Doc 9157-AN/901
Часть 3

РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ АЭРОДРОМОВ

ЧАСТЬ 3
ПОКРЫТИЯ

ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ — 1983

Утверждено Генеральным секретарем и опубликовано с его санкции

МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

gost.e-ecolog.ru

Опубликовано Международной организацией гражданской авиации отдельными изданиями на русском, английском, испанском и французском языках. Всю корреспонденцию следует направлять в адрес Генерального секретаря ИКАО.

Заказы на данное издание направлять по одному из следующих нижеприведенных адресов, вместе с соответствующим денежным переводом (тратта, чек или банковское поручение) в долл. США или в валюте страны, в которой размещается заказ.

Document Sales Unit
International Civil Aviation Organization
1000 Sherbrooke Street West, Suite 400
Montreal, Quebec
Canada H3A 2R2
Tel.: (514)285-8219
Telex: 05-24513
Fax: (514)288-4772
Sitatex: YULCAYA

Заказы с оплатой кредитными карточками (только "Виза" или "Американ экспресс") направлять по вышеуказанному адресу.

Egypt. ICAO Representative, Middle East Office, 9 Shagaret El Dorr Street, Zamalek 11211, Cairo.

France. Représentant de l'OACI, Bureau Europe et Atlantique Nord, 3 *bis*, villa Émile-Bergerat, 92522 Neuilly-sur-Seine (Cedex).

India. Oxford Book and Stationery Co., Scindia Nouse, New Delhi *or* 17 Park Street, Calcutta.

Japan. Japan Civil Aviation Promotion Foundation, 15-12, 1-chome, Toranomon, Minato-Ku, Tokyo.

Kenya. ICAO Representative, Eastern and Southern African Office, United Nations Accommodation, P.O.Box 46294, Nairobi.

Mexico. Representante de la OACI, Oficina Norteamérica, Centroamérica y Caribe, Apartado postal 5-377, C.P. 06500, México, D.F.

Peru. Representante de la OACI, Oficina Sudamérica, Apartado 4127, Lima 100.

Senegal. Représentant de l'OACI, Bureau Afrique occidentale et centrale, Boîte postale 2356, Dakar.

Spain. Pilot's, Suministros Aeronáuticos, S.A., C/Ulises, 5-Oficina Núm. 2, 28043 Madrid.

Thailand. ICAO Representative, Asia and Pacific Office, P.O. Box 11, Samyaek Ladprao, Bangkok 10901.

United Kingdom. Civil Aviation Authority, Printing and Publications Services, Greville House, 37 Gratton Road, Cheltenham, Glos., GL50 2BN.

8/92

Каталог изданий и аудиовизуальных учебных средств ИКАО

Ежегодное издание с перечнем всех имеющихся в настоящее время публикаций и аудиовизуальных учебных средств.

В ежемесячных дополнениях сообщается о новых публикациях, аудиовизуальных учебных средствах, поправках, дополнениях, повторных изданиях и т.п.

Рассылаются бесплатно по запросу, который следует направлять в Сектор продажи документов ИКАО.

Руководство по проектированию аэродромов

(Doc 9157-AN/901)

Часть 3

Покрытия

Второе издание — 1983

ICAO·OACI·ИКАО

ПОПРАВКИ

Об издании поправок регулярно сообщается в *Журнале ИКАО* и в ежемесячном дополнении к *Каталогу изданий и аудиовизуальных учебных средств ИКАО*, которыми рекомендуется пользоваться для справок. Такие поправки предоставляются бесплатно по запросу.

№	Дата	Кем внесено
1-2	Внесены в настоящее издание	

№	Дата	Кем внесено

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пересмотренное и обновленное *Руководство по проектированию аэродромов*, часть 3, содержит инструктивный материал по расчету покрытий, включая их характеристики, а также по оценке и представлению данных о их несущей способности. Материал, включенный в эту часть, в основном непосредственно связан с техническими требованиями, содержащимися в Приложении 14 - *Аэродромы*. Главная цель Руководства состоит в том, чтобы рекомендовать единообразное применение этих технических требований и обеспечить государства информацией и инструктивным материалом. Наиболее важный материал, дополняющий/изменяющий Руководство при данном пересмотре, включает:

a) исходную информацию о методе представления данных о несущей способности искусственных покрытий ACN-PCN (глава 1);

b) материал, регламентирующий эксплуатацию покрытий с перегрузками (глава 2);

c) обновленный материал по оценке покрытий (глава 3), а также по характеристикам структуры и дренажа покрытий ВПП (глава 5);

d) обновленный материал по расчету и оценке покрытий, представленный Канадой, Францией, Соединенным Королевством и Соединенными Штатами Америки (глава 4);

e) инструктивный материал, касающийся защиты асфальтовых покрытий (глава 6); и

f) материал по конструктивному расчету кульвертов и мостов (глава 7).

Глава 4 этого Руководства основывается на представленном государствами обновленном материале по расчету и оценке аэродромных покрытий; таким образом, можно полагать, что этот материал отражает последние достижения в данной области. В том случае, если государство считает, что материал, включенный в настоящее Руководство, устарел, оно должно информировать об этом Генерального секретаря и, по возможности, представить пересмотренный материал.

СОДЕРЖАНИЕ

		Страница
Словарь терминов		(ix)
Глава 1.	Методы представления данных о прочности аэродромных покрытий	3-1
1.1	Метод, применяемый для покрытий, предназначенных для тяжелых воздушных судов (метод ACN/PCN)	3-1
1.2	Метод представления данных о покрытиях, предназначенных для легких воздушных судов	3-16
Глава 2.	Инструктивный материал, касающийся эксплуатации с перегрузками	3-17
2.1	Критерии, приведенные в дополнении B к Приложению 14	3-17
2.2	Практика государств	3-17
2.2.1	Практика Канады	3-17
2.2.2	Практика Франции	3-18
2.2.3	Практика Соединенного Королевства	3-20
Глава 3.	Оценка покрытий	3-22
3.1	Общие положения	3-22
3.2	Элементы оценки покрытий	3-22
3.3	Элементы метода ACN/PCN	3-23
3.4	Оценка интенсивности и структуры движения воздушных судов	3-25
3.5	Методы оценки "используемого воздушного судна"	3-27
3.6	Приемы и оборудование для "технической" оценки	3-31
Глава 4.	Практика государств по расчету и оценке покрытий	3-62
4.1	Практика Канады	3-62
4.1.1	Область применения	3-62
4.1.2	Практика расчета покрытий	3-62
4.1.3	Практика оценки покрытий	3-69
4.2	Практика Франции	3-78
4.2.1	Общие положения	3-78
4.2.2	Выбор расчетной нагрузки	3-80
4.2.3	Расчет нежестких покрытий	3-83
4.2.4	Расчет жестких покрытий	3-86
4.2.5	Общий расчет	3-93

Страница

Глава 4. *(продолж.)*

4.2.6 Оптимизированный расчет 3-109
4.2.7 Промерзание 3-112
4.2.8 Допустимые нагрузки 3-114
4.2.9 Оценка покрытий 3-120
4.2.10 Усиление покрытий 3-124
4.2.11 Легкие покрытия 3-127

4.3 Практика Соединенного Королевства 3-129

4.3.1 Расчет и оценка покрытий 3-129
4.3.2 Представление данных о несущей способности покрытия 3-129

4.4 Практика Соединенных Штатов Америки 3-130

4.4.1 Введение 3-130
4.4.2 Основополагающие исследования и соображения 3-130
4.4.3 Испытания грунтов 3-131
4.4.4 Унифицированная система классификации грунтов 3-133
4.4.5 Примеры классификации грунтов 3-137
4.4.6 Холод и вечная мерзлота 3-140
4.4.7 Испытания на прочность грунтов 3-141
4.4.8 Теоретический расчет покрытий 3-143
4.4.9 История вопроса 3-145
4.4.10 Вопросы, касающиеся воздушного судна 3-146
4.4.11 Выбор расчетного воздушного судна 3-147
4.4.12 Определение эквивалентного количества ежегодных вылетов на расчетное воздушное судно 3-147
4.4.13 Проектирование нежесткого покрытия 3-149
4.4.14 Критические и некритические зоны 3-160
4.4.15 Стабилизированное основание и подстилающий слой 3-160
4.4.16 Стабилизированный подстилающий слой и коэффициента эквивалентности основания 3-160
4.4.17 Пример расчетных величин 3-161
4.4.18 Расчет жестких покрытий 3-163
4.4.19 Требования к подстилающему слою 3-164
4.4.20 Критические и некритические зоны 3-174
4.4.21 Стабилизированный подстилающий слой 3-174
4.4.22 Пример расчетных величин 3-175
4.4.23 Нестандартные расчетные кривые жестких покрытий.... 3-175
4.4.24 Высокая интенсивность движения воздушных судов 3-183
4.4.25 Покрытие из железобетона 3-183
4.4.26 Верхние слои покрытия аэропортов 3-185
4.4.27 Оценка покрытий 3-199

Глава 5. Методы улучшения структуры поверхности ВПП 3-204

5.1 Цель 3-204

5.2 Основные соображения 3-204

5.3 Обработка поверхности ВПП 3-212

Глава 6. Защита асфальтовых покрытий 3-225

6.1 Суть проблемы 3-225

6.2 Решение проблемы 3-226

6.3 Защитные покрытия 3-226

6.4 Вещества, используемые для защиты покрытия 3-227

Страница

Глава 6. (продолж.).....
6.5 Нанесение защитных покрытий..... 3-228
6.6 Обеспечиваемая защита..... 3-228
6.7 Меры по уходу..... 3-229
6.8 Некоторые смежные проблемы..... 3-229

Глава 7. Конструктивные особенности дренажных труб и мостов 3-230

7.1 Описание проблемы..... 3-230
7.2 Виды подземных сооружений..... 3-230
7.3 Некоторые руководящие принципы..... 3-231
7.4 Оценка подземных сооружений..... 3-231
7.5 Соображения, касающиеся расчета новых сооружений..... 3-234

Глава 8. Нанесение верхних асфальтовых слоев 3-237

8.1 Введение..... 3-237
8.2 Роль полномочного органа аэропорта..... 3-237
8.3 Аспекты проектирования..... 3-238B

Добавление 1. Характеристики воздушных судов, оказывающие влияние на несущую способность покрытия..... 3-239

Добавление 2. Порядок определения классификационного числа воздушного судна..... 3-249

Добавление 3. Графики расчета и оценки покрытий, представленные Францией..... 3-299

Добавление 4. Исходная информация о практике Соединенных Штатов Америки по расчету и оценке аэродромных покрытий..... 3-311

Добавление 5. ACN для различных типов воздушных судов..... 3-339

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Термины, определение которых дается в томе II *Сборника терминов ИКАО* (Doc 9110), используются в соответствии со значениями и применением в настоящем Руководстве. Во всем мире для описания грунтов, строительных материалов и элементов аэродромных покрытий используется большое количество разнообразных терминов. Насколько это возможно, в настоящем документе используются те термины, которые имеют широкое международное применение. Однако для удобства ниже приводится короткий перечень наиболее часто употребляемых терминов и их определения, а также терминов, которые считаются синонимичными основным терминам.

Наиболее часто употребляемый термин	Синоним	Определение
Асфальтобетон	Битуминизированный бетон	Смесь заполнителя подобранного состава, обработанная асфальтовым или битумным вяжущим материалом, уложенная в горячем или холодном состоянии и укатанная.
Бетон на портландцементе	Бетон	Смесь фракционированного заполнителя с портландцементом и водой.
Верхний (наружный) слой		Любой дополнительный слой покрытия, укладываемый на существующее покрытие, имеющее или не имеющее промежуточного слоя основания или подстилающего слоя, и применяемый обычно для повышения прочности покрытия или восстановления профиля поверхности.
Грунтовое основание	Естественное основание	Верхняя часть грунта, естественного или уложенного, которая выдерживает нагрузки, передаваемые покрытием.
Жесткое покрытие		Покрытие такой конструкции, которая обеспечивает распределение нагрузки на грунтовое основание и верхним слоем которой является плита из бетона на портландцементе с относительно высокой степенью сопротивления изгибу.
Заполнитель		Общий термин для минеральных фракций или частиц, которые с помощью соответствующего вяжущего материала могут образовывать твердую массу, в том числе для создания искусственного покрытия.
CBR	Калифорнийское число несущей способности	Число несущей способности грунта, определенное путем сравнения нагрузки пенетрации грунта с нагрузкой пенетрации стандартного материала (см. ASTM D1883). Данный метод позволяет оценивать относительные характеристики подстилающих грунтов, но он применим для оценки подстилающих материалов основания и некоторых материалов слоев основания.

Наиболее часто употребляемый термин	Синоним	Определение
Классификационное число воздушного судна (ACN)		Число, выражающее относительное воздействие воздушного судна на искусственное покрытие для установленной стандартной прочности основания.
Конструкция покрытия	Покрытие	Сочетание подстилающего слоя, слоя основания и поверхностного слоя, укладываемых на грунтовое основание для того, чтобы выдерживать нагрузку от движения воздушных судов и распределять ее на грунтовое основание.
Нежесткое покрытие		Покрытие такой конструкции, которая обеспечивает плотный контакт с грунтовым основанием и распределяет нагрузку на это основание; его состояние обуславливается взаимным соединением заполнителей, трением частиц и сцеплением для создания стабильности.
Несущая способность покрытия	Прочность покрытия	Мера способности покрытия выдерживать прилагаемую нагрузку.
Поверхностный слой	Слой износа	Внешний слой конструкции покрытия.
Подстилающий (нижний) слой покрытия	Слой под основанием	Слой (или слои) определенных подобранных материалов рассчитанной толщины, укладываемый на грунтовое основание в качестве опоры для слоя основания
Слой основания	Основание	Слой (или слои) определенного или подобранного материала рассчитанной толщины, уложенный на подстилающий слой или грунтовое основание в качестве опоры для поверхностного слоя покрытия.
Составное покрытие		Покрытие, состоящее из нежестких и жестких слоев с разделительными прослойками из гранулированного материала или без них.
Классификационное число покрытия (PCN)		Число, выражающее несущую способность искусственного покрытия для эксплуатации без ограничений.

ГЛАВА 1. МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ О ПРОЧНОСТИ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

1.1 Метод, применяемый для покрытий, предназначенных для тяжелых воздушных судов (метод ACN-PCN)

1.1.1 Введение

1.1.1.1 В соответствии с п. 2.5.2 Приложения 14 несущая способность искусственного покрытия, предназначенного для воздушных судов с массой более 5700 кг, определяется по методу "Классификационное число воздушного судна - классификационное число покрытия (ACN-PCN)". Для облегчения понимания и использования метода ACN-PCN следующий материал поясняет:

a) принцип метода; и

b) порядок определения значений ACN воздушных судов.

1.1.2 Идея метода ACN-PCN

1.1.2.1 В Приложении 14 ACN и PCN определяются следующим образом:

ACN: число, выражающее относительное воздействие воздушного судна на искусственное покрытие для установленной стандартной прочности грунтового основания.

PCN: число, выражающее несущую способность покрытия для эксплуатации без ограничений.

В самом начале необходимо указать, что метод ACN-PCN предназначен только для публикации данных о несущей способности покрытия в сборниках аэронавигационной информации (AIPs). Данный метод не предназначен для проектирования или оценки покрытий, он также не предполагает использование администрацией аэропорта особого метода как для проектирования, так и для оценки покрытий. Действительно, метод ACN-PCN позволяет государствам по своему выбору использовать какой-либо метод проектирования/оценки. В данном методе особое значение придается не оценке покрытий, а оценке номинальной нагрузки, создаваемой воздушными судами (ACN); содержится стандартная методика оценки номинальной нагрузки от воздушных судов. По данному методу данные о прочности покрытия предоставляются в виде номинальной нагрузки от воздушного судна, которую покрытие может принимать без ограничений. Для определения номинальной нагрузки покрытия администрация аэропорта может использовать по своему выбору любой метод. Если при отсутствии технических средств оценки администрация намерена использовать опыт эксплуатации воздушных судов, тогда, используя один из описанных ниже методов, следует вычислить значения ACN наиболее критического воздушного судна, перевести данное значение в эквивалентное PCN и опубликовать его в сборнике аэронавигационной информации в качестве номинальной нагрузки для данного покрытия. Представленное таким образом значение PCN обозначает, что воздушное судно может использовать данное покрытие с учетом ограничений давления пневматика, если значение его ACN равно данной величине или менее его.

1.1.2.2 Метод ACN-PCN предполагает представление данных о прочности покрытия по непрерывной шкале. Ноль является нижним пределом шкалы, а верхний предел отсутствует. Эта шкала также используется для измерения номинальных нагрузок как воздушных судов, так и покрытий.

1.1.2.3 Для облегчения использования этого метода изготовители воздушных судов опубликуют в описаниях характеристик своих воздушных судов значения ACN, вычисленные для двух различных масс (максимальной массы на перроне и репрезентативной массы пустого самолета), как на жестких, так и на нежестких покрытиях для четырех стандартных категорий прочности грунтового основания. Тем не менее, для удобства пользования, в дополнении C Приложения 14 и добавлении 5 Руководства приведена таблица значений ACN нескольких воздушных судов. Необходимо отметить, что при определении ACN используется "статическая" масса и не вносится поправка на увеличение нагрузки вследствие динамических эффектов.

1.1.2.4 Метод ACN-PCN также предполагает, что о каждом покрытии представляются следующие данные:

a) тип покрытия;

b) категория основания;

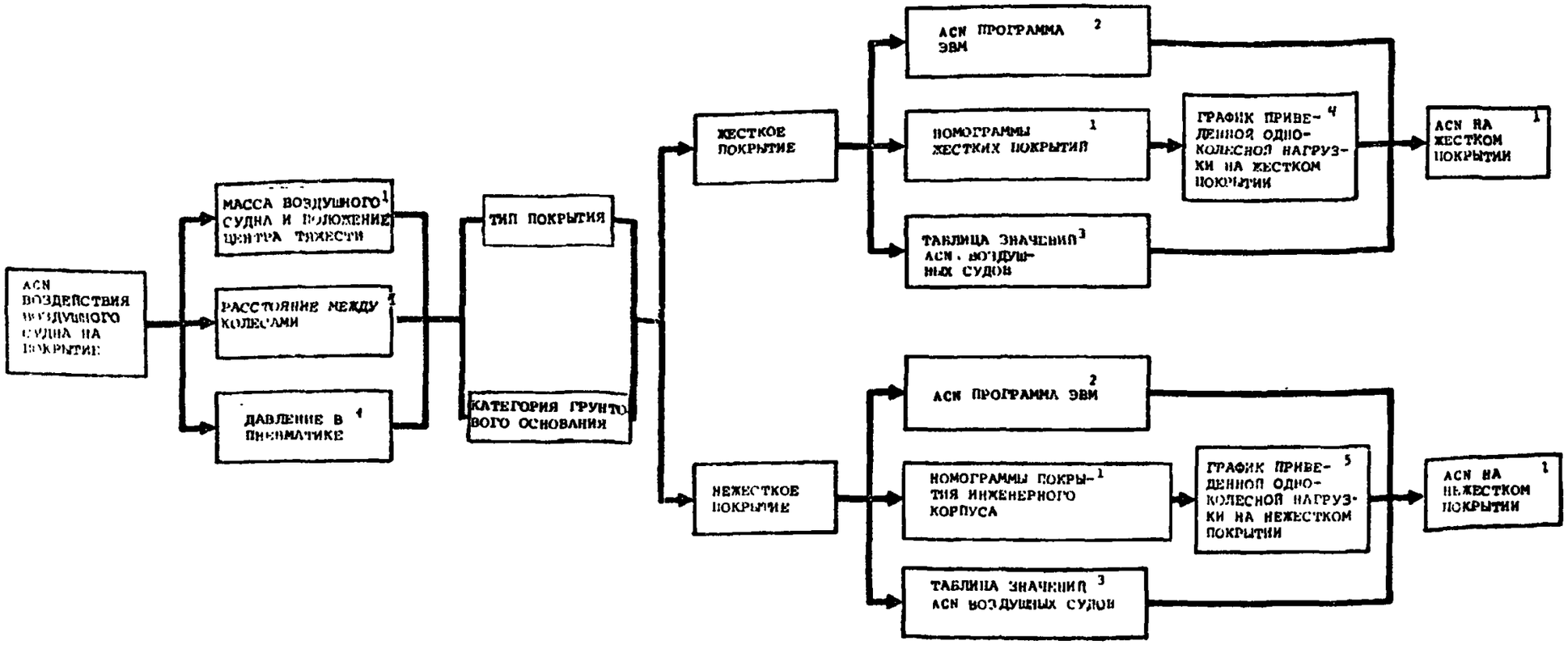
c) максимально допустимое давление в пневматике; и

d) используемый метод оценки покрытия.

Эти данные в первую очередь позволяют эксплуатантам воздушных судов определить разрешенные типы воздушных судов и эксплуатационные массы, а изготовителям воздушных судов - обеспечить совместимость покрытий аэропорта с создаваемыми воздушными судами. Однако при этом не требуется предоставления данных о фактической прочности основания или о максимально допустимом давлении в пневматике. Поэтому обычно требуемые данные о прочности оснований и давлении в пневматике сведены в категории, как показано в п. 1.1.3.2 ниже. Вполне достаточно, если администрация аэропорта установит категории своих покрытий (см. также примеры в п. 2.5.6 Приложения 14).

1.1.3 Методика определения ACN

1.1.3.1 Технологическая схема ниже поясняет методику вычисления значений ACN воздушных судов по методу ACN-PCN.



Соответствующие документы

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ САМОЛЕТА ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ АЭРОПОРТОВ (опубликованы изготовителем воздушных судов)
2. Добавление 2 к настоящему Руководству
3. Таблица B-1 дополнения B к Приложению 14 и добавление 5 к настоящему Руководству.
4. Рис. 1-4 настоящего Руководства
5. Рис. 1-5 настоящего Руководства

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

1.1.3.2 Стандартные значения, используемые в данном методе, и описание различных терминов

a) Категория основания: Метод ACN-PCN не использует непрерывную шкалу прочности основания, а использует восемь стандартных значений прочности основания (т.е. четыре значения "k" жесткого покрытия и четыре значения CBR нежесткого покрытия). Считается, что вполне достаточно представлять данные о группе оснований с указанием стандартного среднего значения каждой группы. Различают высокую, среднюю, низкую и сверхнизкую категории прочности оснований, для которых установлены следующие численные значения:

Категории прочности основания

Высокая прочность; характеризуется k* = 150 МН/м^3 и всеми значениями k более 120 МН/м^3 для жестких покрытий и CBR 15 со всеми значениями CBR более 13 для нежестких покрытий.

Средняя прочность; характеризуется k = 80 МН/м^3 при изменении k от 60 до 120 МН/м^3 для жестких покрытий и CBR 10 при изменении CBR от 8 до 13 для нежестких покрытий.

Низкая прочность; характеризуется k = 40 МН/м^3 и всеми значениями k от 25 до 60 МН/м^3 для жестких покрытий и CBR 6 при изменении CBR от 4 до 8 для нежестких покрытий.

Сверхнизкая прочность; характеризуется k = 20 МН/м^3 и всеми значениями k менее 25 МН/м^3 для жестких покрытий и CBR = 3 со всеми значениями CBR менее 4 для нежестких покрытий.

b) Рабочее напряжение бетона для жестких покрытий. Для обеспечения единообразия при представлении данных принимается стандартное напряжение для жестких покрытий (σ = 2,75 МПа). Рабочее напряжение, используемое для проектирования и(или)оценки покрытий, не имеет ничего общего со стандартным напряжением, используемым для представления данных.

c) Давление в пневматике. Результаты исследования покрытий и пересмотр старых результатов испытаний показывают, что давление в пневматике имеет второстепенное значение по сравнению с такими факторами, как нагрузка и расстояние между колесами, если не учитывать покрытий необычной конструкции (т.е. нежесткие покрытия с тонким поверхностным слоем из асфальта и бетона или со слабыми верхними слоями). Поэтому, для представления данных можно установить четыре категории давления в пневматике: высокая, средняя, низкая и очень низкая, которым соответствуют следующие численные значения:

высокая	- давление не ограничено
средняя	- давление не более 1,50 МПа
низкая	- давление не более 1,00 МПа
очень низкая	- давление не более 0,50 МПа

* Значения определены с использованием плиты диаметром 75 см.

d) Математически приведенная одноколесная нагрузка. Понятие математически приведенной одноколесной нагрузки используется в методе ACN-PCN для определения взаимодействия шасси/покрытие без указания в виде параметра ACN толщины покрытия. Это достигается за счет того, что толщина покрытия, определенная математической моделью шасси воздушного судна, приравнивается к толщине покрытия для одного колеса со стандартным давлением в пневматике 1.25 МПа. Полученная таким образом одноколесная нагрузка в дальнейшем используется без ссылки на толщину покрытия; это возможно, потому что основное значение придается выравниванию покрытий не по толщине покрытия, а по одинаково прилагаемому к покрытию напряжению. Это допущение согласуется с целью метода ACN-PCN - оценить относительное воздействие нагрузки воздушного судна на покрытие.

e) Классификационное число воздушного судна (ACN). ACN воздушного судна численно определяется как двойная приведенная одноколесная нагрузка, выраженная в тысячах килограмм. Ранее указывалось, что давление в пневматике одного колеса устанавливается 1,25 МПа. Кроме того, приведенная одноколесная нагрузка является функцией прочности грунтового основания. Классификационное число воздушного судна (ACN) определено только для четырех категорий грунтового основания (т.е. высокая, средняя, низкая и сверхнизкая прочности). При численном определении ACN используется коэффициент "два" (2) для получения соответствующего значения ACN против шкалы полной массы, чтобы целое число значений ACN можно было использовать с приемлемой точностью.

f) Так как при эксплуатации воздушного судна его масса изменяется, а центр тяжести перемещается, то при вычислении ACN применяются следующие допущения (см. рис. 1-1):

1) максимальное значение ACN воздушного судна вычисляется для такой массы и при таком положении центра тяжести (Ц.Т.), которые создают наибольшую нагрузку основного шасси на покрытие, это обычно максимальная предполетная масса при соответствующем хвостовом центре тяжести. При этом считается, что давление в пневматиках воздушных судов соответствует давлению, рекомендованному изготовителями;

2) графики и таблицы ACN соответствующих воздушных судов показывают зависимость ACN от полной массы воздушного судна при соответствующем максимальному значению ACN положении Ц.Т. (обычно хвостовой Ц.Т. для максимальной предполетной массы) и при давлении в пневматике при максимальной предполетной массе; и

3) значения ACN, скорректированные в зависимости от давления пневматики и(или)положения Ц.Т.при определенной полной массе воздушного судна, являются значениями ACN при особых условиях.

1.1.3.3 Сокращения

a) Параметры воздушного судна

MRGM - максимальная полная предполетная масса в килограммах

b) Параметры покрытия и основания

σ - стандартное рабочее напряжение для представления данных, 2,75 МПа

t - толщина покрытия в см

Толщина плиты для жестких покрытий или

общая толщина структурной системы покрытия (от поверхностного слоя до основания) для нежестких покрытий (см. рис. 1-2).

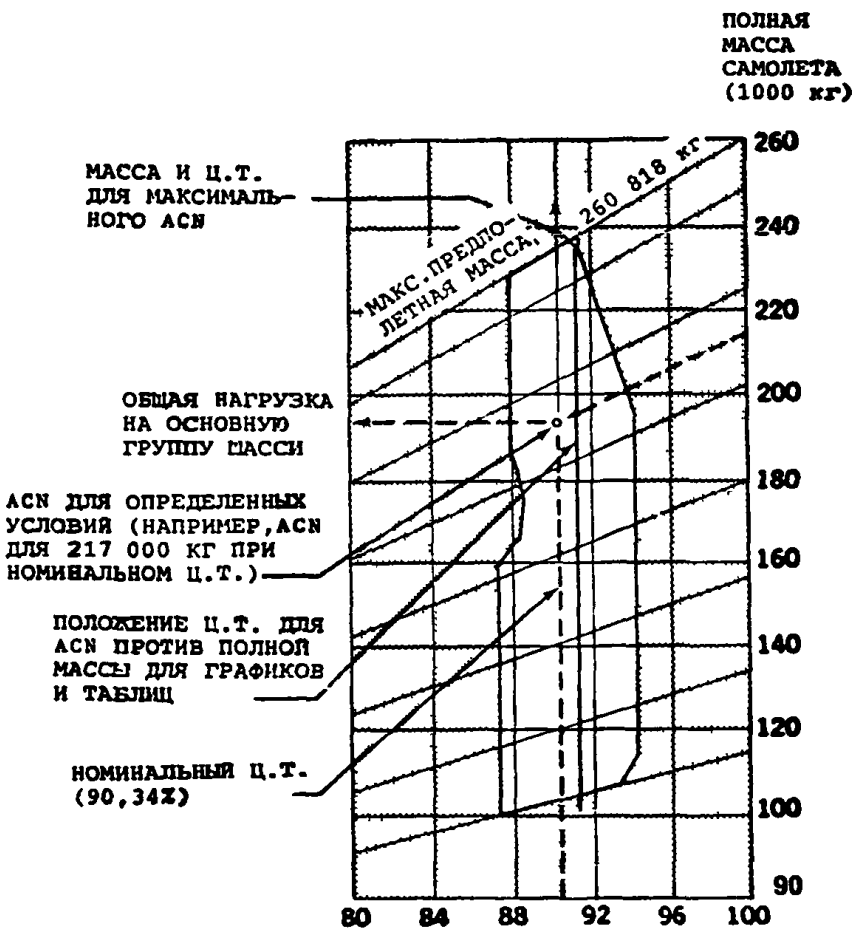
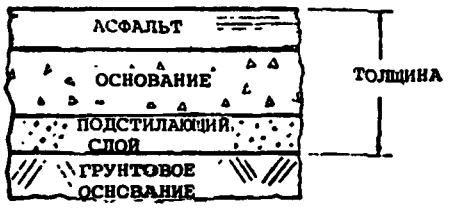


Рис. 1-1. Нагрузка шасси на покрытие

модель DC-10 серий 30, 30 CF, 40 и 40CF

ТЕОРЕТИЧЕСКИ РАССЧИТАННОЕ АСФАЛЬТОВОЕ ПОКРЫТИЕ



ТЕОРЕТИЧЕСКИ РАССЧИТАННОЕ ЦЕМЕНТНО-БЕТОННОЕ ПОКРЫТИЕ

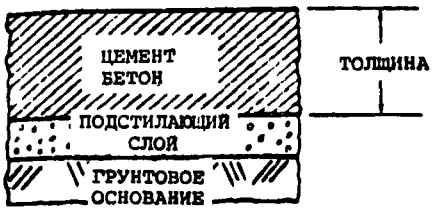


Рис. 1-2

k - модуль реакции грунтового основания Вестергарда в МН/м^3

ℓ - радиус относительной жесткости Вестергарда в см или дюймах. Определяется по следующей формуле (см. рис. 1-3).

$$\ell = \sqrt[4]{\frac{E\,t^3}{12\,(1-\mu^2)k}}$$

E - модуль упругости

μ - коэффициент Пуассона ($\mu = 0.15$)

ФИЗИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ "РАДИУСА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ" ВЕСТЕРГАРДА, ℓ

Одноколесная нагрузка на плиту

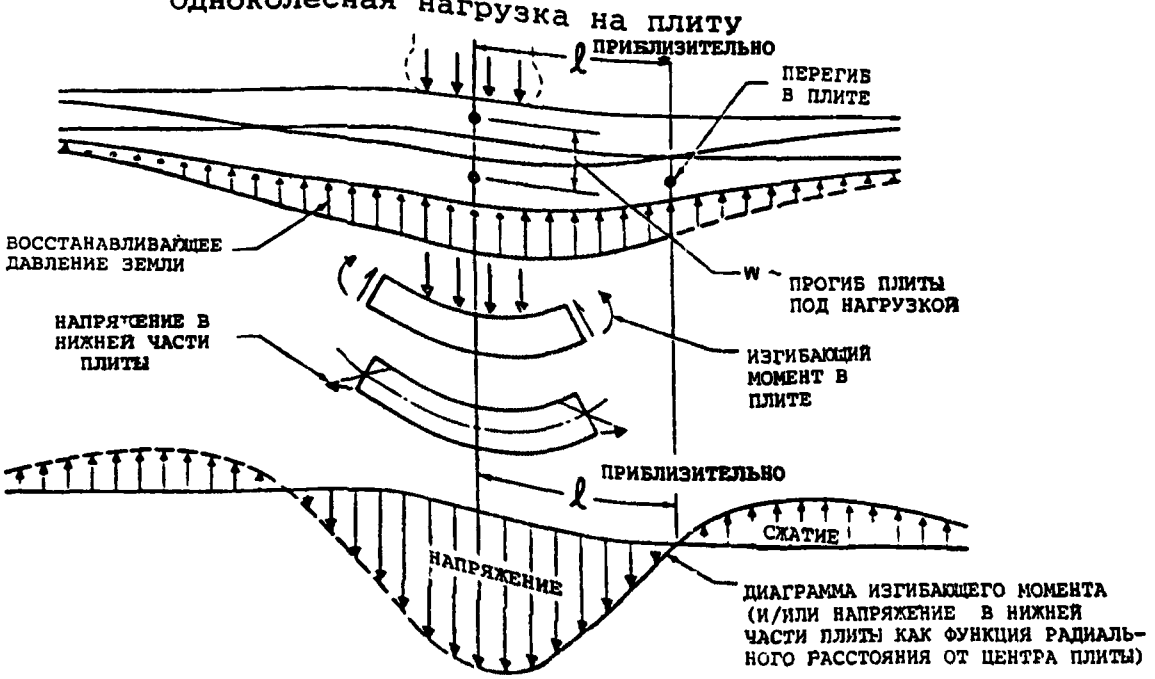


Рис. 1-3

CBR - калифорнийское число несущей способности в процентах

Давление в пневматике

P_s - давление в пневматике для приведенной одноколесной нагрузки - 1,25 МПа

P_q - давление в пневматике при максимальной предполетной массе воздушного судна

1.1.3.4 Математические модели. Метод ACN-PCN использует две математические модели: решение Вестергарда для нагруженной упругой плиты на основании Уинклера (случай внутренней нагрузки) для жестких покрытий и решение Буссинеска для напряжений и сдвигов в однородном изотропическом упругом наполовину утопленном в поверхность заполнителе для нежестких покрытий. Применение этих двух широко распространенных моделей позволяет максимальную корреляцию всемирных методологий проектирования покрытий с использованием минимального количества параметров покрытия (требуется только приблизительное значение k грунтового основания или значения CBR).

1.1.3.5 Программы ЭВМ. В добавлении 2 приведены две программы ЭВМ, составленные с использованием этих математических моделей. Программа для оценки воздушных судов на жестких покрытиях основана на программе, составленной Р.Д. Паккардом* (Ассоциация Портландцемента, Иллинойс, США), а программа для оценки воздушных судов на нежестких покрытиях основана на инструктивном докладе S-77-1 "Методы построения расчетных кривых CBR" опытной станции внутренних водных путей сообщения инженерного корпуса армии США. Однако можно отметить, что приведенные в дополнении С к Приложению 14 и в добавлении 5 к настоящему Руководству таблицы классификации воздушных судов полностью исключают необходимость использования этих программ для большинства используемых в настоящее время воздушных судов.

1.1.3.6 Графические методы. Воздушные суда, для которых изготовители опубликовали графики требуемой толщины покрытия, также могут быть оценены описанными ниже графическими методами.

1.1.3.7 Жесткие покрытия. Данный метод использует приведенный на рис. 1-4 график пересчета и графики требуемой толщины покрытия, опубликованные изготовителями воздушных судов. При составлении графика на рис. 1-4 использовалась описанная в п. 1.1.3.5 программа ЭВМ, подготовленная Ассоциацией Портландцемента. Этот график устанавливает связь приведенной одноколесной нагрузки с расчетной толщиной покрытия при постоянном давлении в пневматике 1,25 МПа. Он учитывает четыре стандартных значения k грунтового основания, рассмотренные в п. 1.1.3.2 а) выше, и стандартное напряжение бетона 2,75 МПа. Данный график также содержит шкалу ACN, которая позволяет непосредственно считывать значения ACN. Значение ACN воздушного судна определяется следующим образом:

a) используя график требуемой толщины покрытия, опубликованный изготовителем воздушного судна, определяется расчетная толщина для данной массы воздушного судна, данного значения k грунтового основания и стандартного напряжения бетона для представления данных, т.е. 2,75 МПа;

b) по найденной расчетной толщине покрытия и используя рис. 1-4 определяется приведенная одноколесная нагрузка для выбранного грунтового основания; и

* Ссылка на документ "Расчет бетонного покрытия аэропорта", Р.Д. Паккард, Ассоциация Портландцемент, Скоки, Иллинойс, 60076, 1973 год.

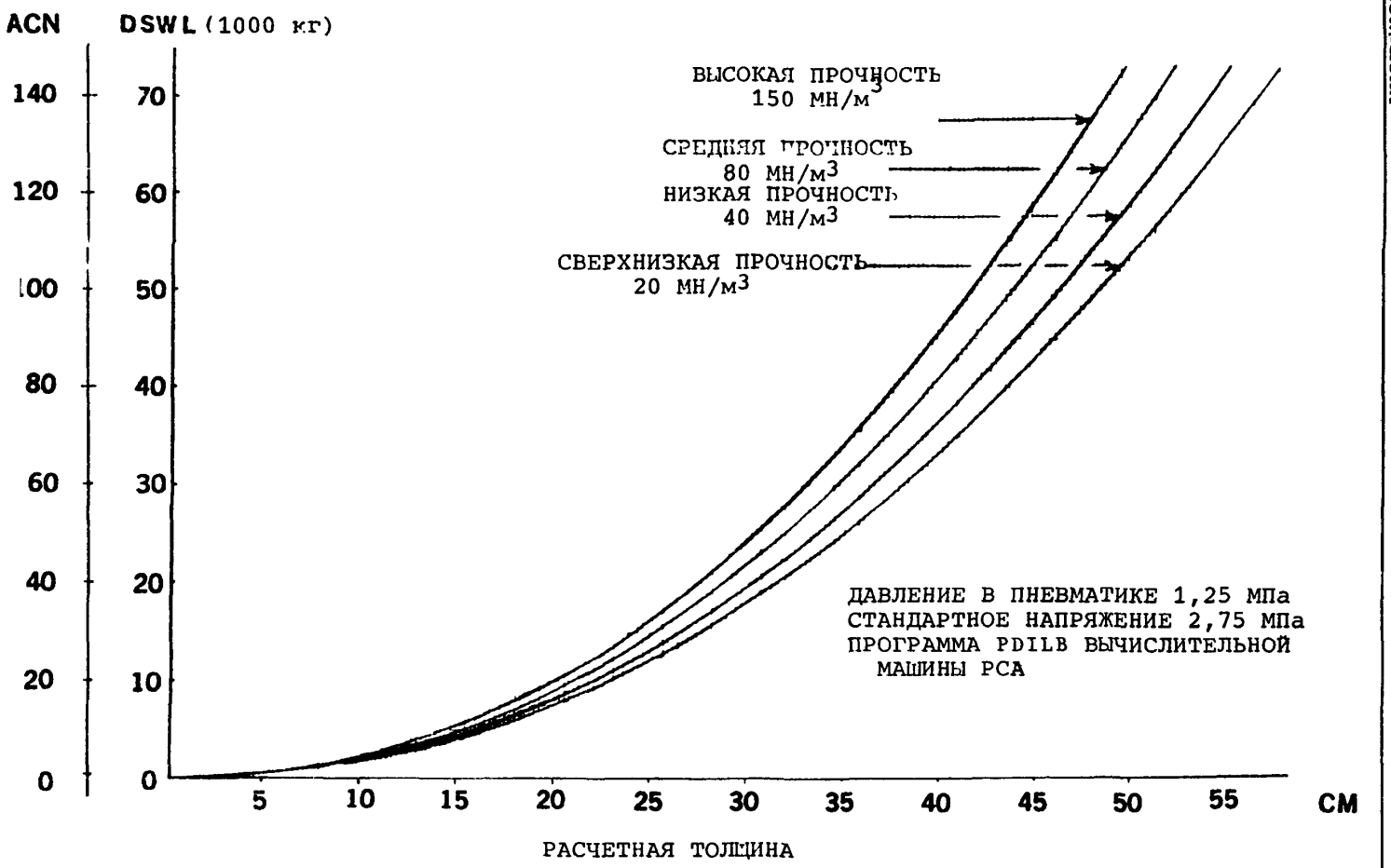


Рис. 1-4. График пересчета ACN на жестком покрытии

c) классификационным числом воздушного судна для выбранной массы и значения k грунтового основания является удвоенная приведенная одноколесная нагрузка, выраженная в 1000 кг. Значение ACN также может быть определено непосредственно из графика. Также необходимо отметить, что по данной методике не требуются поправки на давление в пневматике.

1.1.3.8 Нежесткие покрытия. В данной методике используется график пересчета, приведенный на рис. 1-5, и графики требуемой толщины покрытия, опубликованные изготовителями воздушных судов на основе инженерного метода CBR армии США. Первый график построен по следующей формуле:

$$t = \sqrt{\frac{DSWL}{C_1\ CBR} - \frac{DSWL}{C_2 p_s}}$$

где: t - расчетная толщина в см

DSWL - одноколесная нагрузка при давлении в пневматике 1,25 МПа

p_s = 1,25 МПа

CBR - стандартное грунтовое основание (обратите внимание на то, что график использует четыре стандартных значения 3, 6, 10 и 15)

C_1 = 0,5695 C_2 = 32,035

Другие графики используются для достижения равнозначности между "эффектом группы колес шасси" и приведенной одноколесной нагрузкой путем использования коэффициентов прогиба Буссинеска. Значение ACN воздушного судна определяется следующим образом:

a) по графику требуемой толщины покрытия, опубликованному изготовителем, определяется расчетная толщина для данной массы воздушного судна, категории грунтового основания и в расчете на 10 000 проходов по полосе охвата;

b) используя найденную в п. a) расчетную толщину и CBR, соответствующее категории грунтового основания, на рис. 1-5 определяется одноколесная нагрузка; и

c) значением ACN для выбранной массы и категории грунтового основания является удвоенная приведенная одноколесная нагрузка, выраженная в 1000 кг. Обращается внимание на то, что ACN также может быть определено непосредственно из графика. Также обращается внимание на то, что при использовании данного метода не требуются поправки на давление в пневматике.

1.1.3.9 Корректировка ACN на давление в пневматике. Обычно пневматики воздушных судов накачиваются до давления, соответствующего максимальной полной массе, которое поддерживается независимо от изменений взлетной массы. Однако бывают случаи, когда осуществляется эксплуатация с уменьшенной массой и при сниженном давлении в пневматике, для которых необходимо вычислить сниженные значения ACN. На этот случай для жестких покрытий на основе программы PDILB вычислительной машины PCA составлен график, приведенный на рис. 1-6. Приведенный на графике пример поясняет порядок его использования.

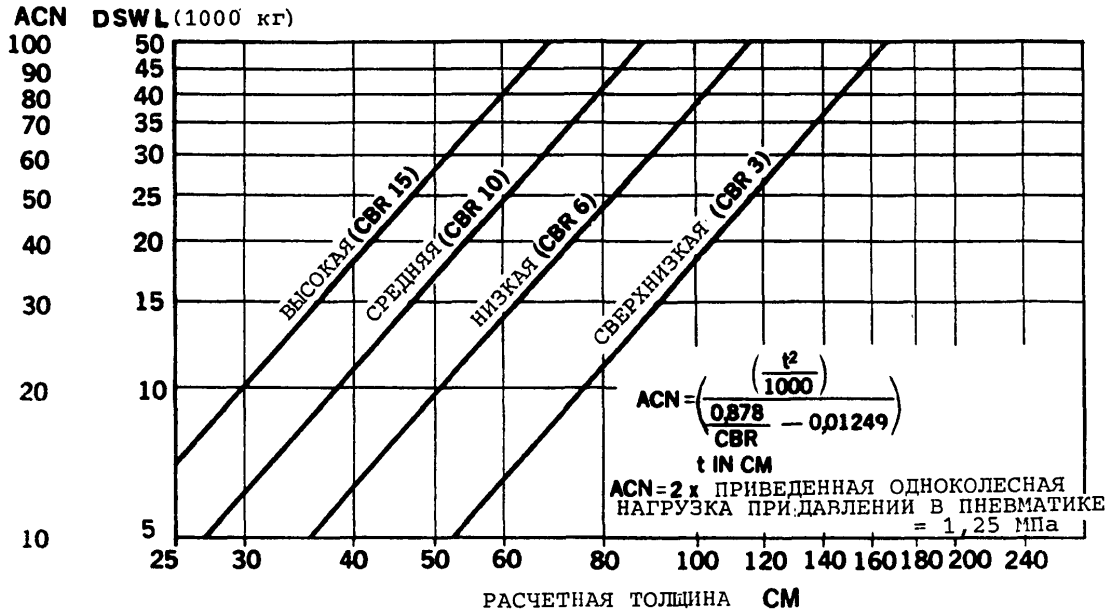


Рис. 1-5. График пересчета ACN на нежестком покрытии

1.1.3.10 Для нежестких покрытий уравнение $CBR\ t = \sqrt{\frac{DSWL}{C_1\ CBR} - \frac{DSWL}{C_2 P_s}}$

было использовано для составления формулы толщины покрытия и определения значения ACN для сниженного давления по значению ACN для максимального давления в пневматике при сниженной массе по следующему выражению:

$$ACN_{\text{при сниженном давлении}} = ACN_{\text{при максимальном давлении}} \left[\frac{\frac{1}{C_1\ CBR} - \frac{1}{C_2 P_{\text{сниж.}}}}{\frac{1}{C_1\ CBR} - \frac{1}{C_2 P_{\text{макс.}}}} \right]$$

(для определения значений C_1 и C_2 см. п. 1.1.3.8)

1.1.3.11 Рабочие примеры

Пример 1. Определите значение ACN B727-200 "Стандарт" с массой 78 500 кг на жестком покрытии с основанием средней прочности (т.е. $k = 80$ МН/м^3). Давление в пневматике основных колес составляет 1,15 МПа.

Решение. Значение ACN воздушного судна из таблицы добавления 5 к настоящему Руководству составляет 48.

Определить ACN воздушного судна также можно с помощью рис. 1-4, а также по графику требуемого покрытия для воздушного судна на рис. 1-7. По данному методу производятся следующие вычисления:

a) из рис. 1-7 определяется толщина бетона, необходимая для воздушного судна массой 78 500 кг, для величины k основания 80 МН/м^3 и стандартного напряжения бетона 2,75 МПа, которая составляет 31,75 см; и

b) используя найденную толщину покрытия по рис. 1-4, определяется значение ACN воздушного судна для основания средней прочности, которая составляет 48.

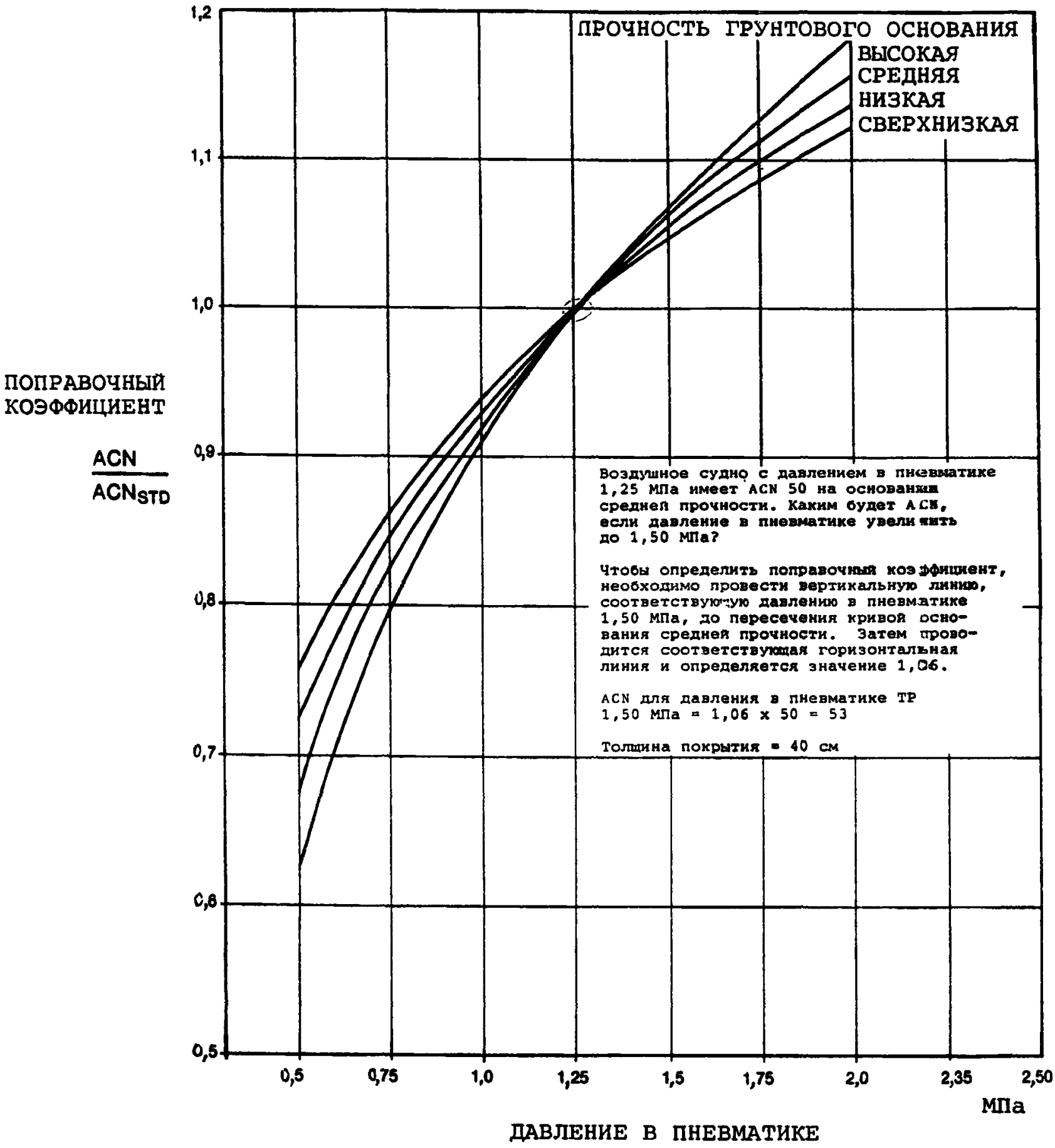


Рис. 1-6. Корректирование ACN по давлению в пневматике - только на жестком покрытии

Пример 2: Сборник аэронавигационной информации AIP содержит следующие данные о покрытии ВПП:

PCN покрытия - 80
тип покрытия - жесткое
категория основания - средней прочности
ограничение давления в пневматике - отсутствует.

Определяется возможность использования покрытия следующими воздушными судами с указанными эксплуатационными массами и давлениями в пневматике:

	Масса	Давление в пневматике
Аэробус А 300 модель В2	142 000 кг	1,23 МПа
В747-100	334 751 кг	1,55 МПа
Конкорд	185 066 кг	1,26 МПа
DC-10-40	253 105 кг	1,17 МПа

Решение. Значения ACN данных воздушных судов из добавления 5 к Руководству соответственно составляют 44, 51, 71 и 53. Поскольку рассматриваемое покрытие имеет PCN 80, то оно может принимать все воздушные суда.

Пример 3. Определите значение ACN DC-10-10 с массой 157 400 кг на нежестком покрытии с грунтовым основанием средней прочности (CBR 10). Давление в пневматике основных колес составляет 1,28 МПа.

Решение. ACN воздушного судна из добавления 5 к Руководству составляет:

$$57 - \frac{(196\,406 - 157\,400)}{(196\,406 - 108\,940)} \times (57-27)$$

$$= 57 - \frac{39\,006}{87\,466} \times 30$$

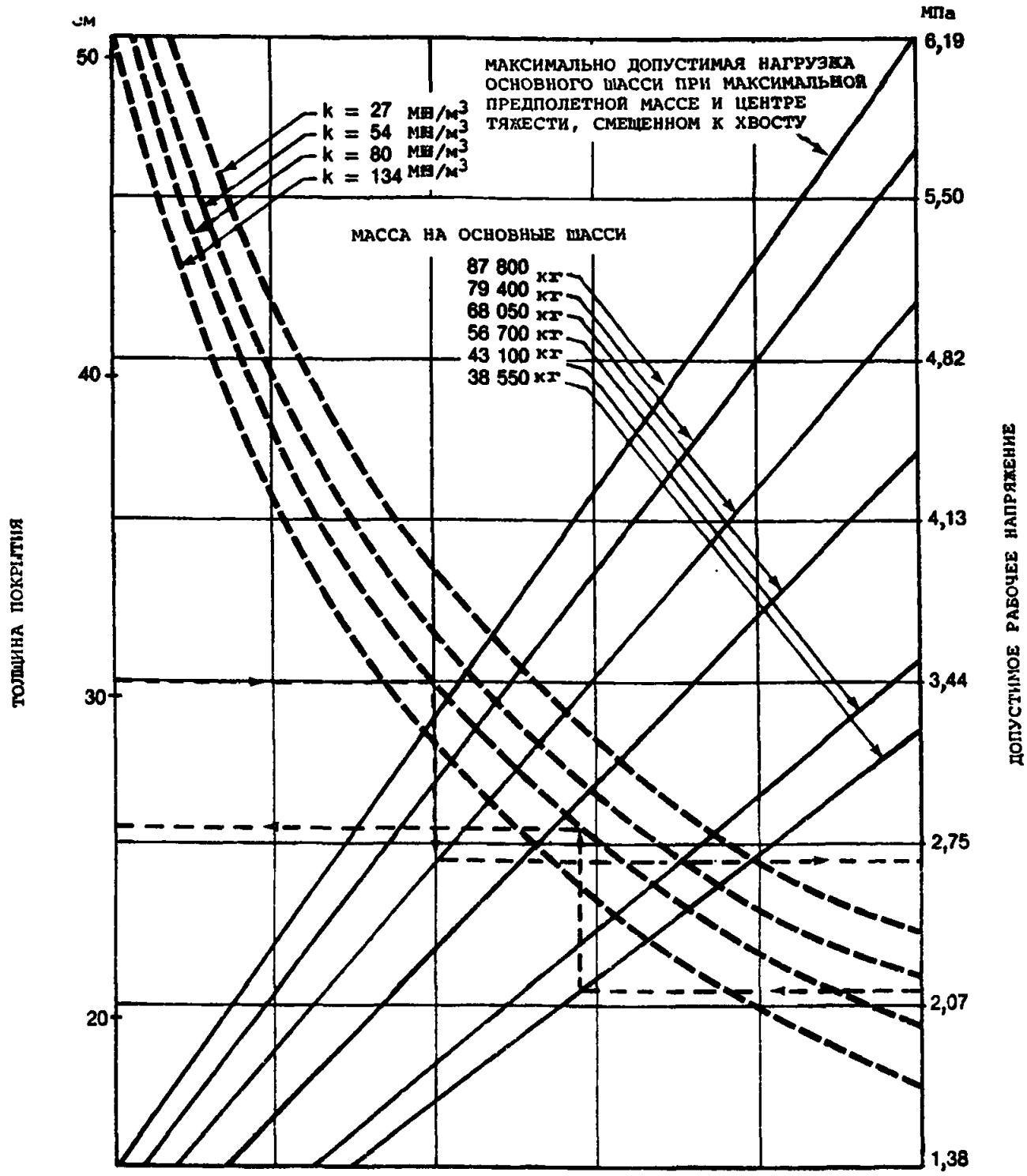
$$= 57 - 13{,}4 = \underline{43{,}6} \text{ или } \underline{44}$$

Определить ACN воздушного судна также можно по рис. 1-5, а также по графику требуемого покрытия на рис. 1-8. По данному методу проводятся следующие вычисления:

a) из рис. 1-8 определяется толщина покрытия, которая необходима для воздушного судна с массой 157 400 кг, для основания, имеющего CBR = 10, которая составляет 57 см; и

b) используя найденную толщину покрытия из рис. 1-5,определяется ACN воздушного судна для основания, имеющего CBR 10, которая составляет 44.

ПНЕВМАТИКИ 124,5 x 43,2 см - ПОСТОЯННОЕ ДАВЛЕНИЕ В ПНЕВМАТИКЕ 11,7 кг/см^2
ПНЕВМАТИКИ 127 x 53,3 см(НОВЫЙ ТИП) - ПОСТОЯННОЕ ДАВЛЕНИЕ В ПНЕВМАТИКЕ 11,7 кг/см^2



ПРИМЕЧАНИЕ. ЗНАЧЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАСЧЕТНОЙ ЛИНИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ И ЛЮБОГО ЗНАЧЕНИЯ k, ЯВЛЯЮТСЯ ТОЧНЫМИ. ДЛЯ НАГРУЗОК МЕНЕЕ МАКСИМАЛЬНОЙ КРИВЫЕ ЯВЛЯЮТСЯ ТОЧНЫМИ ДЛЯ k = 80, НО ДЛЯ ДРУГИХ ЗНАЧЕНИЙ k ИМЕЮТ НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: "РАСЧЕТ БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АЭРОПОРТОВ" И "ПРОГРАММА ЭВМ ДЛЯ РАСЧЕТА АЭРОПОРТОВЫХ ПОКРЫТИЙ - ПРОГРАММА PDILB", АССОЦИАЦИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ.

ТРЕБОВАНИЯ К ЖЕСТКОМУ ПОКРЫТИЮ -
МЕТОД РАСЧЕТА АССОЦИАЦИИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА
МОДЕЛИ 727-100, 100С С МАССОЙ 77 200 кг; 727-200 "СТАНДАРТ"
С МАССОЙ 78 500 кг;
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ 727-200 С МАССОЙ 89 800 кг И
С МАКСИМАЛЬНОЙ ПРЕДПОЛЕТНОЙ МАССОЙ 95 300 кг.

Рис. 1-7

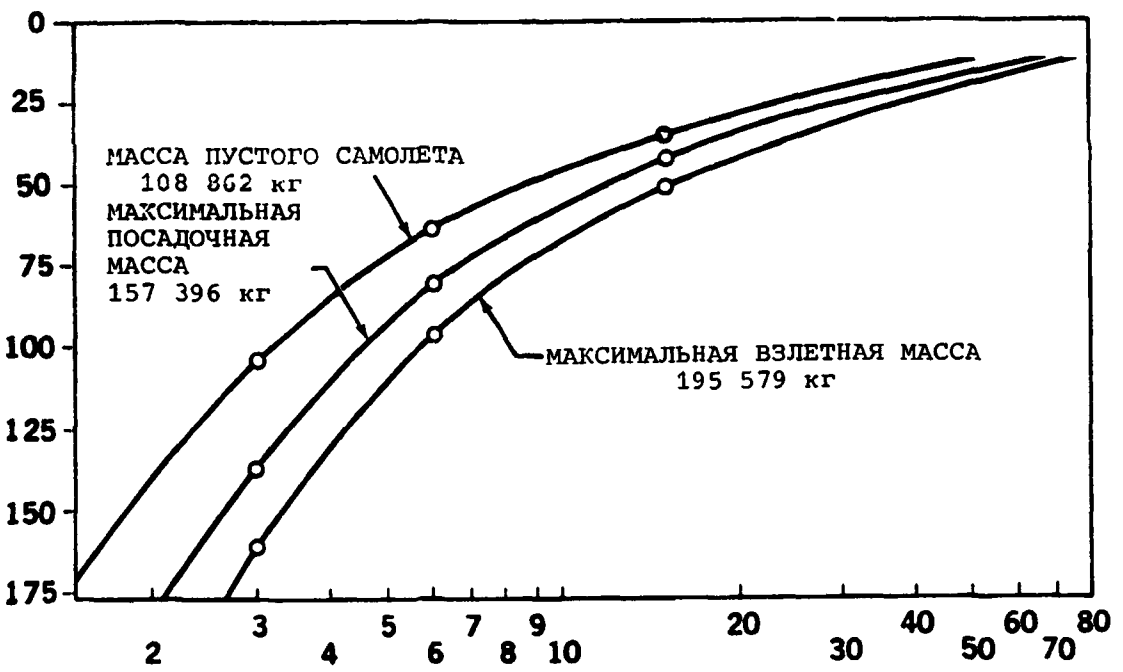


Рис. 1-8. Требования DC-10-10 к нежесткому покрытию 10 000 проходов воздушных судов с хвостовым центром тяжести по полосе охвата

1.2 Метод представления данных о покрытиях, предназначенных для легких воздушных судов

1.2.1 Метод ACN-PCN, рассмотренный в разделе 1.1, не предназначен для представления данных о прочности покрытий для легких воздушных судов, т.е. для воздушных судов с массой менее 5700 кг. Для таких покрытий в Приложении 14 оговаривается простой метод. Этот метод предусматривает сообщение лишь двух элементов: максимально допустимой массы воздушного судна и максимально допустимого давления в пневматике. Необходимо отметить, что категории давления в пневматике по методу ACN-PCN (п. 1.1.3.2 c)) не используются для сообщения максимально допустимого давления в пневматике. Фактические предельные значения давления в пневматике указываются, как показано на следующем примере:

Пример: 4000 кг/0,50 МПа

ГЛАВА 2. ИНСТРУКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ, КАСАЮЩИЙСЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ С ПЕРЕГРУЗНАМИ

2.1 Критерии, приведенные в дополнении В к Приложению 14

2.1.1 Слишком большие нагрузки или значительно повышенная степень использования, или обе эти причины, могут привести к перегрузке покрытий. Нагрузки больше установленной (расчетной или оценочной) нагрузки сокращают расчетный срок службы, в то время как меньшие нагрузки продлевают срок службы. Покрытия в своей статической работе конструкции не имеют конкретной предельной нагрузки, исключая случай большой перегрузки, выше которой они внезапно или серьезно разрушаются. Статическая работа проходит таким образом, что покрытие может выдерживать в течение расчетного срока службы предполагаемое количество повторений определенной нагрузки. Поэтому, при необходимости, иногда допускается незначительная перегрузка, которая обуславливает только ограниченное сокращение предполагаемого срока службы покрытия и сравнительно небольшое ускорение его износа. Для тех случаев, когда величина перегрузки и (или) частота использования покрытия не оправдывают проведения подробного анализа, предлагаются следующие критерии:

a) нежесткие покрытия; редкие взлетно-посадочные операции воздушных судов с ACN, не превышающим представленное PCN более чем на 10 процентов, не должны оказывать неблагоприятного воздействия на покрытие;

b) жесткие или смешанные покрытия, в которых основным элементом структуры является жесткий слой их покрытия; редкие взлетно-посадочные операции воздушных судов с ACN, не превышающим представленное PCN более чем на 5 процентов, не должны оказывать неблагоприятного воздействия на покрытие;

c) если структура покрытия неизвестна, следует применять ограничения в 5 процентов;

d) годовое количество взлетно-посадочных операций с перегрузками не должно превышать приблизительно 5 процентов общего годового количества взлетно-посадочных операций воздушных судов.

2.1.2 Обычно не следует разрешать взлетно-посадочные операции с такими перегрузками на покрытиях с признаками разрушения или ухудшения состояния. Также следует избегать перегрузки в периоды оттепели после промерзания покрытия или когда прочность покрытия или его грунтового основания понижается из-за ухудшения водоотвода. При выполнении взлетно-посадочных операций с перегрузкой соответствующему полномочному органу следует регулярно следить за состоянием соответствующего покрытия, а также следует периодически пересматривать критерии в отношении эксплуатации покрытия с перегрузками, т.к. чрезмерное повторение перегрузок может привести к резкому сокращению срока службы покрытия или вызвать необходимость капитального ремонта покрытия.

2.2. Практика государств

2.2.1 Практика Канады

2.2.1.1 В основе технической оценки предлагаемой эксплуатации с перегрузками лежит принцип "коэффициента перегрузки". Коэффициент перегрузки определяет нагрузку, которую оказывает воздушное судно, относительно номинальной расчетной прочности покрытия. Для нежестких покрытий коэффициент перегрузки вследствие воздействия воздушного судна определяется путем расчета несущей способности основания, необходимой для заданной толщины покрытия. При этом используется уравнение в п. 4.1.2.2. Затем, чтобы найти значение коэффициента перегрузки, определяется отношение рассчитанной несущей способности основания к фактической несущей способности основания. Для жестких

покрытий коэффициент перегрузки определяется как отношение напряжения при изгибе, возникающего в плите под действием воздушного судна, к расчетному напряжению при изгибе 2,75 МПа.

2.2.1.2 С учетом указанных коэффициентов перегрузки эксплуатация воздушных судов классифицируется следующим образом:

Коэффициент перегрузки	Классификация эксплуатационных условий
менее 1,25	без ограничений
1,25 - 1,50	с ограничениями
1,50 - 2,00	предельные
более 2,00	только в аварийной обстановке

2.2.1.3 При разрешении эксплуатации воздушных судов в условиях, которые классифицируются как ограниченные или предельные, возникает вероятность быстрого ухудшения состояния покрытия и сокращения его срока службы. Эта вероятность повышается с ростом коэффициента перегрузки и частоты полетов. Решение, предусматривающее разрешение таких полетов, следовательно, связано с готовностью полномочного органа аэропорта финансировать меры по досрочному ремонту покрытия. В аэропортах, эксплуатируемых авиакомпанией "Транспорт Канада", как правило, разрешается выполнять полеты воздушных судов в условиях, которые классифицируются как ограниченные и предельные, за исключением тех случаев, когда такая эксплуатация невозможна из-за состояния и длительного срока эксплуатации покрытия или в связи с финансовыми ограничениями.

2.2.1.4 Аналогичными соображениями руководствуются при разрешении полетов воздушных судов с давлением в пневматике, превышающим значения, указанные в ограничениях. Если коэффициент перегрузки составляет менее 1,50, то, как правило, разрешается эксплуатация воздушных судов с давлением в пневматике на порядок выше давления в пневматике, на которое рассчитано данное покрытие (см. п. 4.1.2.6).

2.2.2 Практика Франции

2.2.2.1 Информация, приведенная согласно одному из методов, рассмотренных в п. 4.2.8, не позволяет в полной степени отразить эксплуатационное состояние покрытия. В этой связи, для оценки пригодности покрытия к использованию определенными воздушными судами необходимо применять указанную ниже процедуру. При этом делается ссылка на график, определяющий требуемые параметры нежестких или жестких покрытий для рассматриваемых в добавлении 3 воздушных судов. С помощью этих графиков и данных о покрытии можно точно определить величину допускаемой нагрузки для конкретного шасси. Если в добавлении 3 не указано конкретное воздушное судно, выбираются характеристики, которые в наибольшей степени соответствуют рассматриваемому воздушному судну. Если результирующая нагрузка превышает предполагаемую нагрузку от воздушного судна, то значения допустимых напряжений в покрытии не будут превышены, и воздушное судно может использовать данное покрытие без каких-либо неблагоприятных последствий. Если же нагрузка, найденная с помощью данного графика, окажется меньше предполагаемой нагрузки от воздушного судна, будет возникать определенная перегрузка, и для эксплуатации данного воздушного судна потребуется специальное разрешение.

