МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РФ

ПОСОБИЕ

ПО РАСЧЕТУ И КОНСТРУИРОВАНИЮ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Москва – 2002 г.

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОСОБИЕ

ПО РАСЧЕТУ И КОНСТРУИРОВАНИЮ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

УТВЕРЖДЕНО
Заместителем начальника
строительства и расквартирования войск
08 апреля 2002 г.

Москва – 2002 г.

РАЗРАБОТАНО 26 Центральным научно-исследовательским институтом Министерства обороны Российской Федерации.

Авторский коллектив: кандидат физико-математических наук С. А. Буянов, кандидаты технических наук В. А. Елисин, С. А. Пузатов инженеры О. П. Новосельцев, Ф. В. Юшков.

ВНЕСЕНО Военно-научным комитетом начальника строительства и расквартирования войск Министерства обороны Российской Федерации.

ВВЕДЕНО ВПЕРВЫЕ

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения МО РФ

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 4

2. Исходные данные для проектирования 8

3. Проектирование грунтовых оснований 11

4. Требования к материалам. Конструирование покрытий 28

5. Расчет аэродромных покрытий 42

Приложение А Теплотехнические расчеты оснований на вечномерзлых грунтах 66

Приложение Б Определение сжимающих напряжений в грунте от эксплуатационной нагрузки и собственного веса конструкции 74

Приложение В Расчет оснований на пучинистых грунтах 78

Приложение Г Определение эквивалентного коэффициента постели 83

Приложение Д Расчет искусственных оснований под жесткие покрытия из материалов, обработанных вяжущим. 86

Приложение Е Расчет сборных покрытий из типовых плит ПАГ под тяжелые нагрузки 90

Приложение Ж Расчет монолитных слоев усиления сборных покрытий на силовое воздействие опор воздушных судов, расстояний между деформационными швами расширения и общие требования к конструктивным элементам монолитных слоев усиления 102

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящее Пособие составлено в развитие и дополнение соответствующих разделов СНиП 32-03-96 "Аэродромы" и содержит указания по проектированию аэродромных покрытий. Пособие предназначено для специалистов по проектированию аэродромов, работников аэродромных служб.

1.2 Проектирование аэродромных покрытий состоит из двух основных операций:

- конструирования, то есть выбора материалов различных слоев покрытия, установления количества слоев и их размещения по толщине конструкции, для жестких монолитных покрытий - назначения размеров плит покрытия в плане, вида соединения соседних плит друг с другом и т. п.;

- расчета, то есть определения необходимой толщины всех слоев покрытия, а для армированных покрытий и определения площади сечения арматуры.

1.3 Аэродромные покрытия по характеру сопротивления действию нагрузок от воздушных судов подразделяются на: жесткие; нежесткие.

1.4 Аэродромные покрытия состоят из следующих конструктивных слоев:

- собственно покрытия, которое может быть многослойным;
- искусственного основания;
- грунтового основания.

1.5 Собственно покрытие может быть:

♦ жесткие покрытия:

- бетонным, не имеющим армирования;
- армобетонным, армированным в одном уровне в продольном и поперечном направлениях ненапрягаемой арматурой (металлической сеткой, предназначенной для восприятия температурных напряжений);
- железобетонным, армированным в одном или двух уровнях в продольном и поперечном направлениях ненапрягаемой арматурой с целью восприятия этой арматурой растягивавших напряжений, возникающих при изгибе покрытия под действием эксплуатационной нагрузки, в котором необходимую площадь сечения арматуры

определяют расчетом на прочность и ширину раскрытия трещин;

- предварительно напряженным железобетонным сборным или монолитным, в материале которого заранее создаются напряжения сжатия с целью увеличения величины растягивающих напряжений, воспринимаемых бетоном до образования трещин;
- асфальтобетонным на цементобетонном основании;

♦ нежесткие покрытия:

- из асфальтобетона;
- из прочных каменных материалов подобранного состава, обработанных органическими вяжущими;
- из щебеночных и гравийных материалов, грунтов и местных материалов, обработанных неорганическими или органическими вяжущими;
- из сборных металлических, пластмассовых или резиновых элементов.

Примечание - В Пособии не рассматривается проектирование монолитных покрытий из предварительно-напряженных железобетонных плит, так как они в настоящее время в отечественной практике не применяются.

1.6 По степени капитальности покрытия разделяются на:

♦ капитальные (жесткие и асфальтобетонные);

♦ облегченные (нежесткие, кроме асфальтобетонных).

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

1.7 Искусственные основания аэродромных покрытий, могут состоять из одного или нескольких слоев, которые по своему назначению подразделяются на:

-упрочняющие, повышающие несущую способность покрытия;

-дренирующие, отводящие воду из-под покрытия;

-термоизоляционные, уменьшающие глубину промерзания-оттаивания грунтового основания;

-гидроизолирующие, предотвращающие проникание поверхностных вод в

грунт или воздействие засоленных грунтов на материалы вышележащих слоев покрытия;

-капилляропрерывающие, предотвращающие проникание грунтовых вод в вышележащие слои;

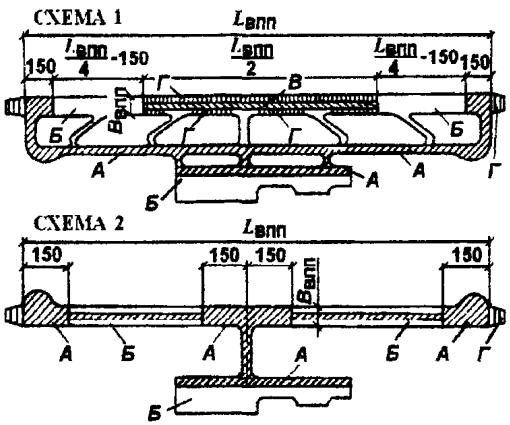
-противозаиливающие, предотвращающие проникание частиц переувлажненного глинистого или пылеватого грунта в слои крупнопористых материалов.

1.8 Грунтовое основание - это спрофилированный и уплотненный до нормативного значения грунт, на котором располагаются вышележащие конструктивные слои покрытия.

Покрытия могут строиться на участках с обычными и сложными грунтовыми условиями.

К сложным относят участки, имеющие пучинистые, просадочные, набухающие, засоленные, заторфованные, слабые глинистые и вечномерзлые грунты.

1.9 По степени воздействия нагрузок покрытия аэродромов подразделяют на группы участков в соответствии с рисунком 1.1.



Группы участков: А магистральные РД; магистральные пути руления на МС и перронах: концевые участки ИВПП; средняя по ширине часть ИВПП, по которой осуществляется систематическое руление воздушных судов; Б - участки ИВПП, запроектированной по схеме 1, примыкающие к концевым ее участкам; краевые по ширине участки в средней части ИВПП, запроектированной по схеме 2; вспомогательные и соединительные РД, МС, перроны, кроме магистральных путей руления, и другие аналогичные площадки для стоянки воздушных судов, В – средняя часть ИВПП ($L_{впп}$/2), запроектированной по схеме 1; Г – краевые по ширине участки в средней части ИВПП ($B_{впп}$/4), запроектированной по схеме 1, за исключением примыкающих к соединительным РД; укрепляемые участки, примыкающие к торцам ИВПП, отмостки

Рисунок 1.1 Схемы деления покрытий аэродрома на группы участков: схема 1 - для аэродромов, на которых руление воздушных судов осуществляется по магистральной РД; схема 2 - для аэродромов, на которых руление воздушных судов осуществляется по ИВПП

1.10 Все покрытия проектируются, как правило, на воздействие нормативной нагрузки, представляющей собой нагрузку на четырехколесную условную опору при давлении в шинах колес p_a=1.0 МПа. Расстояния между центрами отпечатков в четырехколесной условной опоре равны 70 см между смежными колесами и

130 см между рядами колес. Допускается производить расчет на одноколесную нормативную нагрузку. Нормативные нагрузки приведены в таблице 1.1.

В соответствии с заданием на проектирование может быть произведен расчет аэродромных покрытий на воздействие нагрузок от самолета конкретного типа.

Таблица 1.1

Категория нормативной нагрузки	Нормативная нагрузка $F_н$ на основную (условную) 4-х колесную опору самолета, кН	Нормативная нагрузка на одноколесную опору, кН	Расчетное число движений	
			за 20 лет	в сутки
В/к	850	-	100000	50
I	700	-	100000	50
II	550	250	100000	50
III	400	170	200000	100
IV	300	120	200000	100

Примечания
1 Расчетное число движений принимается по таблице при отсутствии в задании на проектирование этих данных.
2 Одним движением считается взлет и посадка самолета.
3 При проектировании учебных аэродромов расчетное число движений увеличивается в два раза.
4 Для покрытий отмосток и укрепляемых участков, примыкающих к торцам ИВПП, нормативная нагрузка умножается на коэффициент 0.5.

1.11 Технические решения проектов новых или реконструкции существующих покрытий аэродромов должны приниматься на основе сравнения технико-экономических показателей вариантов конструкции. Выбранный вариант должен обеспечивать:

- прочность, устойчивость, ровность и шероховатость покрытия;
- безопасность и регулярность работы авиации;
- нормативную долговечность покрытий;
- прочность и устойчивость грунтового и искусственного оснований;
- экономное расходование металла и вяжущих материалов в конструкции покрытия;
- широкое применение местных строительных материалов;
- возможность дальнейшего расширения и усиления покрытий;

♦минимальный срок строительства покрытий при максимальной индустриальности и механизации строительных работ;

♦ремонтопригодность конструкции покрытия.

При сравнении вариантов должны быть учтены:

♦класс, назначение и условия эксплуатации аэродрома;

♦предполагаемая интенсивность работы авиации;

♦устойчивость покрытий на воздействия колесной нагрузки и газовых струй от двигателей самолетов.

♦климатические, инженерно-геологические, гидрогеологические и другие условия района строительства.

2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1 Для проектирования покрытий необходимо иметь исходные данные по:

♦воздушным судам, взлетно-посадочные операции которых предполагается осуществлять с проектируемого покрытия;

♦местным условиям района строительства (климатическим, инженерно-геологическим, гидрогеологическим);

♦характеристикам местных и привозных материалов, используемых для устройства покрытия.

2.2 В заданин на проектирование должна быть выдана величина нормативной нагрузки, а при расчете на воздействие конкретного типа самолетов должны быть заданы:

♦ стояночная нагрузка на основную опору при максимальной и нормальной взлетной массе или расчетной взлетной массе, если она лимитируется;

♦ повторяемость различных взлетных масс для самолетов, которые могут работать с взлетными массами, отличающимися от максимальной и нормальной;

♦ распределение нагрузок между колесами опор;

♦ геометрические характеристики основной опоры с расстоянием между центрами отпечатков шин;

♦ давление в шинах;

♦ расчетное число движений самолетов по покрытию до капитального ремонта (при отсутствии данных по сроку службы он принимается равным 20 годам для жестких покрытий и 10 годам для нежестких) и число движений в сутки.

2.3 По условиям места расположения покрытий в результате изысканий должны быть установлены:

♦вид грунта (грунтов) естественного основания по ГОСТ 25100-95 с указанием гранулометрического состава и значений влажности в естественном состоянии ω, а для глинистых грунтов на границе текучести ω_L и раскатывания ω_ρ;

♦коэффициент пористости грунтов при естественном залегании e;

♦коэффициент пористости грунтов после стандартного уплотнения до максимальной плотности - e_{max}.

♦уровень грунтовых вод или верховодки в предморозный период;

♦плотность скелета грунта ρ_d.

2.4 Для вечномерзлых грунтов в материалах по инженерно-геокриологическим изысканиям должны быть:

♦данные, характеризующие инженерно-геокриологические условия участка (распространение и залегание вечномерзлых грунтов, их состав, сложение, строение и температурный режим, толщина слоя сезонного оттаивания и промерзания, сведения о мерзлотных процессах, о климатических условиях района строительства, сведения о гидрогеологических условиях и заболоченности участка, о мохорастительном слое и снежном покрове;

♦результаты полевых и лабораторных исследований и испытаний грунтов, включая определения характеристик мерзлых грунтов (суммарная влажность и суммарная льдистость, криогенная текстура, степень заполнения объема пор льдом и незамерзшей водой, объемный вес скелета мерзлого грунта, характеристики оттаивающих грунтов, характеристики грунтов для расчета на действие сил морозного пучения, теплофизические характеристики грунтов: температура начала замерзания воды в порах, коэффициент теплопроводности и объемная теплоемкость в

мерзлом и талом состояниях, засоленность грунта, характеристики агрессивности грунтовых вод).

2.5 Для просадочных и набухающих грунтов должны быть установлены характеристики просадочности (ГОСТ 23161-78), и набухания и усадки (ГОСТ 24143-80).

2.6 Для засоленных грунтов должно быть определено суммарное содержание солей в процентах от массы: хлоридных, сульфато-хлоридных, сульфатных, хлоридно-сульфатных, содовых.

2.7 По характеристикам местных материалов, предназначенных к использованию для устройства покрытия, изысканиями должны быть установлены:

- гранулометрический состав песка, песчано-гравийных и песчано-щебеночных смесей;
- коэффициент фильтрации песка, песчано-гравийных и песчано-щебеночных смесей;
- содержание в песке, ПГС и ПЩС легкорастворимых солей;
- предел прочности при сжатии исходного скального грунта, предназначенного для приготовления щебня;
- морозостойкость гравия и щебня;
- марка щебня, щебня из гравия и гравия по дробимости и истираемости.

2.8 При проектировании слоев усиления инженерными изысканиями должны быть установлены:

- толщина и тип существующего покрытия;
- категория разрушения существующих жестких покрытий в соответствии с данными таблицы 2.1;
- марка бетона и процент армирования монолитных железобетонных покрытий или тип плит сборного покрытия;
- тип основания, его толщина и характеристика материалов.

Таблица 2.1

Категория разрушения существующих жестких покрытий	Количество плит имеющих разрушения, в %			
	Шелушение глубокое (более 1 см)	Отколы кромок в местах швов	Сквозные трещины (продольные или поперечные)	Силовые разрушения: отколы углов, паутинообразные сквозные трещины
I	Менее 10	-	-	-
II	10-30	Менее 30	Менее 20	-
III	Более 30	30 и более	20-30	Менее 20
IV	Не нормируется		Более 30	20 и более

Примечания

1 Категорию разрушения устанавливают по признаку, дающему наиболее высокое значение.

2 Сквозные трещины не учитываются, если среднее расстояние между ними более 5 м или они допускаются расчетным предельным состоянием (в монолитных железобетонных покрытиях, продольные трещины в плитах сборных покрытий).

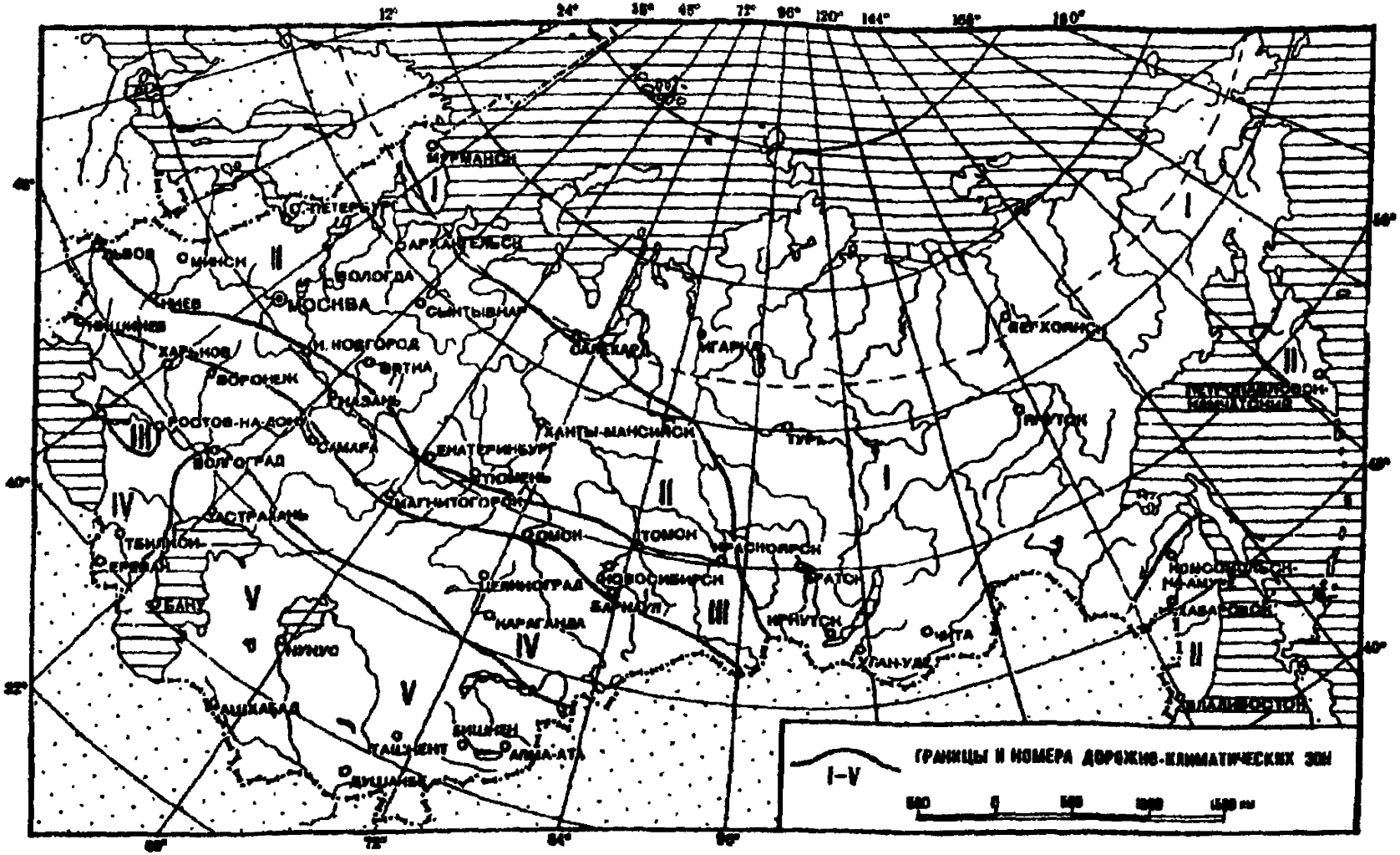
3 Для определения процентного содержания разрушенных плит следует дефектовать:

- для ИВПП - среднюю полосу шириной, равной половине ширины ИВПП по всей ее длине;
- для РД - ряды плит, подвергающихся воздействию нагрузок от основных опор самолета;
- для МС и перронов - всю рабочую площадь.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

3.1 Грунтовые основания аэродромных покрытий проектируют исходя из обеспечения долговременной устойчивости конструкций искусственных покрытий с учетом климатических, гидрогеологических, мерзлотных, грунтовых условий участка строительства.

3.2 Климатические условия характеризуются температурой воздуха и ее колебаниями в течение года, атмосферными осадками, их количеством и распределением в течение года, продолжительностью сезонов года, скоростью ветра и уровнем солнечной радиации. В соответствии с этими факторами территория России разбита на дорожно-климатические зоны (рисунок 3.1).



Дорожно-климатические зоны включают в себя следующие географические зоны: I — тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны с распространением вечномерзлых грунтов; II — лесов с избыточным увлажнением грунтов; III — лесостепную со значительным увлажнением грунтов в отдельные годы; IV — степную с недостаточным увлажнением грунтов; V — пустынную и пустынно-степную с засушливым климатом и распространением засоленных грунтов.

Кубань и западную часть Северного Кавказа следует относить к III дорожно-климатической зоне; Черноморское побережье, предкавказские степи, за исключением Кубани и западной части Северного Кавказа следует относить к IV зоне; горные области, расположенные выше 1000 м над уровнем моря, а также малоизученные районы следует относить к той или иной зоне в зависимости от местных природных условий

Рисунок 3.1.— Дорожно-климатические зоны СНГ

3.3 Гидрогеологические условия участка характеризуются уровнем грунтовых вод, в том числе верховодки, к моменту начала промерзания грунтов и высотой капиллярного поднятия воды в грунте. Тип гидрогеологических условий может быть определен по таблице 3.1, при этом необходимо учитывать изменение параметров гидрогеологических условий в результате проведения строительных работ по сооружению аэродромных покрытий (вертикальная планировка, устройство покрытий, водоотвод, дренаж, устройство капилляропрерывающих слоев основания).

Таблица 3.1

Тип гидрогеологических условий	Глубина горизонта грунтовых вод к началу промерзания грунта
1	Больше глубины промерзания на: - 2.0 м – в глинах и суглинках пылеватых - 1.5 м – в суглинках песчанистых и супесях пылеватых - 1.0 м – в супесях песчанистых и песках
2	Больше глубины промерзания, но меньше, чем для 1 типа
3	Меньше глубины промерзания

Примечания: 1 Положение уровня грунтовых вод и глубины промерзания должны определяться с учетом прогноза изменений, возникающих в результате проведения работ по сооружению аэродромных покрытий (вертикальная планировка, водоотвод, дренаж, наличие искусственных оснований и самого покрытия).

2 Глубина промерзания определяется расчетом для открытой оголенной местности по климатическим данным и исчисляется от верха проектируемых покрытий.

3 Глубина горизонта грунтовых вод к началу промерзания грунта исчисляется от верха проектируемого покрытия до уровня грунтовых вод, установленного изысканиями, а при наличии дренажа или других водопонижающих устройств до верха депрессионной кривой.

3.4 При строительстве покрытий на участках с I и II типом гидрогеологических условий предусматриваются мероприятия по обеспечению отвода поверхностных вод, стекающих на соседние с покрытиями грунтовые участки летного поля: устройство нагорных канав, грунтовых лотков, поглощающих колодцев и водоотводящих канав, а для II типа гидрогеологических условий также устройство дренирующих слоев основания, если грунты основания суглинки, глины или пылеватая супесь.

Минимальная толщина дренирующего слоя основания приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Грунт основания	Минимальная толщина дренирующего слоя в см для дорожно-климатических зон			
	I	II	III	IV
Глина, суглинок	35	30 25	20 25	15
Суглинок и супесь пылеватые	50	40 50	30 25	15 20

Примечание - Над чертой для южной части, под чертой для северной части дорожно-климатической зоны.

На участках с III типом гидрогеологических условий следует предусмотреть соответствующие инженерные мероприятия (осушение, понижение уровня грунтовых вод, возведение насыпей и др.) с целью приведения имеющихся гидрогеологических условий ко II типу. Если грунты основания не изменяет своих свойств при замачивании (крупнообломочные грунты не содержащие пылеватых и глинистых частиц, пески гравелистые, крупные и средней крупности с содержанием пылевато-глинистых частиц менее 3 %), допускается наличие грунтовых вод выше глубины промерзания.

3.5 Грунтовые условия участка строительства характеризуются видом грунтов, коэффициентом постели (таблица 3.3), характеристиками деформации морозного пучения, просадочности и набухания.

3.6 Мерзлотные (криологические) условия участка характеризуются толщиной деятельного слоя, наличием вечномерзлых грунтов и положением их верхней в нижней границ, температурой грунтов на уровне ее нулевых амплитуд, влажностью, льдистостью и характером включения льда в грунт в условиях естественного залегания.

3.7 Глубина сжимаемой толщи грунтового основания, в пределах которой учитываются состав и свойства грунтов, принимается по таблице 3.4 в зависимости от категории нормативной нагрузки и по таблице 3.5 - в зависимости от нагрузки на одно колесо основной опоры конкретного воздушного судна, а для вечномерзлых грунтов ограничивается расчетной глубиной сезонного оттаивания.

Таблица 3.3 Расчетные характеристики грунтов

Грунт естественного основания	Тип гидрогеологических условий	Расчетный коэффициент постели K_S, МН/м^3 для дорожно-климатических зон					Модуль упругости E, МПа, для дорожно-климатических зон				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Песок гравелистый, песок крупный	–	160	160	160	170	180	130	130	130	130	130
Песок средней крупности	1	120	130	140	150	160	100	120	120	120	120
	2	110	120	130	140	150	100	120	120	120	120
Песок мелкий	1	70	80	80	90	100	60	100	100	100	100
	2	60	70	70	80	90	60	100	100	100	100
	3	50	60	60	70	80	60	100	100	100	100
Песок пылеватый	1	40	60	80	100	110	30	50	50	50	50
	2	30	50	60	70	80	30	50	50	50	50
	3	20	40	50	60	70	30	50	50	50	50
Супесь	1	40	60	80	100	110	30	39	42	45	45
	2	30	50	60	70	80	30	37	39	42	45
	3	20	40	50	60	70	30	35	39	42	42
Глина, суглинок песчанистые	1	40	50	70	80	90	20	28	34	42	60
	2	30	40	50	60	80	20	24	28	34	42
	3	20	30	40	50	70	20	21	28	34	34
Супесь и суглинок пылеватые	1	30	40	50	70	80	18	24	28	34	42
	2	20	30	40	50	60	18	21	24	28	34
	3	10	30	30	40	50	18	20	24	28	34

Примечания 1 Для перевода в кгс/см^3 расчетные коэффициенты постели, приведенные в таблице, следует уменьшать в 10 раз, а для перевода в кгс/см^2 модули упругости увеличивать в 10 раз

2 Значения коэффициентов постели и модулей упругости грунтов для гидрогеологических условий 3-го типа указаны с учетом приведения их ко 2-му типу путем осушения, понижения уровня подземных вод и других инженерных мероприятий.

3 Приведенные значения коэффициентов постели и модулей упругости грунтов соответствуют естественной плотности их сложения при коэффициенте пористости e, равном 0,5-0,8; при e>0,8 значения коэффициентов следует понижать на 35 %.

4 Значения коэффициентов постели и модулей упругости грунтов (за исключением песчаных) для районов, расположенных восточнее линии, проходящей по Волге и Северной Двине, следует повышать на 20 %.

Таблица 3.4

Категория нормативной нагрузки	В/к*, I	II	III	IV	V	VI
Глубина сжимаемой толщи грунтового основания от верха покрытия, м	6,0	5,0	4,5	4,0	3,0	2,0

В/к* — внекатегорийная нормативная нагрузка.

Таблица 3.5

Число колес на основной опоре воздушного судна	Глубина сжимаемой толщи грунтового основания от верха покрытия, м, при нагрузке на одно колесо основной опоры, кН (тс)				
	250(25)	200(20)	150(15)	100(10)	50(5)
1	5	4,5	4	3	2
2	6	6	5	4,5	4
4 и более	6	6	6	5	5

3.8 Глубину сезонного промерзания d_f или для вечномерзлых грунтов — оттаивания d_t следует определять на основе расчета согласно приложению А.

3.9 Осадки (просадки) грунтов основания, происходящие при производстве земляных работ, а также при дальнейшей консолидации грунтов основания в период эксплуатации покрытия под влиянием природно-климатических факторов, необходимо учитывать, если в грунтовом основании находятся слабые грунты (водонасыщенные глинистые, заторфованные, торф, ил, сапропель), лессовые, засоленные и другие просадочные разновидности, а также вечномерзлые просадочные при оттаивании грунты.

Примечание. К слабым грунтам относятся грунты, модуль упругости которых менее 5 МПа (50 кгс/см^2).

3.10 Расчетные значения ожидаемых вертикальных деформаций основания s_d в период эксплуатации покрытия не должны превышать предельных значений s_u, указанных в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Аэродромное покрытие	Предельные значения вертикальных деформаций основания, s_u, м, для		
	ИВПП	МРД	МС, РД и др.
Жесткое: бетонное, армобетонное, железобетонное монолитное	0.02	0.03	0.04
железобетонное сборное	0.03	0.04	0.06
Нежесткое	0.03	0.04	0.06

3.11 При проектировании грунтовых оснований следует предусматривать мероприятия по исключению или уменьшению вредного действия природных и эксплуатационных факторов, устранению неблагоприятных свойств грунта под

аэродромным покрытием:

устройство специальных слоев искусственного основания (гидроизолирующих, капилляропрерывающих, термоизоляционных);

водозащитные мероприятия на площадках, сложенных грунтами, чувствительными к изменению влажности (соответствующую горизонтальную и вертикальную планировку территории аэродрома, обеспечивающую сток поверхностных вод; устройство водосточно-дренажной сети);

преобразование строительных свойств грунтов основания (уплотнение трамбованием, предварительным замачиванием грунтов; полную или частичную замену грунтов с неудовлетворительными свойствами и др.) на глубину, определяемую расчетом из условия снижения возможной вертикальной деформации основания до допускаемой величины;

укрепление грунтов (химическим, электрохимическим, термическим и другими способами).

Границы специальных слоев основания или грунта с устраненными неблагоприятными свойствами должны отстоять от кромки покрытия не менее чем на 3 м.

3.12 Возвышение поверхности аэродромного покрытия над расчетным уровнем подземных вод следует принимать не менее установленного в таблице 3.7.

Таблица 3.7

Грунт основания (насыпи)	Минимальное возвышение поверхности аэродромного покрытия над уровнем подземных вод, м, в дорожно-климатических зонах			
	II	III	IV	V
Песок средней крупности	1,1	0,9	0,8	0,7
Песок мелкий, супесь	1,6	1,2	1,1	1,0
Глина, суглинок, песок и супесь пылеватые	2,3	1,8	1,5	1,3

В случаях, когда выполнение настоящих требований технико-экономически нецелесообразно, в грунтовом основании, сооружаемом во II и III дорожно-климатических зонах, следует предусматривать устройство капилляропрерываю-

щих, а в IV и V дорожно-климатических зонах гидроизолирующих прослоек, верх которых должен располагаться на расстоянии от поверхности покрытия 0,9 м - для II и III зон и 0,75 м - для IV и V зон. Низ прослоек должен отстоять от горизонта подземных вод не менее чем на 0,2 м.

