камеры трещины сжатым воздухом. Для продувки и просушки разделанной трещины, при необходимости, следует использовать установку горячего воздуха типа HOT-DOG.

- Укладка на дно камеры трещины уплотняющего шнура диаметром D = 12–14 мм.

- Нанесение грунтовки.

- Заливка камеры трещины мастикой (ГОСТ 30740) с недоливом на 3 мм и образованием вогнутого мениска с использованием котла-заливщика с принудительным перемешиванием и подогревом термомасла.

Работы по заполнению камеры трещины мастикой должны выполняться в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 5 °С.

Для сквозных трещин со сколами размером в плане более 4 см предусматривается устройство ремонтной вставки.

18.9 При ремонте швов расширения должны выполняться следующие технологические операции:

- Очистка существующих пазов швов от старого герметика щеточной машиной.

- Сбор остатков герметика и мусора с вывозом.

- Продувка паза шва сжатым воздухом установкой горячего воздуха типа HOT-DOG.

- Заполнение паза шва пенополиуретаном (или другим подобным материалом) с последующей срезкой излишков.

- Удаление излишков пенополиуретана металлическими щетками.

- Укладка термостойкого уплотнительного шнура, диаметр шнура должен быть на 20 % больше, чем камера шва.

- Нанесение грунтовки.

- Заполнение камеры шва герметизирующей мастикой (ГОСТ 30740) с использованием котла-заливщика с принудительным перемешиванием и подогревом термомасла, с недоливом 5 мм и образованием вогнутого мениска.

Работы по укладке уплотнительного шнура и заполнению камеры шва мастикой должны выполняться в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 5 °С.

18.10 При ремонте глубокого шелушения должны выполняться следующие основные технологические операции:

- Оконтуривание дефекта нарезчиком швов на глубину до здорового бетона. Размер выемки под ремонт шелушения (камеры) в плане должен превышать размеры визуально определенного дефектного бетона не менее чем на 30 мм с каждой стороны.

- Нарезка покрытия участками шириной 10 см нарезчиком швов с алмазными дисками при ширине пропила 3 мм на глубину до здорового бетона нарезчиком швов с алмазными дисками с обрезкой бетона по контуру разметки. Очистка поверхности от пульпы.

- Вырубка бетона отбойным молотком и перфоратором. Сбор остатков бетона с вывозом.

- Обработка всей поверхности выемки игольчатым пистолетом.

- Сверление отверстий Ø14 мм с шагом 200 мм под углом 45°–90° под установку анкеров (Г- и Т-образных). Промывка водой поверхности ремонтного участка. Продувка поверхности ремонтного участка сжатым воздухом.

- Установка анкеров Ø12 мм длинной 150 мм из арматуры периодического профиля на глубину 100 мм на раствор на основе ремонтного материала с осадкой конуса ОК = 20–25 см.

- Монтаж арматурной сетки Ø8 мм с ячейкой 100×100 мм на уровне половины толщины выемки с креплением к анкерам.

- Установка в существующие швы мягкой опалубки толщиной 10–30 мм в зависимости от конструкции шва. Приготовление ремонтной смеси из быстротвердеющего ремонтного материала.

- Обмазка поверхности подготовленной выемки раствором на основе ремонтного материала с осадкой конуса ОК = 20–25 см с расходом 1–1,5 кг/м^2.

- Укладка ремонтной смеси в подготовленный участок покрытия. Уплотнение с помощью глубинных вибраторов с диаметром рабочего органа 25–38 мм и отделка поверхности.

- Уход за ремонтной смесью пленкообразующим материалом с расходом порядка 0,40 кг/м^2 при нанесении в один слой. Укрытие отремонтированного участка теплоизоляционными матами (при необходимости).

- Удаление мягкой опалубки после набора бетоном прочности на сжатие не менее 8–10 МПа.

- Устройство деформационных швов. Удаление излишек опалубки с очисткой стенок камеры шва металлическими щетками. Сушка стенок камеры шва горячим сжатым воздухом. Заполнение швов уплотняющим шнуром и битумно-полимерной мастикой (ГОСТ 30740).

Прочность ремонтного материала на сжатие должна составлять не менее 20 МПа на момент устройства слоя усиления.

18.11 При замене разрушенных плит (фрагментов плит) должны выполняться следующие основные технологические операции:

- Нанесение разметки перед распиливанием.

- Нарезка покрытия на сегменты алмазными дисками последовательно на всю толщину плиты (на глубину до 2/3 толщины заменяемой плиты – в предшествующую смену, на оставшуюся 1/3 толщины – непосредственно в смену проведения работ по замене плиты).

- Сверление отверстий диаметром 40 мм на глубину 200 мм под цанговые захваты.

- Установка цанговых захватов (в первом блоке разбираемого участка).

- Подъем блоков экскаватором (погрузчиком). Погрузка блоков в автомобиль-самосвал и их вывоз.

- Доработка выемки электроперфораторами (при необходимости).

- Очистка выемок участков плит цементобетонного покрытия. Продувка основания.

- Установка мягкой опалубки толщиной 10–20 мм с помощью анкерных креплений вдоль всех боковых граней смежных плит на всю толщину покрытия.

- Устройство разделяющей прослойки из пленки ППА толщиной 0,2–0,5 мм в два слоя или нетканого геотекстиля.

- Изготовление и укладка армокаркаса (арматура А-III Ø12 мм, ячейка 200×200 мм) с греющими проводами. Расстояние между верхней и нижней арматурными сетками в каркасе – 150–200 мм).

- Приготовление и укладка быстротвердеющего ремонтного состава из расчета на 1 $м^3$: сухая ремонтная смесь на минеральном вяжущем, гранитный щебень фр. 5–20 – 1000 кг, вода – 200 л (190 л) с возможной корректировкой в зависимости от влажности щебня и подвижности бетонной смеси для конкретной партии сухой смеси.

- Установка передвижного шатра, при необходимости, для укрытия поверхности свежеуложенного бетона и прогрева тепловыми пушками на период до 1 ч в целях образования достаточной прочности бетона в поверхностном слое для возможности укладки полиэтиленовой пленки и греющих матов без повреждения поверхности плиты, до исчезновения поверхностной воды. Электропрогрев уложенного ремонтного состава с обязательным контролем температуры не более 50 °С.

- По окончании прогрева тепловыми пушками – прогрев свежеуложенного участка проводят электроматами с устройством подстилающей влагонепроницаемой прослойки из пленки типа ППА.

- Снятие матов и отключение прогрева после достижения требуемой прочности уложенного ремонтного материала.

- Нанесение пленкообразующего состава с расходом порядка 0,40 кг/$м^2$ при нанесении в один слой.

- Нарезка камеры шва сжатия (10×20 мм) по контуру замененной плиты. Очистка паза шва металлическими щетками с использованием нарезчиков малой мощности.