2.2.2.2 Снижение требований. Следует принять к сведению, что при посадке на ВПП с недостаточной несущей способностью опасность для самого воздушного судна является минимальной, если создаваемая при этом нагрузка не превышает в значительной степени несущую способность данной ВПП. Вообще говоря, посадка чрезмерно тяжелого воздушного судна без сомнения приведет к повреждению покрытия, но без какого-либо ущерба для самого воздушного судна. Потребитель в любом случае не будет отвечать за повреждение такого типа. Однако нагрузка от воздушного судна ни при каких обстоятельствах не должна превышать допустимую нагрузку для рассматриваемого воздушного судна больше чем на 50 процентов, т.е. коэффициент перегрузки P/Po не должен превышать 1,5 для всех покрытий, кроме перронов, для которых эти значения ограничиваются

20 процентами и, соответственно, коэффициентом 1,2 (данное правило не относится к ВПП в случае вынужденной посадки). Решение позволить или запретить эксплуатацию ВПП со слабым покрытием может быть принято с учетом следующих факторов:

a) суммарное эквивалетное значение движения, выдерживаемого покрытием, определяется по принципу, изложенному в методе оптимального расчета, рассмотренного в п. 4.2.6; однако это значение уменьшается до величины суточного движения, выраженной как количество операций за один день;

b) если эквивалетный суммарный трафик превышает десять операций за один день, как правило, отказ от снижения требований будет обоснованным за исключением случаев, когда допускается более быстрый износ ВПП. Такое решение может оказаться приемлемым с экономической точки зрения, когда планируется увеличить воздушное движение без усиления покрытий по крайней мере в данное время.

2.2.2.3 С другой стороны, рекомендуется ограничивать количество движений воздушного судна, для которого выдано разрешение на использование покрытия с перегрузкой, и предпринять соответствующие действия в отношении покрытия в соответствии с данными, приведенными в следующей таблице:

Значения P/Po	Максимальное количество операций	Последующие действия в отношении покрытия
1,1	2 в день	Рекомендуемые последующие действия
1,1 - 1,2	1 каждый день	
1,2 - 1,3	1 в неделю	Обязательные последующие действия, проводимые на регулярной и постоянной основе
1,3 - 1,4	2 в месяц	
1,4 - 1,5	1 в месяц	

Примечание. Вместо рассмотрения суточного трафика целесообразно рассматривать суммарный трафик и учитывать фактическое значение прошлого трафика. Такого порядка можно придерживаться в тех случаях, когда это оправдано с точки зрения точности исследования.

Пример. Нежесткая ВПП имеет следующие характеристики:

Общая эквивалентная толщина e = 70 см

CBR основания CBR = 8

PCN 57/F/C/W/T

В течение дня по ней осуществляются четыре операции "Аэробуса A-300 B2" с нагрузкой 142 т (ACN = 55) и четыре операции B-727 с нагрузкой 78 т (ACN = 49). При каких условиях эта ВПП может использоваться самолетом B-747-200 с нагрузкой 365 т?

Решение

Этап 1. Расчет ACN самолета B-747-200

$$ACN = 23 + (71 - 23) \times \frac{(365\ 000 - 168\ 872)}{(373\ 306 - 168\ 872)} = 69$$

ACN превышает опубликованное значение PCN: требования для данного воздушного судна, следовательно, необходимо снижать.

Этап 2. Расчет эквивалентного трафика:

	Фактическая нагрузка P	Допустимая нагрузка Po	P/Po	C	Фактическое количество операций (движ/день)	Эквивалентное количество
A-300 B2	142 т	142 т	1	1	4	4
B-727	78 т	84 т	0,93	0,44	4	1,8
B-747	365 т	329 т	1,11	3,52	x	3,5x
					ВСЕГО (5,8 + 3,5 x) движений/день	

Для x = 1 операция/день, эквивалентное значение трафика составляет 9,3 операций/день и меньше 10 операций/день: требования для B-747-200, возможно, потребуется снизить.

Для x более 1 операции/день эквивалентное значение трафика будет превышать 10 операций/день и B-747-200 принимать нельзя.

2.2.3 Практика Соединенного Королевства

2.2.3.1 В Соединенном Королевстве каждому полномочному органу аэродрома предоставлено право определять по своему усмотрению критерии допуска к эксплуатации с перегрузкой до тех пор, пока покрытия остаются безопасными для использования воздушными судами. Тем не менее приводятся следующие инструктивные указания:

а) если ACN превышает на десять процентов PCN, то увеличиваются рабочие напряжения в покрытии, которые обычно считаются допустимыми при соблюдении следующих условий:

1) покрытие используется на протяжении более двенадцати месяцев;

2) покрытие еще не имеет признаков повреждений от нагрузки;

3) полеты с перегрузкой не превышают пяти процентов годового количества вылетов и распределяются равномерно в течение года;

b) помимо выполнения указанных выше требований при полетах с перегрузкой, когда ACN превышает PCN на 10 - 25 процентов, следует регулярно проверять состояние покрытия, для чего нужно привлекать компетентных специалистов. В случае обнаружения каких-либо повреждений такие полеты с перегрузками следует немедленно отменить и до завершения соответствующих работ по усилению покрытия не возобновлять полеты с превышающей нагрузкой;

c) полеты с перегрузкой, когда ACN превышает PCN на 25 - 50 процентов, можно выполнять при особых обстоятельствах. Это требует тщательного изучения имеющихся данных о конструкции покрытия, результатов испытаний квалифицированным инженером по покрытиям. Для оценки каких-либо признаков повреждения покрытия инженеру по покрытиям необходимо проводить его тщательный осмотр до и после полетов;

d) полеты с перегрузкой, когда ACN превышает PCN более чем на 50 процентов, следует выполнять лишь в аварийной обстановке.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ПОКРЫТИЙ

3.1 Общие положения

3.1.1 Цель этой главы - предоставить инструктивный материал по оценке покрытий лицам, которые отвечают за оценку и представление данных о несущей способности покрытий. Поскольку такими ответственными лицами могут быть как опытные инженеры по покрытиям, так и организаторы работ на летном поле, не получающие непосредственной помощи от экспертов по состоянию покрытий, в данной главе приводится информация, отвечающая самым различным запросам.

3.2 Элементы оценки покрытий

3.2.1 Поведение любого покрытия зависит от грунта местности, который после выравнивания и обработки называют грунтовым основанием, от его структуры, включая все слои, вплоть до поверхностного, а также массы и интенсивности движения воздушных судов. При оценке покрытия необходимо учитывать каждый из этих трех элементов.

3.2.2 Грунтовое основание. Грунтовым основанием является слой материала, расположенный непосредственно под конструкцией покрытия, который подготавливается во время строительства для работы под нагрузками, передаваемыми покрытием. При его подготовке удаляется растительность, проводятся земляные работы по выравниванию или приведению поверхности к заданному уровню путем урезывания и дополнения, а также утрамбовки до требуемой плотности. Прочность грунтового основания является важным элементом, и ее необходимо указывать для оценки или расчета покрытия, или для каждой секции покрытия, которая оценена или рассчитана отдельно. Прочность грунта и, следовательно, прочность грунтового основания в значительной степени зависят от содержания влаги в почве, и необходимо оценивать условия, которые могут быть под конструкцией покрытия. За исключением некоторых случаев, когда грунтовые воды залегают высоко, или когда имеется необычный дренаж, или когда покрытие слишком пористое или имеет много трещин, содержание влаги в почве под широкими покрытиями имеет тенденцию стабилизироваться примерно на уровне 90 процентов полного насыщения. Сезонные колебания (за исключением случаев промерзания восприимчивых материалов) обычно являются небольшими, и повышенное содержание влаги может быть даже в сравнительно сухих районах. Поскольку материалы могут быть самого различного вида, прочность грунтового основания, установленная для конкретного покрытия, может соответствовать одной из четырех категорий прочности грунтового основания в диапазоне, используемом по методу ACN-PCN (см. главу 1 этого Руководства и главу 2 Приложения 14).

3.2.3 Конструкция покрытия. Термины "жесткое" и "нежесткое" покрытие используются для обозначения двух основных типов покрытий. Эти термины склонны отражать реакцию покрытия каждого типа на нагрузку. Основным элементом жесткого покрытия является слой или плита из бетона на портландцементе (PCC), неармированные или усиленные одним из нескольких способов. Под ним часто располагается гранулированный слой, который непосредственно дополняет конструкцию, а также упрощает отвод воды. Такое покрытие "жестко" реагирует на поверхностные нагрузки и распределяет эти нагрузки на широкие зоны основания за счет изгибающего или прямолинейного усилия. Прочность покрытия зависит от толщины и прочности PCC, а также всех подстилающих слоев выше грунтового основания. Покрытие должно иметь достаточную прочность, чтобы распределять поверхностные нагрузки таким образом, чтобы давление на грунтовое основание не превышало его установленную прочность. Нежесткое покрытие состоит из нескольких слоев, прочность которых повышается от грунтового основания до поверхностого слоя. В качестве таких слоев обычно используется слой выбранного материала, подстилающий нижний слой покрытий, слой под основанием, основание и несущий слой. Однако некоторые покрытия могут не иметь нижних слоев. Покрытия, предназначенные для тяжелых воздушных судов, обычно имеют скрепленный битумом несущий слой. Нежесткое покрытие прогибается в большей степени под действием поверхностной нагрузки, расширяя зону нагрузки и, следовательно,

уменьшая давление от слоя к слою. На каждом уровне от поверхности до грунтового основания прочность слоев должна быть достаточной и выдерживать давления на своем уровне. Таким образом, снижение поверхностного давления до значения, которое может выдерживать грунтовое основание, определяется толщиной покрытия над грунтовым основанием. Нежесткое покрытие также должно иметь конструкцию определенной толщины выше каждого слоя для уменьшения давления до уровня, приемлемого для данного слоя. Кроме того, прочность несущего слоя должна быть достаточной и выдерживать различные давления в пневматиках используемых воздушных судов.

3.2.4 Нагрузка, создаваемая воздушным судном. Масса воздушного судна действует на покрытие через шасси воздушного судна. Количество колес, расстояние между ними, давление в пневматиках и их размеры определяют распределение нагрузки от воздушного судна на покрытие. В общем, покрытие должно быть достаточно прочным, чтобы выдерживать нагрузки от отдельных колес (не только на поверхность и на грунтовое основание, но также на промежуточные слои). В случае близко расположенных спаренных колес и колес четырехколесной тележки, и даже соседних опор сложных шасси воздушного судна, распределенные нагрузки от соседних колес действуют вместе на уровне грунтового основания (и на промежуточном уровне). В таких случаях эффективным давлением является общее давление от двух или бо́льшего количества колес, и конструкция покрытия должна в достаточной степени снижать это давление. Так как конструкция покрытия распределяет нагрузку в пределах значительно меньшей зоны на грунтовом основании высокой прочности, чем на грунтовом основании низкой прочности, общее действие соседних колес сказывается в значительно меньшей степени на покрытии с грунтовым основанием высокой прочности, по сравнению с грунтовыми основаниями низкой прочности. Именно по этой причине воздушные суда двух видов по разному действуют на покрытие эквивалентной расчетной прочности. Это положение является основным при представлении данных о несущей способности покрытия в виде категории прочности грунтового основания. В пределах одной категории прочности грунтового основания можно с высокой точностью дать однозначную сравнительную оценку воздействия воздушных судов двух видов на покрытия.

3.2.5 Повторяемость нагрузки и характер движения. Недостаточно рассматривать лишь величину нагрузки. Следует также учитывать усталость или коэффициент повторяемости нагрузки. Следовательно, силу и количество повторений нагрузки необходимо учитывать вместе, и покрытие, которое согласно расчетам выдерживает одно значение нагрузки при определенном количестве повторений, может выдерживать бо́льшую нагрузку с меньшим количеством повторений, а также меньшую нагрузку с бо́льшим количеством повторений. Таким образом, воздействие массы одного воздушного судна можно выразить в виде эквивалентного количества повторений нагрузки массы (и типа) другого воздушного судна. Такая концепция позволяет определить одно (выбранное) значение нагрузки и уровень повторения нагрузки для определения воздействия различных воздушных судов, использующих покрытие.

3.2.6 Изучение состояния покрытия. Особо важной частью оценки или дополнением к ней является всестороннее изучение состояния покрытия. Покрытие следует тщательно исследовать в целях получения данных о повреждениях, смещениях или изменениях любого типа. Каждое из наблюдаемых изменений состояния покрытия помогает получить информацию о воздействии движения воздушных судов или окружающей среды на покрытие. Наблюдаемое воздействие движения воздушных судов наряду с количественной и структурной оценкой этого движения представляет собой отличную основу для определения несущей способности покрытия.

3.3 Элементы метода ACN-PCN

3.3.1 Классификационное число покрытия. Классификационным числом покрытия (PCN) является определенная часть (1/500) массы, которую согласно оценке может выдерживать покрытие под действием стандартной одноколесной нагрузки (давление в пневматике 1,25 МПа). Число PCN, установленное для покрытия, показывает, что данное покрытие может выдерживать воздушные суда с ACN (классификационное число воздушного судна) такой же величины или менее. Это число ACN, по сравнению с числом PCN, должно быть числом ACN воздушного судна, установленным для покрытия конкретного типа и категории

грунтового основания расчетного покрытия, а также для воздушного судна с определенной массой и характеристиками.

3.3.2 Тип покрытия. Для характеристики прочности покрытий покрытия необходимо считать либо жесткими, либо нежесткими. Жестким покрытием является покрытие, в котором используется плита из бетона на портландцементе (PCC), при этом бетон может быть неармированным, усиленным или предварительно напряженным, с промежуточными слоями или без промежуточных слоев между плитой и грунтовым основанием. Нежестким покрытием является покрытие, состоящее из нескольких слоев, прочность которых возрастает от грунтового основания до несущей поверхности. Составные покрытия, когда нежесткое покрытие имеет верхний слой PCC или когда жесткое покрытие имеет верхний слой из асфальтобетона, или покрытие со слоями особо высокой целостности, стабилизированными химическим путем (с использованием цемента), следует оценить тщательно при их классификации. Если "жесткий" элемент остается доминирующим элементом конструкции покрытия и не имеет серьезных повреждений, а также близко расположенных трещин, такое покрытие следует считать жестким. В противном случае покрытие следует классифицировать как *нежесткое. Если классификация остается сомнительной, покрытие рассматривается как* нежесткое покрытие, как правило, с большим запасом. Поверхности без покрытия (утрамбованная земля, гравий, латерит, коралл и т.д.) в целях представления данных следует рассматривать как нежесткие покрытия. К нежестким покрытиям также следует относить *покрытия, созданные с применением кирпича или блоков. Если в покрытиях используются* крупные сборные плиты, для установки которых требуются краны, их можно считать жесткими. Разборно-сборные покрытия и покрытия с поверхностной мембраной следует классифицировать как нежесткие покрытия.

3.3.3 Категория грунтового основания. Поскольку многоколесные шасси характеризуются большей эффективностью на покрытиях с прочным грунтовым основанием по сравнению со слабым грунтовым основанием, проблема характеристики несущей способности является сложной. Чтобы упростить ее и предусмотреть использование индексных значений для классификационных чисел покрытий и воздушных судов (PCN и ACN), метод ACN-PCN использует четыре категории прочности грунтового основания, а именно: высокая, средняя, низкая и очень низкая прочность, при этом для данных категорий установлены определенные диапазоны прочности. Следовательно, чтобы проведенная оценка (PCN) была полезной, необходимо установить и сообщать категорию грунтового основания, к которой относятся грунтовые основания рассматриваемого покрытия. Как правило, прочность грунтового основания определяется в связи с первоначальным расчетом покрытия или после ремонта, или укрепления покрытия. Если такая информация отсутствует, следует определять прочность грунтового основания и считать ее элементом оценки покрытия. При оценке прочности грунтового основания следует, по возможности, проводить испытания. Если оценку невозможно обосновать на испытаниях, следует выбирать репрезентативные категории прочности грунтового основания, основанные на характеристиках грунта, классификации грунта, с учетом местного опыта или оценки. Обычно для аэродрома достаточно давать одну категорию грунтового основания. Однако если участки покрытия занимают большую площадь и грунт в различных местах имеет различные характеристики, можно применять несколько категорий, которые следует выявлять и сообщать. Прочность грунтового основания должна оцениваться в месте нахождения покрытия. Несмотря на сезонные изменения, прочность и влажность грунтового основания под аэродромным покрытием, как правило, устанавливаются и поддерживаются практически на одном уровне. Однако если поверхность имеет много трещин или в покрытии используются пористые материалы, или грунтовые воды характеризуются высоким уровнем или плохим местным дренажем, прочность грунтового основания может уменьшаться в значительной степени во время выпадения осадков. Уровень влажности будет особенно изменяться на поверхностях из утрамбованного грунта и гравия. В тех местах, где в определенное время года бывают морозы, во время оттепели прочность грунтового основания также может уменьшаться, если используются промерзающие материалы.

3.3.4 Категория давления в пневматике. Непосредственно на поверхности контактное давление пневматика является наиболее критическим элементом нагрузки, который слабо связан с другими аспектами прочности покрытия. Поэтому допустимое давление в пневматике сообщается в виде категорий давления в пневматике. За исключением редких случаев нарушения швов и необычного ухудшения состояния поверхности, жесткие покрытия не налагают требований в отношении ограничения давления в пневматике. Однако покрытия, которые считаются жесткими и имеют верхние слои нежесткой или битумной

конструкции, необходимо относить к нежестким покрытиям для указания допустимого давления в пневматике. Нежесткие покрытия, которые классифицируются по самой высокой категории пневматика, должны характеризоваться очень высоким качеством и целостностью, в то время как покрытия, относящиеся к самой низкой категории, должны выдерживать лишь обычное дорожное движение. Несмотря на то, что для определения категорий давления в пневматике лучше всего испытывать битумные смеси и извлеченные части поверхности с целью определения качества битумной поверхности, между результатами испытаний и допустимым давлением пневматика не установлено конкретной зависимости. За исключением отдельных случаев, когда ограничения являются очевидными, достаточно, как правило, установить лишь пределы категории, когда при использовании пневматиков высокого давления наблюдается нарушение покрытия.

3.3.5 Метод оценки. По возможности, данные о прочности покрытия следует основывать на "технической оценке". Обычно оценка представляет собой процесс, обратный расчету. При расчете вначале указывается допустимая нагрузка от воздушного судна, прочность грунтового основания, получаемая в результате подготовки местного грунта, определяется необходимая толщина и качество материалов для требуемой конструкции покрытия. При оценке этот процесс идет в обратном порядке. Вначале определяется прочность имеющегося грунтового основания, толщина и качество каждого компонента конструкции покрытия, а для определения нагрузки от воздушного судна, которую может выдерживать данное покрытие, используется определенный способ расчета. Для оценки зачастую можно использовать данные расчетов, испытаний и строительства, касающиеся грунтового основания и компонентов конструкции покрытия, если такие данные имеются. В целях оценки также можно пользоваться смотровыми ямами, чтобы определять толщину слоев, их прочность, а также прочность грунтового основания. Техническую оценку можно также произвести путем измерения реакции покрытия на нагрузку. Для прогнозирования работы покрытия можно измерять прогиб покрытия под статической нагрузкой пневматика или плиты. Кроме того, используются различные устройства для приложения динамических нагрузок на покрытие, изучения его реакции и для прогнозирования его работы. Если по соображениям экономического характера или по каким-либо другим причинам провести техническую оценку не представляется возможным, оценку можно основывать на опыте эксплуатации "используемого воздушного судна". Покрытие, удовлетворительно выдерживающее воздушное судно, эксплуатируемое на данном покрытии, может принимать другие воздушные суда, если они не предъявляют более жестких требований по сравнению с эксплуатируемым воздушным судном. Этот принцип может приниматься за основу оценки.

3.3.6 Покрытия для легких воздушных судов. К легким воздушным судам относятся воздушные суда с массой 5700 кг или менее. Эти воздушные суда предъявляют к покрытиям менее жесткие требования по сравнению со многими грузовыми автомобилями. Можно, конечно, провести техническую оценку таких покрытий, однако достаточно провести оценку на основании опыта эксплуатации воздушных судов. Следует отметить, что некоторые транспортные средства, обслуживающие аэропорт, например пожарные машины, топливозаправщики или снегоочистительные машины, могут предъявлять более критические требования по сравнению с воздушными судами. Поскольку почти все легкие воздушные суда имеют одноколесные стойки шасси, нет никакой необходимости сообщать категории грунтового основания. Но, поскольку некоторые вертолеты и военные учебные самолеты с массой в пределах указанного диапазона имеют довольно высокое давление в пневматиках, для покрытий невысокого качества, возможно, необходимо установить пределы давления в пневматике.

3.4 Оценка интенсивности и структуры движения воздушных судов

3.4.1 Общие положения. Оценки несущей способности покрытия должны учитывать не только допустимую нагрузку, но и число воздействий этой нагрузкой. Покрытие, способное многократно выдерживать одну нагрузку, может также выдерживать более высокую нагрузку, но при меньшем числе воздействий. Наблюдаемые воздействия движения воздушных судов, даже те из воздействий, которые с высокой точностью измеряются на месте или на образцах при лабораторных испытаниях, к сожалению, не позволяют (если только нет явного физического повреждения*) определить истекший срок многократного использования покрытий или, наоборот, срок, в течение которого покрытие будет способно

*В том случае, если имеет место очевидное физическое повреждение, это будет означать, что уже наступил последний этап срока службы покрытия.

выдерживать многократные нагрузки. Таким образом, оценка, имеющая своей целью определить несущую способность покрытия, заключается в определении общего ожидаемого срока службы покрытия при многократном нагружении (движение/нагрузка). Любое прогнозирование оставшегося срока службы покрытия будет зависеть от определения суммарной нагрузки от воздушных судов, выдерживаемой покрытием после его сооружения или реконструкции.

3.4.2 Смешанные нагрузки. Обычно необходимо учитывать совокупность различных нагрузок наряду с числом повторяемости их приложения. Существует четко выраженная тенденция определять несущую способность покрытия через какую-нибудь выбранную нагрузку при допустимой степени ее многократного воздействия и рассчитывать каждую нагрузку, прилагаемую к покрытию, через эквивалентный номер этой основной нагрузки. Для этого сначала устанавливается зависимость между нагрузкой и повтояемостью ее приложений до разрушения. Такие зависимости устанавливаются различными способами, сочетая теоретические или расчетные методы и графики поведения в условиях эксплуатации или полученные лабораторным путем кривые усталости основных конструктивных элементов покрытия. Очевидно, не все зависимости одинаковы*, однако параметр повторяемости приложения нагрузки является малоэффективным. Необходимо вводить лишь общую величину, а не конкретное значение. Таким образом, довольно значительные расхождения могут иметь место в зависимости "нагрузка - повторяемость приложения", а не в окончательной оценке.

3.4.3 С помощью кривой зависимости "нагрузка - повторяемость приложения до наступления разрушения" можно для каждой нагрузки определить число повторяемости приложения до наступления разрушения и сравнить полученную величину с аналогичной величиной для основной выбранной нагрузки. В результате этого сравнения выводится эквивалентный номер основной выбранной нагрузки для однократного приложения, т.е. коэффициенты больше единицы - для больших нагрузок, а меньше единицы - для меньших нагрузок. Ниже для пояснения приводится пример расчета:

а) находим соотношение "нагрузка - повторяемость приложения до наступления разрушения", как показано на рис. 3-1;

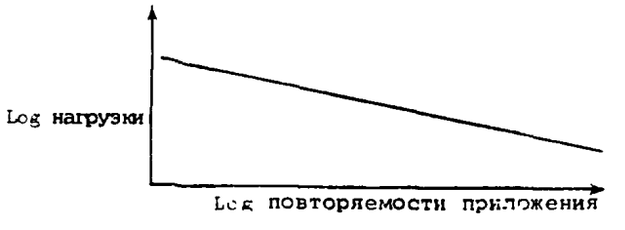


Рис. 3-1

*См. главу 4, рис. 4-29 (практика Франции) и п. 4.4.12.1 (практика США)

b) для выбранных нагрузок L находим повторяемость приложения r по кривой

$$L_1 - r_1$$
$$L_2 - r_2$$
$$L_3 - r_3$$
$$L_4 - r_4$$

c) берем L_3 в качестве основной нагрузки;

d) рассчитываем эквивалентный коэффициент повторяемости приложения f для каждой нагрузки.

Нагрузка	Эквивалентный коэффициент повторяемости приложения нагрузки
L_1	$f_1 = \frac{r_3}{r_1}$ (значение меньше 1)
L_2	$f_2 = \frac{r_3}{r_2}$ (значение меньше 1)
L_3	$f_3 = \frac{r_3}{r_3} = 1$
L_4	$f_4 = \frac{r_3}{r_4}$ (значение больше 1)

Используя эти коэффициенты, можно сравнить совокупное воздействие любого сочетания нагрузок, полученных эмпирическим путем или на основе теоретических расчетов, с оценкой несущей способности через рассчитанное допустимое число повторяемости приложения выбранной нагрузки.

3.5 Методы оценки "используемого воздушного судна"

3.5.1 Хотя, по возможности, целесообразно давать "техническую" оценку, но, как признается, финансовые ограничения и другие обстоятельства иногда не позволяют проводить такую оценку. Поскольку крайне важно иметь полную информацию о несущей способности и поскольку способ оценки "используемого воздушного судна" является довольно простым и понятным, он излагается в первую очередь.

3.5.2 Самое тяжелое используемое воздушное судно. Покрытие, которое удовлетворительно выдерживает существующее движение, можно рассматривать как покрытие, способное выдерживать самое тяжелое воздушное судно, регулярно использующее данное покрытие, а также любое другое воздушное судно, которое не предъявляет повышенных требований в отношении прочности покрытия. Таким образом, приступая к оценке на основе используемого воздушного судна, необходимо рассмотреть типы и массы воздушных судов, а также количество операций, которые совершает каждое судно в течение определенного периода. Особое внимание следует уделять самому тяжелому воздушному судну, использующему данное покрытие регулярно. Если покрытие лишь изредка выдерживает особенно большую нагрузку, то это не указывает способность покрытия выдерживать такие нагрузки регулярно (см. п. 3.4).

3.5.3 Состояние и работа покрытия. Кроме того, необходимо тщательно изучить, каким образом движение используемого воздушного судна влияет на покрытие. Первостепенное значение имеет состояние покрытия в отношении любых трещин, деформирования или износа,а также опыт требуемого технического обслуживания.Необходимо учитывать срок службы, поскольку последствия перегрузок на новом покрытии могут не проявляться сразу, в то время как на очень старом покрытии обычно можно обнаружить некоторые общие признаки повреждений. В общем, однако, можно считать, что покрытие в хорошем состоянии удовлетворительно выдерживает существующее движение, хотя признаки ускоренного износа указывают, что покрытие эксплуатируется с перегрузкой. При изучении состояния покрытия следует проводить сравнительный анализ работы покрытия в зонах интенсивного и неинтенсивного использования, например, в пределах и за пределами полос движения колес или на максимально и минимально используемых рулежных дорожках, в зонах максимального торможения, например, в местах поворотов на рулежной дорожке и т.д. Также следует обращать внимание на работу всех известных или обнаруживаемых слабых или критических зон, таких как низкие точки покрытия, места пересечения ручьев, труб, где первоначально почва была плохо утрамбована, участки со слабой структурой и т.д. С помощью этих данных можно предсказать степень ухудшения состояния покрытия при существующей интенсивности движения и, следовательно, определить степень перегрузки или недогрузки. При изучении состояния покрытия также следует обращать внимание на все повреждения, обусловленные давлением в пневматиках эксплуатируемых воздушных судов, а также на необходимость ограничения давления в пневматике.

3.5.4 Расчетное воздушное судно. В результате рассмотрения типов и масс воздушных судов определяются те воздушные суда, для которых трудно установить расчетное воздушное судно, а результаты изучения состояния покрытия укажут,должно ли быть значение нагрузки расчетного воздушного судна несколько меньше или больше прилагаемой нагрузки. Поскольку распределение нагрузки на грунтовом основании в некоторой степени зависит от типа покрытия и прочности грунтового основания, конкретное расчетное воздушное судно и его масса не могут быть выбраны до тех пор, пока не будут определены те элементы метода ACN-PCN, о которых сообщается дополнительно к числу PCN (см. пп. 3.3.2 и 3.3.3).

3.5.5 Определение типа покрытия, прочности грунтового основания и категорий давления в пневматике. По типу покрытия необходимо подразделять на жесткие и нежесткие. Если в покрытии в качестве основного элемента конструкции используется плита из бетона на портландцементе, его следует классифицировать как жесткое покрытие даже при наличии верхнего битумного слоя (см. п. 3.3.2). Если покрытие не имеет такой плиты, распределяющей нагрузку, его следует классифицировать как нежесткое покрытие.

3.5.6 Необходимо различать следующие категории грунтового основания: грунтовое основание высокой, средней, низкой или очень низкой прочности. Если известно CBR грунтового основания или имеются данные испытаний по методу нагрузочной плиты, то эти данные можно непосредственно использовать для определения категорий грунтового основания. Эти данные, однако, должны отражать действительное состояние грунтового основания. Могут использоваться также аналогичные данные о любых других окружающих конструкциях, расположенных на почве такого же типа и в аналогичных топографических условиях. Данные о прочности грунта, представленные почти в любой другой форме, могут использоваться для расчета эквивалентного числа CBR или модулей реакции грунтового основания k, которые используются для определения категории грунтового основания. Информацию о прочности грунтового основания можно получать в местных дорожно-строительных управлениях или организациях, занимающихся вопросами сельского хозяйства. Прочность грунтового основания можно определять, возможно,несколько грубо или приблизительно из классификационной таблицы* материалов грунтового основания, а также с помощью различных опубликованных данных, например, данных на рис. 3-2. (Также см. пп. 3.3.3 и 3.2.2)

*ASTM D2487, D3282 и D2488

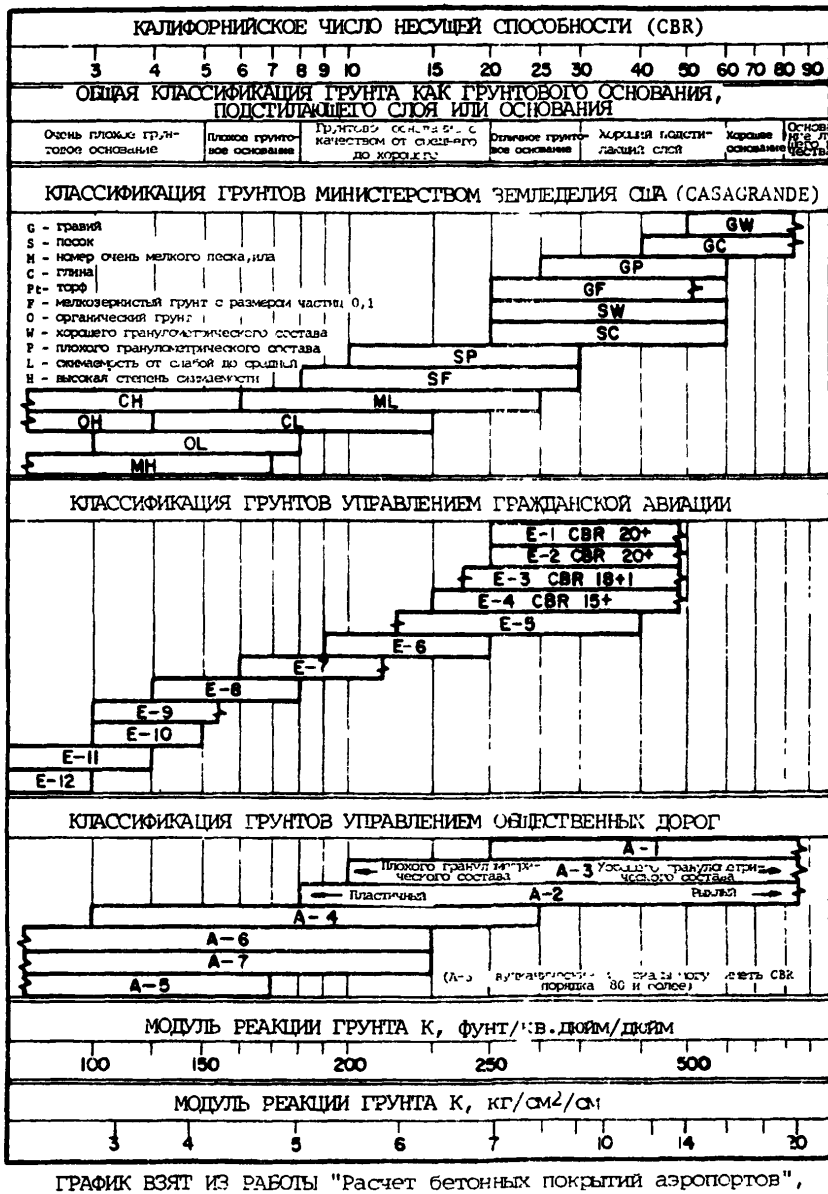


ГРАФИК ВЗЯТ ИЗ РАБОТЫ "Расчет бетонных покрытий аэропортов", АССОЦИАЦИЯ ФИРМ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (США).

Примечание: Все соотношения взяты с большим приближением. Для определения CBR, K и т.д. необходимо провести испытания в реальных условиях.

Рис. 3-2. Сопоставление типов грунтов, калифорнийского числа

3.5.7 Категории давления в пневматике необходимо определять как высокую, среднюю, низкую или очень низкую. Бетонные покрытия на портландцементе и битумные покрытия хорошего или отличного качества могут выдерживать давление в пневматике, которое обычно встречается в условиях эксплуатации и которое следует относить к категории высокого давления без каких-либо ограничений давления. Для битумных поверхностей низкого качества, а также составных или грунтовых покрытий, необходимо устанавливать ограничения более низких категорий (см. п. 3.3.4). Соответствующую категорию давления, как правило, следует выбирать, исходя из опыта эксплуатации воздушных судов. При определении категории давления в пневматике за основу следует принимать самое высокое давление в пневматике, которое довольно часто используется для эксплуатируемых воздушных судов без каких-либо признаков разрушения покрытия.

3.5.8 Самым важным элементом оценки по методу "используемого воздушного судна" является определение критического воздушного судна и эквивалентного классикационного числа покрытия (PCN) для представления данных. После определения типа покрытия и категории грунтового основания рассчитываются числа ACN воздушных судов, использующих данное покрытие. В этих целях следует применять классификационную таблицу воздушных судов, представленную в добавлении 5, или публикуемый изготовителем соответствующий документ с характеристиками воздушных судов. Путем сравнения воздушных судов, использующих покрытия регулярно, их эксплуатационных масс с указанной таблицей или с соответствующими документами, содержащими характеристики воздушных судов, можно определить наиболее критическое воздушное судно, использующее данное покрытие. Если данное покрытие удовлетворительно выдерживает используемые воздушные суда и нет оснований считать, что покрытие может выдержать значительно более тяжелые воздушные суда, ACN наиболее критического воздушного судна следует сообщать как PCN рассматриваемого покрытия. Таким образом, любое воздушное судно, ACN которого не превышает указанное значение PCN, может использовать данное покрытие с интенсивностью (количество движений в месяц), не превышающей интенсивность существующего движения выдерживаемых воздушных судов без сокращения срока службы покрытия.

3.5.9 При определении критического воздушного судна следует рассматривать лишь воздушные суда, использующие покрытия постоянно и не причиняющие недопустимого разрушения покрытия. Нерегулярное использование покрытия более требовательными воздушными судами не гарантирует длительной эксплуатации данного покрытия, даже если не имеется видимых разрушений покрытия.

3.5.10 Как отмечалось ранее, число PCN, выбранное непосредственно на основе оценки нагрузки от критического воздушного судна, предполагает, что в будущем воздушное судно будет использоваться с интенсивностью, аналогичной интенсивности движения во время оценки. Если ожидается значительное увеличение интенсивности использования (количество повторений колесной нагрузки), значение PCN следует скорректировать в меньшую сторону, чтобы учесть такое увеличение. Основные элементы такой коррекции, устанавливающие взаимосвязь между значением нагрузки и числом повторений нагрузки, даются в разделе 3.4.

3.5.11 Покрытия для легких воздушных судов. При оценке покрытий, предназначенных для легких воздушных судов с массой 5700 кг и менее, нет необходимости рассматривать геометрию шасси воздушных судов или распределение нагрузки от воздушного судна на колеса. Следовательно, нет необходимости сообщать класс грунтового основания и тип покрытия. Необходимо лишь определять и сообщать максимально допустимую массу воздушного судна и максимально допустимое давление в пневматике. В этих случаях следует руководствоваться изложенными выше приемами оценки "использ[illegible]го воздушного судна".

3.5.12 Так как предел для легких воздушных судов в 5700 кг составляет лишь две трети или меньшую часть нагрузки на обычных дорогах, при оценке движения по покрытиям следует также учитывать тяжелые наземные транспортные средства, [illegible], например, топливозаправщики, пожарные машины, снегоубо[illegible]ные машины, служебные транспортные средства и т.п. Эти аспекты необходимо также учитывать в отношении покрытий ограниченной нагрузки.

3.6 Приемы и оборудование для "технической" оценки

3.6.1 Технической оценкой является процесс определения или расчета несущей способности покрытия путем измерения и изучения характеристик этого покрытия, а также его работы под нагрузкой. Такую оценку можно провести либо в обратном расчету порядке с использованием расчетных параметров и методов, но выполняя соответствующие действия в обратном порядке с целью определения допустимой нагрузки, исходя из имеющихся характеристик покрытия, либо путем непосредственного определения реакции покрытия на нагрузку одним из существующих способов.

3.6.2 Принципы работы покрытия для расчета и оценки. Принципы работы покрытия, разработанные в аналитические приемы, с помощью которых покрытия можно рассчитать с учетом конкретных условий местности и движения воздушных судов, обычно называются методами расчета. Существует ряд принципов и много специальных методов расчета. В качестве примеров в главе 4 настоящего Руководства довольно подробно рассматриваются несколько методов расчета и оценки.

3.6.2.1 Прежние методы. Прежние методы расчета и оценки нежестких покрытий основывались на опытных данных и подкреплялись теоретическими положениями. При этом для оценки прочности грунтового основания, а также, как правило, для оценки прочности или составляющих прочности слоев основания и подстилающих слоев покрытия проводились испытания для определения соответствующих коэффициентов. Такими испытаниями были, например, испытания CBR, испытания по методу нагрузочной плиты и многие другие испытания, особенно касающиеся расчета дорожных покрытий. Эти прежние методы, хорошо разработанные, по-прежнему являются основными методами расчета аэродромных покрытий. Метод CBR, принятый для определения ACN, о чем говорится в главе 1 и добавлении 2 настоящего Руководства, является наглядным примером, а французский и канадский методы, рассмотренные в главе 4, являются примерами, соответственно, метода CBR и метода нагрузочной плиты.

3.6.2.2 Практически во всех прежних методах расчета и оценки жестких покрытий использовалась модель Вестергорда (гибкая нагрузочная плита на основании Уинклера), однако они включают различные дополнительные методики определения усталости, отношения расчетного напряжения к максимальному напряжению, значение подстилающих слоев (или слоев основания) для повышения прочности покрытий и т.д. Вестергорд разработал методы расчета для двух случаев: нагрузка в центре плиты покрытия (неограниченной ширины) и нагрузка на краю плиты (другие характеристики не ограничены). Несмотря на то, что в большинстве методов оценки жестких покрытий используется нагрузка в центре плиты, в некоторых методах используется нагрузка на край плиты. Эти методы учитывают передачу нагрузки к соседней плите. Но для оценки передачи нагрузки используются самые различные средства. Испытания по методу нагрузочной плиты используются для определения выносливости грунтового основания (или грунтового основания и подстилающего слоя покрытия), которое является важным элементом этих методов расчета. При этом прежние методы, позднее улучшенные, остаются основными методами расчета аэродромных покрытий. Метод, принятый для определения числа ACN (см. главу 1 и добавление 2), является наглядным примером этих методов, несколько других примеров приводится в главе 4.

3.6.2.3 Новые более фундаментальные методы. Продолжающиеся усилия по поиску более фундаментальных принципов расчета покрытий позволили разработать методы расчета с использованием данных о реакции материалов на напряжение-деформацию, а также рациональных теоретических моделей. Раньше считалось, что эти данные плохо поддаются обработке, однако, благодаря развитию вычислительной техники, эти методы в настоящее время стали применимы на практике и именно по этой причине расчеты выполняются с помощью ЭВМ.

3.6.2.4 Самой популярной теоретической моделью для новых методов расчета является эластичная слоистая система. Слои имеют определенную толщину и бесконечно расширяются за исключением самого нижнего слоя (грунтового основания), который, кроме того, без ограничения углубляется. Реакция каждого слоя характеризуется соответствующим модулем упругости и коэффициентом Пуассона. Значения этих параметров определяются с помощью различных лабораторных испытаний, полевых испытаний нескольких видов с корреляцией или расчетом производных или путем непосредственной грубой оценки параметров, когда значения не являются критическими. Эти методы позволяют вычислить напряжения, деформации

и отклонения в результате приложения нагрузок. Сложные нагрузки могут рассчитываться путем приложения единичных нагрузок. Обычно значение напряжения в критических точках (верхняя точка грунтового основания под нагрузкой, нижняя точка поверхностного слоя) сравнивается с предполагаемой работой покрытия в целях использования при расчете или оценке. Хотя эти методы в основном использовались применительно к нежестким покрытиям, они также использовались для расчета жестких покрытий.

3.6.2.5 Несмотря на широкое применение в настоящее время гибких слоистых моделей, признается, что реакция материалов покрытия на напряжение-деформацию представляет собой нелинейную функцию. Разбивка на слои позволяет изменять значения коэффициента упругости от слоя к слою, однако при этом модуль упругости в пределах каждого слоя не изменяется в боковых направлениях. Разработаны более точные методы, устанавливающие зависимость между напряжением и модулем упругости и использующие эту зависимость в моделях покрытия с финитивными элементами посредством специальных расчетов для определения эффективного модуля (для каждого элемента сетки), таким образом получается более точная модель. При этом также рассчитываются напряжения в критических точках и сравниваются с соответствующими ожидаемыми характеристиками работы покрытия. Модели с финитивными элементами также используются для более точного моделирования отдельных геометрических аспектов жестких покрытий, однако они в основном применяются лишь в целях исследований.

3.6.2.6 Прямые методы определения реакции под нагрузкой. В прежних теоретических положениях, касающихся работы покрытия,отмечалась пропорциональная зависимость между нагрузкой и прогибом плиты, при этом предполагалось, что прогиб плиты должен характеризовать способность покрытия выдерживать нагрузку. При этом также предполагалось, что прогиб покрытия, установленный для определенной прилагаемой нагрузки, можно пропорционально скорректировать и предсказать прогиб, который появится при других нагрузках. Эти положения составляли основу оценки покрытий. Опыт испытаний и результаты исследовательских работ вскоре указали на сильные тенденции, устанавливающие связь между работой покрытия, величиной нагрузки и прогибом, а также привели к установлению лимитирующих прогибов для оценки. С тех пор проведено большое количество контрольных испытаний и тщательно проанализировано большое количество опытных данных, которые подтверждают тесную взаимосвязь между прогибом покрытия и предполагаемым сроком службы покрытия при повторении нагрузки "до разрушения", которая вызывает такой прогиб. Однако эту взаимосвязь, хотя она и тесная, невозможно хорошо отобразить с помощью одной линии или кривой. Она отражает довольно широкий диапазон, в пределах которого, как представляется, сказывается влияние многих второстепенных факторов.

3.6.2.7 Эта установленная тесная связь использовалась и в настоящее время используется в качестве основы для оценки покрытий, но до настоящего времени она применялась в основном при оценке нежестких покрытий. Наиболее широко применялись методы, основанные на испытаниях плиты, и предпочтение отдавалось стандартной плите диаметром 762 мм. Соответствующим примером является метод LCN и метод Канады, используемый на протяжении длительного времени (см. главу 4). Прогибы под действием фактических колесных нагрузок (или между спаренными колесами двух- и четырехколесной стойки шасси) составляют основу некоторых методов быстрой оценки, которые близко соответствуют методам испытания плиты. Методы расчетов с помощью балки Бенклемана, а также другие методы расчета дорог применяются для оценки покрытий для легких воздушных судов (см. практику Канады в главе 4).

3.6.2.8 По ряду причин в последнее время стало широко применяться оборудование для динамической нагрузки покрытий. Плиты, создающие статическую нагрузку, равную колесной нагрузке, являются нетранспортабельными; их трудно перемещать с одного места на другое. Динамическая нагрузка создает импульсную нагрузку, которая в большей степени подобна импульсу, вызванному движущимся колесом. Повторяющаяся динамическая нагрузка лучше соответствует повторяющейся нагрузке от колес движущихся средств. Но самым важным было создание чувствительных элементов, которые можно разместить непосредственно на покрытии или нагружающей плите и измерять прогиб (вертикальное смещение). В результате, было разработано несколько видов оборудования для динамической нагрузки. Вначале появились устройства для оценки дорог, а позднее были созданы более тяжелые устройства для аэродромных покрытий. К таким устройствам относятся как легкие, создающие нагрузки менее 1000 кг, так и тяжелые, которые описаны ниже в этой главе при рассмотрении неразрушающих методов оценки FAA США (см. п. 3.6.5). Во всех таких

устройствах первого поколения используются массы, совершающие возвратно-поступательные движения и способные создавать пиковые испульсные нагрузки, примерно в два раза превышающие статическую нагрузку. Эти импульсные нагрузки в основном являются синусоидальными и характеризуются постоянной величиной. Некоторые приборы позволяют изменять частоту воздействия и нагрузку (однако не статическую нагрузку, за исключением перегрузок). В некоторых динамических устройствах второго поколения, которые, очевидно, быстро стали популярными, используется действие падения определенной массы. При этом могут создаваться нагрузки, в два раза превышающие статическую массу, и величина силы удара может изменяться путем изменения высоты падения. Импульсы периодически повторяются, но не через равные промежутки времени, а их частота соответствует комбинации устройства и покрытия. Динамические устройства применяются почти так же, как и статические методы, рассмотренные в п. 3.6.2.7. Некоторые из них также могут использоваться для получения данных о реакции материалов покрытия на напряжение-деформацию, что будет рассматриваться позднее.

3.6.2.9 Основные входные данные для методов расчета покрытий. Параметры, определяющие работу элементов (слоев) конкретного покрытия в рамках модели, на базе которой строится расчет, варьируются от числа CBR других данных индексных испытаний прежних методов оценки нежестких покрытий, испытаний жестких покрытий по методу нагрузочной плиты Вестергорда, а также некоторых методов оценки нежестких покрытий, до значений модулей напряжения-деформации, используемых в новых более фундаментальных методах.

3.6.2.10 Испытания CBR с целью определения прочности грунтовых оснований и других несвязанных слоев покрытия для расчета или оценки следует проводить в соответствии с изложенным применяемым конкретным методом (Франция, США/FAA и т.д.), однако, как правило, они проводятся в соответствии с документом ASTM D1883 "Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils for Laboratory Test Determinations". По возможности, предпочтительно проводить не лабораторные испытания, а обычные полевые испытания CBR на месте и эти испытания следует проводить с учетом следующего инструктивного материала (взят из военного стандарта 621A США).

3.6.2.11 Полевые испытания CBR на месте

a) эти испытания используются для расчета покрытий в одном из следующих случаев:

1) когда плотность на определенном месте и содержание воды таковы, что степень насыщения (процентное содержание почвенных пор, заполненных водой) составляет 80 процентов или выше;

2) когда используется крупнозернистый и неслипающийся материал, и поэтому его характеристики не ухудшаются при изменении содержания воды; и

3) когда строительство было закончено несколько лет назад. В последнем случае содержание воды фактически не является постоянным, но, очевидно, изменяется в довольно узких пределах, и считается, что с помощью полевых испытаний на месте можно с достаточной точностью определить способность выдерживать нагрузки. Указать определенный период времени, необходимый для стабилизации содержания воды, невозможно, для этого, как минимум, требуется примерно три года.

b) Проникновение. Выравнивается поверхность, характеристики которой необходимо измерить, и удаляются все несвязанные материалы. Затем выполняется процедура, предусмотренная в документе ASTM D-1883.

c) Количество испытаний. Следует провести три испытания CBR на месте - на каждой высотной отметке слоя основания и на поверхности грунтового основания. Но если результаты этих трех испытаний в какой-либо группе не совпадают в должной степени, в этом же месте следует проводить дополнительные испытания. Приемлемое соотношение таково: если CBR составляет менее 10, то допускается, чтобы результаты испытаний

отличались на 3 единицы; если CBR находится в пределах от 10 до 30, допускается расхождение в 5 единиц; если CBR изменяется в пределах от 30 до 60, допускается расхождение в 10 единиц. Если значения CBR превышают 60, расхождения в значениях отдельных показаний не имеют особого значения. Например, приемлемы значения 6, 8 и 9, и в качестве среднего значения можно принять 8; приемлемы значения 23, 18 и 20, и в качестве среднего значения можно принять 20. Если результаты первых трех испытаний не находятся в установленных пределах, в этом же месте проводятся три дополнительных испытания, в качестве CBR для данного места используется среднеарифметическое значение этих шести испытаний.

d) Содержание влаги и плотность. После завершения испытания CBR берется образец грунта в месте проникновения с целью определения влагосодержания, а также на расстоянии 10 - 15 см от места проникновения с целью определения плотности.

3.6.2.12 Испытания с помощью нагрузочной плиты для определения модуля реакции грунтового основания (k) для анализа Вестергорда при оценке или расчетах следует проводить в соответствии с процедурами используемого метода или же согласно методике ASTM D1196 "Испытания грунтов и элементов нежестких покрытий с помощью плиты путем непериодического приложения статической нагрузки для оценки и расчетов аэропортовых и дорожных покрытий" или ASTM D1195 "Испытания грунтов и элементов нежестких оснований с помощью плиты путем периодического приложения статической нагрузки для оценки и расчетов аэропортовых и дорожных покрытий". Эти процедуры также относятся к расчету нежестких покрытий, как отмечено в названии стандартов ASTM. Как указано в главе 4, в Канаде практикуется метод ASTM. В Канаде используются также плиты других размеров; инструктивный материал по методам Канады, рассмотренный в главе 4, можно использовать для проведения статических и динамических испытаний с плитами нестандартных размеров как для определения значений коэффициентов грунтовых оснований, так и для прямого использования при оценке покрытий.

3.6.2.13 Для характеристики работы конструкции бетонного слоя жесткого покрытия по методу Вестергорда используются обычные значения и методы оценки модуля упругости E и коэффициента Пуассона μ. Обычно считается, что μ составляет 0,15. Модуль E следует определять путем испытания бетона, и он обычно бывает в пределах 25 000 - 30 000 МПа.

3.6.2.14 Значения модуля упругости и коэффициента Пуассона нужны для каждого слоя упругой слоистой системы, и их можно определять самыми различными способами. Коэффициент Пуассона не является точным параметром, и обычно считается, что он составляет 0,3 - 033 для заполняющих материалов и 0,4 - 0,5 для мелкозернистых или пластичных материалов. Так как модули упругости определяются самыми различными способами и реакция грунта и заполняющих материалов на напряжение-деформацию представляет собой нелинейную функцию (непропорциональная зависимость), значения, установленные для конкретного материала с помощью различных методов, не совпадают, хотя, исходя из чисто теоретических соображений, этот параметр должен иметь одно и то же значение. Ниже приводятся некоторые способы определения коэффициента эластичности для использования в теоретических моделях (например, упругая слоистая модель) работы покрытия.

a) Значения модуля упругости материалов грунтового основания, в частности, а также и других слоев покрытия, за исключением битумных или цементных материалов, можно определить, зная их взаимосвязь со значениями индексов испытаний прочности. Чаще всего наблюдается взаимосвязь с CBR, когда: E = 10 CBR МПа.

b) Реакцию (модуль) на напряжение-деформацию можно определить путем прямых испытаний подготовленных или полевых образцов, однако эти значения почти всегда неудовлетворительные. На реакцию очень сильно влияет подготовка или опробирование, и поэтому она не может быть репрезентативной.

c) Выяснилось, что подготовленные образцы и в некоторых случаях образцы полевых проб можно периодически нагружать с тем, чтобы определить (после проведения нескольких или большого количества циклов приложения нагрузки) довольно репрезентативный модуль или кривую реакции на напряжение-деформацию. Установленный таким образом модуль упругости называется модулем эластичности и в настоящее время ему отдается предпочтение при анализе слоистых упругих систем. Испытания могут быть трехосными, косвенными испытаниями на растяжение, равномерными неограниченными испытаниями на сжатие и т.п. Нагрузки могут иметь форму равномерных волн (синусоидальные и т.д.), но обычно они отражают значения выбранных нагрузочных импульсов, при этом импульсы поступают с определенной задержкой в целях более точной имитации движения колес. Модуль эластичности битумных материалов можно определить с помощью некоторых из названных испытаний, а также с помощью других аналогичных испытаний, однако температура является очень существенным фактором как при испытаниях, так и во время применения этого модуля для битумных слоев. Значения модулей для различных слоев покрытий определяются исходя из данных типовых испытаний и непосредственно используются при анализе слоистых систем, однако часто возникают сомнения в отношении их достоверности.

d) В тех случаях, когда испытания методом приложения динамической нагрузки с помощью плиты проводятся на существующих покрытиях, можно измерить скорость распространения волн напряжения внутри покрытий. Созданы средства, которые на основании этих измерений скорости позволяют методом дедукции определить модуль упругости каждого слоя покрытия (как правило, за исключением верхнего слоя или слоев). Хотя установленные таким образом значения модулей иногда используются непосредственно для анализа слоев, они определяют такие маленькие напряжения, что их значения представляют касательные составляющие модулей для кривых зависимости напряжение-деформация, в то время как модули для более высоких уровней напряжения (рабочей деформации) должны быть меньше. Значения, установленные с помощью этих средств, используются при логической коррекции или коррекции с помощью некоторых установленных аналитических способов.

e) Модуль грунтового основания является наиболее существенным параметром, при некоторых анализах для определения модуля грунтового основания используется один из вышеназванных методов, а модули других слоев выбираются просто логическим путем, либо с помощью некоторого простого численного расчета (например, двойное значение модуля подстилающего слоя или половина модуля наружного слоя), поскольку точные значения не являются критическими.

f) Используя выбранные или упрощенным способом выведенные значения модулей для всех слоев, кроме грунтового основания, можно вычислить значение модуля грунтового основания путем анализа гибких слоистых систем и отклонений под действием плиты или колесной нагрузки. Такой способ применяется при некоторых исследованиях.

g) В настоящее время большое внимание уделяется использованию теории гибких слоистых систем и отклонений, установленных в полевых условиях, при испытаниях путем приложения динамической нагрузки к точкам под центром нагрузки и к нескольким точкам, смещенным от центра нагрузки. Путем итеративных расчетов на ЭВМ можно вычислить значения модулей грунтового основания и нескольких верхних слоев. Эти вычисленные модули затем используются в слоистой модели для вычисления напряжений в критических точках и прогнозирования характеристик покрытия.

3.6.2.15 Методы оценки финитивных элементов предоставляют возможность формулировать модели покрытий, которые позволяют оценивать не только слоистые системы, но и нелинейную (в виде кривой) реакцию на напряжение-деформацию, характерную для большинства материалов покрытий. При этом также необходимо знать коэффициенты Пуассона и модули упругости, однако в данном случае эти значения необходимо определять для каждого слоя покрытия как функцию нагрузки или напряжения, существующего в любой точке модели (на любом ограниченном элементе). Модульные зависимости определяются на базе лабораторных испытаний и, как правило, путем испытаний с периодическим приложением трехосной нагрузки. Обычно они имеют указанную ниже форму, но могут выражаться и по другому.

a) Для гранулированных материалов:

$$M_r = E = K_1\,\theta^{k_2}$$

или

$$M_r = E = K_3\,\sigma_3^{k_4}$$

b) Для мелкозернистых грунтов:

$$M_r = E = K_5\,\sigma_d^{k_6}$$

Где:

M_r - модуль эластичности

E - модуль гибкости

θ - общее напряжение = $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$ или $\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$ (сумма трех взаимоперпендикулярных нормальных напряжений в любой точке)

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - основные напряжения

σ_3 - ограниченное напряжение на трехосном образце

σ_d - отклоняющее напряжение = $\sigma_1 - \sigma_3$

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ - постоянные, значения которых установлены в результате испытаний

3.6.3 Оценка по методу обратного расчета. Чтобы рассчитать покрытие, необходимо выбрать метод расчета. Затем определяется толщина, допустимые характеристики материалов каждого слоя и несущая поверхность с учетом грунтового основания, на котором будет находиться покрытие, а также величина и интенсивность приложения нагрузки от движения, которую она должна выдерживать. Для оценки покрытия эти действия необходимо выполнить в обратном порядке, поскольку покрытие уже существует. Необходимо установить характеристики грунтового основания, а также определить толщину и характеристики каждого слоя конструкции, включая поверхностный слой; с помощью этих данных, применяя выбранный метод расчета и выполняя действия в обратном порядке, можно определить максимально допустимую величину и частоту нагрузки от воздушных судов. Метод расчета, выбранный

для оценки, не обязательно должен быть методом, по которому было рассчитано данное покрытие, однако основные параметры, характеризующие свойства различных материалов (слоев), должны быть равны тем пераметрам, которые применялись согласно выбранному методу расчета.

3.6.3.1 Метод и элементы расчета. В первую очередь необходимо выбрать метод расчета, который будет использоваться для оценки покрытий в обратном порядке. Затем в соответствии с выбранным методом расчета необходимо оценить элементы расчета, свойственные существующему покрытию.

a) Необходимо определить толщину каждого слоя, что можно сделать на основании записей о строительных работах. Для измерения толщины, возможно, придется бурить скважины или открывать смотровые ямы.

b) Необходимо определять прочность и характер грунтового основания. При этом необходимую информацию можно получить на основании записей о строительных работах, либо непосредственно, либо путем изложения этой информации в той форме, которая требуется для выбранного метода расчета. В противном случае необходимые данные придется получать путем проведения полевых исследований. В пп. 3.6.2.9 - 3.6.2.14 раскрываются разнообразные способы оценки работы грунтового основания при различных методах расчета. Смотровые ямы могут понадобиться для проникновения в грунт, проведения испытаний с помощью плиты или взятия проб материала грунтового основания для лабораторных испытаний. Для взятия проб или проникновения в грунт можно воспользоваться скважинами. Возможно, придется проводить испытания путем определения прогиба методом приложения динамической или статической поверхностной нагрузки или испытания методом распространения волн. Конкретную информацию необходимо получать на основании данных метода расчета, выбранного для использования при оценке.

c) Необходимо также определять прочность и характер слоев между грунтовым основанием и поверхностью. При этом возникают практически те же проблемы, что и при оценке грунтового основания (см. b) выше), и полезную информацию необходимо брать из уже выбранного метода расчета.

d) Для многих процедур расчета жестких покрытий необходимо знать значение модуля упругости и предельного изгибающего напряжения бетона. Если эти данные не указаны в записях о строительных работах, их следует определять путем испытания образцов, взятых из покрытия (см. ASTM C469 - модуль упругости и ASTM C683 - прочность на изгиб). Для слоев из железобетона или предварительного напряженного бетона необходимо установить зависимость с данными конкретно выбранного метода расчета.

e) Битумные поверхностные (или наружные) слои должны иметь характеристики, соответствующие выбранному методу расчета и позволяющие определять любые ограничения давления в пневматике, которые могут оговариваться. Необходимую информацию можно получить из записей о строительных работах. Если эти данные отсутствуют, необходимо проводить испытания. Чтобы упростить оценку реакции на напряжение-деформацию или действие давления в пневматике на битумный слой, могут потребоваться температурные характеристики покрытия.

f) Необходимо учитывать все последствия морозов согласно выбранному методу расчета или особенности конкретной климатической зоны и учитывать, как это повлияет на полученные результаты оценки.

g) Общее число повторений нагрузки на покрытие является важным элементом расчета, и факторами оценки могут быть как воздействие движения в прошлом, так и предполагаемое движение в будущем. По вопросу оценки интенсивности движения см. раздел 3.4. Для некоторых методов расчета

достаточно считать, что движение, выполненное в прошлом, в достаточной степени отражает интенсивность движения в будущем, и установленная в результате оценки предельная нагрузка соответствует данной интенсивности движения. Такое допущение свойственно соотношению массы воздушного судна и числа ACN (или наоборот) по методу ACN-PCN. Однако согласно многим другим методам для определения предельного прогиба или напряжения, которое требуется для оценки предельной нагрузки, за основу следует принимать количество повторений нагрузки или напряжения.

На основании выбранного метода расчета и установленных количественных характеристик для элементов расчета можно определить предельную нагрузку или массу для любого воздушного судна, которое предполагается эксплуатировать на данном покрытии.

3.6.4 Прямые или неразрушающие методы оценки. При прямой оценке к покрытию прикладывается нагрузка, измеряется его реакция (обычно в виде прогиба под действием нагрузки и в некоторых случаях также в точках, удаленных от нагрузки для определения формы прогиба) и на основании результатов измерений определяются значения предполагаемой нагрузочной несущей способности. Эти методы рассмотрены в пп. 3.6.2.6, 3.6.2.7 и 3.6.2.8.

3.6.4.1 Статические методы. Статические методы включают установку плит или колес, приложение нагрузки и измерение прогибов. При приложении нагрузок с помощью плиты необходима реакция против нагрузки, в то время как колеса можно накатить в определенное место и затем укатить. Первоначальный метод определения числа LCN для нежестких покрытий, разработанный Соединенным Королевством, но используемый во многих странах, является наглядным примером прямых статических методов. В методе Канады для нежестких или жестких покрытий используется прогиб и нагрузка с помощью плиты, но не столь прямо (см. главу 4). Эти прямые методы зависят от корреляции между работой покрытия и прогибом в результате нагрузки, показанной на рис. 3-3. Здесь, по-видимому, нужна оговорка, поскольку такие корреляции могут быть неправильно поняты. Они не показывают прогиб, который можно измерить под нагрузкой после того, как она приложена несколько раз, как это может показаться. Покрытия, в целом, прогибаются одинаково, если их измерять в начале и в конце срока службы покрытия (после начальных доводок и перед окончательным ухудшением состояния). Эти корреляции показывают сколько раз к данному покрытию можно прилагать нагрузку, которая вызывает прогиб, до разрушения покрытия. Корреляции установлены путем измерения прогибов удовлетворительно работающих покрытий и определения соответствующих интенсивностей движения по этим покрытиям в прошлом. Рассмотренные ниже методы прогибов для получения быстрой оценки несущей способности покрытия являются хорошим примером статических методов.

3.6.4.2 Методы прогибов для быстрой оценки несущей способности покрытия. Исследования и наблюдения многих ученых показали ярко выраженную общую зависимость между прогибом покрытия под действием нагрузки колеса и числом приложений (повторений) этой колесной нагрузки в процессе движения воздушных судов, в результате чего происходит сильный износ (разрушение) покрытия (см. рис. 3-3). На основе зависимостей такого рода разработаны простые способы быстрой оценки прочности покрытия. Ниже приводится перечень справочных документов,которые содержат ряд аналогичных кривых:

Transport and Road Research Laboratory Report LR 375 (British);

California Highways Research Report 633128;

доклад, представленный Гжвендтом и Полиачеком на третьей международной конференции по конструированию асфальтовых покрытий; и

доклад, представленный Джозефом и Холлом на упомянутой выше третьей международной конференции по конструированию асфальтовых покрытий.



Рис. 3-3

3.6.4.3 Несмотря на то, что характер этих зависимостей довольно устойчив, разброс определенных точек является значительным. Таким образом, при использовании этих зависимостей для быстрого получения оценок покрытий следует согласиться либо с ограничивающей кривой с заниженным значением, либо с малой достоверностью, вызываемой значительным разбросом точек или их определенной комбинацией. Эти зависимости действительно позволяют применять простые, относительно недорогие способы оценки. Соблюдается следующий порядок проведения такой оценки:

a) измеряем прогиб, создаваемый значительной колесной нагрузкой в выбранной критической точке покрытия. Могут быть использованы одноколесные или многоколесные опоры шасси;

1) устанавливаем колесо воздушного судна в критической зоне;

2) на покрытии отмечаем точки для проведения измерений, как указано на рис. 3-4 a);

3) с помощью метода "визирования" снимаем отсчеты с рейки в каждой точке;

4) удаляем воздушное судно и повторяем замеры по рейке;

5) наносим на график в виде точек разницу в показаниях рейки, характеризующую прогибы. См. рис. 3-4 b);

6) соединяем точки для получения оценки максимального прогиба под пневматиком;

b) строим график зависимости между нагрузкой и максимальным прогибом, как показано на рис. 3-4 c);

c) накладываем график зависимости между прогибом и многократным приложением нагрузки до разрушения на вышеуказанный график для того, чтобы произвести оценку несущей способности покрытия для опоры шасси, используемой для определения прогиба:

1) определяем число повторений нагрузки или эквивалентное количество повторений, как указано в разделе 3.4), которую согласно расчетам необходимо приложить к покрытию до разрушения;

2) используя корреляционную связь типа рис. 3-3, определяем прогиб для данного числа повторений нагрузки до разрушения; и

3) используя известную зависимость нагрузки от прогиба типа на рис. 3-4, определяем несущую способность покрытия как величину допустимой нагрузки на колесо, используемое для измерения прогиба;

d) с помощью метода, указанного в главе 1, определяем зависимость между установленной несущей способностью покрытия и PCN. Воздушные суда с ACN,не превышающим данной PCN, могут использовать данное покрытие без перегрузок. Относительно зависимости между ACN и массой см. добавление C.

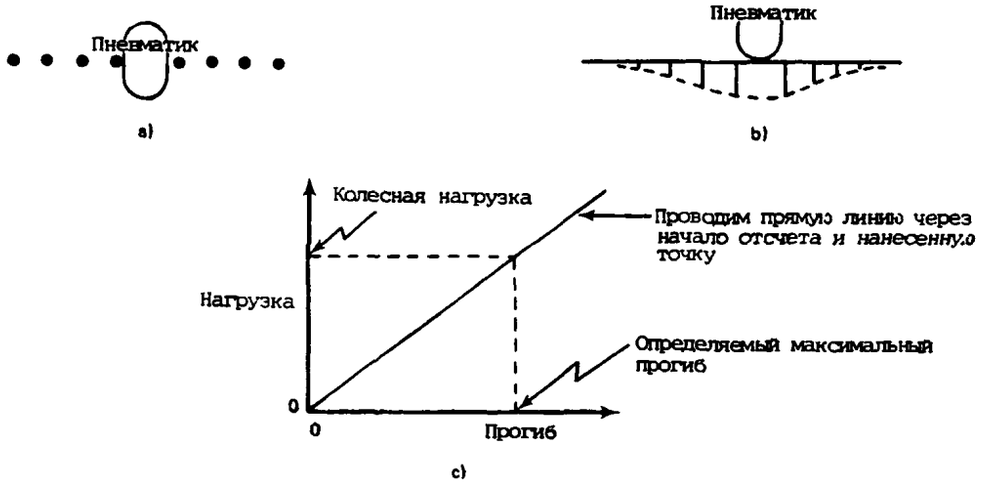


Рис. 3-4

3.6.4.4 Аналогичную процедуру можно применять при использовании подъемника и нагрузочной плиты - под местом установки подъемника крыла воздушного судна - или некоторой равноценной нагрузки. Можно полностью установить зависимость между прогибом и нагрузкой и вместо оптических методов изучения состояния покрытия использовать индикаторы с круговой шкалой, установленные на длинном измерительном стержне. При наличии соответствующей смотровой апертуры можно измерить прогиб непосредственно под центром нагрузки. Результаты можно обрабатывать тем же способом, что и в случае одноколесной нагрузки.