Для аэродромов, располагаемых в I дорожно-климатической зоне, в случае отсутствия вечномерзлых грунтов, а также при использовании вечномерзлых грунтов в качестве естественного основания по принципу III (п. 3.28) минимальное возвышение поверхности аэродромного покрытия над уровнем подземных вод надлежит принимать как для II дорожно-климатической зоны.

За расчетный уровень подземных вод надлежит принимать максимально возможный осенний (перед замерзанием) уровень, а в районах, где наблюдаются частые продолжительные оттепели, - максимально возможный весенний уровень подземных вод. При отсутствии необходимых данных за расчетный допускается принимать уровень, определяемый по верхней линии оглеения грунтов.

3.13 Требуемую степень уплотнения грунтов насыпи следует предусматривать исходя из коэффициента уплотнения (отношения наименьшей требуемой плотности к максимальной при стандартном уплотнении), значения которого приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8

Грунт	Коэффициент уплотнения грунта основания		
	при аэродромном покрытии		Грунтовой части летного поля и полос безопасности
	капитального типа	облегченного типа	
Песок, супесь	0,98/0,95	0,95/0,95	0,90
Суглинок	1,00/0,95	0,98/0,95	0,95
Глина	1,00/0,98	0,98/0,95	0,95

Примечание - Перед чертой приведены значения коэффициента уплотнения грунта в зоне сезонного промерзания, после черты — ниже границы сезонного промерзания, а также для насыпей, возводимых в IV и V дорожно-климатических зонах.

Если под аэродромным покрытием естественная плотность грунта ниже требуемой, следует предусматривать уплотнение грунта до норм, приведенных в таблице 3.8, на глубину 1,2 м для I-III дорожно-климатических зон и 0,8 м - для IV

и V зон, считая от поверхности грунтового основания.

3.14 Наибольшая крутизна откосов насыпей должна назначаться из условия обеспечения их устойчивости в зависимости от высоты насыпи и вида грунта.

ОСНОВАНИЯ НА НАБУХАЮЩИХ ГРУНТАХ

3.15 Свойства набухания глинистых грунтов, используемых для основания, следует учитывать, если при замачивании водой или химическими растворами значение их относительного свободного (без нагрузки) набухания $\epsilon_{sw} \geq 0,04$.

Значение относительного набухания (отношение увеличения высоты образца грунта в результате его замачивания водой или другой жидкостью к начальной высоте образца грунта природной влажности) определяется по ГОСТ 24143—80.

3.16 При проектировании оснований на набухающих грунтах следует предусматривать конструктивные мероприятия, предотвращающие увлажнение природного грунта, а также замену набухающего грунта ненабухающим или устройство насыпи из ненабухающих грунтов таким образом, чтобы верхняя граница набухающих грунтов находилась на глубине от верха аэродромного покрытия, м, не менее:

1,3 — для слабонабухающих грунтов ($0,04 \leq \epsilon_{sw} \leq 0,08$);

1,8 — " средненабухающих " ($10,08 < \epsilon_{sw} \leq 0,12$);

2,3 — " сильнонабухающих " ($\epsilon_{sw} > 0,12$).

ОСНОВАНИЯ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

3.17 Просадочные свойства грунтов, используемых в качестве основания, следует учитывать в пределах толщи грунта, где;

суммарное сжимающее напряжение от собственного веса грунта и слоев аэродромного покрытия σ_{zg} и эксплуатационной нагрузки σ_{zp} превышает начальное просадочное давление p_{sc};

влажность грунта w выше (или может стать выше) начальной просадочной

влажности w_{sc} (минимальной влажности, при которой проявляются просадочные свойства грунта);

относительная просадочность под действием внешней нагрузки $\epsilon_c \geq 0,01$.

При проектировании оснований, сложенных просадочными грунтами, следует учитывать возможность повышения влажности грунтов, имеющих степень влажности $S_r \leq 0,5$, из-за нарушения природных условий испарения вследствие устройства аэродромного покрытия (экранирования поверхности). Конечную влажность грунтов надлежит принимать равной влажности на границе раскатывания w_p.

Характеристики просадочных свойств грунтов определяют по ГОСТ 23161-78.

3.18 Грунтовые условия площадок, сложенных просадочными грунтами, в зависимости от возможности проявления просадки подразделяются на два типа:

I - просадка происходит в пределах сжимаемой толщи грунта (в основном в пределах ее верхней части) от действия эксплуатационной нагрузки, а просадка грунта от собственного веса отсутствует или не превышает 0,05 м;

II - помимо просадки грунта от эксплуатационной нагрузки возможна просадка (преимущественно в нижней части просадочной толщи) от собственного веса грунта, и размер ее превышает 0,05.

3.19 Мероприятия по устранению просадочных свойств грунта должны предусматриваться в зависимости от выполнения условия

$$\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \leq p_{sc}, \qquad (3.1)$$

где σ_{zp} - вертикальное сжимающее напряжение в грунте от эксплуатационной нагрузки, определяемое по приложению Б;

σ_{zg} - вертикальное сжимающее напряжение от собственного веса грунта и слоев аэродромного покрытия;

p_{sc} - начальное просадочное давление (минимальное давление, при котором проявляются просадочные свойства грунта при его полном водонасыщении), определяемое по ГОСТ 23161-78. Если условие (3) удовлетворено, следует предусматривать уплотнение верхнего слоя просадочного грунта в соответствии с тре-

бованиями п. 3.13.

Если $\sigma_{zp} + \sigma_{zg} > p_{sc}$, необходимо кроме уплотнения верхнего слоя предусматривать мероприятия по устранению просадочных свойств грунта (предварительное замачивание, полную или частичную замену грунта подушками из песка, гравия, щебня и других непросадочных материалов) на глубину, обеспечивающую удовлетворение условия

$$s_{sc} \le s_u, \tag{3.2}$$

где s_{sc} — значение вертикальной деформации основания, вызванной просадкой грунта, определяемое при влажности wp на границе раскатывания;

s_u - предельное значение вертикальной деформации, принимаемое по таблице 3.6.

3.20 При проектировании элементов аэродрома, располагаемого на участках с грунтовыми условиями II типа по просадочности, наряду с устранением просадочных свойств грунтов основания следует предусматривать устройство гидроизоляционного слоя под аэродромным покрытием и на расстоянии 3 м в обе стороны от кромки покрытия, устройство водонепроницаемых отмосток шириной не менее 2 м, а если начальная просадочная влажность wsc меньше влажности на границе раскатывания wp — устранение просадочных свойств грунта предварительным его замачиванием.

3.21 Для возведения низких насыпей (высотой до 1 м) на участках с грунтовыми условиями II типа по просадочности следует предусматривать применение недренирующих грунтов. Дренирующие грунты допускается применять при технико-экономическом обосновании только на участках с грунтовыми условиями I типа по просадочности.

Для возведения насыпей высотой более 1 м разрешается применять дренирующие грунты, однако естественный грунт под насыпью и на расстоянии не менее 5 м в обе стороны от нее должен быть уплотнен на глубину не менее 0,5 м до плотности сухого грунта ρd = 1,7 т/м3 или нижняя часть насыпи (высотой 0,5 м) должна быть выполнена из недренирующих грунтов.

ОСНОВАНИЯ НА ТОРФАХ, ЗАТОРФОВАННЫХ И СЛАБЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

3.22 При проектировании грунтовых оснований под аэродромные покрытия, располагаемые на торфах, заторфованных и слабых глинистых грунтах, следует предусматривать:

для оснований под аэродромные покрытия, рассчитываемые на нормативные нагрузки в/к, I, II и III категорий, а под аэродромные покрытия с асфальтобетонным покрытием, рассчитываемые и на нормативные нагрузки IV, V и VI категорий, замену торфа и заторфованных грунтов на всю глубину их залегания и замену слабых глинистых грунтов на глубину сжимаемой толщи;

для оснований под аэродромные покрытия облегченного типа, а также под аэродромные покрытия из сборных железобетонных плит, рассчитываемые на нормативную нагрузку IV категории, разрешается использовать торф, заторфованные и слабые грунты в пределах сжимаемой толщи грунтового основания, при этом устройство аэродромного покрытия следует предусматривать после предварительного обжатия торфа, заторфованного или слабого грунта весом насыпи до условной стабилизации осадок ss, м, определяемой по формуле

$$s_s = s_{tot} - s_u \qquad (3.3)$$

где s_{tot} — полная осадка, м, вычисляемая в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01 - 83;

s_u — предельная осадка аэродромного покрытия, м, принимаемая по таблице 3.6.

3.23 Для повышения несущей способности насыпи, возводимой на естественном основании из торфа, заторфованного и слабого грунтов, устойчивости ее к воздействию эксплуатационных нагрузок, исключения местных просадок и проникания этих грунтов в тело насыпи, а также обеспечения возможности выполнения работ по устройству насыпи в период переувлажнения естественного грунта необходимо предусматривать укладку рулонных синтетических материалов на поверхность торфа, заторфованного или слабого глинистого грунта.

ОСНОВАНИЯ НА ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТАХ

3.24 При проектировании оснований, предусматриваемых в районах распространения засоленных грунтов, особые свойства их надлежит учитывать, если солевой горизонт находится в пределах сжимаемой толщи грунта (см. таблицу 3.5).

Возможность использования грунтов различной степени засоления в качестве естественного основания и в насыпях должна устанавливаться согласно таблице 3.9. При этом в случае неравномерного по глубине содержания солей степень засоления грунтового снования следует принимать по средневзвешенному содержанию солей.

Таблица 3.9

Грунт по степени засоления	Среднее содержание легкорастворимых солей, % к массе сухого грунта, при соотношении содержания ионов Cl' и SO_4''		Возможность использования в качестве основания
	хлоридное и сульфатно-хлоридное засоление $Cl'/SO_4'' > 1$	сульфатное, хлоридно-сульфатное и содовое засоление $0{,}3 \le Cl'/SO_4'' \le 1$	
Слабозасоленный	От 0,3 до 1,0	От 0,3 до 0,5	Пригоден
Засоленный	Св. 1,0 до 5,0	Св. 0,5 до 2,0	Пригоден
Сильнозасоленный	Св. 5,0 до 8,0	Св. 2,0 до 5,0	Пригоден
Избыточно засоленный	Св. 8,0	Св. 5,0	Не пригоден

3.25 Грунты, содержащие гипс, допускается использовать в качестве естественного основания без ограничения, а в насыпях возводимых во II-IV дорожно-климатических зонах, — при содержании гипса не более 30 % массы сухого грунта, в V зоне — не более 40 %.

Для аэродромов, расположенных в зоне искусственного орошения, или при глубине уровня подземных вод меньше глубины промерзания использование сильнозасоленных грунтов в качестве основания аэродромных покрытий не допускается, а предельное содержание гипса в грунтах насыпей необходимо снижать

на 10%.

3.26 Возвышение аэродромного покрытия над расчетным уровнем подземных вод следует принимать на 20 % больше, чем указано в таблице 3.7, а по поверхности основания, сложенного средне- и сильнозасоленными грунтами, необходимо предусматривать устройство гидроизолирующего слоя.

3.27 Коэффициент уплотнения насыпей, возводимых из засоленных грунтов, следует принимать не менее 1,0.

ОСНОВАНИЯ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

3.28 При проектировании аэродромов, размещаемых в районах распространения вечномерзлых грунтов, следует принимать один из следующих трех принципов использования грунтов в качестве естественных оснований аэродромных покрытий:

I - грунты основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в течение всего заданного периода эксплуатации аэродромных покрытий;

II - допускается частичное или полное оттаивание грунтов (сезонноотаивающего слоя), которые оттаивали до устройства аэродромного покрытия;

III - предусматривается предварительное оттаивание вечномерзлых грунтов с удалением или осушением переувлажненных слоев.

3.29 Принципы I и II использования вечномерзлых грунтов в качестве основания аэродромного покрытия должны применяться, если годовой температурный баланс покрытия отрицателен (сумма отрицательных градусо-часов покрытия не меньше суммы положительных градусо-часов), т.е. при соблюдении условия

$$\sum_{i=1}^{12} t_{mp} \tau_i \le 0 \qquad (3.4)$$

где i - месяц года;

t_{mp} - среднемесячная температура поверхности покрытия, определяемая с учетом среднемесячной температуры воздуха и среднемесячной солнечной радиации, принимаемых в соответствии с требованиями СНиП 23-01-99;

τ_i - продолжительность i-го месяца, ч. Принцип I должен применяться, если

естественные грунты сезонноотаивающего слоя в талом состоянии не обладают достаточной несущей способностью или дают недопустимые осадки, при экономически целесообразных затратах на мероприятия по сохранению вечномерзлого состояния.

Принцип II должен применяться при наличии в основании грунтов, деформация которых при сезонном оттаивании на расчетную глубину не превышает предельно допускаемых значений для аэродромов данного класса.

Принцип III должен применяться, если годовой температурный баланс покрытия положителен, при этом предварительное оттаивание вечномерзлых грунтов производится до горизонта непросадочных при оттаивании грунтов. Применение данного принципа использования грунтов в качестве оснований аэродромных покрытий должно обосновываться технологическими возможностями и экономической целесообразностью намечаемых способов оттаивания вечномерзлых грунтов.

3.30 Вертикальную планировку аэродромов с использованием грунтов естественного основания по принципам I и II следует осуществлять подсыпкой в виде теплоизолирующей насыпи без нарушения сложившегося торфомохового покрова.

В качестве основных материалов для насыпи следует применять грунты и материалы, не подвергающиеся деформациям при промерзании или оттаивании.

3.31 Для уменьшения толщины теплоизолирующей насыпи (при соответствующем технико-экономическом обосновании) следует предусматривать в ее теле слои из высокоэффективных теплоизолирующих материалов: полимерных (пенопластов); легких бетонов, в которых содержатся пористые заполнители (керамзит, аглопорит, измельченные частицы пенопласта и т.п.); золошлаковых смесей и др.

Требуемую толщину теплоизолирующего слоя следует определять на основании теплотехнических расчетов (см. приложение А) исходя из условия, чтобы для оснований, проектируемых по принципу I, расчетная глубина оттаивания находилась в пределах теплоизолирующей насыпи, а для оснований, проектируемых по принципу II, соблюдалось условие

$$s_{fi} \le s_u, \qquad (3.5)$$

где s_{fi} - значение ожидаемой деформации пучения сезонноотаивающего слоя грунтов, определяемое согласно обязательному приложению В;

s_u - предельное значение вертикальной деформации, принимаемое по табл. 3.7.

3.32 При использовании грунтов в качестве оснований по принципу II, а также по принципу I, если в процессе производства земляных работ допускается временное оттаивание грунтов основания, необходимо предусматривать устройство дренирующего слоя толщиной не менее 0,5 м из грунтов и материалов, имеющих коэффициент фильтрации не менее 21 м/сут.

3.33. При использовании грунтов в качестве оснований по принципу III величину ожидаемой осадки вечномерзлых грунтов st, м, после их оттаивания следует определять по формуле

$$s_t = \sum_{i=1}^{n} \epsilon_{ti} t_i, \qquad (3.6)$$

где n — число слоев грунта, на которое разделяется оттаивающее основание в зависимости от просадочных свойств грунта;

ϵ_{ti} — значение относительной осадки i-го слоя грунта, определяемое натурными испытаниями вечномерзлых грунтов путем оттаивания кернов под суммарным давлением от собственного веса грунта, аэродромного покрытия и от эксплуатационной нагрузки или методом горячего штампа. Значения ϵ_{ti} допускается определять расчетом в зависимости от природной влажности грунта w, коэффициента пористости e и числа пластичности I_p. Для уплотненного торфяного слоя значение ϵ_{ti} допускается принимать равным от 0,03 до 0,04, а для неуплотненного слоя - 0,5;

t_i — толщина i-го слоя сжимаемого грунта в природном состоянии, м.

3.34 При назначении коэффициента морозного пучения и коэффициента постели следует основания, проектируемые по принципу I, относить к первому типу гидрогеологических условий, а проектируемые по принципам II и III — ко второму типу при обеспеченном водоотводе и к третьему типу, если отвод воды из

оттаивающего слоя не обеспечен.

ОСНОВАНИЯ НА ПУЧИНИСТЫХ ГРУНТАХ

3.35 Пучинные свойства грунтов следует учитывать, если глинистые грунты к началу промерзания имеют показатель текучести IL > 0 или если уровень подземных вод находится ниже расчетной глубины промерзания, м, менее чем на:

1,0 — для песков мелких;

1,5 —для песков пылеватых, супесей и супесей пылеватых;

2,5 — для суглинков, суглинков пылеватых, крупнообломочных грунтов с глинистым заполнителем;

3,0 — для глин.

3.36 Основания на пучинистых грунтах должны удовлетворять условию

$$s_f \leq s_u, \tag{3.7}$$

где s_f - равномерная деформация пучения поверхности грунтового основания, определяемая в соответствии с обязательным приложением Б;

s_u - предельное значение вертикальной деформации пучения, принимаемое по таблице 3.6.

3.37 Для выполнения условия (3.7) следует предусматривать:

понижение уровня подземных вод;

устройство в основании стабильного слоя из непучинистых материалов с применением в отдельных случаях теплоизолирующих материалов для уменьшения глубины промерзания пучинистого грунта;

мероприятия по уменьшению пучинистости грунтов основания путем обработки их на расчетную глубину солями (NaC1, CaC12, MgC12 и др.), понижающими температуру замерзания, органическими и минеральными вяжущими, а также путем электрохимической обработки.

4 ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ.

4.1 Нормативные и расчетные характеристики материалов, применяемых для устройства слоев искусственных оснований, следует принимать по таблицам 4.1÷4.4.

Таблица 4.1

Вид бетона для искусственных оснований жестких покрытий	Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе B_{tb}	Расчетное сопротивление растяжению при изгибе R_{tb}, МПа	Модуль упругости E_b, МПа
Керамзитобетон	1.6/20	1.2	$12 \cdot 10^3$
	2.0/25	1.5	$13 \cdot 10^3$
	2.4/30	1.8	$14 \cdot 10^3$
	2.8/35	2.1	$15 \cdot 10^3$
Мелкозернистый (песчаный)	1.6/20	1.2	$14 \cdot 10^3$
	2.0/25	1.5	$17 \cdot 10^3$
	2.4/30	1.8	$20 \cdot 10^3$
Шлакобетон	1.6/20	1.2	$9.5 \cdot 10^3$

Примечание - Перед чертой указан класс бетона по прочности на растяжение при изгибе B_{tb}, после черты – соответствующая ему при коэффициенте вариации прочности 0,135 марка бетона по прочности на растяжение при изгибе P_{tb}.

Таблица 4.2

Материал, применяемый для искусственных оснований	Марка материала по прочности на сжатие по ГОСТ 23558-94	Расчетное сопротивление растяжению при изгибе R_{tb}, МПа	Модуль упругости E, МПа, при расчете покрытий	
			жестких	нежестких
Пескоцемент и грунтоцемент, приготовленный из оптимальной грунтовой смеси	40	0.6	$29 \cdot 10^2$	$4.6 \cdot 10^2$
	60	0.8	$40 \cdot 10^2$	$6.4 \cdot 10^2$
	75	1.0	$60 \cdot 10^2$	$9.6 \cdot 10^2$
Грунтоцемент из супесчаных и суглинистых грунтов	40	0.6	$15 \cdot 10^2$	$3.6 \cdot 10^2$
	60	0.8	$22 \cdot 10^2$	$5.3 \cdot 10^2$
	75	1.0	$37 \cdot 10^2$	$8.9 \cdot 10^2$
Грунтоцемент из пылеватых супесей и суглинков	40	0.6	$14 \cdot 10^2$	$3.4 \cdot 10^2$
	60	0.8	$19 \cdot 10^2$	$4.6 \cdot 10^2$

Примечание - Значения модулей упругости и расчетных сопротивлений растяжению при изгибе приведены для материалов, получаемых способом смешивания на месте. Для материалов, получаемых путем смешивания в установке, указанные значения R_{tb} и E следует повышать на 30 %.

Таблица 4.3

Грунты и смеси в искусственных основаниях	Модуль упругости Е, МПа, при расчете покрытий	
	жестких	нежестких
Крупнообломочные грунты, песчано-гравийные, грунто-гравийные и грунтощебеночные смеси оптимального состава, пески гравелистые, крупные и средней крупности, укрепленные:		
золой уноса или шлаком	$36\cdot10^2/24\cdot10^2$	$6\cdot10^2/4\cdot10^2$
то же, с добавкой цемента или извести	$48\cdot10^2/24\cdot10^2$	$8\cdot10^2/4\cdot10^2$
битумной эмульсией с добавкой цемента	$48\cdot10^2/36\cdot10^2$	$8\cdot10^2/6\cdot10^2$
Крупнообломочные грунты, песчано-гравийные, грунто-гравийные и грунтощебеночные смеси неоптимального состава, укрепленные.		
золой уноса или шлаком	$40\cdot10^2/27\cdot10^2$	$6.5\cdot10^2/4\ 5\cdot10^2$
то же, с добавкой цемента или извести	$48\cdot10^2/24\cdot10^2$	$8\cdot10^2/4\cdot10^2$
битумной эмульсией с добавкой цемента или карбамидной смолы	$48\cdot10^2/24\cdot10^2$	$8\cdot10^2/4\cdot10^2$
Песок и супесь с числом пластичности менее 3, укрепленные:		
золой уноса или шлаком	$30\cdot10^2/1^2\cdot10^2$	$5\cdot10^2/2\cdot10^2$
то же, с добавкой цемента или извести	$40\cdot10^2/15\cdot10^2$	$7\cdot10^2/2.5\cdot10^2$
битумной эмульсией с добавкой цемента или карбамидной смолы	$40\cdot10^2/24\cdot10^2$	$7\cdot10^2/4\cdot10^2$
Супеси с числом пластичности 3 и более, укрепленные:		
золой уноса или шлаком		
то же, с добавкой цемента или извести	$30\cdot10^2/1^2\cdot10^2$	$5\cdot10^2/2\cdot10^2$
битумной эмульсией с добавкой цемента	$40\cdot10^2/1^2\cdot10^2$	$7\cdot10^2/2\cdot10^2$
то же, карбамидной смолы	$40\cdot10^2/24\cdot10^2$	$7\cdot10^2/4\cdot10^2$
	$48\cdot10^2/24\cdot10^2$	$8\cdot10^2/4\cdot10^2$
Суглинки, укрепленные золой уноса или шлаком с добавкой цемента или извести	$24\cdot10^2/6\cdot10^2$	$4\cdot10^2/1\cdot10^2$
Щебень, обработанный вязким битумом смешиванием в установке, с пределом прочности при сжатии исходной скальной породы, МПа:		
от 100 до 80	$45\cdot10^2/36\cdot10^2$	$7\cdot10^2/6\cdot10^2$
менее 80 до 60	$36\cdot10^2/30\cdot10^2$	$6\cdot10^2/5\cdot10^2$
-:- 60 -:- 30	$30\cdot10^2/18\cdot10^2$	$5\cdot10^2/3\cdot10^2$
Щебень, обработанный вязким битумом способом пропитки на толщину от 6,5 до 8 см	$36\cdot10^2/30\cdot10^2$	$6\cdot10^2/5\cdot10^2$
Асфальтобетон:		
плотный	$60\cdot10^2$	См. таблицу 5.6
пористый	$36\cdot10^2$	То же

Примечания

1 Материалы, применяемые в искусственных основаниях, рассчитываемых на нормативные нагрузки V и VI категории укрепленные золой уноса или шлаком с добавками и без них, должны иметь предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов от 2 до 4 МПа, а укрепленные битумной эмульсией с добавками цемента или карбамидной смолы

либо вязким битумом - от 1.5 до 2.5 МПа при пределе прочности на растяжение при изгибе не менее 0.6 МПа. Материалы, применяемые в искусственных основаниях, рассчитываемых на нормативные нагрузки IV категории и выше, должны иметь предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов не менее 4 и 2.5 МПа соответственно, предел прочности на растяжение при изгибе водонасыщенных образцов - не менее 1 МПа. Испытания образцов материалов, укрепленных битумной эмульсией или вязким битумом, должны проводиться при температуре 20 °С.

2 Прочностные характеристики асфальтобетона должны соответствовать ГОСТ 9128-97

3 Максимальные значения модулей упругости грунтов следует принимать при приготовлении смесей в смесительных установках и укладке смесей бетоноукладчиками или при приготовлении смесей однопроходными грунтосмесительными машинами. Минимальные значения модулей упругости следует принимать при обработке грунтов дорожными фрезами.

4 Расчетные значения модулей упругости для грунтов, укрепленных жидким битумом с цементом, следует принимать в 1.5 раза меньше значений, указанных для грунтов, укрепленных битумной эмульсией с цементом.

5 Большие значения модулей упругости материалов, обработанных органическими вяжущими, относятся к районам с умеренным климатом, меньшие - с мягким климатом.

Таблица 4.4

Грунты, смеси, материалы в искусственных основаниях жестких и нежестких покрытий		Модуль упругости E, МПа	Коэффициент постели Ks, МН/м3
Щебень из природного камня, уложенный способом расклинцовки, с пределом прочности при сжатии, МПа:			
100		$4.5 \cdot 10^2$	$4.5 \cdot 10^2$
80		$3.5 \cdot 10^2$	$3.5 \cdot 10^2$
60		$3.0 \cdot 10^2$	$3\ 0 \cdot 10^2$
Нефракционированный щебень, гравий с пределом прочности при сжатии не менее 60 МПа, содержащие частицы, %:			
крупнее 2 мм:	мельче 0.05 мм:		
св. 85	до 3	$2.7 \cdot 10^2$	$2.7 \cdot 10^2$
св. 70 до 85	св. 3 до 7	$2.1 \cdot 10^2$	$2.1 \cdot 10^2$
„ 60 „ 70	„ 7 .. 10	$1.8 \cdot 10^2$	$1.8 \cdot 10^2$
„ 50 „ 60	„ 10 „ 1^2	$1.6 \cdot 10^2$	$1.6 \cdot 10^2$
Щебень, укрепленный пескоцементом способом смешивания, при содержании пескоцемента, % к массе щебня:			
40		$22 \cdot 10^2$	$11 \cdot 10^2$
30		$17 \cdot 10^2$	$8.5 \cdot 10^2$
20		$10 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$
10		$6 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$
Щебень, укрепленный способом пропитки пескоцементной смесью с расходом пескоцемента 25 % массы щебня		$18 \cdot 10^2$	$9 \cdot 10^2$
Грунтогравийные, грунтощебеночные, песчано-гравийные, пескощебеночные смеси:			
крупнозернистые (частицы крупнее 10 мм св. 50 %		$2.8 \cdot 10^2$	$2.8 \cdot 10^2$
среднезернистые („ „ 2 мм св. 50 %)		$2.5 \cdot 10^2$	$2.5 \cdot 10^2$
мелкозернистые („ „ 2 мм от 25 до 50 %		$1.8 \cdot 10^2$	$1.8 \cdot 10^2$

Продолжение таблицы 4.4

Грунты, смеси, материалы в искусственных основаниях жестких и нежестких покрытий	Модуль упругости E, МПа	Коэффициент постели Ks, МН/м3
Галечниковый грунт (частиц крупнее 10 мм св. 50 %)	$2.8 \cdot 10^2$	2.8·102
Песок:		
гравелистый	$1.5 \cdot 10^2$	$1.5 \cdot 10^2$
крупный	$1.3 \cdot 10^2$	$1.3 \cdot 10^2$
средней крупности	$1.2 \cdot 10^2$	$1.2 \cdot 10^2$
Кислые металлургические шлаки, уложенные способом расклинцовки	$4.2 \cdot 10^2$	$4\,2 \cdot 10^2$
Основные металлургические шлаки гранулометрического состава:		
подобранного:		
активные	$4.0 \cdot 10^2$	$4.0 \cdot 10^2$
малоактивные	$2.5 \cdot 10^2$	$2.5 \cdot 10^2$
неподобранного	$1.7 \cdot 10^2$	$1.7 \cdot 10^2$
Дресва:		
из изверженных горных пород	$1.4 \cdot 10^2$	$1.4 \cdot 10^2$
из осадочных известняков	$0.9 \cdot 10^2$	$0.9 \cdot 10^2$
Мелкий ракушечник	$0.9 \cdot 10^2$	$0.9 \cdot 10^2$
Малопрочные песчаники	$1\,1 \cdot 10^2$	$1.1 \cdot 10^2$

Примечание - При назначении расчетных характеристик щебня, укрепленного пескоцементом, принято, что пескоцемент содержит цемента марки 400 12 % массы песка.

4.2 Шлакобетон, керамзитобетон и другие легкие бетоны, применяемые для термоизоляционных слоев, должны иметь в мерзлом состоянии коэффициент теплопроводности не менее чем в 1.5 раза ниже коэффициента теплопроводности естественного грунта, а их прочность на сжатие при максимальном увлажнении после многократного замораживания и оттаивания должна быть не менее 1.5 МПа.

4.3 Эффективные теплоизолирующие материалы (пеностирол, пенополиуретан и др.) должны иметь коэффициент теплопроводности менее 0,058 Вт/(м °С).