Продувка паза шва сжатым воздухом. Укладка уплотнительного шнура, при необходимости – нанесение грунтовки на стенки паза шва. Заполнение паза шва герметизирующей мастикой (ГОСТ 30740).

18.12 При разделке и герметизации трещин в асфальтобетонном реконструируемом (усиливаемом) слое последовательность технологических операций такая же, как при ремонте трещин в цементобетонном слое:

- Расшивка трещины на глубину 20 мм с формированием камеры по типу камеры шва сжатия шириной 12 мм.

- Прочистка камеры трещины щеточной машиной.

- Продувка камеры трещины сжатым воздухом. Для продувки и просушки разделанной трещины, при необходимости, следует использовать установку горячего воздуха типа HOT-DOG.

- Укладка на дно камеры трещины уплотняющего шнура диаметром D = 12–14 мм.

- Нанесение грунтовки.

- Заливка камеры трещины мастикой с недоливом на 3 мм и образованием вогнутого мениска с использованием котла-заливщика с принудительным перемешиванием и подогревом термомасла.

18.13 При ремонте эрозии асфальтобетонной поверхности глубиной более 1 см с отделением каменного заполнителя выполняют следующие технологические операции:

- Оконтуривание дефектного участка фрезой с алмазными дисками с захватом в плане неразрушенного слоя на 3–5 см.

- Вырубка разрушенного асфальтобетона перфоратором или холодным фрезерованием.

- Продувка подготовленного участка, осушение в случае наличия воды в выемке.

- Обработка стенок камеры битумной эмульсией или тонким слоем горячего битума.

- Укладка ремонтного материала на органическом вяжущем или асфальтобетонной смесью на глубину не менее 5 см (с запасом по толщине на уплотнение 10 % – 15 %).

- Уплотнение материала виброплитой массой не менее 80 кг до момента, когда не остается следов от прохода виброплиты.

При небольших размерах ремонтируемого участка распределение ремонтной смеси выполняется, как правило, вручную. На больших ремонтируемых участках

площадью более 20–25 м^2 рекомендуется использовать небольшой асфальтоукладчик с регулируемой шириной полосы укладки смеси. Уплотнение на больших участках выполняется виброкатками.

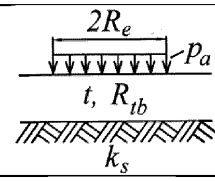
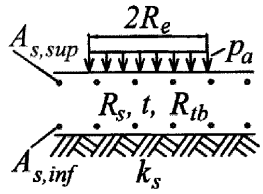
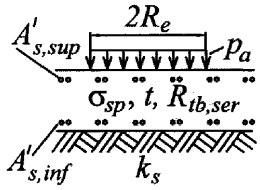
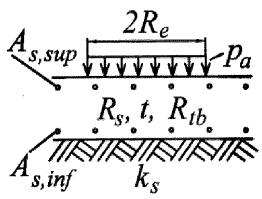
18.14 При ремонте просадок асфальтобетонного покрытия проводят замену разрушенного асфальтобетонного слоя, на котором образовалась просадка. При этом выполняются те же технологические операции, что и при ремонте глубокой эрозии (см. 18.3). В случае если образование просадки вызвано разрушением, разуплотнением основания, то перед укладкой асфальтобетонной смеси следует проводить разборку, осушение и замену основания на всю глубину разрушения. При укладке нового основания применяют материалы с теми же характеристиками, что и в заменяемом основании.

Приложение А

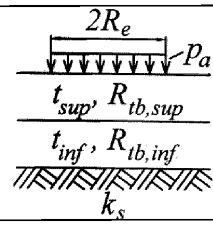
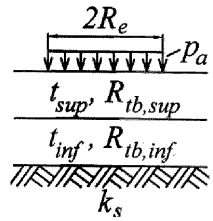
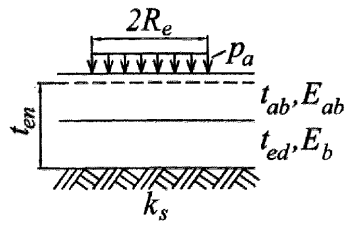
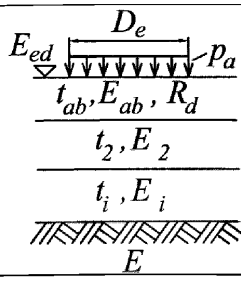
Типовые схемы расчета аэродромных покрытий

Расчет и конструирование аэродромных покрытий состоит в определении толщин конструктивных слоев, включая слои покрытий и искусственных оснований, удовлетворяющим условиям прочности. Для железобетонных монолитных покрытий, кроме толщин, определяют коэффициент армирования расчетного сечения плиты. Предельные состояния по прочности различных видов покрытий и расчетные схемы даны в таблице А.1.

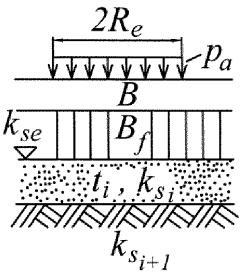
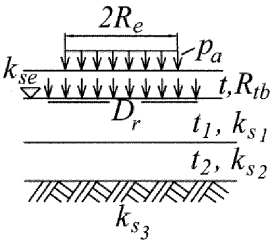
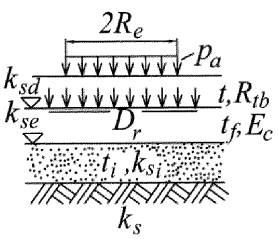
Таблица А.1

№ схемы	Расчетные схемы аэродромных покрытий	Конструкция покрытия	Предельное состояние
1		Однослойные цементобетонные и армобетонные покрытия	По прочности $m_d \le m_u$
2		Железобетонные покрытия	1 По прочности $m_d \le m_u$. 2 По ширине раскрытия трещин $a_{crc} \le 0{,}3$ мм. 3 По предельно допустимому давлению на грунт $\sigma_{zp} \le p_u$
3	 	Предварительно напряженные железобетонные монолитные и сборные покрытия	1 Для сечений, армированных напрягаемой арматурой: по образованию трещин $m_d \le m_u$. 2 Для сечений, армированных ненапрягаемой арматурой, – как для железобетонных покрытий

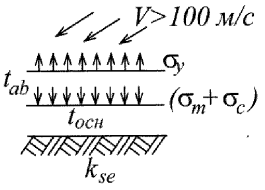
Продолжение таблицы А.1

№ схемы	Расчетные схемы аэродромных покрытий	Конструкция покрытия	Предельное состояние
3			Для конструкции в целом: по предельно допустимому давлению на грунт $\sigma_{zp} \le p_u$
4		Двухслойные жесткие покрытия	По прочности $m_{d,sup} \le m_{u,sup}$, $m_{d,inf} \le m_{u,inf}$.
5	 	Конструкция усиления жестких покрытий: а) жестким слоем б) асфальтобетонным слоем	По прочности $m_{d,sup} \le m_{u,sup}$ $m_d \le m_u$ при $t_{ab} \ge t_{ab,\min}$
6		Нежесткие покрытия капитального типа и конструкции усиления асфальтобетоном	1 По деформации (относительному прогибу конструкции) $\lambda_d \le \gamma_c \cdot \lambda_u$. 2 По прочности на растяжение при изгибе материалов обработанных вяжущими $\sigma_r \le \gamma_c \cdot R_d$