3.6.4.5 Методы, применяемые для измерения прогиба под нагрузкой на дорогах, как, например, методы измерения с помощью стержня Бенклемана, могут использоваться для определения зависимости между прогибом и нагрузкой. Результаты обрабатываются как показано на рис. 3-4, чтобы путем экстраполяции нагрузки привести к одноколесным нагрузкам от воздушного судна, которые с учетом зависимости, указанной на рис. 3-3, позволяют оценивать несущую способность покрытия для одноколесных нагрузкок. На основании этих данных можно непосредственно определить предельную массу воздушных судов на покрытиях для легких воздушных судов и представить соответствующие данные согласно разделу 1.2 главы 1. Если применяется необычно большая нагрузочная плита или высокие давления в пневматике, может оказаться необходимым скорректировать соответствующие данные и выбрать промежуточные значения между одноколесными характеристиками, используемыми при определении типа, указанного на рис. 3-4 (п. 3.6.4.3a), и представленным предельным значением допустимой массы воздушного судна или критической колесной нагрузкой, сравнимой с предельной массой. Такие поправки можно вносить согласно процедурам в добавлении 2 или выбранному методу расчета покрытий. Предельные значения на покрытиях

для более тяжелых воздушных судов можно определять как указано в п. 3.6.4.3 d). Следует отметить, что,согласно последним данным, экстраполяция соотношения между нагрузкой и прогибом (как на рис. 3-4 c) из небольшого количества данных влияния нагрузки на покрытие высокой прочности не дает хороших результатов. К сожалению, не установлены рамки экстраполяции для получения хороших результатов.

3.6.4.6 Динамические методы. Для применения этих методов требуется устройство, прилагающее динамические нагрузки, которое для мобильности смонтировано на автомашине или автоприцепе и в соответствующем месте опускается на покрытие. В этих устройствах используются массы, вращающиеся в противоположных направлениях или совершающие возвратно-поступательное движение под действием гидравлического привода, или применяются падающие тяжести (массы) для получения серий импульсов на месте от масс, совершающих возвратно-поступательное или вращательное движение, или от затухающих импульсов, вызванных падением массы.В основном нагрузка прилагается посредством нагрузочной плиты, но в некоторых небольших устройствах используются твердые колеса или прокладки. Во всех методах используются инерциальные приборы (датчики), которые устанавливаются на поверхности покрытия или нагрузочной плите и измеряют вертикальное смещение (прогиб). Динамическая нагрузка определяется обычно нагрузочным элементом, через который нагрузка передается нагрузочной плите. В результате сравнения прилагаемой нагрузки и измеряемых смещений определяется зависимость между нагрузкой и прогибом для испытываемого покрытия. Смещения во всех случаях измеряются непосредственно под нагрузкой, но они также измеряются в нескольких дополнительных точках, расположенных на определенном расстоянии от центра нагрузки. Таким образом, зависимость между нагрузкой и прогибом определяется не только в центре нагрузки (точка максимального прогиба), нс также в смещенных точках, что дает кривизну или форму прогиба (изгиб). В качестве таких устройств используются как совеременные дорожные установки, создающие нагрузки менее 1000 кг, так и крупные установки, описание которых приводится в разделе 3.6.5,при рассмотрении неразрушающих методов оценки FAA США. В некоторых системах массами, вращающимися в противоположном направлении и совершающими возвратно-поступательные движения, можно изменять частоту динамической нагрузки, а в некоторых системах такого вида и установках с падающими элементами определенного веса можно изменять и величину прилагаемой нагрузки.

3.6.4.7 Можно измерить время, в течение которого волны напряжения, вызванные динамической нагрузкой, распространяются от одного датчика к другому,а зная время и расстояние между датчиками, вычислить скорость. В некоторых динамических методах эти измеренные значения скорости используются для оценки прочности или реакции на напряжение-деформацию грунтового основания и верхних слоев покрытия для использования в различных методах расчета. Зависимость между волновой скоростью сдвига, v, и модулем упругости, E, выражается следующей формулой:

$$v = \frac{1}{2}\left[\frac{E}{(1+\mu)\rho}\right]$$

(см. работу Баркана "Динамика оснований и фундаментов),

где коэффициент Пуассона, μ, можно оценить с удовлетворительной точностью (см. пп. 3.6.2.13 и 3.6.2.14), а плотность,ρ, грунтового основания или слоя(подстилающего слоя-слоя основания) покрытия можно определить путем измерений или оценить с удовлетворительной точностью. Значения модулей, определенные таким образом, используются либо непосредственно, либо с некоторыми уточнениями в теоретических расчетных моделях, они также используются с корреляциями для расчета прочности грунтового основания и других слоев в виде CBR, коэффициента k грунтового основания и аналогичных количественных показателей прочности. При измерении скорости чувствительные элементы может оказаться необходимым разместить на большем удалении от груза по сравнению с дистанциями, которые используются для определения формы прогиба. Кроме того, динамическое устройство должно позволять изменять частоту, поскольку различные слои покрытия реагируют на определенные частоты. Эти частоты нужно узнать и энергию динамической нагрузки необходимо возбуждать с предпочтительной частотой для определения скорости распространения энергии волн в каждом слое.

3.6.4.8 Применение измерений с помощью динамических методов. Значения прогибов при центральной и смещенной нагрузке и скорости распространения волн напряжения, определенные с помощью различных динамических средств и методов, используются для оценки покрытий несколькими путями.

a) Устанавливаются прямые корреляции между нагрузкой-прогибом в ответ на реакцию покрытия на динамическую нагрузку и работой покрытия. Эти корреляции определяются в результате испытаний динамической нагрузкой покрытий, характер работы которых можно определить. Хорошим примером является неразрушающий метод оценки FAA США, изложенный в разделе 3.6.5.

b) Результаты измерений, полученные с помощью динамических методов либо непосредственно, либо путем экстраполяции, могут дать информацию для метода нагрузочной плиты. Они могут использоваться в качестве входных данных (при соответствующих размерах плиты или с использованием других преобразований) для таких методов, как метод LCN или метод Канады. При использовании непосредственно на грунтовых основаниях или на других слоях с известными корреляциями можно определять коэффициенты для грунтовых оснований в целях проведения анализа Вестергорда.

c) В некоторых методах (особенно для дорог) используется форма прогиба, определенная с помощью датчиков, установленных на определенном расстоянии от оси нагрузки, для отображения общей жесткости и, следовательно, характера распределения нагрузки конструкции покрытия. Но непосредственное использование этих данных для определения и оценки несущей способности оказалось неудачным.

d) Измеренное значение прогиба под динамической нагрузкой используется для определения эффективного коэффициента упругости грунтового основания в теоретических моделях покрытий. Постоянные упругости (модуль и коэффициент Пуассона) для других слоев устанавливаются на основании допусков или испытаний и модуля грунтового основания, рассчитанного с учетом нагрузки, измеренной величины прогиба и модели покрытия; при этом обычно используется теория упругих слоистых систем.

e) Для определения коэффициентов упругости всех слоев смоделированного покрытия в последнее время используются вычислительные программы для упругих слоев; прилагаемая нагрузка, измеренные прогибы в нескольких смещенных точках и в центре, а также итеративные вычислительные средства.

f) Для вычисления деформации прогиба верхнего слоя под нагрузкой или вертикальной деформации в верхней точке грунтового основания под нагрузкой (эти точки считаются критическими для нежестких покрытий) используются теоретические модели с постоянными упругости (как в d) и e) выше). Напряжение или деформацию прогиба плиты жесткого покрытия можно рассчитать аналогичным образом. Эти значения сравниваются с величинами деформации (или напряжения) с учетом установленных корреляций с работой покрытия. В указанной ниже литературе приводится много примеров таких корреляций.

1) Международная конференция по воздушному транспорту (1977), протоколы ASCE - документ, представленный Монисмитом.

3.6.5 Неразрушающий метод оценки Федеративного авиационного управления США*

3.6.5.1 Введение. В настоящем разделе дается описание методики определения несущей способности систем аэропортовых покрытий с помощью неразрушающего метода испытаний (NDT). Оборудование и методика были разработаны инженерным корпусом армии США по просьбе Федерального авиационного управления (FAA) и армии США в связи с необходимостью проведения быстрых оценок систем покрытий, при этом сведя к минимуму нарушение обычной работы аэропорта.

3.6.5.2 Некоторые исследования в области NDT проводились приблизительно до середины 50-х годов, когда научные сотрудники лаборатории Royal Dutch Shell начали изучение вибрационных нагрузочных устройств для оценки нежестких покрытий. С тех пор многие другие учреждения провели исследования возможностей использования метода NDT для оценки покрытий. В течение 50-х и 60-х годов опытная станция внутренних водных путей сообщения (WES) инженерного корпуса армии США провела в минимальных масштабах исследование с использованием различных типов вибрационного оборудования. Во многих первых работах WES особое значение придавалось опытам по измерению упругости материалов различных слоев покрытия путем измерения распространения волн. Основной подход к решению этой проблемы заключался в использовании этих упругих постоянных наряду с применением теории многослоистости для расчета допустимых нагрузок воздушных судов. В 1970 году армия США разработала усовершенствованное вибрационное нагрузочное устройство, а в 1972 году WES начала проведение исследования для FAA с целью разработки метода оценки с помощью NDT. Для того чтобы уложиться в сроки, определенные FAA, основные усилия были направлены на разработку методики, основанной на измерении модуля динамической жесткости (DSM) системы покрытий и установление зависимости между этой величиной и данными о поведении покрытий. В настоящее время продолжается работа по разработке методики измерения упругих постоянных различных слоев с использованием метода NDT; однако эта методика еще не разработана настолько, чтобы полученные с ее помощью данные имели приемлемую степень достоверности.

3.6.5.3 Применение. Метод оценки с помощью NDT, о котором говорится в настоящем разделе, применим только к обычным системам жестких и нежестких покрытий. Обычное жесткое покрытие состоит из верхнего слоя неармированного бетона, лежащего на основании и(или) грунтовом основании из нестабилизированных материалов. Обычное нежесткое покрытие состоит из тонкого (15 см (6 дюймов) или менее) битумного верхнего слоя, лежащего на нестабилизированных слоях материалов, образующих основание, подстилающий слой и грунтовое основание. В настоящее время проводится работа в направлении распространения метода NDT на другие типы системы покрытий, которые включают, в частности, битумные верхние слои большой толщины и стабилизированные слои.

3.6.5.4 Оборудование. Метод оценки, указываемый в настоящем разделе, предусматривает определение реакции системы покрытия на конкретную вибрационную нагрузку постоянной величины. Поскольку реакция на нагрузку материалов, образующих систему покрытия, в целом имеет нелинейную характеристику, определение реакции покрытия для использования в методике оценки, о которой идет речь в настоящем разделе, требует наличия специальной нагрузочной системы. Нагрузочное устройство должно создавать статическую нагрузку порядка 16 килофунтов** на покрытие и обладать способностью создавать пиковые вибрационные нагрузки от 0 до 15 килофунтов при частоте 15 Гц. Нагрузка прилагается к поверхности покрытия через стальную нагрузочную плиту диаметром 45 см (18 дюймов). Вибрационная нагрузка контролируется с помощью трех датчиков нагрузки, установленных между приводом и нагрузочной плитой, а реакция покрытия измеряется с помощью датчиков скорости, установленных на нагрузочной плите. Необходимо наличие оборудования автоматической регистрации и обработки данных. Нагрузочное устройство должно легко транспортироваться, чтобы обеспечить выполнение большого числа испытаний за минимально короткий срок, не препятствуя при этом обычной работе аэродрома. Оборудование NDT WES монтируется на прицепе тягача, как показано на рис. 3-5.

---

*Материал, содержащийся в настоящем разделе, взят из издания Федерального авиационного управления США - Airport Pavement Bulletin No. FAA-74-1, сентябрь 1974 г.

**1 килофунт= 454 кг (1000 фунтов).

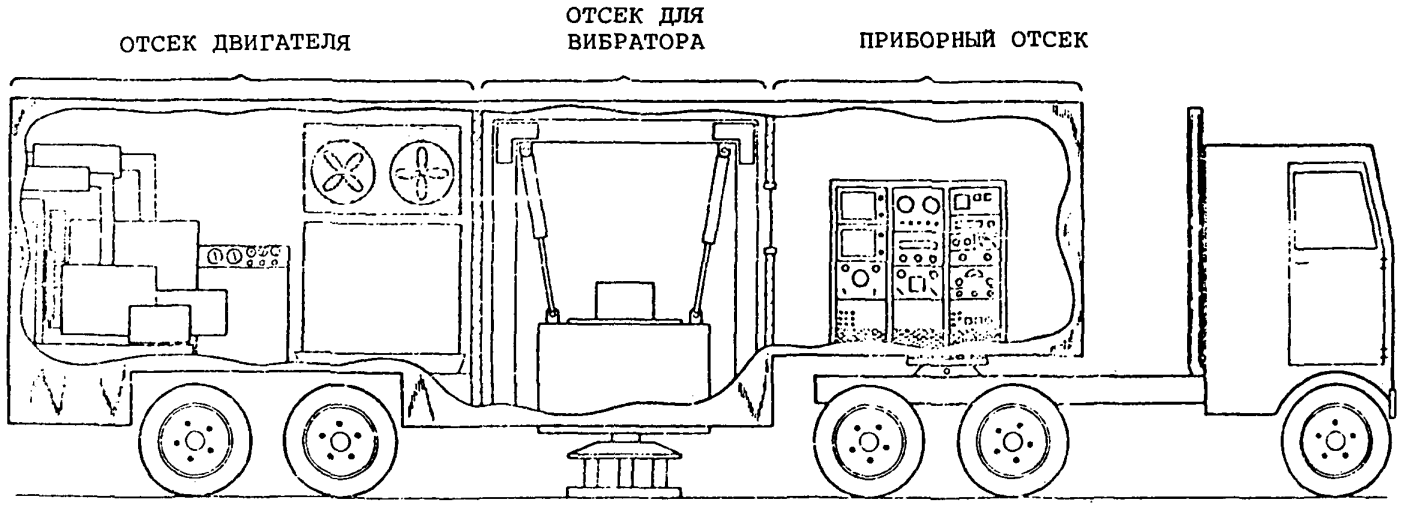


Рис. 3-5. Оборудование, разработанное опытной станцией внутренних водных путей, для применения неразрушающего метода испытаний

3.6.5.5 Сбор данных. В ходе оценки реакция системы покрытий на вибрационную нагрузку выражается через модуль динамической жесткости (DSM). Поскольку для измерения DSM в каждой точке испытания требуется короткий промежуток времени (2 - 4 минуты), в пределах обычного периода оценки может быть произведено большое количество измерений DSM. На основных ВПП и основных и скоростных РД испытания на определение DSM следует проводить по крайней мере через каждые 75 м (250 футов) по обе стороны от осевой линии нагрузочного средства по траекториям движения основных опор шасси. На вспомогательных системах РД или на ВПП, используемых в меньшей степени, испытания на определение DSM следует проводить приблизительно через каждые 150 м (500 футов) по обе стороны от осевой линии. На перронах испытания на определение DSM следует проводить по схеме прямоугольной сетки со сторонами 75 и 150 м (250 и 500 футов). Дополнительные испытания следует проводить в том случае, когда имеют место большие колебания в значениях DSM, и в зависимости от требуемой точности оценки. Измерения DSM для жестких покрытий должны производиться в середине (вблизи центра) плиты. При нахождении мест испытаний на определение DSM и выборе значений DSM для оценки необходимо учитывать различные типы покрытий, участки покрытий и время их сооружения. Таким образом, тщательное изучение чертежей покрытия особенно полезно при разработке программы испытаний. После проведения испытаний на определение DSM и группировки их результатов в зависимости от типа покрытия и его конструкции следует выбрать (как указано ниже) наиболее типичное значение DSM для расчета допустимой нагрузки.

3.6.5.6 На каждой площадке испытания устанавливается нагрузочное оборудование; динамическое усилие меняется от 0 до 15 килофунтов с интервалом 2 килофунта при постоянной частоте 15 Гц. Данные прогиба поверхности покрытия, измеренные с помощью датчиков скорости, наносятся на график против прилагаемой нагрузки, как показано на рис. 3-6. Значение DSM (скорректированное, как указано ниже) обратно пропорционально наклону кривой зависимости между прогибом и нагрузкой (см. рис. 3-6).

3.6.5.7 Помимо измерения DSM необходимо знать тип покрытия (жесткое или нежесткое) его толщину и классификацию материалов каждого слоя, образующего данный участок покрытия. Эти параметры можно определить по чертежам (проекту) или путем бурения в покрытии отверстий небольшого диаметра.

3.6.5.8 При оценке нежесткого покрытия во время испытания следует определять температуру битумного материала. Это можно сделать путем непосредственного измерения температур с помощью термометров, устанавливаемых на глубине 2,5 см (1 дюйм) от верхней поверхности, на расстоянии 2,5 см (1 дюйм) от нижней поверхности и в середине битумного слоя; полученные величины усредняются для определения средней температуры покрытия. Для расчета средней температуры покрытия можно также провести измерение температур поверхности покрытия и воздуха, использовав при этом рис. 3-7.

3.6.5.9 Коррекция данных. Зависимость "нагрузка-прогиб" многих покрытий, в частности, нежестких покрытий, является нелинейной при небольших усилиях, но становится более линейной при более высоких усилиях (порядка 12 - 15 килофунтов). В таких случаях в кривую зависимости "нагрузка-прогиб" вводится поправка, и значение DSM определяется по линейному участку кривой (см. рис. 3-6).

3.6.5.10 Модуль битумных материалов в большой степени зависит от температуры, и поэтому в измеренное значение DSM следует ввести поправку, если температура битумного материала во время испытания не равна 21°C (70°F). Коррекция осуществляется путем нанесения на рис. 4-12 измеренной или рассчитанной средней температуры покрытия и определения поправочного температурного коэффициента DSM, на который следует умножить измеренное значение DSM.

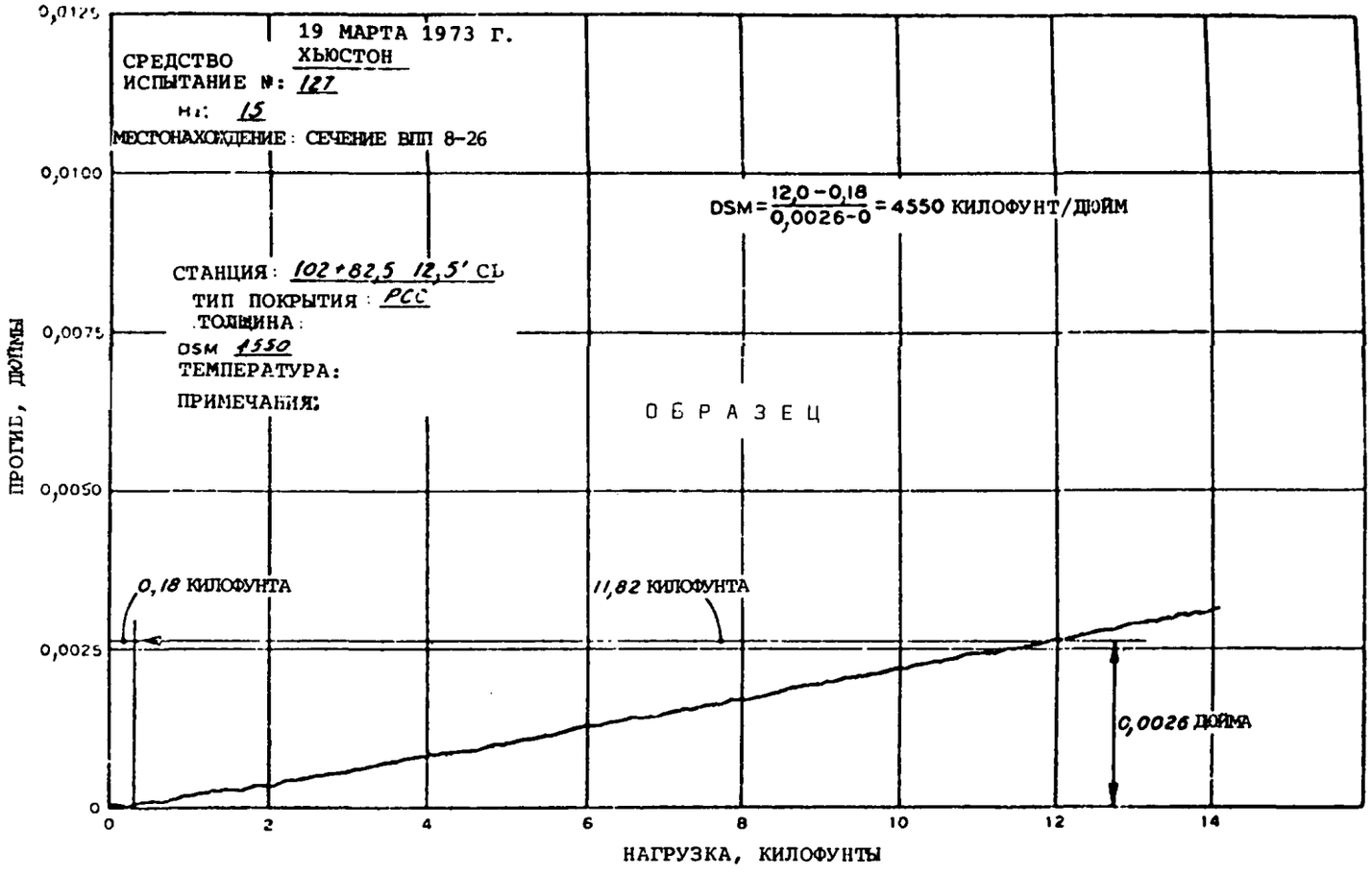


Рис. 3-6. Зависимость между прогибом и нагрузкой (образец)

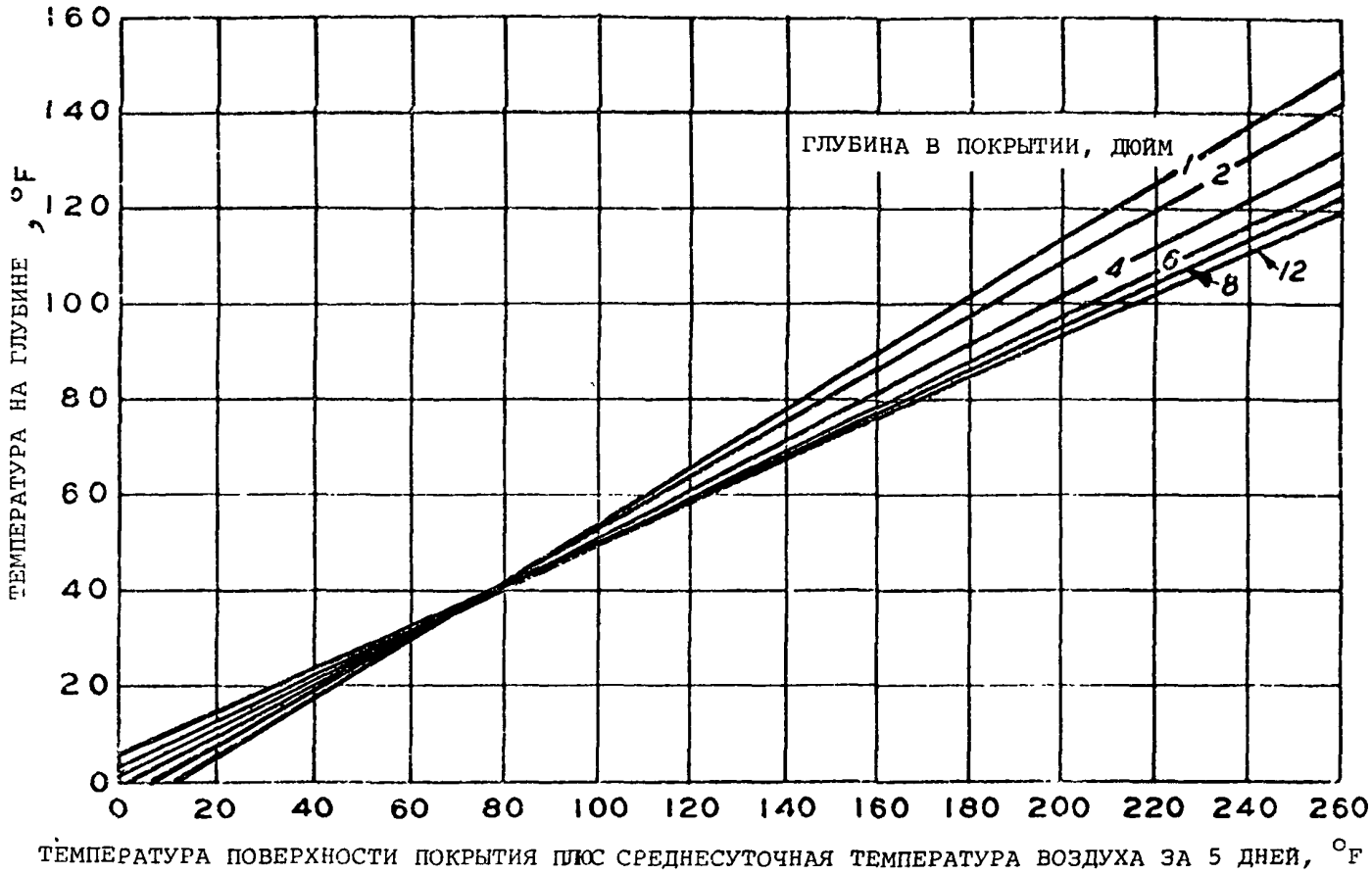


Рис. 3-7. Прогнозирование температур нежестких покрытий

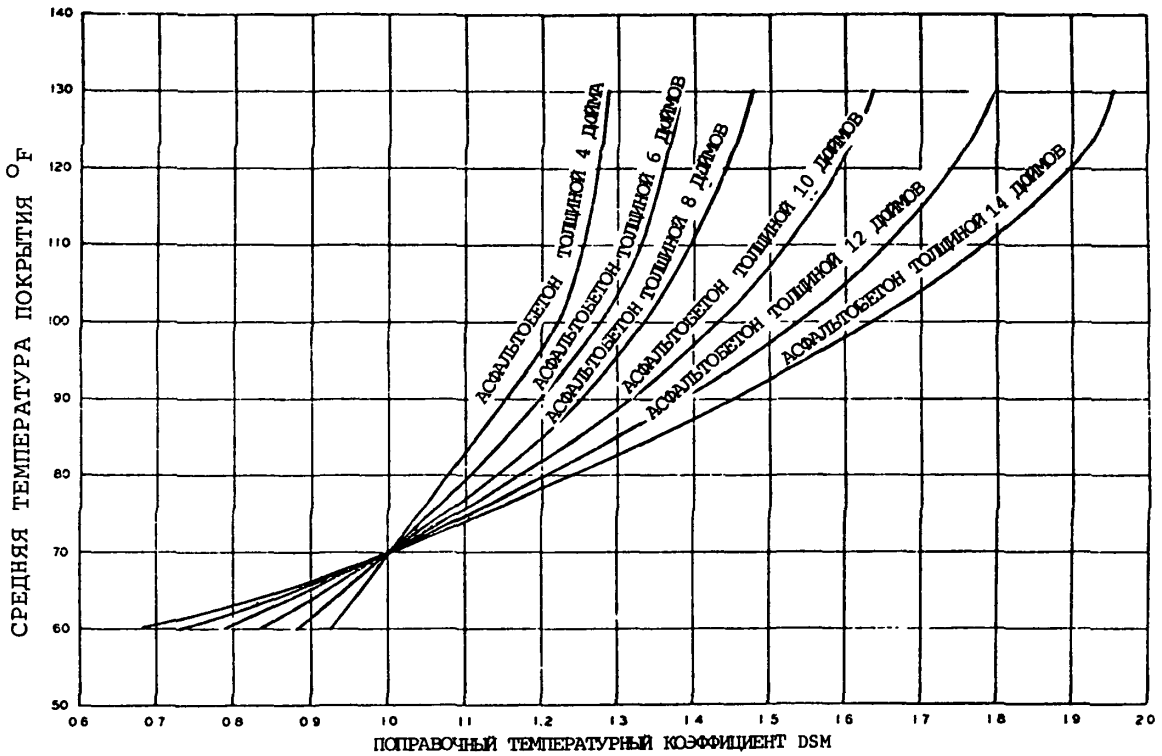


Рис. 3-8. Кривые коррекции DSM по температуре

3.6.5.11 Модуль динамической жесткости и несущая способность системы покрытия могут значительно меняться при промерзании и оттаивании материалов, особенно в тех случаях, когда промерзает морозочувствительный слой материала. Для учета таких условий поправочные коэффициенты не определены. Поэтому оценка должна основываться на диапазоне нормальных температур, и если требуется оценка морозостойкости, DSM следует определять в период оттаивания.

3.6.5.12 Наиболее характерное значение DSM следует выбирать для каждой группы покрытий, которая подлежит оценке. Хотя предполагается, что какой-либо участок покрытия может быть такого же типа и конструкции, как и другие, его следует рассматривать как относящийся к более чем одной группе покрытий в том случае, когда значения DSM, измеренные на одном участке покрытия, значительно отличаются от значений, измеренных на другом участке. Значение DSM, которое должно быть присвоено определенной группе покрытий для целей оценки, будет определяться путем вычитания одного стандартного отклонения от статистической средней.

3.6.5.13 Определение допустимой нагрузки воздушного судна. После определения и коррекции измерения значения DSM метод оценки зависит от типа покрытия - жесткого или нежесткого.

3.6.5.14 Оценка жестких покрытий

Этап 1

Скорректированное значение DSM вводится в рис. 3-9 и используется для определения допустимой одноколесной нагрузки.

Этап 2

Радиус относительной жесткости ℓ рассчитывается следующим образом:

$$\ell = 24{,}2\sqrt[4]{\left(\frac{h^3}{F_F}\right)},$$

где:

h - толщина бетонной плиты в дюймах,

F_F - коэффициент прочности грунтового основания, определяемый по рис. 3-10 с использованием классификации грунтовых оснований по группам FAA.

Этап 3

Используя ℓ, определяем коэффициент нагрузки F_L по рис. 3-11, 3-12, 3-13 или 3-14, в зависимости от схемы опор шасси воздушного судна, в отношении которого производится оценка.

Этап 4

Умножим величину допустимой одноколесной нагрузки, полученную на этапе 1, на величину F_L, определенную на этапе 3, чтобы получить полную нагрузку воздушного судна.

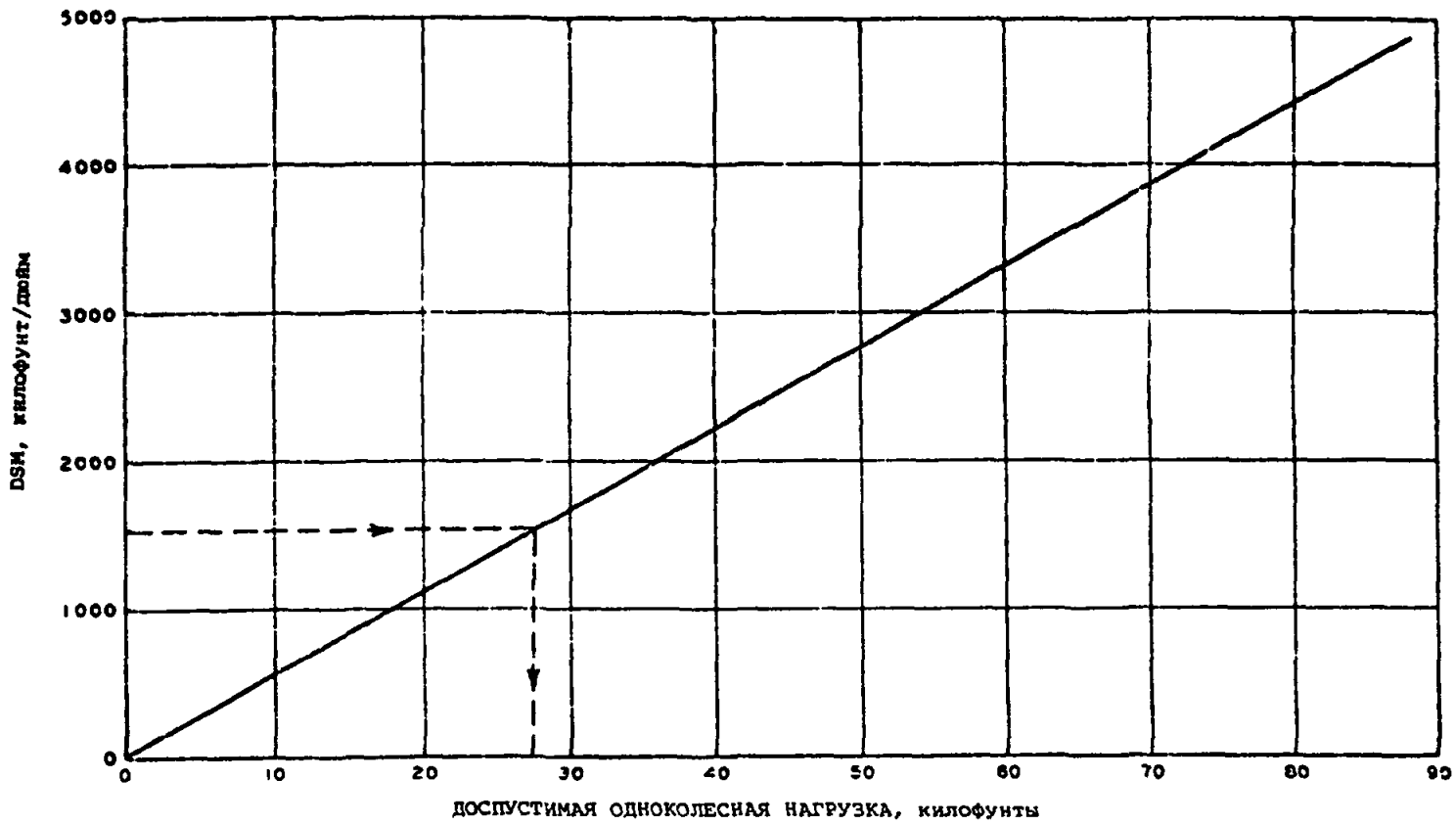
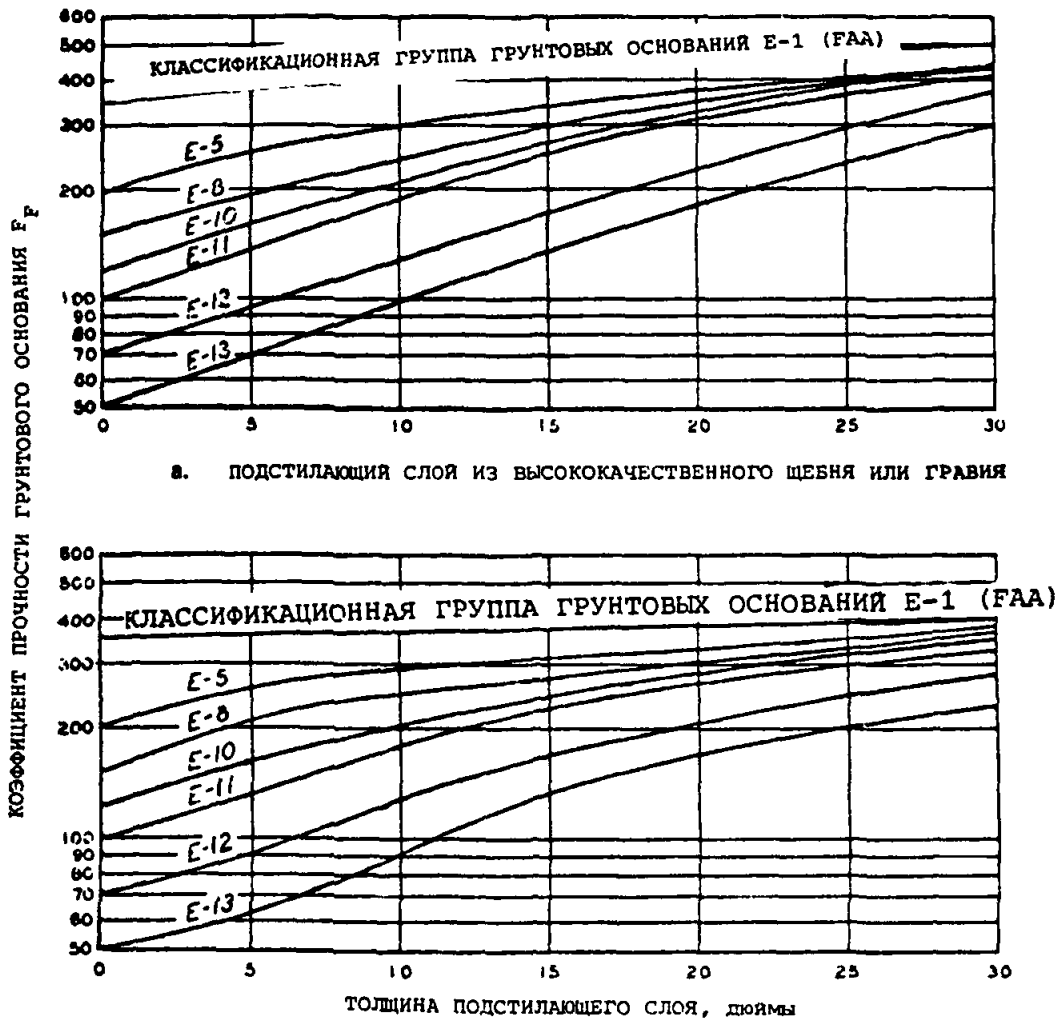


Рис. 3-9. Кривая оценки жесткого покрытия



a. ПОДСТИЛАЮЩИЙ СЛОЙ ИЗ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ЩЕБНЯ ИЛИ ГРАВИЯ

b. ПОДСТИЛАЮЩИЙ СЛОЙ ИЗ КАРЬЕРНОГО ПЕСКА И ГРАВИЯ

Рис..3-10. Зависимость между F_F и толщиной подстилающего слоя

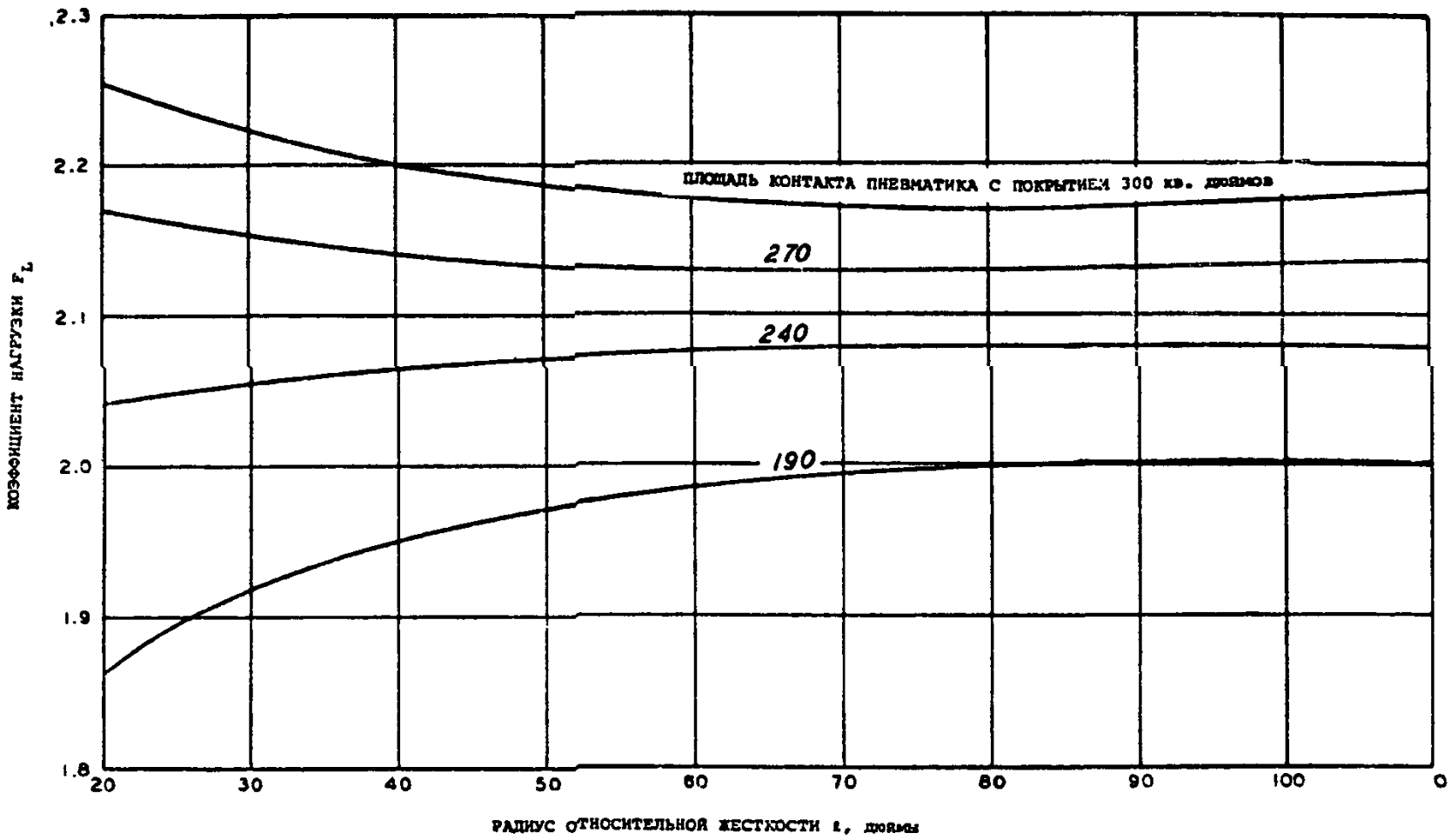
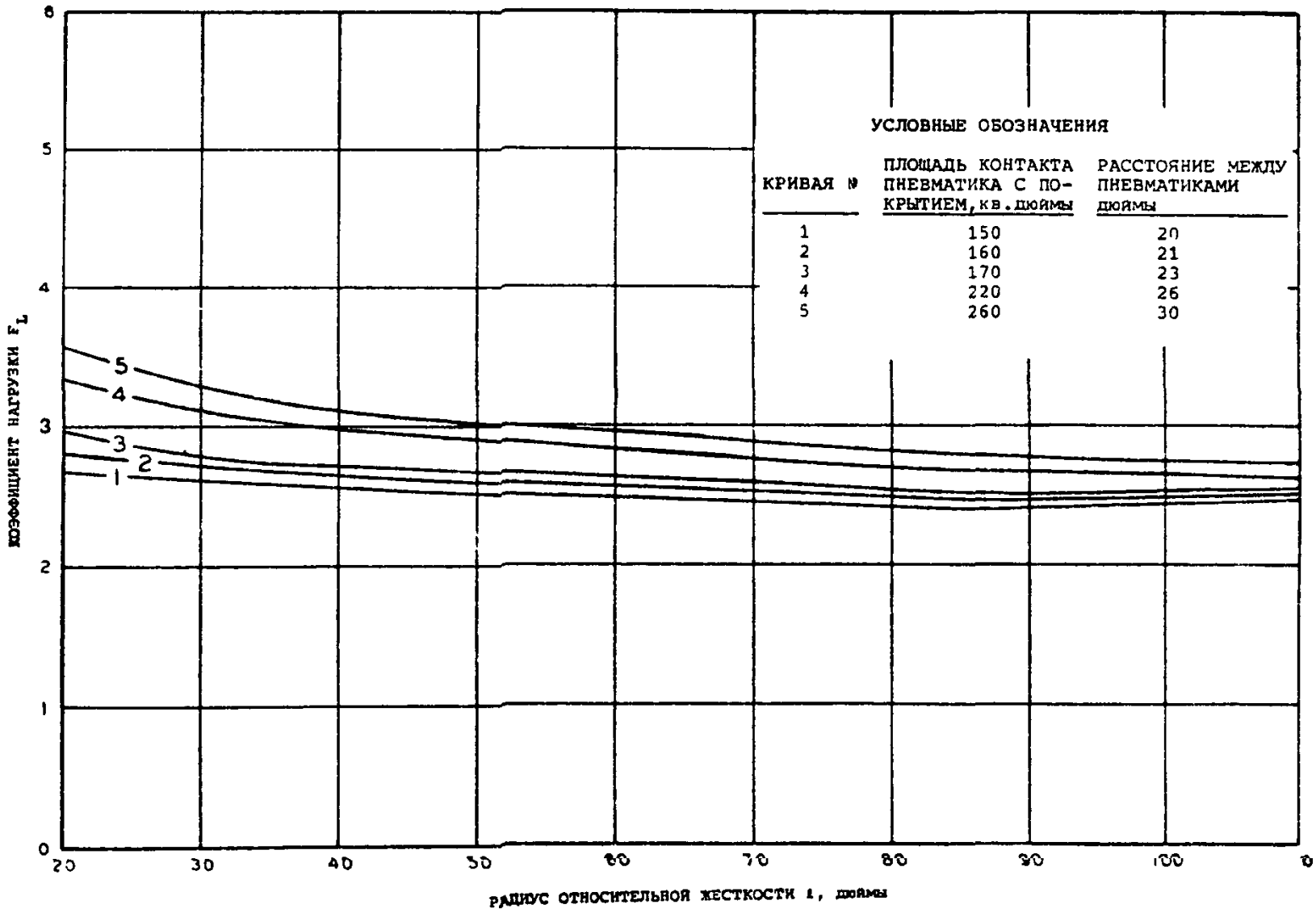


Рис. 3-11. Зависимость между F_L и ℓ для воздушных судов с одноколесными опорами шасси на жестком покрытии



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

КРИВАЯ №	ПЛОЩАДЬ КОНТАКТА ПНЕВМАТИКА С ПОКРЫТИЕМ, кв. дюймы	РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ПНЕВМАТИКАМИ дюймы
1	150	20
2	160	21
3	170	23
4	220	26
5	260	30

Рис. 3-12. Зависимость между F_L и ℓ для воздушных судов с опорами шасси со спаренными колесами на жестком покрытии

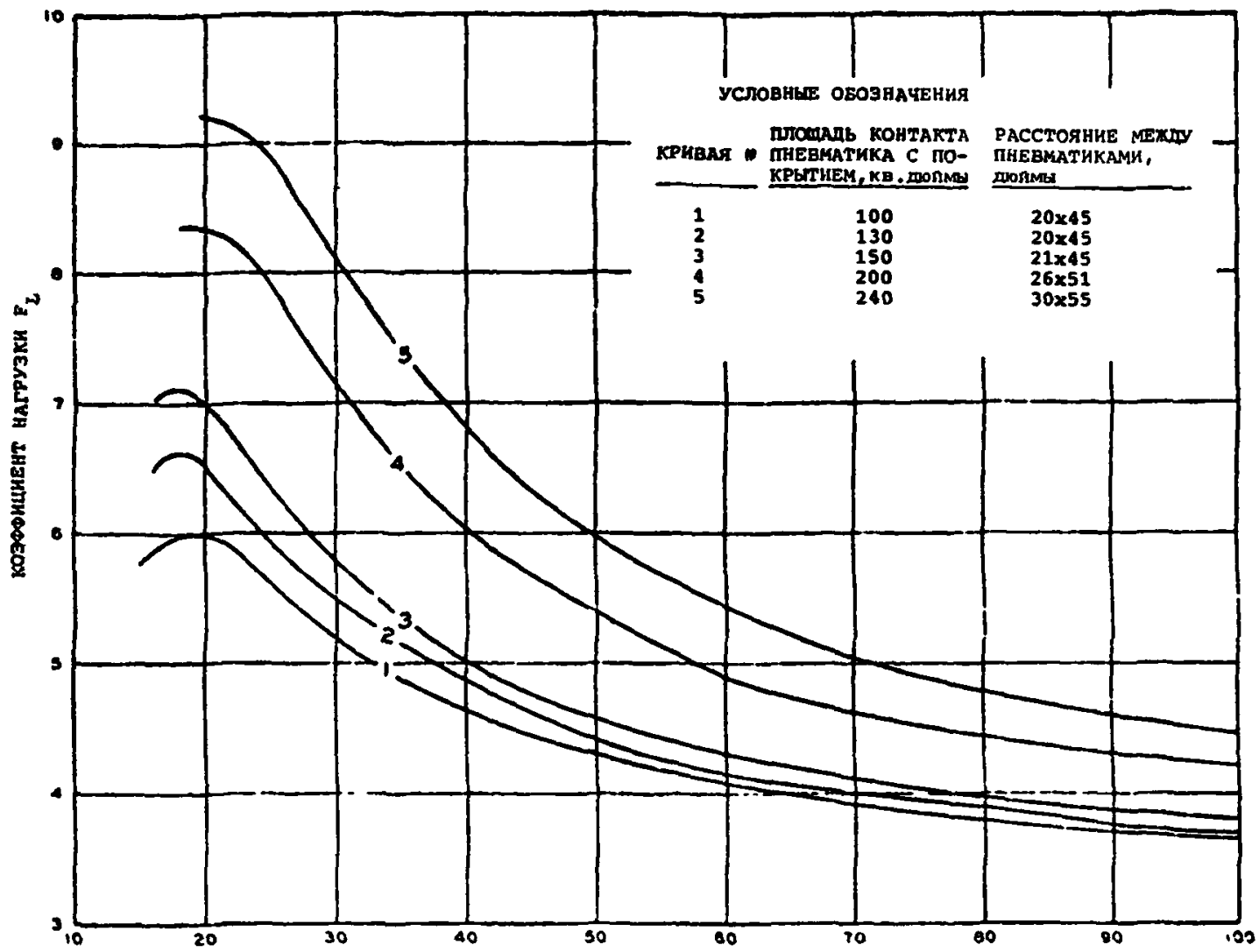


Рис. 3-13. Зависимость между F_L и ℓ для воздушных судов с опорами шасси с четырехколесными тележками на жестком покрытии

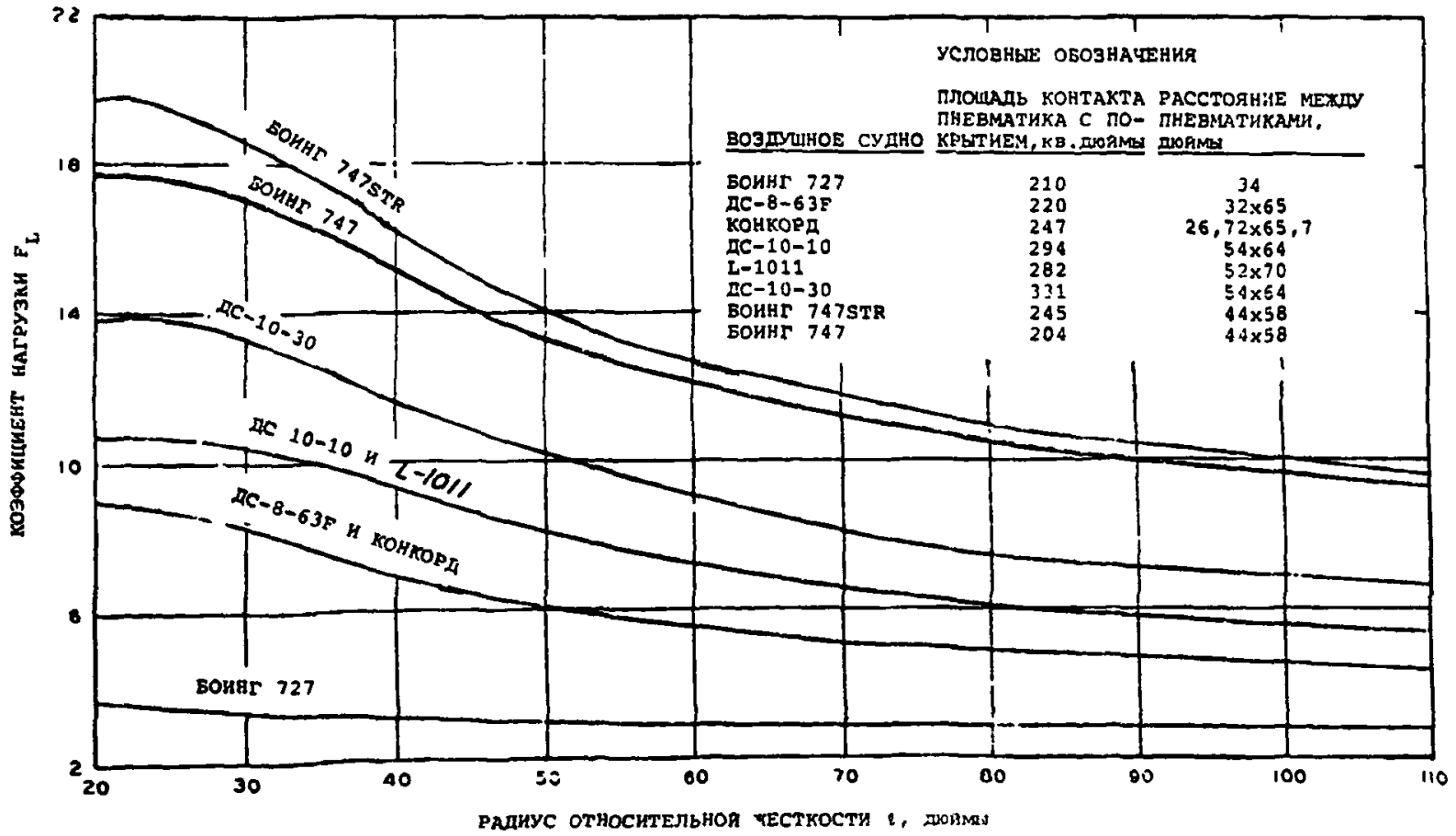


Рис. 3-14. Зависимость между F_L и ℓ для различных реактивных воздушных судов на жестком покрытии

Этап 5

Умножим величину полной нагрузки воздушного судна, полученную на этапе 4, на соответствующий коэффициент интенсивности движения, определяемый по таблице 3-1, чтобы получить допустимую полную нагрузку воздушного судна в критических зонах оцениваемого покрытия. Для скоростных выводных РД рассчитанную допустимую полную нагрузку следует умножить на коэффициент 1,18.

Этап 6

Допустимая нагрузка, рассчитанная на этапе 5, предполагает, что оцениваемое жесткое покрытие является прочным с конструктивной точки зрения и безопасным с эксплуатационной точки зрения. Рассчитанную допустимую нагрузку следует уменьшить в том случае, если во время оценки имеют место одно или несколько из следующих условий:

1) Допустимую нагрузку следует уменьшить на 10 процентов в том случае, если у 25 процентов или более плит появляются признаки проседания краев, вызываемого прогибом плит при проходе нагрузки.

2) Допустимую нагрузку следует уменьшить на 25 процентов в том случае, если в результате нагрузки происходит структурное растрескивание у 30 - 50 процентов плит (в противоположность образованию трещин в результате усадки, нерегулируемого сжатия, пучинообразованию, набуханию грунта и т.д.). Если в результате нагрузки образуются трещины более чем у 50 процентов плит, покрытие следует считать разрушенным.

3) Допустимую нагрузку следует уменьшить на 25 процентов, если имеются признаки чрезмерного повреждения швов, как, например, сплошное шелушение вдоль продольных швов, что будет означать утрату механизма передачи нагрузки.

3.6.5.15 Оценка нежестких покрытий

Этап 1

Используя значение DSM, скорректированное на нелинейный эффект и приведенное к стандартной температуре, определяем показатель прочности системы покрытия S_p по рис. 3-15.

Этап 2

Используя суммарную толщину t нежесткого покрытия над грунтовым основанием, определяем коэффициент F_t для критических покрытий:

$$F_t = 0,067t$$

или для скоростных РД:

$$F_t = 0,074t$$

Этап 3

Наносим на рис. 3-16 значение F_t, определенное на этапе 2, и определяем отношение между коэффициентом прочности грунтового основания SSF и показателем прочности системы покрытия S_p.

Этап 4

Получаем коэффициент прочности грунтового основания SSF путем умножения отношения SSF/S_p на величину S_p, определенную на этапе 1.

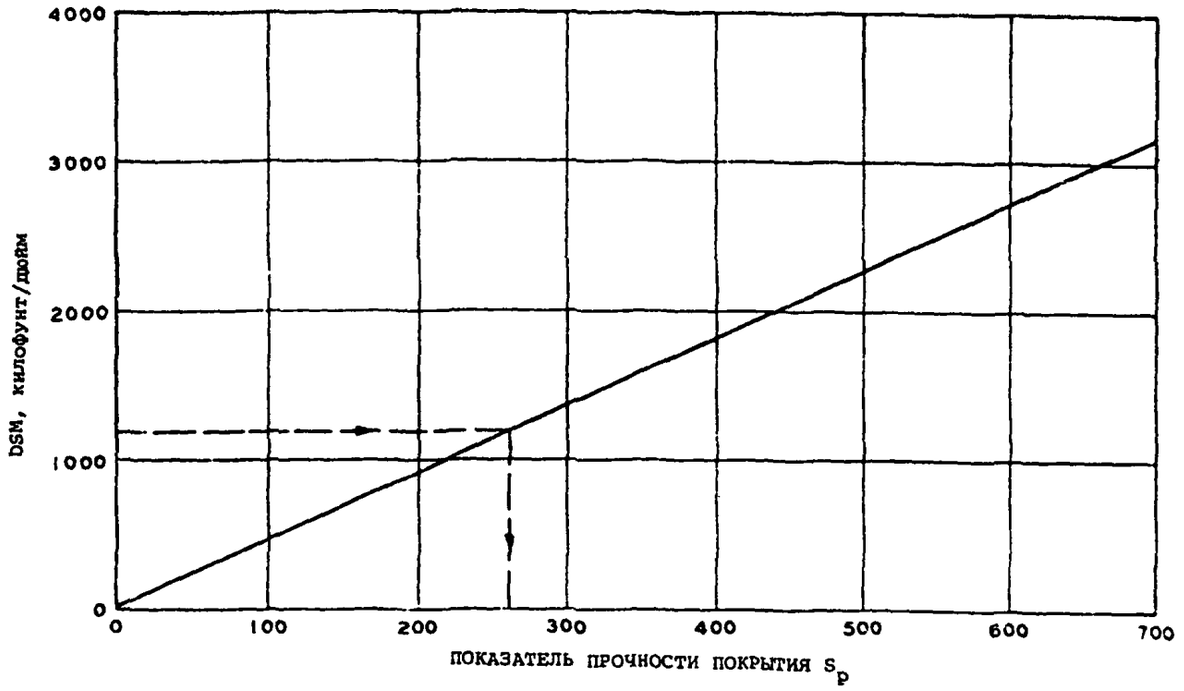


Рис. 3-15. Кривая оценки нежесткого покрытия

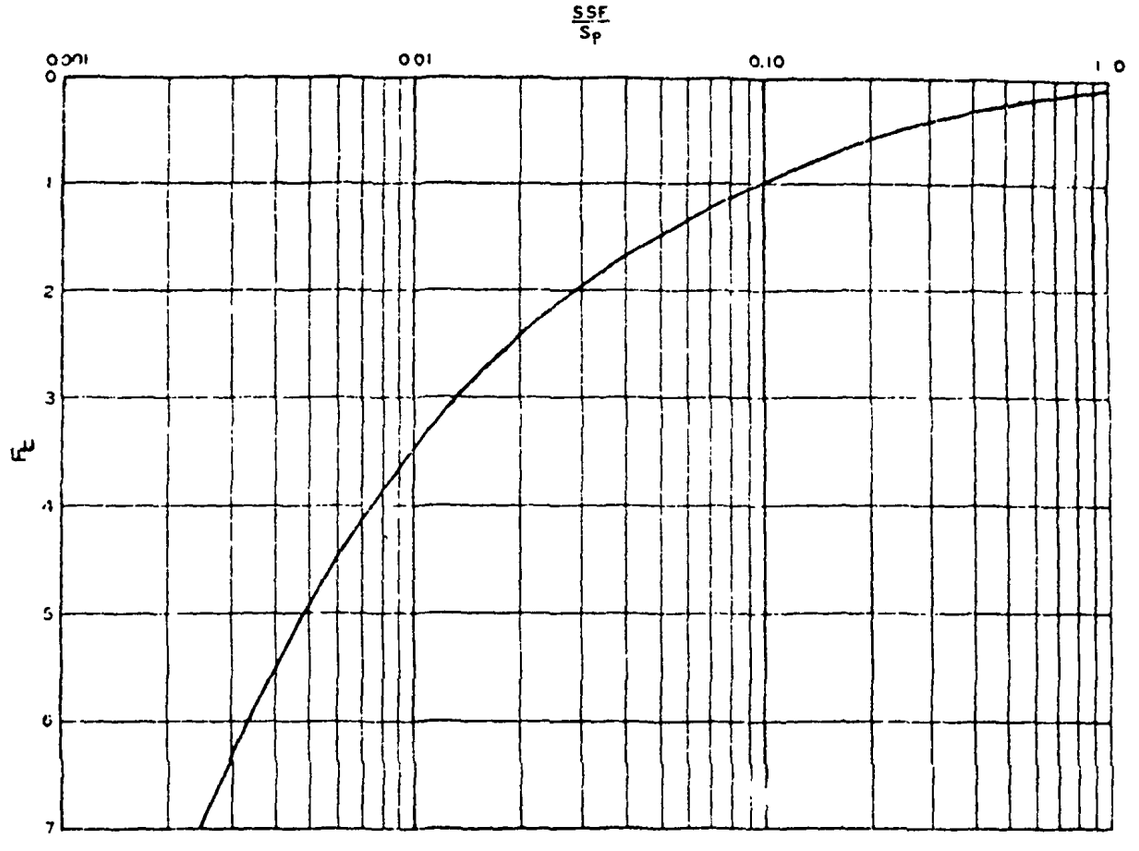


Рис. 3-16. Зависимость между F_t и $\frac{SSF}{S_p}$

Этап 5

Производим оценку покрытия для любого требуемого воздушного судна следующим образом:

1. Выбираем воздушное судно или схему основных опор шасси воздушного судна, в отношении которого производится оценка, и определяем площадь контакта пневматика с покрытием A одного колеса основной опоры шасси (см. таблицу 3-2);

2. Берем количество вылетов за год для каждого воздушного судна, в отношении которого производится оценка, и определяем коэффициент интенсивности движения α для каждого воздушного судна по таблице 3-1;

3. Определяем коэффициент F_t для каждого воздушного судна, в отношении которого производится оценка, для критических покрытий:

$$F_t = \frac{t}{\alpha\sqrt{A}}$$

или для скоростных РД:

$$F_t = \frac{t}{0,9\ \alpha\sqrt{A}}$$

4. Наносим на рис. 3-16 значение F_t и определяем отношение SSF/S_p.

5. Получаем показатель прочности системы покрытия S_p для оцениваемого воздушного судна, разделив SSF, определенный на этапе 4, на отношение SSF/S_p, определенное на подэтапе 4 выше.

6. Умножаем показатель S_p на площадь контакта пневматика с покрытием A, определив ее по таблице 3-2, чтобы получить эквивалентную одноколесную нагрузку (ESWL) для каждого воздушного судна, в отношении которого производится оценка.

7. На рис. 3-17, 3-18 или 3-19 откладываем примерную толщину покрытия t и определяем ESWL в процентах для соответствующего числа колес воздушного судна, в отношении которого производится оценка, т.е. если воздушное судно имеет опоры шасси со спаренными колесами при расстоянии между пневматиками 26 дюймов, используем кривую 4 на рис.3-17, или,если производится оценка в отношении самолета Боинг-747 STR, используем кривую для этого воздушного судна на рис. 3-19.

8. Допустимая полная нагрузка воздушного судна для оцениваемого покрытия и выбранной интенсивности движения определяется затем по уравнению:

$$\text{Допустимая полная нагрузка воздушного судна} = \frac{\text{ESWL}}{\%\ \text{ESWL}} \times \frac{1}{W_C} \times \frac{W_M}{0,95},$$

где:

ESWL определена на подэтапе 6.

% ESWL определен на подэтапе 7.