4.4 Материалы, применяемые для дренирующих слоев основания должны иметь коэффициент фильтрации в уплотненном состоянии при температуре +10 ^{0}С не менее 25 м/сутки.

4.5 Материалы, применяемые для гидроизоляционных слоев основания, должны обладать водонепроницаемостью при назначенной толщине слоя и давлении 0.1 МПа в течение одних суток.

4.6 Материалы, применяемые для капилляропрерывающих слоев основания,

должны иметь высоту капиллярного поднятия воды не более 3/4 высоты слоя или удовлетворять требованию п. 4.5.

4.7 Материалы, применяемые для противозаиливающих слоев, должны исключить проникание грунта при его увлажнении в слой крупнозернистого материала и не должны сами переходить в пластическое состояние при увлажнении. Противозаиливающие слои устраивают из песка, шлака, грунта, обработанного вяжущим, песчаногравийной смеси и других подобных материалов, а также с использованием синтетических геотекстильных материалов.

4.8 Материалы всех слоев основания должны обладать морозостойкостью, соответствующей климатические условиям района строительства. Требования к морозостойкости даны в таблице 4.5.

Таблица 4.5

Наименование материала	Климатические условия		
	Суровые	Умеренные	Мягкие
Щебень и щебень из гравия для устройства оснований	F 50	F 25	F 15
Гравий	F 25	F 15	F 15
Щебень, гравий, пескогравийные, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси, укрепленные органическими вяжущими	F 25	F 25	F 15
Щебень. Обработанный неорганическими вяжущими	F 50	F 25	F 15
Гравий, пескогравийные, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси, укрепленные неорганическими вяжущими, пескоцемент и грунтоцемент:			
- в верхней части основания	F 25	F 25	F 15
- в нижней части основания	F 15	F 15	F 10
Пескогравийные, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси	F 25	F 15	F 15
Мелкозернистый бетон, керамзитобетон, шлакобетон	F 50	F 50	F 25

Примечания - 1 Суровые климатические условия характеризуются среднемесячной температурой самого холодного месяца ниже минус 15 ^{0}С, умеренные - среднемесячной температурой в пределах от минус 5 ^{0}С до минус 15 ^{0}С, мягкие - выше минус 5 ^{0}С.

2 К верхней части основания относятся слои, лежащие в пределах верхней половины глубины промерзания участков, оголенных от снега, к нижней части основания - лежащие в пределах нижней половины глубины промерзания, считая от поверхности покрытия.

4.9 Толщины конструктивных слоев основания должны быть не менее

- 15 см для песчаного бетона, керамзитобетона, шлакобетона, тощего бетона, пескоцемента, грунтоцемента, пескогравийных, грунтогравийных и грунтощебеночных смесей, укрепленных и неукрепленных вяжущими, а также щебня и гравия, укладываемых на песок или песко-гравийную смесь;

- 10 см для щебня и гравия, укрепленных вяжущими, а также щебня и гравия, укладываемых на укрепленный вяжущими слой;

- 5 см для противозаиливающих слоев основания, но не менее размера наиболее крупных частиц крупнозернистого материала защищаемого от заиливания.

4.10 При выборе конструкции покрытия рекомендуется руководствоваться таблице 4.6.

Таблица 4.6

Область применения	Конструкции покрытия					
	Железобетонные	Армобетонные двухслойные	Армобетонные однослойные	Бетонные однослойные	Сборные из плит ПАГ	Асфальтобетонные (для усиления существующих)
ИВПП, РД, МС аэродромов						
III класса	-	-	-	А-Г	-	А-Г
II класса	-	-	-	А-Г	А-Г	А-Г
I класса	-	-	А, Б	В, Г	А-Г	А-Г
внеклассных	А, Б	А, Б	В, Г	-	-	А-Г
ИВПП, РД, МС для тяжелых вертолетов	-	-	А, Б	В, Г	А-Г	А-Г
Средних вертолетов	-	-	-	А-Г	А-Г	А-Г
Легких вертолетов	-	-	-	А-Г	-	А-Г

Примечания 1 Буквы обозначают группы участков покрытия, для которых рекомендуется заданная конструкция.

2 Знак " - " означает нецелесообразность применения конструкции покрытия данного типа.

3 переходные полосы разрешается нежесткой конструкции с покрытием из асфальтобетона или каменных материалов, укрепленных вяжущими.

4.11 Монолитные жесткие аэродромные покрытия расчленяют на отдельные плиты деформационными швами. В швах устраивает стыковые соединения (шты-

ри, шпунт) или предусматривают усиление краевых участков плит армированием или утолщением.

В местах примыкания покрытии к ранее уложенным покрытиям или другим сооружениям и в местах пересечения покрытий предусматривают усиление краевых участков плит армированием или утолщение краев плит.

В этих местах 2-3 поперечных шва, ближайших к месту примыкания, устраивают по типу швов расширения с деформируемой прокладкой между плитами.

4.12 Продольные деформационные швы у всех типов покрытий совмещают с технологическими швами.

4.13 Поперечные швы устраивают, как правило, по типу ложных, нарезая верхний паз шва в затвердевшем бетоне. Поперечные швы в соседних рядах должны совмещаться друг с другом, образуя прямую линию, идущую по всей ширине покрытия.

4.14 Верхние пазы швов заполняют герметизирующими материалами, разрешенными к применению, предварительно в паз шва закладывают уплотняющий шнур диаметром, большим ширине паза.

4.15 Во всех поперечных швах однослойных покрытий, ложных и сквозных (технологических) обязательно устройство стыковых соединений в виде прямых штырей либо усиление краевых участков плит армированием.

В продольных швах при толщине покрытия 25 см и более устраивают стыковое соединение в виде шпунта, при меньшей толщине стыковое соединение не устраивают, а усиливают краевые участки плит армированием.

Ширину зоны усиления краевых участков плит принимают равной $0,8l$, где l - упругая характеристика плиты, определяемая по п. 5.6.

4.16 Между плитами монолитных покрытий и основанием следует предусматривать разделительные прослойки из битуминизированной бумаги, пергамина, пленочных полимерных материалов и т.п.

4.17 При конструировании сборных покрытий следует соблюдать следующие требования:

- располагать плиты сборных покрытий длинной стороной по основному направлению движения самолетов;

- предусматривать между плитами и всеми типами оснований, кроме песчаных, выравнивающую прослойку из пескоцементной смеси толщиной 2-4 см.

4.18 Плиты сборных покрытий объединяются между собой путем сварки стыковых соединений, предусмотренных конструкцией плиты. Пространство между плитами в этом случае заполняют на 2/3 высоты сухой пескоцементной смесью, состава 1:4, верхнюю треть заполняют герметизирующим материалом. В деформационных швах стыковые соединения не сваривают и промежуток между плитами на всю высоту заполняют герметизирующим материалом.

Расстояния между поперечными деформационными швами в сборных покрытиях со стыковыми соединениями, препятствующими горизонтальной подвижке плит, принимают согласно таблице 4.7.

Таблица 4.7

Годовая амплитуда среднемесячных температур - Δt_r	Расстояние между швами, м
Более 45 ^{0}C	12
От 30до 45 ^{0}C	18
Менее 30 ^{0}C	24

В сборных покрытиях шириной более 40 м предусматривают устройство продольных деформационных швов на расстоянии 1/4 ширины покрытия от его кромки.

В случаях, когда плиты сборных покрытий имеют податливые (в горизонтальном направлении) стыковые соединения, они свариваются во всех поперечных швах.

4.19 Двухслойные покрытия можно проектировать с совмещением швов в слоях или с несовмещением. К покрытиям с несовмещенными швами следует относить такие, в которых поперечные в продольные швы между плитами смещены в слоях на величину не менее $2t_{sup}$, где t_{sup} – толщина верхнего слоя. Не допускается проектировать покрытия с несовмещением швов только в одном направлении и с совмещением в другом.

4.20 Выбор того или другого варианта взаимного расположения швов в двухслойном покрытии осуществляется на основе технико-экономического сопоставления.

4.21 Покрытия с совмещением швов рекомендуется проектировать с устройством стыковых соединений в продольных и поперечных швах. Стыковые соединения следует, как правило, устраивать только в верхнем слое, но параметры их принимать, как для однослойной плиты с жесткостью, равной суммарной жесткости слоев.

При толщине слоя менее 25 см вместо устройства шпунтового соединения продольные края плит следует армировать согласно указаниям п. 4.15.

В качестве разделительной прослойки в двухслойных покрытиях с совмещенными швами следует применять полимерную пленку или битуминизированную бумагу.

4.22 Двухслойные покрытия с несовмещением швов рекомендуется преимущественно проектировать при применении в нижнем слое малопрочных бетонов.

Соотношение проектных классов бетона по прочности на растяжение при изгибе в верхнем и нижнем слоях $B_{tb}^{в}/B_{tb}^{н}$ рекомендуется принимать не более 1.5. Продольные швы в верхнем и нижнем слоях при толщине слоя 25 см и более следует устраивать со шпунтовым соединением, а при толщине слоя менее 25 см - сквозными, поперечные швы надлежит устраивать по типу ложных швов сжатия с установкой в верхнем слое при толщине его менее 25 см прямых штырей. При большей толщине верхнего слоя установку штырей следует предусматривать только в технологических поперечных швах.

Нижнюю зону краевых участков плит верхнего слоя следует армировать по всему периметру плит в соответствии с расчетом.

В качестве разделительной прослойки в двухслойных покрытиях с несовмещенными швами следует применять пергамин или другие пленочные полимерные материалы.

4.23 Бетонные и армобетонные покрытия следует усиливать монолитным бетоном, армобетоном, предварительно напряженными железобетонными плитами. Железобетонные покрытия надлежит усиливать, как правило, железобетоном. Усиление сборных покрытий производят сборными покрытиями или монолитным армобетоном. Все типы покрытий допускается усиливать асфальтобетоном.

4.24 Проектом усиления покрытия следует предусматривать предваритель-

ное исправление основания и восстановление разрушенного покрытия, а также восстановление и развитие водосточно-дренажной сети, а в случае отсутствия сети решить вопрос о целесообразности ее устройства.

4.25 Конструирование слоев усиления жестких аэродромных покрытий выполняется с учетом следующих требований:

- при усилении сборных железобетонных покрытий сборными плитами несущая способность плит слоя усиления должна быть не ниже несущей способности плит существующего покрытия;

- при усилении монолитных покрытий слоем из монолитного бетона, армобетона или железобетона между слоем усиления и существующим покрытием должна обязательно устраиваться разделительная прослойка из пергамина или других рулонных материалов. При неровностях существующих покрытий более 2 см, кроме того, должен устраиваться выравнивающий слой из песчаного бетона, асфальтобетона или пескоцемента. Разделительная прослойка в этом случае укладывается на выравнивающий слой;

- при усилении жестких покрытий предварительно напряженными железобетонными плитами обязательно предусматривают устройство выравнивающего слоя из песчаного бетона или пескоцемента; разделительную прослойку не устраивают;

- слои усиления из бетона и армобетона следует проектировать с несовмещением поперечных и продольных швов. Поперечные и продольные швы и армирование краевых участков плит в слое усиления выполняют в соответствии с п. 4.22;

- при усилении сборных покрытий сборными плитами швы верхнего слоя по отношению к швам нижнего слоя необходимо смещать не менее, чем на: 0.5 м - для продольных швов и 1.0 м - для поперечных швов;

- усиление сборных преднапряженных и монолитных бетонных и армобетонных покрытий плитами ПАГ-14 допускается при нагрузке на колесо не более 100 кН для многоколесной опоры и не более 170 кН для одноколесной опоры; ПАГ-18 - не более 140 кН для многоколесной опоры и не более 200 кН для одноколесной опоры; ПАГ-20 - не более 180 кН для многоколесной опоры и не более 250 кН для одноколесной опоры соответственно.

4.26 Для усиления жёстких покрытий асфальтобетонном в верхнем слое рекомендуется в зависимости от климатических условий и категории нормативной нагрузки применять типы и марки смесей, приведенные в таблице 4.8. - для ВПП и МРД и в таблице 4.9. - для остальных элементов аэродрома. Для нижних слоев асфальтобетона рекомендуется применять марки и типы смесей, приведенные в таблице 4.10. Применение пористых асфальтобетонных смесей на водонепроницаемых основаниях не допускается. Все асфальтобетонные смеси должны соответствовать требованиям ГОСТ 9128-97.

4.27 В целях снижения вероятности образования в слое усиления из асфальтобетона отраженных трещин предусматривают армирование асфальтобетона:

- на участках примыкания РД к ИВПП по 20 м в обе стороны от линии примыкания;

- на всю ширину концевых участков ИВПП (группы "А");

- в местах систематического запуска и опробования двигателей на длину самолета и зоны действия газовой струи.

Для армирования рекомендуется применять полимерные сетки. Следует предусматривать укладку сеток на существующее покрытие с приклеиванием к покрытию вязким битумом.

4.28 При усилении жестких покрытий асфальтобетоном предусматривают:

- устройство выравнивающего слоя из песчаного асфальтобетона, если существующее покрытие имеет неровности высотой более 3 см;

- тщательную очистку поверхности существующего покрытия и обработку его разогретым или разжиженным битумом или битумной эмульсией для обеспечения сцепления слоя асфальтобетона с покрытием.

Таблица 4.8 Область применения асфальтобетонов при строительстве и реконструкции верхних слоев покрытий ВПП и МРД аэродромов

Климатическая зона	Категория нормативной нагрузки					
	В/К, I, II, III		IV		V, VI	
	Марка и тип асфальтобетонной смеси	Марка битума	Марка и тип асфальтобетонной смеси	Марка битума	Марка и тип асфальтобетонной смеси	Марка битума
I	I	БНД 90/130	II	БНД 90/130	III	БНД 90/130
	А, Б	БНУ 100/130	А, Б, Г	БНУ 100/130	Б, В, Г	БНУ 100/130
II, III	I	БНД 40/60	II	БНД 40/60	III	БНД 40/60
	ВПА, А, Б	БНД 60/90	А, Б, Г	БНД 60/90	Б, В, Г	БНД 60/90
		БНУ 50/70		БНД 90/130		БНУ 50/70
		БНУ 70/100		БНУ 50/70		БНУ 70/100
				БНУ 70/100		
IV, V	I	БНД 40/60	II	БНД 40/60	III	БНД 40/60
	ВПА, А, Б	БНД 60/90	А, Б, Г	БНД 60/90	В, Г	БНД 60/90
		БНУ 50/70		БНУ 50/70		БНУ 50/70
		БНУ 70/100				

Таблица 4.9 Область применения асфальтобетонов при строительстве и реконструкции верхних слоев покрытий рулежных дорожек, мест стоянок и перронов аэродромов

Климатическая зона	Категория нормативной нагрузки					
	В/К, I, II, III		IV		V, VI	
	Марка и тип асфальтобетонной смеси	Марка битума	Марка и тип асфальтобетонной смеси	Марка битума	Марка и тип асфальтобетонной смеси	Марка битума
I	I	БНД 90/130	II	БНД 90/130	III	БНД 90/130
	А, Б, В	БНУ 100/130	А, Б, В, Г	БНУ 100/130	Б, В, Г	БНД 130/200
						БНУ 100/130
II, III	I	БНД 40/60	II	БНД 40/60	III	БНД 40/60
	ВПА, А, Б	БНД 60/90	А, Б, В, Г	БНД 60/90	Б, В, Г	БНД 60/90
		БНД 90/130		БНД 90/130		БНД 90/130
		БНУ 50/70		БНУ 50/70		БНУ 50/70
		БНУ 70/100		БНУ 70/100		БНУ 70/100
IV, V	I	БНД 40/60	II	БНД 40/60	III	БНД 40/60
	ВПА, А, Б	БНД 60/90	А, Б, В	БНД 60/90	В, Г	БНД 60/90
		БНУ 50/70		БНУ 50/70		БНУ 50/70

Примечания 1 Все типы и марки асфальтобетонных смесей должны быть горячими и плотными.

2 Для мест стоянок и перронов применять только асфальтобетонные смеси с содержанием щебня не менее 45 %.

Таблица 4.10Область применения асфальтобетонов при строительстве и реконструкции нижних слоев покрытий

Климатическая зона	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	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки II	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки I, II	Пористые марки I, II	Пористые марки I, II	Пористые марки II
	Пористые марки I	Пористые марки I	Пористые марки I, II			
II, III	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки I	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки II	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки II	Пористые марки I, II	Пористые марки I, II	Пористые марки II
	Пористые марки I	Пористые марки I	Пористые марки I, II			
IV, V	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки I	Плотные крупнозернистые типов А, Б марки II	Пористые марки I	Пористые марки I, II	Пористые, высокопористые марки I	Пористые, высокопористые марки II
	Пористые марки I	Пористые марки I				

Примечание - Применение пористых асфальтобетонных смесей на водонепроницаемом основании не допускается.

5 РАСЧЕТ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

5.1 Расчет аэродромных покрытий производят по методу предельных состояний на воздействие вертикальных нагрузок от воздушных судов.

Расчетными предельными состояниями жестких аэродромных покрытий являются:

•бетонных и армобетонных - предельное состояние по прочности;

•железобетонных с ненапрягаемой арматурой - предельные состояния по прочности и раскрытию трещин;

•железобетонных с напрягаемой арматурой - предельные состояния по образованию трещин.

Расчетными предельными состояниями нежестких аэродромных покрытий являются:

предельные состояния по относительному прогибу всей конструкции по прочности слоев из асфальтобетона.

5.2 Расчет аэродромных покрытий проводят на нормативную нагрузку или на конкретный тип самолета. В последнем случае расчет выполняют с учетом заданного распределения взлетных масс, а если оно не задано, расчет ведут на нормальную взлетную массу.

5.3 При расчете аэродромных покрытий на прочность коэффициенты динамичности k_d и разгрузки γ_f (учитывающий движение воздушных судов по покрытию с большими скоростями) для всех групп участков аэродрома принимают в соответствии с таблице 5.1. Эти же коэффициенты распространяются на вертодромы

Таблица 5.1.

Группа участков покрытий	Коэффициент разгрузки γ_f	Коэффициент динамичности k_d при давлении в шинах, МПа		
		1.0 и менее	св. 1 0 до 1.5	св. 15
А	1	1 2	1.25	1 3
Б	1	1.1	1.15	1.2
В и Г	0.85	1.1	1.1	1.1

Примечания

1 При расчёте нежёстких покрытий для всех участков и давлений воздуха в пневматиках колёс коэффициент динамичности принимают равным 1,1

2 Коэффициенты динамичности и разгрузки для укреплённых обочин и укреплённых участков, примыкающих к торцам ИВПП, принимают равными 1

Расчет жестких аэродромных покрытий

5.4 При расчете жестких аэродромных покрытий по прочности и образованию трещин должно удовлетворяться условие

$$m_d \le m_u, \qquad (5.1)$$

где m_d- расчетный изгибающий момент в рассматриваемом сечении плиты покрытия;

m_u - предельный изгибающий момент в рассматриваемом сечении плиты покрытия.

5.5 Расчетные значения изгибающих моментов m_d, кН·м/м, на единицу ширины сечения однослойных жестких покрытий всех типов следует определять по формуле

$$m_d = m_{c.max} k k_N k_{x(y)}, \qquad (5.2)$$

где $m_{c,max}$ - максимальный изгибающий момент при центральном загружении плиты, кН•м/м, который вычисляется как наибольший суммарный момент, создаваемый колесами опоры воздушного судна в расчетных сечениях плиты, перпендикулярных осям x или y (рисунок 5.1), при этом должны исключаться ряды колес, дающие в сумме отрицательное значение изгибающего момента в расчетном сечении:

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

k -переходный коэффициент от изгибающего момента при центральном загружении к моменту при краевом загружении плиты, принимаемый равным:

- для бетонных и армобетонных покрытий со стыковыми соединениями или конструктивным краевым армированием - 1.2;
- для бетонных и армобетонных покрытий, устраиваемых без стыковых соединений и краевого армирования плит - 1.5;
- для сборных покрытий из предварительно напряженных железобетонных плит - 1.0;

- для железобетонных покрытий с ненапрягаемой арматурой - по рисунку 5.2;

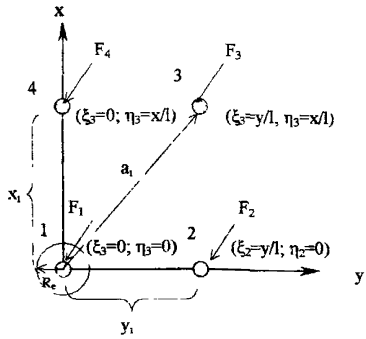


Рисунок 5.1. Расчетная схема параметров загружения опор воздушного судна.

k_N -коэффициент, учитывающий накопление остаточных деформаций в основании из материалов, не обработанных вяжущими, и принимаемый равным 1.1 для участков группы А и перронов; для оснований из материалов, обработанных вяжущими, а также для участков групп Б (кроме перронов), В и Г независимо от вида оснований следует принимать k_N = 1.0;

$k_{x(y)}$ -коэффициент, учитывающий перераспределение внутренних усилий в ортотропных плитах покрытий с различной жесткостью B_x и B_y в продольном и поперечном направлениях и принимаемый по рисунку 5.3; для бетонных, армобетонных и железобетонных покрытий с ненапрягаемой арматурой $k_{x(y)}$=1;

m_1 -изгибающий момент от действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с расчетным сечением, кН·м/м:

$$m_1 = F_d \cdot f(\alpha) ;$$

n_k - число колес на опоре;

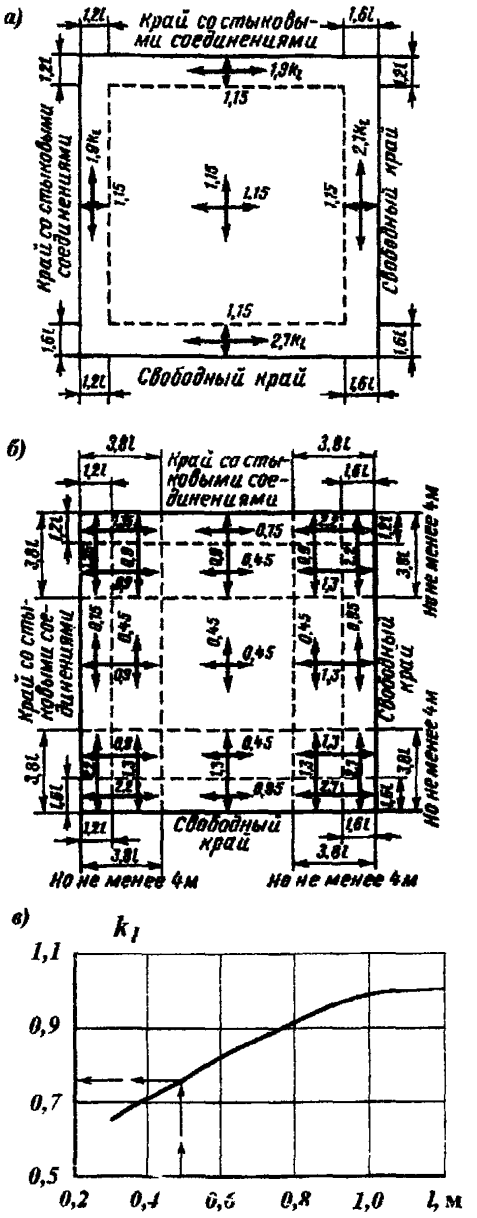


Рисунок 5.2. Значения переходных коэффициентов k

а) для положительных изгибающих моментов;

б) для отрицательных изгибающих моментов;

в) зависимость поправочного коэффициента k_l от упругой характеристики l.

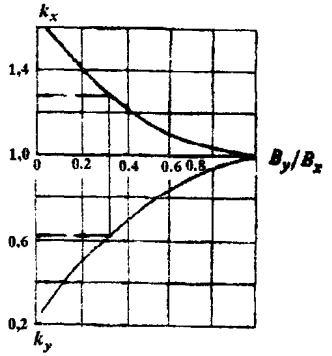


Рисунок 5.3. График для определения коэффициентов k_x и k_y, учитывающих перераспределение внутренних усилий в ортотропных плитах.

$m_{x(y)i}$ - изгибающий момент, создаваемый действием i-го колеса, расположенного за пределами расчетного сечения плиты, к Н•м/м:

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

F_d - расчетная нагрузка на колесо, кН:

$$F_d = F_n / n_k \cdot k_d \cdot \gamma_f$$

$f(\alpha)=f(R_e/l)$ - функция, значение которой приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2

α	F(α)	α	F(α)	α	F(α)	α	F(α)	α	F(α)	α	F(α)
0 00	0	0.24	0.1875	0.48	0.1255	0 72	0 0908	0.96	0 0676	2 00	0 0201
0 02	0.4144	0.26	0.1802	0.50	0 1220	0.74	0 0885	0.98	0 0660	2.20	0.0158
0 04	0 3509	0 28	0.1736	0 52	0.1186	0 76	0 0863	1 00	0 0645	2.40	0 0124
0 06	0.3139	0 30	0.1673	0.54	0.1153	0 78	0.0842	1 10	0 0573	2 60	0.0096
0.08	0 2876	0.32	0 1615	0.56	0.1121	0 80	0.0821	1 20	0 0510	2 80	0.0074
0.10	0.2672	0 34	0.1561	0.58	0 1091	0 82	0 0801	1.30	0.0454	3 00	0 0056
0 12	0 2505	0.36	0 1510	0 60	0.1062	0.84	0 0782	1.40	0.0405	3.20	0.0042
0 14	0 2365	0.38	0 1462	0 62	0.1034	0 86	0.0763	1 50	0.0361	3 40	0.0031
0 16	0.2243	0 40	0.1416	0.64	0.1007	0 88	0 0745	1 60	0 0321	3.60	0 0023
0 18	0 2136	0 42	0 1373	0 66	0 0981	0 90	0 0727	1 70	0.0286	3 80	0 0016
0 20	0.2040	0 44	0 1332	0.68	0.0956	0 92	0 0710	1.80	0.0255	4 00	0 0011
0 22	0.1954	0 46	0.1293	0 70	0 0932	0 94	0.0693	1 90	0 0226	4 20	0 0007

Re - радиус круга, равновеликого площади отпечатка пневматика колеса, м:

$$R_e = \sqrt{\frac{F_d}{\pi p_a}}$$

p_a -внутреннее давление воздуха в пневматиках колес, кПа;

l -упругая характеристика плиты, м:

$$l = \sqrt[4]{\frac{B}{K_s}}$$

F_n -нормативная нагрузка на основную опору расчетного воздушного судна, кН;

k_d и γ_f -коэффициенты соответственно динамичности и разгрузки, определяемые по таблице 5.1;

K_s -расчетный коэффициент постели однородного грунтового основания, МН/м^3, определяемый в соответствии с таблицей 3.4. Для многослойного грунтового основания, а также для искусственного основания, не обработанного вяжущим, в расчет вводится значение эквивалентного коэффициента постели K_{se}, определяемого по приложению Г;

$\overline{m}_{xi}, \overline{m}_{yi}$ -единичные изгибающие моменты, действующие в расчетном сечении плиты, от воздействия i-го колеса опоры воздушного судна, определяемые по таблице 5.3 в зависимости от координат $\xi = y_i/l$ и $\eta = x_i/l$, где y_i, x_i - координаты приложения силы F_i, считая за начало координат пересечение рассматриваемых сечений (см. рисунок 5.1);

B -жесткость сечения плиты покрытия, МПа·м^4/м, отнесенная к единице ширины ее сечения и определяемая в соответствии с п. 5.6.

Примечание - Для многоколесных опор необходимо путем пробных расчетов найти колесо, под центром отпечатка которого возникает максимальный изгибающий момент.