Продолжение таблицы А.1

№ схемы	Расчетные схемы аэродромных покрытий	Конструкция покрытия	Предельное состояние
7		Упрочненные основания под жесткие покрытия: а) бетонные и армобетонные покрытия на основаниях из материалов, обработанных цементом	По прочности верхнего слоя покрытия $m_d \le m_u$
		б) жесткие покрытия на многослойных основаниях из материалов, для которых не нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе	По прочности покрытия на многослойном основании с эквивалентным коэффициентом постели k_{se} $m_d \le m_u$
		в) железобетонные, предварительно напряженные и сборные покрытия на основаниях из материалов, обработанных вяжущими	По прочности верхнего слоя покрытия $m_d \le m_u$

Окончание таблицы А.1

№ схемы	Расчетные схемы аэродромных покрытий	Конструкция покрытия	Предельное состояние
8	 V - скорость газовой струи авиадвигателя	Асфальтобетонные покрытия на жестких и нежестких основаниях	Проверка аэродинамической устойчивости $\sigma_y \le \gamma_c (\sigma_m + \sigma_c)$

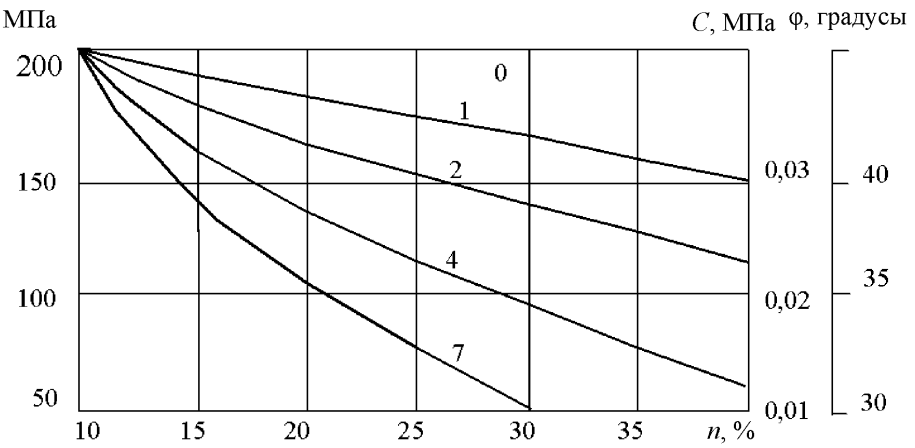
Приложение Б

Разновидности крупнообломочных и песчаных грунтов

Таблица Б.1

Вид грунта	Содержание частиц, % общего веса воздушно-сухого грунта
Крупнообломочные	
Грунт глыбовый (при преобладании окатанных камней – валунный)	Вес камней крупнее 200 мм составляет более 50 %
Грунт щебенистый (при преобладании окатанных частиц – галечниковый)	Вес частиц крупнее 10 мм составляет более 50 %
Грунт дресвяной (при преобладании окатанных частиц – гравийный)	Вес частиц крупнее 2 мм составляет более 50 %
Песчаные	
Песок гравелистый	Вес частиц крупнее 2 мм составляет более 25 %
Песок крупный	Вес частиц крупнее 0,5 мм составляет более 50 %
Песок средней крупности	Вес частиц крупнее 0,25 мм составляет более 50 %
Песок мелкий	Вес частиц крупнее 0,1 мм составляет более 75 %
Песок пылеватый	Вес частиц крупнее 0,1 мм составляет менее 75 %

Примечание – Для установления вида грунта следует последовательно суммировать проценты содержания частиц в исследуемом грунте, начиная с содержания более крупных частиц, и принимать наименования грунта по первой сумме, удовлетворяющей показателю, в порядке расположения наименований в настоящей таблице.



Примечание – Цифры на кривых обозначают число пластичности в смеси мельче 0,63 мм.

***Рисунок Б.1* – Зависимость модуля упругости *E* от содержания частиц *n* размером менее 0,63 (или показателя дробимости малопрочного щебня) для щебеночных материалов (смесей) для ДКЗ II и III и гравийных и гравийно-песчаных материалов для ДКЗ IV и V**

Приложение В

Характеристики материалов аэродромных покрытий и искусственных оснований

Таблица В.1

Грунты, смеси, материалы в искусственных основаниях нежестких покрытий	Модуль упругости E, МПа
Щебень и гравий, обработанные цементом, марок:	
75	1000
60	900
40	700
Крупнообломочные грунты и ПГС оптимального или близких к оптимальному составов, укрепленные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	350–250
То же, укрепленные комплексными вяжущими:	
- класс прочности I	900–700
- класс прочности II	650–500
- класс прочности III	450–300
Крупнообломочные грунты и ПГС неоптимального состава, пески (кроме мелких, пылеватых и одноразмерных), супесь легкая, крупная, щебень малопрочных пород, и отходы камнедробления, укрепленные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	300–200
То же, укрепленные комплексными вяжущими:	
- класс прочности I	800–650
- класс прочности II	600–450
- класс прочности III	420–280

Продолжение таблицы В.1

Грунты, смеси, материалы в искусственных основаниях нежестких покрытий	Модуль упругости E, МПа
Побочные продукты промышленности (каменные материалы и крупнообломочные грунты, сопутствующие рудным ископаемым, золошлаковые смеси, формовочные смеси, фосфоритные «хвосты» и т. п.), укрепленные комплексными вяжущими:	
- класс прочности I	700–550
- класс прочности II	530–350
- класс прочности III	320–200
То же, укрепленные цементом:	
- класс прочности I	600–420
- класс прочности II	400–250
- класс прочности III	220–180
То же, укрепленные активной золой-уноса или гранулированным шлаком, известью, фосфатными вяжущими и другими композиционными вяжущими из них с добавками или без добавок поверхностно-активных веществ, дегтем и т.п.:	
- класс прочности I	350–220
- класс прочности III	200–130
То же, укрепленные вязким битумом или эмульсиями на вязких битумах	250–180
Пески мелкие и пылеватые, супесь легкая и пылеватая, укрепленные комплексными вяжущими:	
класс прочности I	750–600
класс прочности II	550–400
класс прочности III	380–250
Супеси тяжелые и пылеватые, суглинки легкие, укрепленные комплексными вяжущими:	
- класс прочности I	600–500
- класс прочности II	450–300
- класс прочности III	280–150

Продолжение таблицы В.1

Грунты, смеси, материалы в искусственных основаниях нежестких покрытий	Модуль упругости E, МПа
То же, укрепленные эмульсиями на вязких битумах	250–180
Суглинки тяжелые и пылеватые, глины песчанистые и пылеватые, укрепленные минеральными и комплексными вяжущими:	
- класс прочности II	330–200
- класс прочности III	180–80
Грунт, укрепленный жидким битумом:	
- супесь непылеватая	150–200
- суглинок, супесь пылеватая	80–150

Примечания

1 Комплексные вяжущие: цемент + вязкий битум или эмульсии на вязком битуме; цемент + полимерное вяжущее; цемент (известь) + активные золы уноса или гранулированные шлаки и т. п.