Таблица 3-1. Коэффициенты интенсивности движения для нежестких и жестких покрытий

Воздушные суда	Коэффициент интенсивности движения для покрытий с расчетным сроком службы 20 лет при указанном годовом количестве вылетов									
	1200		3000		6000		15 000		25 000	
	Нежесткое покрытие	Жесткое покрытие	Нежесткое покрытие	Жесткое покрытие	Нежесткое покрытие	Жесткое покрытие	Нежесткое покрытие	Жесткое покрытие	Нежесткое покрытие	Жесткое покрытие
Одноколесная опора шасси (нагрузка 30 килофунтов)	0,94	1,00	1,01	0,93	1,05	0,86	1,11	0,79	1,14	0,75
-"- (нагрузка 45 килофунтов)	0,94	1,00	1,01	0,92	1,05	0,85	1,11	0,78	1,14	0,75
-"- (нагрузка 60 килофунтов)	0,94	1,00	1,01	0,91	1,05	0,85	1,11	0,78	1,14	0,74
-"- (нагрузка 75 килофунтов)	0,94	1,00	1,01	0,91	1,05	0,84	1,11	0,77	1,14	0,74
Опора шасси со спаренными колесами (нагрузка 50 килофунтов)	0,84	0,97	0,87	0,88	0,89	0,82	0,91	0,75	0,92	0,72
-" (нагрузка 75 килофунтов)	0,84	0,96	0,87	0,87	0,89	0,82	0,91	0,75	0,92	0,72
-"- (нагрузка 100 килофунтов)	0,84	0,96	0,87	0,87	0,89	0,81	0,91	0,75	0,92	0,72
-"- (нагрузка 150 килофунтов)	0,84	0,95	0,87	0,86	0,89	0,81	0,91	0,74	0,92	0,71
-"- (нагрузка 200 килофунтов)	0,84	0,95	0,87	0,86	0,89	0,81	0,91	0,74	0,92	0,71
Четырехколесная тележка (нагрузка 100 килофунтов)	0,78	0,99	0,79	0,89	0,80	0,83	0,81	0,77	0,82	0,73
-"- (нагрузка 150 килофунтов)	0,78	0,98	0,79	0,88	0,80	0,82	0,81	0,76	0,82	0,73
-"- (нагрузка 200 килофунтов)	0,78	0,97	0,79	0,88	0,80	0,82	0,81	0,75	0,82	0,72
-"- (нагрузка 300 килофунтов)	0,78	0,95	0,79	0,87	0,80	0,81	0,81	0,75	0,82	0,72
-"- (нагрузка 400 килофунтов)	0,78	0,95	0,79	0,86	0,80	0,81	0,81	0,74	0,82	0,71
Боинг-727	0,84	0,95	0,87	0,87	0,89	0,81	0,91	0,75	0,92	0,71
DC-8-63F	0,78	0,95	0,79	0,87	0,80	0,81	0,81	0,74	0,82	0,71
Боинг-747	0,70	0,97	0,70	0,88	0,705	0,82	0,71	0,75	0,71	0,72
DC-10-10	0,78	0,96	0,79	0,88	0,80	0,82	0,81	0,75	0,82	0,72
DC-10-30	0,78	0,96	0,79	0,87	0,80	0,82	0,81	0,75	0,82	0,72
L-1011	0,78	0,96	0,79	0,88	0,80	0,82	0,81	0,75	0,82	0,72
Конкорд	0,78	0,94	0,79	0,86	0,80	0,80	0,81	0,74	0,82	0,71

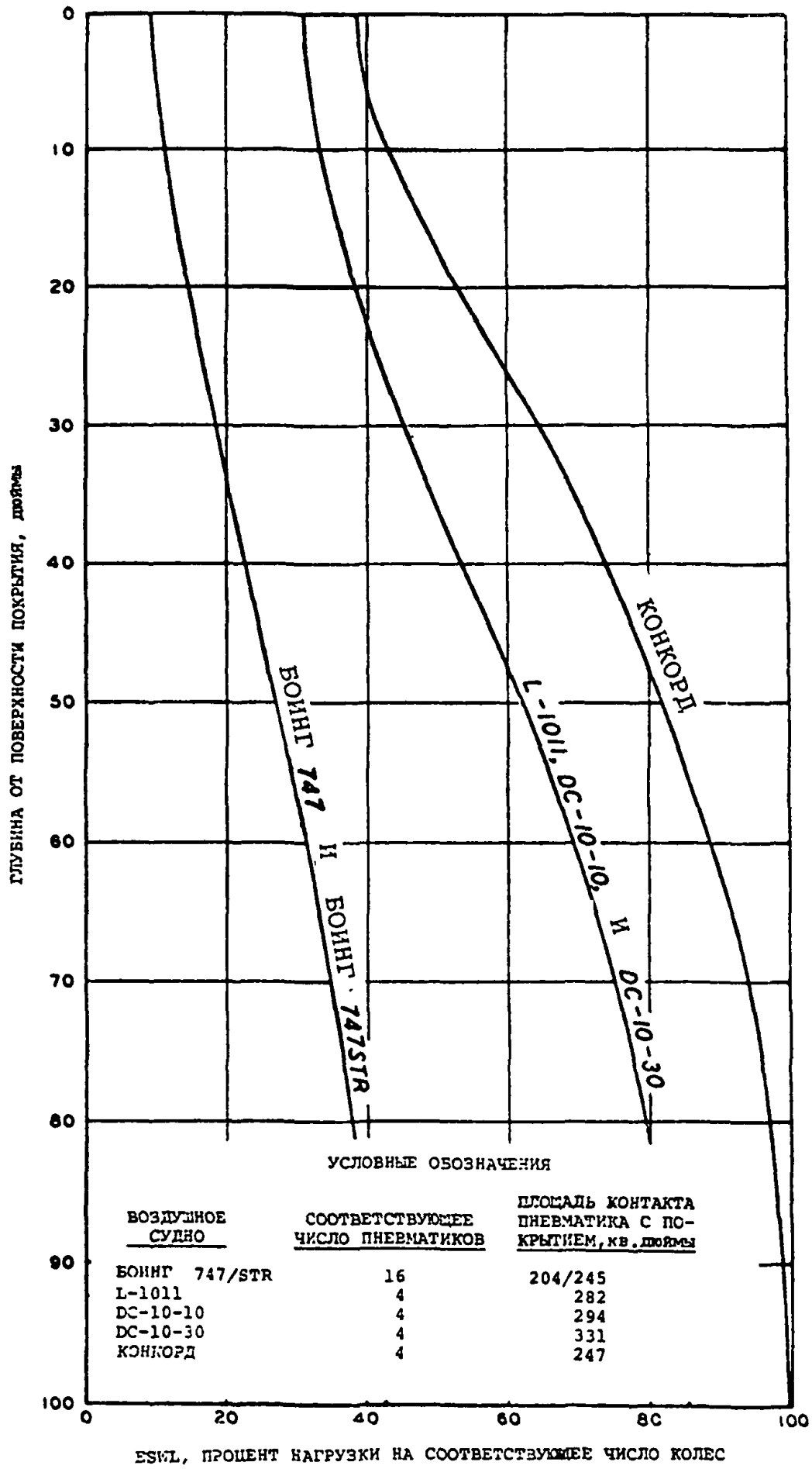
W_C - число соответствующих колес, используемое для определения процента ESWL по рис. 3-17, 3-18 или 3-19

W_M - общее число колес всех основных опор шасси воздушного судна (см. таблицу 3-2), в отношении которого производится оценка (за исключением колес передней опоры).

3.6.5.16 Выводы. Представленный в настоящем документе метод оценки следует рассматривать как метод первого поколения. Это означает, что проводится дальнейшая работа с целью расширить рамки применимости этого метода, в результате чего он будет соответствующим образом обновляться. Кроме того, в настоящее время проводится исследование, в результате которого метод оценки NDT получит более глубокую теоретическую основу, и таким образом еще больше раздвинутся рамки его применимости. Допустимые нагрузки, определенные с помощью метода, указанного в настоящем разделе, находятся в приемлемых пределах точности по сравнению с теми, которые определены с помощью других признанных методов оценки. Этот метод имеет дополнительные преимущества, поскольку является менее дорогостоящим, в меньшей степени оказывает влияние на обычную работу аэропортов и позволяет специалисту, осуществляющему оценку, получить значительно больший объем информации, на основе которой он принимает решение. Помимо использования при определении допустимой нагрузки воздушных судов, значения DSM также пригодны для проведения качественных сравнений между собою отдельных участков покрытия (значения DSM для нежестких покрытий не следует сравнивать с аналогичными значениями для жестких покрытий) и для определения участков, на которых могут быть обнаружены преждевременные повреждения и которые могут служить основанием для проведения дополнительного исследования. Предполагается, что в процессе накопления большего опыта применения метода NDT и интерпретации данных вскроются многие другие области использования этой концепции.

Таблица 3-2. Площади соприкасания пневматика с покрытием и общее число колес основной опоры шасси воздушных судов

Воздушные суда	Площадь соприкасания пневматика с покрытием		Общее число колес основной опоры шасси
	$см^2$	кв.дюймы	
Одноколесная опора шасси (нагрузка 30 килофунтов)	1226	190	2
Одноколесная опора шасси (нагрузка 45 килофунтов)	1548	240	2
Одноколесная опора шасси (нагрузка 60 килофунтов)	1741	270	2
Одноколесная опора шасси (нагрузка 75 килофунтов)	1935	300	2
Опора шасси со спаренными колесами (нагрузка 50 килофунтов)	968	150	4
Опора шасси со спаренными колесами (нагрузка 75 килофунтов)	1032	160	4
Опора шасси со спаренными колесами (нагрузка 100 килофунтов)	1097	170	4
Опора шасси со спаренными колесами (нагрузка 150 килофунтов)	1419	220	4
Опора шасси со спаренными колесами (нагрузка 200 килофунтов)	1677	260	4
Четырехколесная тележка (нагрузка 100 килофунтов)	645	100	8
Четырехколесная тележка (нагрузка 150 килофунтов)	839	130	8
Четырехколесная тележка (нагрузка 200 килофунтов)	968	150	8
Четырехколесная тележка (нагрузка 300 килофунтов)	1290	200	8
Четырехколесная тележка (нагрузка 400 килофунтов)	1548	240	8
Боинг-727	1355	210	4
DC-8-63F	1419	220	8
Боинг-747	1316	204	16
Боинг-747 STR	1580	245	16
DC-10-10	1897	294	8
DC-10-3	2135	331	10
L-1011	1819	282	8
Конкорд	1593	247	8



ВОЗДУШНОЕ СУДНО	СООТВЕТСТВУЮЩЕЕ ЧИСЛО ПНЕВМАТИКОВ	ПЛОЩАДЬ КОНТАКТА ПНЕВМАТИКА С ПОКРЫТИЕМ, кв. дюймы
БОИНГ 747/STR	16	204/245
L-1011	4	282
DC-10-10	4	294
DC-10-30	4	331
КОНКОРД	4	247

Рис. 3-19. Кривые ESWL для различных реактивных воздушных судов на нежестком покрытии

ГЛАВ 4. ПРАКТИКА ГОСУДАРСТВ ПО РАСЧЕТУ И ОЦЕНКЕ ПОКРЫТИЙ

4.1 Практика Канады

4.1.1 Область применения

4.1.1.1 В данном разделе кратко излагается практика компании "Транспорт Канада" по расчету и оценке покрытий аэропортов. Дополнительные сведения по этим вопросам имеются в серии технических руководств "Транспорт Канада". Изложенная практика основана на опыте "Транспорт Канада" как эксплуатанта всех крупных гражданских аэропортов в Канаде. Большинство территорий аэропортов в Канаде подвержено сезонному промерзанию, и изложенная практика по расчету и оценке ориентирована на этот тип окружающей среды. Представленная практика не применяется к покрытиям, построенным в районах вечной мерзлоты, где требуется особый подход к проектированию. Практика Канады не охватывает ряд тем, которые связаны с расчетом конструкций покрытий и имеют важное значение для проектирования. В эту категорию включены предварительные технические исследования, например, грунтов, материалов, а также топографические съемки и учет при проектировании таких факторов, как, например, устойчивость насыпи покрытия и дренаж. Следует также отметить, что на расчет конструкций покрытий часто в значительной степени оказывает влияние учет факторов, связанных со стоимостью, целесообразностью строительства и эксплуатацией аэропорта.

4.1.2 Практика расчета покрытий

Частичная защита покрытия от промерзания

4.1.2.1 В том случае, если это не обуславливается иначе анализом стоимости цикла долговечности, толщина покрытий, сооружаемых на подверженных промерзанию грунтовых основаниях, должна быть не меньше толщины, соответствующей приведенному на рис. 4-1 требованию к частичной защите от промерзания. Подверженность грунтовых оснований промерзанию оценивается на основе градации грунтов грунтового основания, показанной на рис. 4-2. Требование к частичной защите от промерзания, приведенное на рис. 4-1, является функцией индекса промерзания места строительства. Для конкретного зимнего периода этот индекс, выраженный в градусах Цельсия-днях, вычисляется как сумма средних дневных температур в градусах Цельсия для каждого дня на протяжении сезона промерзания с температурами ниже $0^{\circ}C$, принимаемыми в качестве положительных, и при температурах выше $0^{\circ}C$, принимаемых в качестве отрицательных. Индекс промерзания места строительства, используемый на рис. 4-1, соответствует средней величине за десятилетний период. Указанные на рис. 4-1 требования к толщине покрытия являются недостаточными для предотвращения чрезмерного вспучивания при промерзании в том случае, когда в углублениях другого не подверженного промерзанию грунтового основания имеются сильно промерзающие почвы. Такое положение требует принятия дополнительных мер при проектировании, например, выемки подверженного к промерзанию почвенного слоя до соответствующей глубины и замены его материалом, аналогичным окружающему грунтовому основанию.

Расчетные кривые нежестких покрытий

4.1.2.2 Расчетная кривая нежесткого покрытия для данного воздушного судна соответствует нанесенным на график величинам толщины покрытия, требуемой для выдерживания нагрузок от этого воздушного судна, как функции несущей способности грунтового основания. Применяемое для построения этой расчетной кривой уравнение

$$S = (ESWL) \quad (c_1 10^{-c_2 t}),$$

где:

S - несущая способность грунтового основания (кН), рассматриваемая в п. 4.1.3.3,

ESWL - эквивалентная одноколесная нагрузка для расчетной нагрузки от воздушного судна (кН),

t - эквивалентная толщина гранулированного слоя покрытия (см), рассматриваемая в п. 4.1.3.1,

c_1, c_2 - коэффициенты, зависящие от площади контакта ESWL, приведенные на рис. 4-3.

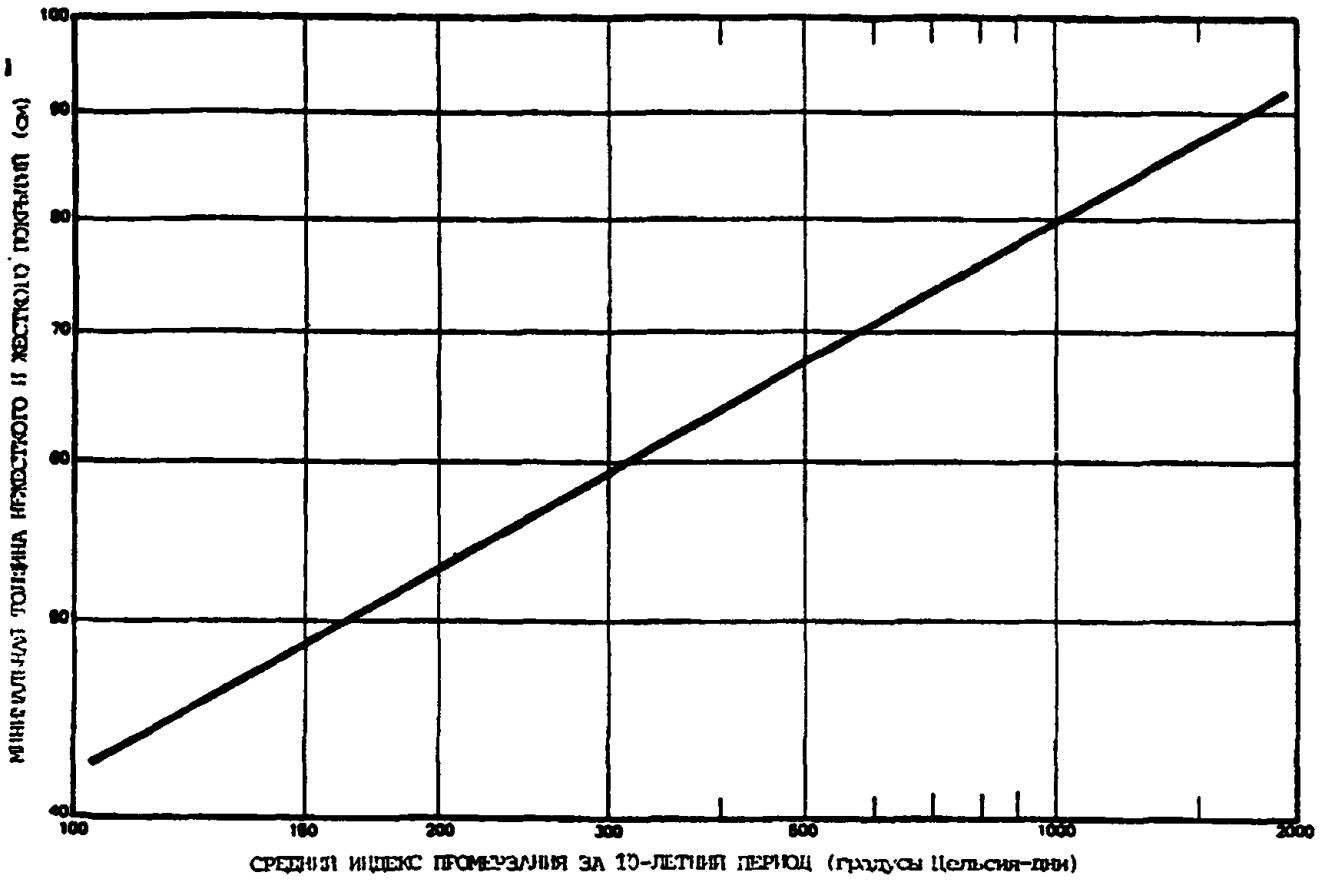


Рис. 4-1. Требования к частичной защите от промерзания

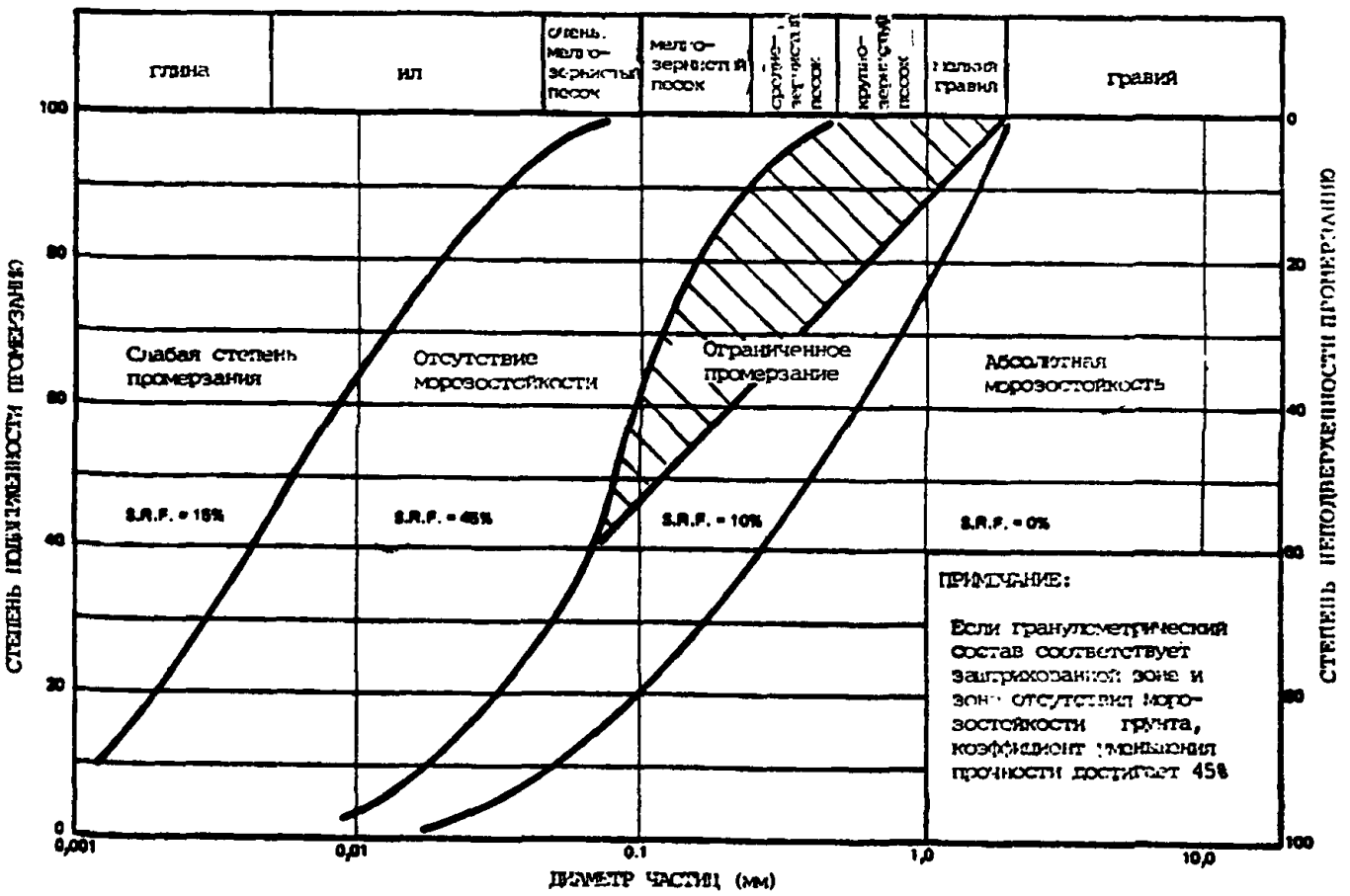


Рис. 4-2. Подверженность грунтового основания промерзанию и коэффициент снижения в условиях весны (S.R.F)

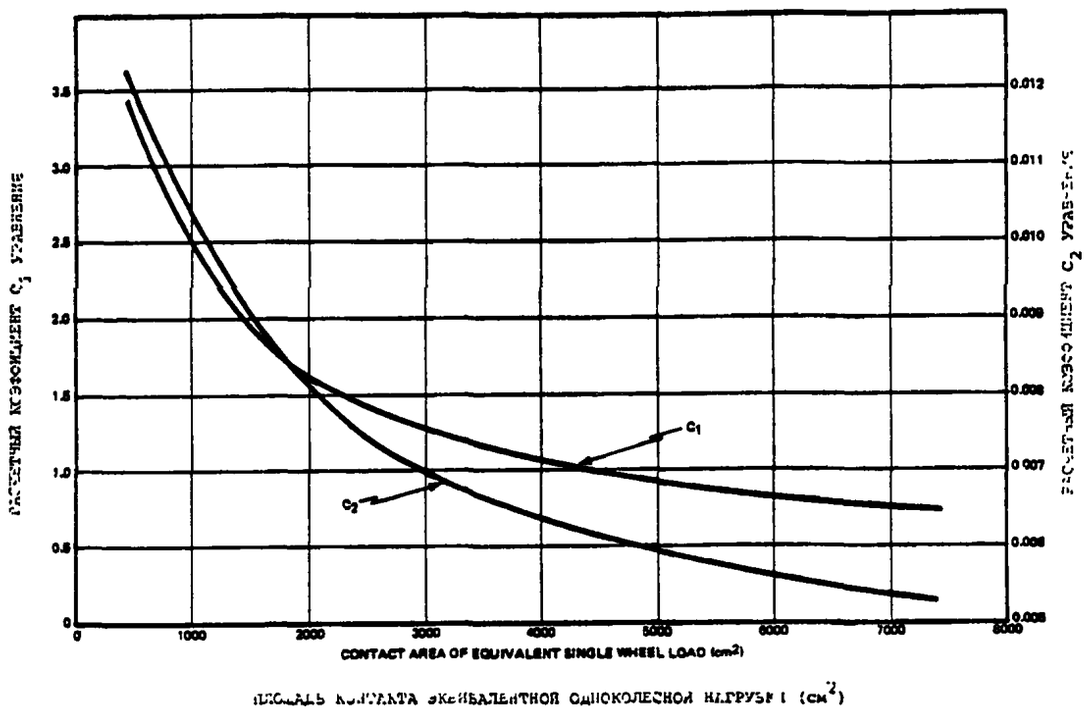


Рис. 4-3. Расчетные коэффициенты уравнения C_1 и C_2

Расчетные кривые жестких покрытий

4.1.2.3 Расчетная кривая жесткого покрытия для данного воздушного судна соответствует нанесенным на график величинам толщины бетонной плиты, требуемым для выдерживания нагрузки от воздушного судна, как функции модуля несущей способности поверхности, на которой находится плита. Толщина плит, требуемая для выдерживания нагрузки от воздушного судна, основывается на ограничении напряжений от изгиба до 2,75 МПа в основании плиты, непосредственно под центром одного пневматика шасси воздушного судна. Расчеты напряжения выполняются в соответствии с методом Вестергорда для условий внутреннего нагружения плиты, используя программу ЭВМ, аналогичную программе, о которой говорится в добавлении 2.

Расчетные кривые для стандартных нагрузок от шасси

4.1.2.4 Покрытия аэропортов, как правило, рассчитываются применительно к группе воздушных судов, имеющих аналогичные характеристики нагрузки, а не для конкретного воздушного судна. Для этой цели была определена серия из 12 стандартных нагрузок от шасси для охвата диапазона существующих нагрузок воздушных судов. Расчетные кривые нежесткого и жесткого покрытия для этих стандартных нагрузок от шасси приведены на рисунках 4-5 и 4-6. Для сравнения нагрузки от конкретного воздушного судна со стандартной нагрузкой от шасси расчетные кривые нежесткого и жесткого покрытий накладываются на кривые стандартных нагрузок от шасси. На основе этого метода сравнения в таблице 4-1 перечисляются различные воздушные суда и стандартные нагрузки от шасси, которым они соответствуют. Стандартная нагрузка от шасси, которая эквивалентна нагрузке от данного воздушного судна, определяется как "нагрузка на единицу поверхности" для этого воздушного судна (ALR).

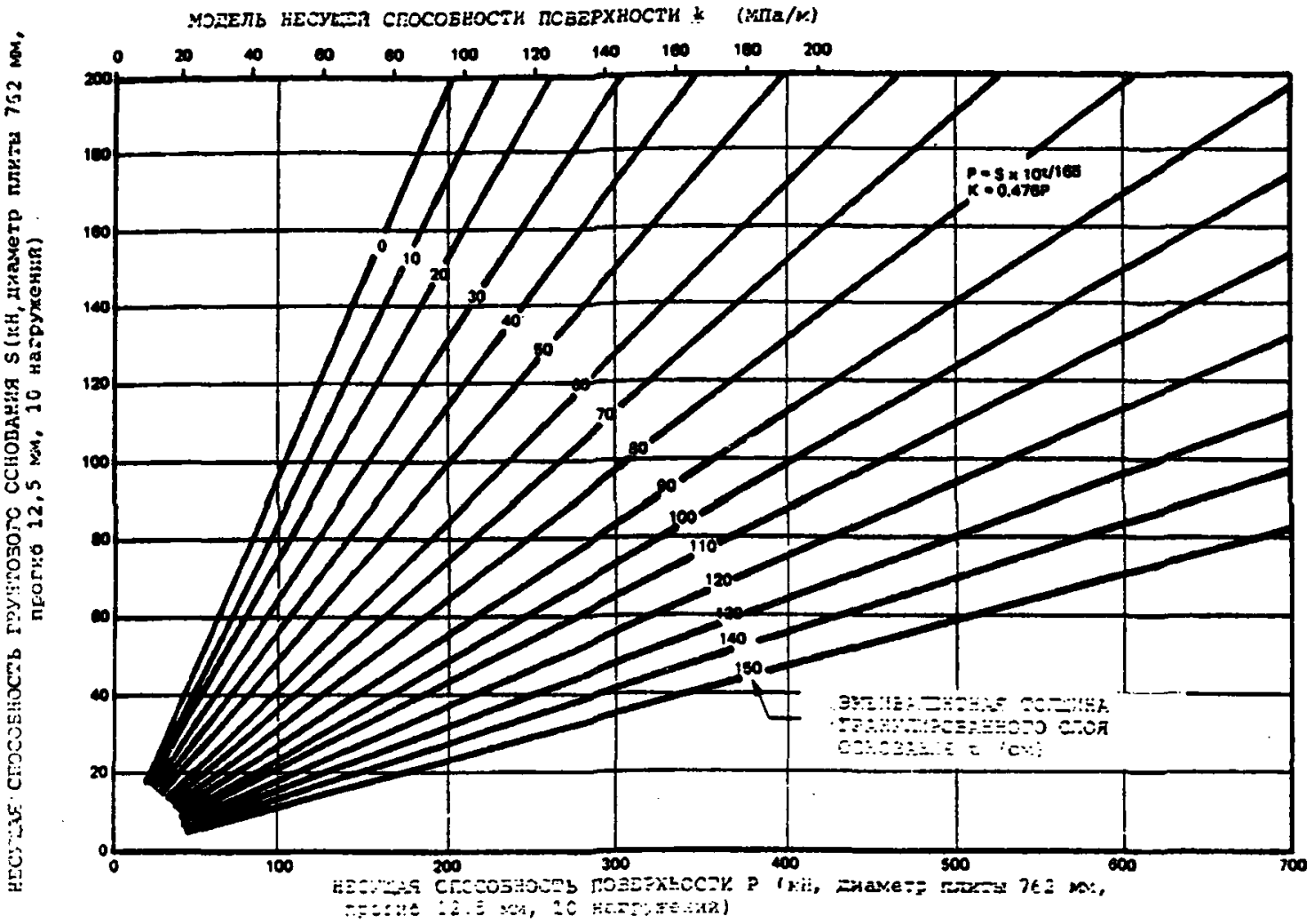


Рис. 4-4. Несущая способность грунтового основания и эквивалентная толщина гранулированного слоя основания покрытия

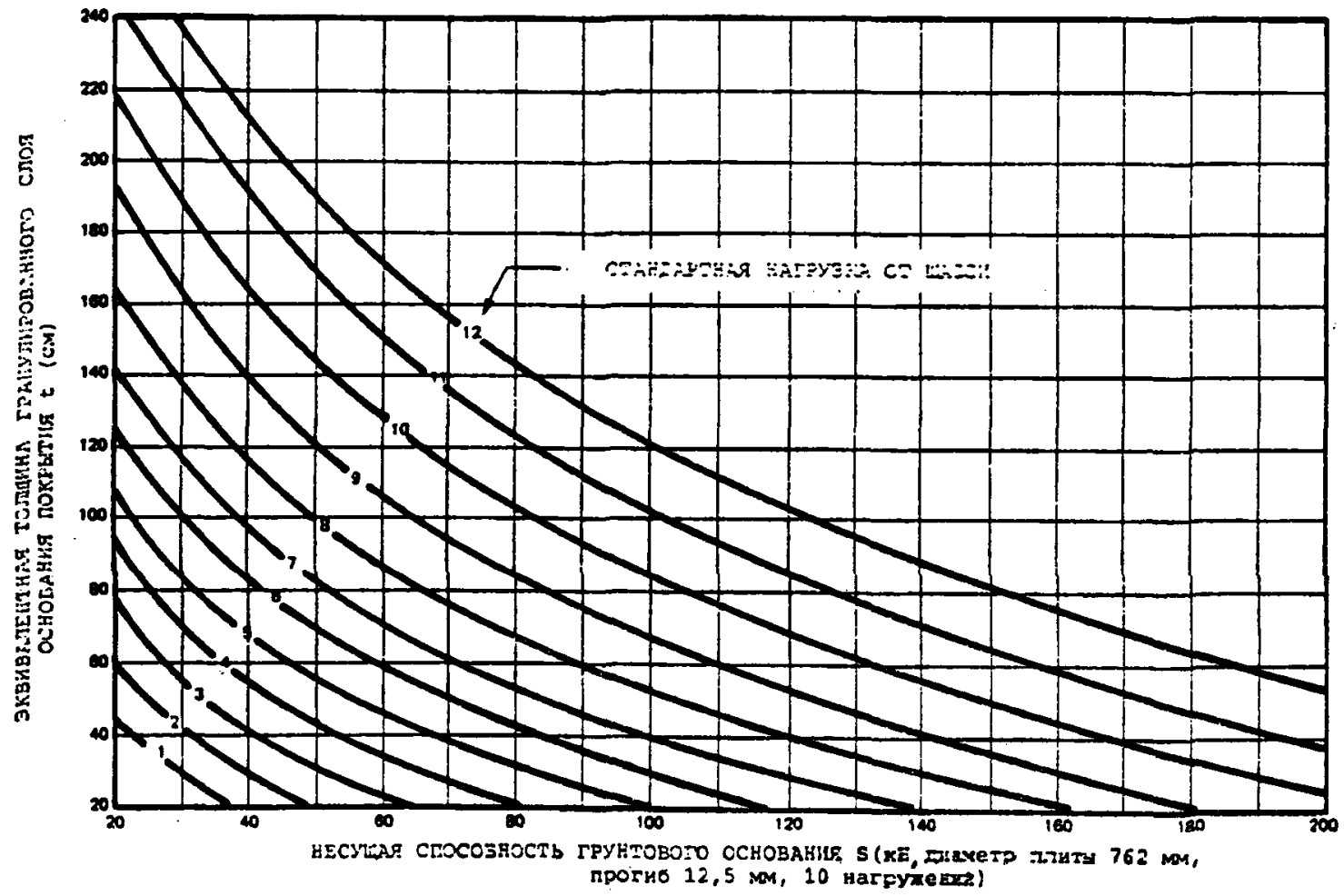


Рис. 4-5. Расчетные кривые нежесткого покрытия для стандартных нагрузок от шасси

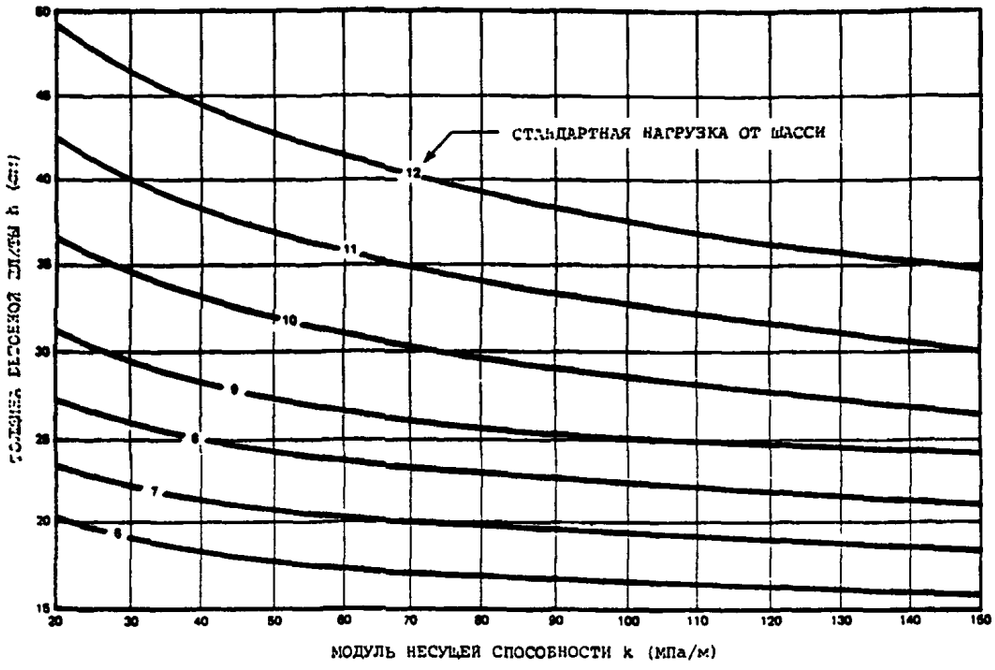


Рис. 4-6. Расчетные кривые жесткого покрытия для стандартных нагрузок от шасси

Требования к толщине нежестких покрытий

4.1.2.5 Для определения требований к толщине асфальтового покрытия необходимо выполнить следующие этапы:

a) определить расчетную нагрузку (ALR) для покрытия на основе исследований и планирования движения воздушных судов;

b) определить несущую способность грунтового основания в соответствии с п. 4.1.3.3;

c) определить из рис. 4-5 требования к эквивалентной толщине гранулированного слоя покрытия для расчетной нагрузки на единицу поверхности;

d) определить толщину покрытия, требуемую для частичной защиты от промерзания, в соответствии с п. 4.1.2.1;

e) предусмотренная толщина покрытия будет соответствовать величине, определенной в c) или определенной в d), в зависимости от того, что будет больше. При выполнении сравнения эквивалентная толщина гранулированного слоя, определенная в c), должна быть преобразована в фактическую толщину покрытия, как рассмотрено в п. 4.1.3.1.

Таблица 4-1. Классификация нагрузок воздушных судов

ВОЗДУШНОЕ СУДНО	ДАВЛЕНИЕ В ПНЕВМАТИКЕ (МП/а)	ВЕС (кН) (МАКС.) (МИН.)	НОМИНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ	КЛАССИФИКАЦИЯ НАГРУЗОК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ							
				НЕЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ ПРИ ВЕЛИЧИНЕ S (кН)				ЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ ПРИ ВЕЛИЧИНЕ К (МПа/м)			
				50	90	130	180	20	40	80	150
B707-320	1,24	1500 800	10,7 7,8	10,7 7,3	10,7 7,2	10,5 7,2	10,4 7,2	10,5 7,8	10,3 7,8	10,2 7,2	10,1 7,1
B727-100-200	1,35	930 500	11,1 8,7	10,3 7,0	10,7 7,2	10,9 7,5	11,1 7,8	10,5 8,3	10,8 8,4	11,1 8,4	11,3 8,7
B737-100-200	1,02	450 300	8,0 6,5	7,5 5,8	7,5 6,0	7,5 6,4	7,5 –	7,8 6,2	7,7 6,4	7,9 6,4	8,0 6,5
B747-100-200	1,40	3600 2000	11,1 8,4	11,1 8,0	10,9 7,9	10,9 8,0	10,5 8,0	11,0 8,4	10,9 8,3	10,8 8,0	10,8 8,0
B767-200	1,20	1400 800	9,8 7,8	9,8 6,9	9,4 7,0	9,2 6,9	9,2 6,9	9,7 7,3	9,5 7,1	9,3 6,9	9,0 6,5
DC 68	0,72	470 300	7,9 6,1	7,9 5,8	7,8 5,6	7,2 5,8	– –	7,9 6,0	7,9 6,1	7,9 6,1	7,9 6,1
DC-8-62-63	1,35	1600 800	11,2 7,9	11,0 7,5	11,0 7,6	11,1 7,7	11,2 7,7	10,9 7,9	10,9 7,9	10,9 7,7	10,9 7,5
DC-9-21-32	1,00	485 300	8,7 6,8	8,1 6,0	8,1 6,1	8,2 6,1	8,2 6,1	8,3 6,7	8,4 6,7	8,6 6,7	8,7 6,8
DC-10-20-30-40	1,21	1970 1200	11,0 7,8	11,0 7,0	10,9 6,6	10,8 6,3	10,7 6,0	11,0 7,8	11,0 7,7	10,8 7,5	10,8 7,2
A300-82-84	1,25	1480 1000	10,5 8,8	10,5 8,5	10,5 8,6	10,4 8,2	10,2 8,0	10,3 8,6	10,3 8,5	10,2 8,2	10,2 8,0
L1011-100-200	1,25	2080 1400	11,1 9,2	11,1 9,2	11,0 8,7	10,9 8,3	10,5 8,3	10,8 9,2	10,5 9,1	10,5 8,9	10,5 8,5
CONCORDE	1,27	1750 1000	11,8 9,0	11,4 9,0	11,6 8,9	11,7 8,7	11,8 8,5	11,3 9,0	11,3 9,0	11,4 8,7	11,4 8,4
HERCULES C-130	0,69	689 400	8,7 6,7	8,3 6,0	8,0 6,0	8,0 6,0	8,0 –	8,6 6,5	8,6 6,7	8,7 6,6	8,7 6,6
BAC-1-11-400	0,97	390 250	8,5 6,2	7,4 5,5	7,5 5,9	7,4 5,8	– –	8,0 6,0	8,1 6,2	8,3 6,2	8,5 6,2
CONVAIR 640	0,52	280 200	6,0 5,0	5,8 4,3	5,0 4,0	– –	– –	5,9 5,2	6,0 5,0	5,8 5,0	5,6 4,9

Для определения классификации нагрузок воздушных судов для промежуточных значений весов следует провести линейную интерполяцию между величинами ALR, указанными для минимального и максимального весов.

Для определения классификации нагрузок воздушных судов для несущей способности грунтового основания (S) или модуля несущей способности (k), не указанных в таблице, следует интерполировать между приведенными значениями ALR.

4.1.2.6 Толщина составляющих покрытие слоев будет зависеть от давления в пневматике, показанного в приводимой ниже таблице.

Расчетная толщина слоя покрытия (см)

Слой покрытия	Расчетное давление в пневматике (МПа)			
	менее чем 0,4	0,4 - 0,7	0,7 - 1,0	больше чем 1,0
Асфальтобетон	5,0	6,5	9,0	10,5
Гравий или каменистое основание	15	23	23	30
Выбраный гранулированный подстилающий слой покрытия	необходимый для обеспечения полной требуемой толщины покрытия			

Требования к толщине жестких покрытий

4.1.2.7 Для определения требований к толщине жестких покрытий необходимо выполнить следующие этапы:

a) определить расчетную нагрузку (ALR) для покрытия на основе планирования и исследований движения воздушных судов;

b) определить полную толщину покрытия, требуемую для частичной защиты от промерзания, в соответствии с п. 4.1.2.1;

c) оценить толщину требуемой бетонной плиты;

d) определить требуемую толщину основания путем вычитания толщины плиты из полной толщины покрытия, определенной в b);

e) определить модуль несущей способности верхней части слоя основания в соответствии с п. 4.1.3.4;

f) определить из рис. 4-6 толщину плиты бетонного покрытия, требуемую для этого модуля несущей способности;

g) используя толщину плиты, определенную в f) в качестве новой оценки требований, повторить этапы от c) до f), пока толщина плиты, определенная в f) не будет равна толщине плиты, принятой в c).

4.1.2.8 Предусмотренный минимальный слой основания соответствует 15 см, даже если он не требуется для защиты от промерзания. Для покрытий, рассчитанных на коэффициент нагрузки, равный 12, обычно предусматриваемый минимальный слой основания соответствует стабилизированному цементом материалу толщиной 20 см. Эти слои минимальной толщины размещаются над выбранным материалом гранулированного подстилающего слоя покрытия, если для целей защиты от промерзания требуются более толстые слои основания.

Строительные материалы и технические требования

4.1.2.9 Изложенная выше практика расчета покрытий и излагаемая ниже практика оценки предполагают, что покрытие сооружается в соответствии со стандартными техническими требованиями, определяющими качество строительных материалов и качество работы. Если стандартные технические требования не удовлетворены, может потребоваться основанная на инженерном предположении некоторая корректировка практики расчета и оценки. В таблицах 4-2, 4-3 и 4-4 приведен ряд требований к сооружению, которые считаются важными для обычной практики расчета и оценки.

4.1.3 Практика оценки покрытий

Толщина покрытий и эквивалентная толщина гранулированного слоя

4.1.3.1 Оценка конструкций покрытий в отношении нагрузок от воздушных судов требует точной информации о толщине слоев в этой конструкции и о физических свойствах материалов в этих слоях. В тех случаях, когда в существующих записях о строительстве такие данные отсутствуют, для получения такой информации выполняется обследование методом бурения. Эквивалентная толщина гранулированного слоя является термином, применяемым к нежестким конструкциям покрытий, и она является основой для сравнения покрытий, построенных с использованием различных толщин материалов, имеющих различные характеристики распределения нагрузки. Эквивалентная толщина гранулированного слоя вычисляется с использованием коэффициентов эквивалентности гранулированного слоя для строительных материалов покрытий, перечисленных в таблице 4-5. Коэффициент эквивалентности гранулированного слоя материала соответствует глубине основания гранулированного слоя в сантиметрах, рассматриваемого эквивалентным одному сантиметру материала на основе характеристик распределения нагрузки. Приведенные в таблице 4-5 величины являются заниженными и фактические коэффициенты эквивалентности гранулированного слоя, как правило, будут выше, чем перечисленные величины. Для определения эквивалентной толщины гранулированного слоя нежесткой конструкции покрытий глубина каждого слоя в конструкции умножается на коэффициент эквивалентности гранулированного слоя для материала слоя. Эквивалентная толщина гранулированного слоя покрытия соответствует сумме этих преобразованных толщин слоев.

Таблица 4-2. Требования к уплотнению

Слой	Расчетная плотность	Требуемое уплотнение % расчетной плотности
Возведение насыпи:		
связанный грунт	ASTM D 1557	90
несвязанный грунт	ASTM D 1557	95
Поверхность грунтового основания: (1)		
связанный грунт	ASTM D 1557	93
несвязанный грунт	ASTM D 1557	98
Слой под основанием	ASTM D 1557	98
Слой основания	ASTM D 1557	100
Асфальтобетон	ASTM D 1559	98

Примечание: (1) Уплотнение поверхности грунтового основания определяется в 15 мм по глубине для связанного грунта и в 30 мм по глубине для несвязанного грунта.

Таблица 4-3. Требования к смеси из асфальта и бетона на портландцементе

Свойство		Мин.	Макс.
АСФАЛЬТОБЕТОН			
Стабильность по Маршаллу	(кН)	6,75	
Коэффициент текучести по Маршаллу	(мм)	2	4
Воздушные пустоты	(%)	3	5
Пустоты в минеральном заполнителе	(%)		
Макс.размер заполнителя 12,5 мм		15	
Макс.размер заполнителя 25 мм		13	
Потеря при осадке	(%)		25
БЕТОН НА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЕ			
Содержание цемента	(кг/м^3)	280	310
Отношение вода/цемент			0,45
Средняя прочность на изгиб после 28 дней	(МПа)	4,0	
Осадка конуса	(мм)	10	40
Содержание всасываемого воздуха	(%)	4	6

Таблица 4-4. Требования к заполнителю

Свойство			Метод испытания ASTM	Слой под основание	Основание	Асфальтобетон	
						Нижний слой	Верхний слой
Состав (чин.-макс.)	% прохождения сит (мм)	75	C136	100			
		50	C136		100		
		38.1	C136		70-100		
		25	C136			100	
		19	C136		50-75		
		12.5	C136			70-85	100
		9.5	C136		40-65		
		4.75	C136		30-60	40-65	55-75
		2.00	C136			30-50	35-65
		0.425	C136	0-30	10-30	15-30	15-30
		0.180	C136			5-20	5-20
		0.075	C117	0-8	3-8	3-8	3-8
Содержание раздробленных компонентов (% мин.)			–	–	60(1)	60	60
Предел текучести (% макс.)			D423	25	25	–	–
Число пластичности (% макс.)			D424	6	6	–	–
Эквивалент песка (% мин.)			D2419	–	–	50	50
Потери на истирание (% макс.)			C131(2)	50	45	25	25
Потеря прочности (% макс.)			C88(3)			12 для грубого заполнителя, 15 для мелкозернистого заполнителя	

ПРИМЕЧАНИЯ.

1. Нет необходимости в дробленном заполнителе для оснований под бетонной плитой на портландцементе.
2. Метод испытания C131 - используйте состав "A" для слоя основания и состав "B" для заполнителя асфальтобетона.
3. Метод испытания C88 - используйте сернокислый магний.

Таблица 4-5. Коэффициенты эквивалентности гранулометрического слоя

Материал покрытия	Коэффициент эквивалентности гранулометрического слоя
Подстилающий слой выбранного гранулометрического слоя	1
Основание из дробленного гравия или камня	1
Основание из водосвязного щебеночного материала	1-1/2
Основание, стабилизированное битумом	1-1/2
Основание, стабилизированное цементом	2
Асфальтобетон (хорошее состояние)	2
Асфальтобетон (плохое состояние)	1-1/2
Бетон на портландцементе (хорошее состояние)	3
Бетон на портландцементе (удовлетворительное состояние)	2-1/2
Бетон на портландцементе (плохое состояние)	2

Таблица 4-6. Типовая несущая способность грунтового основания

Тип грунта, грунтового основания	Обычное снижение весной %	Несущая способность грунтового основания (кН)		
		Диапазон в условиях осени	Расчетное значение	
			Осень	Весна
GW - гравий хорошего гранулометрического состава	0	290-400	290	290
GP - гравий плохого гранулометрического состава	10	180-335	220	200
GM - гравий с илистыми мелкими частицами	25	135-335	180	135
GC - гравий с глинистыми мелкими частицами	25	110-245	145	110
SW - песок хорошего гранулометрического состава	10	135-335	180	160
SP - песок плохого гранулометрического состава	20	110-200	135	110
SM - песок с илистыми мелкими частицами	45	95-190	120	65
SC - песок с глинистыми мелкими частицами	25	65-155	85	65
ML - ил с низким пределом текучести	50	90-180	110	55
CL - глина с низким пределом текучести	25	65-135	85	65
MH - ил с высоким пределом текучести	50	25-90	40	20
CH - глина с высоким пределом текучести	45	25-90	55	30

Измерения несущей способности покрытий

4.1.3.2 Практика компании "Транспорт Канада" заключается в выполнении измерений несущей способности поверхности нежестких покрытий. Испытания не проводятся по меньшей мере до истечения двух лет после сооружения покрытия, чтобы влажность грунтового слоя достигла состояния равновесия. Несущая способность жестких покрытий, как правило, не измеряется, поскольку величины несущей способности, вычисленные на основе толщины плиты и расчетного модуля несущей способности, считаются достаточно точными. Стандартной мерой несущей способности является нагрузка в килоньютонах (кН), которая создаст прогиб 12,5 м после 10 повторений нагружения; нагрузка передается посредством жесткой круговой плиты диаметром 762 мм. Это определение применяется и в отношении несущей способности грунтового основания, а также для измерений, проводимых на поверхности нежесткого покрытия. На практике для измерения несущей способности используются различные методы испытаний. Эти методы включают либо повтояющиеся, либо неповторяющиеся испытания по методу нагрузочной плиты, в которых могут использоваться различные размеры несущей плиты. В небольших аэропортах, предназначенных для обслуживания только легких воздушных судов, вместо испытания по методу нагрузочной плиты могут проводиться испытания по методу "балки Бенкельмана". В документе АК-68-31 "Оценка покрытий. Несущая способность" компании "Транспорт Канада" излагаются подробные сведения о методах испытаний, которые могут быть использованы, и приводятся корреляции для пересчета результатов этих методов испытаний для использования стандартной меры несущей способности, указанной выше.

Несущая способность грунтового основания

4.1.3.3 В тех случаях, когда измерение несущей способности выполнено на поверхности нежесткого покрытия и известна эквивалентная толщина гранулированного слоя конструкции покрытия, несущая способность грунтового основания в этом месте может оцениваться по данным рис. 4-4. Несущая способность грунтового основания изменяется в зависимости от места в зоне покрытия. В покрытиях, подверженных сезонному промерзанию, изменения также происходят в зависимости от времени года с наименьшими значениями в ходе весеннего периода потепления. Несущая способность грунтового основания, используемая для характеристики зоны покрытия, является нижней квартильной величиной, сниженной для условий весны. Нижняя квартильная величина нескольких измерений несущей способности, выполненных во всей зоне покрытия, является тем значением, для которого 75 процентов измерений являются большими по величине. Оно вычисляется как $x - 0{,}675s$, где x - средняя величина выполненных измерений и s - их стандартное отклонение. Для подверженных сезонному промерзанию покрытий условия весеннего потепления оцениваются за счет применения коэффициента снижения в отношении нижней квартильной точки несущей способности грунтового основания, получаемой из летних и осенних измерений. Применяемый коэффициент снижения зависит от гранулометрического состава грунта грунтового основания, показанного на рис. 4-2, а типовые коэффициенты снижения в условиях весны, основанные на классификации грунтов, перечислены в таблице 4-6. В том случае, когда уровень грунтовых вод находится в одном метре от поверхности покрытия, перечисленные в таблице 4-6 коэффициенты снижения в условиях весны увеличиваются на 10 единиц для каждого типа грунта. В существующих аэропортах несущая способность грунтового основания, как правило, устанавливается в ходе программ измерения несущей способности. Получаемые на основе измерений величины несущей способности грунтового основания используются при расчете новых покрытий в аэропортах при условии, что почвенные условия грунтового основания являются идентичными для всей площадки. При расчете или оценке покрытий в аэропортах, где измерения несущей способности не производились, величина несущей способности грунтового основания выбирается из таблицы 4-6 на основе классификации грунтов грунтового основания.

Модуль несущей способности жесткого покрытия

4.1.3.4 Модуль несущей способности основывается на нагрузке в меганьютонах, которая будет создавать прогиб в 1,25 мм, если нагрузка прилагается при помощи жесткой круговой плиты диаметром 762 мм. Затем эта нагрузка делится на объемное смещение плиты в этом прогибе ($0{,}57 \times 10^{-3}$ м^3) для вычисления модуля несущей способности в единицах мегапаскалей на метр. Он редко измеряется непосредственно для целей расчета или оценки покрытия. Вместо этого, модуль несущей способности верхней части слоя основания оценивается по данным рисунка 4-4, исходя из несущей способности грунтового основания, определенной в п. 4.1.3.3, и эквивалентной толщины гранулированного слоя, подстилающего слоя покрытия и слоя основания, предусмотренного между грунтовым основанием и бетонной плитой.

Представление данных о несущей способности покрытия

4.1.3.5 Двумя параметрами, определяющими несущую способность нежесткого покрытия, являются эквивалентная толщина гранулированного слоя покрытия (t), рассмотренная в п. 4.1.3.1, и несущая способность грунтового основания (S), рассмотренная в п. 4.1.3.3. Несущая способность покрытия сообщается в единицах нагрузки на единицу поверхности покрытия (PLR), которая определяется нанесением точки на рис. 4-5, используя в качестве координат величины t и S покрытия. Сообщаемая нагрузка на единицу поверхности для покрытия соответствует цифровому значению стандартной нагрузки от шасси, для которой расчетная кривая проходит непосредственно выше этой точки. Двумя параметрами, определяющими несущую способность жесткого покрытия, являются несущая способность модуля (k), рассмотренная в п. 4.1.3.4, и толщина бетонной плиты (h). Эти величины нанесены на рис.4-6 для определения нагрузки на единицу поверхности жестких покрытий способом, аналогичным способу для нежестких покрытий. Для нежестких покрытий может применяться ограничение давления в пневматике. Применяемое ограничение соответствует давлению в пневматике, для которого толщина асфальтового покрытия и слоя основания удовлетворяют расчетным требованиям, приведенным в п. 4.1.2.6. На бетонных покрытиях ограничения давления в пневматике не применяются. Воздушным судам, имеющим нагрузку на единицу поверхности (ALR) и давление в пневматике, равное или меньше указанных для конструкции покрытия, разрешается эксплуатировать покрытие без ограничения. О предполагаемых операциях воздушного судна с нагрузкой на единицу поверхности или давлением в пневматике, превышающим указанные величины, должно быть доведено до сведения администрации аэропорта, отвечающей за производство полетов, для инженерной оценки и принятия решения.

Конструкции составных покрытий

4.1.3.6 Конструкция основного покрытия создается в том случае, когда на существующую конструкцию покрытия наносится верхний слой с целью повышения прочности или восстановления поверхности. Конструкции составных покрытий оцениваются как нежесткие или жесткие покрытия в соответствии с приводимыми ниже методами.

a) Асфальтовый верхний слой на нежестком покрытии.

Нежесткое покрытие с нанесенными дополнительными асфальтовыми слоями покрытия оценивается как нежесткое покрытие, имеющее эквивалентную толщину гранулированного слоя, определенную в п. 4.1.3.1.

b) Асфальтовый верхний слой на жестком покрытии.

Жесткое покрытие с асфальтовым верхним слоем толщиной менее 25 см оценивается как жесткое покрытие, состоящее из бетонной плиты и толщины асфальтового верхнего слоя, преобразованной в эквивалентную толщину единичной плиты, как указано на рис. 4-7. Жесткое покрытие с асфальтовым верхним слоем толщиной более 25 см оценивается как нежесткое покрытие с эквивалентной толщиной гранулированного слоя, определенной в п. 4.1.3.1.

c) Бетонный верхний слой на нежестком покрытии

Нежесткое покрытие, покрытое бетонной плитой, оценивается как жесткое покрытие с конструкцией нежесткого покрытия, образующей основу для бетонной плиты.

d) Бетонный верхний слой на жестком покрытии.

Жесткое покрытие, покрытое бетонной плитой, оценивается как жесткое покрытие с двумя плитами, преобразованное в эквивалентную толщину одной плиты, как указано на рис. 4-8, за исключением тех случаев, когда между двумя плитами имеется разделительный слой более 15 см. В том случае, когда используется разделительный слой толщиной более 15 см, верхняя плита рассматривается как работающая независимо одна плита, причем нижняя плита образует часть основания.

Оценка состояния поверхности

4.1.3.7 В дополнение к оценке несущей способности покрытия и сообщению данных о ней, покрытия в международных аэропортах ежегодно и раз в два года в других аэропортах проходят оценку состояния поверхности. Программа оценки состояния поверхности состоит из основанного на визуальном методе обследования состояния конструкции и количественных измерений неровности ВПП и степени сцепления с поверхностью ВПП.

4.1.3.8 Обследование состояния конструкции выполняется инженером или техником по покрытиям, которые визуально осматривают покрытия и сообщают о размерах и степени наблюдаемых дефектов покрытия и особенностях повреждений. На основе интенсивности движения воздушных судов, наблюдаемых дефектов и особенностей повреждений оценка также выполняется для того года, в котором планируется восстановление покрытия. Типовой отчет об обследовании состояния конструкции покрытия показан на рис. 4-8.

4.1.3.9 Измерения неровности ВПП выполняются с помощью измерителя неровности ВПП, являющегося устройством, которое регистрирует на автомобиле вертикальные перемещения по мере его движения вдоль ВПП со скоростью 80 км/ч. Отсчеты измерителя неровности ВПП преобразуются в индекс комфорта движения по шкале от 0 до 10 и наносятся в виде данных, как показано на рис. 4-9, для обеспечения записи изменения неровности ВПП со временем. Показанная на рис. 4-9 схема характеристик неровностей ВПП используется для оценки в тех случаях, когда бывают чрезмерные уровни неровности, требующие восстановительных работ.

4.1.3.10 Измерение сцепления с поверхностью ВПП (обычное в мокром состоянии) в настоящее время выполняется с помощью испытательной установки фирмы SAAB для измерения сцепления с поверхностью. Измерение проводится на скорости 65 км/ч применением измерительной шины с протектором, накаченной до давления 0,21 МПа. Получаемый в ходе этих измерений профиль сцепления с поверхностью ВПП, как показано на рис. 4-10, используется для определения необходимости в программах по улучшению текстуры поверхности или удаления остатков резины.

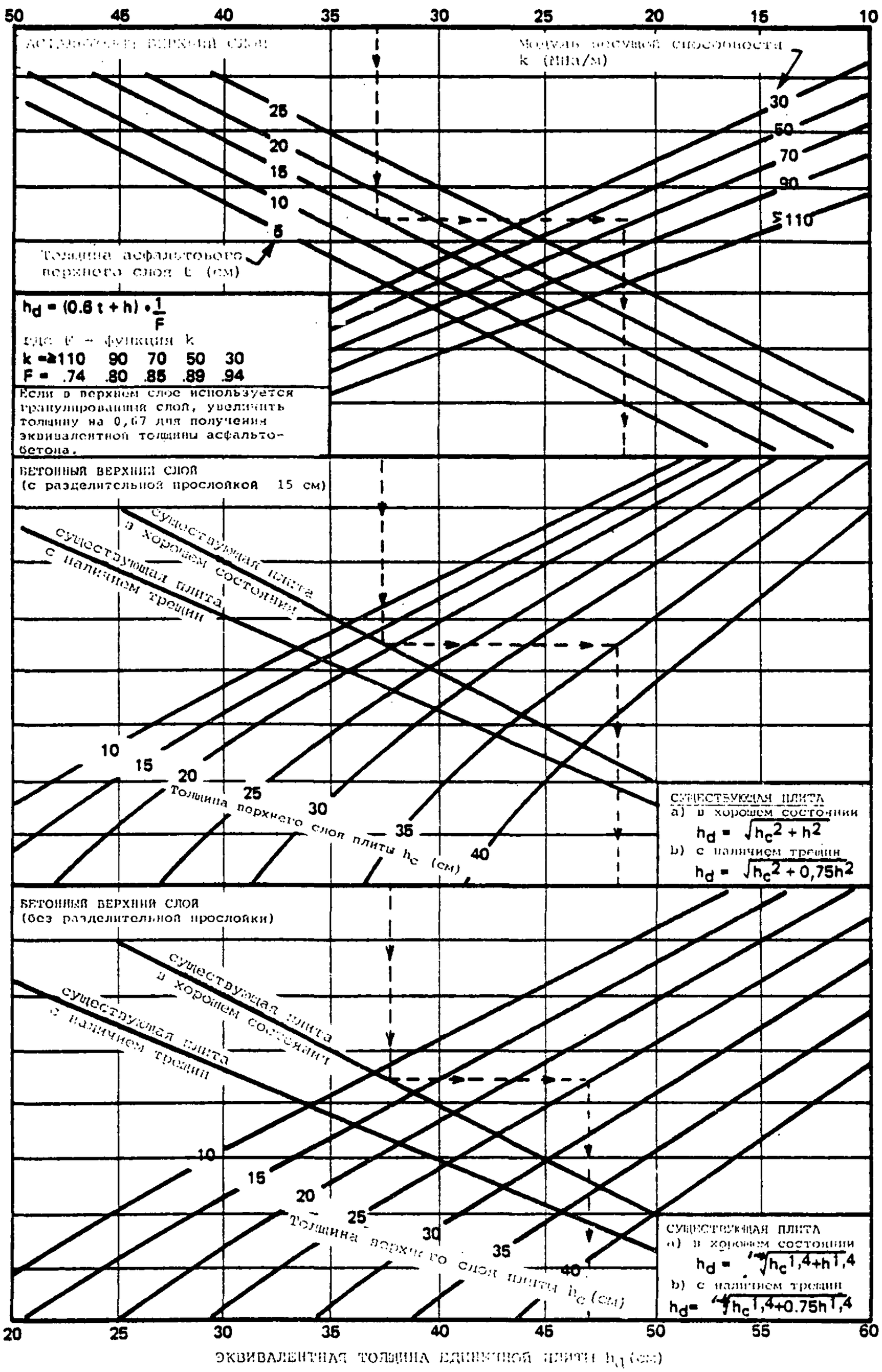


Рис. 4-7. Эквивалентная толщина единичной плиты для верхней бетонной плиты

Аэропорт: Террас, Британская Колумбия

Наблюдатель: Д.Джонс

Дата: 22 ноября 1979 года

Критический тип воздушного судна: B-737

Эксплуатационный вес: 409 кН

Давление в пневматике: 1,0 МПа (~ 9)

ОБСЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЯ

Покрытие	Расстояние		Дата восстановительных работ	Общее состояние	Асфальтовые поверхности							Поверхности из бетона на портландцементе								Поверхности всех типов				
	От	До			Чешуйчатое растрескивание	Карта трещин	Поперечные трещины	Продольные трещины	Выбоины	Неровности		Угловые трещины	Трещины на кромках	Трещины в плите	Отслаивание	Растрескивание на поверхности	Растрескивание швов/щелей	Повреждение швов	Повреждение герметизирующего материала швов	Вспучивание на промерзании	Оседание грунтового основания	Наложение заплат	Необходимость в техническом обслуживании	
ВПП 14-32	5+000	5+090	95	8								0	0	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	2	0/0	0/0	0	✓	
	5+090	6+739	90	7	0	0	1/1	1/1	0/0	1/1										0/0	0/0	1		
	6+739	6+829	95	8								0	1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	2	0/0	0/0	0	✓	
ВПП 08-26	5+000	5+060	85	5								1	2	3/1	1/1	0/0	1/3	3/1	3	0/0	1/1	2	✓	
	5+060	6+525	81	3	1	3	4/3	4/3	1/1	4/2										0/0	1/3	0	✓	
	6+525	6+585	85	5								1	2	3/2	1/1	0/0	1/3	3/1	3	0/0	1/1	2	✓	
РД А			81	3	4	2	4/2	4/3	1/1	4/1										0/0	1/1	2	✓	
РД В			90	7	0	0	1/1	1/1	0/0	1/1										0/0	0/0	0		
РД С			90	7	0	0	1/1	1/1	0/0	1/1										0/0	0/0	0		
Перрон 1			95	8								0	0	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1	0/0	0/0	0		

Оценка общего состояния покрытия

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

очень хорошее — хорошее — удовлетворительное — плохое — очень плохое

Оценка повреждений покрытия

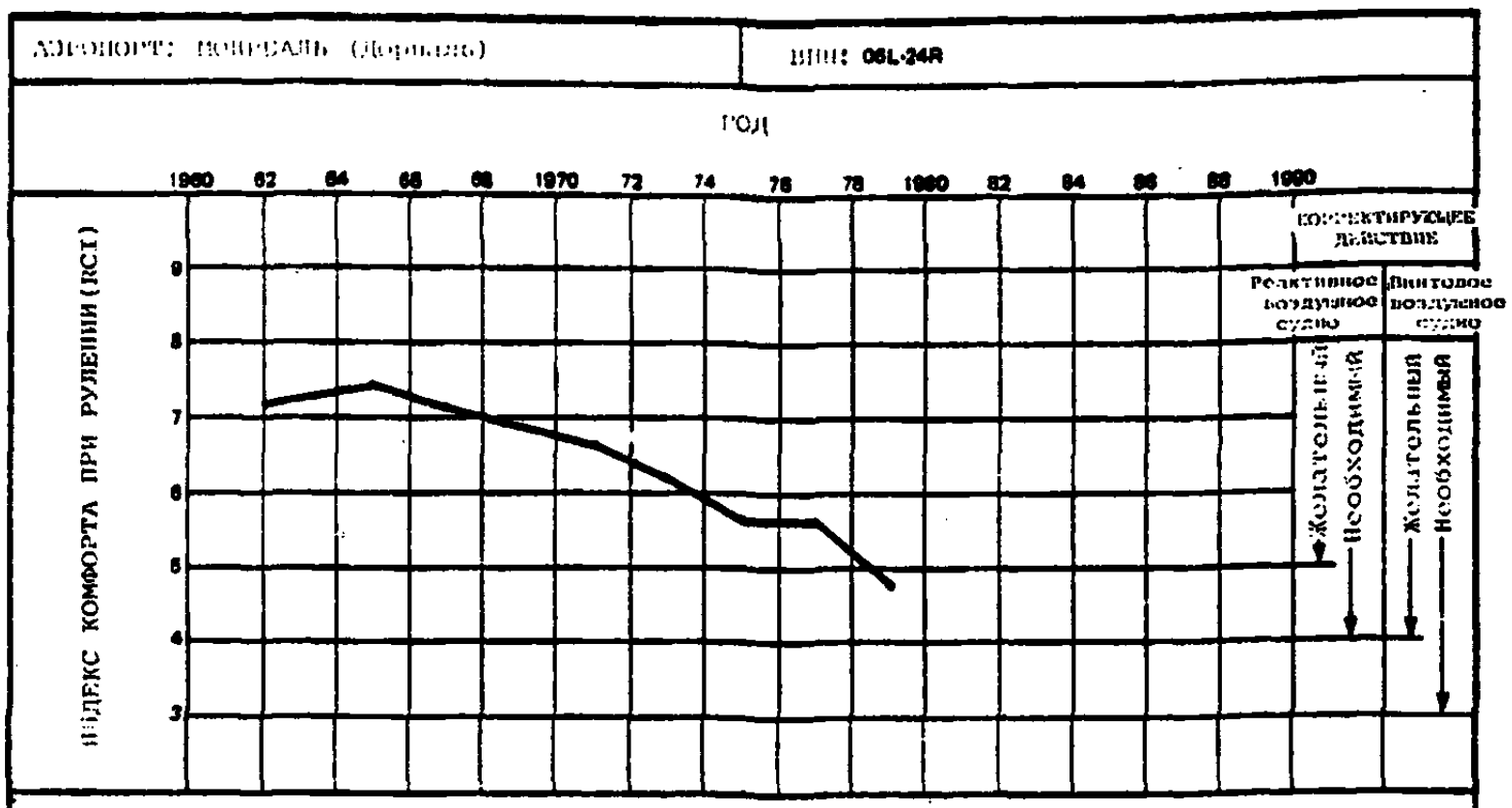
0: нет 1: незначительные 2: умеренные

3: крупные 4: обширные

Двойная оценка

размер повреждения / степень повреждения

Рис. 4-8. Отчет об обследовании состояния покрытия



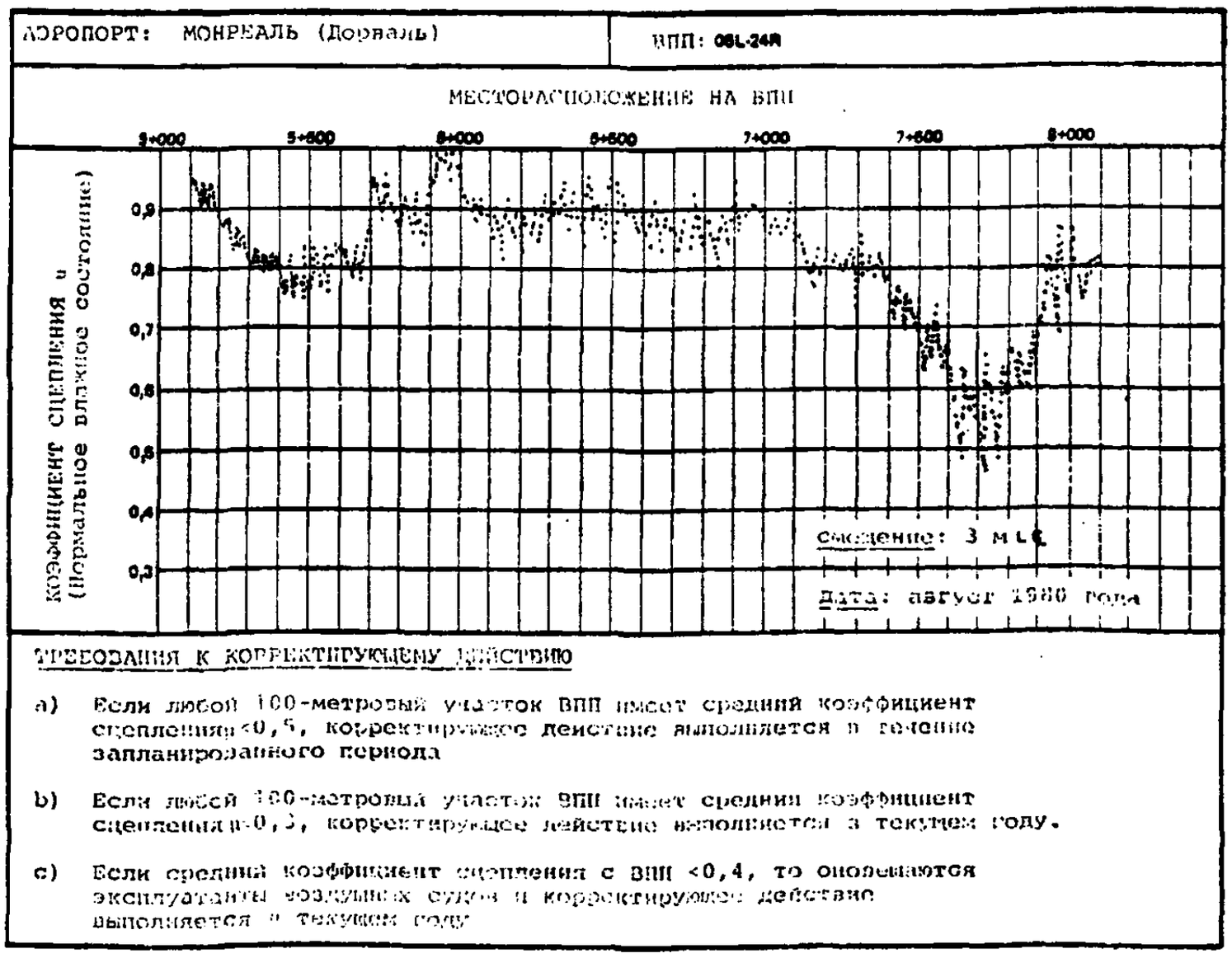
ПРИМЕЧАНИЯ.

a) Повторяемость результатов измерений только до ±0,5 RCI

b) Измерения выполнены летом; неровность поверхности может увеличиться в условиях зимы

c) Неровности с меньшей длиной волны отражены только в измерениях; для выявления неровностей с большей длиной волны требовался отдельный анализ профиля (см. АК-68-33)

Рис. 4-9. График характеристик неровностей ВПП



ТРЕБОВАНИЯ К КОРРЕКТИРУЮЩЕМУ ДЕЙСТВИЮ

a) Если любой 100-метровый участок ВПП имеет средний коэффициент сцепления $\mu < 0,5$, корректирующее действие выполняется в течение запланированного периода

b) Если любой 100-метровый участок ВПП имеет средний коэффициент сцепления $\mu < 0,3$, корректирующее действие выполняется в текущем году.

c) Если средний коэффициент сцепления с ВПП <0,4, то оповещаются эксплуатанты воздушных судов и корректирующее действие выполняется в текущем году

Рис. 4-10. Профиль коэффициента сцепления с ВПП

4.2 Практика Франции

4.2.1 Общие положения

4.2.1.1 Определения

a) Конструкция покрытия. Как правило, покрытие состоит из следующих слоев, начиная с верхней части до основания:

- "поверхностный слой", состоящий из "слоя износа" и, возможно, "связующего слоя";
- "основание";
- "подстилающий слой"; и
- возможно, "нижний подстилающий слой или улучшенное грунтовое основание".

b) Типы конструкций

- "нежесткая конструкция" состоит только из слоев материалов, которые не связаны или не обработаны углеводородными вяжущими веществами;
- "жесткая конструкция" включает слой износа, выполненный из плиты на портландцементе;
- "полужесткая конструкция" имеет основание, обработанное углеводородными вяжущими; и
- "составная (или смешанная) конструкция" получается в результате усиления жесткой конструкции нежесткой или полужесткой конструкцией.

c) Типы покрытий. В целях упрощения в дальнейшем в тексте различие делается только между двумя основными типами покрытий, на которые ссылаются в общем виде следующим образом:

- "нежесткие покрытия" включают нежесткие и полужесткие конструкции, а также некоторые типы составных конструкций (например, ранее жесткие, сильно поврежденные покрытия, укрепленные материалом, обработанным углеводородными вяжущими); и
- "жесткие покрытия" включают жесткие конструкции и некоторые типы составных конструкций (например, жесткое покрытие, обновленное нанесением слоя износа, обработанного углеводородными вяжущими)

d) Несущая способность покрытия. "Несущая способность покрытия" или "прочность покрытия" является способностью покрытия воспринимать нагрузки от воздушных судов при сохранении прочности конструкции покрытия.

e) Срок службы покрытия. Срок службы покрытия соответствует периоду, в конце которого несущая способность покрытия уже не может выдерживать без риска то же движение воздушных судов в течение последующего года, делая необходимым общее усиление покрытия или снижение объема движения воздушных судов. "Нормальный срок службы" покрытия соответствует

10 годам и покрытия, как правило, рассчитываются на этот период. Однако в обстоятельствах, приводимых ниже в этом инструктивном материале, для срока службы покрытия может устанавливаться другое значение.

f) Движение воздушных судов

- одно "движение (действительное)" - это приложение к покрытию нагрузки реальной опорой шасси в ходе одной операции (взлет, посадка, руление). Количество действительных движений, как правило, больше количества движений, вычисляемого эксплуатантом (взлеты и посадки);

- "действительная нагрузка P" является нагрузкой, фактически прилагаемой опорой шасси воздушного судна;

- "действительное движение" состоит из различных движений с изменяющимися действительными нагрузками, прилагаемыми реальными опорами шасси различных категорий;

- "нормальная расчетная нагрузка P" является нагрузкой, учитываемой в формулах или графиках для цели расчета покрытия. В зависимости от функции рассматриваемого покрытия, она может быть "взвешанной" или нет;

- "нормальное движение" является движением, состоящим из десяти движений в день воздушных судов, создающих расчетную нагрузку на протяжении ожидаемого срока службы покрытия по крайней мере в течение десяти лет;

- "допустимая нагрузка Po" покрытия является нагрузкой на опору шасси (действительной или воображаемой), вычисленной в соответствии с расчетной концепцией, допускающей частоту, равную десяти движениям в день на протяжении 10 лет;

- "эквивалентное движение" является приложением эталонной нагрузки опорой шасси (действительной или мнимой);

- "эквивалентное движение воздушных судов" соответствует действительному движению воздушных судов, уменьшенному на количество эквивалентных движений;

- "потенциал" покрытия на данную дату представляется количеством эквивалентных движений, которые покрытие может принять в течение остающегося срока службы.

g) Типы расчета

- "оптимизированный расчет" (или метод оптимизированного расчета) - расчет, который учитывает все типы воздушных судов, оказывающих существенное влияние на покрытие. Этот метод является предпочтительным, если имеются в наличии достаточно надежные и точные прогнозы движения воздушных судов в течение ожидаемого срока службы покрытия;

- "общий расчет (или метод общего расчета) - расчет в единицах эталонной нагрузки, которую может выдержать покрытие. На практике этот метод используется, главным образом, на этапе предварительных исследований или при отсутствии точных данных. Эталонная нагрузка оценивается в единицах ожидаемого использования аэродрома, характеристик воздушных судов, находящихся в эксплуатации или запланированных к вводу в эксплуатацию, а также с учетом особой роли рассматриваемого покрытия.