Таблица 5.3

Значения единичных моментов при ξ(η) в расчетном сечении плиты аэродромного жесткого покрытия от воздействия 1-го колеса опоры воздушного судна																
η(ξ)	0.00	0.05	0 10	0.20	0.30	0.40	0 50	0.60	0.70	0 80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1 40
0 00	-	0.25122	0.18781	0.12506	0.08914	0.06445	0.04607	0.03181	0 02049	0.01136	0.00397	-0 00204	-0.00690	-0.01082	-0.01393	-0.01637
0.05	0.31839	0.25313	0.19113	0.12629	0.08974	0.06480	0.04631	0.03199	0 02062	0.01147	0.00406	-0.00196	-0.00684	-0.01076	-0 01389	-0 01633
0.10	0.25521	0.23156	0.18997	0.12848	0.09119	0.06575	0 04698	0.03248	0.02101	0.01178	0 00431	-0.00175	-0 00665	-0.01060	-0 01374	-0.01620
0.20	0.19215	0.18546	0 16866	0.12759	0.09355	0.06817	0.04901	0.03414	0 02236	0.01291	0.00527	-0.00092	-0.00594	-0.00997	-0.01319	-0.01571
0.30	0.15561	0 15259	0 14426	0 11892	0.09219	0.06930	0.05079	0.03598	0 02408	0.01445	0.00664	0 00029	-0 00486	-0.00901	-0 01232	-0 01493
0.40	0.13004	0.12835	0.12353	0.10724	0.08736	0.06818	0 05140	0.03730	0 02564	0 01604	0.00817	0 00172	-0.00354	-0.00780	-0 01122	-0.01393
0 50	0.11058	0.10952	0.10642	0.09538	0.08066	0.06515	0.05060	0.03774	0.02670	0.01739	0.00962	0.00317	-0.00213	-0.00647	-0.00997	-0 01276
0.60	0.09505	0 09432	0.09219	0.08436	0.07331	0.06094	0.04864	0.03725	0.02711	0.01832	0.01082	0.00451	-0.00076	-0.00511	-0.00866	-0.01151
0.70	0.08226	0.08174	0 08020	0 07444	0.06601	0.05613	0.04588	0.03598	0 02688	0 01877	0.01169	0 00562	0.00048	-0.00381	-0.00735	-0.01023
0 80	0.07153	0 07114	0.06999	0.06563	0.05908	0.05115	0.04264	0.03416	0 02611	0.01876	0.01220	0 00647	0.00154	-0 00263	-0 00612	-0 00899
0 90	0.06238	0.06209	0 06120	0.05782	0.05266	0.04626	0 03919	0.03196	0.02493	0.01835	0.01236	0.00703	0.00238	-0.00162	-0.00500	-0.00782
1.00	0.05451	0.05428	0.05359	0.05092	0.04679	0.04158	0.03571	0.02957	0.02346	0 01763	0.01223	0.00734	0.00300	-0.00078	-0 00401	-0 00674
1.10	0.04769	0.04751	0.04696	0.04482	0 04148	0 03721	0 03231	0.02710	0 02182	0.01669	0 01186	0.00742	0.00342	-0.00011	-0.00317	-0 00578
1 20	0.04174	0.04159	0.04115	0.03942	0.03669	0.03316	0.02906	0.02464	0.02009	0 01560	0 01131	0.00730	0.00365	0.00039	-0.00247	-0.00494
1.30	0.03653	0 03641	0.03605	0.03463	0.03238	0.02945	0.02601	0.02225	0 01834	0 01442	0.01063	0.00704	0.00374	0.00075	-0.00191	-0.00422
1.40	0.03195	0.03185	0.03156	0.03039	0 02853	0.02608	0.02318	0.01998	0.01661	0.01320	0.00986	0.00667	0.00370	0.00098	-0.00146	-0 00361
1.50	0.02792	0.02784	0.02759	0.02663	0 02507	0.02302	0.02057	0.01784	0.01494	0.01198	0.00905	0.00622	0.00356	0.00110	-0.00113	-0 00311
1.60	0.02437	0.02430	0.02410	0.02329	0 02199	0.02026	0 01818	0 01585	0.01336	0.01079	0.00822	0 00573	0.00335	0.00114	-0.00088	-0 00269
1.70	0.02124	0.02118	0.02101	0.02033	0.01923	0.01777	0.01601	0.01402	0.01187	0.00964	0.00740	0.00520	0.00309	0.00111	-0.00071	-0.00236
1.80	0.01847	0.01842	0.01828	0.01771	0.01678	0.01554	0.01404	0.01234	0 01049	0.00856	0 00660	0.00467	0.00280	0 00104	-0 00060	-0.00209
1.90	0.01603	0.01599	0.01587	0.01538	0.01460	0.01354	0.01226	0.01080	0 00921	0.00754	0 00584	0 00414	0 00250	0 00093	-0 00054	-0.00188
2.00	0.01387	0.01384	0.01373	0.01332	0.01266	0.01176	0 01067	0.00942	0.00805	0.00660	0.00512	0.00363	0 00218	0 00080	-0.00051	-0.00171
2.10	0.01197	0.01194	0.01185	0.01151	0.01094	0.01018	0.00924	0.00817	0.00699	0.00573	0.00444	0 00315	0.00188	0.00065	-0.00051	-0.00158
2.20	0.01030	0 01027	0.01020	0.00990	0 00942	0.00877	0.00797	0.00704	0.00603	0.00494	0.00382	0.00269	0.00158	0.00050	-0.00053	-0.00148
2.40	0.00753	0.00751	0.00746	0.00724	0 00689	0 00641	0.00583	0.00515	0 00439	0.00358	0.00274	0.00188	0.00103	0.00020	-0.00059	-0.00134
2.60	0.00540	0.00539	0 00535	0.00519	0 00493	0.00458	0.00415	0.00365	0.00309	0.00249	0.00186	0 00122	0 00057	-0 00006	-0.00067	-0.00125
2.80	0.00378	0.00377	0.00374	0.00362	0 00343	0.00318	0.00286	0.00249	0 00208	0.00164	0 00117	0.00069	0.00020	-0 00028	-0.00074	-0.00118
3.00	0.00255	0.00254	0.00252	0 00244	0.00230	0.00212	0.00189	0 00161	0.00131	0.00098	0.00064	0.00028	-0.00008	-0.00044	-0 00079	-0.00112
3.20	0.00164	0.00163	0.00162	0.00156	0.00146	0.00132	0 00116	0.00096	0.00074	0 00050	0.00024	-0.00002	-0.00029	-0.00055	-0 00081	-0.00106
3.40	0.00097	0.00097	0 00096	0 00091	0.00084	0.00075	0 00062	0.00048	0.00032	0.00015	-0.00004	-0 00023	-0 00042	-0.00062	-0 00081	-0 00099
3.60	0.00050	0.00049	0.00049	0.00045	0.00040	0 00033	0 00025	0.00014	0 00003	-0 00010	-0.00023	-0.00037	-0.00051	-0.00065	-0.00078	-0.00091
3.80	0.00017	0 00016	0.00016	0.00014	0.00010	0.00005	-0.00001	-0.00008	-0.00016	-0 00025	-0.00035	-0.00044	-0.00054	-0.00064	-0.00074	-0 00083
4 00	-0.00006	-0.00006	-0.00006	-0.00008	-0 00010	-0.00014	-0.00018	-0.00023	-0.00028	-0.00035	-0 00041	-0.00048	-0 00055	-0 00062	-0 00068	-0 00075

5.6 Жесткость сечений плит покрытия *B* надлежит определять на единицу ширины сечения по формулам:

для сечений бетонных, армобетонных и предварительно напряженных железобетонных плит

$$B=0.085 \cdot E_b \cdot t^3; \quad (5.3)$$

для сечений железобетонных плит с ненапрягаемой арматурой

$$B = \frac{E_s A_s}{y_b}(h_0 - \frac{x}{3})(h_0 - x) \quad (5.4)$$

где E_s -модуль упругости арматуры, МПа, принимаемый согласно СНиП 2.03.01-84*;

E_b -начальный модуль упругости бетона, МПа, принимаемый по таблице 5.4.

Таблица 5.4.

Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе B_{tb}	Расчетное сопротивление растяжению при изгибе, МПа (кгс/см^2), при расчете		Начальный модуль упругости бетона E_b, МПа (кгс/см^2)	
	по прочности R_{tb}	по образованию трещин $R_{tb,ser}$	тяжелого	мелкозернистого (песчаного)
2.8/35	2.26(23)	-	$2.60 \cdot 10^4$ ($2.65 \cdot 10^5$)	$2\ 16 \cdot 10^4$ ($2.20 \cdot 10^5$)
3.2/40	2 75(28)	-	$2\ 84 \cdot 10^4$ ($2.90 \cdot 10^5$)	$2.31 \cdot 10^4$ ($2.35 \cdot 10^5$)
3.6/45	3 04(31)	3 60(37.5)	$3\ 04 \cdot 10^4$ ($3.10 \cdot 10^5$)	$2.45 \cdot 10^4$ ($2.5 \cdot 10^5$)
4.0/50	3 43(35)	4.00(41.5)	$3.24 \cdot 10^4$ ($3.30 \cdot 10^5$)	$2.60 \cdot 10^4$ ($2.65 \cdot 10^5$)
4 4/55	3.73(38)	4 40(45 0)	$3.53 \cdot 10^4$ ($3.60 \cdot 10^5$)	-
4.8/60	4.10(42)	4.80(50.0)	$3.53 \cdot 10^4$ ($3.60 \cdot 10^5$)	-
5.2/65	4.40(45)	5.20(54.0)	$3.73 \cdot 10^4$ ($3.80 \cdot 10^5$)	-
5.6/70	4.80(49)	5.60(58.0)	$3\ 73 \cdot 10^4$ ($3.80 \cdot 10^5$)	-
6.0/75	5.10(52)	6.00(62.0)	$3\ 82 \cdot 10^4$ ($3\ 90 \cdot 10^5$)	-
6.4/80	5 50(56)	6.40(66.0)	$3.82 \cdot 10^4$ ($3.90 \cdot 10^5$)	-

Примечания 1 Перед чертой указан класс бетона по прочности на растяжение при изгибе B_{tb}, после черты – соответствующая ему при коэффициенте вариации прочности 0.135 марка бетона по прочности на растяжение при изгибе P_{tb}.

2 Классы бетона отвечают гарантированной прочности бетона на растяжение при изгибе с обеспеченностью 0.95.

3 Начальный модуль упругости мелкозернистого бетона приведен для бетона естественного твердения, приготовленного из песков с модулем крупности свыше 2.0, для бетона естественного твердения, приготовленного из песков с модулем крупности менее 2.0, табличные значения следует умножать на 0.9

A_s -площадь сечения растянутой арматуры на единицу ширины сечения плиты;

ψ_b -коэффициент, учитывающий работу бетона между трещинами в растянутой

зоне и принимаемый равным при расчете по прочности - 0.2, по раскрытию трещин - 1;

h_0 - рабочая высота сечения (расстояние от сжатой грани сечения до центра тяжести растянутой арматуры), м:

$$h_0 = t - t_{pr} - d$$

t - толщина плиты, м;

x - высота сжатой зоны бетона в сечении, м:

$$x=(-\theta_0+(\theta_0^2+2\cdot\theta_0)^{0.5})\cdot h_0$$

$$\theta_0=(E_s\cdot\psi_c)/(E_b\cdot\psi_b)\cdot\mu$$

d - номинальный диаметр арматурных стержней, м;

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

l_s/t	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5 и более
ψ_c	0.79	0.67	0.59	0.53	0.48

Для сечений с ненапрягаемой арматурой в предварительно напряженных плитах коэффициент ψ_c следует принимать равным 0.6;

μ - коэффициент армирования: $\mu=A_s/h_0$;

t_{pr}- толщина защитного слоя, м.

5.7 Предельный изгибающий момент m_u, кН·м/м, на единицу ширины сечения следует определять по формулам:

для бетонных и армобетонных покрытий

$$m_u = \gamma_c\cdot R_{tb}\cdot t^2/6\cdot k_u \qquad (5.5)$$

для железобетонных покрытий с ненапрягаемой арматурой

$$m_u = \gamma_c\cdot A_s\cdot R_s\cdot(h_0-x/3) \qquad (5.6)$$

для железобетонных предварительно напряженных плит

$$m_u = \gamma_c\cdot(R_{tb,ser}\cdot k_u\cdot t^2/6 + m_r) \qquad (5.7)$$

где γ_c -коэффициент условий работы покрытий, принимаемый по таблице 5.5;

Таблица 5.5

Аэродромные покрытия	Коэффициент γ_c условий работы жестких покрытий при расположении аэродромов								
	севернее 50° северной широты			между 43° и 50° северной широты			южнее 43° северной широты		
	для групп участков								
	А	Б, В	Г	А	Б, В	Г	А	Б, В	Г
Бетонные	0.8	0.9	1.1	0.75	0 85	1.05	0.7	0.8	1.0
Армобетонные	0.9	1.0	1.2	0.85	0.95	1.15	0.8	0.9	1.1
Железобетонные с ненапрягаемой арматурой	1.0	1.1	1.3	0.95	1.05	1.25	0.9	1.0	1.2
Из железобетонных предварительно напряженных плит	1.2	1.3	1.4	1.2	1.3	1.4	1.2	1.3	1.4

R_{tb}, $R_{tb,ser}$ -расчетные сопротивления бетона растяжению при изгибе, кПа, принимаемые по таблице 5.4;

R_s -расчетное сопротивление арматуры растяжению, кПа;

k_u -коэффициент, учитывающий расчетное число приложений колесных нагрузок воздушных судов U_d за проектный срок службы покрытия, определяемый по формуле:

$$k_u = 2\text{-}(lqU_d)/6.$$

Проектный срок службы жестких покрытий в расчете следует принимать равным 20 годам;

m_r - момент, кН·м/м, равнодействующей усилий N_F в нижней и верхней напрягаемой арматуре на единицу ширины сечения относительно оси, проходящей через ядровую точку, наиболее удаленную от зоны сечения, трещинообразование которой проверяют; m_r определяют по СНиП 2.03.01-84*.

5.8 Расчетное число приложений нагрузки U_d следует определять по формуле

$$U_d = \sum_{i}^{n_i} U_{ei} \qquad (5.8)$$

где U_{ei} - эквивалентное число приложений нагрузки от опоры i-го воздушного судна, приведенное к приложению нагрузки от опоры расчетного воздушного судна по формуле:

$$U_{ez} = \text{anti}\lg\left\{\frac{m_{cd}}{m_{ci}}\left[\lg U_i + 12\left(\frac{m_{ci}}{m_{cd}} - 1\right)\right]\right\}, \qquad (5.9)$$

n_i -число учитываемых типов воздушных судов у которых $m_{ci}/m_{cd} \geq 0.6$;

m_{ci}, m_{cd} -центральные моменты соответственно от нагрузок i-го и расчетного воздушных судов, определяемые в соответствии с п. 5.5;

$U_i = n_a \cdot N_i$, - число приложений нагрузки от опоры i-го воздушного судна;

n_a -число осей на основной опоре воздушного судна;

N_i -число движений воздушного судна за проектный срок службы покрытия.

5.9 При расчете железобетонных покрытий с ненапрягаемой арматурой по раскрытию трещин надлежит выполнять условие

$$a_{crc} \leq 0.3, \qquad (5.10)$$

где a_{crc} - ширина раскрытия трещин в расчетном сечении плиты, мм, определяемая в соответствии с п. 5.10.

5.10 Ширину раскрытия трещин a_{crc} в расчетном сечении плиты, армированной ненапрягаемой арматурой, следует определять по формуле

$$a_{crc} = 1000 \cdot \sigma_s / E_s \cdot a_c. \qquad (5.11)$$

где σ_s - величина напряжения в растянутой арматуре, кПа:

$$\sigma_s = \frac{m_d}{A_s\left(h_0 - \frac{x}{3}\right)};$$

a_c - расстояние между трещинами, м;

$$a_c = k_c \cdot A_s / U_s \cdot E_s / E_b \cdot \eta;$$

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

$$k_c = \frac{t^2 E_b}{3.5 A_s\left(h_0 - \frac{x}{3}\right)E_s} - 2;$$

η_1 - коэффициент, принимаемый равным:

для стержневой арматуры периодического профиля - 0,7; для сварных сеток

из холоднотянутой проволоки - 1,25.

5.11 При расчете двухслойных покрытий должно удовлетворяться условие (5.1) для плит верхнего и нижнего слоев.

Предельный изгибающий момент m_u определяют по формуле (14), при этом предельный изгибающий момент в плитах нижнего слоя, вычисленный по этой формуле, следует умножать на поправочный коэффициент k_m определяемый по рисунку 5.4.

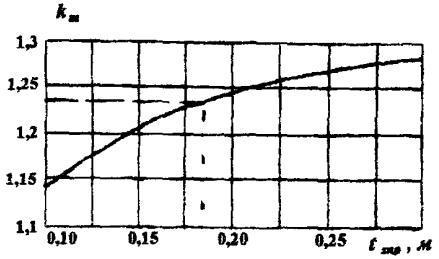


Рисунок 5.4 График для определения поправочного коэффициента k_m.

Расчетные изгибающие моменты в плитах верхнего и нижнего слоев двухслойного покрытия $m_{d,sup(inf)}$, кН·м/м на единицу ширины сечения плиты следует определять по формулам:

в плитах верхнего слоя покрытий с совмещенными швами

$$m_{d,sup} = \frac{k \cdot m_{c,max}}{1 + \frac{B_{inf}}{B_{sup}}};$$

в плитах нижнего слоя покрытий с совмещенными швами

$$m_{d,inf} = k\, m_{c,max} - m_{d,sup};$$

в плитах верхнего слоя покрытий с несовмещенными швами

$$m_{d,sup} = \frac{k_1 \cdot m_{c,max}}{1 + \frac{B_{inf}}{B_{sup}}};$$

в плитах нижнего слоя покрытии с несовмещенными швами

$$m_{d\,inf} = \frac{m_{c\,max}}{1+\frac{B_{sup}}{B_{inf}}},$$

где $m_{c.max}$ - максимальный изгибающий момент, кН·м/м, при центральном загружении однослойной плиты жесткостью $B_{inf}+B_{sup}$, вычисляемый согласно п. 5.5;

B_{inf}, B_{sup} - жесткость плит соответственно верхнего и нижнего слоев, отнесенная к единицам ширины их сечений и вычисляемая согласно п. 5.6;

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

k_1 - коэффициент, учитывающий концентрацию изгибающих моментов в верхнем слое двухслойного покрытия над краями и углами плит нижнего слоя, принимаемый равным:

$\frac{B_{inf}}{B_{sup}}$	k_1	$\frac{B_{inf}}{B_{sup}}$	k_1
0	1.20	4	2.00
0.15	1.04	5	2.25
1	1.25	6	2.50
2	1 50	7	2.75
3	1.75	8	3 00

5.12 Расчет толщины искусственных оснований следует производить в соответствии с приложением Г, если слой основания предусматривают из неукрепленных материалов, и в соответствии с приложением Д, если слой основания предусматривают из материалов, укрепленных вяжущими.

Расчет нежестких аэродромных покрытий

5.13 При расчете нежестких аэродромных покрытий по предельному относительному прогибу всей конструкции должно удовлетворяться условие

$$\lambda_d \le \gamma_c \cdot \lambda_u \qquad (5.12)$$

где λ_d - относительный прогиб покрытия от нагрузки, определяемый в соответствии с п. 5.14;

γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый для групп участков аэродромных покрытий (см. рисунок 1.1): А - 1; Б и В – 1.05; Г – 1.1;

λ_u - предельный относительный прогиб покрытия, определяемый в соответствии с п. 5.15.

Если в результате расчета общая толщина нежесткой конструкции превышает 50 см, модули упругости связных грунтов, равные 24 МПа (240 кгс/см^2) и менее, следует повысить: на 5 % - при толщине конструкции от 51 до 75 см, 10 - при толщине от 76 до 100 см, 15 - при толщине от 101 до 125 см и на 20 % - при толщине свыше 125 см.

5.14 Расчетный относительный прогиб покрытия от нагрузки определяют по формуле

$$\lambda_d = 0{,}9\frac{p_a}{E_{ed}} \qquad (5.13)$$

где p_a - внутреннее давление воздуха в пневматиках колес, МПа;

E_{ed} - эквивалентный модуль упругости нежесткой конструкции, включая грунтовое основание, МПа:

$$E_{ed} = E_{mt} \cdot \psi_k;$$

E_{mt} - средний модуль упругости МПа, многослойной конструкции (включая покрытие, искусственное основание и насыпь из каменных материалов или грунтогравийных и грунтощебёночных смесей. Слои насыпи из местных грунтов в конструкцию не включают) из n слоев в пределах сжимаемой толщи:

$$E_{mt} = \frac{E_1 t_1 + E_2 t_2 + \ldots + E_n t_n}{t_{tot}};$$

ψ_k - коэффициент, определяемый по рисунку 5.5:

$$\psi_k = f\left(\frac{E}{E_{mt}}; \frac{t_{tot}}{D_e}\right);$$

$E_1, E_2, \ldots E_n$ - расчетные модули упругости отдельных конструктивных слоев, МПа;

$t_1, t_2, \ldots, t_n$ - толщина отдельных конструктивных слоев, м;

t_{tot} - суммарная толщина конструктивных слоев, м;

E - модуль упругости грунта естественного основания, МПа;

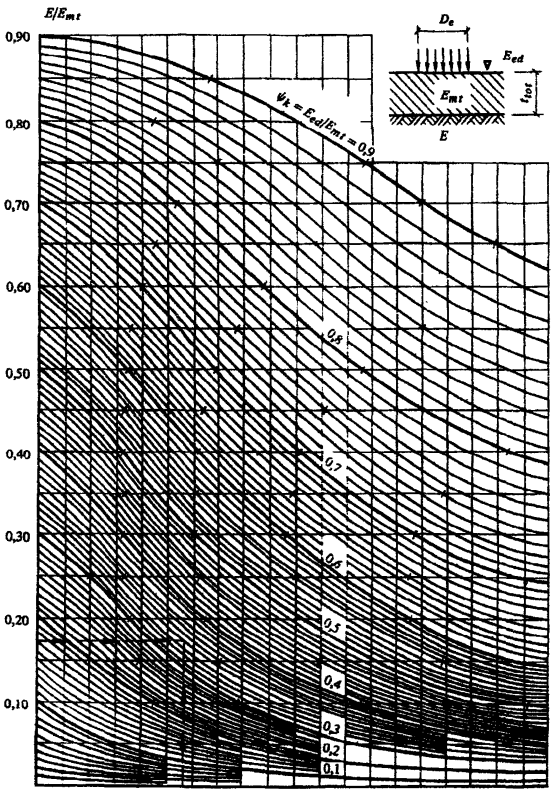


Рисунок 5.5. Номограмма для определения коэффициента ψ_k для нежесткого покрытия

D_e - диаметр круга, м, равновеликого площади отпечатка пневматика одноколесной эквивалентной нагрузки, определяемый в соответствии с п. 5.17.

Если суммарная толщина аэродромной конструкции и грунтовой насыпи равна или превышает 3De, грунт насыпи рассматривается как грунт естественного основания и в расчёте используют его деформативные характеристики с учётом степени уплотнения насыпи.

Если суммарная толщина аэродромной конструкции и грунтовой насыпи меньше 3De, то в качестве подстилающего грунтового основания следует рассматривать слоистое полупространство со средним модулем упругости E^1, МПа, определяемым по формуле:

$$E^1 = \frac{E_0 t_0 + E(3De - t_0 - t_{tot})}{3De - t_{tot}},$$

где E_0, t_0 — модуль упругости, МПа, и толщина слоя, м, грунтовой насыпи;

E — модуль упругости грунта естественного основания, МПа.

В тех случаях, когда $t_{tot}/D_e > 2$, рекомендуется пользоваться формулой.

$$\Psi_k = \frac{105\frac{E}{E_{mt}}}{\frac{1-E/E_{mt}}{\sqrt{1+4(t_{tot}/De)^2(E/E_{mt})^{-2/3}}} + \frac{E}{E_{mt}}}$$

5.15 Предельный относительный прогиб покрытия λ_u принимают по рисунку 5.6 в зависимости от вида грунта, давления воздуха в пневматиках колес и приведенной повторяемости приложения нагрузки N_r, вычисляемой в соответствии с п. 5.18.

5.16 Прочность асфальтобетонных слоев нежесткой конструкции аэродромного покрытия должна удовлетворять условию

$$\sigma_r \le \gamma_c \cdot R_d, \qquad (5.14)$$

где σ_r - наибольшее растягивающее напряжение при изгибе в рассматриваемом слое от расчетной нагрузки, МПа;

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot p_a$$

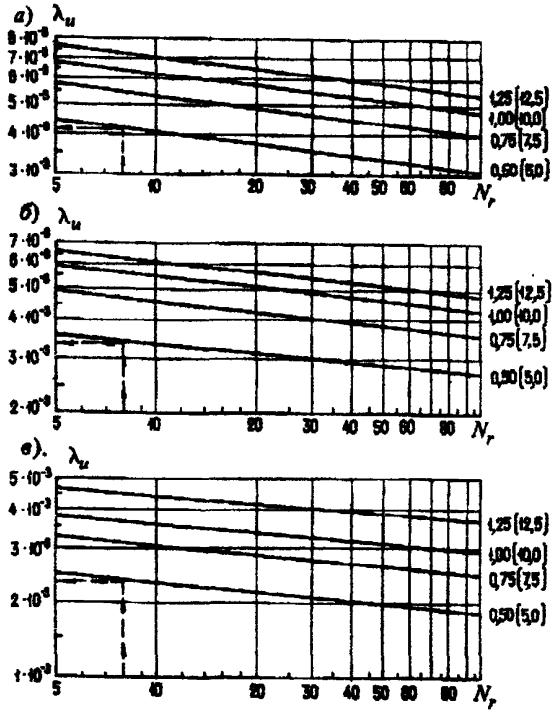


Рисунок 5.6. График для определения предельных относительных прогибов λ_u нежестких аэродромных покрытий, устраиваемых на грунтах а) суглинках, глинах, супесях (включая грунты с примесью гравия); б) песчаных пылеватых; в) песчаных крупных, средней крупности и мелких, галечниковых.
(цифры на линиях графика обозначают давление в пневматиках колес воздушного судна, ра, МПа)

γ_c - коэффициент условий работы для асфальтобетона, принимаемый равным для групп участков аэродромных покрытий: А-1; Б и В-1,1; Г-1,2;

R_d - расчетное сопротивление растяжению при изгибе асфальтобетона, МПа, принимаемое согласно таблице 5.6;

$\overline{\sigma}_r$ - удельное растягивающее напряжение при, изгибе, определяемое по рисунку 5.7:

$$\overline{\sigma}_r = f\left(\frac{E_{ab}}{E_e}; \frac{t_{ab}}{D_{el}}\right);$$

Таблица 5.6

Асфальтобетонные смеси для нежестких покрытий	Сопротивление растяжению при изгибе R_d, МПа, при расчетной температуре асфальтобетона, ^{0}С			Модуль упругости E_{ab}, МПа, при расчетной температуре асфальтобетона, ^{0}С		
	10	20	30	10	20	30
Плотные марок:						
I	2.8/2.4	2.4/2.1	2.1/1.8	$15\cdot10^2$	$10\cdot10^2$	$7\cdot10^2$
II	2.2/1.9	2.0/1.7	1.7/1.4	$12\cdot10^2$	$8\cdot10^2$	$5\cdot10^2$
III	2.1/1.8	1.9/1.6	1.6/1.3	$9\cdot10^2$	$6\cdot10^2$	$4\cdot10^2$
Пористые	1.7/1.4	1.5/1.3	1.3/1.1	$9\cdot10^2$	$6\cdot10^2$	$4\cdot10^2$

Примечания 1 Перед чертой указаны значения сопротивлений асфальтобетона растяжению при изгибе для среднесуточного приведенного числа приложений колесных нагрузок расчетных опор по одному следу до 50, после черты - свыше 50.

2 Под расчетной температурой асфальтобетона следует понимать максимальную температуру покрытия в период года, когда несущая способность грунтового основания наименьшая При отсутствии данных наблюдений за температурой покрытия допускается принимать для I и II дорожно-климатических зон - 10 ^{0}С, III зоны - 15, IV - 20, V зоны - 30 ^{0}С.

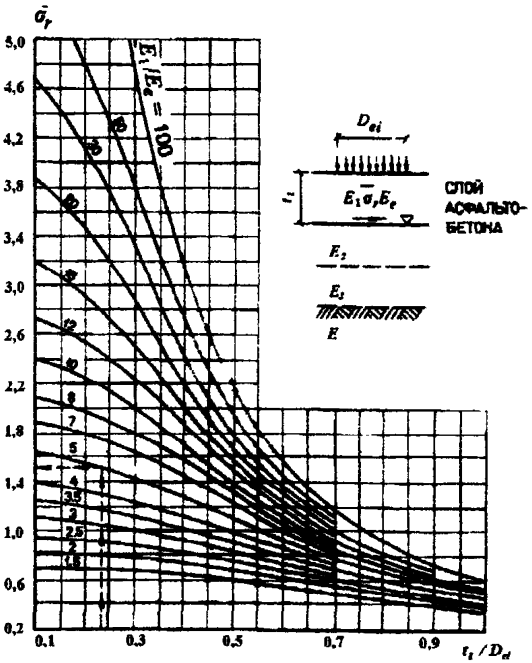


Рисунок 5.7. Номограмма для определения удельных растягивающих напряжений при изгибе $\bar{\sigma}_r$ в асфальтобетоне

E_{ab} - средний модуль упругости асфальтобетонных слоев, МПа, вычисляемый аналогично E_{mt} (см. п. 5.14);

E_e - эквивалентный модуль упругости основания под асфальтобетоном, включая грунтовое основание, МПа:

$$E_e = E_m \cdot \psi_k ;$$

E_m - средний модуль упругости слоев оснований под асфальтобетоном (без учета грунтового основания), МПа, определяемый согласно п. 5.14;

ψ_k - коэффициент, определяемый по рисунку 5.5, принимая вместо величин E_{mt} и E_{ed} соответственно величины E_m и E_e:

$$\psi_k = f\left(\frac{E}{E_m}; \frac{t_{tot}}{D_e}\right);$$

D_{ei} - диаметр круга, м, равновеликого площади отпечатка пневматика одноколесной эквивалентной нагрузки для асфальтобетонного слоя (слоев), определяемый в соответствии с п. 5.17.

При расчете прочности двух- или трехслойного асфальтобетонного покрытия следует рассчитывать на растяжение при изгибе только нижний слой, предварительно приведя многослойный асфальтобетон к однослойному со средним модулем упругости E_{ab}.