2 Большие значения расчетных характеристик следует принимать:

а) при использовании более качественных минеральных материалов и активных вяжущих;

б) укреплении материалов и грунтов неорганическими вяжущими в ДКЗ III и V;

в) укреплении вязким битумом и битумной эмульсией на вязком битуме в ДКЗ I и II.

Для грунтов, укрепленных жидким битумом, большие значения следует принимать при смешении в установке и применении битумной эмульсии.

3 Подбор составов смесей и назначение класса прочности проводят по ГОСТ 23558.

4 Для покрытий аэродромов класса А–Г следует применять укрепленные грунты I класса прочности, для аэродромов классов Д и Е смеси класса прочности II.

5 Укрепленные грунты, физико-механические свойства которых удовлетворяют требованиям класса прочности III, могут применяться в качестве нижних слоев оснований под асфальтобетонные покрытия на аэродромах классов Д и Е или в качестве покрытий на аэродромах сельскохозяйственной авиации с обязательным устройством слоя износа в виде поверхностной обработки.

6 Расчетные характеристики неукрепленных малопрочных каменных материалов принимают по рисунку Б.1.

Малопрочные каменные материалы – гравий, щебень, гравийные, щебеночные и гравийно-(щебеночно)-песчаные смеси, в которых содержится или может образоваться в процессе строительства или эксплуатации основания избыточное по сравнению с действующими нормами количество мелких частиц с числом их пластичности до 7:

- природные или искусственно составленные смеси с содержанием зерен гравия (щебня) крупнее 5 мм не менее 20 %;
- щебень из осадочных пород марок 400, 300 и 200 по дробимости;
- щебень из изверженных и метаморфических пород марки 600 по дробимости;
- дресва, опока;
- грунтощебень.

Окончание таблицы В.1

Для щебня число пластичности фракций размером мельче 0,63 мм определяют после его стандартного испытания на дробимость или износ.

Для ДКЗ IV и V значения расчетных характеристик щебеночных смесей и щебня, определенных по рисунку Б.1, следует увеличивать на 25 %.

Расчетные характеристики гравийных смесей и ПГС для ДКЗ II и III определяются путем уменьшения значений, полученных по графикам рисунка Б.1, на 30 %.

Таблица В.2

Вид и класс арматуры	Нормативные R_{sn} и расчетные $R_{s,ser}$ сопротивления растяжению для предельных состояний второй группы, МПа	Расчетные сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы R_s, МПа	Модуль упругости арматуры E_a, МПа
Стержневая			
А-I (А 240)	235	225	210 000
А-II (А 300)	295	280	210 000
А-III (А 400)			
диаметром, мм:			
6–8	390	355	200 000
10–40	390	365	200 000
А-IV (А 600)	590	510	200 000
А-V (А 800)	785	680	190 000
В-II диаметром, мм:			
3	1490	1240	200 000
4	1410	1180	200 000
5	1335	1110	200 000
6	1255	1050	200 000
7	1175	980	200 000
8	1100	915	200 000
Вр-II диаметром, мм:			
3	1460	1215	200 000
4	1370	1145	200 000
5	1255	1045	200 000
6	1175	980	200 000
7	1100	915	200 000
8	1020	850	200 000

Примечания

1 Предельные состояния второй группы учитываются в расчетах армированных сечений по образованию трещин (предварительно напряженные железобетонные покрытия).

2 Предельные состояния первой группы учитываются в расчетах армированных сечений на прочность (обычные железобетонные покрытия).

Таблица В.3

Вид материала слоя	Вид и объем разрушений в зоне колеи главных опор расчетного ВС	Значения понижающих коэффициентов β
Материалы, обработанные вяжущими	Материал слоя однородный, прочный, разрушений и износа не имеет	1,00
	На покрытии редкие трещины (поперечные, продольные косые), в т. ч. температурные, отраженные со средним расстоянием между соседними трещинами 4–10 м	0,90
	На покрытии деформации в виде частых трещин, иногда связанных между собой (продольных, поперечных косых) со средним расстоянием между соседними трещинами 1–4 м	0,80
	На покрытии значительные деформации в виде сетки трещин размером 0,5–1,0 м в поперечнике	0,60
	То же, в виде густой сетки трещин со сторонами менее 0,15–0,2 м в поперечнике и просадками в месте трещин	0,50
Каменные материалы, не обработанные вяжущими	Качество щебеночного (гравийного) материала не отличается от первоначального или срок службы менее двух лет	1,00
	В щебеночном (гравийном) слое имеются отдельные раздавленные щебенки (5 % – 10 %), наблюдается внутренний износ, либо в слое щебня содержится до 10 % мелочи размером менее 2 мм	0,90
	Содержание раздавленных щебенок в слое 15 % – 20 %, либо наличие в слое мелочи менее 2 мм в количестве 15 % – 20 %	0,70
	То же, 25 % – 30 %	0,50

Окончание таблицы В.3

Вид материала слоя	Вид и объем разрушений в зоне колеи основных опор расчетного ВС	Значения понижающих коэффициентов β
Песчаные слои	Песок чистый, коэффициент фильтрации соответствует первоначальному	1,00
	Песок слегка загрязнен, коэффициент фильтрации ниже первоначального на 20 % – 25 %	0,80
	Песок сильно заилен, частично перемешан с грунтом	0,50
Примечание – Для нежестких покрытий в зону колеи входят участки покрытий шириной до 3 м в стороны от оси движения основной опоры расчетного ВС.		