4.2.2 Выбор расчетной нагрузки

4.2.2.1 Характеристики воздушных судов, оказывающие влияние на расчет

a) Масса воздушного судна. Существует необходимость указывать для каждого воздушного судна:

- в случае метода общего расчета: взлетную массу;
- в случае метода оптимизированного расчета: взлетную массу, посадочную массу.

Сбор данных по массам различных воздушных судов, рассматриваемых при расчете, является трудной задачей, учитывающей:

- изменения коммерческой нагрузки;
- неопределенность прогнозирования состава воздушного движения (воздушные суда, этапы) и развития парка воздушных судов.

Для целей исследования оптимизированного расчета один полезный метод заключается в установлении гистограммы массы в отношении каждого воздушного судна. Выбор категории ширины, равной 1/20 максимальной массы, обеспечивает достаточную точность.

b) Опора шасси. Колесное шасси, установленное на одной опоре. Полный комплект опор шасси составляет шасси. Вводится "типовая опора шасси", которая является характерной для каждого из трех наиболее широко используемых видов шасси (одиночное колесо, спаренные колеса, двухколесные тележки). Характеристики типовых опор шасси являются следующими:

Типовая опора шасси	Колея (см)	База (см)	Давление в пневматике
Одиночное колесо	--	--	0,6 МПа
Спаренные колеса	70	--	0,9 МПа
Четырехколесные тележки	75	140	1,2 МПа

c) Распределение массы на опоры шасси

1) Статическое распределение. Полное распределение массы воздушного судна между носовой опорой и основными опорами шасси зависит от распределения нагрузки воздушного судна (т.е. от положения

центра тяжести) и изменяется незначительно. При отсутствии данных предполагают, что распределение соответствует 10 процентам на носовую опору (максимальное переднее распределение нагрузки), 95 процентов на остальные опоры шасси (максимальное заднее распределение нагрузки) для обычных шасси.

2) Торможение. При расчете покрытий не принимается во внимание влияние торможения. Оно учитывается только в специальных исследованиях (например: для конструкций, находящихся под ВПП).

d) Нагрузки, используемые в вычислениях. У шасси современных воздушных судов расстояние между опорами является таким, что оно оправдывает отдельные исследования действия каждой опоры шасси. Как правило, наибольшее напряжение создает основная опора шасси. В некоторых случаях наиболее критичной для покрытия может быть также вспомогательная опора шасси (например, носовая опора самолета B-747, центральная опора самолета DC-10-30). При вычислениях нагрузка учитывается в виде нагрузки на опору шасси. Графики в отношении основного исследованного воздушного судна (добавление 3) представляются в соответствии с этой концепцией. Определяются те случаи, когда вспомогательная опора шасси, вероятно, должна быть наиболее критической по сравнению с основной опорой шасси, и для них даются дополнительные графики.

4.2.2.2 Взвешивание нагрузки в соответствии с функцией покрытия. Каждый тип оборудования (ВПП, рулежная дорожка, перроны, зоны технического обслуживания и т.д.) должен рассчитываться отдельно с учетом различных условий напряжения. Даже при приложении одних и тех же нагрузок некоторые покрытия могут испытывать различные усталостные напряжения. Например:

a) движение медленное и сосредоточено на перронах или, напротив, редкое и рассредоточено на обочинах и концевых полосах безопасности;

b) последствия динамического воздействия. При разбеге или пробеге воздушного судна с высокой скоростью (например, в средней части ВПП на взлете и в районе первых 1000 метров после порога ВПП при посадке) нагрузка переменная и потому менее опасная. Кроме того, нагрузка снижается за счет подъемной силы крыльев. Перечисленным в отношении каждого типа зоны нагрузкам дается средневзвешенная оценка для учета различных усталостных условий, показанных на рис. 4-11. При изучении проекта рекомендуется рассмотреть экономию, которая может быть получена вследствие применения этих концепций, а также возможные трудности, которые могут возникнуть в ходе сооружения или в то время, когда эти зоны могут использоваться для каких-либо других целей. Поэтому может быть уменьшена толщина, когда это будет давать реальные кратковременные или долговременные преимущества. В некоторых странах такие концепции проектирования обычно используются для снижения толщины покрытия. Во Франции вплоть до настоящего времени они имеют весьма ограниченное применение.

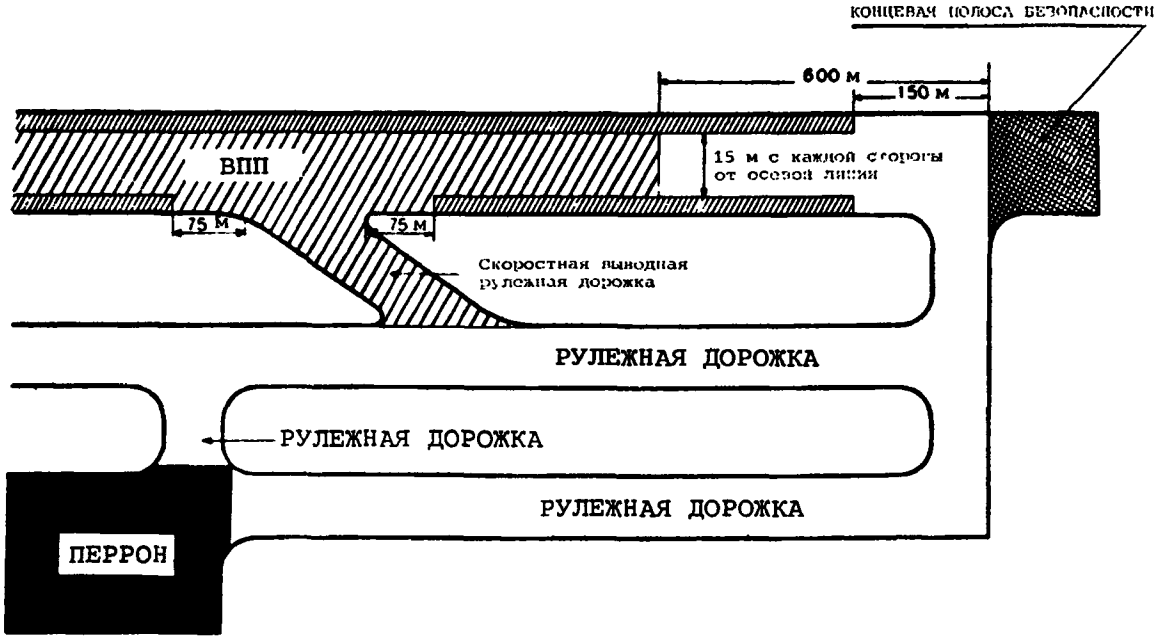
4.2.2.3 Нагрузки, не создаваемые воздушными судами. Некоторые зоны покрытия не подвергаются воздействию опор шасси (перед зданиями аэропорта). С другой стороны, аэродромные покрытия не только выдерживают воздушное судно, но также другие транспортные средства и механизмы (например, наземные транспортные средства: автобусы, грузовые автомобили, буксируемые багажные трейлеры, контейнерные транспортеры, пожарные транспортные средства, телескопические трапы и т.д.), которые иногда создают более

критические нагрузки (в частности, на перронах). В неподвижном состоянии эти средства оказывают значительное продавливающее действие на покрытие, создавая концентрированное напряжение, вследствие того, что они перемещаются в ограниченном пространстве. Особые нагрузки учитываются следующим способом:

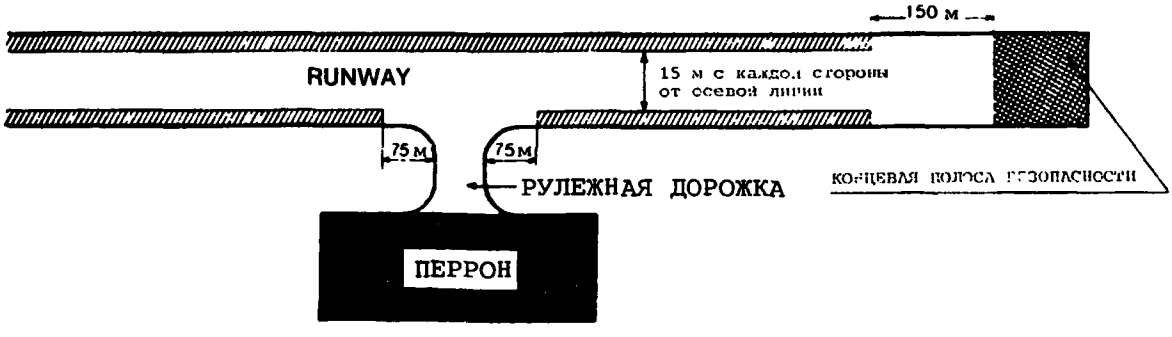
a) рассматриваемые зоны рассчитываются на эти нагрузки;

b) поверхность зон, используемых создающими напряжение транспортными средствами или оборудованием, должна ограничиваться (правилами движения, маркировкой на поверхности); и

c) могут рассматриваться особые покрытия (например: особые слои покрытия).



a) Пример ВПП, оборудованный параллельными рулежными дорожками



b) Пример ВПП, не оборудованной параллельными рулежными дорожками

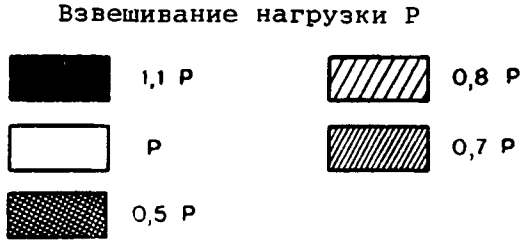


Рис. 4-11. Взвешивание нагрузки P

4.2.3 Расчет нежестких покрытий

4.2.3.1 Расчет нежесткого покрытия включает два этапа:

a) сбор данных: - движение (нагрузки, движение)

- характеристики природного грунта;

b) вычисление толщины, которое также включает два этапа:

- определение "эквивалентной толщины покрытия e", используя либо общий расчет, либо метод оптимизированного расчета;

- выбор конструкции покрытия, которая обеспечивает эквивалентную толщину, аналогичную или большую, чем толщина, определенная выше.

4.2.3.2 Несущая способность грунтового основания

a) Общий случай. Несущая способность грунтового основания обозначается его калифорнийским числом несущей способности (CBR). Принятая величина CBR является наименьшей величиной, полученной в ходе серии испытаний, в которой полное число проб уплотняется до 95 процентов модифицированной оптимальной плотности по Проктору после погружения в воду на четыре дня.

b) Грунты, состоящие из гравия и чистого песка. В случае грунтов, состоящих из гравия и чистого песка, измерение CBR лишено смысла, и будут приниматься общие значения, показанные в приводимой ниже таблице.

Описание грунта	Измеренное число CBR	Значительное число CBR
Чистый гравий хорошего гранулометрического состава	40	20
Чистый гравий плохого гранулометрического состава	30	20
Гравий, содержащий ил	>40 (PI<7)> 20 (PI>7)	20 (PI<7) 10 (PI>7)
Гравий, содержащий глину	20	10
Чистый песок хорошего гранулометрического состава	20	10
Чистый песок плохого гранулометрического состава	10	от 6 до 8
		PI - число пластичности

c) Улучшенное грунтовое основание. В тех случаях, когда покрытие содержит улучшенное грунтовое основание (значительная толщина добавленных материалов среднего или неоднородного качества), это будет учитываться при вычислениях следующим способом. Допустим, что несущая

способность необработанных и улучшенных грунтовых оснований соответственно CBR_1 и CBR_2, и что h_1 и h_2, которые будут вычисляться согласно избранному методу расчета (общему или оптимизированному), соответствуют одной из этих величин CBR. Если h соответствует толщине улучшенного грунтового основания, требуемая толщина покрытия над этим грунтовым основанием, то есть "e", может вычисляться по формуле:

$$e = h_1 - h \frac{CBR_2 - CBR_1}{CBR_2 + CBR_1}$$

при условии, что "e" превышает или по крайней мере равно h_2. Если величина "e" будет меньше, чем h_2, тогда толщина покрытия устанавливается равной h_2. Это также применяется к случаям, когда природный грунт содержит нижний слой, вокруг которого имеется относительно тонкий слой грунта с лучшей несущей способностью. Этот верхний слой может затем рассматриваться в качестве улучшенного грунтового основания, чтобы по-прежнему мог использоваться приведенный выше метод.

4.2.3.3 Вычисления эквивалентной толщины покрытия

- общий расчет - см. п. 4.2.5

- оптимизированный расчет - см. п. 4.2.6

4.2.3.4 Конструкция покрытия. Как правило, нежесткое покрытие выполняется из трех различных слоев возрастающего качества от нижнего слоя к верхнему: подстилающий слой, основание и поверхностный слой. Концепция эквивалентной толщины вводится для учета различных механических качеств каждого слоя. Эквивалентная толщина "e" слоя равна его фактической толщине "e_r", умноженной на числовой коэффициент "c" или коэффициент эквивалентности. Эквивалентная толщина покрытия равна сумме эквивалентных толщин ее слоев. Величины, показанные в таблице ниже, могут использоваться в качестве справочных данных для новых материалов:

Новые материалы	Коэффициент эквивалентности
Асфальтобетонная плотная смесь	2
Песчано-гравийная смесь, связанная битумом	1,5
Эмульсионная песчано-гравийная смесь	1,2
Песчано-гравийная смесь, обработанная твердеющими в воде вяжущими (цемент, шлак, зольная пыль, известь)	1,5
Дробленный щебень хорошего гранулометрического состава	1
Песок, обработанный твердеющими в воде вяжущими (цемент, шлак)	1
Горохообразный гравий	0,75
Песок	0,5

В надлехащим образом конструированном покрытии коэффициенты эквивалентности необходимо увеличивать от нижнего слоя к верхнему.

4.2.3.5 Выбор конструкции. Выбор конструкции должен учитывать две общие концепции:

a) концепции конструкции, которые касаются характера используемых материалов, качества и состава компонентов, минимальных и максимальных рассматриваемых толщин, связывания слоев песка и т.д.; и

b) механические концепции, которые определяют величины коэффициентов эквивалентности, предлагают или запрещают использование определенных материалов в различных слоях, указывают толщины обработанных материалов, необходимых для нормального механического поведения покрытия и т.д. Эти указания оказывают последующее влияние на различные слои:

- Поверхностный слой (слой износа и, возможно, связующий слой). Поверхностный слой должен состоять из битуминизированного бетона. (Некоторые указания, в частности, относящиеся к составу и плотности, которые должны быть достигнуты на рабочей площадке, существенно отличаются от величин, применяемых к дорожным покрытиям).

- Основание и подстилающий слой. Выбор материалов для основания и подстилающего слоя зависит от условий, оговоренных в приводимой ниже таблице:

Типы материалов	Используемые в основании	Используемые в подстилающем слое	Замечания
Песчано-гравийная смесь, связанная горячими углеводородными вяжущими	Да	Нет	Дорогие материалы
Материалы, обработанные твердеющими в воде вяжущими (необработанный заполнитель бетона, шлак, гравий с летучей золой, бетон на основе песка)	Нет	Не рекомендуется	За исключением специального разрешения после консультации с администрацией
Необработанный гравий (дробленый, хорошего гранулометрического состава)	Да	Да	---
Горохообразный гравий	Нет	Да	---
Материалы, обработанные холодными углеводородными вяжущими (эмульсионный гравий)	Не рекомендуется	Не рекомендуется	Использование этих материалов требует применения метода, который недостаточно проверен на аэродромных покрытиях.

Часто экономические соображения приводят к необходимости предусматривать использование в основании или в подстилающем слое материалов, которые обработаны твердеющими в воде вяжущими (необработанный заполнитель бетона, шлак на основе песчано-гравийной смеси, песчано-гравийной смеси с летучей золой и т.д.). Однако сильные нагрузки на аэродромные покрытия создают значительно большее напряжение по сравнению с напряжениями, которые создаются на дорожных покрытиях. Среди прочих факторов существуют такие опасности и последствия:

- для покрытий: быстрые признаки износа (трещины в слое износа, раскрошение, разрывы, выброс частиц или повторное появление мелочи цементного молока);

- для воздушных судов: засасывание реактивными двигателями частиц заполнителя, стирание рисунка пневматика;

- для администрации: более высокие стоимости технического обслуживания (заполнение трещин).

Следовательно, использование материалов, обрабатываемых твердеющими в воде вяжущими, запрещается для основания и не рекомендуется для подстилающего слоя. Что касается подстилающего слоя, то полужесткий слой должна покрывать фактическая толщина по крайней мере 20 см материалов, обработанных твердеющими в воде вяжущими. Любое исключение из этих правил вызывает необходимость в проведении специального исследования, для чего администрации аэропорта нужна консультация эксперта. Технические требования к материалам, которые могут использоваться в основании или в подстилающем слое, идентичны техническим требованиям, предъявляемым к дорожным покрытиям.

4.2.3.6 Толщина обработанных материалов. Необходима соответствующая толщина обработанных материалов, чтобы обеспечить приемлемое поведение верхних слоев покрытия. Рис. 4-12 показывает в инструктивных целях оптимальную эквивалентную толщину обработанных материалов в отношении полной эквивалентной толщины покрытия и величину CBR природного грунта.

4.2.3.7 Влияние климатических факторов. В районах, которые подвергаются значительным сезонным климатическим изменениям, необходимо учитывать возможные изменения в несущей способности грунта. Несмотря на большое влияние, которое оказывает температура на покрытия из битумных смесей, для учета этого параметра коррекция не вводится: величины, указанные для коэффициентов эквивалентности в отношении предложенных ранее смесей для покрытий, отражают взвешенное среднее. Рекомендуется, чтобы испытания на промерзание-оттепель выполнялись в соответствии с информацией, содержащейся в п. 4.2.7.

4.2.4 Расчет жестких покрытий

4.2.4.1 Расчет жестких покрытий включает следующие два этапа:

a) сбор данных:

- движение (нагрузки, движения);

- характеристики грунтового основания и бетона на затвердевающем в воде цементе; и

b) вычисление толщины бетонной плиты (рассматривается только наиболее общий случай неусиленных и неиспытанных предварительно покрытий).

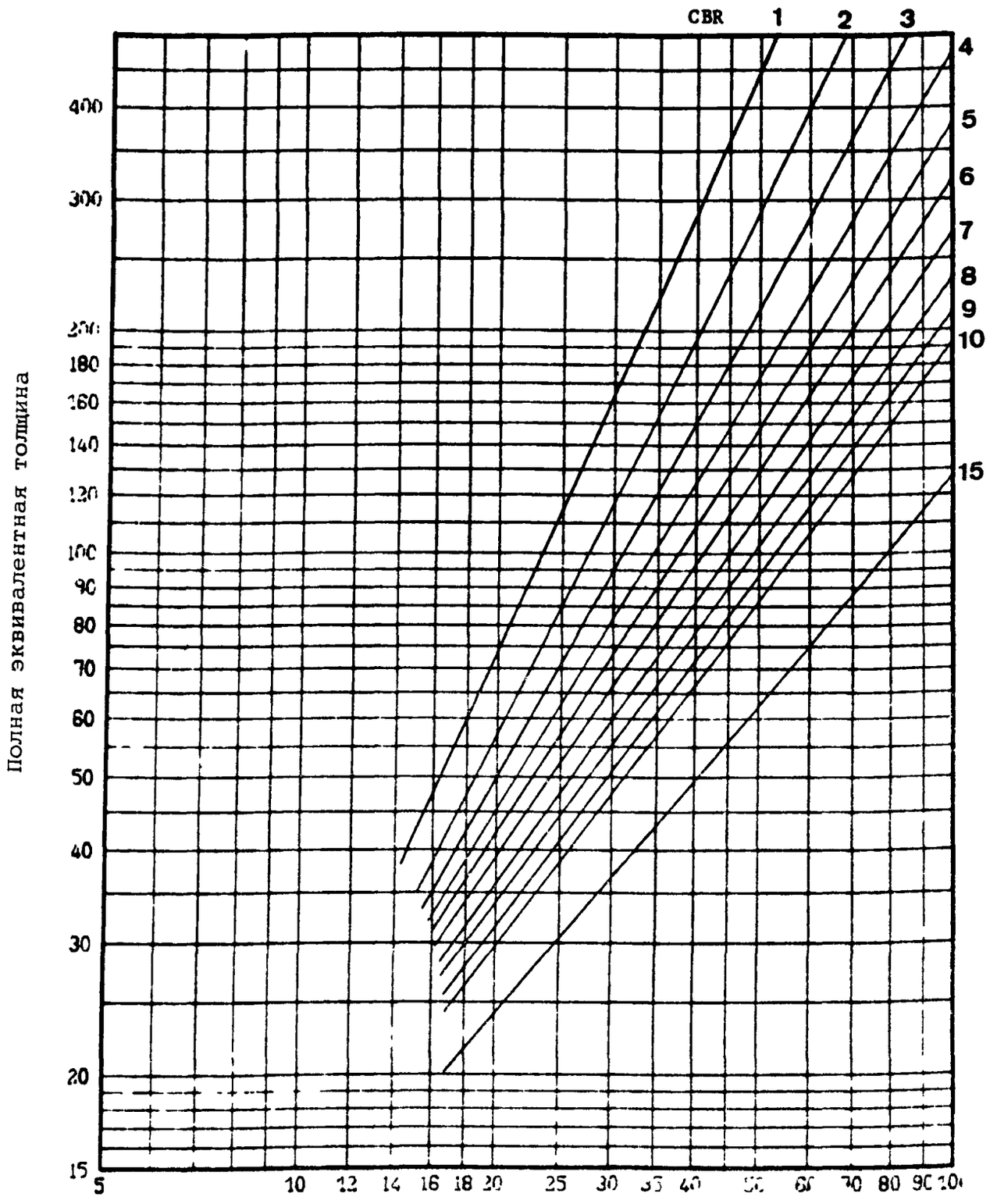


Рис. 4-12. Нежесткие покрытия: оптимальная толщина обработанных материалов по отношению к эквивалентной толщине обработанных материалов, полной толщине покрытия и величине CBR

4.2.4.2 Оценка подстилающего слоя. Как правило, жесткое покрытие состоит из двух слоев верхней части природного грунта, то есть подстилающего слоя и бетонной плиты на затвердевающем в воде цементе. Несущая способность природного грунта выражается в виде его "модуля реакции" k_0. Эта величина корректируется в соответствии с эквивалентной толщиной подстилающего слоя. Скорректированный таким образом модуль (то есть, модуль реакции подстилающего слоя) делает возможным его учет для грунта и подстилающего слоя в качестве одного параметра при расчетах.

4.2.4.3 Несущая способность природного грунта (грунтового основания). Модуль реакции грунтового основания k_0 грунта оценивается посредством испытания по методу нагрузочной плиты, выполняемого на месте на грунте, уплотненном до 95 процентов модифицированной оптимальной плотности по Проктору. Желательно предусмотреть некоторый период времени между уплотнением и испытанием, чтобы позволить грунту восстановить его свободное влагосодержание. Количество и распределение испытательных точек должно быть таким, чтобы получить существенные результаты.

4.2.4.4 Несущая способность подстилающего слоя. Модуль реакции грунтового основания природного грунта впоследствии корректируется в отношении эквивалентной толщины подстилающего слоя. Для этой цели используется рис. 4-13. Определение эквивалентной толщины приводится в п. 4.2.3.4.

Важное примечание. В этих вычислениях следует использовать скорректированную величину k. Использование измеренной в верхней части подстилающего слоя покрытия величины k может привести к оптимистическим цифрам.

Несмотря на то, что подстилающий слой лишь незначительно влияет на вычисление (в качестве корректирующего значения модуля k, который сам по себе имеет только незначительное влияние), он играет важную многоплановую роль:

- обеспечивает непрерывную опору для плиты, в частности, в местах стыков и участвует в передаче нагрузок;
- вследствие своего веса он препятствует возможному разбуханию почвы грунтового основания и защищает ее от промерзания;
- обеспечивает прочную поверхность для последующих операций бетонирования; и
- предотвращает выталкивание частиц на стыках.

4.2.4.5 Конструкция подстилающего слоя. Важно иметь высокое качество подстилающего слоя. Должны применяться следующие правила:

- подстилающий слой покрытия должен быть обработан;
- рекомендуется использовать бетон на грубом заполнителе;
- не рекомендуется использование бетона на тощем цементе (большая опасность образования трещин);
- фактическая толщина подстилающего слоя должна быть по меньшей мере 15 см, чтобы обеспечить эффективное использование материала; и
- технические требования к материалам, которые могут использоваться в подстилающем слое, аналогичны техническим требованиям к дорожным покрытиям.

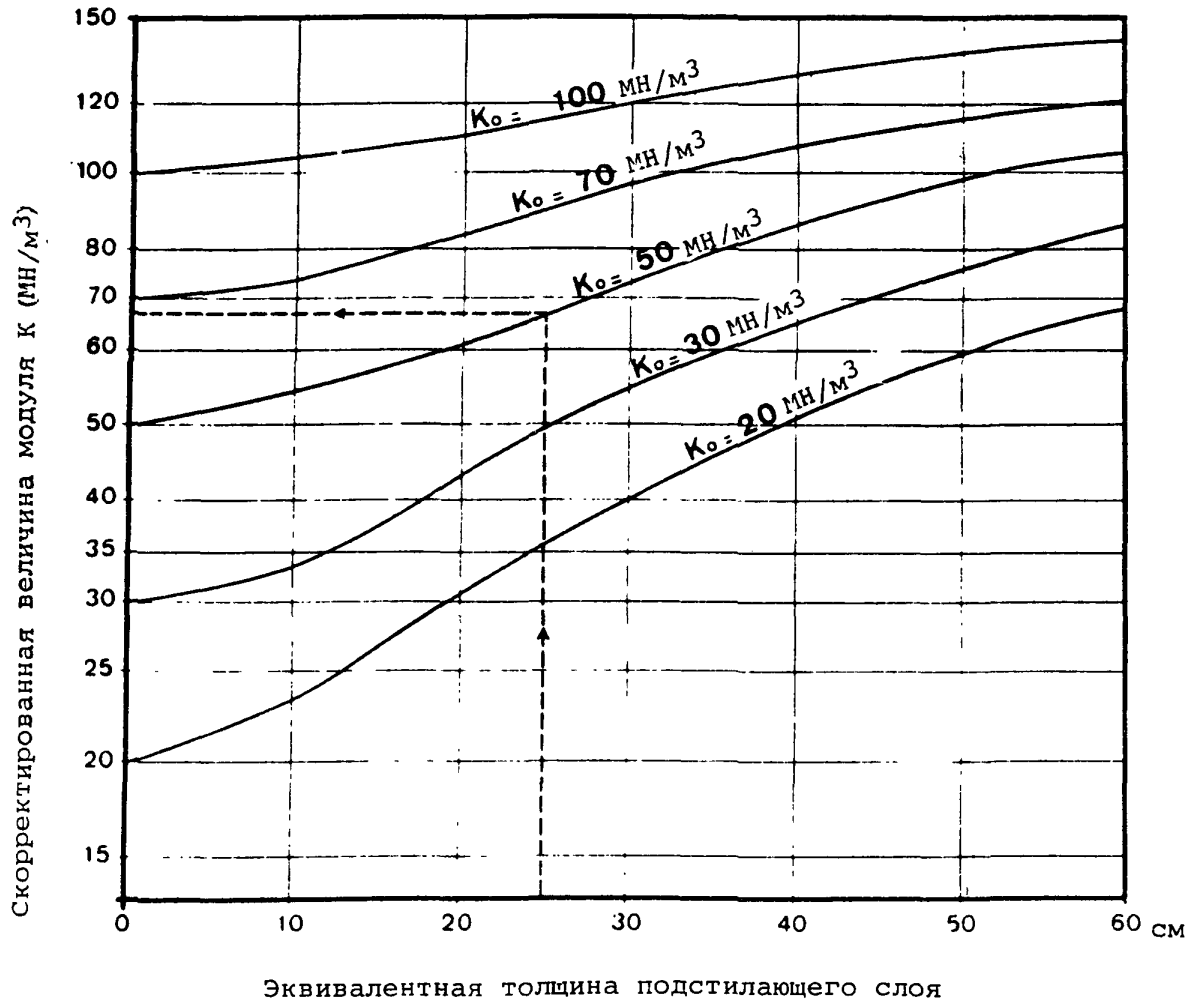


Рис. 3-13. Модуль реакции подстилающего слоя. Коррекция модуля реакции грунтового основания на основе эквивалентной толщины подстилающего слоя

Подстилающий слой может находиться на улучшенном грунтовом основании, которое может состоять или не состоять из стабилизированных материалов. Полная эквивалентная толщина двух слоев затем учитывается для коррекции модуля реакции грунтового основания К. Возможна замена слоя пористого бетона между бетонной плитой и обработанным подстилающим слоем с целью улучшения дренажа и снижения эффекта выталкивания.

4.2.4.6 Расчет толщины бетонной плиты. Из-за жесткости бетона вертикальные напряжения, прилагаемые к подстилающему слою нагруженной бетонной плитой, всегда являются весьма небольшими и плита обеспечивает распределение напряжения нагрузки за счет мобилизации ее изгибного напряжения. Следовательно, в противоположность тому, что происходит в случае нежесткого покрытия, расчетным критерием для жесткого покрытия является не максимальное давление на уровне грунтового основания, а допустимый изгибный момент плиты. При расчете принимаются следующие постоянные значения для характеристики бетона:

- модуль эластичности: E = 30 000 МПа

- коэффициент Пуассона = 0,15

4.2.4.7 Напряжение бетона. В расчетах учитывается допустимое изгибное напряжение на бетоне, которое равняется изгибной прочности на разлом, деленное на коэффициент безопасности. Изгибная прочность на разлом измеряется на призматических образцах через 90 дней после их изготовления. Конечное значение, которое должно сохраниться, является средним значением измеренных величин, приведенным к стандартному отклонению, которое соответствует прогнозируемому рассеиванию для площадки (изменяющемуся между минимальным значением 10 процентов для тщательно осмотренной строительной площадки и 20 процентами. Если имеются только результаты испытаний, выполненные после 28 дней выдержки бетона, можно принять, что прочность бетона на изгиб увеличивается на 10 процентов при выдержке от 28 до 90 дней.

4.2.4.8 Коэффициенты безопасности. Коэффициент безопасности зависит от типа швов между плитами покрытия. Он устанавливается 1,8 в том случае, когда швы имеют устройства для эффективной передачи нагрузок, и 2,6 - в других случаях, как показано в приводимой ниже таблице:

Тип устройства для передачи нагрузок через швы конструкции покрытия	Другие условия	Коэффициент безопасности
Без устройства	во всех случаях	2,6
Штыри	---	1,8
Шпунтовые соединения	менее 3 неблагоприятных условий (см. ниже)	1,8
	по меньшей мере 3 неблагоприятных условия (см. ниже)	2,6

Неблагоприятные условия

- плохое (k 20 МН/м^3) или неоднородное или подверженное промерзанию грунтовое основание;
- тонкий (e < 20 см) или необработанный подстилающий слой;
- интенсивное движение широкофюзеляжных воздушных судов (B-747, DC-10 и т.д.);
- значительный дневной градиент температуры;
- отсутствие поперечных связей в швах.

4.2.4.9 Правила строительства - см. п. 4.2.4.11

4.2.4.10 Толщина бетонной плиты

- общий расчет (см. 4.2.5);
- оптимизированный расчет (см. 4.2.6).

Замечания. Как правило, для исследования жестких покрытий бывает достаточным метод общего расчета.

4.2.4.11 Правила строительства

a) Швы. Правильно рассчитанное жесткое покрытие должно соответствовать основным правилам строительства, изложенным на рис. 4-14;

b) Эффективная передача нагрузок. Ни одно из указанных устройств не обеспечивает полной эффективности. Системы шпунтовых соединений и соединения сжатия-расширения бывают эффективными только в том случае, когда швы не слишком открываются при комбинированном влиянии сжатия при затвердении (окончательном) и термическом сжатии (периодическом); со временем они также теряют часть этой эффективности из-за того, что на двух соприкасающихся поверхностях проявляется износ из-за движения воздушных судов и термических циклов. Эффективность штыревых соединений не имеет тесной связи с предусмотренными для них отверстиями. Но передача нагрузок со временем также, очевидно, уменьшается главным образом вследствие того, что цилиндрическая полость, в которой движется в продольном направлении штырь, становится увеличенной и более овальной по форме. Как было указано, подстилающий слой может улучшить передачу нагрузок при условии, что он является достаточно жестким, но его полезное действие также снижается со временем, в частности, из-за эрозии поверхности.

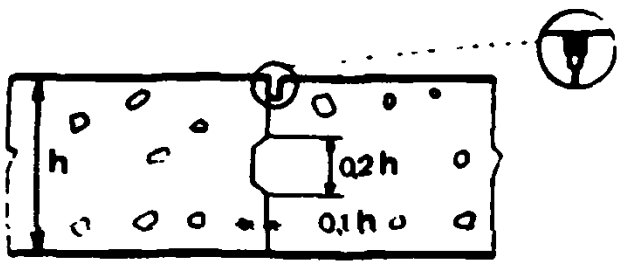
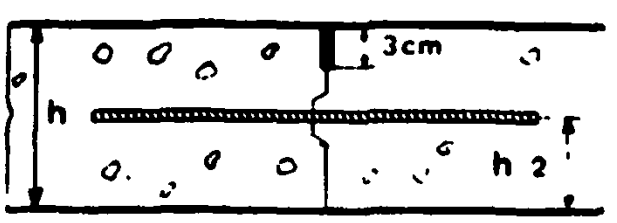
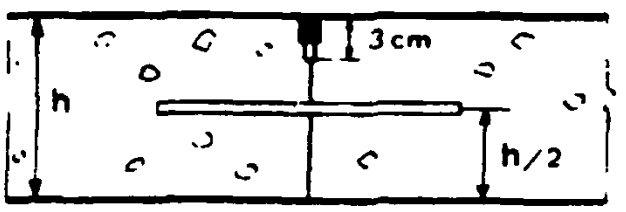
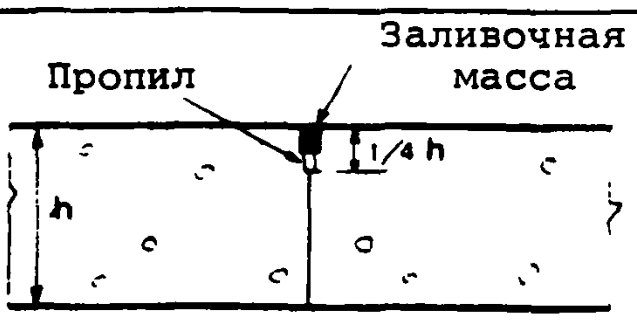
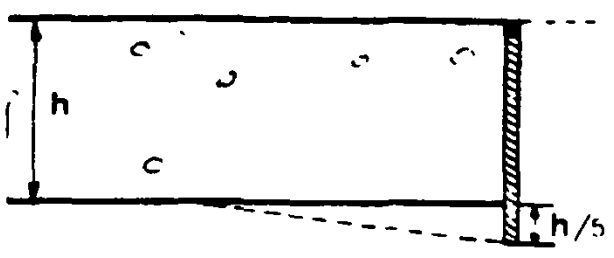
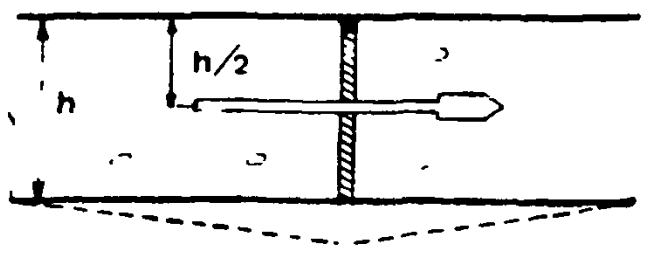
ТИП ШВА	СХЕМА	L: Расположение C: Условия применения
КОНСТРУКЦИЯ	 Простое шпунтовое соединение	
	 Шпунтовое соединение со стержнем	L. В продольном направлении: в конце полос; В поперечном направлении: в тех случаях, когда бетонирование прерывается вдоль полосы. C. Шпунтовое соединение только для толщины плиты, не прерывающей 20 см; стыковые стержни рекомендуются для покрытий с интенсивным движением широкофюзеляжных воздушных судов и на относительно плохом грунте; поперечная связь только между продольными швами; ширина связи не должна превышать 25 см.
	 Стыковой стержень	
СЖАТИЕ		L. В продольном направлении: в том случае, когда ширина полосы превышает 5 м; В поперечном направлении: систематическая установка при правильных интервалах.
РАСШИРЕНИЕ		L. На стыке старых и новых работ - между ВПП и РД, - вокруг оснований, - вдоль дренажных каналов. C. Используется во избежание чрезмерных напряжений.
	 Стыковой стержень	

Рис. 4-14. Швы в покрытиях из бетона на цементе

4.2.4.12 Влияние климатических факторов

a) Факторы термического или гидрометрического происхождения. В качестве общего правила принимается, что, при условии использования соответствующих методов для швов, нет необходимости учитывать при расчете напряжения, которые имеют термическое или гидрометрическое происхождение. Изгибные напряжения, создаваемые нагрузками в ходе использования покрытия, не являются единственными растягивающими напряжениями, которым может подвергаться бетон. Прежде всего, напряжения могут возникать из-за различных расширений между верхней и нижней поверхностями бетона вследствие различий между этими двумя поверхностями:

- по температуре (температурный градиент);

- по влагосодержанию.

Другие напряжения могут также обуславливаться трением на подстилающем слое, которое противодействует изменению длины плиты в целом в том случае, когда происходит изменение по температуре или влагосодержанию. Предполагается, что эти изменения имеют достаточную продолжительность, чтобы дать возможность плите достигнуть состояния гидрометрического равновесия. Следовательно, они являются изменениями, которые могут рассматриваться как сезонные в противоположность тем (дневным) изменениям, которые обуславливаются гидрометрическими градиентами в плите. Во всех случаях наличие швов, которые служат границей длины основных плит, оказывает влияние на снижение величины различных типов напряжений. Кроме того, напряжения первой категории в значительной степени имеют тенденцию компенсировать друг друга вследствие того, что температурные градиенты и влагосодержание, как правило, имеют противоположные характеристики. В конечном итоге, эти различные напряжения не увеличивают значительно напряжения, создаваемые нагрузками.

b) Промерзание. Рекомендуется проведение инспекции в отношении промерзания-оттаивания в соответствии с пояснениями, изложенными в п. 4.2.7.

4.2.5 Общий расчет

4.2.5.1 Принцип. Метод общего расчета дает возможность рассчитывать покрытия в соответствии с эталонной нагрузкой. Например:

- максимальная нагрузка рассматриваемого воздушного судна для создания наибольшего напряжения; и

- заданная нагрузка для типовой категории шасси.

Расчет основывается на нормальных условиях движения, т.е. десять операций в день на протяжении десяти лет при расчетной нагрузке. Но в тех случаях, когда фактическое

движение явно отличается от этого основного допущения, можно применить поправочный коэффициент для учета фактической интенсивности движения. Примеры использования методов общего расчета:

- исследования на аэродроме, используемом для операций с типами воздушных судов, которые определенно создают большее напряжение, чем другие типы воздушных судов;
- жесткие покрытия (точность метода, как правило, является достаточной); и
- предварительные исследования при отсутствии надежных прогнозов движения.

4.2.5.2 Определение толщины покрытия

Требуемые данные

- нормальное расчетное давление (P')
- величина CBR природного грунта (нежесткие покрытия);
- модуль реакции грунтового основания k и допустимое изгибное напряжение бетона (жесткие покрытия)

Графический метод

В зависимости от исследуемого случая используют либо график типового шасси (рисунки 4-15 - 4-27), либо специальный график для воздушного судна (добавление 3).

Примечание. Если предполагают определять толщину покрытия для воздушного судна или, в более общем случае, опора шасси не включена в графики добавления 3, можно использовать графики для воздушного судна, основная опора шасси которого (колея, основание) имеет характеристики, которые наиболее близко совпадают с характеристиками рассматриваемого воздушного судна.

4.2.5.3 Интенсивность движения. В целях расчета нового покрытия десять операций в день на протяжении десяти лет представляют вполне обоснованное и осторожное допущение. Тем не менее возможно, что эта цифра либо определенно ниже прогнозируемого объема воздушного движения для аэродрома (например, для крупного аэродрома), либо значительно выше (например, для запасного аэродрома). В этих случаях необходимо учитывать фактическую интенсивность движения, скорректированную соответствующим образом. Коррекция основывается на взаимосвязи между парами (P, n), где P соответствует нагрузке и n - числу ее приложений в виде количества операций в день и парой (P',10), где P' соответствует нормальной расчетной нагрузке (как определено, прикладываемой десять раз в день):

$$P' = \frac{P}{C} \qquad [1]$$

График на рис. 4-28 показывает взаимосвязь 1

c $C = 1{,}2 - 0{,}2 \log n$

Важное замечание. Взаимосвязь [1] является действительной только для срока службы покрытия в 10 лет. Для любого другого периода целесообразно устанавливать связь с цифрой 10 лет (например: 4 операции в день на протяжении 20 лет эквивалентны 8 операциям в день на протяжении 10 лет). Величина коэффициента C ограничивается 1,2 в верхнем конце шкалы (минимальное допущение 1 операция в день) и 0,8 в нижнем конце шкалы (максимальное допущение 100 операций в день).

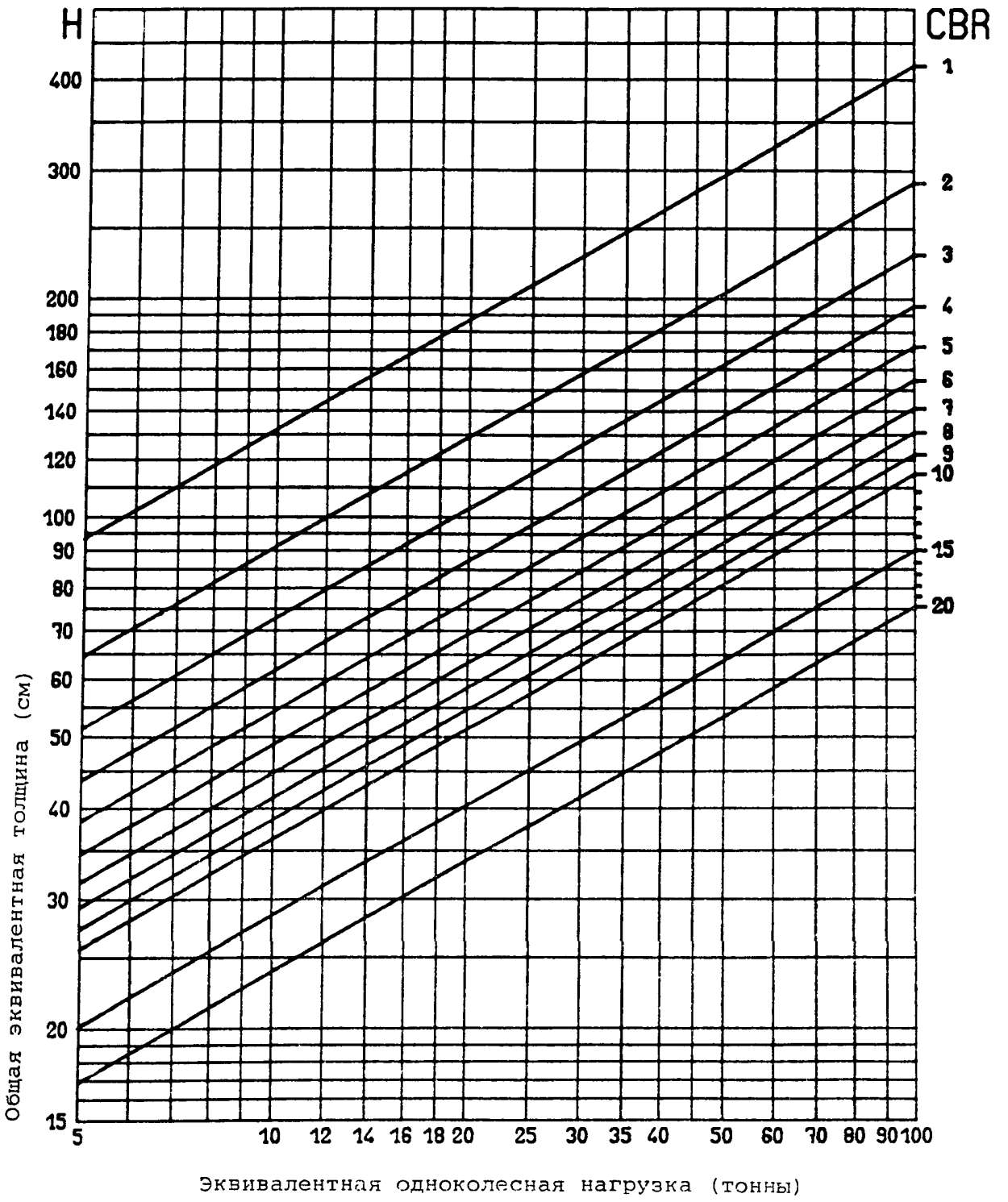


Рис. 4-15. Нежесткое покрытие - типовая опора шасси - одиночное колесо

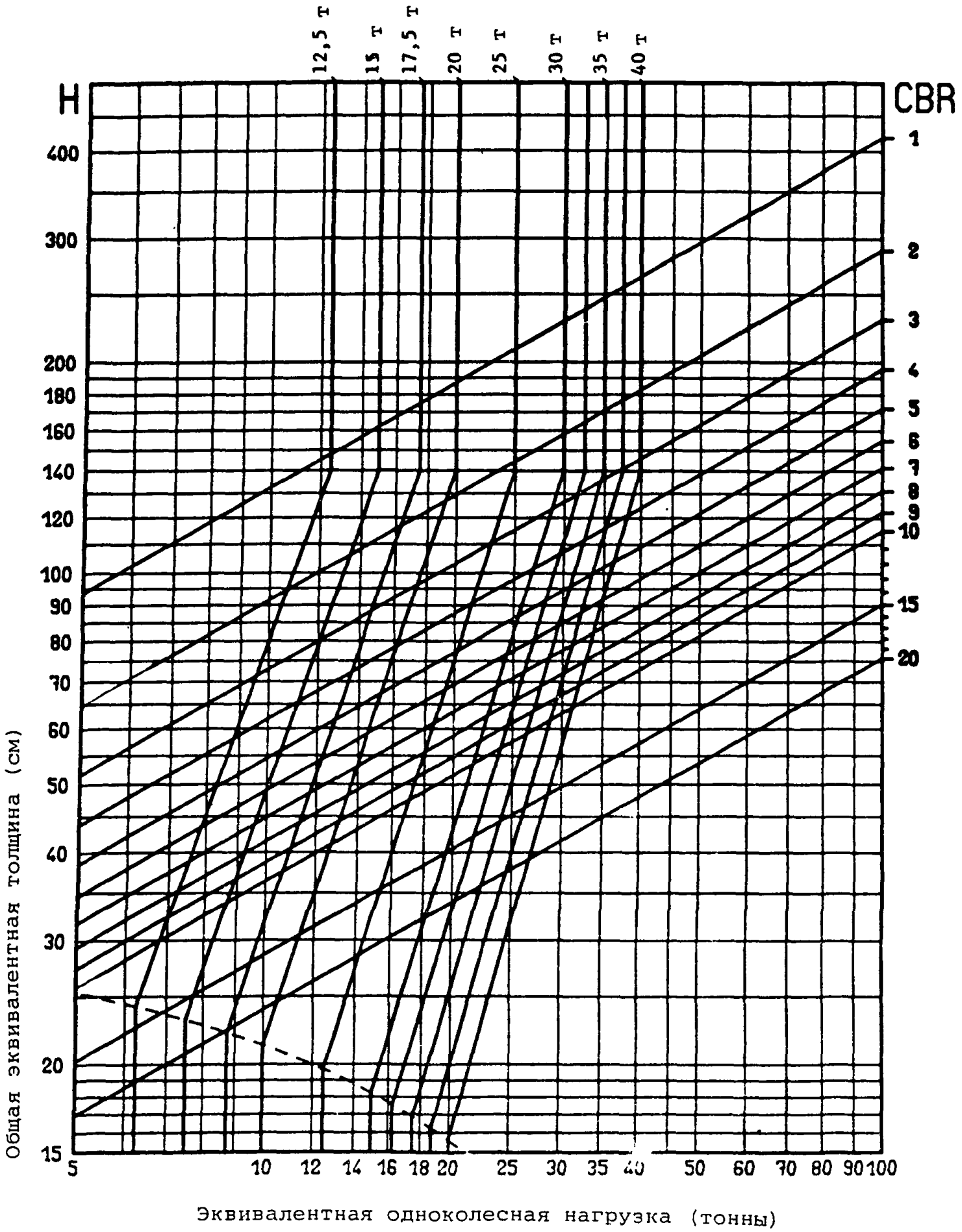


Рис. 4-16. Нежесткое покрытие - типовая опора шасси - спаренные колеса

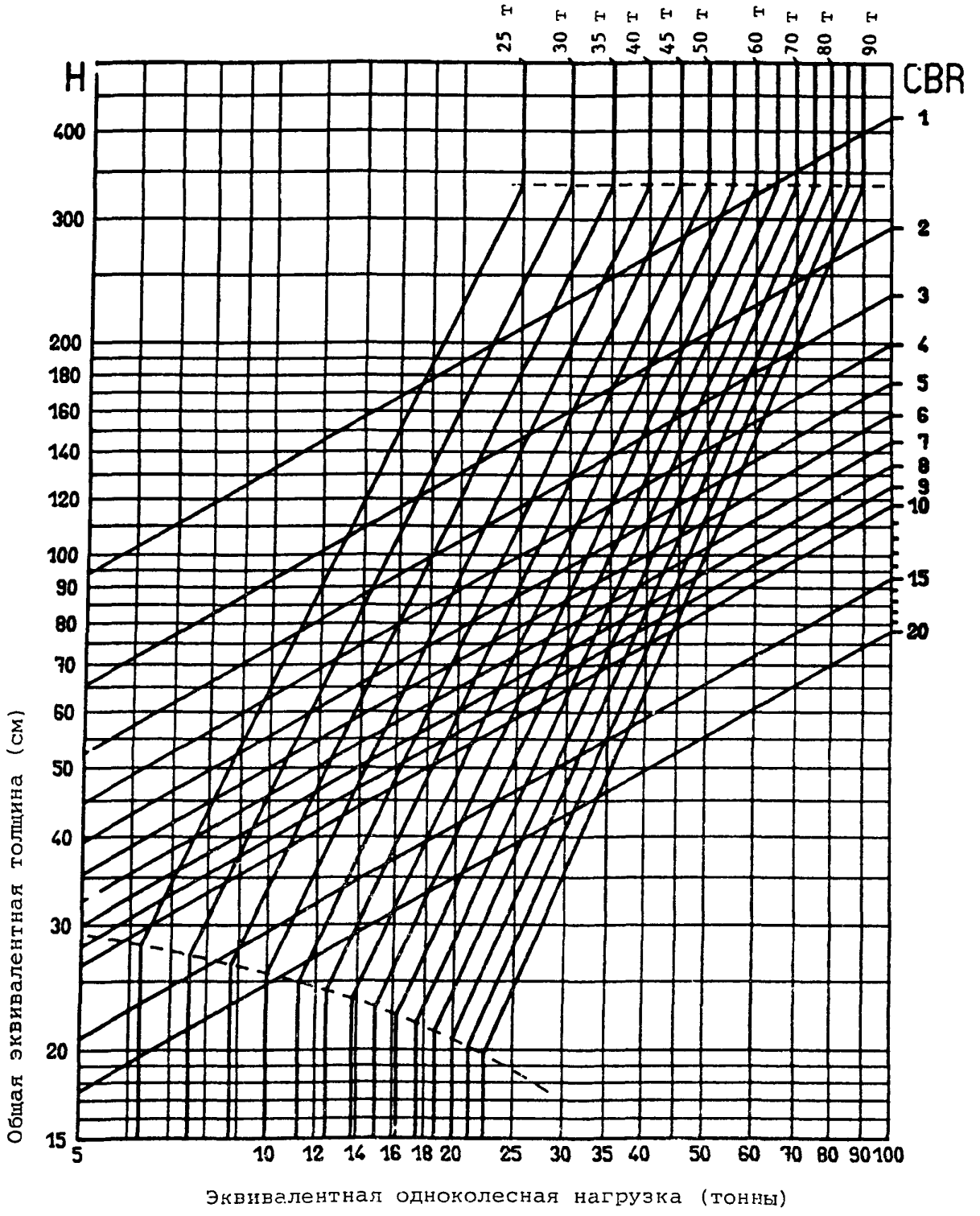


Рис. 4-17. Нежесткое покрытие - типовая опора шасси - четырехколесная тележка

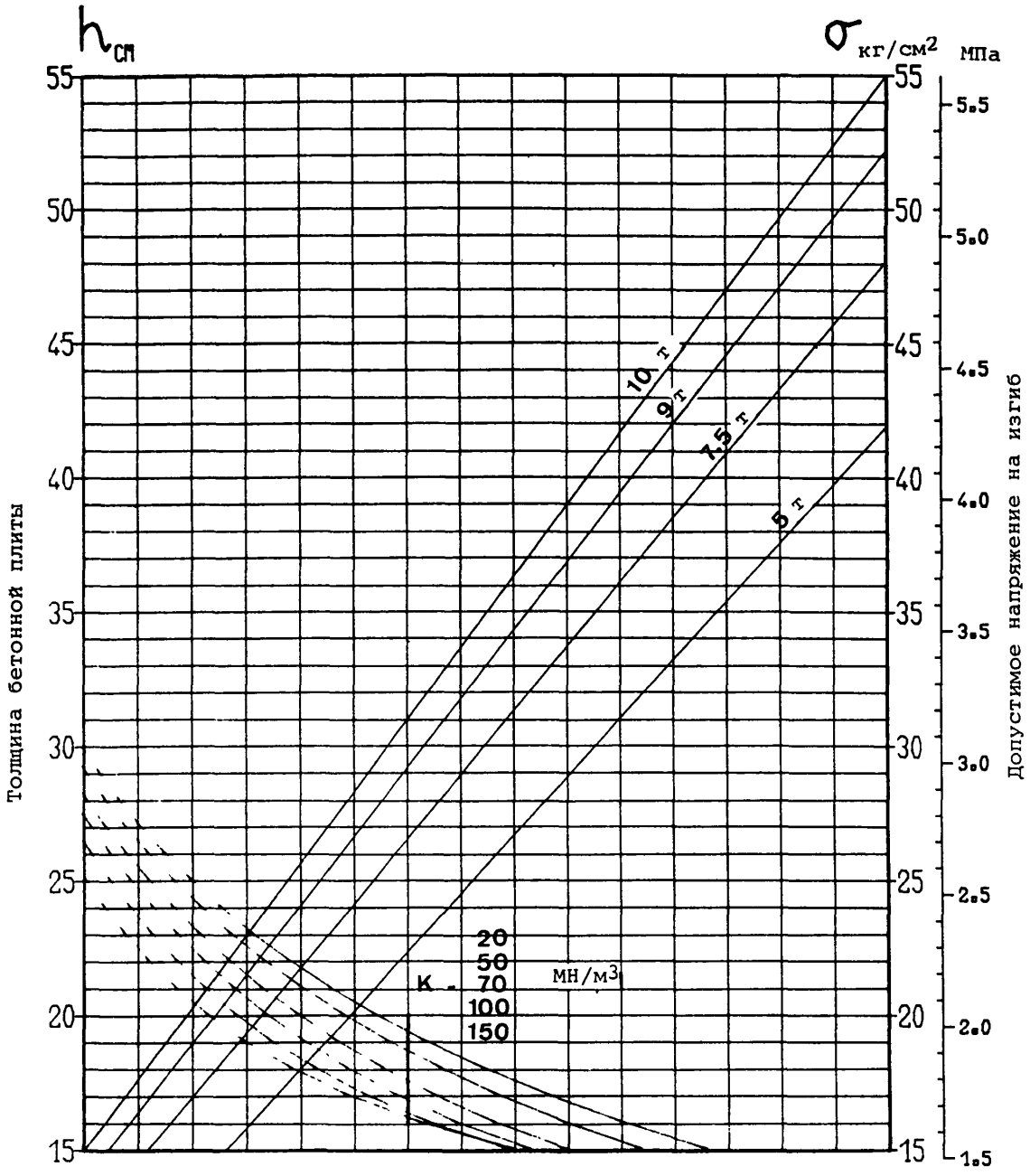


Рис. 4-18. Жесткое покрытие - типовая опора шасси - одиночное изолированное колесо
Нагрузки менее 10 тонн