5.17 Диаметр круга, равновеликого площади отпечатка пневматика одноколесной эквивалентной нагрузки, вычисляют по формуле

$$D_{ei} = 2\sqrt{\frac{F_e}{\pi \cdot p_s}}, \qquad (5.15)$$

где F_e - одноколесная эквивалентная нагрузка, кН, заменяющая силовое воздействие многоколесной опорной нагрузки, которую принимают равной F_d при $t_{tot} \le \frac{a}{2}$, $F_n K_d \gamma_f$ при $t_{tot} \ge 2a_d$, а в остальных случаях определяют по формуле

$$F_e = \text{antilg}\left(\frac{\lg n_k}{\lg \frac{4a_d}{a}} \lg \frac{2t_{tot}}{a} + \lg F_d\right);$$

F_d, n_k - см. п. 5.5;

p_a, F_n - см. п. 1.10;

a - минимальное расстояние между ближайшими колесами главной опоры в свету, м:

$$a = a_T - 2\sqrt{\frac{F_d}{1{,}4\pi \cdot p_a}};$$

a_T, a_d - соответственно расстояние между осями ближайших колес в опоре и максимальное расстояние между колесами в главной опоре, м, рисунок 5.8 в зависимости от схемы расстановки колес в опоре;

t_{tot} - суммарная толщина слоев нежесткой конструкции, м, для которых определяется F_e (t_{tot} принимают равной общей толщине конструкции при расчете прочности по предельному относительному прогибу и суммарной толщине асфальтобетонных слоев при расчете их прочности на растяжение при изгибе).

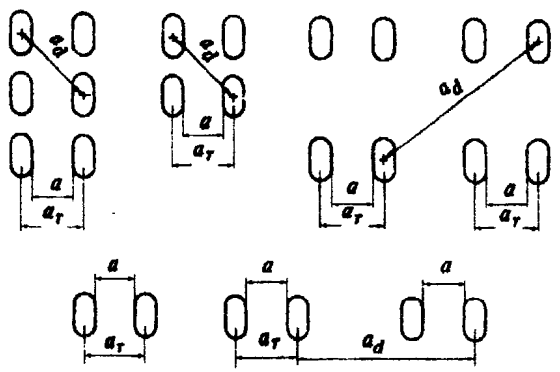


Рисунок 5.8. Расчетные расстояния a, a_T и a_d между колесами опор воздушных судов

5.18 При расчете прочности покрытия воздействие нагрузок от различных типов воздушных судов следует приводить к эквивалентному воздействию расчетной нагрузки через приведенную повторяемость приложения нагрузки N_r. При этом надлежит учитывать только те воздушные суда, у которых нагрузки на главную опору больше или равны половине величины нагрузки на главную опору рас-

четного воздушного судна.

Значение N_r определяют по формуле

$$N_r = \sum_{i=1}^{n_j} N_i \cdot n_a \cdot k_n, \qquad (5.16)$$

где N_i - среднесуточное число взлетов *i*-го воздушного судна, принимаемое для последнего года проектного срока службы покрытия, равного 10 годам для капитальных покрытий;

n_j - число типов воздушных судов, включая расчетное;

n_a - число осей в расчетной опоре; в расчете прочности по предельному относительному прогибу принимают $n_a = 1$;

k_n - коэффициент приведения нагрузок, определяемый по рисунку 5.9 в зависимости от отношений

$$\frac{D_{ei}}{D_{ed}} \text{ и } \frac{p_{ai}}{p_a};$$

D_{ei}, D_{ed} - диаметры кругов, равновеликих площадям отпечатков эквивалентных одноколесных нагрузок, соответственно *i*-го и расчетного воздушных судов. Значения D_{ei}, D_{ed} определяют по формуле (5.15) отдельно при расчете асфальтобетонных слоев на растяжение при изгибе и при расчете прочности конструкции по предельному относительному прогибу;

p_{ai}, p_a - внутреннее давление воздуха в пневматиках колес соответственно i-го и расчетного воздушных судов.

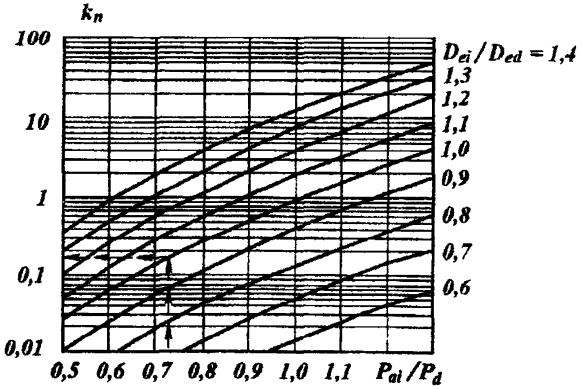


Рисунок 5.9. Номограмма для определения коэффициентов приведения нагрузки к расчетной k_n для нежестких покрытий

Расчет усиления существующих покрытий при реконструкции аэродромов

5.19 При расчете жесткого слоя усиления жестких аэродромных покрытий должно выполняться условие

$$m_{d,sup} \le m_{u,sup} \tag{5.17}$$

где $m_{d,sup}$, $m_{u,sup}$ - соответственно расчетный и предельный изгибающие моменты в верхнем слое (слое усиления) на единицу ширины сечения.

5.20 Расчетные изгибающие моменты $m_{d,sup}$ в слое усиления определяют по формулам:

при усилении сборных предварительно напряженных и монолитных бетонных и армобетонных покрытий предварительно напряженными железобетонными плитами

$$m_{d,sup} = \frac{k_x \cdot k_1 \cdot m_{c,max}}{1 + \frac{B_{inf}}{B_{sup}}} \tag{5.18}$$

при усилении существующего железобетонного покрытия слоем из монолитного железобетона

$$m_{d,sup} = \frac{k_x \cdot k \cdot m_{c,max}}{1 + \frac{B_{inf}}{B_{sup}}} \tag{5.19}$$

где $m_{c,max}$ - наибольший изгибающий момент, кН м/м, в бесконечной плите с суммарной жесткостью, определяемой по п. 5.5;

k_1 - коэффициент, определяемый по п. 5.11;

k_x - коэффициент, учитывающий перераспределение внутренних усилий в ортотропных плитах и принимаемый по рисунку 5.3;

B_{inf}, B_{sup} - жесткость соответственно нижнего (существующего) и верхнего слоев покрытия, определяемая для средней зоны плит;

k - коэффициент, определяемый по рисунку 5.2.

При усилении монолитного железобетонного покрытия слоем из монолитного бетона или армобетона существующее железобетонное покрытие следует при расчете учитывать как армобетонное.

При усилении монолитных бетонных или армобетонных покрытий слоем из

монолитного бетона или армобетона необходимо руководствоваться указаниями п. 5.11 по расчету двухслойных покрытий с несовмещенными швами.

5.21 При определении жесткости и предельного изгибающего момента бетонных и армобетонных слоев усиления покрытий расчетную толщину их t_{pd} следует принимать в зависимости от категории разрушения, устанавливаемой по таблице 2.1, и толщины существующего покрытия при категории разрушения:

I ..... $t_{pd} = t_{ex}$;

II. ..... $t_{pd} = 0{,}9\ t_{ex}$;

III ..... $t_{pd} = 0{,}8\ t_{ex}$.

Для IV категории разрушения существующих жёстких покрытий, которые рассматриваются как искусственные основания, эквивалентный коэффициент постели следует устанавливать испытаниями штампом. При отсутствии данных испытаний слой рассматривают как блочное основание с коэффициентом постели Ks = 600 МН/м^3.

5.22 Толщину слоя асфальтобетона t_{ab}, необходимого для усиления существующего жесткого покрытия, следует определять по формуле

$$t_{ab} = \sqrt[3]{\frac{E_b}{E_{ab}}} \cdot (t_{en} - t_{ed}) \geq t_{ab,mn} \qquad (5.20)$$

где t_{en} - требуемая для заданной расчетной нагрузки толщина однослойного бетонного покрытия, м;

t_{ed} - толщина бетонного покрытия, эквивалентного по несущей способности существующему покрытию, принимаемая равной для покрытий:

бетонных $t_{ed} = t_{pd}$;

армобетонных $t_{ed} = 1{,}1\ t_{pd}$;

железобетонных с ненапрягаемой арматурой при проценте армирования:

0.25 ..... $t_{ed} = 1.10\ t_{pd}$;

0.30 ..... $t_{ed} = 1.21\ t_{pd}$;

0.35 ..... $t_{ed} = 1.32\ t_{pd}$;

0.40 ..... $t_{ed} = 1.41\ t_{pd}$;

сборных и монолитных предварительно напряженных $t_{ed} = 1{,}6\ t_{pd}$;

$t_{ab,\ mn}$ - минимальная толщина слоя усиления из асфальтобетона, принимае-

мая согласно таблице 5.7;

E_b, E_{ab} - модули упругости бетона и асфальтобетона, принимаемые по таблицам 5.4 и 5.6.

Таблица 5.7

Среднемесячная температура воздуха самого холодного месяца, ^{0}C	Общая минимальная толщина слоя усиления из асфальтобетона, см, жестких покрытий участков аэродрома					
	ИВПП, магистральной РД			Остальные участки		
	при категории нормативной нагрузки					
	в/к, I, II	III, IV	V, VI	в/к, I, II	III, IV	V, VI
- выше минус 5	9	7	7	9	7	7
- от минус 5 до минус 15	12	9	7	9	7	7
Ниже минус 15 или число переходов через 0 ^{0}C свыше 50 раз в году	16	13	7	12	9	7

5.23 При определении толщины требуемого однослойного бетонного покрытия следует:

характеристики материалов, типы швов и стыковых соединений принимать как для существующего покрытия;

значение коэффициента динамичности k_d уменьшать на 15 % по сравнению с данными, приведенными в таблице 5.1, но принимать не менее 1;

коэффициент условий работы γ_c устанавливать с учетом поправочного коэффициента k_m, определяемого по рисунку 5.4.

5.24 Расчет усиления нежестких покрытий надлежит выполнять как для вновь проектируемых покрытий, учитывая конструктивные слои существующих покрытий и оснований и их состояние.

При усилении существующих нежестких покрытий жестким слоем существующее покрытие следует рассматривать как искусственное основание.

5.25 Расчет сборных покрытий под тяжелые нагрузки производят в соответствии с приложением Е.

5.26 Расчет усиления сборных покрытий монолитным армобетоном производят в соответствии с приложением Ж.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Теплотехнические расчеты оснований на вечномерзлых грунтах

А.1 Теплотехническим расчетом должна определяться требуемая толщина термоизоляционного слоя искусственного основания покрытий, при которой естественное основание сохраняется в постоянно мерзлом состоянии или подвергается сезонному оттаиванию до установленной глубины.

А.2 Исходными данными для теплотехнического расчета являются:

принятая конструкция покрытия и искусственного основания;

допускаемая глубина сезонного оттаивания естественного основания, м;

теплофизические характеристики материалов покрытия и искусственного основания, определяемые по таблице А.1, а грунтов - по таблице А.2;

средняя за период оттаивания температура поверхности покрытия, вычисляемая как среднеарифметическое из среднемесячных температур поверхности покрытия за теплый период года, определяемых согласно п. А.3;

продолжительность периода оттаивания, определяемая согласно п. А.5;

температура вечномерзлого грунта, °С, на уровне годовых нулевых амплитуд (за которую принимают среднегодовую температуру грунта на глубине 10 м), определяемая по данным инженерно-геологических изысканий.

А.3 Среднемесячная температура поверхности покрытия t_{mp}, °С, вычисляется по формуле

$$t_{ma} = t_{ma} + \Delta t_{ma} + \frac{\Phi_m - Q}{\alpha_q}, \qquad (А.1)$$

t_{ma} - среднемесячная температура воздуха, °С, определяемая по СНиП 23-01-99;

Δt_{ma} - поправка к среднемесячной температуре воздуха t_{ma}, °С, принимаемая по таблице А.3;

Φ_m - среднемесячный радиационный баланс покрытия, Вт/м^2:

Φ_m=0,61 Φ_{sd} - 20 — для асфальтобетонного, гравийного и щебеночного покрытий;

Таблица А.1

Материал покрытия и искусственного основания	Плотность сухого материала ρ_d, кг/м^3	Суммарная влажность W, доли единицы	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)		Объемная теплоемкость, кДж/(м^3·°С)	
			λ_t	λ_f	C_t	C_f
Цементобетон	2300	0,03	1,85	1,90	2010	1675
Асфальтобетон	2200	0,03	1,30	1,40	3685	3390
Пескоцемент	2000	0,05	1,65	1,80	2010	1840
Грунтоцемент	2000	0,05	1,40	1,50	1925	1780
Шлакобетон	1600	0,05	0,65	0,80	1800	1675
	1300	0,05	0,45	0,60	1465	1360
	1000	0,05	0,35	0,40	1130	1045
	900	0,05	0,30	0,35	1005	920
Керамзитобетон	1600	0,05	0,60	0,70	2345	2180
	1400	0,05	0,45	0,60	2050	1905
	1200	0,05	0,35	0,40	1760	1635
Пенобетон	1200	0,05	0,35	0,45	1510	1405
	1000	0,05	0,30	0,40	1255	1170
	500	0,10	0,20	0,25	630	565
Песок, супесь и суглинок, укрепленные золой уноса	1900	0,05	1,15	1,40	1925	1780
битумом или битумной эмульсией	1800	0,05	0,95	1,15	1840	1675
Галька (щебень) с песком	1800	0,10	1,85	2,20	2260	1885
То же, с глиной	1.800	0,10	2,00	2,35	2345	1970
Гравий, щебень гранитный	1800	0,10	2,00	2,35	1840	1675
Щебень осадочных пород	1600	0,10	1,40	2,05	1760	1590
Шлак	800	0,10	0,30	0,35	1090	985
Мохоторф под насыпью	-	3,55	0,50	0,80	-	-

Примечание - См. примеч. 1 и 3 к таблице А.2.

$\Phi_m = 0{,}61\ \Phi_{sd} - 40$ — для бетонного и железобетонного покрытий;

$\Phi_{sd} = \Phi_s + \Delta\Phi$ — расчетная суммарная солнечная радиация, Вт/м^2;

Φ_s — суммарная солнечная радиация, Вт/м^2, устанавливаемая по данным гидрометеорологической службы, а при их отсутствии — по рисунку А.1;

$\Delta\Phi$ — поправка к суммарной солнечной радиации Φ_s, Вт/м^2, определяемая по таблице А.4;

$Q = 0{,}49 \cdot \Phi_{sd} - 60$ — тепловой поток, учитывающий теплосодержание аэродромной одежды и подстилающих грунтов, а также процессы испарения и фазовые переходы, Вт/м^2;

Таблица А.2

Плотность сухого грунта ρ_d, кг/м^3	Суммарная влажность W, доли единицы	Коэффициент теплопроводности, Вт/ (м·°С) , для								Объемная теплоемкость, кДж/(м^3·°С)	
		песка		супеси		суглинка, глины		торфа			
		λ_t	λ_f	λ_t	λ_f	λ_t	λ_f	λ_t	λ_f	C_t	C_f
100	9	-	-	-	-	-	-	0,80	1,35	3975	2305
100	6	-	-	-	-	-	-	0,40	0,70	2720	1675
100	4	-	-	-	-	-	-	0,25	0,40	1885	1255
100	2	-	-	-	-	-	-	0,10	0,25	1045	835
200	4	-	-	-	-	-	-	0,80	1,35	3770	2385
200	2	-	-	-	-	-	-	0,25	0,50	2095	1465
300	3	-	-	-	-	-	-	0,95	1,40	4145	2385
300	2	-	-	-	-	-	-	0,40	0,70	3140	2095
400	2	-	-	-	2,10	-	2,10	0,95	1,40	3770	2720
700	1	-	-	-	2,10	-	2,05	-	-	3580	2095
1000	0,60	-	-	-	2,05	-	1,90	-	-	3435	2175
1200	0,40	-	-	-	1,90	1,55	1,80	-	-	3100	2115
1400	0,35	-	-	1,80	1,85	1,55	1,70	-	-	3350	2345
1400	0,30	-	-	1,75	1,80	1,45	1,55	-	-	3015	2175
1400	0,25	1,90	2,15	1,55	1,70	1,35	1,50	-	-	2765	2050
1400	0,20	1,55	1,85	1,35	1,50	1,10	1,20	-	-	2470	1885
1400	0,15	1,40	1,65	1,10	1,30	0,85	1,00	-	-	2175	1760
1400	0,10	1,10	1,30	0,95	1,05	0,70	0,75	-	-	1885	1740
1400	0,05	0,75	0,80	0,65	0,70	0,45	0,50	-	-	1590	1465
1600	0,30	-	-	1,85	2,00	1,70	1,80	-	-	3495	2470
1600	0,25	2,50	2,75	1,80	1,90	1,50	1,70	-	-	3140	2345
1600	0,20	2,15	2,40	1,65	1,75	1,35	1,50	-	-	2805	2135
1600	0,15	1,80	2,05	1,45	1,55	1,10	1,20	-	-	2470	2010
1600	0,10	1,45	1,65	1,15	1,30	0,85	0,95	-	-	2155	1800
1600	0,05	1,05	1,10	0,80	0,85	0,60	0,65	-	-	1820	1675
1800	0,20	2,65	2,85	1,85	2,00	1,55	1,80	-	-	3160	2405
1800	0,15	2,25	2,60	1,70	1,80	1,40	1,55	-	-	2765	2260
1800	0,10	2,00	2,20	1,45	1,55	1,05	1,20	-	-	2405	2030
1800	0,05	1,45	1,50	1,00	1,00	0,70	0,75	-	-	2030	1885
2000	0,10	2,75	2,90	1,75	1,85	1,30	1,40	-	-	2680	2260
2000	0,05	2,10	2,15	-	-	-	-	-	-	2260	2095

Примечания 1 Значения λ_t и C_t, приведены для грунтов и материалов в талом состоянии, λ_f и C_f - в мерзлом состоянии.

2 Значения теплофизических характеристик крупнообломочных грунтов допускается определять по настоящей таблице как для песков.

3 Для перевода в ккал/(м·ч·°С) коэффициенты теплопроводности, приведенные в табл. 1 и 2, следует делить на 1,16, а для перевода в ккал/(м^3·°С) значения объемной теплоемкости делить на 4,19.

Таблица А.3

Категория нормативной нагрузки	Обеспеченность	Поправка к температуре воздуха $Af_{w/a}$, °С, по месяцам											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	X)	XII
В/к, I	0,95	7,6	7,8	6,4	5,0	3,8	3,4	3,2	2,8	3,6	5,4	7,4	7,4.
II, III	0,90	6,2	6,4	5,2	4,1	3,1	2,8	2,6	2,3	2,9	4,4	6,1	6,1
IV	0,80	4,9	5,1	4,2	3,2	2,5	2,2	2,1	1,8	2,3	3,5	4,8	4,8
V, VI	0,683	3,8	3,9	3,2	2,5	1,9	1,7	1,6	1,4	1,8	2,7	3,7	3,7

Таблица А.4

Категория нормативной нагрузки	Обеспеченность	Поправка к значению среднемесячной солнечной радиации ДФ, Вт/м^2, по месяцам						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
В/к, I	0,95	42	44	48	46	35	25	16
И, III	0,90	33	36	39	37	29	21	13
IV	0,80	27	29	29	30	23	17	9
V, VI	0,683	21	22	25	23	18	13	8

α_q — коэффициент теплообмена, Вт/(м^2·°С), принимаемый равным:

$\alpha_q = 2{,}4 \cdot v_a + 2{,}3$ при $v_a \le 4{,}6$ м/с;

$\alpha_q = 3{,}7 \cdot (v_a - 1)$ при $v_a > 4{,}6$ м/с;

v_a - средняя за месяц скорость ветра, м/с, определяемая по данным гидрометеорологической службы.

При определении годового температурного баланса среднемесячную температуру поверхности покрытий следует принимать без учета поправок Δt_{ma} и $\Delta Ф$.

А.4 Требуемую толщину термоизоляционного слоя надлежит устанавливать в следующем порядке:

назначается ориентировочная толщина термоизоляционного слоя;

определяется расчетная глубина сезонного оттаивания конструкции аэродромной одежды и основания;

расчетная глубина оттаивания сравнивается с допустимой глубиной оттаивания, в случае расхождения этих величин более чем на 5 % производится корректировка толщины термоизоляционного слоя и расчет повторяется.

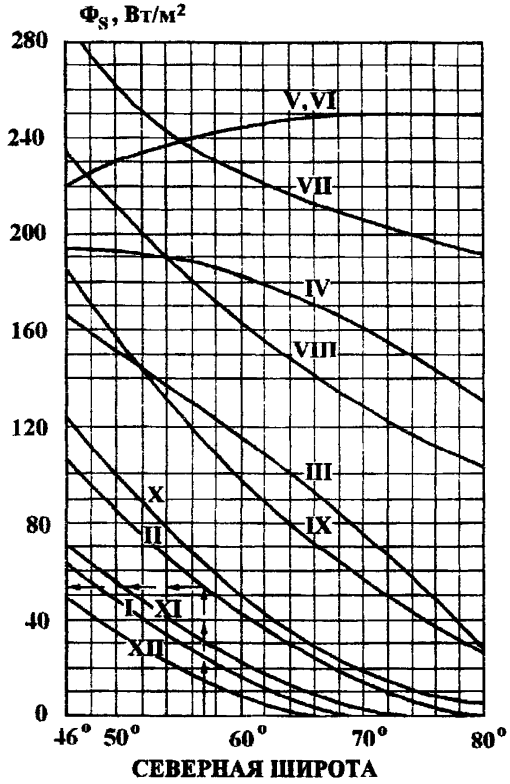


Рисунок А.1 Зависимость суммарной солнечной радиации Φ_s от северной широты (I, II,. . . .XII — месяцы года)

А.5 Расчетную глубину сезонного оттаивания d_t, м, однородного по глубине грунтового массива следует определять по формуле

$$d_t = \left(\sqrt{\frac{7{,}2 \cdot \lambda_t \cdot \theta_m}{\eta_t} + \beta^2} - \beta\right) \cdot \sqrt{\tau_t}, \qquad (A.2)$$

где θ_m - абсолютная средняя температура на поверхности покрытия за период оттаивания, °С;

η_t - количество тепла, затрачиваемое на фазовые переходы и нагрев материала слоя, кДж/м^3:

$\eta_t = 0{,}5\theta_m C_t + \rho_d (w - w_w)\, 334$;

w_w - влажность грунта за счет содержания в нем не замерзшей воды, доли единицы, определяемая согласно обязательному Приложению В;

β - величина, учитывающая поток холода снизу, $(м/ч)^{0,5}$:

$$\beta = \frac{\theta}{\eta_t}\sqrt{\frac{\lambda_f C_f}{\pi}}$$

θ - абсолютная температура на уровне нулевых годовых амплитуд, °С;

τ_t - продолжительность периода оттаивания (время действия положительных среднемесячных температур на поверхности покрытия), ч;

w, ρ_d - принимаются по данным инженерно-геологических изысканий;

λ_t, λ_f, C_t, C_f - принимаются по таблице А.2.

А.6 Расчетную глубину сезонного оттаивания d_t, м, многослойной по глубине конструкции аэродромной одежды и основания следует определять по формуле

$$d_t = \sum_{1}^{n-1} t_i + d_h \qquad (А\,3)$$

где t_i — толщина отдельных однородных слоев аэродромной одежды и основания, м;

d_h, — глубина оттаивания последнего (нижнего) слоя естественного основания, м.

А.7 Значение d_h следует определять путем последовательного (начиная с верхнего слоя) вычисления глубины оттаивания d_n каждого однородного слоя (с учетом вышележащих слоев) по формуле

$$d_n = \left(d_{t(i-1)} - t_{i-1}\right)\frac{\sqrt{\frac{7{,}2\lambda_n}{\eta_n}\theta_m\left(1-\frac{t_i}{d_{t1}}\right)\cdots\frac{1-t_{i-1}}{d_{t(i-1)}} + \beta_i^2} - \beta_i}{\sqrt{\frac{7{,}2\lambda_{t(i-1)}}{\eta_{t(i-1)}}\theta_m\left(1-\frac{t_1}{d_{t1}}\right)\cdots 1-\frac{t_{i-1}}{d_{t(i-1)}} + \beta_{i-1}^2} - \beta_{i-1}} \qquad (А.4)$$

При этом глубину оттаивания первого (верхнего) однородного слоя надлежит определять по формуле (А.2).

При проектировании аэродромов, располагаемых в районах распространения высокотемпературной вечной мерзлоты ($\theta > -3$ °С), величиной β в формулах (2) и (4) допускается пренебречь.

А.8 Расчетную глубину сезонного промерзания d_f, м, многослойной по глубине конструкции аэродромной одежды и основания следует определять по формуле

$$d_f = 1{,}9\sqrt{\frac{2\lambda_f \theta_{mp} \tau_f}{\eta_f}} + \sum_{i=1}^{n} t_i \left(1 - \sqrt{\frac{\lambda_f \eta_{fi}}{\lambda_{fi} \eta_f}}\right), \qquad (A.5)$$

где η_f - количество тепла, выделяемое при фазовых переходах и охлаждении последнего (нижнего) промерзающего слоя естественного основания, кДж/м^3:

$$\eta_f = 0{,}5\theta_{mp} C_f + \rho_d (w - w_w)\, 334;$$

η_{fi} - количество тепла, выделяемое при фазовых переходах и охлаждении i-го слоя аэродромной одежды и основания, кДж/м^3:

$$\eta_{fi} = 0{,}5\theta_{mp} C_{fi} + \rho_{di} (w_i - w_{wi})\, 334;$$

τ_f - продолжительность периода отрицательных температур на поверхности покрытия, ч:

$$\tau_f = \sum \tau_j;$$

τ_j - продолжительность j-го месяца с отрицательной среднемесячной температурой воздуха, ч;

θ_{mp} - абсолютная средняя температура на поверхности покрытия за период промерзания, °С, принимаемая равной среднемесячной температуре воздуха t_{ma}.

А.9 При применении в конструкциях оснований термоизолирующих слоев из пенопластов с закрытыми порами толщина теплоизоляции t_w, м, должна определяться по формуле

$$tw = Rw \cdot \lambda \qquad (A.6)$$

где R_w - термическое сопротивление теплоизоляции, м^2·°С/Вт, определяемое по рисунку А.2 в зависимости от критерия $A = \frac{Q_m \cdot \tau_t}{\theta \cdot \tau_a}$ и допускаемой толщины протаивания под теплоизоляцией t_t, м;

λ — коэффициент теплопроводности теплоизолирующего слоя, Вт/ (м·°С);

τ_a — продолжительность года, равная 8760 ч.

Примечание - Номограмма составлена для глубины расположения теплоизоляции d_1 <0,7 м при λ = 0,06 Вт/(м·°С).

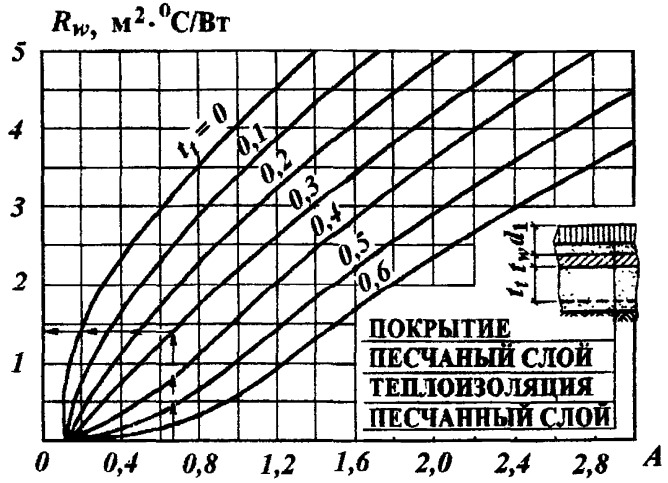


Рисунок А.2 Номограмма для определения термического сопротивления теплоизоляции

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Определение сжимающих напряжений в грунте от эксплуатационной нагрузки и собственного веса конструкции

Б.1 Сжимающие напряжения в грунте от собственного веса грунта и аэродромной одежды σ_{zq}, кПа, определяют по формуле

$$\sigma_{zq} = \Sigma t_{ci}\, \rho_{di}\, g + a_z\, \rho_{d0}\, g\,, \qquad (Б.1)$$

где t_{ci} — толщина конструктивного слоя, м;

ρ_{di} - плотность материала конструктивного слоя, т/м^3;

a_z - расстояние от низа аэродромной одежды до рассматриваемой точки грунта, м;

$g = 9{,}81$ м/с^2 - ускорение свободного падения;

ρ_{d0} - плотность грунта, т/м^3.

Б.2 Сжимающие напряжения в грунте от эксплуатационной нагрузки σ_{zp}, кПа, определяют по формуле

$$\sigma_{zp} = k_z\, p_k, \qquad (Б.2)$$

где p_k — максимальное значение контактного давления на поверхности грунтового основания, кПа.

Б.3 Максимальное значение контактного давления p_k, кПа, для жестких покрытий следует определять по формулам:

для одноколесной опоры

$$p_k = 0.12\frac{F_d k_p}{l^2} k_w \qquad (Б.3)$$

для многоколесной опоры

$$p_k = 0.0081\frac{F_d}{l^2}\sum_{i}^{n_k}\left(4 - \frac{a_i}{l}\right)^2 k_p k_w \qquad (Б.4)$$

где F_d - расчетная нагрузка на колесо, кН, определяемая в соответствии с п. 5.5;

l - упругая характеристика плиты покрытия, принимаемая равной 1,0 м при расчете жестких монолитных и 0,5 м при расчете сборных покрытий;

a_i - — расстояние от центра тяжести площади контакта всех колес опоры до центра отпечатка i-го колеса, м;

n_i - число колес в главной опоре;

k_p - коэффициент, значения которого принимают равными: 5,0 — для одноколесной опоры; 3,5 — для двухколесной опоры; 2,0 - для опоры с четырьмя и большим числом колес;

k_z - коэффициент, представляющий отношение напряжения в грунте на уровне рассматриваемой точки к максимальному контактному давлению на поверхности основания;

k_w=1.0 для монолитных покрытий;

k_w=1.45 для покрытий из плит ПАГ-14 и ПАГ-18;

k_w=1.35 для покрытий из плит ПАГ-20.