Таблица В.4

Расчетные характеристики типовых плит аэродромных покрытий	Единица измерения	Типы плит	
		1ПАГ-14; 2ПАГ-14 (ГОСТ 25912)	1ПАГ-18; 2ПАГ-18 (ГОСТ 25912)
Размеры в плане	м	2×6	2×6
Толщина	м	0,14	0,18
Класс прочности на растяжение при изгибе		B_{tb} 4,0	B_{tb} 4,0
Класс прочности на сжатие		В30	В30
Объем бетона на плиту	$м^3$	1,68	2,16
Расход арматуры на плиту:			
- напрягаемая	кг	72,6	87,1
- ненапрягаемая:			
- для плит 1ПАГ	кг	68,1	103,4
- для плит 2ПАГ	кг	66,5	95,5
Всего:			
- для плит 1ПАГ	кг	140,7	188,8
- для плит 2ПАГ	кг	139,1	182,6
Жесткость плиты в поперечном сечении (B_x)	кПа·$м^4$/м	7090	15 070
k_x		1,38	1,38
k_w		1,42	1,42
Предельный момент по трещинообразованию для поперечного сечения		См. раздел 11	

Таблица В.5

Расчетные характеристики плит	Единица измерения	Тип плит	
		ПАГ-20	ПАГ-25
Размеры в плане	м	2×6	2×6
Толщина	м	0,20	0,25
Класс прочности на растяжение при изгибе		$B_{tb}4,0$	$B_{tb}4,0$
Класс прочности на сжатие		В30	В30
Объем бетона на плиту	$м^3$	2,4	3,0
Жесткость плиты в поперечном сечении (B_x)	кПа·$м^4$/м	22 030	43 030
k_x		1,29	1,38
k_w		1,42	1,42
Предельный момент по трещинообразованию для поперечного сечения (в средней части) без учета коэффициента условий работы	кН·м/м	40,8	53,97

Таблица В.6 – **Таблица требований к нетканому геотекстилю**

№ п/п	Свойства	Ед. изм.	Требуемые показатели	Методика определения
1	Сырье	–	Полипропилен	–
2	Разрывная нагрузка, не менее	кН/м		ГОСТ Р 55030
	- в продольном направлении		17,0	
	- в поперечном направлении		16,0	
3	Относительное удлинение при максимальной нагрузке не более	%		ГОСТ Р 55030
	- в продольном направлении		100	
	- в поперечном направлении		110	
4	Статическая прочность на прокол (CBR-метод), не менее	Н	2500	ГОСТ Р 56335
5	Прочность при динамической нагрузке (испытание падающим конусом), не более	мм	17	ГОСТ Р 56337
6	Коэффициент фильтрации в направлении, перпендикулярном плоскости полотна, при нагрузке 2 кПа, не менее	м/сут	55	ГОСТ Р 52608
7	Водопроницаемость в перпендикулярном направлении	мм/с	55	[4]

Окончание таблицы В.6

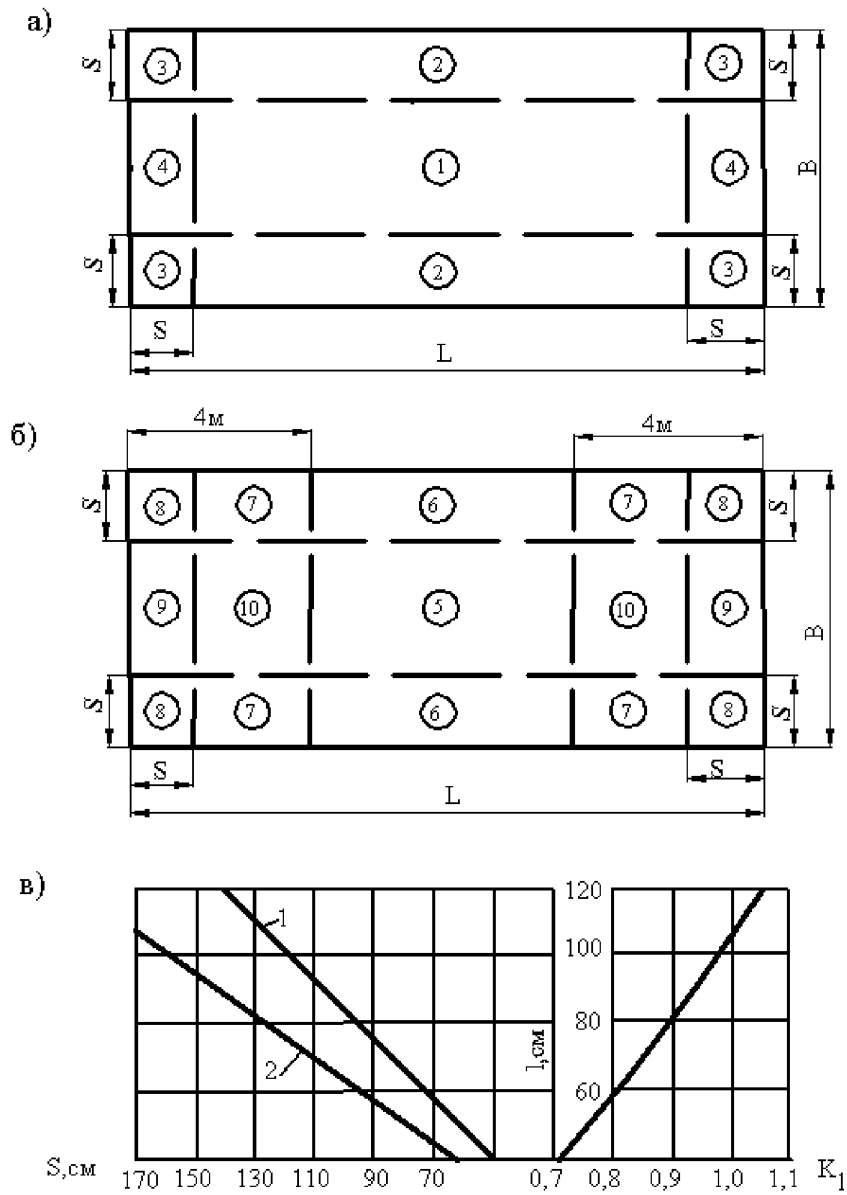
№ п/п	Свойства	Ед. изм.	Требуемые показатели	Методика определения
	(скоростной индекс VIh50), не менее			
Примечание – Капилляропрерывающие прослойки из нетканого геотекстиля могут дополнительно выполнять роль разделительной и защитно-дренирующей прослоек.				