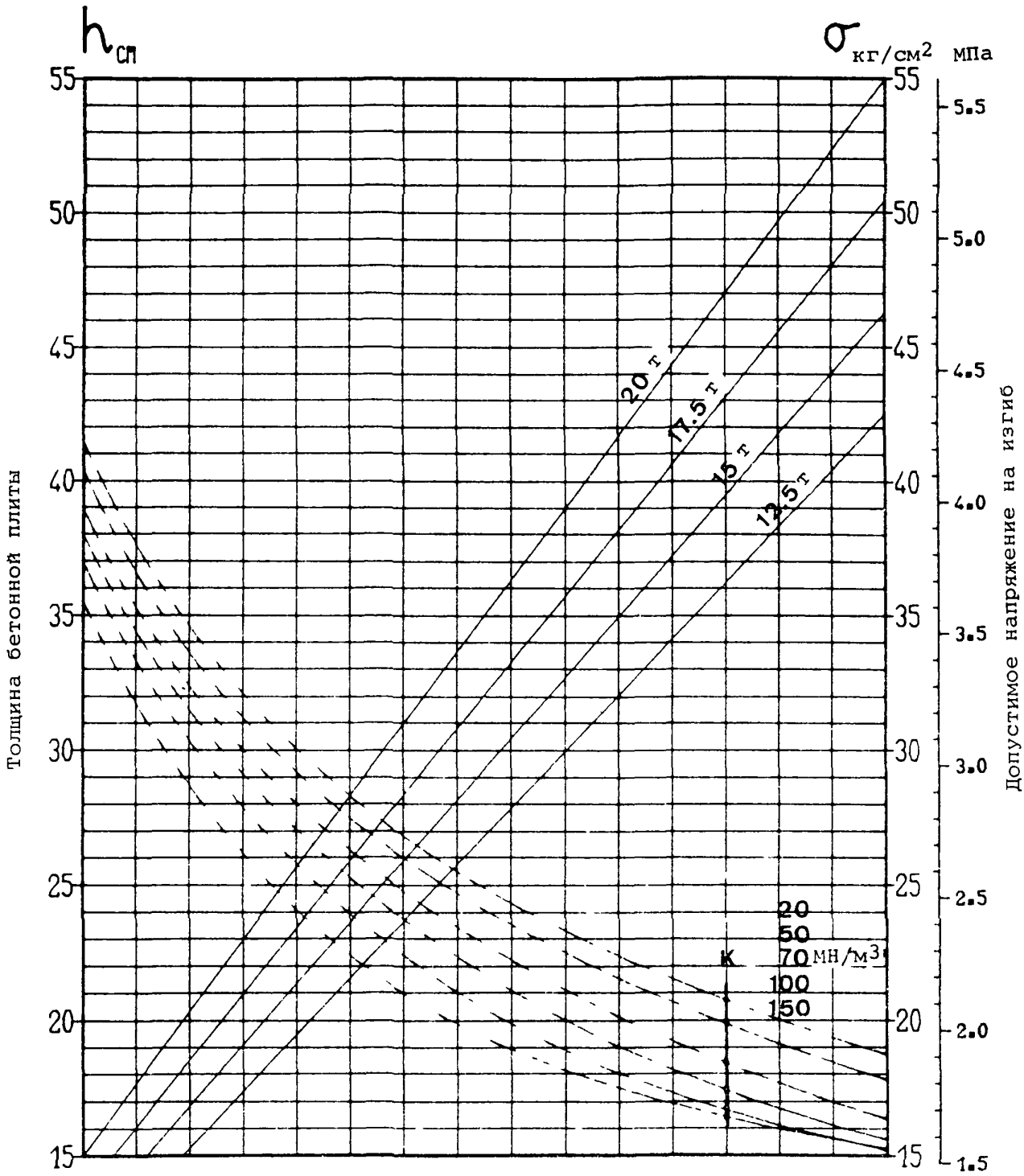


Рис. 4-19. Жесткое покрытие - типовая опора шасси - одиночное изолированное колесо. Нагрузки от 10 до 25 тонн

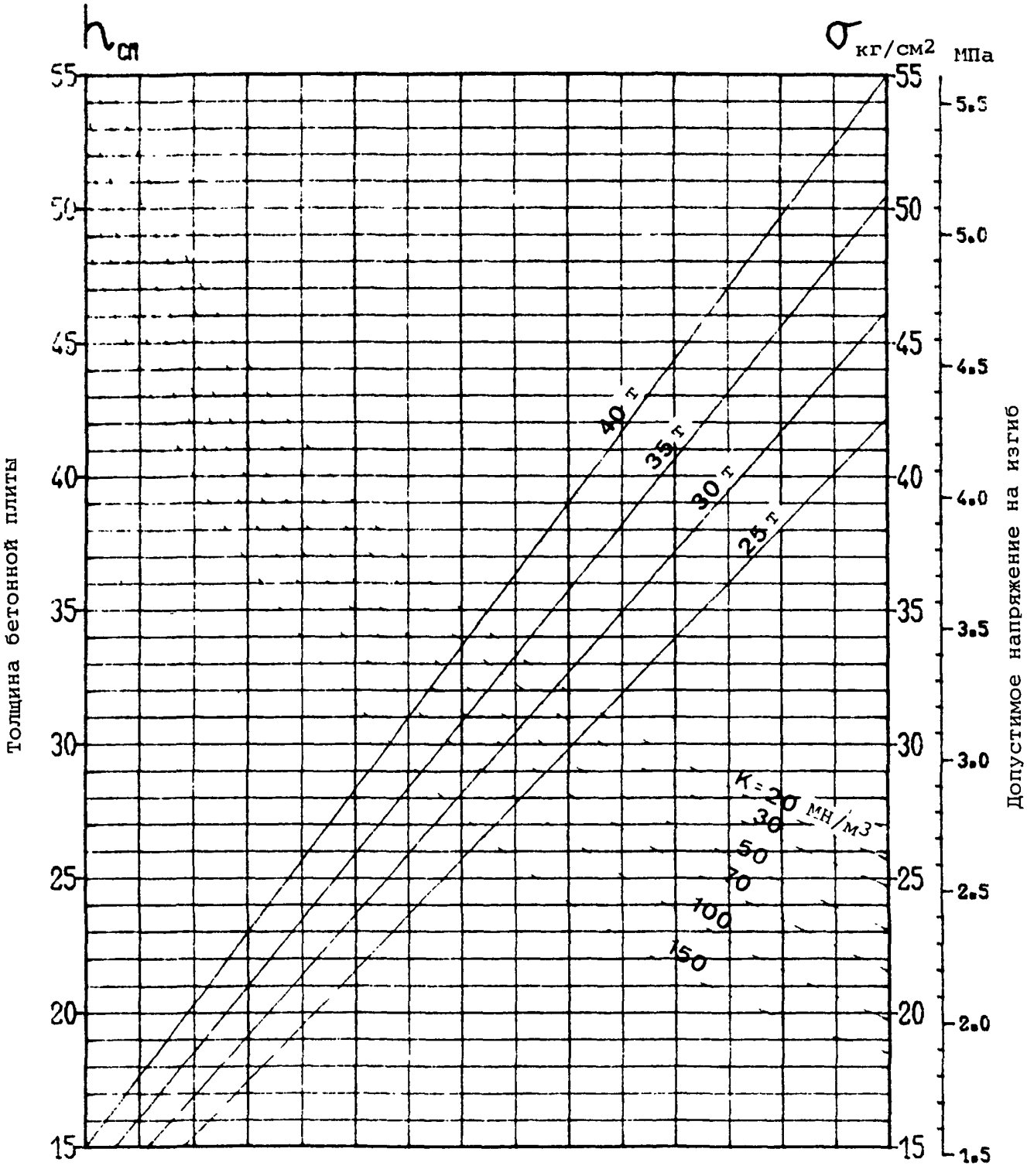


Рис. 4-20. Жесткое покрытие - типовая опора шасси - одиночное изолированное колесо
Нагрузки более 25 тонн

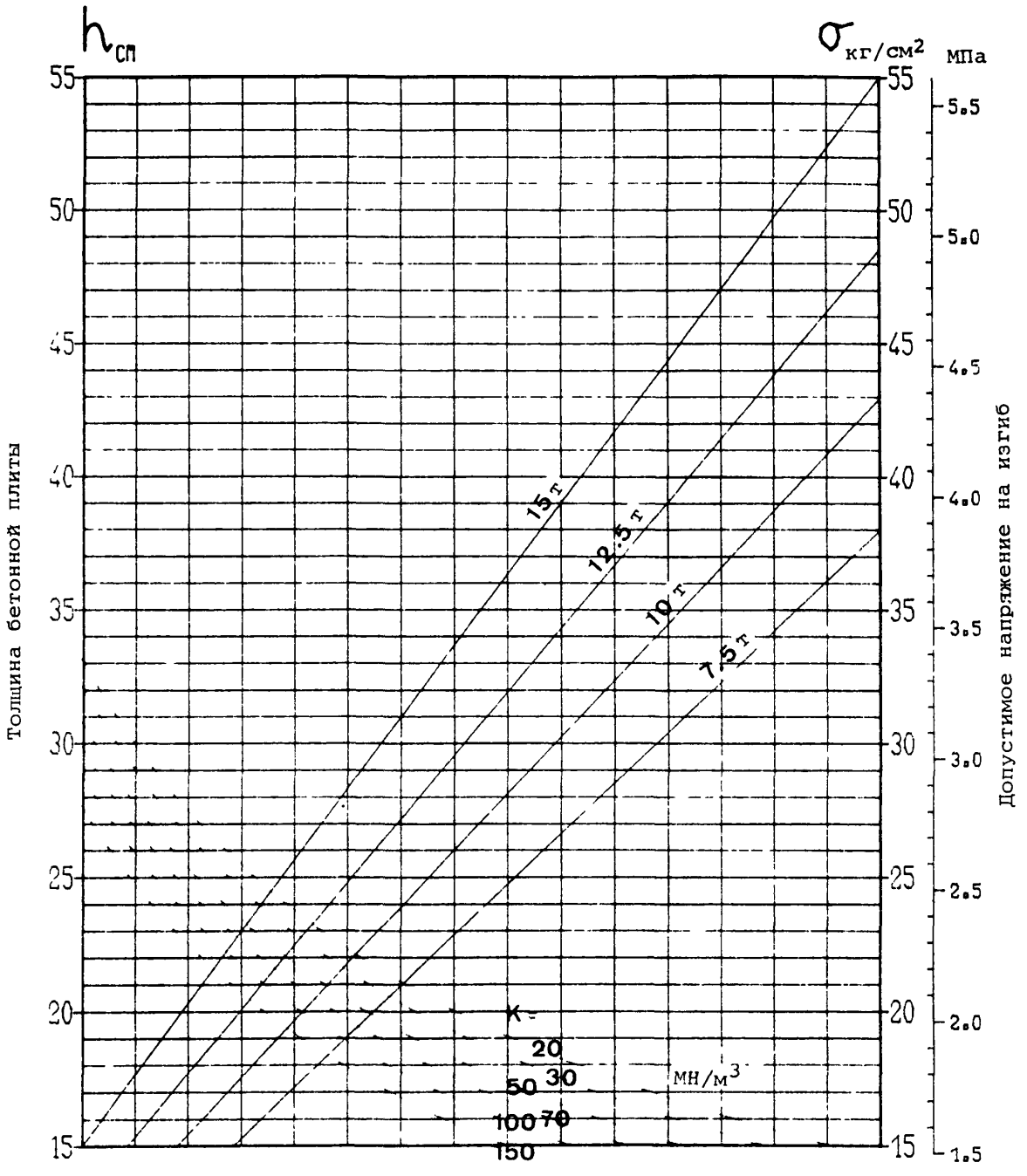


Рис.- 4-21. Жесткое покрытие - типовая опора шасси - спаренные колеса
Нагрузки менее 15 тонн

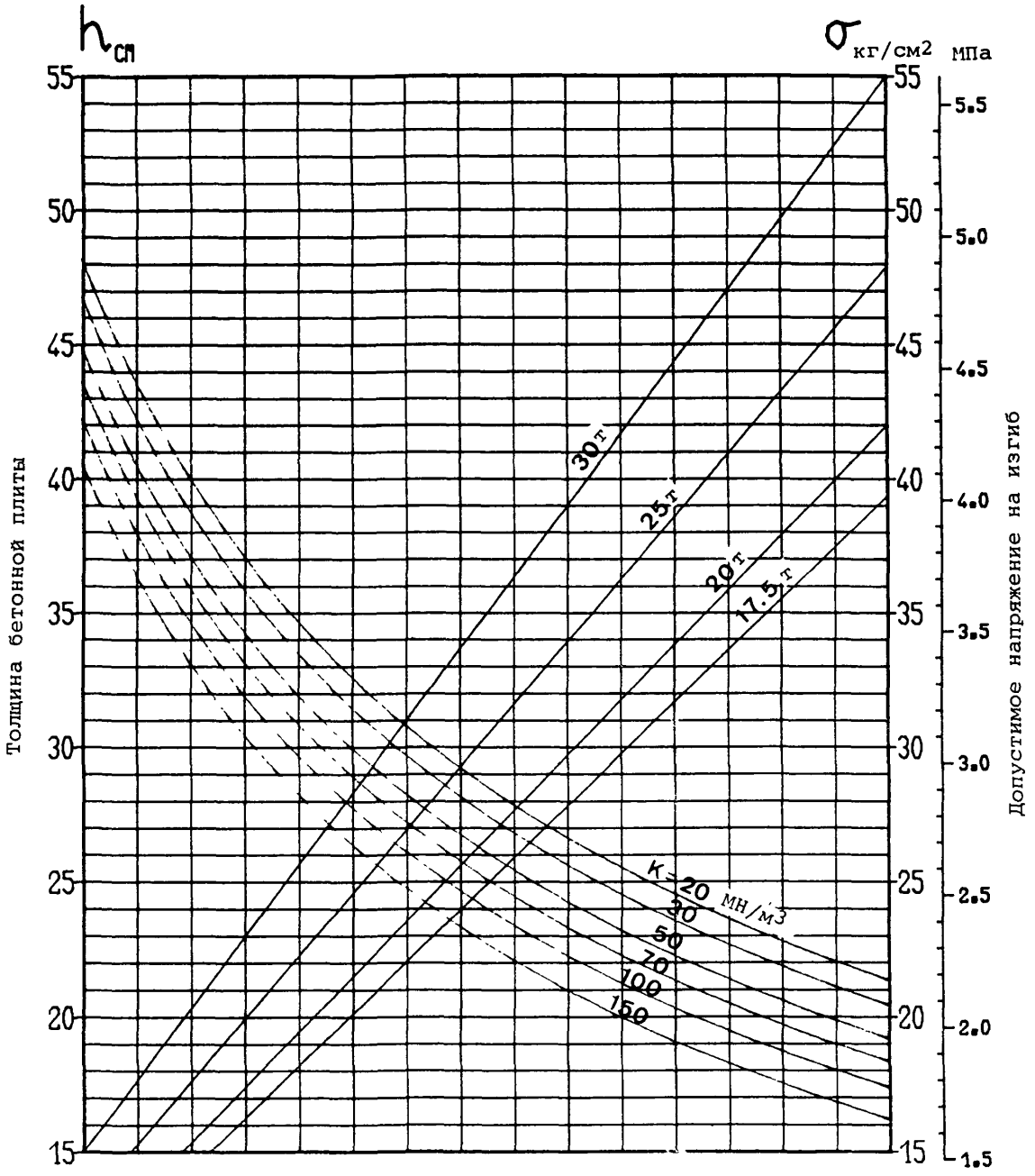


Рис. 4-22. Жесткое покрытие - типовая опора шасси - спаренные колеса
Нагрузки от 15 до 32,5 тонны

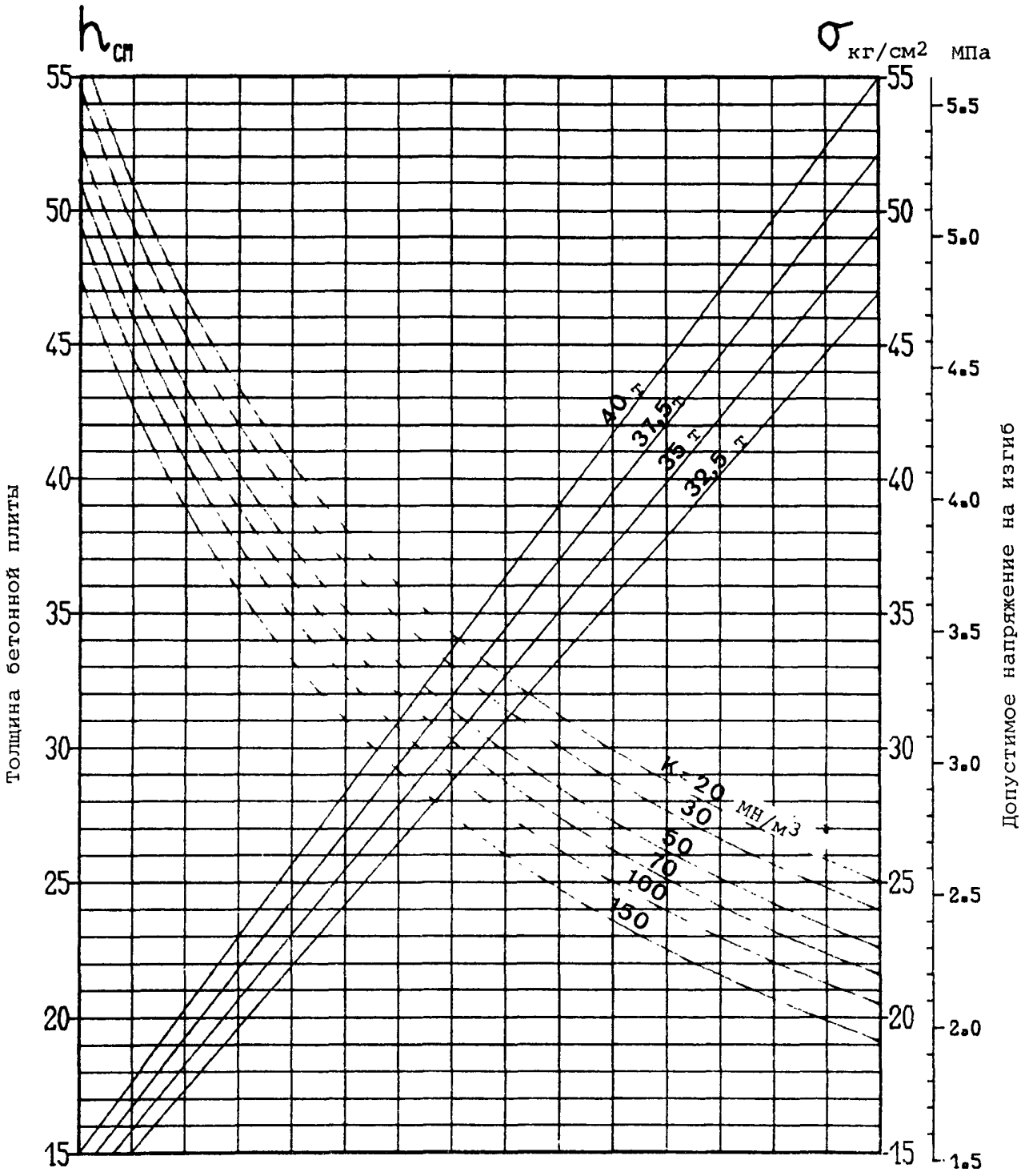


Рис. 4-23. Жесткое покрытие - типовая опора шасси - спаренные колеса
Нагрузки более 32,5 тонны

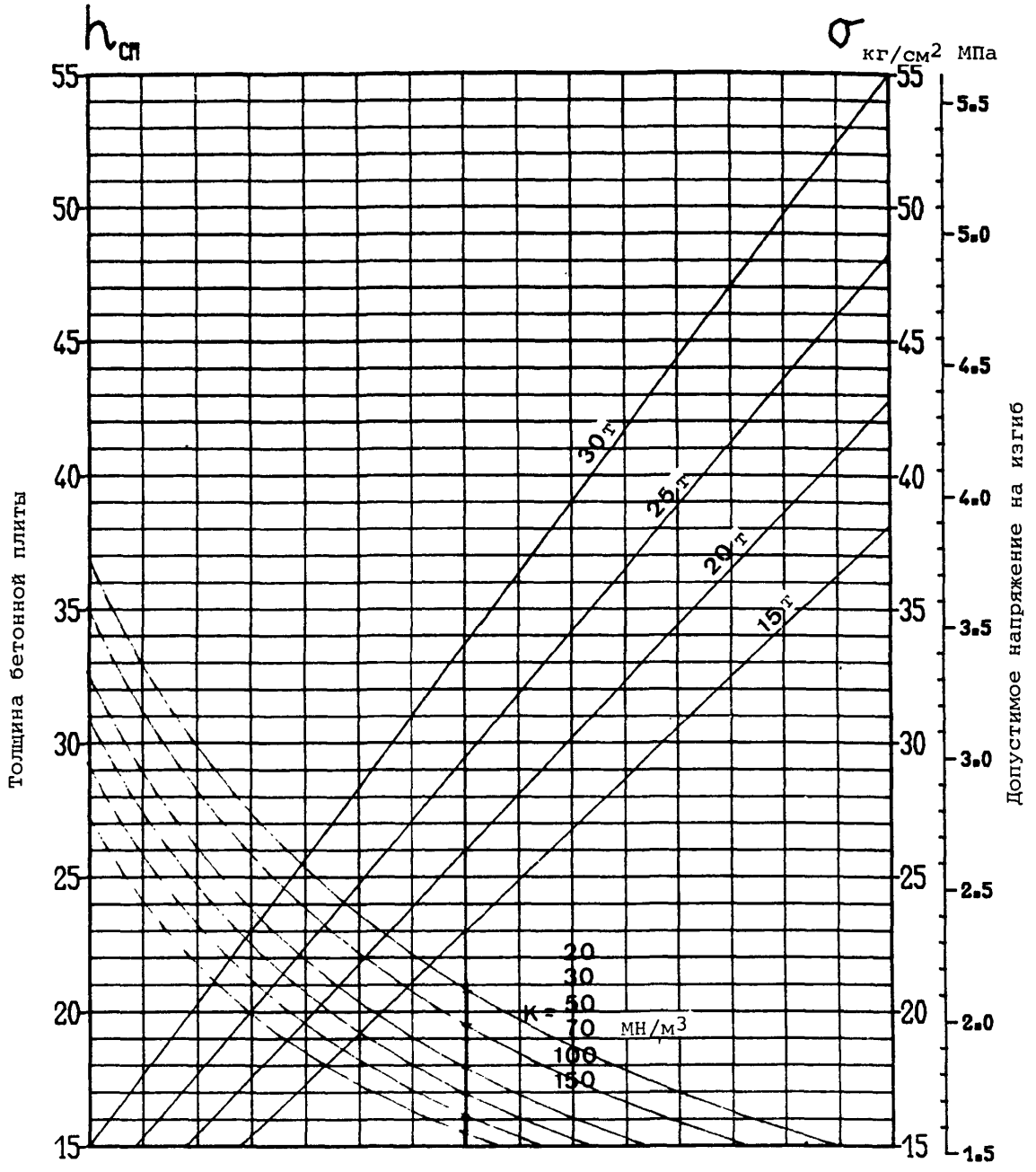


Рис. 4-24. Жесткое покрытие - типовая опора шасси - четырехколесная тележка
Нагрузки от 15 до 30 тонн

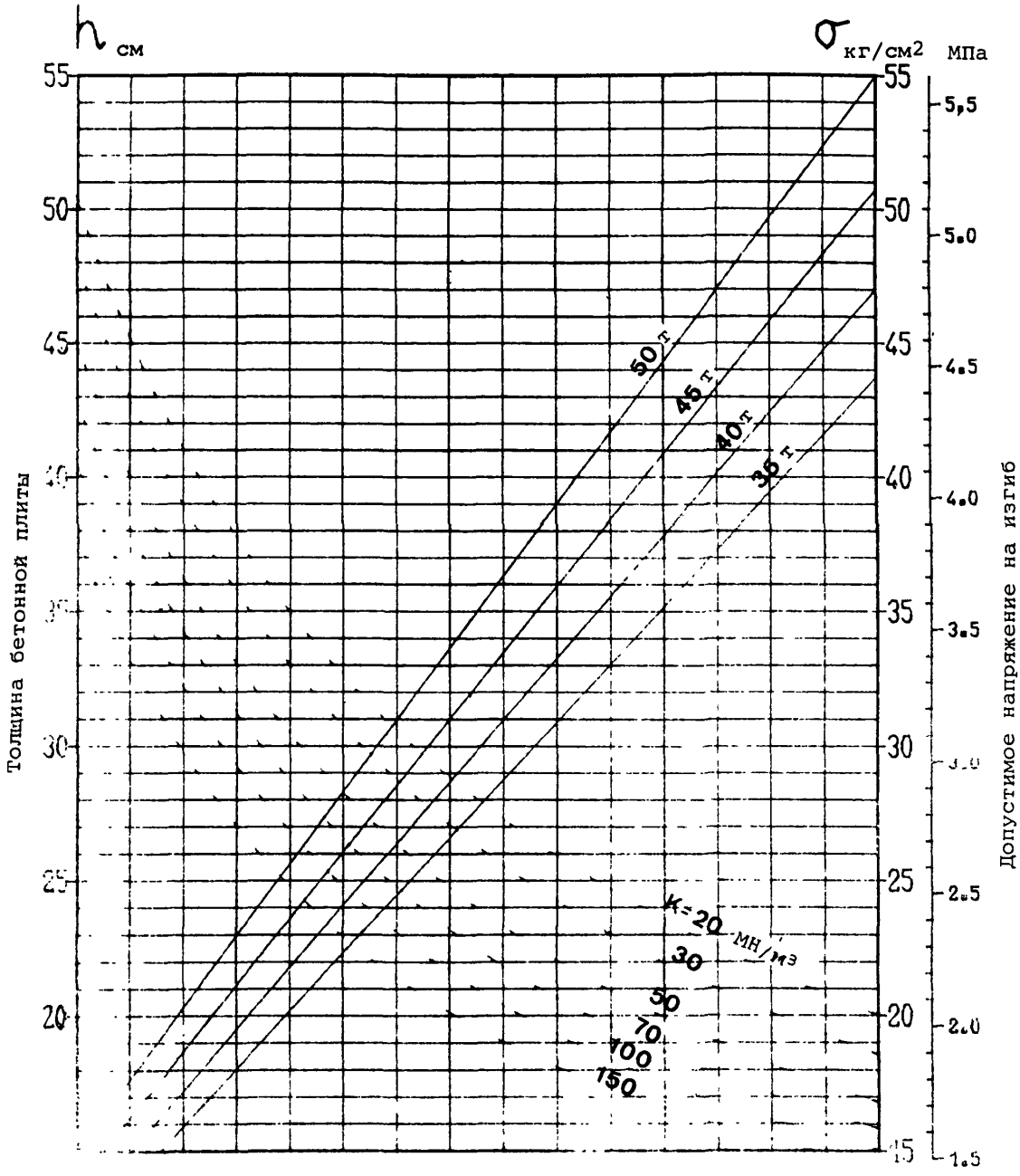


Рис. 4-25. Жесткое покрытие - типовая опора шасси - четырехколесная тележка
Нагрузка от 30 до 55 тонн

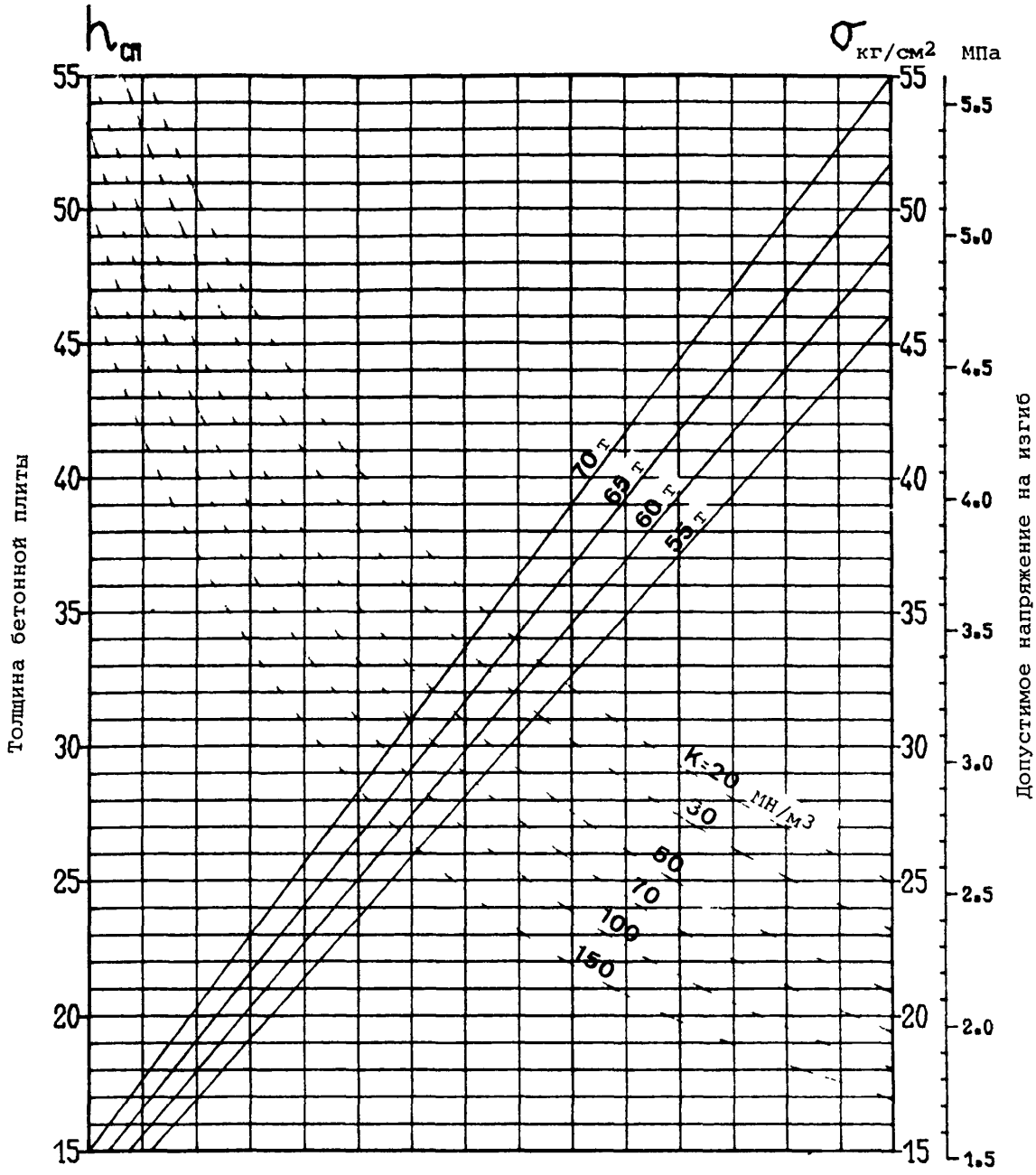


Рис. 4-26. Жесткое покрытие - типовая опора шасси - четырехколесная тележка
Нагрузки от 55 до 75 тонн

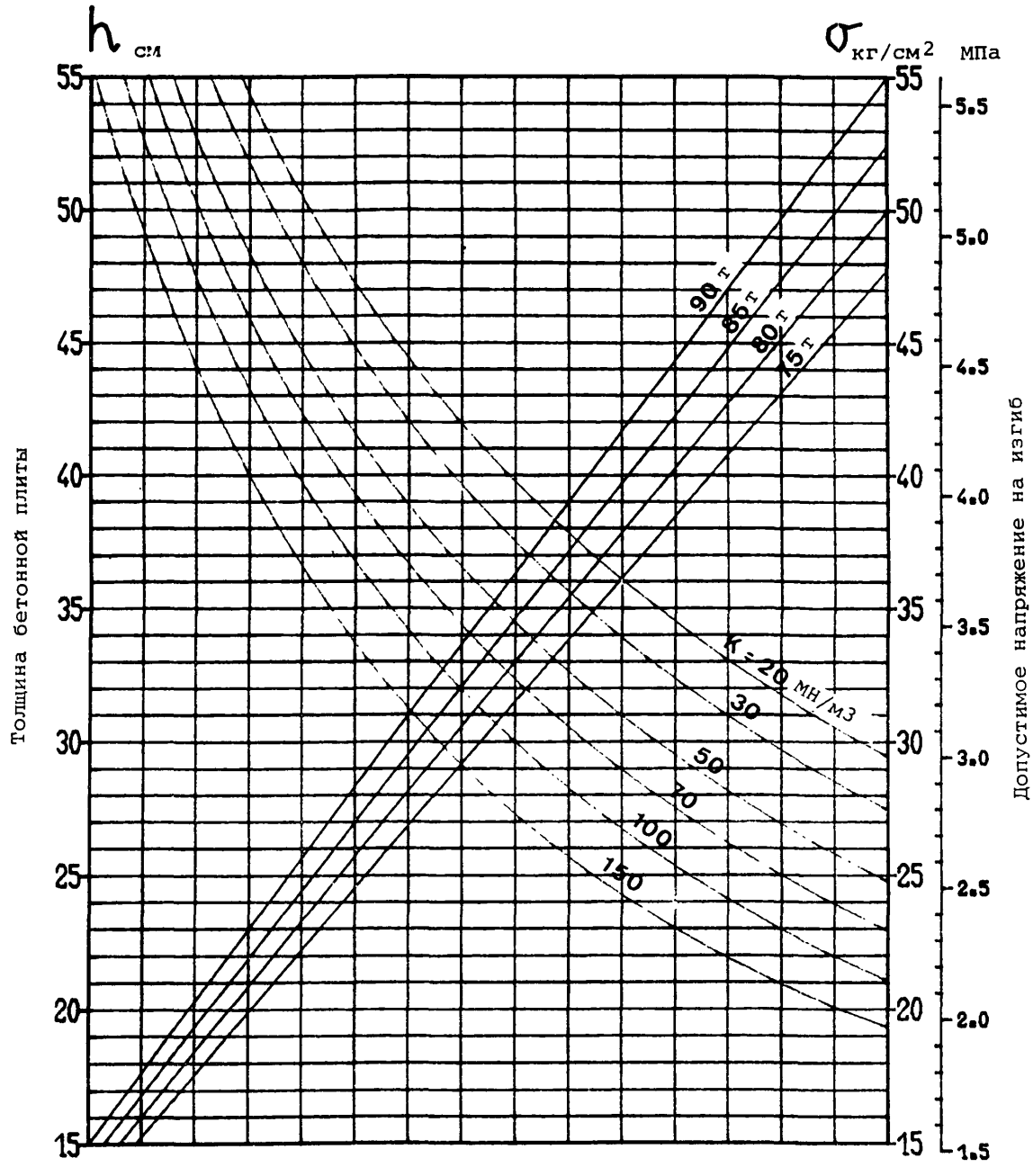


Рис. 4-27. Жесткое покрытие - типовая опора шасси - четырехколесная тележка
Нагрузка более 75 тонн

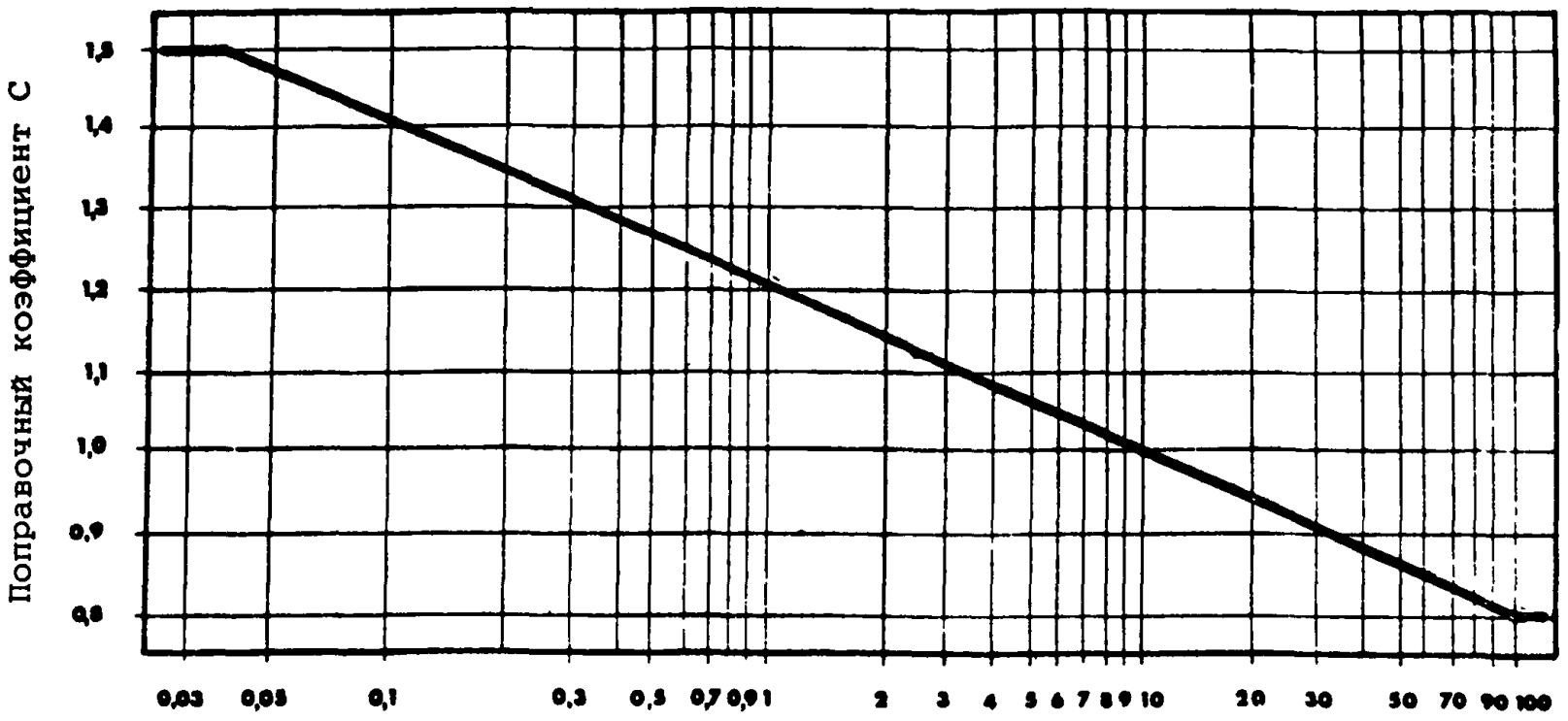


Рис. 4-28. Коррекция расчетной нагрузки в зависимости от интенсивности движения воздушных судов.

$$\left[\text{Скорректированная нагрузка} = \frac{\text{Фактическая нагрузка}}{C}\right]$$

4.2.6 Оптимизированный расчет

4.2.6.1 Принцип. Метод оптимизированного расчета дает возможность рассчитывать покрытие в отношении нескольких типов воздушных судов при различных темпах взлетно-посадочных операций. Этот метод имеет преимущество в том, что фактические операции для каждой рассматриваемой фактической нагрузки могут преобразовываться в эквивалентные операции при той же самой эталонной нагрузке. Поэтому можно сравнивать относительное влияние различных воздушных судов. В связи с этим на практике метод оптимизированного расчета используется в тех случаях, когда необходимо рассматривать несколько типов воздушных судов, создающих приблизительно одни и те же напряжения (например, на крупных аэродромах), а также для целей предоставления допусков (см. п. 2.2.2.2 и п. 4.2.8). Подробные прогнозы движения в соответствии с типом воздушных судов служат в качестве основы для расчета. С учетом того, что иногда трудно получить точные данные (в частности, для фактических нагрузок), рекомендуется выполнять два вычисления, т.е. одно вычисление, предполагающее небольшой объем движения, и другое вычисление - большой объем движения для оценки точности различных параметров и пределов погрешности при вычислениях. Может выбираться любой срок службы покрытия (см. п. 4.2.6.2). Оптимизированный расчет учитывает точное количество фактических взлетно-посадочных операций каждого воздушного судна для ожидаемого срока службы покрытия. В противоположность методу общего расчета при оптимизированном расчете не существует минимального допущения (1 операция/день или 3650 операций в течение десяти лет): рассчитываемое покрытие лучше отражает изменения в движении воздушных судов.

4.2.6.2 Срок службы покрытия. Срок службы покрытия (см. определение в п. 4.2.1.1) обычно выбирается на основе приводимой ниже таблицы:

СРОК СЛУЖБЫ ПОКРЫТИЯ		
	- аэродромы с небольшим объемом движения	- аэродромы с интенсивным движением
Конструкция	- ненадежные прогнозы движения	- надежные прогнозы движения
Нежесткая	5 - 10 лет	10 лет
Жесткая	жесткая конструкция не рекомендуется	10 - 20 лет

Обычно принимается период в 10 лет, который соответствует наиболее широко используемому на практике. Метод оптимизированного расчета учитывает количество фактических операций на протяжении постоянного срока службы покрытия. Поэтому для срока службы покрытия может выбираться любой срок.

4.2.6.3 Определение толщины покрытия

a) Требуемые данные

- Прогнозы интенсивности (для метода, используемого для установления этих данных, см. п. 4.2.1.1).
- Величина CBR природного грунта (нежесткие покрытия).
- Модуль реакции грунтового основания k и допустимое напряжение бетона на изгиб (жесткие покрытия).

b) Метод вычисления. Вычисление заключается в применении "метода итерации", который позволяет проверить целостность конструкции

в условиях ожидаемого движения относительно последовательных значений толщин:

Этап 1. Устанавливается первоначальная толщина.

Этап 2. Вычисляется эквивалентное движение ожидаемого фактического движения, равное числу эквивалентных операций допускаемой нагрузки P_O испытываемой конструкции. Общее число операций, составляющее эквивалентное движение, может объединяться в одном вычислении в соответствии с образцом, показанным на рис. 4-29.

Этап 3. В зависимости от того, является ли результат меньше или больше 36 500 эквивалентных операций, повторяются этапы 1 и 2 с меньшей или большей толщиной соответственно пока не определится толщина, при которой эквивалентное движение равно или, по возможности, совпадает с 36 500 эквивалентными операциями.

c) Практическое вычисление. Таким путем вычисляют толщину покрытия, требуемую для максимальной ожидаемой массы воздушного судна, как для наиболее критического, принимая во внимание количество фактических операций, ожидаемых при этой массе, и допуская, что это будет единственное воздушное судно, использующее исследуемое покрытие. Полученная таким способом максимальная толщина плюс еще несколько сантиметров обычно составляет первоначальную толщину, которая почти соответствует окончательному значению. Значения некоторых воздушных судов можно не принимать в расчет при увеличении толщины покрытия в итерациях (как только P/P_O будет меньше 0,8). Они могут исключаться из таблиц, что упрощает вычисление. Минимальные приращения в итерациях составляют обычно 1 см для жестких покрытий и от 1 до 2 см для нежестких покрытий, что дает максимальную точность, которую можно ожидать от оптимизированного расчета.

1	2	3	4	5	6	7
Воздушное судно	Фактические нагрузки	Допустимые нагрузки	$R = P/P_0$	C_p	Фактические операции	Эквивалентные операции
Воздушное судно 1	$P_1,1$	$P_o,1$	$R_1,1$	$C_{p1},1$	$N_1,1$	$N'_1,1$
	P_1,n_1		R_1,n_1	C_{p1},n_1	N_1,n_1	N'_1,n_1
Воздушное судно 2	$P_2,1$	$P_o,2$	$R_2,1$	$C_{p2},1$	$N_2,1$	$N'_2,1$
	P_2,n_2		R_2,n_2	C_{p2},n_2	N_2,n_2	N'_2,n_2
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Воздушное судно M	$P_m,1$	P_o,m	$R_m,1$	$C_{pm},1$	$N_m,1$	$N'_m,1$
	P_m,n_m		R_m,n_m	C_{pm},n_m	N_m,n_m	N'_m,n_m
			Общее эквивалентное движение			$\sum N'$ i, j

1) Рассматриваемое воздушное судно. Две модели одного и того же воздушного судна должны считаться различными, если характеристики их шасси отличаются (количество колес, размер, давление).

2) Фактические нагрузки P, рассматриваемые для каждой модели.

3) Допустимые нагрузки Po, вычисленные с помощью графиков "Нежесткое покрытие" и "Жесткое покрытие" соответственно (см. добавление 3). Если не имеется графиков для рассматриваемого воздушного судна, используют график для воздушного судна с наиболее близкими характеристиками.

4) Взаимосвязь величины R фактической нагрузки P с допустимой нагрузкой Po. Эта взаимосвязь не должна превышать 1,2 для перронов и 1,5 для других покрытий (однако рекомендуется, чтобы эта величина не превышала 1,2).

5) Весовой коэффициент Cp, вычисленный либо с помощью рис. 4-30, либо с помощью формулы:

$$Cp = 10^{5(R-1)} \qquad [2]$$

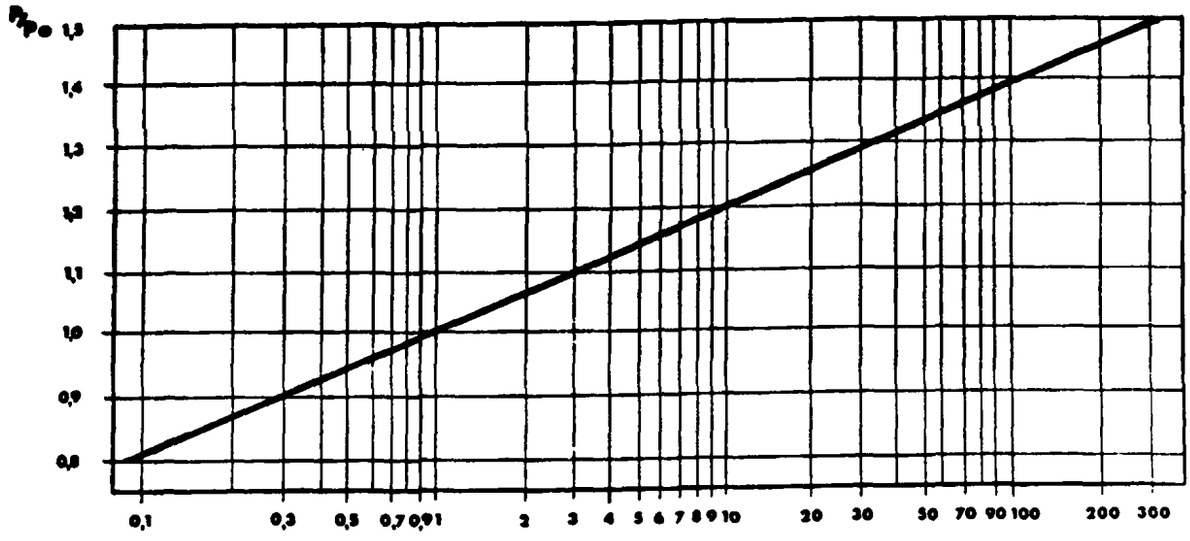
6) Общее число N фактических операций для воздушного судна на протяжении ожидаемого срока службы покрытия.

7) Число N' эквивалентных операций по отношению к фактическим операциям, вычисленное с помощью формулы:

$$N' = Cp \times N \qquad [3]$$

Общее эквивалентное движение получается прибавлением количества эквивалентных операций в колонке (7).

Рис. 4-29. Вычисление общего эквивалентного движения



Весовой коэффициент для взлетно-посадочных операций воздушных судов

Рис. 4-30. Эквивалентное движение воздушных судов

Замечания

Метод оптимизированного расчета может использоваться в целях, отличных от вычисления толщин, например, для:

1) предоставления допусков (см. п. 2.2.2.2 и п. 4.2.8); и

2) оценки потенциала остающегося срока службы покрытия (путем сравнения общего эквивалентного движения и эквивалентного движения в прошлом для существующего покрытия).

4.2.7 Промерзание

4.2.7.1 Рекомендуется, чтобы конструкции испытывались на влияние промерзания-оттаивания следующим образом:

а) Классификация грунтов в соответствии с подверженностью промерзанию. Для указания подверженности грунтов промерзанию используется классификация центральной лаборатории дорожных ведомств* (министерство транспорта, Франция).

* Сокращенно LCPC

b) Определение глубины промерзания. Глубина промерзания определяется путем использования модифицированного метода Бергрена, приспособленного для случая многослойного покрытия. Показатели промерзания и термические параметры определяются тем же способом, который применяет лаборатория LCPC.

c) Защита покрытия от промерзания. Существуют следующие три возможных уровня защиты от промерзания:

1) Абсолютная защита. Защита от промерзания рассчитана так, чтобы обеспечить, чтобы глубина промерзания, определенная для исключительно суровой зимы, не могла достичь слоев грунта, которые могут быть подвержены промерзанию.

2) Высокий уровень защиты. Тот же принцип, что и в отношении обеспечения абсолютной защиты, но глубина промерзания рассчитана не для исключительно суровой зимы.

3) Низкий уровень защиты. Признается, что в условиях суровой зимы промерзание может проникать на несколько сантиметров в слои покрытия или в подверженный промерзанию грунт. Допустимая глубина промерзания зависит, главным образом, от индивидуального случая и будет определяться путем консультации с администрацией аэродрома. В приводимой ниже таблице для информации приводятся рекомендуемые уровни защиты от промерзания:

КАТЕГОРИЯ АЭРОДРОМА	ПРИРОДНЫЙ ГРУНТ	
	Однородный	Неоднородный
КРУПНЫЕ И СРЕДНИЕ АЭРОДРОМЫ*		
ВПП и рулежные дорожки	H	T
Перроны	H	H
НЕБОЛЬШИЕ АЭРОДРОМЫ**		
ВПП и рулежные дорожки	H	H
Перроны	L	L
МАЛЫЕ АЭРОДРОМЫ***		
ВПП и рулежные дорожки	L	L
Перроны	L	L

Защита T - абсолютная H - высокий уровень L - низкий уровень

* - ежегодное движение превышает 200 000 пассажиров

** - ежегодное движение составляет от 50 000 до 200 000 пассажиров

*** - ежегодное движение менее 50 000 пассажиров

4.2.8 Допустимые нагрузки

4.2.8.1 Определение допустимых нагрузок для существующих покрытий является двусторонней проблемой процесса расчета. Практически этот заголовок охватывает три вида вопросов, а именно:

a) в отношении определенного покрытия вопрос заключается в том, как давать информацию о его несущей способности в виде его характеристик;

b) и, наоборот, каким образом, исходя из этой информации (которая установлена искусственным способом), можно определить допустимую нагрузку для каждого воздушного судна;

c) при каких условиях следует делать допуски, если фактические нагрузки превышают допустимые нагрузки.

Кроме того, во Франции применяются две системы публикации информации о несущей способности ВПП, т.е.:

- метод, основанный на типовой опоре шасси, до сих пор применяемый во Франции;
- метод ACN-PCN.

4.2.8.2 В этом разделе ставится цель:

a) изложить каждый из двух методов и условия, в которых они используются;

b) определить временные меры, принятие которых вызвано одновременным использованием двух методов; и

c) показать процесс вычисления, используемый при принятии решения, если необходимы допуски.

4.2.8.3 Представление информации о несущей способности ВПП

a) Метод, основанный на типовой опоре шасси. Поскольку на практике все современные воздушные суда оборудуются шасси по схемам с одним колесом, со спаренными колесами или с четырехколесными тележками, максимально допустимая нагрузка на каждое покрытие будет определяться для каждого из трех типовых шасси на основе десяти взлетно-посадочных операций в день на протяжении десяти лет.

Пример: 20 т в отношении одиночного колеса, 35 т в отношении спаренных колес и 50 т в отношении четырехколесной тележки символически выражаются следующим образом:

20 T/SWL - 35 T/DW - 50 T/DTW

Характеристики типовых опор шасси выбираются из наиболее критических характеристик шасси современных воздушных судов (см. п. 4.2.2).

Этот метод определения допустимых нагрузок имеет недостаток, проявляющийся в неучете вариаций, которые фактически существуют в пределах той же самой категории шасси. Например, если колея четырехколесных тележек или давление в пневматике отличаются от параметров колеи и давления в пневматике типового шасси, влияние на покрытие будет существенно отличаться для той же самой массы воздушного судна. В связи с этим, строго говоря, допустимую нагрузку в соответствии с типом воздушного судна следует устанавливать для конкретного покрытия. Очевидно, этот метод не может применяться на практике. Однако в тех случаях, когда такое точное вычисление оправдано (например, в целях предоставления допусков), точные характеристики шасси учитываются таким образом, чтобы при таком вычислении не лишать определенные воздушные суда преимуществ, которые они имеют на основе конструкции их шасси.

b) Метод ACN-PCN

Примечание. Этот метод изложен в Приложении 14 и в главе 1 настоящего Руководства.

4.2.8.4 Выбор метода. Метод ACN-PCN вступил в силу для сборников аэронавигационной информации (AIP) 26 ноября 1981 года и постепенно заменяет метод, основанный на типовой опоре шасси.

a) Существующие покрытия

- Окончательное значение PCN будет опубликовано после полной оценки покрытий в условиях, изложенных в разделе 4.2.9, и оно заменит опубликованные значения, основанные на типовой опоре шасси.

- Временное значение PCN будет опубликовано до проведения оценки вместе с существующим методом сообщения данных, основанным на типовой опоре шасси.

b) Усиленные покрытия

Окончательное значение PCN будет опубликовано после полного усиления покрытия; это значение заменит опубликованные величины, основанные на типовой опоре шасси для старого покрытия.

c) Новые покрытия

- Окончательное значение PCN будет опубликовано для новых покрытий.

Замечание. В районах, подверженных резко выраженным сезонным климатическим колебаниям, несущая способность грунтового основания может значительно меняться в течение года. Это может потребовать публикования двух групп значений PCN, одного - для сухого и одного - для влажного сезона.

4.2.8.5 Вычисление значений для публикования

a) Требуемые данные. Данные, требуемые для публикации информации о несущей способности покрытия, указывают:

- общую эквивалентную толщину и величину CBR грунтового основания для нежестких покрытий;

- толщину плиты, допустимое напряжение на изгиб, модуль реакции грунтового основания k для жестких покрытий.

Такие данные получают в случае:

- старых покрытий: из оценки несущей способности в условиях, изложенных в п. 4.2.9;

- усиленных покрытий: из оценки несущей способности до усиления и из характеристик, принятых при расчете усиления;

- новых покрытий: из характеристик, принятых для расчета, с учетом возможных поправок фактического сооружения.

b) Вычисления

- Метод, основанный на типовой опоре шасси. Допустимую нагрузку Po для типовой опоры шасси получают путем использования метода обратного расчета, который включает определение из графиков или формул нагрузки в виде характеристик грунтового основания и покрытия.

- Метод ACN-PCN. Определение величины PCN является длительной и сложной процедурой. Вычисление включает следующие последовательные этапы:

Этап 1. Составление списка воздушных судов, использующих или которые, вероятно, будут использовать рассматриваемое покрытие.

Этап 2. Вычисление с помощью метода обратного расчета допустимой величины Poi различных воздушных судов в виде характеристик грунтового основания и покрытия.

Этап 3. Вычисление для каждой типовой категории грунта величины ACN, которая соответствует допустимой нагрузке Poi. Затем в каждой категории рассматривают величину PCN, которая находится между полученными максимальными и минимальными величинами ACN. Величина PCN выражается двумя значащими цифрами.

Этап 4. Поиск среди пар (категория грунта, величина PCN) величины, которая даст допустимые нагрузки P'oi, являющиеся наиболее близкими к величине Poi.

Обычно вычисление приводит к выводу категории грунтового основания, которое содержит величину CBR или модуль k рассматриваемого покрытия. Но может быть получена соседняя категория грунтового основания, определенная таким образом классификация должна истолковываться как "в пределах значения метода ACN-PCN".

c) Четырехбуквенный код, который следует после величины PCN, выбирается следующим способом:

- тип покрытия: классификация устанавливается согласно критериям п. 4.2.1.1;

- категория несущей способности грунтового основания: получается одновременно с величиной PCN приведенным выше вычислением;

- максимально допустимое давление в пневматике: обычно будут принимать код W (без ограничения по величине давления). Код X (давление ограничивается 1,5 МПа) принимается в тех случаях, когда имеется доказанная опасность повреждения поверхности.

- метод оценки: величина PCN вычисляется после полной оценки: обычно принимается код T. Код U может применяться в целях временной публикации величины PCN покрытия, для которого не существует надежных результатов, полученных в ходе подробного исследования, и поведение которого оценено на основе его способности принимать существующий объем движения.

Замечания: 1. Для ВПП, на которой может быть определено несколько однородных зон несущей способности покрытия, публикуемые величины являются наименьшими величинами, полученными для всей зоны покрытия.

2. Если в зоне предстоит выполнить снижение нормальной расчетной нагрузки (см. п. 4.2.2.2), при вычислении допустимых нагрузок также используется взвешивание.

4.2.8.6 Использование опубликованных величин

a) Определение допустимых нагрузок:

1) Метод ACN-PCN. Допустимая нагрузка Po воздушного судна вычисляется на основе опубликованной величины PCN в соответствии с зависимостью:

$$Po = m + (M - m) \cdot \frac{PCN - \min ACN}{\text{макс ACN} - \text{мин ACN}} \qquad [4]$$

макс. величина ACN — величина ACN, соответствующая максимальной массе*

мин. величина ACN — величина ACN, соответствующая минимальной массе (эксплуатационная масса пустого воздушного судна)

* См. добавление 5, таблицу 5-1

2) Метод типовой опоры шасси. Допустимая нагрузка Ро на опору шасси рассматриваемого воздушного судна является нагрузкой, которая публикуется в отношении соответствующей типовой опоры шасси.

Замечание. Когда имеется покрытие, для которого публикуется либо нагрузка на типовую опору шасси, либо величина PCN, принимают наивысшую полученную величину, используя тот или иной метод.

b) Использование допустимых нагрузок:

- если фактическая нагрузка Р меньше допустимой нагрузки Ро, то не существуют ограничения (нагрузка, число взлетно-посадочных операций) для рассматриваемого воздушного судна в диапазоне полного усталостного предела покрытия;

- если фактическая нагрузка Р превышает нагрузку Ро, то должны быть выполнены специальные исследования, которые могут иметь следующие результаты для рассматриваемого воздушного судна:

- нет ограничений;

- ограниченные операции* (в отношении массы или числа взлетно-посадочных операций при снижении требования);

- отказ в приеме воздушного судна.

Пример

Определение величины PCN нежесткой ВПП со следующими характеристиками:
общая эквивалентная толщина e = 70 см

CBR грунтового основания CBR = 8

Покрытие принимает почти исключительно самолеты B-727-200, Стандарт, Аэробус A-300 B2, B-747-100.

Решение

Этап 1. Грунтовое основание может классифицироваться по категории B (средняя несущая способность), а также по категории C (низкая несущая способность). Затем эти две категории будут проверены в последующем расчете.

* См. п. 2.2.2.2 в отношении инструктивного материала по этому вопросу.

Этап 2. Расчет допустимых нагрузок, основанный на практике Франции (используйте графики в добавлении 3):

Воздушное судно	Нагрузка на каждую основную опору шасси	Процент полной массы на каждую основную опору шасси	Общая масса
A-300 B2	66 т	46,5	142 т
B-727-200 (Стандарт)	39 т	46,4	84 т
B-747-100	76 т	23,125	329 т

Этап 3. Вычисление величины ACN, соответствующей допустимой нагрузке, определенной для каждого воздушного судна.

КАТЕГОРИЯ B

A-300 B2 $ACN = 23^{*} + (45 - 23) \cdot \frac{142\,000 - 85\,690}{142\,000 - 85\,690} = 45$

B-727-200 (Стандарт) $ACN = 22 + (43 - 22) \cdot \frac{84\,000 - 44\,293}{78\,471 - 44\,293} = 46$

B-747-100 $ACN = 20 + (50 - 20) \cdot \frac{329\,000 - 162\,703}{334\,751 - 162\,703} = 49$

КАТЕГОРИЯ C

A-300 B2 $ACN = 26 + (55 - 26) \cdot \frac{142\,000 - 85\,690}{142\,000 - 85\,690} = 55$

B-727-200 (Стандарт) $ACN = 24 + (49 - 24) \cdot \frac{84\,000 - 44\,293}{78\,471 - 44\,293} = 53$

B-747-100 $ACN = 22 + (60 - 22) \cdot \frac{329\,000 - 162\,703}{334\,751 - 162\,703} = 59$

Этап 4. Величина PCN, которую необходимо определить, находится в пределах от 45 до 49, если принять категорию B, и между 53 и 59 для категории C. Следует, однако, отметить, что B-727 приемлемо в обоих случаях при нагрузке, превышающей максимальную общую массу. В случае только A-300B2 и B-747-100 выбор ограничивается пределом 55 - 59 для категории C.

*См. добавление 5, таблицу 5-1.

Этап 5. Окончательный выбор делается между средними значениями PCN = 47 и PCN = 57, полученными для категорий B и C, соответственно

	Допустимая нагрузка, выведенная из PCN		"Истинная" допустимая нагрузка	Разница
Категория B - PCN = 47	A-300 B2:	147,2 т	142 т	+ 5,2 т
	B-747-100:	317,5 т	329 т	- 11,5 т
Категория C - PCN = 57	A-300 B2:	145,8 т	142 т	+ 3,8 т
	B-747-100	321,2 т	329 т	- 7,8 т

Разница между допустимыми нагрузками, вычисленными с помощью двух методов, меньше во втором случае.

Этап 6. Опубликование

PCN 57/F/C/W/T

4.2.9 Оценка покрытий

4.2.9.1 Общие положения. Оценка существующих покрытий является обязательным средством обеспечения эффективного использования их потенциала. Оценка предусматривает достижение трех основных целей следующим образом:

a) определение сроков, когда должны быть выполнены операции по техническому обслуживанию или более обширные работы;

b) в период времени, когда такие работы должны быть выполнены - оценка сохранившихся качеств покрытия, чтобы дать возможность определить техническое и экономическое решение и расчет возможного усиления покрытия;

c) определение в то же время типа воздушных судов, которые могут использовать конкретное покрытие, а также их массу и максимальную частоту взлетно-посадочных операций (допустимые нагрузки указаны в п. 4.2.8).

4.2.9.2 Оценка покрытий должна учитывать как конструкционные, так и функциональные характеристики покрытий. Конструкционные характеристики комплекса покрытие/грунтовое основание определяют его несущую способность, то есть его способность воспринимать нагрузки, создаваемые воздушным судном при сохранении целостности конструкции в ходе определенного срока службы. Функциональные характеристики касаются состояния поверхности покрытия и показывают, до какой степени покрытие может безопасно использоваться воздушными судами. Они представляют собой:

a) качество продольного профиля и, в частности, ровность, которая определяет степень вибраций, создаваемых на воздушном судне в ходе послепосадочного пробега;

b) скольжение, которое определяет степень путевой управляемости и торможения воздушного судна; и

a) качество поверхности (крошение, поломка асфальта и т.д.), поскольку дефекты могут повредить воздушное судно (засасывание небольших камней реактивными двигателями, разрывы пневматика).

Кроме того, конструкционные и функциональные характеристики не являются независимыми: так, состояние поверхности может показать возможные дефекты конструкции и, наоборот, неподходящая для движения конструкция вызывает ухудшение поверхности.

4.2.9.3 Оценка покрытий является весьма сложной процедурой, которая требует комплексного рассмотрения группой специалистов следующих элементов:

a) данных о расчете покрытия и подпочве, а также о возможных последующих работах (техническое обслуживание, усиление покрытия и т.д.);

b) исследований аэродромной площадки;

c) климатологических данных (гидрология, грунтовая вода, промерзание и т.д.);

d) визуальных осмотров состояния покрытия, обследования износа и изучения дренажа;

e) различных измерений, которые дают возможность определить некоторые параметры, связанные с характеристиками покрытия (ровность, скольжение, несущая способность покрытия);

f) измерений толщины и качественной оценки слоев покрытия и характеристик грунтового основания.

4.2.9.4 Следующие ниже пункты связаны с оценкой несущей способности покрытия. Цель этой оценки заключается в определении следующих характерных параметров прочности существующего покрытия для представления его текущей несущей способности, которая может непосредственно применяться для определения допустимой нагрузки и любого требуемого усиления покрытия:

a) величина CBR грунтового основания и общая эквивалентная толщина для нежесткого покрытия;

b) модуль реакции грунтового основания k, толщина бетонной плиты и допустимое напряжение на изгиб бетона для жесткого покрытия.

4.2.9.5 Для определения этих параметров могут использоваться два способа:

a) с помощью метода, который является точной обратной последовательностью процесса расчета, так называемый "метод обратного расчета"; и

b) посредством неразрушающих испытаний по методу нагрузочной плиты на поверхности покрытия, которые показывают фактическую допустимую нагрузку в случае одноколесной опоры шасси.

На практике оценка несущей способности покрытия должна выполняться синтезированием результатов этих двух дополняющих друг друга способов.

4.2.9.6 Метод обратного расчета. Цель указанного ранее метода расчета, который использует данные грунтового основания, заключается в определении конструкции покрытия, которое может воспринимать данное движение на протяжении определенного срока службы, при условии, что выполняется "нормальное" техническое обслуживание. И наоборот, поскольку известны характеристики грунтового основания и конструкция покрытия, этот метод дает возможность определить движение, которое может происходить в течение данного времени. Вышесказанное является основой оценки несущей способности покрытия с помощью метода обратного расчета. Однако в том случае, когда этот метод используется сам по себе, встречаются существенные трудности при определении параметров конструкции, которые должны учитываться при оценке существующего покрытия и его грунтового основания. Даже если имеются в наличии данные о строительстве покрытия, о техническом обслуживании и выполненных в прошлом работах по усилению покрытия и имевшем место движении, этот метод требует выполнения многочисленных пробных бурений и испытаний покрытия. Кроме того, как правило, будет некоторая неопределенность, касающаяся результатов, из-за трудности оценки некоторых параметров (коэффициенты эквивалентности слоев нежесткого покрытия, передача нагрузок между бетонными плитами и т.д.).

Замечание. Метод обратного расчета может использоваться только для покрытия, которое сконструировано точно (для нежестких покрытий слои должны быть с увеличением качества от нижнего слоя к верхнему и это должно строго соблюдаться).

4.2.9.7 Неразрушающие испытания по методу нагрузочной плиты. В тех случаях, когда дается оценка квалифицированным персоналом, неразрушающие испытания по методу нагрузочной плиты могут непосредственно определять допустимую нагрузку для одиночного колеса в большом количестве точек на нежестком покрытии и допустимую нагрузку в углах плиты в случае жесткого покрытия. Эти испытания являются недостаточными для определения допустимой нагрузки для самолета с многоколесным шасси или для того, чтобы служить в качестве основы для расчета усиления покрытия, и в этом случае должен быть принят метод обратного расчета. Тем не менее, испытания по методу нагрузочной плиты существенно снижают количество разрушающих испытаний, требуемых для применения надежной перекрестной проверки нежестких покрытий и дают возможность оценить качество передачи нагрузки в случае жестких покрытий, как это объясняется в следующем пункте.

4.2.9.8 Программа испытаний для оценки несущей способности покрытия. Количество требуемого оборудования зависит от конкретной цели и от объема уже известных сведений о покрытии:

a) если покрытие является старым и мало известно о его характеристиках, должно использоваться все указанное ниже оборудование;

b) если покрытие сооружено недавно и имеются соответствующие записи или оно уже было предметом всеобъемлющей оценки указанного выше типа и должны быть определены только изменения несущей способности, как правило, достаточно провести неразрушающие испытания по методу нагрузочной плиты. Это также применимо к покрытию, которое прошло полную оценку после выполнения работы по его усилению, в тех случаях, когда проверяются результаты такой работы.

Следующие пункты связаны с первым случаем, то есть с полным исследованием.

4.2.9.9 Определение однородных зон

a) Первый этап исследования имеет целью определение зон, конструкция и состояние которых являются идентичными, и оценку их однородности с целью уменьшения количества других испытаний, необходимых для определения конструкции покрытия. Чтобы сделать более полной информацию, полученную из записей, сначала необходимо выполнить визуальную

инспекцию покрытия, включая обследование и определение степени ее износа, а также инспекцию дренажной системы;

b) в ходе второго этапа может быть использовано следующее оборудование:

для нежестких покрытий: либо дефлектограф Лакруа лаборатории LCPC, либо инфлюограф STBA*;

для жестких покрытий: оборудование для измерения вибраций плит (DMBD) лаборатории LCPC;

c) в заключение , выполняется значительное число неразрушающих испытаний по методу нагрузочной плиты (от 80 до 100 на аэродроме среднего размера), которые дают возможность оценить не только однородность поведения покрытия, как при применении упомянутого выше оборудования, но которые также дают величину допустимой нагрузки для одноколесной опоры в каждой из этих точек.