4. Максимальное значение контактного давления p_k, кПа, для нежестких покрытий следует определять по формуле

$$p_k = k_p p_k p_a, \qquad (Б.5)$$

где p_a - внутреннее давление воздуха в пневматиках колес, к Па;

k_p - см. п. Б.3;

p_k - удельное контактное давление на поверхности грунтового основания, определяемое по рисунку Б.1 в зависимости от отношений E_{mt}/E и t_{tot}/D_e;

E — модуль упругости грунтового основания, МПа;

E_{mt} - средний модуль упругости нежесткой конструкции [см. п. 5.14], МПа;

t_{tot} — общая толщина нежесткой конструкции, м;

D_e — диаметр круга, м, равновеликого площади отпечатка пневматика одноколесной эквивалентной нагрузки, [см. п. 5.17];

Б.5 Значения коэффициента k_z надлежит определять по таблице Б.1 в зависимости от отношения эквивалентного расстояния a_e от рассматриваемой точки до подошвы плиты покрытия к условному диаметру круга передачи нагрузки от плиты покрытия к искусственному основанию D_r для жестких покрытий и отношения $\frac{a_z}{D_r}$ для нежестких покрытий.

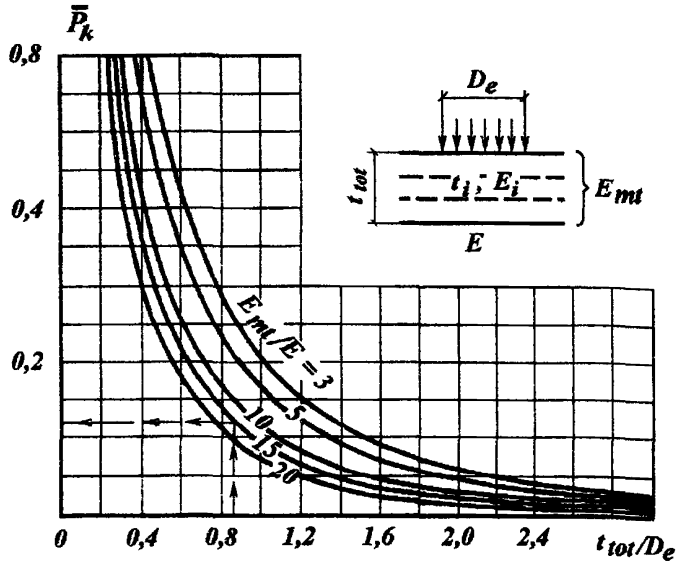


Рисунок Б.1 Номограмма для определения удельных контактных давлений p_k на поверхности фунтового основания нежестких покрытий

Таблица Б.1

$\frac{a_e}{D_r}$ $\frac{a_z}{D_r}$	k_z	$\frac{a_e}{D_r}$ $\frac{a_z}{D_r}$	k_z
0	1,000	13	0,106
0,2	0,949	2,0	0,087
0,4	0,756	2,2	0,073
0,6	0,547	2,4	0,062
0,8	0,390	2,6	0,053
1,0	0,284	3,2	0,036
1,2	0,213	3,8	0,025
1,4	0,165	4,4	0,019
1,6	0,130	5,0	0,015

Б.6 Эквивалентное расстояние a_e, м, следует определять по формуле

$$a_e = a_z + \sum t_i k_{0i}, \qquad (Б.6)$$

где a_z — см. п. Б.1;

t_i - толщина i-го конструктивного слоя искусственного основания, м;

k_{0i} - коэффициент, принимаемый по таблице Б.2.

Таблица Б.2

Материал конструктивного слоя искусственного основания жестких покрытий	Коэффициент k_{0i}
Песок	1,5
Грунтогравийные, грунтощебеночные смеси, не обработанные вяжущими	2,5
То же, обработанные органическими вяжущими; щебень, уложенный по способу расклинцовки	3,5
Пескоцемент, грунтоцемент, грунты, обработанные золой уноса	6,0

Б.7 Условный диаметр круга передачи нагрузки от плиты покрытия на искусственное основание жестких и нежестких покрытий D_r, м, надлежит определять по формуле

$$D_r = 1.13\sqrt{\frac{F_d}{p_k}}, \qquad (Б.7)$$

где F_d — расчетная нагрузка на опору воздушного судна, кН.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Расчет оснований на пучинистых грунтах

Расчет оснований аэродромных покрытий, возводимых на пучинистых грунтах, заключается в определении толщины стабильного слоя, обеспечивающего снижение деформации пучения s_f до допустимого значения s_u.

Толщину стабильного слоя надлежит определять в такой последовательности.

В.1 Ориентировочно назначается толщина искусственного основания.

В.2 С учетом толщины слоев аэродромной одежды и основания определяется высота последнего (n-го) пучащего слоя грунта H_n, м, по формуле

$$H_n = 1{,}9\sqrt{2\lambda_f \cdot \tau_f}\left(\sqrt{\frac{\theta_{mp}}{\eta_f}} - \sqrt{\frac{t_o}{\eta_{f0}}}\right) - \sum_{i=1}^{m-1} t_i \sqrt{\frac{\lambda_f \cdot \eta_{fi}}{\lambda_{fi} \cdot \eta_f}}, \qquad \text{(В.1)}$$

где λ_f, λ_{fi} — коэффициенты теплопроводности соответственно последнего (n-го) пучащего слоя грунта и i-го слоя аэродромной одежды и основания, Вт/(м·°С);

θ_{mp} - абсолютная средняя температура на поверхности покрытия за период промерзания, °С, принимаемая равной средней температуре воздуха t_{ma};

t_o - температура начала пучения грунта, °С, принимаемая по таблице В.1;

$\tau_f = \sum \tau_j$ — продолжительность периода отрицательных температур на поверхности покрытия, ч;

τ_j - продолжительность j-го месяца с отрицательной среднемесячной температурой воздуха, ч;

i - номер слоя аэродромной одежды и основания;

m - число слоев аэродромной одежды и основания;

t_i - толщина i-го слоя аэродромной одежды и основания, м;

η_f - количество тепла, выделяемое при фазовых переходах и охлаждении n-го слоя грунта, кДж/м^3:

$$\eta_f = 0{,}5 \cdot \theta_{mp} \cdot C_f + \rho_d (w - w_w)\, 334;$$

η_{fi} - количество тепла, выделяемое при фазовых переходах и охлаждении 1-го слоя аэродромной одежды и основания, кДж/м^3:

$$\eta_{fi} = 0{,}5 \cdot \theta_{mp} \cdot C_{fi} + \rho_{di} (w_i - w_{wi}) \, 334;$$

η_{fo} - количество тепла, выделяемое при фазовых переходах и охлаждении грунта, расположенного ниже изотермы начала пучения, кДж/м^3:

$$\eta_{fo} = 0{,}5 \cdot t_o \cdot C_f + \rho_d (w - w_w) \, 334;$$

C_f, C_{fi} - теплоемкость, кДж/ (м^3·°С);

ρ_d, ρ_{di} - плотность сухого грунта или материала, кг/м^3,

w, w_i - суммарная влажность, доли единицы;

w_w, w_{wi} - влажность грунта или материала за счет содержания в них незамерзшей воды, доли единицы, соответственно последнего (n-го) пучащего слоя грунта и i-го слоя аэродромной одежды и основания.

Значения ρ_{di}, λ_{fi}, C_{fi}, w_i для материалов аэродромной одежды и основания принимают по таблице В.1, значения $\lambda_{f(i)}$ и $C_{f(i)}$ для грунтов естественного основания - по таблице А.2 обязательного приложения А, значения $\rho_{d(i)}$, $w_{(i)}$, $w_{w(i)}$ - по данным инженерно-геологических изысканий.

Значение w_w допускается определять по формуле

$$w_w = k_w \cdot w_p, \qquad \text{(В.2)}$$

где κ_w — коэффициент, принимаемый по таблице В.2;.

w_p — влажность грунта на границе раскатывания, принимаемая по данным инженерно-геологических изысканий.

Таблица В.1

Грунты	Температура начала пучения t_o, минус °С
Пески:	
гравелистые и крупные	0
мелкие и пылеватые	0,2
Супеси	0,4
Суглинки:	
мягкопластичные	0,6
тугопластичные	0,8
полутвердые	1,0
Глины:	
мягкопластичные	1,1
тугопластичные	1,3
полутвердые	1,5

Таблица В.2

Грунты	Число пластичности	κ_w
Пески и супеси	$I_p \le 0,02$	0
Супеси	$0,02 < I_p \le 0,07$	0,35
Суглинки	$0,07 < I_p \le 0,13$	0,50
	$0,13 < I_p \le 0,17$	0,55
Глины	$I_p > 0,17$	0,65

3. Определяется расчетное значение деформации пучения основания s_f, м, согласно расчетной схеме (рисунок В.1) по формуле

$$s_f = H_1 \cdot m_{z1} \cdot k_{f1} + \sum_{i=2}^{n} H_i \cdot m_{zi} \cdot \left(k_{fi} - k_{f(i-1)}\right), \qquad (В.3)$$

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

m_{zi} — коэффициент, учитывающий снижение интенсивности пучения по глубине и определяемый по рисунку В.2 в зависимости от отношения H_i/H_f;

H_f — высота промороженной толщи аэродромной одежды и основания до изотермы начала пучения, м;

k_{fi} — коэффициент морозного пучения i-го слоя, принимаемый по таблице В.3.

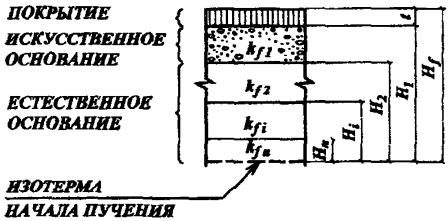


Рисунок В.1 Расчетная схема слоистого основания

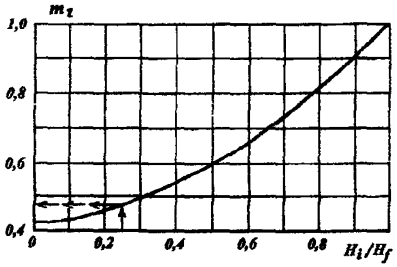


Рисунок В.2 График для определения коэффициента m_z

В.4. Если при I и II принципах использования грунтов в качестве естественных оснований глубина сезонного оттаивания d_b, определенная по формуле (А.3) обязательного приложения А, меньше H_f, то в расчетах деформации пучения H_f следует принимать равным d_b, а высоту последнего (n-го) пучащего слоя определять по формуле

$$H_n = d_t - \sum_{i=1}^{n-1} t_i, \qquad (В.4)$$

Таблица В.3

Грунты	Коэффициент морозного пучения k_f при типе гидрогеологических условий		
Пески:			
гравелистые	0	0	0,01
крупные	0	0,01	0,02
средней крупности	0	0,01	0,03
мелкие с содержанием частиц размером менее 0,05 мм, %:			
до 2	0	0,01	0,03
св. 2 до 15	0,01	0,02	0,04
пылеватые	0,02	0,05	0,10
Супеси:			
с содержанием песчаных частиц размером от 0,25 до 0,05 мм, %:			
20 и менее	0,01	0,03	0,10
св. 20	0,03	0,05	0,12
пылеватые	0,04	0,08	0,20
Суглинки:			
с содержанием глинистых частиц, %:			
от 1 0 до 20	0,02	0,04	0,12
св. 20 „ 30	0,03	0,05	0,14
пылеватые	0,04	0,06	0,20
Глина	0,03	0,05	0,10

Примечания 1 Значения расчетного коэффициента пучения для крупнообломочных грунтов принимают в зависимости от вида заполнителя (песок, супесь и т. д.), вводя понижающий коэффициент, равный: 0,5 — при содержании заполнителя от 10 до 30 % массы грунта; 0,7 — при содержании заполнителя от 30 до 50 % массы грунта.

2 Наличие в грунтах минералов группы каолинита, новообразований в виде орштейна, а также прослоек оглеенных и глинистых грунтов в песках повышает коэффициент пучения на 0,01 для гидрогеологических условий 1-го и 2-го типов и на 0,02 - для гидрогеологических условий 3-го типа. Наличие в грунтах новообразований в виде карбонатов, белоглазки, лжемицелия, а также доуплотнение грунтов естественного основания до плотности, близкой к максимальной при стандартном уплотнении, снижают коэффициент пучения на 0,01 для гидрогеологических условий 1-го и 2-го типов и на 0,02 - для гидрогеологических условий 3-го типа.

В.5 Расчетная величина пучения сравнивается с допускаемым значением деформации пучения; в случае невыполнения условия (3.5), установленного в п. 3.31, или если величина пучения меньше допускаемой более чем на 5 %, производится корректировка толщины искусственного основания и расчет повторяется.

Примечание - Толщина покрытия должна определяться расчетом на прочность.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(рекомендуемое)

Определение эквивалентного коэффициента постели

Положения настоящего приложения относятся к расчету слоев естественных оснований, а также искусственных оснований из материалов, для которых не нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе.

Г.1 Для слоистых оснований жестких покрытий в пределах сжимаемой толщи H_c эквивалентный коэффициент постели K_{se}, МН/м^3, определяется по формуле

$$K_{se} = \frac{K_{se} + K_{se} \cdot \alpha_2 + K_{se} \cdot \alpha_3}{1 + \alpha_2 + \alpha_3}, \qquad (Г.1)$$

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

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

K_{s1} K_{s2} K_{s3} – расчетные значения коэффициентов постели, МН/м^3, соответственно первого (считая сверху), второго и третьего слоев естественного и искусственного основания из однородных грунтов и материалов в различном состоянии, включая дренирующие и теплозащитные слои, принимаемые согласно таблицам 3.3, 4.4);

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

D_r – условный диаметр круга передачи нагрузки на основание, м, принимаемый равным для монолитных покрытий, рассчитываемых на внеклассную и I категории нагрузок – 3.60 м, на II – 3.20, на III – 2.90, на IV – 2.40, на V и VI – 2.20 м, для однослойных сборных покрытий из плит ПАГ-14 – 1.40, из плит ПАГ-18 – 1.75 м.

Для оснований, состоящих из двух слоев, значение t_1 и α_2 следует принимать равным нулю.

Г.2 Если в основании более трех слоев, конструкцию следует привести к расчетной трехслойной путем объединения наиболее тонких слоев со смежными

и при расчете эквивалентного коэффициента постели использовать показатели (толщину t_{red} и приведенное значение коэффициента постели K_{sr}) объединенного слоя, определяемые по формулам:

$$t_{red} = \sum_{i=1}^{n} t_i \qquad (Г.2)$$

$$K_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_{si} t_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i} \qquad (Г.3)$$

где t_i, K_{si} – соответственно толщина, м, и коэффициент постели, МН/м^3, каждого из объединяемых слоев (см. табл. 4.4).

Г.3 При использовании в основании (в пределах сжимаемой толщи) неуплотненного слоя грунта с коэффициентом пористости e >0,8коэффициент постели принимается по таблице 3.3 (с учетом примечания 3).

Г.4 Расчетные характеристики грунтового основания в районах распространения вечномерзлых грунтов надлежит устанавливать по таблице 3.3 и уточнять по результатам полевых испытаний.

Эквивалентный коэффициент постели K_{se} оснований, подстилаемых жесткими, несжимаемыми массивами (вечномерзлыми и скальными грунтами), определяется по формуле

$$K_{se} = K_{sr} \cdot k_h$$

где K_{sr} – приведенный коэффициент постели слоев искусственного и естественного оснований над жестким массивом, МН/м^3, полученный по формуле (Г.3);

k_h – коэффициент влияния жесткого массива, принимаемый по рисунку Г.1 в зависимости от относительной глубины его расположения $\frac{d_b}{D_r}$ от низа покрытия и коэффициента постели K_{sr};

d_b – глубина расположения горизонта жесткого массива грунта, м.

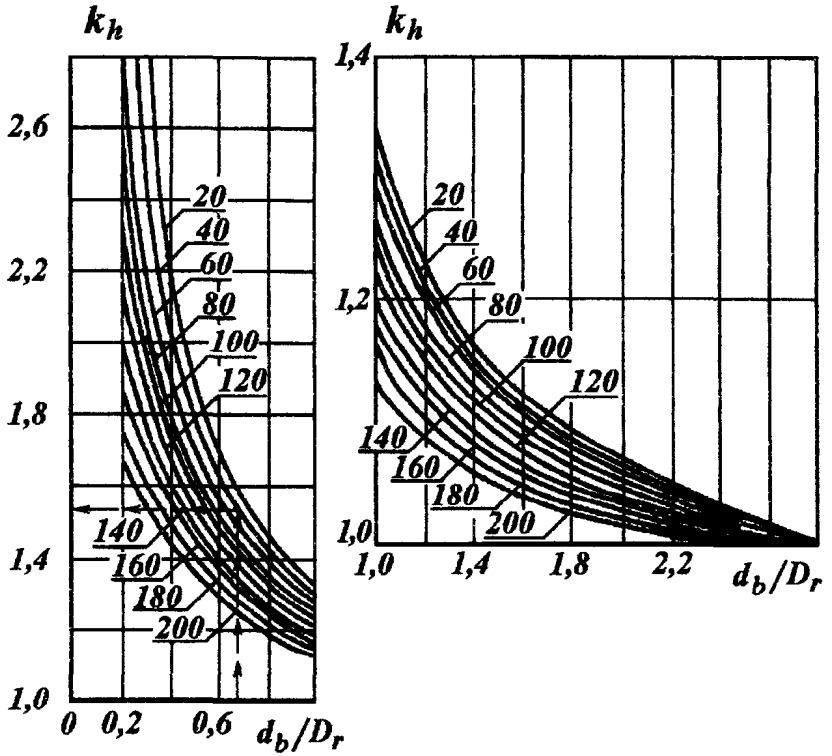


Рисунок Г.1 График для определения коэффициента k_h жесткого массива. Цифрами на кривых указан коэффициент постели слоя основания K_s, МН/м^3, лежащего на жестком массиве.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(рекомендуемое)

Расчет искусственных оснований под жесткие покрытия из материалов, обработанных вяжущим

Положения настоящего приложения относятся к слоям из обработанных вяжущими материалов, для которых нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе (таблицы 4.1, 4.2, 5.6)

Д.1 При проектировании бетонных и армобетонных покрытий на основании из материалов, обработанных вяжущими, расчетные значения изгибающих моментов, кН·м/м, в покрытии определяют по формулам:

для однослойных покрытий

$$m_d = \frac{B}{B + B_f} \cdot m_{c\,max} \cdot k \cdot \varrho; \qquad (Д.1)$$

для верхнего слоя двухслойных покрытий с совмещенными швами

$$m_{sup} = \frac{B_{sup}}{B_{tot}} \cdot m_{c,max} \cdot k' \cdot \varrho; \qquad (Д.2)$$

для нижнего слоя двухслойных покрытий с совмещенными швами

$$m_{inf} = \frac{B_{inf}}{B_{tot}} \cdot m_{c,max} \cdot k' \cdot \varrho; \qquad (Д.3)$$

для верхнего слоя двухслойных покрытий с несовмещенными швами

$$m_{sup} = \frac{B_{sup}}{B_{tot}} \cdot m_{c,max} \cdot k_1 \cdot \varrho; \qquad (Д.4)$$

для нижнего слоя двухслойных покрытий с несовмещенными швами

$$m_{inf} = \frac{B_{inf}}{B_{tot}} \cdot m_{c,max}; \qquad (Д.5)$$

В формулах (Д.1) - (Д.5):

B — жесткость плиты однослойного покрытия, кН·м^2/м, отнесенная к единице ширины ее сечения;

B_{sup}, B_{inf} - жесткость плиты соответственно верхнего и нижнего слоев двухслойного покрытия, кН·м^2/м, отнесенная к единице ширины ее сечения;

B_f - жесткость обработанного вяжущими слоя основания, кН·м^2/м;

$$B_{tot} = B_{sup} + B_{inf} + B_f, \text{ кН·м}^2\text{/м};$$

$m_{c,\,max}$ - изгибающий момент при центральном загружении, кН·м/м, вычисляемый как для однослойной плиты жесткостью B + B_f. При расчете двухслойного покрытия изгибающий момент $m_{c,\,max}$ определяют как для однослойной плиты жесткостью B_{tot};

$\rho = 1 - 0{,}167\,\theta_o$;

θ_o - величина, определяемая по рисунку Д.1 в зависимости от значения:

$\gamma_b = \dfrac{B}{B_f}$ - для формулы (Д.1);

$\gamma_b = \dfrac{B_{inf} + B_{sup}}{B_f}$ - для формул (Д.2) и (Д.3);

$\gamma_b = \dfrac{B_{inf}}{B_f}$ - для формулы (Д.4);

k — переходный коэффициент, определяемый согласно п. 5.5;

k', k_1 — коэффициенты, определяемые согласно п. 5.11.

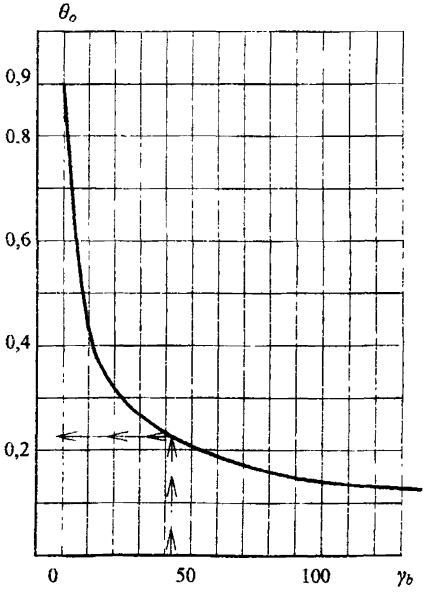


Рисунок Д.1. График для определения θ_o

Для двухслойных покрытий с несовмещенными швами должно дополнительно удовлетворяться условие $\rho \cdot k_f \geq 1$. Если это условие не удовлетворено, принимают $\rho \cdot k_f = 1$.

Д.2 Необходимую толщину искусственного основания t_f, м, из материалов, укрепленных вяжущими, для однослойных железобетонных монолитных и сборных покрытий следует определять по формуле

$$t_f = \frac{D_r}{\frac{D_r}{t_f}}, \qquad (Д.6)$$

где $\frac{D_r}{t_f}$ - *отношение, определяемое по рисунку Д.2 в зависимости от значений* $\frac{E_c}{1.8 \cdot l_d \cdot K_{sd}}$ и $\frac{E_c}{1.8 \cdot l \cdot K_s}$;

K_{sd}, l_d - значения соответственно требуемого коэффициента постели, мН/м^3, и упругой характеристики плиты, м, при которых соблюдается условие прочности покрытия [см. формулу 5.1 п. 5.4];

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

D_r — условный диаметр круга передачи нагрузки от плиты покрытия к искусственному основанию, м:

$$D_r = \frac{2{,}5 \cdot l_d \cdot k_\alpha}{\sqrt{k_w}};$$

E_c — модуль упругости материала основания, МПа, принимаемый согласно табл. 4.2-4.4;

k_w — коэффициент, принимаемый равным:

$\frac{B_y}{B_x}$	1.0	0,8	0,6	0,4	0,2
k_w	1.0	1,05	1,15	1,27	1,45

k_α — коэффициент, принимаемый в зависимости от отношения радиуса Re круга, равновеликого площади отпечатка колеса опоры воздушного судна, к упругой характеристике плиты l_d:

$\frac{R_e}{l_d}$	k_α	$\frac{R_e}{l_d}$	k_α
0.1	1.042	0.6	1.300
0.2	1.095	0.7	1.363
0.3	1.140	0.8	1.430
0.4	1.190	0.9	1.500
0.5	1.240	1.0	1.580

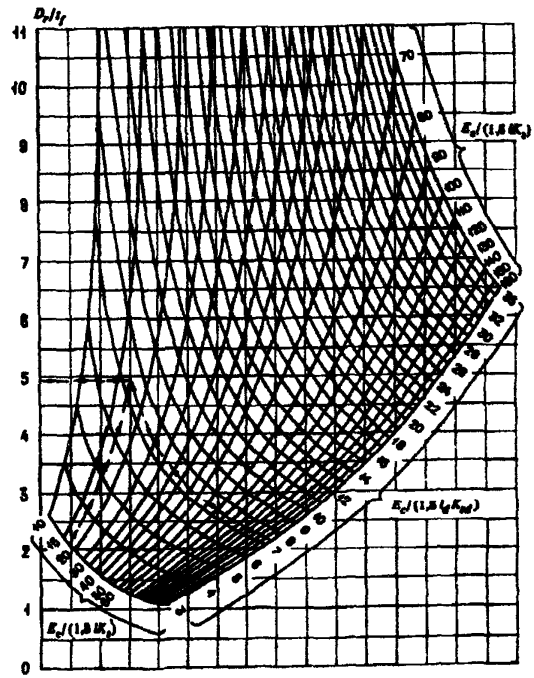


Рисунок Д.2. Номограмма для определения соотношения $\frac{D_r}{t_f}$

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

Расчет сборных покрытий из типовых плит ПАГ под тяжелые нагрузки

Е.1 Общие положения.

Е.1.1 Положения настоящего приложения распространяются на проектирование под тяжелые нагрузки сборных покрытий из типовых плит 1ПАГ-18 и ПАГ-20ТМ.

Е.2. Под тяжелыми понимаются нагрузки, превышающие 10 т на одно колесо многоколесной опоры с числом колес четыре и более.

Е.3. Величина нагрузки на одно колесо многоколесной опоры для участков покрытий группы "А" не должна, как правило, превышать: 100 кН - для плит 1ПАГ-14, 140 кН - для плит 1ПАГ-18 и 200 кН - для плит ПАГ-20ТМ. При большей величине нормативной нагрузки применение сборных покрытий из указанных конструкций плит допускается только для экспериментальных объектов.

Е.2 Проектирование сборных покрытий из типовых плит 1ПАГ-18 и ПАГ-20ТМ.

Е.2.1. При проектировании сборных покрытий под тяжелые нагрузки рекомендуется рассматривать возможность использования на одном аэродроме плит ПАГ-20ТМ и 1ПАГ-18, например, на участках групп А и Б - плит ПАГ-20ТМ,на участках групп В и Г - плит 1ПАГ-18.

Е.2.2. Сборные покрытия надлежит рассчитывать по методу предельных состояний на воздействие вертикальных самолетных нагрузок. Расчетным предельным состоянием является предельное состояние по образованию трещин в сечениях с напрягаемой арматурой.

Е.2.3. При расчете должно удовлетворяться условие:

$$Мр \leq Мпр, \qquad (Е.1)$$

где Мр - расчетный изгибающий момент в сечении плиту покрытия от расчетной нагрузки;

Мпр- предельный изгибающий момент в расчетном сечении плиты по-

крытия.

Е.2.4. За расчетный принимается наибольший из изгибающих моментов, определенных для нагрузок, приложение как в центральной зоне плиты (положительный расчетный изгибающий момент), так и у поперечного края (отрицательный расчетный изгибающий момент).

Е.2.5. Положительный расчетный изгибающий момент от нагрузки, приложенной в центральной зоне плиты определяется по формуле:

$$M^{-}_{р} = M^{ц}_{мах} \cdot K_{х}, \qquad (Е.2)$$

где $M^{ц}_{мах}$ - максимальный изгибающий момент в изотропной бесконечной плите, который вычисляется как наибольший суммарный момент, создаваемый нагрузкой в расчетном сечении плиты (в направлении оси х или у); при этом должны исключаться ряды колес, дающие в сумме отрицательное значение изгибающего момента в расчетном сечении;

$K_{х}$ - коэффициент, учитывающий перераспределение усилий в ортотропных плитах, имеющих различную жесткость в продольном и поперечном направлениях. Значения коэффициента $K_{х}$ равны: 1.38 -для плит 1ПАГ-14 и 1ПАГ-18 и 1.29 - для плит ПАГ-20ТМ (рис. 5.3).

Е.2.6. Отрицательный расчетный изгибающий момент от нагрузки, приложенной к поперечному краю плиты, определяется по формуле:

$$M^{-}_{р} = M^{ц}_{мах} \cdot K^{M}_{Z} \cdot K_{ст}, \qquad (Е.3.)$$

где K^{M}_{Z} - коэффициент, учитывающий увеличение изгибающих моментов за счет возможного наличия начальных зазоров между плитой и основанием, принимаемый.

- по графику, приведенному на рисунке Е.1, в случаях применения технологии монтажа покрытия, не предусматривающей специальных мер, обеспечивающих плотный контакт подошвы плит с основанием по всей ее площади;

- 1.0 - в случаях применения технологии монтажа покрытия, обеспечивающей плотный контакт плит с основанием по всей площади (вибропосадка, инъецирование раствора и т.д.);

$K_{ст}$ - коэффициент, учитывающий влияние стыковых соединений в поперечных швах сборных покрытий, принимаемый по рисунке Е.2. При пользовании графиками рисунке Е.2 следует принимать расчетную (с учетом коэффици-

ентов динамичности и перегрузки) нагрузку, равную сумме нагрузок от колес, расположенных на одной оси опоры в пределах ширины плиты.