Приложение Г

Армирование плит железобетонных покрытий

Таблица Г.1

№ зоны армирования в соответствии с рисунком Г.1	Участки армирования плит	Коэффициент армирования сечений монолитных железобетонных плит в зонах на рисунке Г.1	
		при наличии стыковых соединений	при отсутствии стыковых соединений
	Нижняя зона плиты:		
1	- в продольном и поперечном направлениях	μ	μ
2	- в продольном направлении - в поперечном направлении	$1{,}65\mu K_l$ μ	$2{,}35\mu K_l$ μ
3	- в продольном направлении - в поперечном направлении	$1{,}65\mu K_l$ $1{,}65\mu k_l$	$2{,}35\mu K_l$ $2{,}35\mu \kappa_l$
4	- в продольном направлении - в поперечном направлении	μ $1{,}65\mu K_l$	μ $2{,}35\mu K_l$
	Верхняя зона плиты:		
5	- в продольном направлении - в поперечном направлении	$0{,}39\mu$ $0{,}78\mu$	$0{,}39\mu$ $1{,}13\mu$
6	- в продольном направлении - в поперечном направлении	$0{,}65\mu$ $0{,}78\mu$	$0{,}825\mu$ $1{,}13\mu$
7	- в продольном направлении - в поперечном направлении	$1{,}17\mu$ $0{,}78\mu$	$2{,}35\mu$ $1{,}13\mu$
8	- в продольном направлении - в поперечном направлении	$1{,}17\mu$ $1{,}17\mu$	$2{,}35\mu$ $2{,}35\mu$
9	- в продольном направлении - в поперечном направлении	$0{,}78\mu$ $1{,}17\mu$	$1{,}13\mu$ $2{,}35\mu$
10	- в продольном и поперечном направлениях	$0{,}78\mu$	$1{,}13\mu$



а) – нижняя зона плиты; *б)* – верхняя зона плиты; *в)* – график для определения значений S и K_1; *1* – при наличии стыковых соединений; *2* – при отсутствии стыковых соединений

***Рисунок Г.1* – Схемы армирования железобетонной плиты**

Таблица Г.2

Процент армирования μ_a	Расстояние между арматурными стержнями, м, при толщине плиты, м												
	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
d = 10 мм													
0,15	–	–	0,26	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	–	–	–	–	–
0,20	–	0,30	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	–	–	–	–	–
0,25	0,29	0,24	0,21	0,14	0,17	0,15	0,14	0,13	–	–	–	–	–
d = 12 мм													
0,15	–	–	–	–	–	–	–	0,30	0,27	0,26	0,24	0,23	0,21
0,20	–	–	–	–	0,30	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16
0,25	–	–	0,30	0,27	0,24	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13
0,30	–	0,29	0,25	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11
0,35	0,29	0,25	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10

Продолжение таблицы Г.2

Процент армирования μ_a	Расстояние между арматурными стержнями, м, при толщине плиты, м												
	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
d = 12 мм													
0,40	0,26	0,21	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	–	–	–
0,45	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	–	–	–	–	–
0,50	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	–	–	–	–	–	–
0,55	0,18	0,16	0,13	0,12	0,11	0,10	–	–	–	–	–	–	–
0,60	0,17	0,14	0,12	0,11	0,10	–	–	–	–	–	–	–	–
0,65	0,16	0,13	0,11	0,10	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,70	0,15	0,12	0,11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,75	0,13	0,11	0,10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,80	0,13	0,10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,85	0,12	0,10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,90	11,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продолжение таблицы Г.2

Процент армирования μ_a	Расстояние между арматурными стержнями, м, при толщине плиты, м												
	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
d = 14 мм													
0,25	–	–	–	–	–	0,29	0,27	0,24	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18
0,30	–	–	–	0,30	0,27	0,24	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,15	0,15
0,35	–	–	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
0,40	–	0,29	0,25	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11
0,45	–	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10
0,50	0,28	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	–
0,55	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	–	–	–	–
0,60	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	–	–	–	–
0,65	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,10	–	–	–	–	–	–
0,70	0,20	0,17	0,14	0,13	0,11	0,10	–	–	–	–	–	–	–

Продолжение таблицы Г.2

Процент армирования μ_a	Расстояние между арматурными стержнями, м, при толщине плиты, м												
	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
d = 14 мм													
0,75	0,18	0,16	0,13	0,12	0,11	0,10	–	–	–	–	–	–	–
0,80	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	–	–	–	–	–	–	–	–
0,85	0,16	0,14	0,12	0,10	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,90	0,15	0,13	0,11	0,10	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,95	0,14	0,12	0,11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,00	0,14	0,12	0,10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
d = 16 мм													
0,30	–	–	–	–	–	–	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19
0,35	–	–	–	–	0,30	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18	0,17	0,16
0,40	–	–	–	0,30	0,26	0,24	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14
0,45	–	–	0,30	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13

Окончание таблицы Г.2

Процент армирования μ_a	Расстояние между арматурными стержнями, м, при толщине плиты, м												
	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
						d = 16 мм							
0,50	–	–	0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11
0,55	–	0,28	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11
0,60	0,30	0,26	0,22	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10
0,65	0,28	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	–	–
0,70	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	–	–	–
0,75	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10	–	–	–	–
0,80	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	–	–	–	–	–
0,85	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	–	–	–	–	–	–
0,90	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10	0,10	–	–	–	–	–	–
0,95	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	–	–	–	–	–	–	–
1,00	0,18	0,15	0,13	0,12	0,10	–	–	–	–	–	–	–	–
Примечание – Для арматуры с диаметром d > 16 мм расстояние между стержнями следует вычислять по формуле (17.1).													

Приложение Д

Максимальные контактные давления на основания жестких покрытий

Таблица Д.1

Тип ВС	Максимальные значения контактного давления на основание жестких покрытий от ВС P_k, МПа, при упругой характеристике плиты, м					
	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
ИЛ-62М	0,29	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08
ИЛ-62	0,28	0,22	0,16	0,12	0,10	0,08
ИЛ-96	0,28	0,22	0,16	0,12	0,09	0,07
ИЛ-96-300	0,31	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08
ИЛ-76ТД	0,24	0,16	0,11	0,08	0,06	0,05
ИЛ-76Т	0,22	0,14	0,10	0,07	0,06	0,04
ИЛ-86	0,22	0,18	0,14	0,11	0,08	0,07
ИЛ-18Д	0,19	0,12	0,08	0,06	0,04	0,03
ИЛ-114	0,18	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02
ТУ-204	0,21	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05
ТУ-154	0,21	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05
ТУ-134А	0,15	0,10	0,06	0,05	0,03	0,03
ТУ-134Б	0,15	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02
ЯК-42	0,17	0,11	0,07	0,05	0,04	0,02
ЯК-40	0,20	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02
АН-12	0,16	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03
АН-225	3,35	0,64	0,25	0,17	0,14	0,13
АН-124	0,77	0,25	0,18	0,16	0,13	0,12
АН-22	0,28	0,14	0,11	0,10	0,08	0,07
АН-72	0,26	0,15	0,09	0,06	0,05	0,04
АН-32	0,21	0,12	0,07	0,05	0,04	0,03
АН-26	0,19	0,10	0,07	0,04	0,03	0,02
АН-24	0,16	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02
АН-30	0,17	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02
АН-28	0,08	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01
АН-2	0,08	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01
Ми-26	0,46	0,27	0,17	0,12	0,09	0,07
Ми-6	0,46	0,24	0,14	0,10	0,07	0,05
Ми-8	0,12	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01
Ми-4	0,09	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01
Ми-2	0,04	0,02	0,01	0,01	0,006	0,004
Ми-1	0,03	0,02	0,01	0,006	0,004	0,003
Ка-26	0,04	0,02	0,01	0,008	0,006	0,004
А-300-В2-1	0,27	0,20	0,15	0,11	0,08	0,07
А-300-В2-2	0,28	0,21	0,15	0,11	0,09	0,07
А-300-В4-1	0,30	0,22	0,16	0,12	0,09	0,07