4.2.9.10 Описание однородных зон. Все упомянутое выше оборудование используется для определения однородных зон на основе их конструкции и поведения. После определения допустимой нагрузки Po для каждой одонородной зоны необходимо выполнить одно или несколько бурений для оценки каждой зоны. Эти бурения выполняются в одной или нескольких точках в местах, где были выполнены испытания по методу нагрузочной плиты, что дает нагрузку Pi, близкую к допустимой нагрузке Po, принятой для этой зоны. Иногда бурения также выполняются в некоторых конкретных точках (например, в тех случаях, когда допустимая нагрузка Pi является, в частности, низкой). Что касается объема, то обычно достаточно от 6 до 12 пробных бурений для аэродрома среднего размера, в зависимости от однородности испытываемых покрытий. Эти пробные бурения должны охватывать зону приблизительно в 1,5 $м^2$ и они выполняются:

a) для определения конструкции покрытия, в частности, толщины слоев, и для проверки качества встречаемых материалов - если необходимо, в лаборатории;

b) для испытания CBR *на месте* или испытаний модуля реакции грунтового основания k в тех случаях, когда это осуществимо; и

c) для измерения влагосодержания и плотности грунтового основания в сухом состоянии и взятия неповрежденных или обработанных образцов для лабораторного анализа и испытания.

4.2.9.11 Толкование и синтез результатов. Результаты испытаний каждой однородной зоны истолковываются в свете данных в отношении покрытия и движения на нем, определения его износа, результатов осмотра дренажной системы и всех выполненных измерений. На практике STBA этот синтез должен выполняться группой специалистов. Перекрестная проверка величин различных измерений позволяет сделать окончательный выбор характеристик, требуемых для вычисления допустимых нагрузок (см. п. 4.2.8).

* STBA: Техническая служба авиационных баз министерства транспорта, Франция.

4.2.10 Усиление покрытий

4.2.10.1 Общие положения. Проблема усиления аэродромных покрытий может возникнуть в том случае, когда зоны маневрирования должны быть приспособлены для удовлетворения будущих требований приема более тяжелых самолетов или в том случае, когда покрытие требует повышения прочности для удовлетворения непосредственных нужд данного движения. На практике часто смешивают эти два вопроса. Усиление покрытия не является единственным решением, но если конкретное покрытие не приспособлено для существующего или будущего движения:

- иногда предпочтительнее построить новое покрытие где-либо в другом месте. Это решение устраняет трудность сохранения уровня движения в ходе работ по усилению покрытия; оно также допускает создание улучшенного слоя, более приспособленного к новым эксплуатационным условиям;

- может быть также принят метод "замены". Он состоит из удаления существующего покрытия и строительства нового покрытия на том же самом уровне. Это решение, которое в отношении ВПП может быть ограничено шириной до 15 м с каждой стороны от осевой линии, исключает проблемы стыкования. Однако из всех возможных решений этот метод является наиболее дорогостоящим.

Приводимый ниже текст касается фактического усиления покрытий; в нем излагается метод определения толщины усиления и рассматриваются некоторые имеющие отношение к этому проблемы, возникающие в ходе строительства.

4.2.10.2 Выбор решения. Слой усиления конкретного покрытия (жесткого или нежесткого) может быть аналогичен существующему покрытию или отличаться от него. Выбор определяется с учетом технических и экономических соображений, ограничений, налагаемых решением эксплуатировать аэропорт во время работ, а также зависит от степени соединения слоя усиления и существующего покрытия.

4.2.10.3 Выбор профиля поперечного сечения. Расходы по усилению ВПП могут быть значительно снижены за счет уменьшения толщины покрытия за пределами ее средней части шириной 30 м и они зависят от совместимости с геометрическими стандартами профиля поперечного сечения. Помимо экономии расходуемых на усиление материалов уменьшение толщины усиливающего слоя с приближением к кромкам ВПП, где в некоторых случаях он может доходить до нуля, также сводит к минимуму или даже исключает необходимость повышения уровня обочин.

4.2.10.4 Толщина нежесткого слоя усиления может быть определена по следующей формуле:

$$e = 3{,}75\ (Fh_t - h) \qquad [5]$$

- в этой формуле e - эквивалентная толщина в соответствии с определением, приведенным в п. 4.2.3.4. Необходимо отметить, что используемые для усиления материалы должны быть, как минимум, того же качества, что и применяемые для подстилающего слоя, т.е. коэффициент эквивалентности должен быть не менее 1;

- h - толщина существующей бетонной плиты;

- h_t - теоретическая толщина новой плиты, которая меньше толщины существующей плиты. Эта толщина вычисляется с учетом допустимого напряжения в бетоне и скорректированного значения k, относящегося к существующей плите;

- F - коэффициент уменьшения толщины h_t; его значение приводится на рис. 4-31 как функция уже упомянутого модуля k (теоретическая толщина бетонной плиты уменьшается, поскольку принимается, что в процессе эксплуатации в плите появятся трещины, что противоречит допущению при расчете плит, применяемых в слое износа);

- эквивалентная толщина слоя усиления должна быть не менее 20 см, если для исправления деформаций не используются особые слои выравнивания. Из-за наличия швов и перемещения плит бетон будет перекрываться слоем материала достаточной толщины для предотвращения появления дефектов на поверхности;

- кроме того, формула [5] применима только к значениям, приводящим к эквивалентной толщине e, превышающей 20 см.

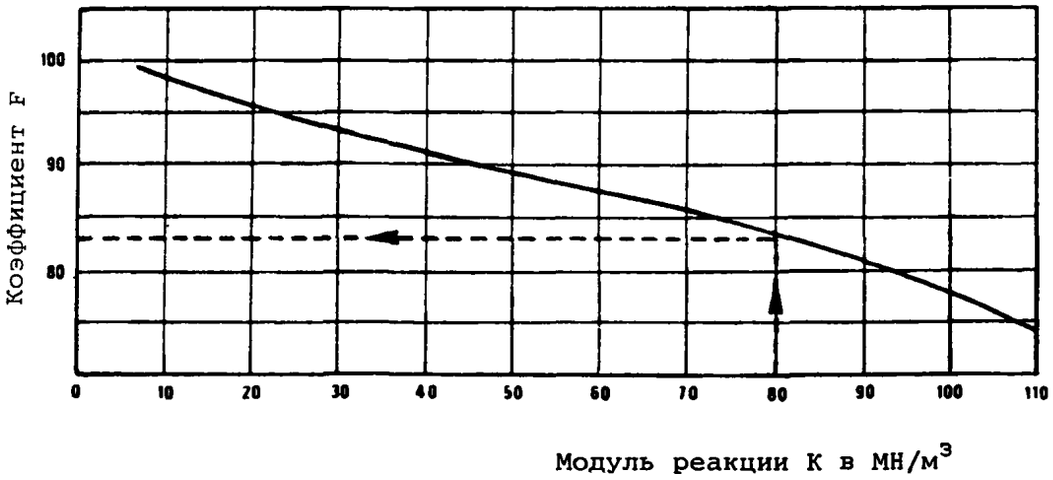


Рис. 4-31. Нежесткое усиление на жестком покрытии - коэффициент F

4.2.10.5 Правила строительства. Наиболее критической проблемой, связанной с непосредственным усилением бетона битумной смесью, которая до сих пор еще не нашла удовлетворительного решения, является повторное появление в жестком покрытии швов на поверхности слоя усиления. Принимаются меры по устранению этого явления путем усиления покрытия в таких швах с использованием металлических решеток, пластин, тканей и т.д. или, как минимум, путем отделения слоя битумной смеси от плиты покрытия на определенном расстоянии по обеим сторонам от шва (например, путем заполнения слоем песка). Также возможно нанесение на поверхность слоя усиления рифлений с помощью пилы для исключения неравномерного растрескивания. Такое решение облегчает техническое обслуживание, но снижает качество несущей способности покрытия.

4.2.10.6 Другое возможное затруднение, хотя и редко встречающееся, обуславливается химико-физическим сходством некоторых материалов шва с битумом, что может привести к вспучиванию покрытия в местах соединения усиленных плит. При появлении

каких-либо сомнений рекомендуется до проведения работ по усилению убрать состав из шва и повторно заполнить швы составом из песка и вяжущего, совместимого с материалом, применяемым в слое усиления. Эти правила не могут применяться для усиления бетона, за исключением случая, когда использование бетона ограничивается центральной частью ВПП, а "нежесткое" решение принимается для боковых частей.

4.2.10.7 Предварительные исследования. Требуется иметь оценку существующего покрытия (см. п. 4.2.9). Важное значение имеет систематическое бурение покрытия с целью определения часто встречающихся различий по толщине, составу и т.д. старых покрытий.

4.2.10.8 Усиление нежестких покрытий

a) Нежесткое усиление. Толщина усиливающего слоя определяется разностью между требуемой эквивалентной толщиной для нового покрытия и толщиной существующего покрытия. При определении последней надлежит учитывать следующее:

1) необходимость корректировки коэффициентов эквивалентности в соответствии с фактическим состоянием слоев покрытия; и

2) коэффициент эквивалентности какого-либо слоя покрытия на заданном уровне не может превышать значения этого коэффициента для вышележащего слоя. Например, если поверх битумной смеси, имеющей хорошее состояние (коэффициент 2), находится слой из крупнозернистого цемента (коэффициент 1,5), то коэффициент первого слоя также берется равным 1,5.

b) Жесткое усиление. В тех случаях, когда нежесткое покрытие усиливается бетонными плитами, то оно рассматривается в расчетах как подстилающий слой. Величина k, относящаяся к этому слою, определяется по данным рис. 4-13. Затем определяют толщину плиты, как указано в пп. 4.2.4, 4.2.5 и 4.2.6.

4.2.10.9 Усиление жестких покрытий

a) Нежесткое усиление. Если существующее покрытие имеет значительное разрушение, при вычислении толщины слоя усиления рекомендуется считать его нежестким покрытием такой же толщины. Поэтому оно равносильно случаю, приведенному выше. Приводимое ниже описание предполагает, что существующее жесткое покрытие по-прежнему остается прочным (в этом случае по-прежнему можно считать существующее жесткое покрытие как нежесткое покрытие той же толщины, если это благоприятствует вычислениям).

b) Жесткое усиление. Толщина плиты усиления определяется по формуле:

$$h_r = \sqrt[1,4]{h_t^{1,4} - Ch^{1,4}} \qquad [6]$$

- h_t - теоретическая толщина новой плиты, определенная на основе допустимого напряжения в новом бетоне и скорректированного модуля реакции существующего грунтового основания;

- h - толщина существующей бетонной плиты;

- C - коэффициент, введенный для учета качества существующего покрытия:

  C = 1 для покрытия в хорошем состоянии;

  C = 0,75 для покрытия, имеющего трещины в углах, но состояние которого заметно не ухудшилось;

  C = 0,35 для сильно разрушенного покрытия.

  Как правило, на практике применяют одно из двух последних значений.

Вышеприведенное соотношение справедливо лишь при условии, если плита усиления укладывается непосредственно на существующее покрытие. Если промежуток между двумя плитами заполняется слоем материала (обычно битумной смесью), например, в целях изменения профиля существующего покрытия, то для расчета толщины слоя усиления применяется следующая формула:

$$h_r = \sqrt{h_t^2 - Ch^2} \qquad [7]$$

Значения параметров и величины коэффициента C являются в этом выражении такими же, как и в ранее рассмотренной формуле. На основе этой формулы выводится несколько большее значение толщины слоя усиления.

4.2.10.10 Правила строительства. Во избежание повторного появления в существующем покрытии швов в виде трещин в плите усиления необходимо, чтобы швы заделывались как можно аккуратнее. Кроме того, над всеми швами в существующем покрытии должны находиться новые швы (любого типа). В частности, поскольку старые плиты обычно по ширине меньше применяемых, могут потребоваться в плите усиления дополнительные продольные швы сжатия-расширения. Поэтому размещение различных швов упрочнения требует предварительного исследования по глубине, если нужно избежать неправильных вычислений.

4.2.11 Легкие покрытия

4.2.11.1 Легкие покрытия предназначаются исключительно для воздушных судов, полная масса которых не превышает 5,7 тонны. Для вычисления толщины покрытия при величине CBR природного грунта можно использовать рис. 4-32.

4.2.11.2 Допустимые нагрузки. Допустимая нагрузка на легкое покрытие - 5700 кг. Давление в пневматике воздушного судна не должно превышать 0,6 МПа (приблизительно 6 кг/см^2) во избежание риска продавливания покрытия. Следовательно, информация о несущей способности покрытия, публикуемая в соответствии с положениями Приложения 14 для легких покрытий, будет соответствовать 5700 кг/0,6 МПа.

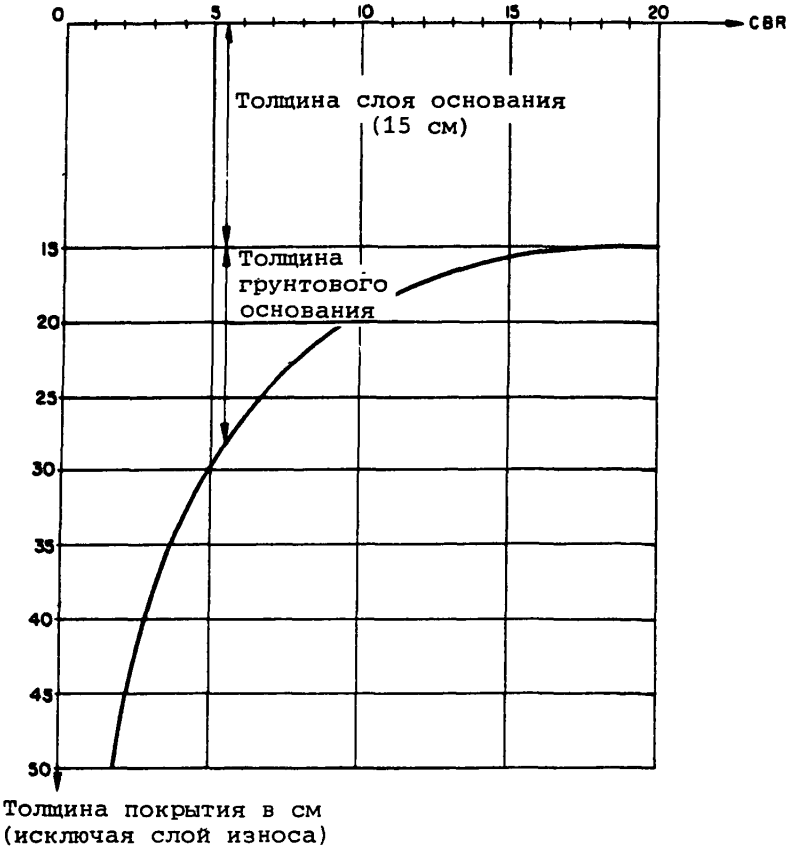


Рис. 4-32. Расчет легкого покрытия

4.3 Практика Соединенного Королевства

4.3.1 Расчет и оценка покрытий

4.3.1.1 Практика Соединенного Королевства заключается в расчете покрытия для неограниченного эксплуатационного использования конкретным воздушным судном, учитывая в необходимых случаях нагрузки, возникающие в результате взаимодействия соседних опор шасси. Воздушное судно называется "расчетным воздушным судном" для данного покрытия. Классификация несущей способности покрытия отображается классификационным числом покрытия для расчетного воздушного судна, которое указывает уровень интенсивности его нагружения. Все другие воздушные суда, классифицированные в соответствии со стандартами Соединенного Королевства как менее тяжелые, могут использоваться неограниченно на покрытии, хотя окончательное решение остается за администрацией аэродрома.

4.3.1.2 Несмотря на то, что сейчас имеется ряд программ ЭВМ, основанных на теории плиты, имеется теория многослойной упругости и анализ конечных элементов; для тех, кто хотел бы применять для расчета и оценки покрытия удобные табличные данные, разработана система эталонной классификации конструкции (RCC) на основе систем британского классификационного номера нагрузки (LCN) и классификационной группы нагрузки (LCG). Покрытия приблизительно подразделяются на жесткую или нежесткую конструкцию, и анализируются соответственно этой классификации.

4.3.1.3 Для определения воздействия воздушного судна на жесткие покрытия принимается простая модель из двух слоев. Чтобы установить теоретическую глубину эталонной конструкции для воздушного судна в диапазоне значений опоры грунтового основания, приравненных к значениям, соответствующим методу ИКАО по представлению данных ACN/PCN, эта модель анализируется по теории Вестергорда для среднего случая. Учитывается влияние соседних колесных опор шасси вплоть до расстояния, равного трехкратному радиусу относительной жесткости. Это считается важным в любой новой системе вследствие увеличения массы воздушных судов, сложности компоновок шасси и возможного влияния соседних колесных опор на плохих грунтовых основаниях.

4.3.1.4 Для решения проблем практического расчета и оценки покрытий принимается диапазон коэффициентов эквивалентности, соответствующих относительной прочности местных строительных материалов, для выведения соотношения между значениями теоретических глубин модели эталонной конструкции и фактических толщин покрытия.

4.3.1.5 Воздействие воздушного судна на нежесткие покрытия соответствует той же основной схеме, принятой для расчета и оценки жесткого покрытия. В этом случае анализируются четыре модели покрытия с использованием метода калифорнийского числа несущей способности (CBR), разработанного инженерным корпусом США. Анализ включает коэффициенты прогиба и учитывает взаимосвязь между соседними колесными опорами шасси вплоть до расстояния, равного двадцати радиусам. Практические проблемы расчета и оценки решаются с использованием коэффициентов эквивалентности для соотнесения толщин материалов и слоя с теоретической моделью, по которой оцениваются эталонные глубины конструкции для воздушных судов.

4.3.2 Представление данных о несущей способности покрытия

4.3.2.1 Практика Соединенного Королевства заключается в осуществлении применяемого ИКАО метода представления данных ACN/PCN относительно аэродромных покрытий. Критическое воздушное судно определяется как воздушное судно, которое создает нагрузки, близкие максимально допустимой для данного покрытия величине при неограниченном эксплуатационном использовании. Используя критическое значение ACN воздушного судна, полномочные органы отдельного аэродрома принимают решение о публикации величины PCN для данного покрытия.

4.3.2.2 Хотя это не предусмотрено методом ИКАО по сообщению данных ACN/PCN, в том случае, когда взаимодействие соседних колесных опор шасси влияет на уровень нагрузки, создаваемой воздушным судном, полномочные органы аэродромов в Соединенном Королевстве могут ввести ограничение на полеты путем ограничения массы или уменьшения количества допустимых взлетно-посадочных операций. Но маловероятно, что это произойдет с эксплуатируемыми в настоящее время воздушными судами, за исключением тех случаев, когда несущие значения грунтового основания являются плохими.

4.4 Практика Соединенных Штатов Америки

Примечание. В содержащихся в настоящем разделе технических требованиях и лежащих в их основе расчетах, представленных в ИКАО, используется английская система единиц. Приводимые в соответствии со стандартной практикой ИКАО эквиваленты в метрической системе единиц дают лишь приблизительные значения единиц в английской системе.

4.4.1 Введение

4.4.1.1 Метод расчета и представления данных о прочности аэропортовых покрытий Федерального авиационного управления США состоит в определении полного веса воздушного судна для каждого типа опоры шасси. Это позволяет производить оценку покрытия в отношении его способности выдерживать воздушные суда различных типов и весов. Сравнение прочности покрытия (выражаемой через полный вес воздушных судов, имеющих опоры шасси одноколесные, со спаренными колесами или с четырехколесными тележками) и фактического полного веса конкретного воздушного судна позволяет выявить способность покрытия принимать данное воздушное судно. В 1978 году Федеральное авиационное управление США приняло калифорнийское число несущей способности (CBR), метод расчета нежестких покрытий, допуск нагрузки на края для расчета жестких покрытий и унифицированную систему классификации грунтов. В настоящем разделе приводится подробное описание существующих процедур и критериев, которые Федеральное авиационное управление США считает необходимыми для расчета покрытий и проведения оценки прочности покрытий.

4.4.2 Основополагающие исследования и соображения

4.4.2.1 Специалисты в США убеждены, что не существует быстрого или простого метода проведения анализа прочности покрытия и что для получения реалистичной оценки важно участие квалифицированного инженера. Толщина покрытия и его элементы являются лишь одним из факторов, которые необходимо учитывать. При оценке покрытий с помощью любого метода важную роль играют параметры окружающей среды (как климатические, так и топографические), состояние грунтового основания, качество материалов и методы строительства. Для получения должной оценки необходимо сделать следующее:

a. Должен быть проведен подробный осмотр состояния покрытия, показывающий, в какой мере существующее покрытие выдерживает нагрузку от эксплуатируемых воздушных судов. На плане надлежит точно указать поврежденные участки, а также необходимо выявить причины таких повреждений. Чрезвычайно важно провести различие между повреждениями, вызванными эксплуатацией воздушных судов и их нагрузкой, и повреждениями, вызванными причинами климатического характера, неправильно устроенной системой водоотвода и(или) материалами низкого качества и неудовлетворительно выполненной работой.

b. Должны быть проведены почвенно-грунтовые изыскания для выявления наиболее существенных отклонений в структуре грунтов, изменения степени влажности, водоносных слоев, горизонта грунтовых вод и т.д.

c. При оценке грунтового основания и конструктивных элементов покрытия надлежит провести соответствующие испытания как на месте, так и в лаборатории.

d. На площадке необходимо провести анализ условий водоотвода для выявления необходимости внесения изменений до проведения каких-либо восстановительных работ.

e. Следует провести анализ предшествующей эксплуатации воздушных судов в аэропорту как с точки зрения их веса, так и количества взлетно-посадочных операций, определяемого плотностью движения, в конкретных рассматриваемых зонах, которые должны быть соответствующим образом сопоставлены с характеристиками покрытия.

f. Для определения соответствия покрытия необходимым стандартам и техническим требованиям должна быть произведена оценка качества материалов покрытия и пригодности применяемых методов и практики строительства.

4.4.2.2 Почвенно-грунтовые изыскания не ограничиваются грунтами гранулометрического характера и не обязательно проводятся в районе расположения аэропортов. Следует иметь местные источники материалов, которые могут использоваться в качестве карьеров или комплексных источников.

4.4.2.3 Следует брать и испытывать в лабораторных условиях репрезентативные пробы различных слоев встречающихся грунтов и строительных материалов для определения их физических и технических свойств. Так как результаты испытания могут соответствовать только характеру пробы, крайне важно, чтобы каждая проба представляла определенный тип грунта, не была произвольной и беспорядочной смесью нескольких материалов.

4.4.2.4 Для испытания на месте по методу нагрузочной плиты, получения цельных образцов, составления карт различных грунтовых пластов и т.д. могут потребоваться карьеры, открытые разрезы или и то и другое. Такой вид дополнительного исследования грунтов рекомендуется в тех случаях, когда гарантируется высокая степень точности или, когда *на месте* условия сложные и требуют обширного исследования.

4.4.3 Испытания грунтов

4.4.3.1 Физические свойства грунтов. Для определения физических свойств грунтов и оценки их поведения в различных условиях необходимо провести соответствующие испытания. Разработан и стандартизирован ряд полевых и лабораторных испытаний. Подробное описание методов испытаний полностью приводится в публикациях Американской ассоциации по испытаниям и материалам (ASTM).

4.4.3.2 Требования к испытаниям. Как правило, характер испытаний грунтов определяется условиями, характеризующими грунты; характеристики грунтов выявляются в ходе испытания. Условия, определяющие характер испытаний, считаются минимальным или основным требованием к аэропортовым покрытиям, которым ASTM дает следующие определения и краткое толкование:

a) Метод сухой подготовки проб грунтов для проведения анализа частиц и определения постоянных величин грунтов (ASTM D-421) или метод влажной подготовки проб грунтов для проведения анализа гранул и определения постоянных величин грунтов (ASTM D-2217). Метод сухой подготовки проб (D-421) следует использовать для очищенных и некагезионных гранулированных материалов. Метод влажной подготовки проб (D-2217) следует использовать для всех кагезионных и близких к ним материалов. В случае сомнения следует использовать метод сухой подготовки проб.

b) Анализ частиц грунтов (ASTM C-422). Проведение такого анализа обеспечивает количественное определение распределения частиц в грунтах.

c) Предел пластичности грунтов (ASTM D-424). Предел пластичности грунтов характеризуется наименьшей степенью влажности, при которой грунт переходит из полутвердого в пластическое состояние. При степени влажности, превышающей предел пластичности, резко понижается устойчивость грунтов.

d) Предел текучести грунтов (ASTM D-423). Предел текучести грунтов характеризуется наименьшей степенью влажности, при которой грунт переходит из пластического в жидкообразное состояние. Жидкообразное состояние характеризуется таким условием, при котором сопротивление режущему усилию настолько мало, что малейшее применение силы вызовет текучесть грунта.

e) Число пластичности грунтов (ASTM D-424). Число пластичности равно числовой разности между пределом пластичности и пределом текучести грунтов. Это число выражает степень влажности, выше которой грунт до перехода в жидкообразное состояние остается в пластическом состоянии.

f) Взаимосвязь влажности и плотности грунтов (ASTM D-698, D-1557). С целью регулирования степени уплотнения при строительстве необходимо проводить испытания для определения взаимосвязи влажности и плотности различных типов грунтов.

1) При расчете покрытий для воздушных судов весом 30 000 фунтов (13 000 кг) или более используется метод ASTM D-1557.

2) При расчете покрытий для воздушных судов весом менее 30 000 фунтов (13 000 кг) используется метод ASTM D-698.

4.4.3.3 Дополнительные испытания. Во многих случаях наряду с испытаниями, указанными в п. 4.4.3.2, требуется проведение дополнительных испытаний грунтов. Охватить все требуемые дополнительные испытания невозможно, но несколько примеров приводится ниже. В любом случае нижеуказанный перечень не следует считать полным.

a) Коэффициенты усадки грунтов (ASTM D-427). Проведение такого испытания может потребоваться в районах, где встречается вспучивание грунта.

b) Водопропускная способность гранулированных грунтов (ASTM D-2434). Проведение такого испытания может потребоваться для оказания помощи в расчете водоотвода из подпочвенного слоя.

c) Определение органических материалов в грунтах путем окисления увлажнением (AASHTO T-194). Проведение такого испытания может потребоваться в районах, где встречаются глубокие залежи органических материалов или имеются данные о их существовании.

d) Число несущей грунтов, уплотненных в лабораторных условиях (ASTM D-1883). Такие испытания проводятся для присвоения грунтовому основанию значения калифорнийского числа несущей способности (CBR) с целью использования при расчете нежестких покрытий.

e) Модуль реакции грунтов (AASHTO T-222). Такое испытание проводится для определения модуля реакции грунтов, K, с целью использования при расчете жестких покрытий.

f) Калифорнийское число несущей способности, полевые испытания на месте. Проверка несущей в полевых условиях может производиться в том случае, если *такие* условия удовлетворяют плотности и влажности, встречающейся в процессе расчета покрытий.

4.4.4 Унифицированная система классификации грунтов

4.4.4.1 Стандартным методом классификации грунтов для технических целей является метод ASTM D-2487, называемый обычно унифицированной системой. Переход от системы Федерального авиационного управления на унифицированную систему основан на результатах научного исследования, где сравнивались три различных метода классификации грунтов. Исследование показало, что для определения свойств грунтов, влияющих на характеристики аэропортового покрытия, оптимальной является унифицированная система. Основная цель введения классификации грунтов заключается в том, чтобы создать инженеру условия для прогнозирования возможного поведения грунтов в полевых условиях. Постоянные грунтов сами по себе также являются величинами, на которых следует основывать прогнозирование. Унифицированная система классифицирует грунты, во-первых, по принципу зернистости, а затем подразделяет их по постоянным пластичности. В таблице 4-7 приводится классификация грунтов по унифицированной системе.

4.4.4.2 Как указано в таблице 4-7, первоначальная классификация грунтов производится по принципу деления их на крупнозернистые и мелкозернистые грунты, а также грунты с высоким содержанием органических веществ. Различия между крупнозернистыми и мелкозернистыми грунтами определяются количеством материала, остающегося на поверхности сита № 200. Крупнозернистые грунты затем подразделяются на гравий и песок, в зависимости от количества материала, остающегося на поверхности сита № 4. В дальнейшем гравий и песок классифицируются в зависимости от того, существует или не существует мелкозернистый материал. Мелкозернистые грунты подразделяются на две группы на основе предела текучести. Особая классификация грунтов с высоким содержанием органических веществ устанавливается для материалов, которые обычно непригодны для использования в строительных целях. В соответствии с окончательной классификацией грунтов материалы

Таблица 4-7. Классификация грунтов для строительства аэропортовых покрытий

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ			Символы групп
Крупнозернистые грунты, более 50% остается на сите № 200 1/	Гравий, 50% или более крупнозернистых частиц остается на сите № 4	Чистый гравий	GW GP
		Гравий с размельченными частицами	GM GC
	Песок, менее 50% крупнозернистых частиц остается на сите № 4	Чистый песок	SW SP
		Песок с размельченными частицами	SM SC
Мелкозернистые грунты, 50% или менее остается на сите № 200 1/	Ил и глина предел текучести 50% или менее		ML CL OL
	Ил и глина предел текучести более 50%		MH CH OH
Грунты с высоким содержанием органических веществ			PT

1/ Соответствует материалу, проходящему через 3-дюймовое (75 мм) сито.

подразделяются на 15 различных групп. Обозначение и краткое описание каждой из групп приводится ниже:

a) GW - Гравий с хорошим гранулометрическим составом и смесь гравия с песком; небольшое количество размельченных частиц или отсутствие размельченных частиц;

b) GP - гравий с плохим гранулометрическим составом и смесь гравия с песком, небольшое количество размельченных частиц или отсутствие размельченных частиц;

c) GM - илистый гравий, смесь гравия, песка и ила;

d) GC - глинистый гравий, смесь гравия, песка и глины;

e) SW - песок с хорошим гранулометрическим составом и песок с гравием, небольшое количество размельченных частиц или отсутствие размельченных частиц;

f) SP - песок с плохим гранулометрическим составом и песок с гравием, небольшое количество размельченных частиц или отсутствие размельченных частиц;

g) SM - илистый песок, смесь песка и ила;

h) SC - глинистый песок, смесь песка и глины;

i) ML - неорганический ил, очень мелкий песок, каменная пыль, илистый или глинистый мелкий песок;

j) CL - неорганическая глина с пластичностью от низкой до средней, глина с гравием, илистая глина, непластичная глина;

k) OL - органический ил или органическая илистая глина с низкой пластичностью;

l) MH - неорганический ил, слюдяной или диатермический мелкозернистый песок или ил, пластичный ил;

m) CH - неорганическая глина или высокая пластичность, жирная глина;

n) OH - органические глины с пластичностью от средней до высокой;

o) PT - торф, перегной и другие высокоорганические грунты.

4.4.4.3 В связи с установлением окончательной классификационной группы, наряду с критериями, указанными в таблице 4-7, дополнительно необходимы другие критерии. Эти дополнительные критерии представлены на рис. 4-33 и применяются как для крупнозернистых, так и для мелкозернистых грунтов.

4.4.4.4 Разработана технологическая схема, показывающая процесс классификации грунтов, она представлена на рис. 4-34. Данная технологическая схема демонстрирует этапы, необходимые для классификации грунтов в соответствии с методом ASTM D-2487.

4.4.4.5 Основное преимущество метода ASTM D-2487 унифицированной системы классификации грунтов заключается в том, что разработан одновременно простой и быстрый метод классификации грунтов в полевых условиях (см. ASTM D-2488, *Описание грунтов - визуально-ручной метод*). Данная процедура позволяет персоналу, работающему в полевых условиях, довольно точно классифицировать грунты с минимальной затратой времени и используемого оборудования.

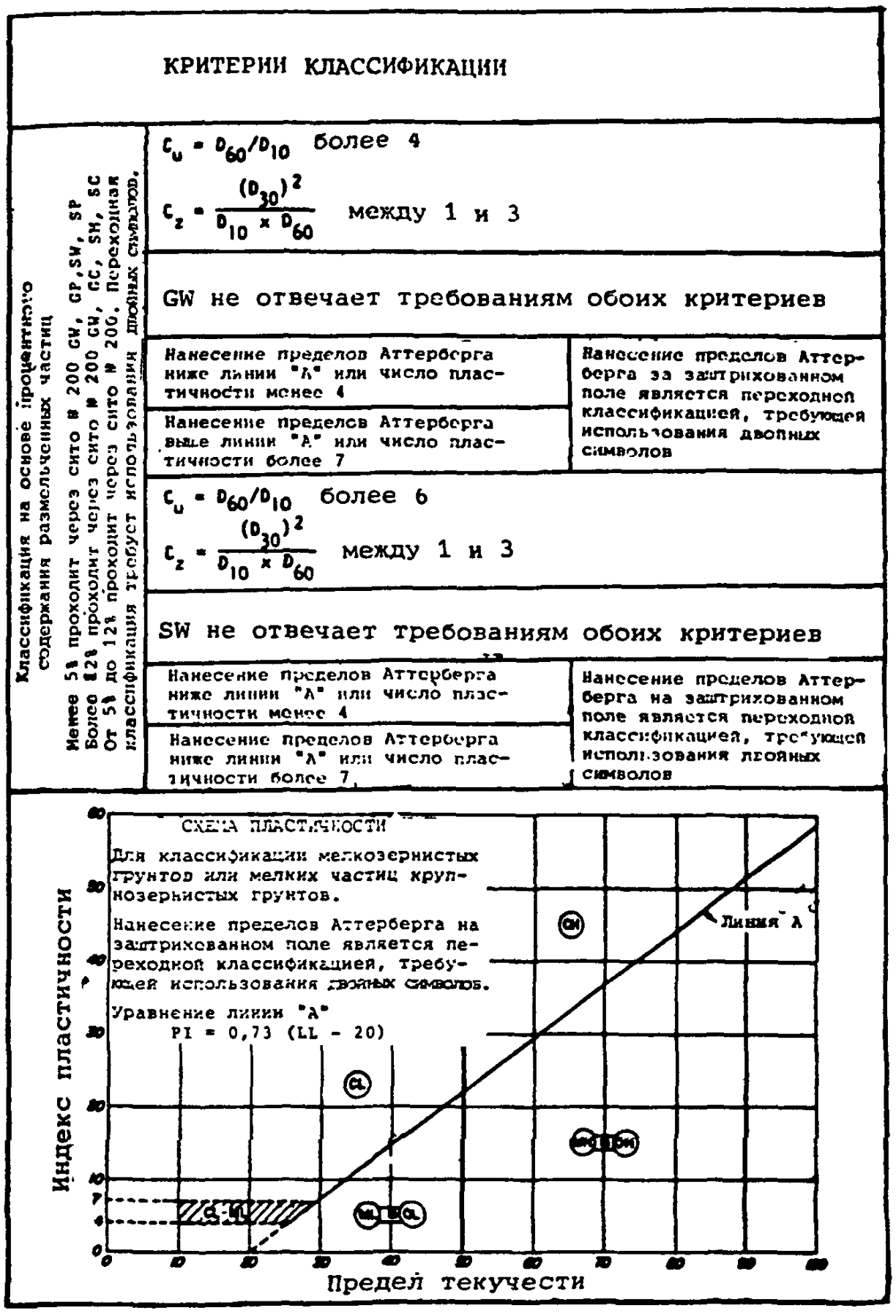


Рис. 4-33. Критерии классификации грунтов

4.4.4.6 В таблице 4-8 приводятся соответствующие характеристики грунтов, используемых для закладки основания покрытий. Данные характеристики необходимо считать ориентировочными, а указанные величины являются обобщениями, которые не следует использовать вместо результатов испытаний.

4.4.5 Примеры классификации грунтов

4.4.5.1 Классификация грунтов в соответствии с унифицированной системой иллюстрируется следующими примерами. Процесс классификации совершенствуется при использовании технологической схемы, указанной на рис. 4-34.

Пример 1

Допустим, что проба грунта имеет следующие свойства и ее нужно классифицировать в соответствии с унифицированной системой:

процент прохождения через сито № 200 - 98%;

предел текучести на материале минус 40 - 30%;

предел пластичности на материале минус 40 - 10%.

Вывод

Выше линии "А", см. рис. 4-33. Грунт будет классифицироваться как CL, слабая глина с пластичностью от низкой до средней. В таблице 4-8 показано, что материалу, используемому в качестве естественного основания, будет даваться оценка в пределах "удовлетворительно-неудовлетворительно", если оно не подвержено воздействиям низких температур. Потенциальная оценка в случае воздействия низких температур колеблется в пределах от средней до высокой.

Пример 2

Допустим, что проба грунта имеет следующие свойства и ее нужно классифицировать в соответствии с унифицированной системой:

процент прохождения через сито № 200 - 48%;

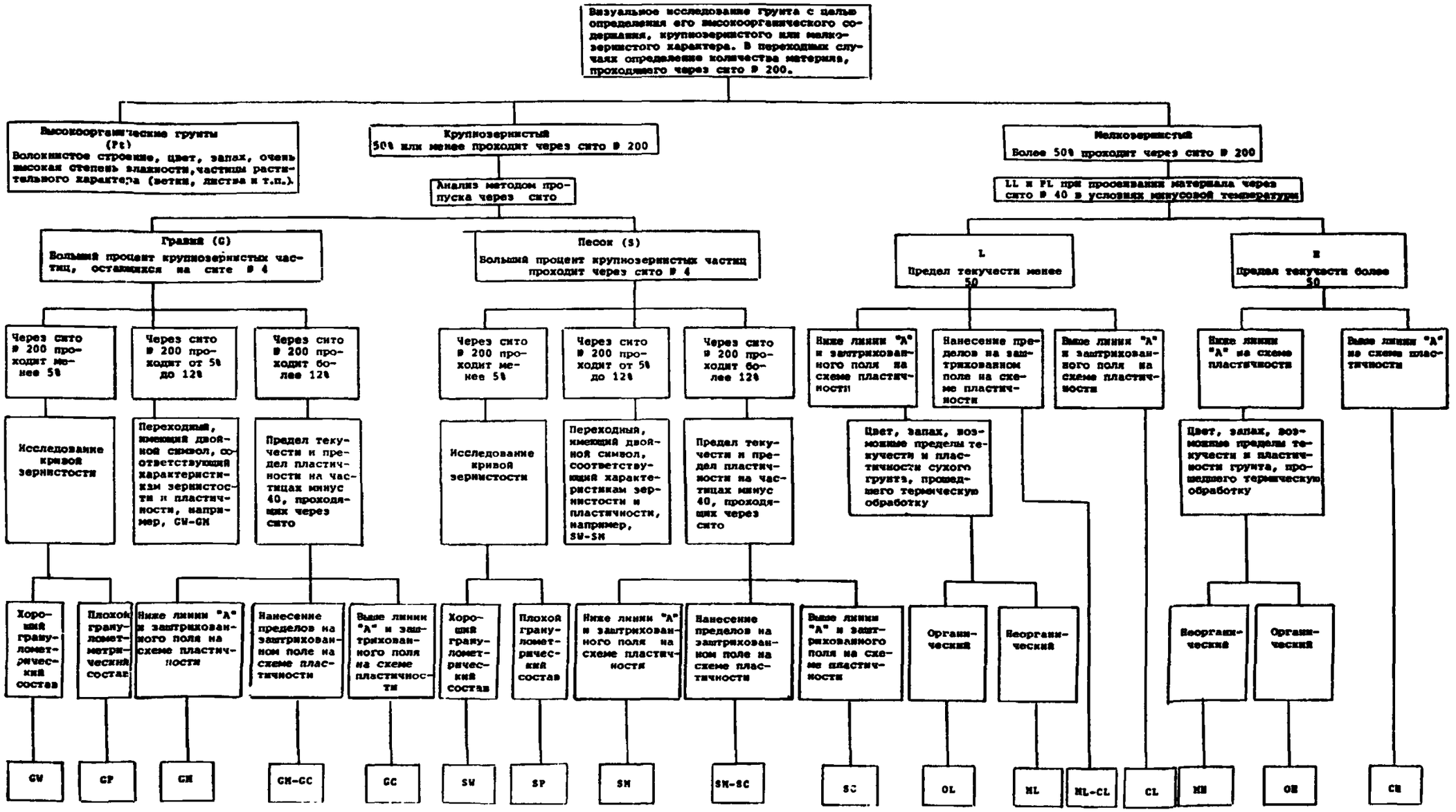
процент крупнозернистых частиц, остающихся на сите № 4 - 70%;

предел текучести на частицах минус 40 - 60%;

предел пластичности на частицах минус 40 - 20%;

Таблица 4-8. Характеристики, соответствующие естественным основаниям покрытий

Классификация				Качество естественного основания, не подвергающегося воздействию низких температур	Качество основания, непосредственно находящегося под поверхностью износа	Потенциальная подверженность воздействию низких температур	Способность сжиматься и расширяться	Характеристики водоотвода	Оборудование, используемое для уплотнения	Вес в сухом состоянии (фунт/фут^3)	Ожидаемое число несущей способности в полевых условиях	Несущая способность грунта основания (фунт/м^3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Крупнозернистые грунты	Гравий и грунты с содержанием гравия	GW	Гравий или песчаный гравий, хороший гранулометрический состав	Отличное	Хорошее	Отсутствует - очень слабая	Почти отсутствует	Отличные	Гусеничный трактор, колесная техника, металлический каток	125-140	60-80	300 или более
		GP	Гравий или песчаный гравий, плохой гранулометрический состав	Хорошее - отличное	Неудовлетворительное - удовлетворительное	Отсутствует - очень слабая	Почти отсутствует	Отличные	Гусеничный трактор, колесная техника, металлический каток	120-130	35-60	300 или более
		GU	Гравий или песчаный гравий, одинаковый гранулометрический состав	Хорошее	Неудовлетворительное	Отсутствует - очень слабая	Почти отсутствует	Отличные	Гусеничный трактор, колесная техника	115-125	25-50	300 или более
		GM	Илистый гравий или илисто-песчаный гравий	Хорошее - отличное	Удовлетворительное - хорошее	Слабая - средняя	Очень слабая	Удовлетворительные - неудовлетворительные	Колесная техника, кулачковый каток, необходим тщательный контроль за влажностью	130-145	40-80	300 или более
		GC	Глинистый гравий или глинисто-песчаный гравий	Хорошее	Неудовлетворительное	Слабая-средняя	Слабая	Неудовлетворительные - практически отсутствуют	Колесная техника, кулачковый каток	120-140	20-40	200-300
	Песок и песчаные грунты	SW	Песок или гравий с песком, хороший гранулометрический состав	Хорошее	Неудовлетворительное	Отсутствует - очень слабая	Почти отсутствует	Отличные	Гусеничный трактор, колесная техника	110-130	20-40	200-300
		SP	Песок или песок с гравием, плохой гранулометрический состав	Удовлетворительное - хорошее	Неудовлетворительное - несоответствующее	Отсутствует - очень слабая	Почти отсутствует	Отличные	Гусеничный трактор, колесная техника	105-120	15-25	200-300
		SU	Песок или песчаный гравий, одинаковый гранулометрический состав	Удовлетворительное - хорошее	Несоответствующее	Отсутствует - очень слабая	Почти отсутствует	Отличные	Гусеничный трактор, колесная техника	100-115	10-20	200-300
		SM	Илистый песок или илистый песок с содержанием гравия	Хорошее	Неудовлетворительное	Слабая-высокая	Очень слабая	Удовлетворительные - неудовлетворительные	Колесная техника, кулачковый каток, необходим тщательный контроль за влажностью	120-135	20-40	200-300
		SC	Глинистый песок или глинистый песок с содержанием гравия	Удовлетворительное - хорошее	Несоответствующее	Слабая-высокая	Слабая-средняя	Неудовлетворительные практически отсутствуют	Колесная техника, кулачковый каток	105-130	10-20	200-300
Мелкозернистые почвы	Низкая степень сжимаемости LL<50	ML	Ил, песчаный ил, ил с содержанием гравия или диатомовые грунты	Удовлетворительное - неудовлетворительное	Несоответствующее	Средняя-очень высокая	Слабая-средняя	Удовлетворительные - неудовлетворительные	Колесная техника, кулачковый каток, необходим тщательный контроль за влажностью	100-125	5-15	100-200
		CL	Непластичная глина, песчаная глина или глина с содержанием гравия	Удовлетворительное - неудовлетворительное	Несоответствующее	Средняя-высокая	Средняя	Практически отсутствуют	Колесная техника, кулачковый каток	100-125	5-15	100-200
		OL	Органический ил и непластичная органическая глина	Неудовлетворительное	Несоответствующее	Средняя-очень высокая	Средняя-очень высокая	Неудовлетворительные	Колесная техника, кулачковый каток	90-105	4-8	100-200
	Высокая степень сжимаемости LL>50	MH	Слюдянистые глины или диатомовые грунты	Неудовлетворительное	Несоответствующее	Средняя - очень высокая	Слабая	Удовлетворительные - неудовлетворительные	Колесная техника, кулачковый каток	80-100	4-8	100-200
		CH	Жирная глина	Неудовлетворительное - крайне неудовлетворительное	Несоответствующее	Средняя	Слабая	Практически отсутствуют	Колесная техника, кулачковый каток	90-110	3-5	50-100
		OH	Жирная органическая глина	Неудовлетворительное - крайне неудовлетворительное	Несоответствующее	Средняя	Слабая	Практически отсутствуют	Колесная техника, кулачковый каток	80-105	3-5	50-100
Торф и другие фиброзные органические грунты		Pt	Торф, перегной и другое	Несоответствующее	Несоответствующее	Слабая	Очень высокая	Удовлетворительные - неудовлетворительные	Уплотнения практического применения не имеют			



Примечание. Размеры сита в соответствии со стандартами США.
* Если мелкие частицы влияют на характеристики свободного водоотвода, использовать двойные символы, такие как GW-GM и т.д.

Рис. 4-34. Технологическая схема унифицированной системы классификации грунтов

Вывод

Расчетное число пластичности LL-PL - 40%.

Выше линии "A", см. рис. 4-33;

Данная проба классифицируется как GC, глинистый гравий. Таблица 4-8 показывает, что материал пригоден для использования в качестве естественного основания для покрытий, если он не подвергается воздействию низких температур. Потенциальная оценка в случае воздействия низких температур колеблется в пределах от низкой до средней.

4.4.6 Холод и вечная мерзлота

4.4.6.1 Расчет покрытий в районах, подверженных воздействию сильного холода, или в районах вечной мерзлоты представляет собой сложную проблему, которую необходимо подробно исследовать. Вредные воздействия низких температур могут проявляться в виде вздутий или сказываться на прочности естественного основания в период таяния.

4.4.6.2 Расчет покрытий с учетом сезонных условий низких температур может выполняться четырьмя различными методами:

a) Метод полной защиты включает снятие промерзшего грунта на глубину промерзания и замену его морозоустойчивым материалом.

b) Метод ограниченного проникновения мерзлоты в грунтовое основание допускает проникновение мерзлоты на ограниченную глубину подвергающегося воздействию низких температур грунтового основания. Указанный метод позволяет сводить деформацию до минимальных величин.

c) Метод редуцированного усиления грунтового основания, как правило, позволяет изготавливать более толстое покрытие, чем предусматривается двумя вышеуказанными методами, и его следует применять для сооружения покрытий, используемых там, где скорость воздушных судов невелика и появление вздутий в результате промерзания нежелательно. Основная цель указанного метода заключается в обеспечении соответствующей структурной выносливости покрытий в период таяния. Вздутие поверхности в результате воздействия низких температур не является основным фактором, который учитывается в данном методе.

d) Метод редуцированной защиты грунтового основания от воздействия температур обеспечивает проектировщика методом статистического расчета с учетом влияния низких температур. Указанный метод следует применять только там, где скорость воздушных судов невелика и допускается появление вздутий в результате промерзания. Статистический подход дает проектировщику более обширное поле деятельности, чем упомянутые выше три других метода.

4.4.6.3 При расчете покрытий в районах с условиями вечной мерзлоты необходимо принимать меры для ограничения глубины таяния грунта. В результате оттаивания в районе вечной мерзлоты может быть потеряна несущая способность грунта. Если оттаявший грунт вечной мерзлоты вновь подвергается промерзанию, то появляются вздутия, которые могут привести к неровностям и трещинам на покрытии. При производстве строительных работ в районах с условиями вечной мерзлоты применяются два метода расчета: метод полной защиты и метод редуцированного усиления грунтового основания. Данные методы в какой-то степени соответствуют методам, указанным в п. 4.4.6.2, где рассматривается проект с учетом сезонного влияния низких температур.

4.4.6.4 Глубину промерзания можно рассчитать, используя модифицированное уравнение Берггрена. Уравнение Берггрена требует введения нескольких функций, связанных с местными грунтовыми условиями и температурными данными. Коммунальные предприятия, находящиеся вблизи площадки, могут также предоставлять ценную информацию,касающуюся глубины промерзания. Проектировщика следует предупредить, что толщина слоя для защиты вспомогательных слоев наносится с запасом и, как правило, превышает глубину промерзания.

4.4.6.5 Рассматриваемые в данном тексте процедуры расчета в условиях низких температур можно найти в научно-исследовательском докладе Федерального авиационного управления FAA-RD-74-30 - *"Расчет покрытий гражданских аэродромов в сезонных условиях низких температур и вечной мерзлоты"*. Другим ценным справочным материалом для расчета покрытий в условиях низких температур и вечной мерзлоты являются следующие публикации: "Техническое руководство для инженерных войск армии США, ТМ 5-818-2" *Расчет покрытий в условиях низких температур"*.

4.4.7 Испытания на прочность грунтов

4.4.7.1 Классификация грунтов для строительных целей предусматривает указание возможного поведения грунта, используемого в качестве грунтового основания покрытий. Данное указание в отношении поведения грунта, однако, является приблизительным. По ряду причин, таких как степень уплотнения, степень насыщения, высота насыпи и т.п., может быть получен показатель, отличающийся от ожидаемого. Возможность неверного прогнозирования поведения грунтового основания в значительной степени может быть устранена путем измерения прочности грунта. Прочность материалов, предназначенных для использования при сооружении нежестких покрытий, определяется путем испытаний по выявлению калифорнийского числа несущей способности (CBR). Материалы, предназначенные для использования при сооружении жестких покрытий, испытываются методом нагрузочной плиты. О каждом из указанных испытаний подробно рассказывается в последующих пунктах.

4.4.7.2 Калифорнийское число несущей способности (CBR). Испытания по определению CBR, в основном, проводятся по типу проникающей способности с использованием постоянной величины усилия. Усилие, требуемое для создания данной проникающей способности в испытываемый материал, сравнивается с усилием для создания аналогичной проникающей способности в стандартный измельченный известняк. Результат выражается соотношением двух сил. Таким образом, если значение CBR составляет 15, то это значит, что сопротивление проникающей способности исследуемого материала составляет 15 процентов от сопротивления стандартного измельченного камня. Испытания по определению CBR в лабораторных условиях необходимо проводить в соответствии с методом ASTM D-1883 *(Несущая способность грунтов, уплотненных в лабораторных условиях)*. Испытания по определению CBR в полевых условиях необходимо выполнять в соответствии с процедурами, указанными в Серийном руководстве № 10 (MS-10) Института по асфальтовым покрытиям.

a) Испытания по определению CBR в лабораторных условиях проводятся на материалах, которые получены с указанной площадки и вновь доведены до плотности, необходимой при строительстве. В течение четырех дней образцы пропитываются влагой до насыщения материала. Испытания по определению CBR с насыщением используется для создания условий, подобных тем, которые возникают, когда покрытие находится в длительной эксплуатации. Естественное основание покрытий имеет тенденцию почти к полному насыщению примерно по истечении трех лет. Сезонные изменения влажности также вынуждают использовать значение насыщения при расчете по методу определения CBR, так как воздушное движение нужно обеспечить и в период наибольшей влажности, например, весной.

b) При испытаниях по определению CBR в полевых условиях можно получить ценную информацию о естественных основаниях, которые в течение нескольких лет находились на данном месте. Для того, чтобы влажность обрела устойчивое состояние, необходимо, чтобы материалы находились на месте достаточный период времени. Примером такого состояния является закладка, которая сооружается и заполняется задолго до строительства покрытий.

c) Испытания по определению CBR, проводимые на гравийных материалах, расшифровываются нелегко. Лабораторные испытания на гравии по определению CBR часто дают слишком высокие исходные значения CBR в связи с ограниченным влиянием образца. Определение величин CBR у материалов, служащих гравийными грунтовыми основаниями, может производиться на основе оценки и опыта. Информация, приведенная в таблице 4-8, может успешно использоваться как руководство при выборе рассчитываемого значения CBR для гравийных грунтов. Однако таблицу 4-8 не следует использовать исключительно в качестве единственного источника данных. Рекомендуется, чтобы максимальное значение CBR для неустойчивого гравийного грунтового основания было равно 50.

d) Необходимое число испытаний по определению CBR для соответствующего расчета значения простым способом не может быть установлено. Многообразие состояний грунтов, встречающихся на площадке, будет оказывать большое влияние на число необходимых испытаний. Три испытания по определению CBR, проводимые на каждом из различных крупных типов грунтов, следует взять как приближенное "эмпирическое правило". Предварительное обследование грунтов покажет какое количество разных типов грунтов встречается. Значения CBR следует брать с имеющимся запасом. Используя общий технический опыт сооружения покрытий, следует выбирать величину на одно стандартное отклонение ниже среднего.

4.4.7.3 Испытания по методу нагрузочной плиты. Как видно из названия, испытания по методу нагрузочной плиты определяют несущую способность естественного основания покрытий. Результат испытаний по методу нагрузочной плиты выражается величиной k, равной отношению единиц давления к длине. Значение k может быть представлено как давление, требуемое для создания удельной деформации нагрузочной плиты в естественном основании покрытия. Испытания методом нагрузочной плиты следует выполнять в соответствии с процедурами, установленными в AASHTO T 222.

a) Расчет жестких покрытий не зависит в большой степени от величины k. Ошибка в определении величины k не окажет решающего воздействия на расчет толщины жесткого покрытия. Испытания по методу нагрузочной плиты должны проводиться в поле и лучше всего их выполнять на испытательных профилях, которые создаются с учетом нужных условий уплотнения и влажности. В величину k требуется внести поправку на насыщение влагой для создания условий влажности, подобных тем, которые могли бы возникнуть на эксплуатируемом покрытии.

b) Испытания по методу нагрузочной плиты относительно дороги и, поэтому число испытаний, которые могут выполняться для определения расчетной величины, ограничено. Как правило, для сооружения каждого покрытия может быть проведено только два-три испытания. При расчете величины k следует брать бóльшие значения.

c) Расчет жестких покрытий и кривые оценок, представленные в данном документе, основаны на величине k, определяемой испытаниями по методу приложения статической нагрузки, где используется плита диаметром 30 дюймов (762 мм). Использование плиты, имеющей меньший диаметр, позволит более точно определить величину k, чем она представлена в расчете и на кривых оценок.

d) Рекомендуется, чтобы испытания по методу нагрузочной плиты выполнялись на грунтовом основании, а результаты приводились в соответствии с учетом влияния основания. На рис. 4-35 показано возрастание величины k для различных степеней толщины основания по отношению к данному значению грунтового основания k. При проведении испытания по методу нагрузочной плиты в верхних слоях основания иногда могут быть получены ошибочные результаты, так как глубина воздействия под тяжестью 30-дюймовой (762 мм) несущей плиты не так велика, как глубина воздействия под тяжестью плиты, испытывающей нагрузку шасси воздушного судна. В этом случае слой основания может реагировать на воздействие нагрузочной плиты в большей степени, чем на воздействие покрытия, получившего нагрузку.

e) Определение величины k для устойчивых слоев является более трудным. Как правило, величину k следует рассчитывать ориентировочно. Рекомендуется, чтобы оценка величины k производилась следующим образом. Для определения эквивалентного значения толщины хорошо гранулированного измельченного заполнителя необходимо произвести умножение показателя толщины устойчивого слоя на коэффициент в пределах от 1,2 до 2,6. Фактическое значение величины в пределах от 1,2 до 1,6 должно быть основано на качественных характеристиках устойчивого слоя и данных о толщине плиты относительно толщины устойчивого слоя. Высококачественным материалам, которые становятся устойчивыми благодаря высокому процентному содержанию стабилизирующих компонентов, следует присваивать коэффициент эквивалентности, который выше, чем у устойчивого материала более низкого качества. Для данной толщины жестких покрытий более толстый устойчивый слой в большей степени будет оказывать влияние на характеристики покрытий, чем менее толстый устойчивый слой, и, следовательно, ему необходимо присваивать более высокий коэффициент эквивалентности.

f) Рекомендуется, чтобы расчетная величина k, равная 500 фунт/куб.дюйм (136 МН/куб.м), не была превышена для любого естественного основания. Информация, представленная в таблице 4-8, дает общее представление о возможных значениях величины k для различных типов почв.

4.4.8 Теоретический расчет покрытий

4.4.8.1 Практика Федерального авиационного управления (FAA) в отношении конструкции шасси воздушного судна, а также расчета и оценки аэропортовых покрытий тремя отдельными вопросами приводится в п. 4.4.1 данного Руководства. Метод расчета аэропортовых покрытий представляет собой комплексную техническую проблему, содержащую большое количество взаимосвязанных переменных величин. Расчетные кривые, представленные в данном разделе, основаны на методе CBR для расчета нежестких покрытий и методе анализа нагрузки на соседние стыки для жестких покрытий. Указанные методы являются измененными методами расчета, принятыми ранее FAA, и будут предусматривать несколько другую толщину покрытий. В связи с изменениями толщины оценку существующих покрытий необходимо производить путем использования того же самого метода, который применялся при расчете. Подробно о том, как разрабатываются новые методы расчета FAA, сказано ниже.

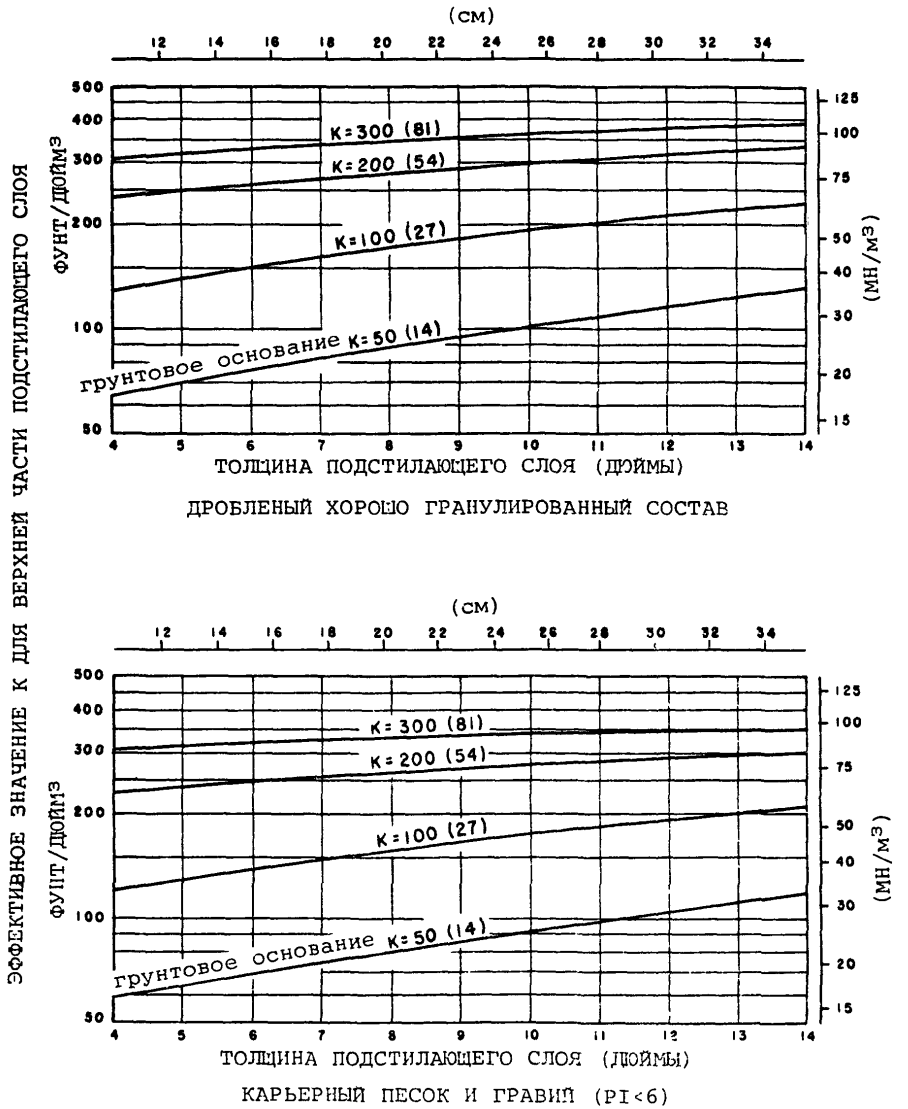


Рис. 4-35. Влияние подстилающего слоя на модуль реакции грунтового основания

4.4.8.2 Нежесткие покрытия. Построение расчетных кривых для нежестких покрытий, представленных в данном разделе, основано на методе определения калифорнийского числа несущей способности (CBR). Метод определения CBR в основе своей эмпирический, однако с помощью данного метода проведено большое количество научных исследований и обнаружены закономерные взаимосвязи. К расчетам были привязаны конфигурации шасси путем использования теоретических концепций и эмпирически полученных данных. Расчетные кривые обеспечивают требуемую общую толщину нежестких покрытий (верхнего слоя, основания и подстилающего слоя), необходимую для того, чтобы выдерживать нагрузку определенного веса воздушного судна на определенное грунтовое основание. С помощью кривых также показывается требуемая толщина верхнего слоя. Минимальная толщина слоя основания показана на отдельной кривой. Более подробное рассмотрение расчета CBR дано в добавлении 4.

4.4.8.3 Жесткие покрытия. Построение расчетных кривых для жестких покрытий в данном разделе основано на методе анализа нагрузки на края, разработанном Вестергордом. В целях имитирования стыковки кромок в метод анализа нагрузки на края внесено изменение. Расчетные кривые строятся для участков, на которых движение воздушных судов преимущественно осуществляется параллельно стыкам, а также для участков поверхности, где по отношению к стыкам движение, вероятнее всего, направлено под острым углом. Раньше критерии FAA, касающиеся расчета жестких покрытий, были основаны на принципе допуска нагрузки на внутреннюю часть покрытия. Нагрузка на покрытие в месте стыковки кромок выше нагрузки, чем на внутреннюю часть плиты. Результаты испытаний и полевые опыты показывают, что практически все трещины, называемые нагрузкой, появляются на стыках кромок и распространяются внутрь плиты. Поэтому был изменен принцип расчета, характеризующийся тем, что расчет строится в направлении от внутренней части покрытия к стыкующимся кромкам. Расчетные кривые представляют собой график, отражающий объем воздушного движения за пять лет с разбивкой по каждому году. Толщина покрытия, определяемая на основе указанных кривых, относится только к толщине плиты. Толщина подстилающего слоя определяется отдельно. Более подробно об основе для расчета жестких покрытий говорится в добавлении 4.

4.4.9 История вопроса

4.4.9.1 Аэропортовые покрытия и выполняющие полеты воздушные суда входят в одну взаимосвязанную систему, которую необходимо учитывать в процессе расчета покрытий. Для разработки надлежащего проекта следует принимать во внимание принципы расчета, связанные как с воздушными судами, так и имеющимися покрытиями. Для создания покрытия, соответствующего рассчитываемому сроку службы, необходим тщательный контроль во время строительства и организация определенного технического обслуживания. Проектируемые покрытия имеют ограниченный срок службы в связи с возможностью усталостного разрушения конструкции. Плохая конструкция и отсутствие профилактического технического обслуживания отрицательно повлияют на характеристики покрытия даже в том случае, если проект выполнен лучшим образом.

4.4.9.2 Определение требований к толщине покрытия представляет собой комплексную техническую проблему. Покрытия подвергаются воздействию самых различных нагрузок и климатических условий. В процессе расчета используется большое число взаимосвязанных величин, определить которые часто бывает нелегко. Несмотря на то, что многие научно-исследовательские работы уже завершены, а еще большее количество проводится, невозможно добиться выполнения требований к толщине покрытия на основе прямых математических решений. Поэтому определение толщины покрытия должно быть основано на теоретическом анализе распределения нагрузки на покрытия и грунты, анализе экспериментальных данных о покрытии, изучении характеристик покрытий в условиях фактической эксплуатации. Кривые, отражающие значение толщины покрытий и представленные в данном разделе, построены на основе корреляции данных, полученных из указанных источников. Покрытия, рассчитываемые в соответствии с приведенными стандартами, предназначены обеспечивать в структурном отношении 20-летний срок службы без проведения технического обслуживания, если не происходят крупные перемены в прогнозировании воздушного движения. В связи с разрушающим воздействием климатических условий и ухудшением характеристик покрытия в результате его эксплуатации до истечения 20-летнего периода возможно потребуется восстановление гранулометрического состава верхнего слоя и восстановления противоскользящих свойств.

4.4.9.3 Расчет строительства покрытий включает определение как общей толщины покрытия, так и его составных частей. Существует ряд факторов, влияющих на толщину покрытия, которая необходима для обеспечения его соответствующего срока службы. Сюда входят: величина и характер нагрузки от воздействия воздушного судна, объем движения, сосредоточение движения на определенных участках площади, качество грунтового основания и материалов, входящих в структуру покрытия.

4.4.10 Вопросы, касающиеся воздушного судна

4.4.10.1 Нагрузка. Метод расчета покрытий строится на основе полного веса воздушного судна. В целях осуществления проекта покрытие необходимо рассчитывать с учетом максимального взлетного веса воздушного судна. Методом расчета предусматривается, что 95 процентов полного веса несет на себе главное шасси и 5 процентов - носовое шасси. При расчете требуемой толщины покрытия необходимо использовать величину максимального взлетного веса. Использование величины максимального взлетного веса рекомендуется для обеспечения в расчете определенного запаса прочности и оправдывается тем, что при эксплуатации часто могут возникать отклонения, а также принятием во внимание такого факта, что прогнозирование воздушного движения, в лучшем случае, является ориентировочным. Если не учитывать прибывающие воздушные суда, то некоторая доля такого консерватизма компенсируется.

4.4.10.2 Типы шасси и их геометрические параметры

а. В зависимости от типа и конфигурации шасси определяется метод распределения нагрузки на покрытие и устанавливается характер поведения покрытия в ответ на воздействие веса воздушного судна. Было бы нецелесообразно производить расчет кривых для каждого типа воздушного судна. Однако в связи с тем, что толщина как жесткого, так и нежесткого покрытий зависит от параметров и типа шасси, необходимо использовать индивидуальные расчетные кривые, пока, в целях сокращения числа переменных величин, не могут быть найдены эффективные варианты. Исследования конфигурации шасси, участков площади соприкосновения с пневматикой и давления в используемом пневматике показали, что прослеживается определенное направление, связанное с полным весом воздушного судна. Следовательно, можно сделать логичные предположения и на основе допускаемых данных строить расчетные кривые. Такими допускаемыми данными являются данные, относящиеся к следующему:

1) Воздушные суда с одноколесными опорами шасси. Специальных предположений не требуется.