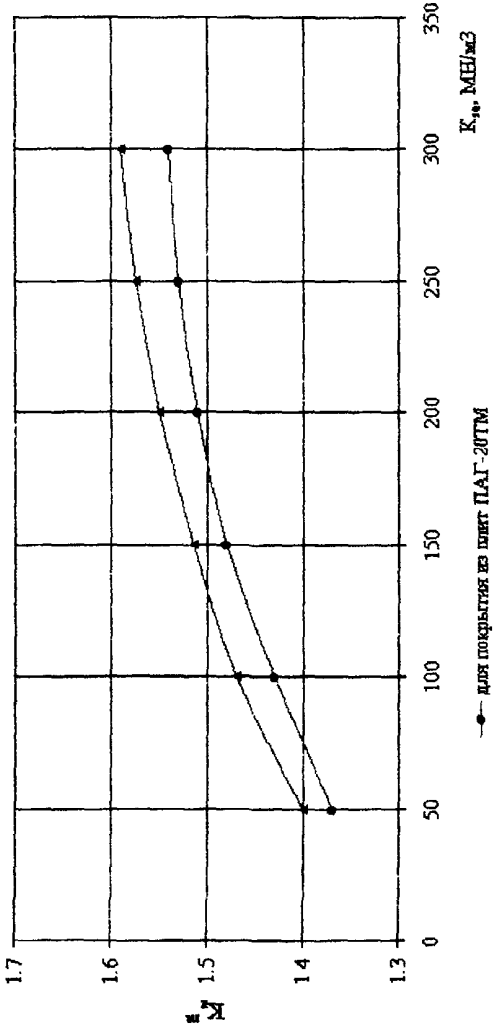


Рисунок Е.1 График для определения коэффициента K_s^m, учитывающего наличие начальных зазоров между плитой и основанием.

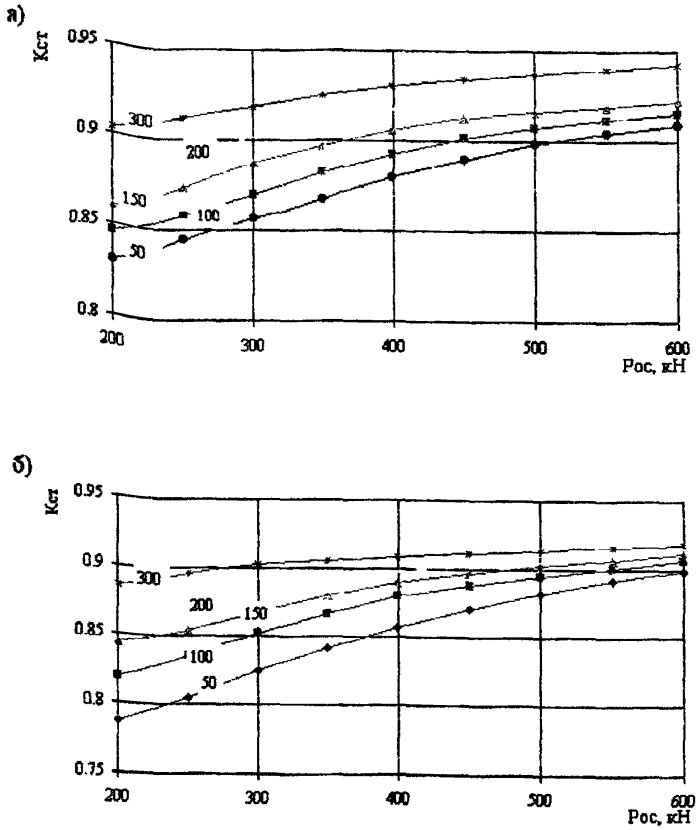


Рисунок Е.2. Графики для определения коэффициента Кст, учитывающего стыковые соединения в швах между плитами: а) 1ПАГ-18, б) – ПАГ-20ТМ. Цифры на графиках – эквивалентный коэффициент постели упругого основания, МН/м3.

Е.2.7. При расчете сборных покрытий под тяжелые нагрузки величину предельного момента следует принимать по таблице Е.1.

Таблица Е.1

Марка плиты	Группа участков покрытия	Предельные изгибающие моменты в центральной зоне плиты при расчете на прочность, кНм/м					
		В продольном направлении M_{ux}, при расчетном числе нагружений					В поперечном направлении M_{uy}
		100	1000	10000	100000	1000000	
ПАГ-14	А	30.20	27.80	25.30	22.90	20 50	6 63
		32.80	30.00	27.40	24.80	22.10	7 15
	Б	32.80	30.10	27.50	24 90	22 20	7.30
		35.50	32.60	29.60	26.90	23.90	7.86
	В	32.80	30.10	27.50	24.90	22.20	7.30
		35.50	32.60	29.60	26.90	23.90	7.86
	Г	35.30	32 40	29.50	26.80	23 90	8 62
		38.20	35.00	32 00	28 90	25 80	9.30
ПАГ-18	А	50.60	46.50	42.50	38 60	34 60	9 07
		54.80	50.30	45.80	41.60	37.20	9 75
	Б	54.80	50.40	46 00	41.90	37.50	9 96
		59 40	54.50	49 60	45.00	40.30	10.70
	В	54.80	50 40	46 00	41.90	37.50	9 96
		59.40	54.50	49.60	45.00	40.30	10 70
	Г	59.00	54.20	49.50	45 10	40.40	11.85
		63.90	58.70	53.40	48.50	43 30	12 70
ПАГ-20	А	62.00	57.00	52.00	47 30	42.30	17 21
		67.20	61.70	56.10	50.90	45.40	18.47
	Б	67.20	61.70	56.30	51.20	45.80	18.90
		72.80	66.80	60.80	55.10	49.20	20 30
	В	67.20	61.70	56 30	51 20	45 80	18 90
		72.80	66.80	60.80	55 10	49.20	20.30
	Г	72.30	66.50	60.60	55.10	49 30	22.32
		78.40	72.00	65.40	59.40	53.00	24.00

Таблица 4 (продолжение)

Марка плиты	Группа участков покрытия	Предельные изгибающие моменты в краевой зоне плиты при расчете на прочность, кНм/м					
		В продольном направлении M_{ux}, при расчетном числе нагружений					В поперечном направлении M_{uy}
		100	1000	10000	100000	1000000	
ПАГ-14	А	37.42	34.71	31.62	28.85	25.92	22.36
		40 64	37.46	34.24	31.24	27.94	24 10
	Б	41.07	37.75	34.69	31.51	28.31	24.62
		44.45	40.89	37.34	34.04	30.48	26.50
	В	41 07	37.75	34 69	31.51	28.31	24.62
		44.45	40.89	37.34	34.04	30 48	26.50
	Г	44.48	41.03	37.35	34.15	30.59	28.99
		48.13	44.32	40.51	36.83	33.02	31 30

Марка плиты	Группа участков покрытия	Предельные изгибающие моменты в краевой зоне плиты при расчете на прочность, кНм/м					
		В продольном направлении M_{ux}, при расчетном числе нагружений					В поперечном направлении M_{uy}
		100	1000	10000	100000	1000000	
ПАГ-18	А	63 47	58.57	53.92	49.17	44.17	37 95
		68 74	63 36	58.11	52.99	47.49	40.80
	Б	70.38	63.92	58.76	53.75	48.24	41.78
		76.29	69 12	63.36	57.73	51.84	44 90
	В	70 38	63 92	58 76	53.75	48 24	41.78
		76.29	69.12	63 36	57 73	51 84	44.90
	Г	75.05	69.14	63.60	58.20	52 43	49 45
		81.28	74.88	68.61	62.59	56.19	53.00
ПАГ-20	А	82.11	75.38	68.79	62.68	55.95	40.30
		89.00	81.60	74.21	67.45	60.05	43 25
	Б	89.69	82 21	74.97	68.36	59.96	44 31
		97.16	89.00	80.96	73.57	64.41	47.60
	В	89.69	82.21	74.97	68.36	59.96	44.31
		97.16	89.00	80 96	73.57	64.41	47.60
	Г	97.66	92.56	81.28	73.92	65.94	52.28
		105.90	100.22	87.72	79 69	70 89	56.20

Примечание - В числителе приведена предельные моменты для плит, изготовленных из бетона класса по прочности при изгибе B_{tb} 3.6, в знаменателе – класса B_{tb}4.0.

Е.3 Расчет слоев усиления покрытий из плит ПАГ плитами ПАГ.

Е.3.1. Настоящее распространяется на проектирование слоев усиления из плит ПАГ-14, ПАГ-18 и ПАГ-20ТМ, устраиваемых по существующему покрытию из плит типа ПАГ.

Е.3.2. Слои усиления из плит типа ПАГ следует проектировать, как правило, с несовмещением их продольных и поперечных швов относительно швов существующего усиливаемого покрытия. Величина смещения швов должна быть не менее : 30 см - при усилении плитами ПАГ-14 и 40 см-- при усилении плитами ПАГ-18 и ПАГ-20 ТМ. Допускается, как исключение совмещать швы при усилении покрытий на местах стоянки воздушных судов, соединительных и вспомогательных рулежных дорожках и других участках покрытий, не испытывающих интенсивного воздействия эксплуатационных нагрузок.

Е.3.3. Между существующим покрытием и сборными плитами слоя усиления следует, независимо от ровности существующего покрытия, предусматри-

вать устройство выравнивающего слоя из пескоцемента толщиной не менее 3 см и не более 10 см, приготовленного в бетоносмесительной установке.

Расход цемента независимо от его марки следует принимать не менее 250 кг на $1м^3$ пескоцементной смеси.

При толщине выравнивающего слоя более 10 см его следует устраивать из песчаного бетона.

Е.3.4. Сборные слои усиления следует рассчитывать по методу предельных состояний на воздействие вертикальных нагрузок; от воздушных судов. Расчетными предельными состояниями являются:

- по образованию трещин - для сечений с напрягаемой арматурой;

- по прочности - для сечений с ненапрягаемой арматурой.

Е.3.5. При расчетах; слоев усиления как с совмещенными, так и с несовмещенными швами, должны удовлетворяться следующие условия:

$$M_{dx} = M_{ux}, \quad (Е.4)$$

$$M_{dy} = M_{uy}, \quad (Е.5)$$

где M_{dx} и M_{dy} - расчетные положительные изгибающие моменты соответственно в продольном и поперечном направлениях;

M_{ux} и M_{uy}, - предельные изгибающие моменты соответственно в продольном и поперечном направлениях.

Е.3.6. При расчете слоев усиления с совмещенными швами помимо условий (Е.4) и (Е.5) должно соблюдаться условие:

$$M\text{-}dx = M\text{-}ux, \quad (Е.6)$$

где M^{-}_{dx} и M^{-}_{ux} - соответственно расчетный и предельный отрицательные изгибающие моменты в продольном направлении плиты.

Е.3.7. Для определения расчетных положительных изгибающих моментов следует рассматривать три расчетных случая загружения плиты:

I - центральная зона;

II - участок плиты у продольного края;

III - участок плиты у поперечного края.

При расчете слоя усиления с совмещенными швами следует дополнительно рассматривать случай загружения у поперечного края для определения расчетного отрицательного изгибающего момента. Пример загружения плиты слоя

усиления для шестиколесной опоры воздушного судна приведен на рисунке Е.3.

Е.3.8. Расчетные значения положительных изгибающих моментов в слое усиления следует определять по формулам:

- для несовмещенных швов:

$$M_{dx} = F_d \frac{B_{sup}}{B_{tot}} \left[K_{1x} \cdot f(\alpha) + \sum_{i=2}^{n} \overline{M}_{ix} \cdot (K_{ix,x} + K_{ix,y} + K_{ix,xy}) \right], \quad (E.7)$$

$$M_{dy} = F_d \frac{B_{sup}}{B_{tot}} \left[K_{1y} \cdot f(\alpha) + \sum_{i=2}^{n} \overline{M}_{iy} \cdot (K_{iy,y} + K_{iy,x} + K_{iy,xy}) \right], \quad (E.8)$$

- для совмещенных швов:

$$M_{dx} = F_d \frac{B_{sup}}{B_{tot}} \left(K_{1x} \cdot f(\alpha) + \sum_{i=2}^{n} \overline{M}_{ix} \right), \quad (E.9)$$

$$M_{dy} = F_d \frac{B_{sup}}{B_{tot}} \left(K_{1y} \cdot f(\alpha) + \sum_{i=2}^{n} \overline{M}_{iy} \right), \quad (E.10)$$

где: K_{1x} и K_{1y} - коэффициенты, учитывающие влияние граничных условий, распределения и концентрации внутренних усилий на значения расчетных изгибающих моментов, возникающих в сечении плиты слоя усиления действия колеса, центр отпечатка которого совпадает с центром расчетного сечения. Значения коэффициентов K_{1x} и K_{1y} принимают по таблице Е.2.

$K_{ix,x}$, $K_{ix,y}$, $K_{ix,xy}$, $K_{iy,y}$, $K_{iy,x}$, $K_{iy,xy}$ – коэффициенты, учитывающие влияние граничных условий, перераспределения и концентрации внутренних усилий на значения расчетных изгибающих моментов, возникающих в сечении плиты слоя усиления от действия колес (i=2,3,…,n), расположенных за пределами расчетного сечения.

Приведенные коэффициенты имеют следующие физические интерпретации:

$K_{ix,x}$ - коэффициент к единичному изгибающему моменту M_{ix} от i-го колеса, находящегося на оси X на расстоянии x/l от расчетного сечения;

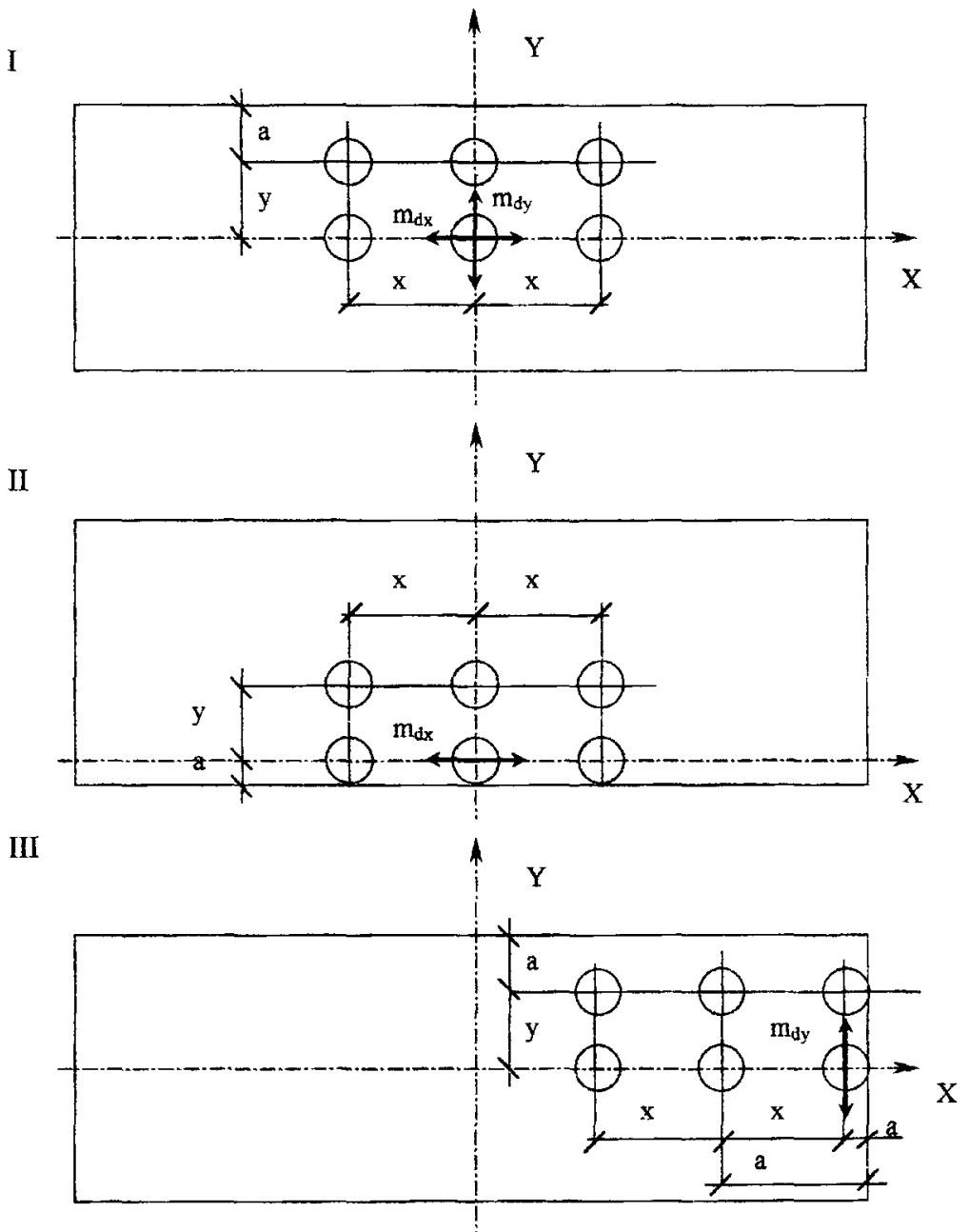
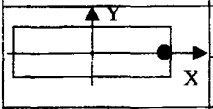
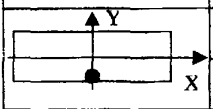
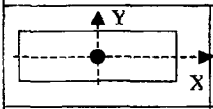
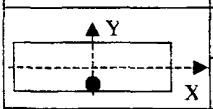
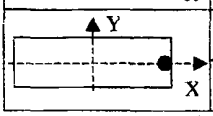


Рисунок Е.3 Загружение плиты слоя усиления для шестиколесной опоры воздушного судна.

Таблица Е.2

Верхний слой/Нижний слой		14/14	18/14	20/14	18/18	20/18	20/20
Совмещенные швы							
	K_{1y}	0 84	0.82	0.79	0 77	.76	0 75
	K1x	1.03	1.06	1 09	1.10	1.11	1 12
	K1y	1.36	1.32	1.29	1.25	1 23	1 22
	K1x	-	-	-	-	-	-
	K1y	-	-	-	-	-	-
	K1x	1.66	1.68	1.7	1 72	1.73	1.74
Несовмещенные швы							
	K_{1y}	0.67	0.65	0.62	0.61	0 6	0.6
	K_{1x}	1 6	1.4	1.31	1.65	1 45	1.65
	K_{1y}	-	-	-	-	-	-
	K_{1x}	2 2	2 0	1.83	2.3	2.1	2.4
	K_{1y}	1.35	1.4	1 45	1.4	1.44	1 44
	K_{1x}	-	-	-	-	-	-

$K_{ix,y}$ - коэффициент к единичному изгибающему моменту M_{ix} от *i*-го колеса, находящегося на оси Y на расстоянии *y/l* от расчетного сечения;

$K_{iy,y}$, - коэффициент к единичному изгибающему моменту M_{iy} от *i*-го колеса, находящегося на оси Y на расстоянии *y/l* от расчетного сечения;

$K_{iy,x}$ - коэффициент к единичному изгибающему моменту M_{iy} от *i*-го колеса, находящегося на оси X на расстоянии *x/l* от расчетного сечения;

$K_{ix,xy}$, $K_{iy,xy}$ - коэффициенты к единичному изгибающему моменту $M_{ix(y)}$ от *i*-го колеса, не находящегося на оси X(Y);

l - упругая характеристика бетонного сечения плиты суммарной жесткости, м.

Значения коэффициентов $K_{ix,x}$, $K_{ix,y}$, $K_{ix,xy}$, $K_{iy,y}$, $K_{iy,x}$, $K_{iy,xy}$ принимают при расчете слоев усиления с несовмещенными швами - по таблице Е.3 и рисунку Е.4.

Е.3.9. Расчетное значение отрицательного изгибающего момента при расчете слоев усиления с совмещенными швами определяют по формуле:

$$M_d = F_d \cdot n_{ko} \cdot M_r, \qquad (Е.11)$$

где: n_{ko} - число колес одной оси основной опоры расчетного воздушного судна, которые могут быть одновременно расположены в пределах ширины одной плиты; M_r - условный единичный отрицательный изгибающий момент определяемый по таблице Е.4.

Е.3.10. Значения предельных изгибающих моментов при расчете слоев усиления в продольном и поперечном направлениях следует принимать по таблице 1.

Таблица Е.3

	Положение *i*- го колеса (*i* = 2,3,...,*n*)		
	Центр плиты	Поперечный край	Продольный край
$K_{ix,x}$	0.5- *y/l* = 0	0.5- *y/l* = 0	0
$K_{ix,y}$	см. рис. 3	см. рис 3	0
$K_{ix,xy}$	1 5- *õ/l* = 0	0	1.5- *õ/l* = 0
$K_{iy,y}$	2.0	1 0	2.0
$K_{iy,x}$	1.0	1.0	1.0
$K_{iy,xy}$	1.0	1.0	1.0

Примечания

I. При определении коэффициентов из таблицы Е 3 следует считать расположенными на оси Х(У) такие колеса, расстояние от которых до оси Х(У) не превышает 0,5 *l*.

2. Колесо следует считать расположенным в центральной части плиты при выполнении условия а > 0,7 *l*, где а - расстояние *i*-го колеса от края плиты (*i=2.3,...n)*

3. Колесо, находящееся в угловой зоне плиты, следует считать расположенным у поперечного края - при расчете на поперечный момент и у продольного края - при расчете на продольный изгибающий момент.

Таблица Е.4

Конструктивные слои сборного покрытия		Значения условного единичного отрицательного изгибающего момента Mr при коэффициентах постели Ks упругого основания в МН/м^3					
Верхний слой	Нижний слой	30	50	70	90	150	250
ПАГ-14	ПАГ-14	0.0468	0.0429	0.0403	0.0390	0.0377	0.0364
ПАГ-18	ПАГ-14	0.0819	0.0754	0.0715	0.0689	0.0663	0.0650
ПАГ-20	ПАГ-14	0.1053	0.0988	0.0936	0.0897	0.0845	.0.806
ПАГ-18	ПАГ-18	0.0728	0.0663	0.0611	0.0572	0.0559	0.0546
ПАГ-20	ПАГ-18	0.0793	0.0728	0.0702	0.0676	0.0650	0.0624
ПАГ-20	ПАГ-20	0.0780	0.0715	0.0663	0.0637	0.0611	0.0598

Примечание - при коэффициентах постели свыше 250 МН/м^3 значения Mr соответствуют значениям при Ks = 250 МН/м^3.

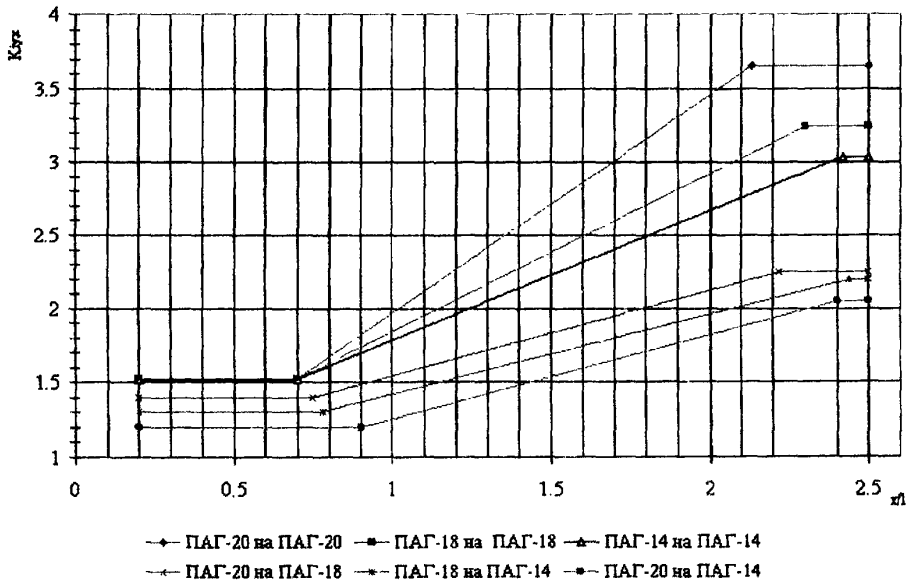


Рисунок Е.4 Графики для определения $K_{iy,x}$ для колес, расположенных на продольной оси плиты

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(обязательное)

Приложение определяет порядок расчета монолитных слоев усиления сборных покрытий на силовое воздействие опор воздушных судов, расстояний между деформационными швами расширения и общие требования к конструктивным элементам монолитных слоев усиления.

Ж.1 расчет монолитных слоев усиления сборных аэродромных покрытий на действие самолетной нагрузки

Ж.1.1. При расчете монолитного слоя усиления сборных аэродромных покрытий должно удовлетворяться условие:

$$m_{d,1(2)} \le m_{u,1(2)} \qquad (Ж.1)$$

где $m_{d,1}$ - расчетный изгибающий момент в слое усиления на единицу ширины сечения, определяемый в соответствии с п. Ж.1.2;

$m_{u,1}$ - предельный изгибающий момент в слое усиления на единицу ширины сечения, определяемый в соответствии с п. Ж.1.7;

$m_{d,2}$ - расчетный изгибающий момент в существующем сборном покрытии на единицу ширины сечения, определяемый в соответствии с п. Ж.1.8;

$m_{u,2}$ - предельный изгибающий момент в существующем сборном покрытии на единицу ширины сечения, определяемый в соответствия с п. Ж.1.9.