Продолжение таблицы Д.1

Тип ВС	Максимальные значения контактного давления на основание жестких покрытий от ВС P_k, МПа, при упругой характеристике плиты, м					
	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
А-300-В4-2	0,31	0,23	0,17	0,12	0,10	0,08
А-300-В4-3	0,33	0,24	0,17	0,13	0,10	0,08
А-300-600	0,33	0,25	0,18	0,13	0,10	0,08
А-300-600R-1	0,34	0,25	0,18	0,14	0,10	0,08
А-300-600R-2	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
А-310-200-1	0,26	0,19	0,14	0,10	0,08	0,06
А-310-200-2	0,27	0,20	0,15	0,11	0,08	0,07
А-310-200-3	0,28	0,21	0,15	0,11	0,09	0,07
А-310-300-1	0,30	0,22	0,16	0,12	0,09	0,07
А-310-300-2	0,31	0,23	0,17	0,12	0,10	0,08
А-320-100-1	0,40	0,24	0,16	0,11	0,08	0,06
А-320-100-2	0,41	0,25	0,16	0,12	0,09	0,07
А-320-100-3	0,19	0,12	0,08	0,06	0,05	0,04
А-320-200-1	0,44	0,27	0,18	0,12	0,09	0,07
А-320-200-2	0,20	0,13	0,09	0,07	0,05	0,04
ВАС1-11-400	0,31	0,17	0,11	0,07	0,05	0,04
ВАС1-11-475	0,33	0,19	0,12	0,08	0,06	0,05
ВАС1-11-500	0,37	0,21	0,13	0,09	0,07	0,05
Bae-146-100	0,26	0,15	0,10	0,07	0,05	0,04
Bae-146-200	0,29	0,17	0,11	0,08	0,06	0,04
В-707-120В	0,23	0,17	0,12	0,09	0,07	0,06
В-707-320В	0,29	0,21	0,16	0,12	0,09	0,07
В-707-320С	0,30	0,22	0,16	0,12	0,09	0,07
В-707-320/420	0,28	0,21	0,15	0,11	0,09	0,07
В-720	0,24	0,17	0,12	0,09	0,07	0,05
В-720В	0,24	0,17	0,12	0,09	0,07	0,05
В-727-100	0,05	0,28	0,18	0,13	0,09	0,07
В-727-100С	0,44	0,26	0,17	0,12	0,09	0,07
В-727-200-1	0,49	0,29	0,19	0,13	0,10	0,08
В-727-200-2	0,53	0,31	0,21	0,14	0,11	0,08
В-727-1	0,54	0,32	0,21	0,15	0,11	0,08
В-727-2	0,56	0,33	0,22	0,15	0,11	0,09
В-727-3	0,59	0,35	0,23	0,16	0,12	0,09
В-737-100	0,29	0,17	0,11	0,08	0,06	0,04
В-737-200-1	0,30	0,17	0,11	0,08	0,06	0,04
В-737-200-2	0,34	0,20	0,13	0,09	0,07	0,05
В-737-200-3	0,34	0,20	0,13	0,09	0,07	0,05
В-737-200/200С-1	0,35	0,20	0,13	0,09	0,07	0,05
В-737-200/200С-2	0,37	0,22	0,14	0,10	0,07	0,06
В-737-200-4	0,38	0,22	0,14	0,10	0,07	0,06
В-737-300-1	0,40	0,23	0,15	0,11	0,08	0,06
В-737-300-2	0,40	0,23	0,15	0,11	0,08	0,06
В-737-400	0,43	0,25	0,16	0,11	0,08	0,06
В-737-500	0,40	0,23	0,15	0,10	0,08	0,06
В-747-100	0,27	0,22	0,16	0,12	0,09	0,07

Продолжение таблицы Д.1

Тип ВС	Максимальные значения контактного давления на основание жестких покрытий от ВС P_k, МПа, при упругой характеристике плиты, м					
	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
B-747-100	0,13	0,10	0,12	0,12	0,11	0,09
B-747-100B-1	0,28	0,22	0,16	0,12	0,10	0,08
B-747-100B-2	0,28	0,22	0,17	0,13	0,10	0,08
B-747-100B-SR	0,21	0,16	0,12	0,09	0,07	0,06
B-747-SP-1	0,27	0,21	0,15	0,11	0,09	0,07
B-747-SP-2	0,27	0,21	0,15	0,11	0,09	0,07
B-747-200B	0,30	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08
B-747-200C	0,31	0,25	0,18	0,14	0,11	0,09
B-747-200F/300	0,31	0,25	0,18	0,14	0,11	0,09
B-747-400	0,34	0,27	0,27	0,15	0,12	0,09
B-757-200	0,25	0,17	0,12	0,09	0,07	0,05
B-767-200	0,25	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07
B-767-200ER	0,30	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08
B-767-300	0,27	0,21	0,16	0,12	0,09	0,07
B-767-300ER	0,32	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
B-777-200-Plus	0,32	0,23	0,19	0,16	0,13	0,11
Caravelle-10	0,15	0,10	0,06	0,05	0,03	0,03
Caravelle-12	0,16	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03
Canadair-CL-44	0,24	0,16	0,11	0,08	0,06	0,05
Conver-(CV-880)	0,24	0,16	0,11	0,08	0,06	0,05
Conver-(CV-990)	0,31	0,21	0,14	0,10	0,08	0,06
ДС-3	0,15	0,08	0,05	0,03	0,02	0,02
ДС-4	0,22	0,13	0,08	0,06	0,04	0,03
ДС-8-43	0,30	0,22	0,16	0,12	0,09	0,07
ДС-8-55	0,32	0,23	0,16	0,12	0,09	0,07
ДС-8-61/71	0,32	0,23	0,17	0,12	0,09	0,07
ДС-8-62/72	0,33	0,24	0,17	0,13	0,10	0,08
ДС-8-63/73	0,34	0,25	0,18	0,13	0,10	0,08
ДС-9-15	0,29	0,17	0,11	0,07	0,05	0,04
ДС-9-21	0,33	0,19	0,12	0,08	0,06	0,05
ДС-9-32	0,35	0,20	0,13	0,09	0,06	0,05
ДС-9-41	0,37	0,21	0,13	0,09	0,07	0,05
ДС-9-51	0,39	0,22	0,14	0,10	0,07	0,06
МД-81	0,45	0,26	0,17	0,12	0,09	0,07
МД-82/88	0,48	0,27	0,18	0,12	0,09	0,07
МД-83	0,51	0,29	0,19	0,13	0,10	0,07
МД-87	0,45	0,26	0,16	0,12	0,09	0,07
ДС-10-10-1	0,25	0,23	0,18	0,14	0,11	0,09
ДС-10-10-2	0,19	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
ДС-10-15	0,26	0,24	0,18	0,14	0,11	0,09
ДС-10-30/40-1	0,26	0,23	0,18	0,14	0,11	0,09
ДС-10-30/40-2	0,27	0,24	0,19	0,14	0,11	0,09
ДС-10-30/40-3	0,28	0,25	0,19	0,15	0,12	0,10
МД-11	0,29	0,26	0,20	0,16	0,13	0,10
DCH-7 (DASH-7)	0,16	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02