1.2. Расчетные значения изгибающих моментов $m_{d,1}$, кН·м/м, на единицу ширины сечения слоя усиления необходимо определять по формуле

$$m_{d,1} = m_{c1,max}, \qquad (Ж.2)$$

где $m_{c1,max}$ - максимальный изгибающий момент, кН·м/м, который вычисляется как наибольший суммарный момент, создаваемый колесами опоры воздушного судка в расчетных сечениях плиты, перпендикулярных осям X или У. Расчетная схема параметров загружения опоры приведена на рисунке Ж.1.

$$m_{c1,max} = \max\left(m_{1x1} \cdot K_k + \sum_{i=2}^{n_k} m_{1xi}; m_{1y1} \cdot K_k + \sum_{i=2}^{n_k} m_{1yi}\right) \qquad (Ж.3)$$

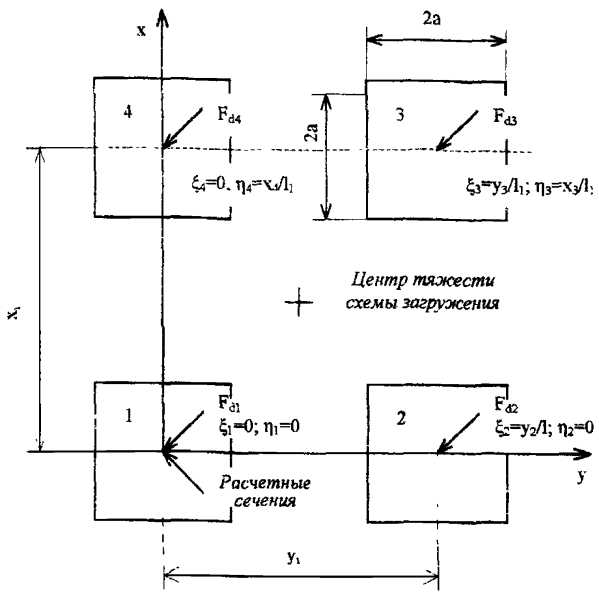


Рисунок Ж.1. Расчетная схема параметров загружения опоры

где m_{1x1}, m_{1y1}- изгибающие моменты, создаваемые в расчетных сечениях действием колеса, центр отпечатка которого совпадает с началом координат, кН·м/м;

K_1 - коэффициент, учитывающий концентрацию изгибающих моментов в слое усиления над краями и углами плит существующего (нижнего) слоя, определяемый по рисунку Ж.2;

n_k - количество колес на опоре;

m_{1xi}, m_{1yi} - изгибающие моменты в расчетных сечениях плиты от воздействия i-го колеса опоры воздушного судна в зависимости от координат $\xi_i=b_i/l_1$ и $\eta_i=d_i/l_1$. При определении m_{1xi} принимают: $b_i=x_i$ и $d_i=y_i$; при определении m_{1yi} принимают: $b_i=y_i$ и $d_i=x_i$, где x_i и y_i - расстояния от начала координат до точки приложения силы F_{di} по оси X или Y соответственно, м, считая за начало координат пересечение рассматриваемых сечений (см. рисунок Ж.1).

$$m_{1x(y)} = \frac{F_d l_1^2 \nu}{8\pi a^2 (K_1 - K_2)} \int_0^\infty [K_1 V_{2i}(q) - K_2 V_{1i}(q)] s_{d_i}(q) dq \qquad (Ж.4)$$

где F_d - расчетная нагрузка на колесо, кН, определяемая в соответствии с п 5.5;

l_1 - упругая характеристика плиты бетонного или армобетонного слоя усиления, м:

$$l_1 = \sqrt[4]{\frac{B_1}{K_s}} \qquad (Ж.5)$$

B_1 - жесткость сечения плиты слоя усиления, отнесенная к единице ширины ее сечения, определяемая в соответствии с п. 5.6;

K_f - коэффициент жесткости дренирующей трещинопрерывающей прослойки между слоем усиления и существующим сборным покрытием, МН/м3:

$$K_f = E_f / t_f, \qquad (Ж.6)$$

E_f - модуль упругости материала дренирующей трещинопрерывающей прослойки, МПа. Для щебня, обработанного битумом, Ef = 600 МПа;

t_f - толщина прослойки, м;

ν - коэффициент Пуассона материала несущего слоя. Для бетона ν= 0.15;

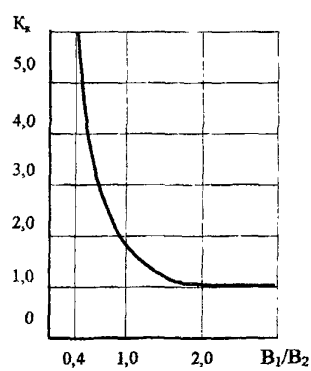


Рисунок Ж.2. Зависимость коэффициента K_k от соотношения жесткостей слоя усиления B_1, и существующего сборного покрытия B_2.

a - половина стороны квадрата, равновеликого по площади отпечатку пневматика колеса, м;

$$a=0.5\sqrt{\frac{F_d}{P_a}} \qquad (Ж.7)$$

P_a - внутреннее давление воздуха в пневматиках колес, МПа;

K_1, K_2 - константы, являющиеся корнями квадратного уравнения:

$$K_{1(2)}=-0.5(C\mp\sqrt{C^2+4^{B_2}/_{B_1}}), \qquad (Ж.8)$$

$$C=1+\frac{K_s}{K_f}-\frac{B_2}{B_1}, \qquad (Ж.9)$$

B_2 - жесткость сечения плиты существующего сборного покрытия, отнесенная к единице ширины ее сечения, кН·м2/м, определяемая в соответствии с п. Ж.1.8;

K_s – расчетный коэффициент постели грунтового основания, МН/м3, определяемый в соответствии с п. Ж.1.3 или п. Ж.1.6;

$V_{1(2)i}(q)$; $S_{di}(q)$ - выражения, определяемые в зависимости от расположения i-го колеса относительно расчетного сечения:

при $b_i<a$:

$$V_m(q)=\frac{q^2}{q^4+S_n}\{2+\exp(-(a+\xi_i)\alpha_n(q))(fS_n(q)\cdot\sin((a+\xi_i)\beta_n(q))+(-\cos((a+\xi_i)\beta_n(q)))+$$

$$+\exp(-(a-\xi_i)\alpha_n(q))(fS_n(q)\cdot\sin((a-\xi_i)\beta_n(q))-\cos((a-\xi_i)\beta_n(q)))\}; \qquad (Ж.10)$$

$$a=a/l_1; \qquad (Ж.11)$$

$$fS_n(q)=((1-\nu)q^4+S_n)/(\nu q^2\sqrt{S_n}); \qquad (Ж.12)$$

$$S_n=1-K_n\frac{B_1}{B_2}; \qquad (Ж.13)$$

$$\alpha_n(q)=\sqrt{(\sqrt{q^4+S_n}+q^2)0.5}; \qquad (Ж.14)$$

$$\beta_n(q)=\sqrt{(\sqrt{q^4+S_n}-q^2)0.5}; \qquad (Ж.15)$$

n=1, 2

при $b_i \geq a$:

$$V_m(q)=\frac{q^2}{q^4+S_n}\{2+\exp(-(a+\xi_1)\alpha_n(q))(fS_n(q)\cdot\sin((a+\xi_1)\beta_n(q))+(-\cos((a+\xi_1)\beta_n(q))))+$$
$$+\exp(-(a-\xi_1)\alpha_n(q))(-fS_n(q)\cdot\sin((a-\xi_1)\beta_n(q))+\cos((a-\xi_1)\beta_n(q)))\}; \quad (Ж.16)$$

при $d_i < a$:

$$S_{di}(q)=\frac{\sin((a+\eta_i)q)+\sin((a-\eta_i)q)}{q}; \quad (Ж.17)$$

при $d_i \geq a$:

$$S_{di}(q)=\frac{\sin((a+\eta_i)q)-\sin((a-\eta_i)q)}{q}; \quad (Ж.18)$$

Определение коэффициента постели основания

Ж.1.3. В случае однородного в пределах глубины сжимаемой толщи грунтового основания h_n, расчетный коэффициент постели K_s, мН/м3, определяется по формуле:

$$K_s=0.083\sqrt{\frac{C_0^4}{w^4B}} \quad (Ж.19)$$

где C_0 - упругая характеристика основания, МПа:

$$C_0=E_0/(1-\nu_0^2) \quad (Ж.20)$$

E_0 - модуль упругости грунта естественного основания, определяемый в соответствии с таблицей Ж.1;

ν_0 - коэффициент Пуассона грунта естественного основания, определяемый в соответствии с таблицей Ж.2.

w - коэффициент, определяемый по рисунку Ж.3;

B - жесткость сечения конструкции покрытия, кН·м2/м:

$$B=B_1+B_2+B_3, \quad (Ж.21)$$

где B_3 жесткость обработанного вяжущим слоя основания под существующим сборным покрытием, кН·м^2/м, определяемая в соответствии с таблицей Ж.2.

Таблица Ж.1. Модули упругости грунтов естественных оснований при расчете усиления сборных покрытий

Грунт естественного залегания	Тип гидрогеологических условий	Модуль упругости E_0, МПа, для дорожно-климатических зон при расчете жестких покрытий				
		I	II	III	IV	V
Песок гравелистый, песок крупный	-	240	360	360	400	400
Песок средней крупности	-	200	280	280	320	320
Песок мелкий	-	160	240	240	260	260
Песок пылеватый	-	64	144	144	160	160
Супесь	I	67	192	240	264	264
	2	56	160	200	220	220
	3	34	96	120	132	132
Глина, суглинок	I	58	105	125	192	240
	2	48	88	104	160	200
	3	29	53	62	96	120
Супесь и суглинок пылеватые	I	68	96	120	168	192
	2	48	80	100	140	160
	3	29	48	60	84	96

Примечания

I Приведенные значения модулей упругости соответствуют плотности их сложения при коэффициенте пористости $l_п$ до 0 8;

при $l_п > 0.8$ значений коэффициентов следует понижать на 35%

2 Коэффициент пористости определяется по материалам инженерно-геологических изысканий.

3 Тип гидрогеологических условий определяется в соответствии с п. 3.3.

4 Дорожно-климатическая зона определяется в соответствии с п 3 2

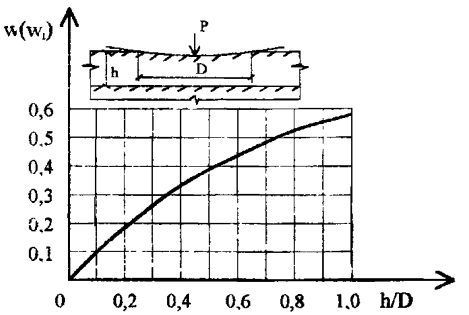


Рисунок Ж.3. Зависимость коэффициента w от соотношения глубины слоя h и диаметра чаши прогибов D.

Таблица Ж.2 Коэффициенты Пуассона грунтов естественных оснований

Грунт естественного основания	Тип гидрогеологических условий	Коэффициент Пуассона немерзлых грунтов для дорожно-климатических зон				
		I	II	III	IV	V
Песок	-	0.30	0.28	0.25	0.20	0.20
Супесь	I	0.30	0.25	0.20	0.20	0.20
	2	0.30	0.25	0.20	0.20	0.20
	3	0.32	0.30	0.25	0.25	0.25
Глина. суглинок	I	0.45	0.35	0.2	0.15	0.15
	2	0.45	0.35	0.25	0.15	0.15
	3	0.50	0.37	0.30	0.25	0.25

Примечания

1 Тип гидрогеологических условий определяется в соответствии с п. 3.3.

2 Дорожно-климатическая зона определяется в соответствии с п. 3 2.

Ж.1.4. Глубина сжимаемой толщи основания $h_п$, м, принимается равной диаметру чаши положительных прогибов покрытия D, но не более 6 м.

Ж.1.5. *Диаметр чаши положительных прогибов покрытия* D, м, определяется по формуле:

$$D=8\cdot l_{\Sigma}, \qquad (Ж.22)$$

где l_{Σ} - упругая характеристика конструкции, м:

$$l_{\Sigma}=\sqrt[4]{\frac{B}{K_z}}. \qquad (Ж.23)$$

Коэффициент постели определяется совместным решением уравнений (Ж.19) и (Ж.23). Решение системы осуществляется методом последовательных приближений.

Ж.1.6. При слоистом в пределах сжимаемой толщи $h_п$ основании (в том числе искусственном из материалов, для которых не нормировано расчетное сопротивление растяжению при изгибе), рисунок Ж.4, коэффициент постели Ks, мН/м^3, определяется по формуле:

$$K_z=0.083\sqrt{\frac{C_{экв}^4}{w_{пв}^4 B}}, \qquad (Ж.24)$$

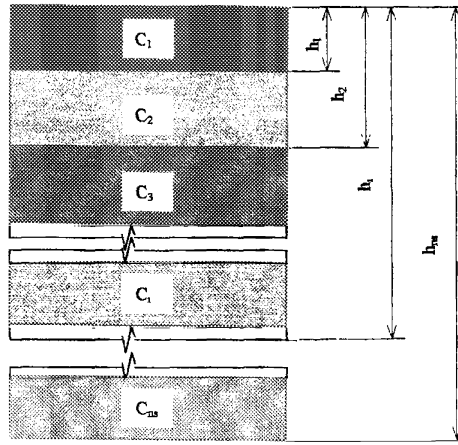


Рисунок Ж.4. Расчетная схема многослойного основания

где эквивалентная упругая характеристика основания $C_{экв}$ определяется по формуле:

$$C_{экв} = \frac{w_{ns} C_1 C_2 ... C_{ns}}{w_1 C_2 ... C_{ns} + \sum_{i=2}^{ns} (w_i - w_{i-1}) C_{12} ... C_{i-1} C_{i+1} ... C_{ns}} \quad (Ж.25)$$

где C_i - упругая характеристика i-го слоя основания, вычисляемая по формуле (Ж.20) при E_i и ν_i, принятым в соответствии с таблицей Ж.3;

$w_i = f(h_i/D)$ - коэффициент, определяемый по рисунку Ж.3;

h_i - глубина подошвы i-го слоя от нижней плоскости покрытия, м;

n_s - число слоев искусственного основания.

Коэффициент постели определяется совместным решением уравнений (Ж.23) и (Ж.24).

Ж.1.7. Предельный изгибающий момент m_{u1}, кН·м/м, на единицу ширины сечения следует определять в соответствии с п. 5.7.

Ж.1.8. Расчетные значения изгибающих моментов m_{d2}, кН·м/м, на единицу ширины сечения существующего сборного покрытия следует определять по формуле.

Таблица Ж.3 Модули упругости материалов искусственных оснований при расчете усиления сборных покрытий

Грунты, смеси, материалы в искусственных основаниях жестких покрытий	Модуль упругости E_n, МПа, при расчете покрытий
Щебень из природного камня, уложенный способом расклинцовки, с пределом прочности при сжатии не менее 60 МПа	700
Нефракционированный щебень, гравий с пределом прочности при сжатии не менее 60 МПа	500
Грунтогравийные, грунтощебеночные, песчано-гравийные, пескощебеночные смеси:	
крупнозернистые (частиц крупнее 10 мм св. 50 %)	500
среднезернистые (частиц крупнее 2 мм св. 50 %)	450
мелкозернистые (частиц крупнее 2 мм от 25 до 50 %)	400
Галечниковый грунт (частиц крупнее 10 мм св. 50 %)	500
Песок:	
гравелистый	400
крупный	360
средней крупности	280
Кислые металлургические шлаки, уложенные способом; расклинцовки	800
Основные металлургические шлаки гранулометрического состава:	
подобранного:	
активные	800
малоактивные	650
неподобранного	400
Дресва:	
из изверженных горных пород	280
из осадочных известняков	200
Мелкий ракушечник	200
Малопрочные песчаники	200

Примечание - Коэффициент Пуассона ν материалов искусственных оснований следует принимать равным 0.3.

$$m_{d2} = m_{c2.max} \qquad (Ж.26)$$

где $m_{c2,max}$ максимальный изгибающий момент, кН·м/м, который вычисляется как наибольший суммарный момент, создаваемый колесами опоры воздушного судна в расчётных сечениях плиты, перпендикулярных осям X или Y, точка пересечения которых совпадает с центром тяжести схемы загружения опоры (см. рисунок Ж.1):

$$m_{c2,max} = \max\left(\sum_{i=1}^{nk} m_{2xi}; \sum_{i=1}^{nk} m_{2yi}\right), \qquad (Ж.27)$$

где m_{2xi}, m_{2yi} - изгибающие моменты в расчетных сечениях плиты от воздействия i-го колеса опоры воздушного судна в зависимости от координат $\xi_i = b_i/l_1$ и $\eta_i = d_i/l_1$. При определении m_{2yi} принимают $b_i = y_i$ и $d_i = x_i$, где x_i и y_i - расстояния от начала координат до точки приложения силы Fd_i по оси X или Y соответственно, м, считая за начало координат пересечение рассматриваемых сечений, совпадающее с центром, тяжести схемы загружения опоры (см. рисунок Ж.1);

n_k - количество колес на опоре.

$$m_{2x(y)i} = \frac{F_d l_1^2 (B_2 + B_1)\nu}{8\pi a^2 B_i (K_1 - K_2)} \int_0^\infty [V_{1i}(q) - V_{2i}(q)] S_d(q) dq \qquad (Ж.28)$$

где Fd, l_1, a, B_1, K_1, K_2, $V_{1i}(q)$, $V_{2i}(q)$, $S_{di}(q)$ - см. условные обозначения в формуле (Ж.4).

B_2 - жесткость сечения плита существующего сборного покрытия, отнесенная к единице ширины ее сечения, кН·м/м, принимаемая по таблице Ж.4 в зависимости от величины расчетного момента в существующем сборном покрытии;

B_3- см. условные обозначения в формуле (Ж.21).

Ж.1.9. Предельный изгибающий момент $m_{u,2}$, кН·м/м, на единицу ширины сечения существующего сборного покрытия следует принимать по таблице Ж.4.

Таблица Ж.4

Марка плиты	Значение критического момента m_{kp},	Жесткость существующего сборного покрытия B_2,		Значение предельного момента $m_{u,2}$, кН·м/м
		$m_{d,2} < m_{kp}$	$m_{d,2} > m_{kp}$	
ПАГ-14	13.2	$7.1 \cdot 10^3$	4.1·103	20.2
ПАГ-18	20.0	$15.1 \cdot 10^3$	6.5·103	34.1
ПАГ-20	24.8	$20.7 \cdot 10^3$	11.7·103	41.6

Ж.2. Расчет расстояния между деформационными швами расширения

Ж.2.1. Расчет расстояния между швами расширения монолитных слоев усиления сборных аэродромных покрытий $L_{bl,max}$, м, следует производить из условия:

$$N\tau+N = j_t N_{cr}, \quad (Ж.29)$$

где $N\tau$ - продольное сжимающее усилие, МН, в срединной плоскости слоя усиления от действия касательных напряжений по подошве данного слоя, определяется по п. Ж.2.3;

N - продольное сжимающее усилие, МН, в монолитном слое усиления от непроявившихся (в результате исчерпания деформационных свойств швов расширения) деформаций, определяется по п. Ж.2.4;

N_{cr} - предельная величина продольного сжимающего усилия, МН, (критическая сила), определяется по п. Ж.2.5;

j_t - коэффициент условий работы, принимается равным 0.8.

Ж.2.2. Минимальное расстояние между швами расширения следует определять по формуле:

$$L_{bl,min}=[\delta_t]/\alpha_{bt}\cdot T_m \quad (Ж.30)$$

где $[\delta_t]$ - предельная деформация шва расширения, определяется его конструктивным выполнением, для предварительных расчетов следует принимать равной 0.04 м;

α_{bt} - коэффициент линейной температурной деформации, для тяжелого бетона принимается равным $=1\cdot10^{-5}$ $1/^0C$;

T_m - средняя расчетная температура в монолитном бетонном слое усиления, °С, определяется по формуле:

$$T_m=T_{m,max}+0.1/tsup(T_m^{\alpha}+I/\alpha_s)+\Delta T_w+T_0 \quad (Ж.31)$$

где $T_{m,max}$ - средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца, °С, принимается согласно СНиП 23-01-99;

T_m^{α} - средняя амплитуда температуры воздуха наиболее жаркого месяца, °С, принимается по СНиП 23-01-99;

t_{sup} - толщина слоя усиления, м;

I - радиационный баланс на поверхности покрытия, Вт/м^2, определяется по формуле:

$$I=(Q_S+Q_D)(1-A)-\varepsilon_{ef}, \qquad (Ж.32)$$

где Q_S, Q_D - прямая и рассеянная солнечная радиация соответственно, поступающая в июле на горизонтальную поверхность при безоблачном небе, Вт/м^2, определяется по СНиП 23-01-99 для 12-13 часов после полудня;

A - коэффициент альбедо, равный для тяжелого цементного бетона 0.3;

ε_{ef} - эффективное излучение поверхности покрытия, Вт/м^2, определяется по формуле:

$$E_{ef} = s\sigma\left\{273 + T_{m,max} + T_m^a\right]^4 (0\,39 - 0.05\sqrt{l_n}) + 0.04[273 + T_{m,max} + T_m^a]^3 \Delta T_{sw}\right\} \qquad (Ж.33)$$

где s - относительный коэффициент излучения поверхности покрытия, для тяжелых цементных бетонов равный 0.62;

σ - постоянная Стефана-Больцмана, $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м^2·°К);

l_n - упругость водяного пара наружного воздуха для расчетного периода, гПа, принимается по СНиП 23-01-99;

ΔT_{SW} - разность между температурами поверхности покрытия и надземного слоя воздуха, принимается равной 20°К;

α_s - коэффициент теплоотдачи поверхности покрытия по летним условиям, Вт/(м^2°С), следует определять но формуле:

$$\alpha_s = 1.16(5+10 \cdot v^{0\,5}), \qquad (Ж.34)$$

где v - минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более, принимается согласно СНиП 23-01-99;

ΔE_W - дополнительный прирост температуры верхнего слоя покрытия за счет температурного коробления, принимается равным 6°С;

T_0— температура нулевых напряжений, принимается равной 5°С.

Ж.2.3. Расчет продольного сжимающего усилия в срединной плоскости монолитного слоя усиления от действия касательных напряжений по подошве данного слоя при температурных климатических воздействиях производится по формуле:

$$N_\tau = 0{,}25\tau_{u1} \cdot L_1 + \tau_{u2} \cdot L_2, \qquad (Ж.35)$$

где τ_{u1} - предельная величина касательных напряжений, МПа, на концевых участках зоны L_1, принимается по таблице Ж.5;

Таблица Ж.5 Расчетные характеристики материала трещинопрерывающей прослойки

№ п/п	Наименование материала трещинопрерывающей прослойки	Толщина монолитного слоя усиления, м	Предельные значения касательных напряжений, МПа	
			$\tau_{u1}\cdot 10^3$	$\tau_{u2}\cdot 10^3$
1	Гранитный щебень, обработанный битумом	0.15	9.00	4.50
		0.16	9.60	4.80
		0.17	1020	5.10
		0.18	10.80	5.40
		0.19	11.40	5.70
		0.20	12.00	6.00
		0.21	12.60	6.30
		0.22	13.20	6.60
		0.23	13.60	6.90
		0.24	14.40	7.20
		0.25	15.00	7.50
		0.26	15.60	7.80
		0.27	16.20	8.10
		0.26	16.80	8.40
		0.29	17.40	8.70
		0.30	18.00	9.00
		0.31	18.60	9.30
		0.32	19.20	9.60
		0.33	19.80	9.90
		0.34	20.40	10.20
		0.35	21.00	10.50
		0.36	21.60	10.80
		0.37	22.20	11.10
		0.38	22.80	11.40
		0.39	23.40	11.70
		0.40 и выше	24.00	12.00

τ_{u2}- предельная величина касательных напряжений, МПа, на участке L_2, принимается по таблице Ж.5;

L_1, L_2 - зоны залипания и проскальзывания соответственно, м, определяются по п. Ж.2.6.

Ж.2.4. Расчет продольного сжимающего усилия следует производить по формуле

$$N=\varepsilon_b\cdot E_b\cdot t_{sup}, \qquad (Ж.36)$$

исходя из условия, что суммарное смещение торцевых сечений смежных плит покрытия превысит предельные деформации шва расширения, т.е.

$$\delta_t - [\delta_t] > 0 \qquad (Ж.37)$$

где ε_b - непроявившиеся относительные деформаций в полуплите верхнего слоя покрытия, определяются по формуле

$$\varepsilon_b = (\delta_t - K_t \cdot [\delta_t])/L_{bl} \qquad (Ж.38)$$

E_b - начальный модуль упругости бетона, МПа, принимается в соответствии с таблицей 5.4;

t_{sup} - толщина монолитного слоя усиления, м;

K_t - коэффициент, учитывающий засорение швов расширения на стадии эксплуатационного содержания, принимается равным 0.8,

δ_t - суммарное сближение торцевых сечений смежных плит слоя усиления, м, определяется по п. Ж.2 7;

L_{bl} - текущее значение расстояния между швами расширения, м, определяется согласно п. Ж.2.8.

Ж.2.5. Критическую силу, воспринимаемую монолитным слоем усиления, следует определять из условия упругой работа материала по формуле

$$N_{cr} = \pi^2 E_b J_b / L^2_0 \qquad (Ж.39)$$

где J_b - момент инерции бетонного сечения, м^4;

L_0 - расчётная длина элемента монолитного слоя усиления, м, рассчитывается по формуле:

$$L_0 = 2.94 \sqrt{\frac{1}{P}\sqrt{2.28 E_b J_b pe}} \qquad (Ж.40)$$

Здесь: p - погонная нагрузка от собственного веса покрытия, МН/м;

e - эксцентриситет приложения продольной силы относительно срединной плоскости элемента покрытия, м, который принимается равным 0.1 t_{sup}.

Ж.2.6. Протяженность зон залипания L_1 и проскальзывания L_2 определяется из решения уравнения:

$$\frac{\lambda \tau_{u1}}{C_\psi} = \left(\alpha_{bt} T_m - \frac{4 \tau_{u2} L_2}{E_b t_{sup}} \right) \frac{\exp(z_1) - \exp(-z_1)}{\exp(z_1) + \exp(-z_1)} \qquad (Ж.41)$$

где $$z_1 = \lambda \cdot (0.5 \cdot L_{bl} - L_2) \qquad (Ж.42)$$

C_ψ - коэффициент упругого неравномерного сдвига трещинопрерывающей прослойки, МН/м^3, определяется по формуле

$$C_\psi = 1.8\ E, \qquad (Ж.43)$$

Здесь Е - модуль деформации материала трещинопрерывающей прослойки, МПа; для гранитного щебня, обработанного битумом, принимается равным 40 МПа;

λ -коэффициент, характеризующий соотношение физико-механических свойств материала трещинопрерывающей прослойки и бетона слоя усиления, определяется по формуле:

$$\lambda = 2\cdot(C_\psi/E_b\cdot t_{sup})^{1/2} \qquad (Ж.44)$$

Решение уравнения (Ж.41) осуществляется на интервале [0; $L_x/2$], причем в качестве $L_x/2$ на первом шаге расчета принимается минимальное расстояние между швами расширения, определяемое по формуле (Ж.30).

По найденному корню уравнения (Ж.41) L_2 определяется длина участка залипания L_1 по формуле

$$L_1 = 0.5\cdot L_{bl} - L_2 \qquad (Ж.45)$$

Алгоритм решения уравнения (Ж.41) представлен в п. Ж.2.9.

Ж.2.7. Суммарное сближение торцевых сечений смежных плит покрытия следует определять по формуле:

$$\delta_t = 2\left\{0.25\cdot\left[\frac{\exp(\lambda L_1)-\exp(-\lambda L_1)}{\lambda(\exp(\lambda L_1)+\exp(-\lambda L_1))}+3L_1\right]\alpha_{bt}T_m + L_2\left[\alpha_{bt}T_m - \frac{\tau_{u2}L_2}{E_b t_{sup}}\right]\right\} \qquad (Ж.46)$$

Если $\delta_t \le [\delta_t]$, то продольное сжимающее усилие принимается равным нулю.

Если $\delta_t > [\delta_t]$, то продольное сжимающее усилие следует определять в соответствии с п. Ж.2.4.

Ж.2.8. Предоставленная последовательность расчета расстояния между швами расширения реализуется пошагово. К минимальному расстоянию между швами расширения последовательно прибавляется 20 метров и, производя вычисления согласно пп Ж.2.3- Ж.2.7, осуществляется проверка выполнения условия (Ж.29). Окончательный результат определяется графическим построением.

Ж.2.9. Порядок решения уравнения (Ж.41)

Уравнение (Ж.41) решается графоаналитическим способом в следующем порядке:

а) уравнение (Ж.41) приводится к виду:

$$A = (B - Cx)\frac{\exp(D - Ex) - \exp(Ex - D)}{\exp(D - Ex) + \exp(Ex - D)}$$

где $A=\lambda\tau_{u1}/C_{\psi}$; $B=\alpha_{bl}T_m$; $C=4\tau_{u2}/E_b t_{sup}$; $D=0.5\lambda L_{bl}$; $E=\lambda$.

б) в прямоугольной системе координат строится прямая $f_1=A$ (рисунок Ж.5);

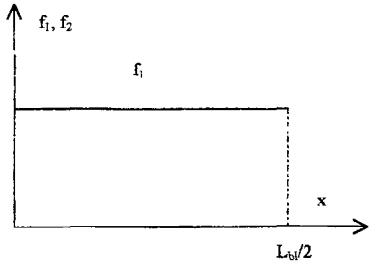


Рисунок Ж.5

в) в той же системе координат по точкам строится кривая

$$f_2 = (B - Cx)\frac{\exp(D - Ex) - \exp(Ex - D)}{\exp(D - Ex) + \exp(Ex - D)},$$

причем x изменяется в пределах от 0 до Lbl/2 м (рисунок Ж.6);

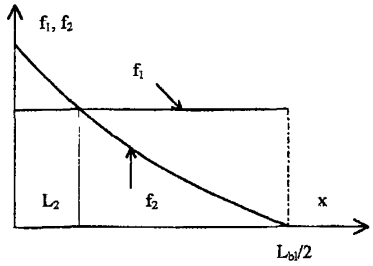


Рисунок Ж.6

г) абсцисса точки пересечения графиков f_1 и f_2 является искомым корнем уравнения (Ж.41) L_2 (рисунок Ж.6).

Ж.3. *Требования к конструктивным элементам монолитных слоев усиления.*

Ж.3.1. В качестве материала для дренирующей прослойки необходимо использовать щебень, отвечающий требованиям ВСН 123-77 Минобороны, пропитанный битумом.

Ж.3.2. Для получения оптимальной проницаемости дренирующего слоя (коэффициент фильтрации 3.0 см/с и более) следует применять, как правило, щебень однофракционного состава: 10...20 мм, 20...40 мм, обеспечивающего коэффициент уплотнения 0.7...0.8.

Ж.3.3. Проектирование водосточно-дренажной системы монолитных слоев усиления должно включать: в первую очередь восстановление всех элементов существующей дренажной сети, а также создание новых элементов

Ж.3.4. Отвод поверхностной влаги из дренирующей прослойки следует выполнять в существующий закромочный дренаж (при его отсутствии - во вновь создаваемую систему закромочных дрен). Засыпка дрен выполняется гравием или щебнем по принципу обратного фильтра. Элементы дренажных систем со сроком эксплуатация более 20 лет подлежат реконструкции.

Ж.3.5. Швы и поверхность существующего покрытия в зоне швов подлежат изоляции путем промывки битумом или наклейкой рулонного гидроизоляционного материала.

Ж.3.6. При назначении параметров армирования монолитных слоев усиления сборных покрытии следует руководствоваться следующими положениями:

центральная часть монолитных плит усиления армируется конструктивно - сетками из стержневой арматуры диаметром от 10 до 14 мм с расстоянием между стержнями не более 40 см, процент армирования от 0.10 до 0.15;

краевые участки следует армировать согласно таблице Ж.6, ширину зоны усиления краевых участков плит следует принимать равной 0.8l, где l - упругая характеристика слоя усиления.

Ж.3.7. В монолитных слоях усиления следует устраивать деформационные швы как сжатия, так и расширения. Размеры плит должны устанавливаться в зависимости от местных климатических условий и принятой технологии производства строительных работ.

Таблица Ж.6

Толщина слоя усиления, см	Количество стержней арматуры в нижней зоне сечения плиты
16-22	3ø12
24-26	4ø12
28-30	4ø14
30-40	4ø16

Ж.3.8. Расстояние между деформационными швами сжатия следует принимать не более 20 метров, между швами расширения согласно расчету (раздел 2 настоящего приложения).

Ж.3.9.Конструктивно шов расширения должен включать: сжимаемую прокладку, обеспечивающую свободу горизонтальных перемещений смежных слоев; стыковые элементу; обеспечивающие передачу нагрузки с одной плиты на другую.

Подписано к печати объем 7.5 п.л.
Формат 69x84/16 тираж 100
Заказ № 3/03
Отпечатано в типографии 26 ЦНИИ МО РФ
105179 Москва, Е-179

gost.e-ecolog.ru