Окончание таблицы Д.1

Тип ВС	Максимальные значения контактного давления на основание жестких покрытий от ВС P_k, МПа, при упругой характеристике плиты, м					
	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Фоккер-27	0,17	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02
Фоккер-50 (HTP)	0,16	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02
Фоккер-50 (LTR)	0,16	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02
Фоккер-28 (LTP)	0,23	0,13	0,08	0,06	0,04	0,03
Фоккер-28 (HTR)	0,22	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03
Фоккер-100	0,33	0,19	0,12	0,08	0,06	0,05
HS-125-400 A-400B	0,09	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01
HS-125-600 A-600B	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01
HS-74B	0,16	0,09	0,05	0,04	0,03	0,02
L-100-20	0,14	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03
L-100-30	0,14	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03
L-1011-1	0,23	0,22	0,17	0,13	0,11	0,09
L-1011-100/200	0,25	0,23	0,18	0,14	0,11	0,09
L-1011-500	0,26	0,24	0,19	0,15	0,12	0,10
Трайдент-1E	0,17	0,11	0,07	0,05	0,04	0,03
Трайдент-2E	0,18	0,12	0,08	0,06	0,04	0,03

Примечания

1 Табличные значения давлений приведены для участков группы А. Для участков групп Б и В табличные значения следует умножать на коэффициент 0,92 и 0,78 соответственно.

2 Для оснований сборных покрытий из плит ПАГ-14 и ПАГ-18 табличные значения P_k следует умножить на коэффициент k_w = 1,42.

3 Значение давления на грунт σ_z при устройстве искусственных оснований определяют умножением табличных значений P_k на коэффициент k_z, определяемый по таблице Ж.1 приложения Ж СП 121.13330.2019.

Приложение Е

Требуемая толщина пескоцементного основания под сборные покрытия из плит ПАГ

Таблица Е.1 – **Требуемая толщина пескоцементного основания с модулем упругости E = 4000 МПа под сборные покрытия из плит ПАГ-18 и ПАГ-14 (ГОСТ 25912) для нормативных нагрузок**

Нормативная категория	k_u	Группа участков покрытия	Требуемая толщина пескоцементного основания, м, при коэффициенте постели грунтового основания k_s, МН/м^3				
			30	40	60	80	120
Для плит ПАГ-18							
II	1	А	0,32	0,30	0,27	0,25	0,22
		Б	0,25	0,22	0,18	0,16	0,15
		В	0,17	0,15	0,15	0,15	–
Для плит ПАГ-14							
III	1	А	Применять не рекомендуется			0,25	0,24
		Б	0,24	0,23	0,21	0,20	0,18
		В	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15
IV	1	А	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15
		Б	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
		В	0,15	0,15	0,15	–	–

Примечания

1 Расчетные изгибающие моменты для сборных покрытий вычислялись с исключением рядов колес, дающих в сумме отрицательные значения моментов в расчетном сечении.

2 Для оснований, обработанных вяжущими, с модулем упругости E_i, отличным от 4000 МПа, требуемые толщины получают умножением табличных значений на поправочный коэффициент

$$k = \sqrt[3]{\frac{4000}{E_i}},$$

где E_i – модуль упругости материала основания обработанного вяжущим, МПа.

3 Для промежуточных значений коэффициентов постели грунта k_s толщину слоя основания следует принимать по интерполяции.

Таблица Е.2 – **Требуемая толщина пескоцементного основания с модулем упругости E = 5000 МПа под сборные покрытия из плит ПАГ-14 и ПАГ-18 (ГОСТ 25912) для различных типов ВС**

Тип ВС	Взлетная масса, т	Требуемая толщина пескоцементного основания, м, на участках группы А под плиты					
		ПАГ-18			ПАГ-14		
		Коэффициент постели грунтового основания k_s, МН/м^3					
		40	60	80	40	60	80
Ил-86	206	0,16	0,15	0,15	–	–	–
Ил-76ТД	190	0,21	0,17	0,15	0,25	0,22	0,19
Ил-76Т	170	0,16	0,15	0,15	0,23	0,19	0,17
Ту-154Б	100	0,15	0,15	0,15	0,18	0,16	0,15
Ил-18Д	64				0,15	0,15	0,15
Як-42	53,5				0,15	0,15	0,15
Ту-134	47				0,15	0,15	0,15
Ми-6	42,5				0,27	0,24	0,21
Ми-10к	38,0				0,15	0,15	0,15
Аи-24	22	Упрочненное основание не требуется					
Як-40	16,1						
Ми-8	12						
Ми-4	7,5						
Ми-2	3,55						

Окончание таблицы Е.2

Примечания

1 Минимальная толщина слоя пескоцементного основания принята равной 0,15 м.

2 Применение плит ПАГ-14 под самолеты Ил-76 и Ил-76ТД допускается только как исключение.

3 Расчетные изгибающие моменты для сборных покрытий вычислялись с исключением рядов колес, дающих в сумме отрицательные значения моментов в расчетном сечении.

4 Для оснований, обработанных вяжущими, с модулем упругости E_i, отличным от 5000 МПа, требуемые толщины получают умножением табличных значений на поправочный коэффициент

$$k = \sqrt[3]{\frac{5000}{E_i}},$$

где E_i – модуль упругости материала основания обработанного вяжущим, МПа.

5 Для промежуточных значений коэффициентов постели грунта k_s толщину слоя основания следует принимать по интерполяции.

Библиография

[1] Федеральный закон от 30 сентября 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

[2] Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

[3] ЕН 1990:2002 Еврокод: Основы проектирования сооружений (EN 1990:2002 Eurocode: Basis of Structural Design)

[4] ИСО 11058:2019 Материалы геотекстильные и геотекстилеподобные. Определение характеристик водопроницаемости в направлении, перпендикулярном плоскости образца, без нагрузки (ISO 11058:2019 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of water permeability characteristics normal to the plane, without load)

Ключевые слова: аэродромы, покрытия, монолитные покрытия, взлетно-посадочные полосы, бетонные плиты

gost.e-ecolog.ru