2) Воздушные суда с опорами шасси со спаренными колесами. Изучение расстояния между опорами шасси со спаренными колесами для данных типов воздушных судов показало, что расстояние между осями пневматиков, равное 20 дюймам (0,51 м), подходит для легких типов воздушных судов, а расстояние между осями пневматики, равное 34 дюймам (0,86 м), подходит для тяжелых типов воздушных судов.

3) Воздушные суда с четырехколесными тележками. Изучение показало, что расстояние между спаренными колесами, равное 20 дюймам (0,51 м), расстояние между тележками, равное 45 дюймам (1,14 м) для более легких воздушных судов, и расстояние между спаренными колесами, равное 30 дюймам (0,76 м), расстояние между тележками, равное 55 дюймам (1,40 м), для более тяжелых воздушных судов - являются нужными расчетными значениями.

4) Широкофюзеляжные воздушные суда. Геометрические параметры широкофюзеляжных воздушных судов, то есть, таких как B-747, DC-10 и L-1011, коренным образом отличаются от геометрических параметров, принятых для воздушных судов с опорами шасси с четырехколесными тележками, упомянутыми выше в п. 3. В связи с ощутимыми различиями в полном весе и геометрических параметрах шасси для широкофюзеляжных типов воздушных судов построены отдельные расчетные кривые.

b. В зависимости от конфигурации шасси и полного веса давление в пневматике варьируется от 75 до 200 фунтов/кв. дюйм (от 0,52 до 1,38 МПа). Необходимо отметить, что давление в пневматике предполагает меньшее воздействие на напряжение покрытия по мере увеличения полного веса, а допускаемое максимальное значение, равное 200 фунтам/кв.дюйм (1,38 МПа), может быть превышено, если не превышаются другие параметры.

4.4.10.3 Объем воздушного движения. Для расчета покрытий необходимо прогнозирование вылетов воздушных судов за год. Информацию о выполнении полетов воздушными судами можно получить в следующих изданиях: "Генеральные планы аэропортов", "Прогнозирование полетов в районе аэропорта", "Национальный план системы аэропортов", "Статистические данные о деятельности аэропортов" и "Деятельность FAA в области воздушного движения". Следует использовать указанные публикации при составлении прогнозов вылетов по типам воздушных судов.

4.4.11 Выбор расчетного воздушного судна

4.4.11.1 Прогнозирование вылетов по типам воздушных судов на год приведет к составнию перечня различных воздушных судов. Расчетное воздушное судно следует выбирать, спользуя за основу такую конструкцию, которая потребует наибольшей толщины покрытия. аждый тип воздушного судна, включенный в прогнозирование, необходимо проверить с целью определения необходимой толщины покрытия, используя соответствующую расчетную кривую с прогнозируемым числом вылетов данного воздушного судна за год. Тип воздушного судна, для которого требуется наибольшая толщина покрытия, является расчетным воздушным судном. Расчетное воздушное судно не обязательно должно быть самым тяжелым воздушным судном при составлении прогнозов.

4.4.12 Определение эквивалентного количества ежегодных вылетов на расчетное воздушное судно

4.4.12.1 Так как в прогнозирование воздушного движения включен целый ряд воздушных судов, имеющих различные типы шасси и различный вес, то влияние всего воздушного движения необходимо рассматривать, отталкиваясь от расчетного воздушного судна. Во-первых, все воздушные суда должны быть приведены к тому же типу шасси, что и у расчетного воздушного судна. Для перевода одного типа шасси в другой необходимо использовать следующие переводные коэффициенты:

Перевод шасси с	На шасси с	Количество вылетов умножить на:
одиночным колесом	спаренным колесом	0,8
одиночным колесом	четырехколесной тележкой	0,5
спаренным колесом	четырехколесной тележкой	0,6
спаренной четырехколесной тележкой	четырехколесной тележкой	1,0
четырехколесной тележкой	одиночным колесом	2,0
четырехколесной тележкой	спаренным колесом	1,7
спаренным колесом	одиночным колесом	1,3
спаренной четырехколесной тележкой	спаренным колесом	1,7

Во-вторых, после того как воздушные суда собраны в группы с одинаковой конфигурацией шасси, определение эквивалентного количества ежегодных вылетов расчетного воздушного судна следует осуществлять путем использования следующей формулы:

$$\log R_1 = \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{2}},$$

где R_1 - эквивалентное количество ежегодных вылетов расчетного воздушного судна,

R_2 - ежегодное количество вылетов на шасси расчетного воздушного судна,

W_1 - нагрузка на опору колеса расчетного воздушного судна,

W_2 - нагрузка на опору колеса рассматриваемого воздушного судна.

В целях приведенных расчетов допускается, что 95 процентов полного веса воздушного судна приходится на его главное шасси. Для широкофюзеляжных воздушных судов данному расчету следует уделять особое внимание. Рассматриваемая выше процедура представляет собой относительную оценку, с помощью которой сравниваются различные воздушные суда с общепринятым расчетным воздушным судном. Так как широкофюзеляжные суда по сравнению с другими воздушными судами коренным образом отличаются по конструкции различных видов шасси, то для того, чтобы достичь относительных результатов, необходимы соответствующие выкладки. При расчете эквивалентного количества ежегодных вылетов это делается путем рассмотрения каждого широкофюзеляжного воздушного судна как воздушное судно, имеющее вес 300 000 фунтов (136 100 кг) и снабженное шасси с четырехколесной тележкой. Это необходимо делать в каждом случае, даже если расчетное воздушное судно является широкофюзеляжным. После того, как определено эквивалентное количество ежегодных вылетов, необходимо продолжить расчет, используя соответствующую расчетную кривую для заданного расчетного воздушного судна. Например, если широкофюзеляжное воздушное судно является расчетным, то все эквивалентое количество вылетов следует определять так, как указано выше; затем для широкофюзеляжного воздушного судна необходимо использовать расчетную кривую вместе с полученными данными об эквивалентном количестве ежегодных вылетов.

4.4.12.2 Пример. Допустим, что аэропортовое покрытие рассчитывается для следующих типов воздушных судов, включенных в прогнозирование:

Тип воздушного судна	Тип шасси	Прогноз количества ежегодных вылетов	Максимальный взлетный вес (фунты)	(кг)
727-100	спаренное колесо	3 760	160 000	(72 600)
727-200	спаренное колесо	9 080	190 500	(86 500)
707-320B	четырехколесная тележка	3 050	327 000	(148 500)
DC-9-30	спаренное колесо	5 800	108 000	(49 000)
CV-880	четырехколесная тележка	400	184 500	(83 948)
737-200	спаренное колесо	2 650	115 500	(52 440)
L-1011-100	четырехколесная тележка	1 710	450 000	(204 120)
747-100	спаренная четырех-колесная тележка	85	700 000	(317 800)

Вывод: а) Определение расчетного воздушного судна. Толщина покрытия рассчитывается для каждого воздушного судна, учитываемого в прогнозировании с использованием соответствующих расчетных кривых. Входные данные, характеризующие покрытие, CBR, величину k, данные о прочности на изгиб и т.д., должны быть одинаковыми для всех воздушных судов. Вес воздушного судна и количество вылетов должны соответствовать определенному расчету воздушного судна в прогнозировании. В данном случае для воздушного судна типа 727-200 требуется наибольшая толщина покрытия, следовательно, оно будет расчетным.

b) Прогнозирование движения по группам в зависимости от конфигурации шасси в расчетном воздушном судне. Для данного примера характерно то, что расчетное воздушное судно оборудовано шасси со спаренными колесами, таким образом все воздушные суда должны быть объединены в группу воздушных судов, имеющих конфигурацию шасси со спаренными колесами.

c) Перевод количества вылетов воздушного судна в эквивалентное количество ежегодных вылетов расчетного воздушного судна. После того как воздушные суда объединены в одну группу воздушных судов, имеющих общую конфигурацию шасси, можно произвести расчет эквивалентного количества ежегодных вылетов на расчетное воздушное судно.

Тип воздушного судна	Количество вылетов воздушного судна, имеющего шасси со спаренными колесами	Нагрузка на колесо (фунты)	(кг)	Нагрузка на колесо расчетного воздушного судна (фунты)	(кг)	Эквивалентное количество ежегодных вылетов на расчетное воздушное судно
727-100	3 760	38 000	(17 240)	45 240	(20 520)	1 891
727-200	9 080	45 240	(20 520)	45 240	(20 520)	9 080
707-320B	5 185	38 830	(17 610)	45 240	(20 520)	2 764
DC-9-30	5 800	25 650	(11 630)	45 240	(20 520)	682
CV-880	680	21 910	(9 940)	45 240	(20 520)	94
737-200	2 650	27 430	(12 440)	45 240	(20 520)	463
747-100	145	35 625*	(16 160)	45 240	(20 520)	83
L-1011-100	2 907	35 625*	(16 160)	45 240	(20 520)	1 184
					Общее количество	16 241

* При расчете эквивалентного количества ежегодных вылетов за величину нагрузки на колесо широкофюзеляжного воздушного судна принимается нагрузка на колеса воздушного судна весом 300 000 фунтов (136 100 кг).

d) В этом случае покрытие проектируется с расчетом выполнения 16 000 ежегодных вылетов воздушного судна, имеющего шасси со спаренными колесами, весом 190 500 фунтов (86 500 кг). При рассмотрении глубины уплотнения, толщины асфальтового покрытия, структуры водоотвода и т.д. среди воздушных судов в расчете необходимо предусматривать, однако, наиболее тяжелое воздушное судно.

4.4.13 Проектирование нежесткого покрытия

4.4.13.1 Нежесткое покрытие состоит из битумной несущей поверхности, уложенной на слой основания, а если позволяют условия грунтового основания, на подстилающий (нижний) слой. В конечном счете, вся структура нежесткого покрытия удерживается грунтовым основанием. Определения функции различных компонентов приведены в указанных ниже пунктах. Для некоторых типов воздушных судов основание и подстилающий слой формируются из стабилизированных материалов. Требования, предъявляемые к стабилизированному основанию и подстилающему слою, также рассматриваются в п. 4.4.15.

4.4.13.2 Применение расчетных кривых при проектировании нежесткого покрытия требует использования значения CBR для материалов грунтового основания, подстилающего слоя, а также использования веса расчетного воздушного судна и числа ежегодных вылетов расчетного воздушного судна. Расчетные кривые, представленные на рис. 4-36 - 4-44, отражают общую толщину требуемого покрытия и толщину битумной поверхности. На рис. 4-45 показаны минимальная толщина подстилающего слоя для данной общей толщины покрытия и значения CBR. Если количество ежегодных вылетов превышает 25 000, то общая толщина покрытия должна быть увеличена в соответствии с положениями п. 4.4.24, а поверхность битумного покрытия увеличена на 1 дюйм (3 см).

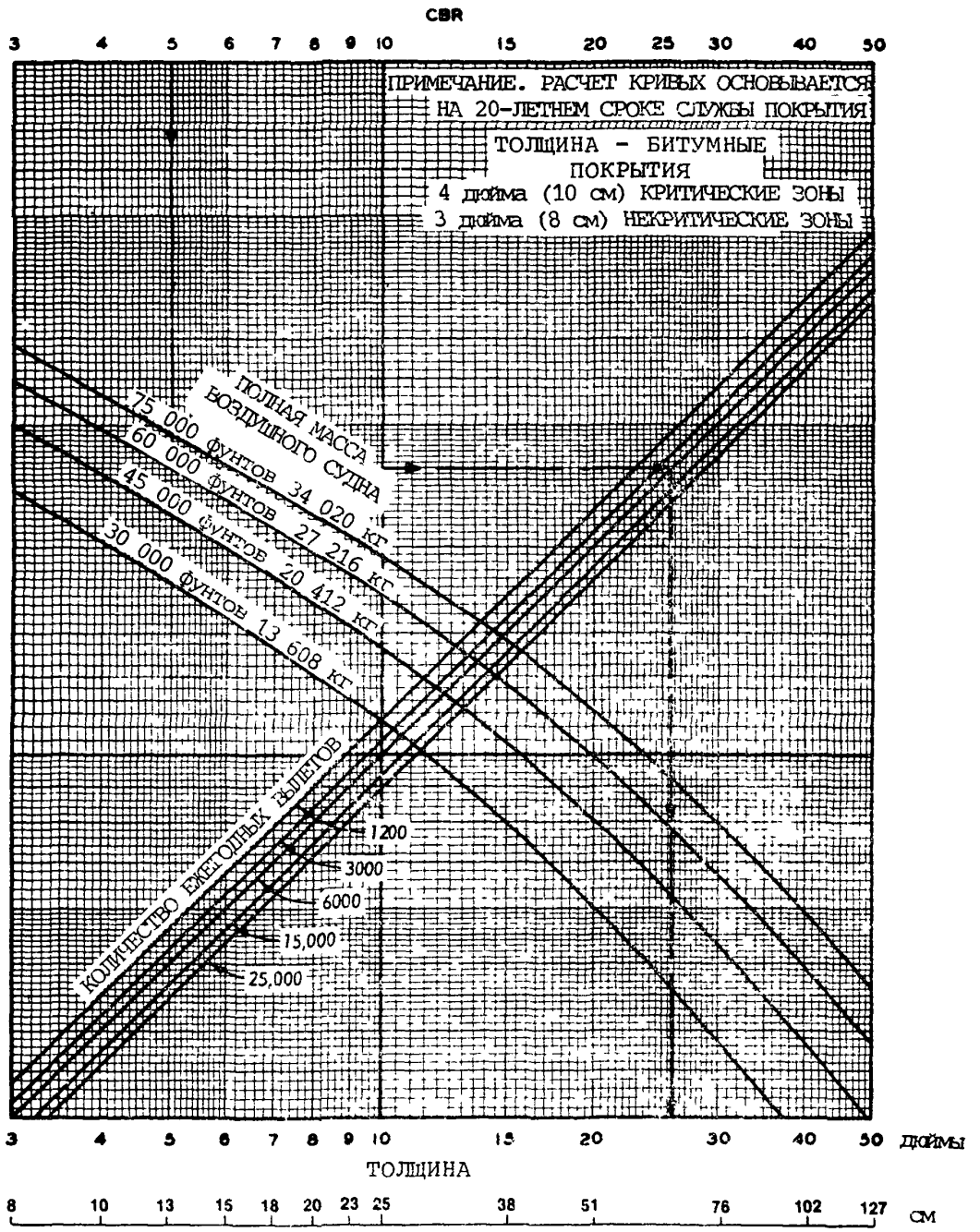


Рис. 4-36. Расчетные кривые нежесткого покрытия для критических зон - шасси с одинарными колесами

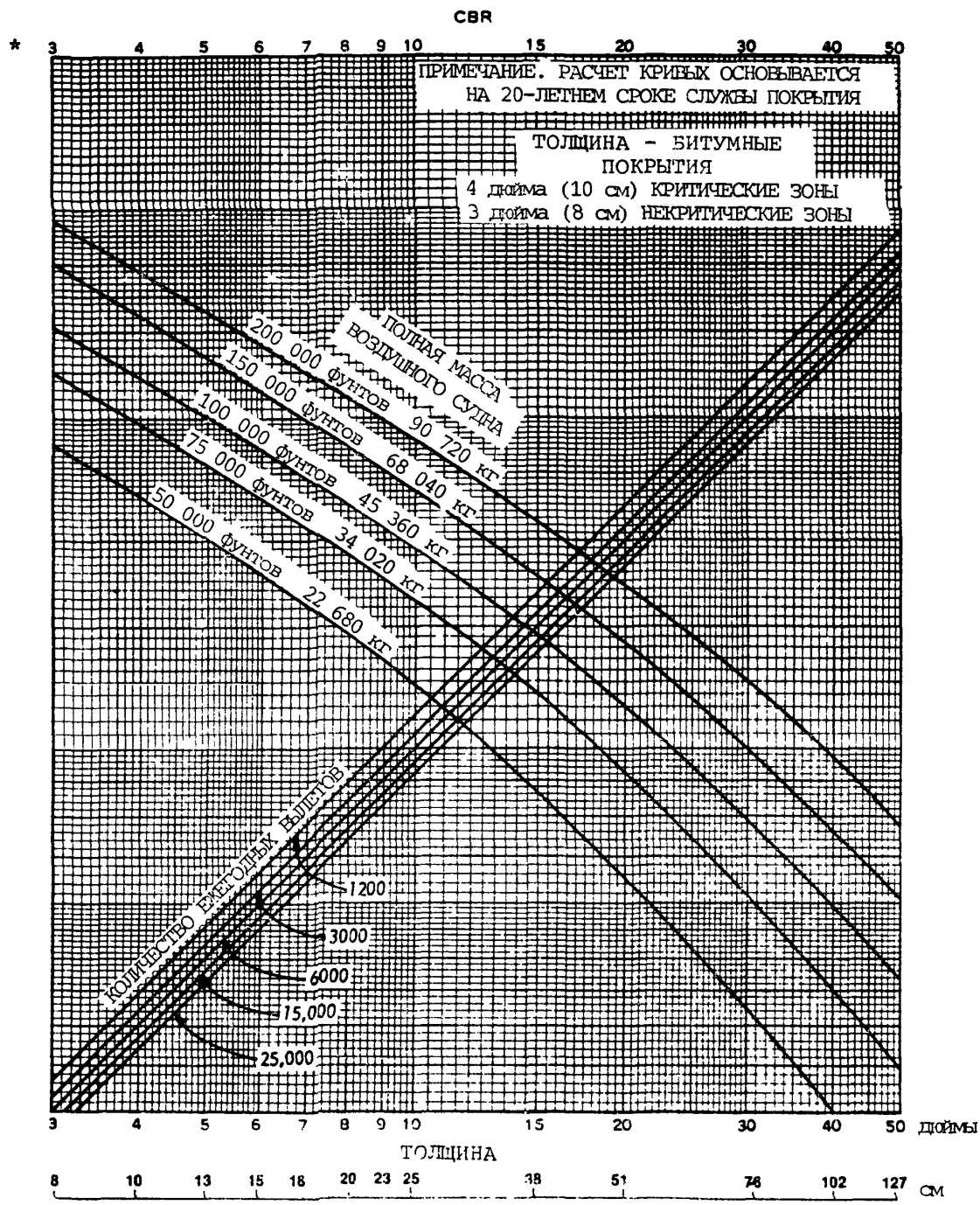


Рис. 4-37. Расчетные кривые нежесткого покрытия для критических зон - шасси со спаренными колесами

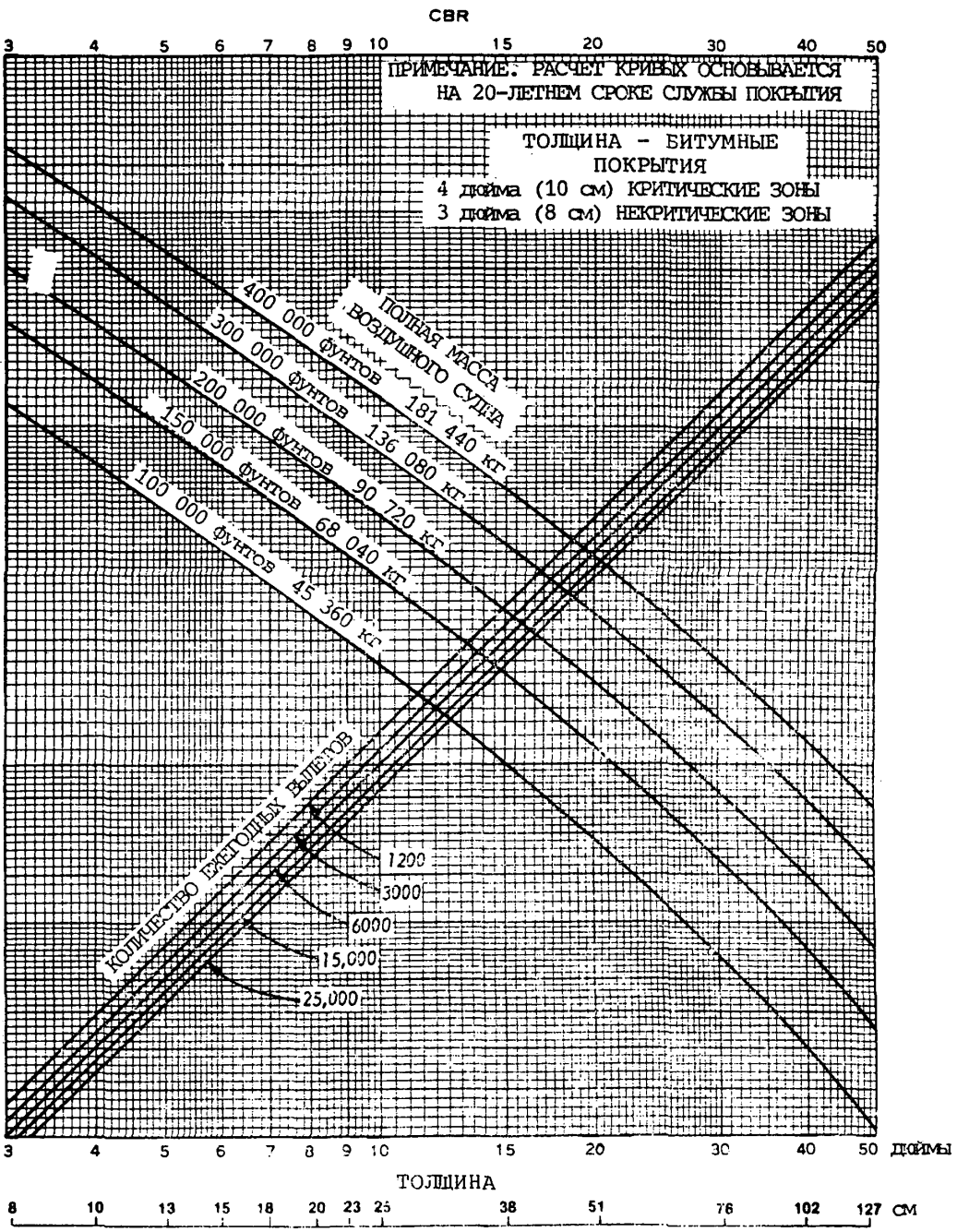


Рис. 4-38. Расчетные кривые нежесткого покрытия для критических зон - шасси с четырехколесными тележками

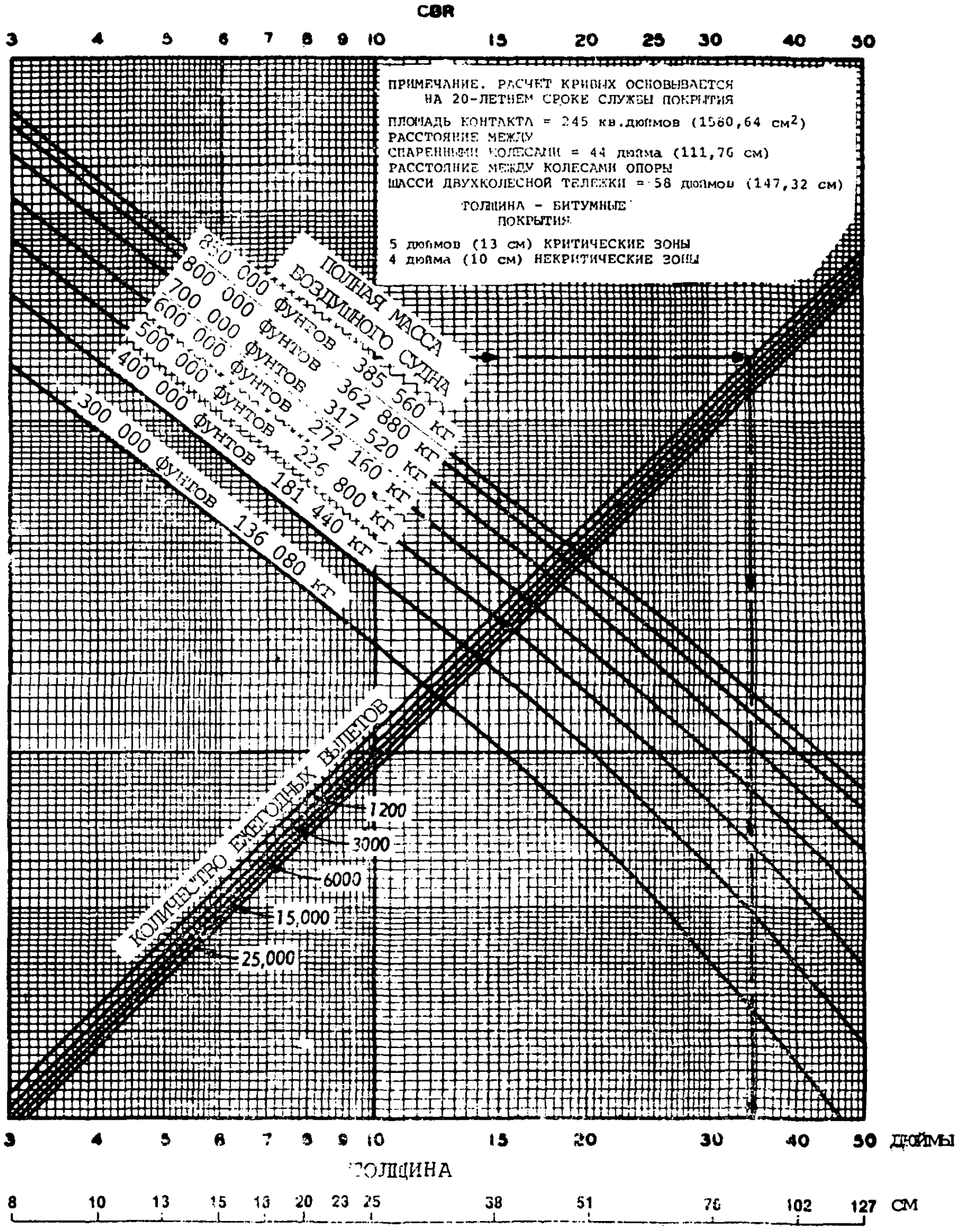


Рис. 4-39. Расчетные кривые нежестких покрытий для критических зон - B-747-100, SR, 200 B, C, F

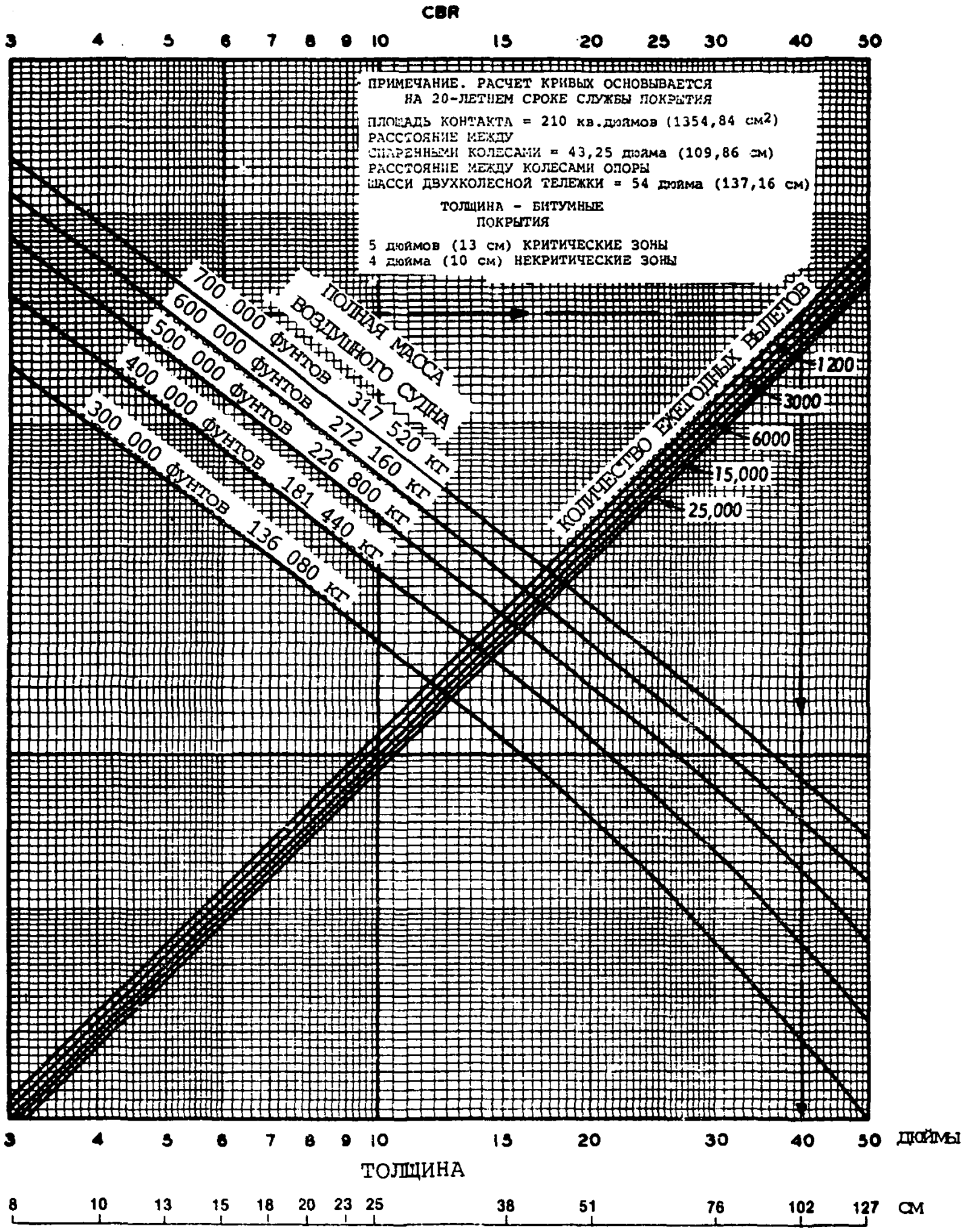


Рис. 4-40. Расчетные кривые нежесткого покрытия для критических зон - B-747-SP

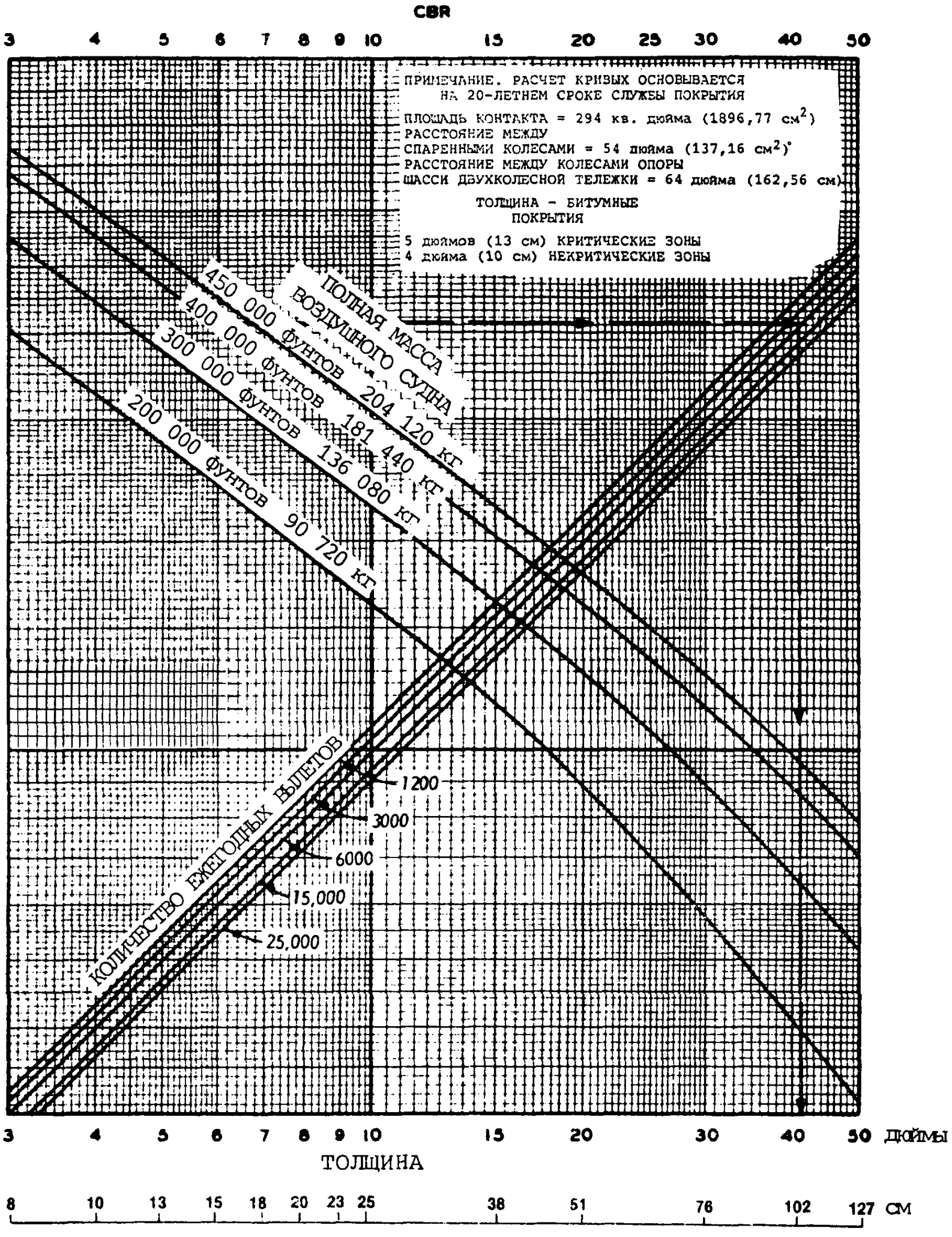


Рис. 4-41. Расчетные кривые нежесткого покрытия для критических зон - DC10-10, 10CF

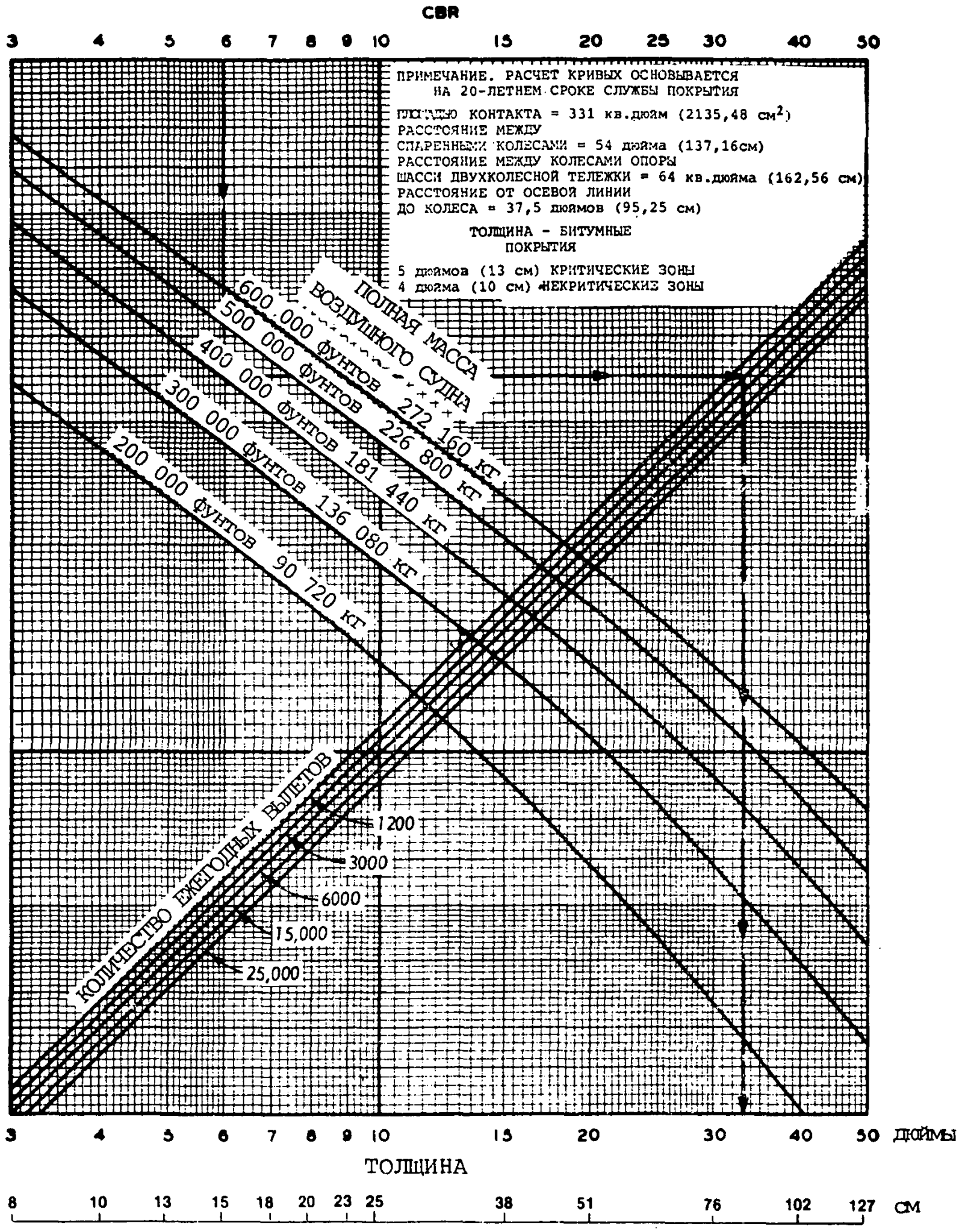


Рис. 4-42. Расчетные кривые нежесткого покрытия для критических зон - DC 10-30, 30CF, 40, 40CF

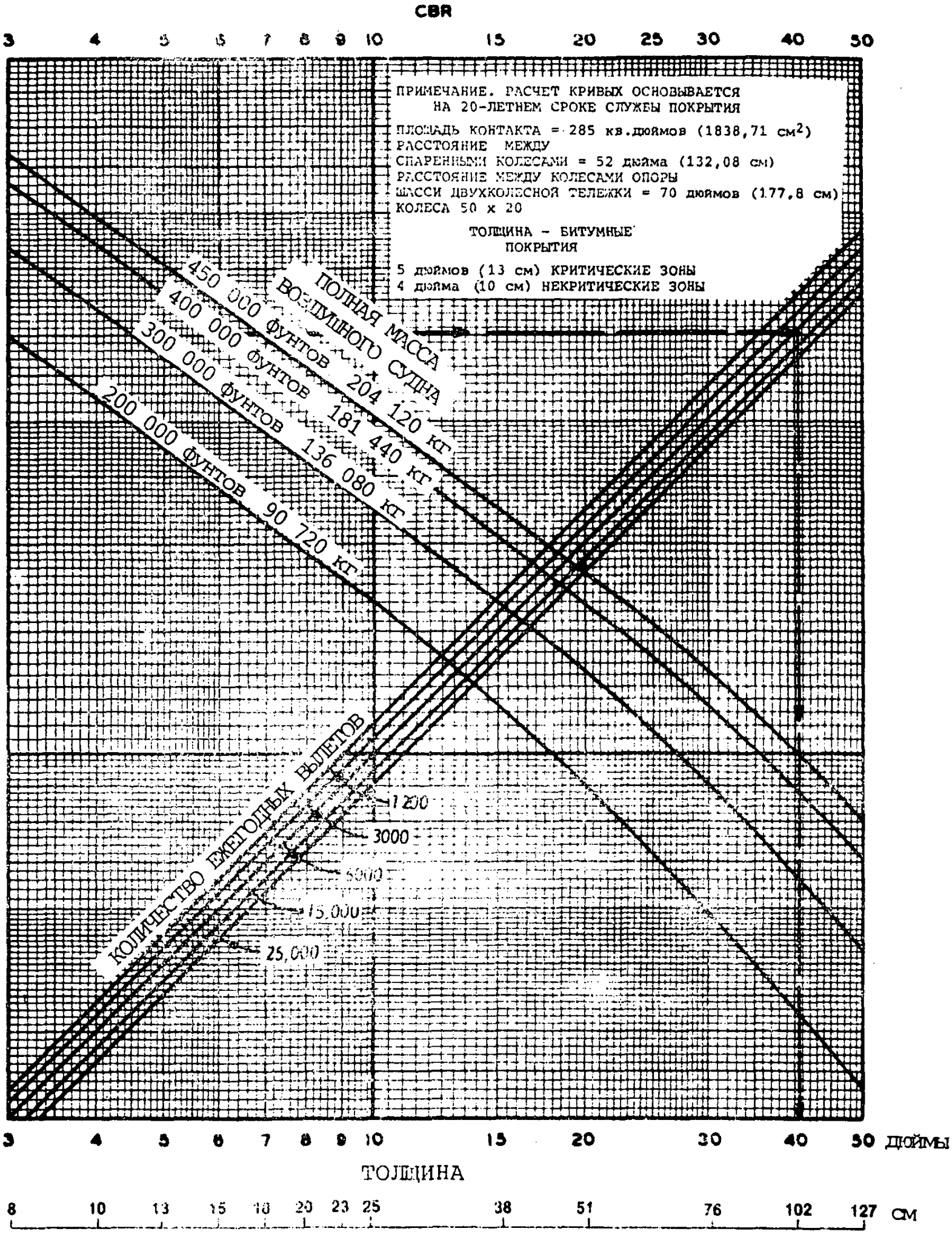


Рис. 4-43. Расчетные кривые нежесткого покрытия для критических зон - L-1011, 100

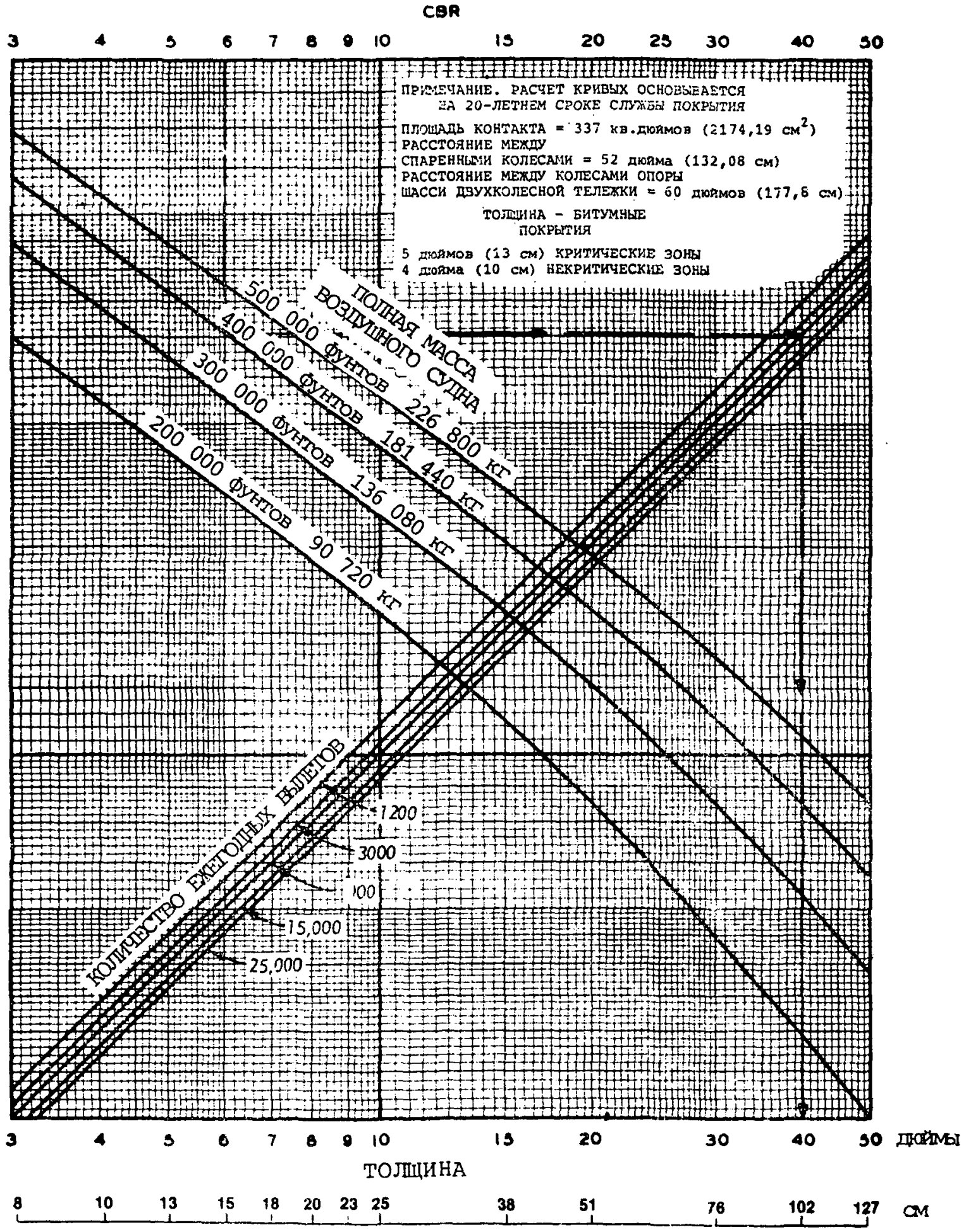


Рис. 4-44. Расчетные кривые нежесткого покрытия для критических зон - L-1011-100, 200

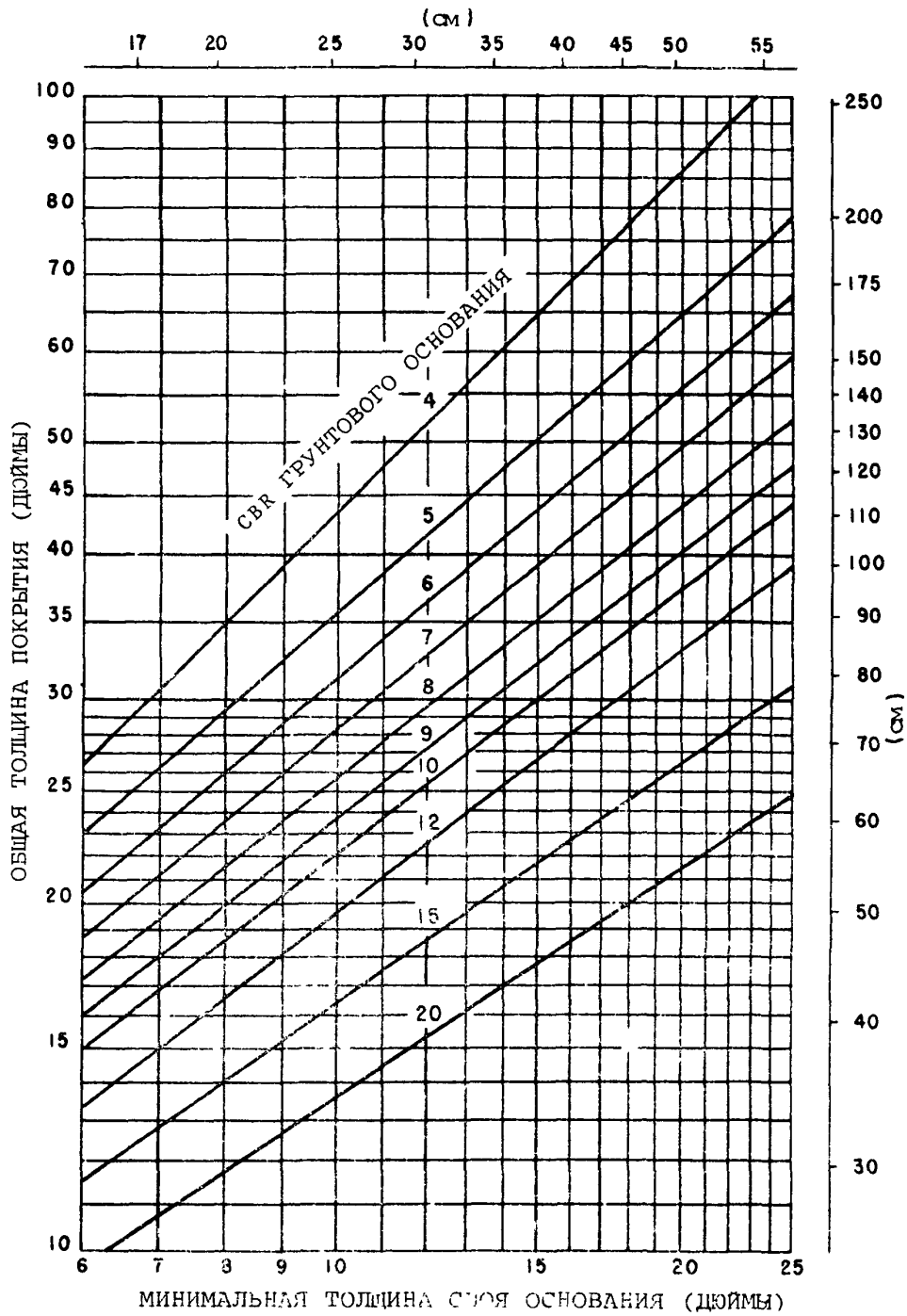


Рис. 4-45. Требования к минимальной толщине слоя основания

4.4.14 Критические и некритические зоны

4.4.14.1 Расчетные кривые, указанные на рис. 4-36 - 4-44, используются для определения общей критической толщины покрытия, величины "Т" и требований, предъявляемых к верхнему слою. Значение 0,9Т для некритических покрытий относится к слою основания и подстилающему слою; толщина верхнего слоя составляет величину, которая отражена на расчетных кривых. Что касается изменяющегося профиля переходного слоя и тонкой кромки, то их уменьшение влияет только на слой основания. Толщина основания, равная 0,7Т, - минимально допустимая, а толщина подстилающего слоя должна увеличиваться и изменяться для обеспечения позитивного водоотвода с поверхности грунтового основания. При величине частиц, равной 0,5 дюйма или более, используется последующее более высокое целое число, при величине частиц менее 0,5 дюйма используется последующее меньшее число.

4.4.15 Стабилизированное основание и подстилающий слой

4.4.15.1 Стабилизированное основание и подстилающий слой необходимы для создания новых покрытий, рассчитанных на реактивные воздушные суда весом 100 000 фунтов (45 350 кг) или более. Такие стабилизированные слои могут заменить гранулированные слои, которые характеризуются теми же коэффициентами эквивалентности, какие рассматриваются в п. 4.4.16. Приводится диапазон значений коэффициентов эквивалентности в связи с тем, что коэффициент зависит от ряда величин, таких как толщина слоя, вид и количество стабилизирующего вещества, расположение стабилизированного слоя в структуре покрытий и т.п.

4.4.15.2 Исключения из указанного правила, которое требует наличия стабилизированного основания и подстилающего слоя, должны быть основаны на подтвержденных характеристиках гранулированного материала. Подтвержденные характеристики основываются на опыте использования соответствующих аэропортовых покрытий с применением указанных материалов. Необходимо, чтобы опыт использования покрытий был получен в результате испытания нагрузкой, создаваемой весом воздушных судов, а также в соответствующих климатических условиях, которые можно сравнить с ожидаемыми.

4.4.15.3 Другие исключения могут быть сделаны на основе используемых материалов более высокого качества, такие как 100-процентный раскрошенный твердый гранулированный камень. В увлажненном пористом слое указанные материалы должны обладать минимальным значением CBR для слоя основания равным 100 и для подстилающего - 35. В зонах, подвергающихся замерзанию, дополнительно к требованиям, предъявляемым к CBR, материалы должны также отвечать результатам испытаний на промерзаемость и морозоустойчивость.

4.4.15.4 Общая минимальная толщина покрытия не должна быть меньше общей толщины покрытия, которая предусматривается значением CBR, равным 20 для подстилающего слоя на соответствующей расчетной кривой. Если используется цементная основа, то могут появляться трещины. Толщина верхнего слоя битумного покрытия не должна быть меньше 4 дюймов (10 см) для того, чтобы снизить процент появления трещин, если используется цементное основание.

4.4.16 Стабилизированный подстилающий слой и коэффициенты эквивалентности основания

4.4.16.1 Стабилизированные подстилающие слои, используемые при сооружении нежестких покрытий, обеспечивают некоторые структурные преимущества. Эти преимущества могут быть выражены в форме коэффициентов эквивалентности, которые выражают отношения толщины заменяемого слоя к различным стабилизированным слоям. Толщина стабилизированного материала может быть вычислена путем деления величины, отражающей толщину гранулированного подстилающего слоя, на коэффициент эквивалентности. Диапазон коэффициентов приводится ниже в таблице 4-9.

Таблица 4-9. Рекомендуемый диапазон коэффициентов эквивалентности стабилизированного подстилающего слоя

Материал	Диапазон коэффициентов эквивалентности
Битумный верхний слой	1,7 - 2,3
Битумный слой основания	1,7 - 2,3
Битумный слой основания, укладываемый в холодном виде	1,5 - 1,7
Слой основания, приготовляемый на месте	1,5 - 1,7
Слой основания с добавлением цемента	1,6 - 2,3
Слой основания с добавлением грунта и цемента	1,5 - 2,0
Слой основания, содержащий дробленый заполнитель	1,4 - 2,0
Подстилающий слой, содержащий гравий	1,0

При определении коэффициентов эквивалентности, указанный выше CBR подстилающего слоя, содержащего гравий, принимается за 20.

4.4.16.2 Стабилизированные слои основания придают нежесткому покрытию такие же структурные преимущества, что и стабилизированный подстилающий слой. Указанные преимущества выражаются в виде коэффициентов эквивалентности, аналогичных тем, которые приводятся для стабилизированного подстилающего слоя. Указанные коэффициенты используются для определения толщины стабилизированного основания путем деления величины, предъявляемой к гранулированному основанию, на коэффициент эквивалентности. Диапазон коэффициентов эквивалентности приводится ниже в таблице 4-10.

Таблица 4-10. Рекомендуемый диапазон коэффициентов эквивалентности стабилизированного основания

Материал	Диапазон коэффициентов эквивалентности
Битумный верхний слой	1,2 - 1,6
Битумный слой основания	1,2 - 1,6
Битумный слой основания, уложенный в холодном состоянии	1,0 - 1,2
Слой основания, приготовляемый на месте	1,0 - 1,2
Слой основания, содержащий цемент	1,2 - 1,6
Слой основания, содержащий смесь грунта и цемента	не имеется
Слой основания, содержащий дробленый заполнитель	1,0
Подстилающий слой	не имеется

Коэффициенты эквивалентности, указанные выше для слоя основания, содержащего дробленый заполнитель, имеют значение CBR, равное 80.

4.4.17 Пример расчетных величин

4.4.17.1 В качестве примера, показывающего использование расчетных кривых, можно привести нежесткое покрытие, рассчитываемое для воздушных судов, имеющих шасси со спаренными колесами и полную массу 75 000 фунтов (34 000 кг) и выполнивших 6000 ежегодных эквивалентных взлетов, предусматриваемых для расчетного воздушного судна. Расчетные величины CBR для подстилающего слоя и грунтового основания соответственно будут равны 20 и 6.

4.4.17.2 Общая толщина покрытия. Общая толщина требуемого покрытия определяется в соответствии с рис. 4-37. Построить верхнюю абсциссу, используя значение CBR грунтового основания, равное 6; необходимо провести вертикальную прямую вниз, где указано значение полного веса расчетного воздушного судна, равное 75 000 фунтам (34 000 кг); из точки пересечения вертикальной проекции с линией, где обозначен полный вес воздушного судна, провести горизонтальную проекцию к значению 6000, соответствующему количеству ежегодных эквивалентных вылетов; из точки пересечения горизонтальной проекции с линией, обозначающей количество ежегодных вылетов, провести вертикальную проекцию вниз к нижней абсциссе, затем получить общую толщину покрытия, в данном случае, равную 21,3 дюйма (51,2 см).

4.4.17.3 Толщина подстилающего слоя. Толщина подстилающего слоя определяется по аналогии с определением общей толщины покрытия. Используя рис. 4-37, построим верхнюю абсциссу с расчетом значения CBR для подстилающего слоя, равным 20. Схема используется так же, как указано выше в п. 4.4.17.2, то есть строится вертикальная проекция к обозначению полного веса воздушного судна, горизонтальная проекция к обозначению количества ежегодных вылетов и вертикальная проекция к нижней абсциссе. В данном случае определяемая толщина равна 8,6 дюйма (21,8 см). Это означает, что общая толщина битумного верхнего слоя и требуемого слоя основания, с учетом того, что значение CBR подстилающего слоя выше 20, равна 8,6 дюйма (21,8 см); таким образом имеем следующую толщину подстилающего слоя: 21,3 - 8,6 = 12,7 дюйма (32,2 см).

4.4.17.4 Толщина битумной поверхности. Как указано в примечании на рис. 4-37, толщина битумной поверхности для критических зон составляет 4 дюйма (10 см), а для некритических зон 3 дюйма (8 см).

4.4.17.5 Толщина слоя основания. Толщина слоя основания может быть вычислена путем вычитания значения толщины битумной поверхности из общего значения толщины поверхности и основания, определенного в указанном выше п. 4.4.17.3; в данном случае слой основания равен 8,6 - 4,0 = 4,6 дюйма (11,7 см). Определенную таким образом толщину слоя основания необходимо сравнить с требуемой минимальной толщиной слоя основания, как указано на рис. 4-45. Необходимо отметить, что для критических зон минимальная толщина слоя основания составляет 6 дюймов (15 см). Нанесем на левой ординате (рис. 4-45) величину общей толщины покрытия, как указано выше в п. 4.4.17.2, в данном случае 21,3 дюйма (51,2 см). Проведем горизонтальную проекцию к прямой, где указано значение CBR грунтового основания, в данном случае 6. Из точки пересечения горизонтальной проекции с прямой CBR грунтового основания проведем вертикальную проекцию вниз до нижней абсциссы и получим значение минимальной толщины слоя основания, в данном случае потребуется минимальная толщина, равная 6 дюймам (15 см). Дополнительная толщина основания, в соответствии с рис. 4-45 по сравнению с ранее произведенным вычислением, получена на основании толщины подстилающего слоя, которая не учтена в общей толщине покрытия; в данном случае 12,7 - 1,4 = 11,3 дюйма (28,7 см).

4.4.17.6 Толщина некритических зон. Общая толщина покрытия для некритических зон определяется путем сложения 0,9 величины критического основания покрытия и толщины подстилающего слоя с величиной, характеризующей толщину битумной поверхности, приведенной на расчетной схеме. Для утонченной кромки критических и некритических покрытий коэффициент 0,7Т применяется лишь к слою основания в связи с тем, что в подстилающем слое необходимо предусматривать поперечный водоотвод.

4.4.17.7 Итоги. Значение толщины, определенное в вышеуказанных пунктах, необходимо округлять до четных инкрементов. Если существуют условия, характеризующиеся вредным воздействием низких температур, необходимо провести еще один анализ. Окончательными значениями расчетной толщины в данном случае будут следующие:

Требования, предъявляемые к толщине

	Критическая толщина		Некритическая толщина	
	дюймы	(см)	дюймы	(см)
Битумная поверхность	4	(10)	3	(8)
Слой основания	6	(15)	5	(13)
Подстилающий слой	11	(28)	10	(25)
Поперечный водоотвод	0	(0)	3	(8)

Так как в данном случае вес расчетного воздушного судна составляет менее 100 000 фунтов (45 300 кг), то не требуется укладка стабилизированного основания и подстилающего слоя, но если нужно, они могут использоваться.

4.4.18 Расчет жестких покрытий

4.4.18.1 Расчетные кривые для жестких покрытий аналогичны расчетным кривым для нежестких покрытий, то есть они соответствуют отдельным кривым, которые рассчитываются для шасси с одинарными колесами, спаренными колесами и четырехколесными тележками, а также отдельным кривым для широкофюзеляжных воздушных судов (см. рис. 4-46 - 4-54). Расчет кривых основывается на предположениии о распределении нагрузки на стыки кромок, где нагрузка направлена по касательной к стыку. Использование расчетных кривых требует ввода следующих четырех параметров: прочности на изгиб бетонных покрытий, модуля грунтового основания, полного веса расчетного воздушного судна и количества ежегодных вылетов расчетного воздушного судна. Расчетные кривые жесткого покрытия отражают только толщину бетонного основания. Толщина других компонентов структуры жесткого покрытия должна определяться отдельно.

4.4.18.2 Прочность на изгиб бетонных покрытий. Требуемая толщина бетонного покрытия связана с прочностью бетона, используемого при сооружении покрытия. Прочность бетона устанавливается с помощью метода определения прочности на изгиб, так как основным свойством бетонной плиты покрытия является способность прогибаться. Прочность на изгиб бетонного покрытия следует определять путем испытания методом ASTM C-78. Для расчета покрытия обычно используются данные о прочности на изгиб, получаемые за 90-дневный период. Проектировщик может надежно рассчитывать на то, что прочность на изгиб в результате 90-дневного испытания будет на 10 процентов выше, чем прочность на изгиб в результате проведения 28-дневного испытания.

4.4.18.3 Величина k. Величина k фактически является постоянной упругости материала, используемого в качестве основы жесткого покрытия, и представляет собой показатель несущей способности опорного материала.

4.4.18.4 Полный вес воздушного судна. Полный вес расчетного воздушного судна показан на каждой расчетной кривой. Расчетные кривые сгруппированы в соответствии с основным типом шасси, исключение представляют широкофюзеляжные воздушные суда, которые показаны на отдельных кривых. На всех кривых показан широкий диапазон значений полного веса для облегчения любой интерполяции, какая может потребоваться. Во всех случаях указанный диапазон полного веса соответствующим образом охватывает значения веса имеющихся воздушных судов.

4.4.18.5 Количество ежегодных вылетов расчетного воздушного судна. Четвертым параметром, который вводится, является количество ежегодных вылетов расчетного воздушного судна. Количество вылетов необходимо определять путем использования процедуры, указанной в п. 4.4.12.

4.4.18.6 Применение расчетных кривых. Расчетные кривые жесткого покрытия строятся таким образом, чтобы расчетные данные вводились в том же порядке, в каком они рассматривались выше. Прочность бетона на изгиб является первым таким показателем. На левой ординате даются значения прочности бетона на изгиб. Строится горизонтальная проекция до пересечения ею соответствующей линии модуля. Из точки пересечения строится вертикальная проекция к соответствующему значению полного веса расчетного воздушного судна. Горизонтальная проекция строится к правой ординате, показывающей количество ежегодных вылетов. Толщина покрытия показана на соответствующей линии ежегодных вылетов. Указанная толщина покрытия относится только к толщине бетонного покрытия, исключая подстилающий слой.

4.4.19 Требования к подстилающему слою

4.4.19.1 Цель подстилающего слоя под жесткое покрытие заключается в том, чтобы обеспечить единообразную устойчивую опору для плит покрытия. Под все жесткие покрытия требуется подстилающий слой толщиной минимально в 4 дюйма (10 см), за исключением того, что показано в таблице 4-11 ниже:

Таблица 4-11. Условия, при которых подстилающий слой не требуется

Классификация грунта	Хороший водоотвод		Плохой водоотвод	
	Отсутствие морозостойкости	Морозостойкость	Отсутствие морозостойкости	Морозостойкость
GW	X	X	X	X
GP	X	X	X	
CM	X			
GC	X			
SW	X			

4.4.19.2 При экономическом подходе излишняя толщина подстилающего слоя в четыре дюйма 10 (см) может быть использована для увеличения модуля реакции грунта и уменьшения требуемой толщины необходимого бетона.Затраты по обеспечению дополнительной толщины подстилающего слоя необходимо взвешивать по отношению к экономии в толщине бетона. Ниже перечисляются материалы, пригодные для подстилающих слоев под жесткие покрытия:

Подстилающий слой, содержащий гравий

Битумный слой основания

Слой основания, содержащий заполнитель

Слой основания, содержащий дробленый заполнитель

Слой основания с добавлением грунта и цемента

Слой основания с добавлением цемента

4.4.19.3 Определение величины K для гранулированного подстилающего слоя. На рис. 4-35 показано вероятное увеличение в величине K, саязанной с различной толщиной различных материалов подстилающего слоя. Данные, указанные на рис. 4-35 предназначены для применения, когда подстилающий слой состоит из нестабилизированных гранулированных материалов. Величины, показанные на рис. 4-35 рассматриваются в качестве исходных данных и могут регулироваться местными условиями.

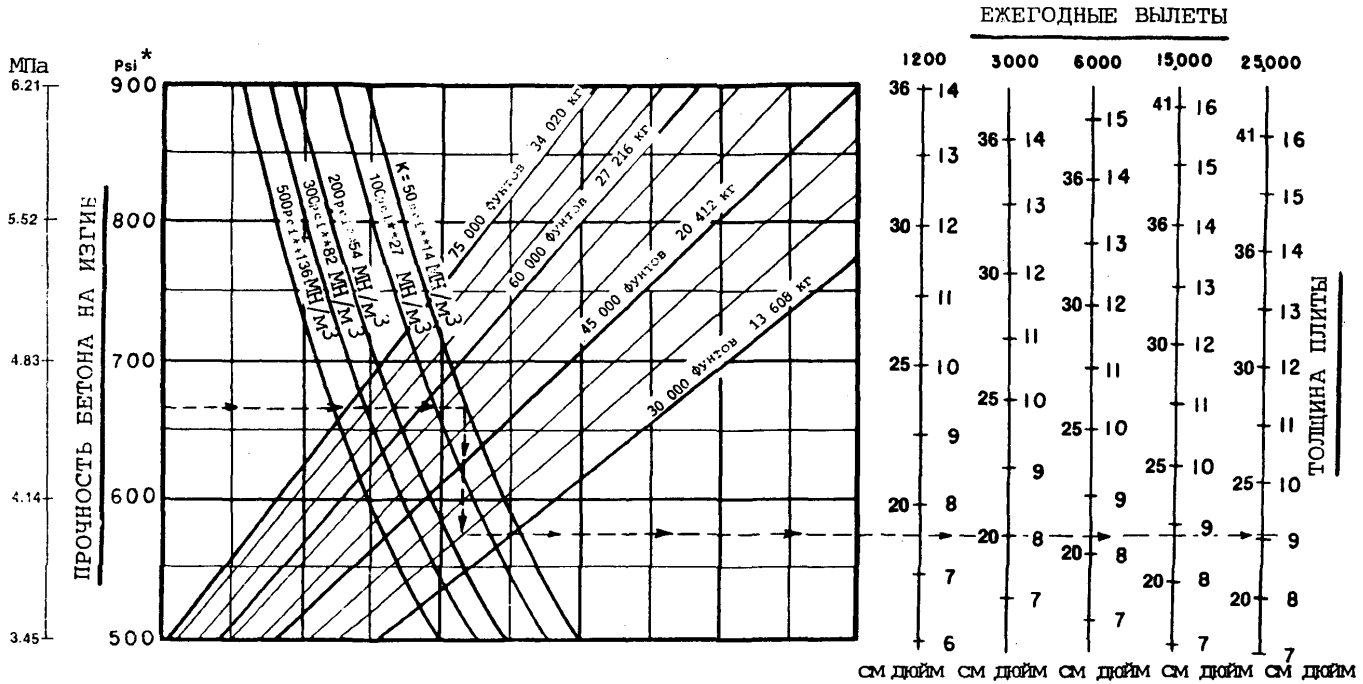


Рис. 4-46. Расчетные кривые жестких покрытий - шасси с одинарными колесами

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

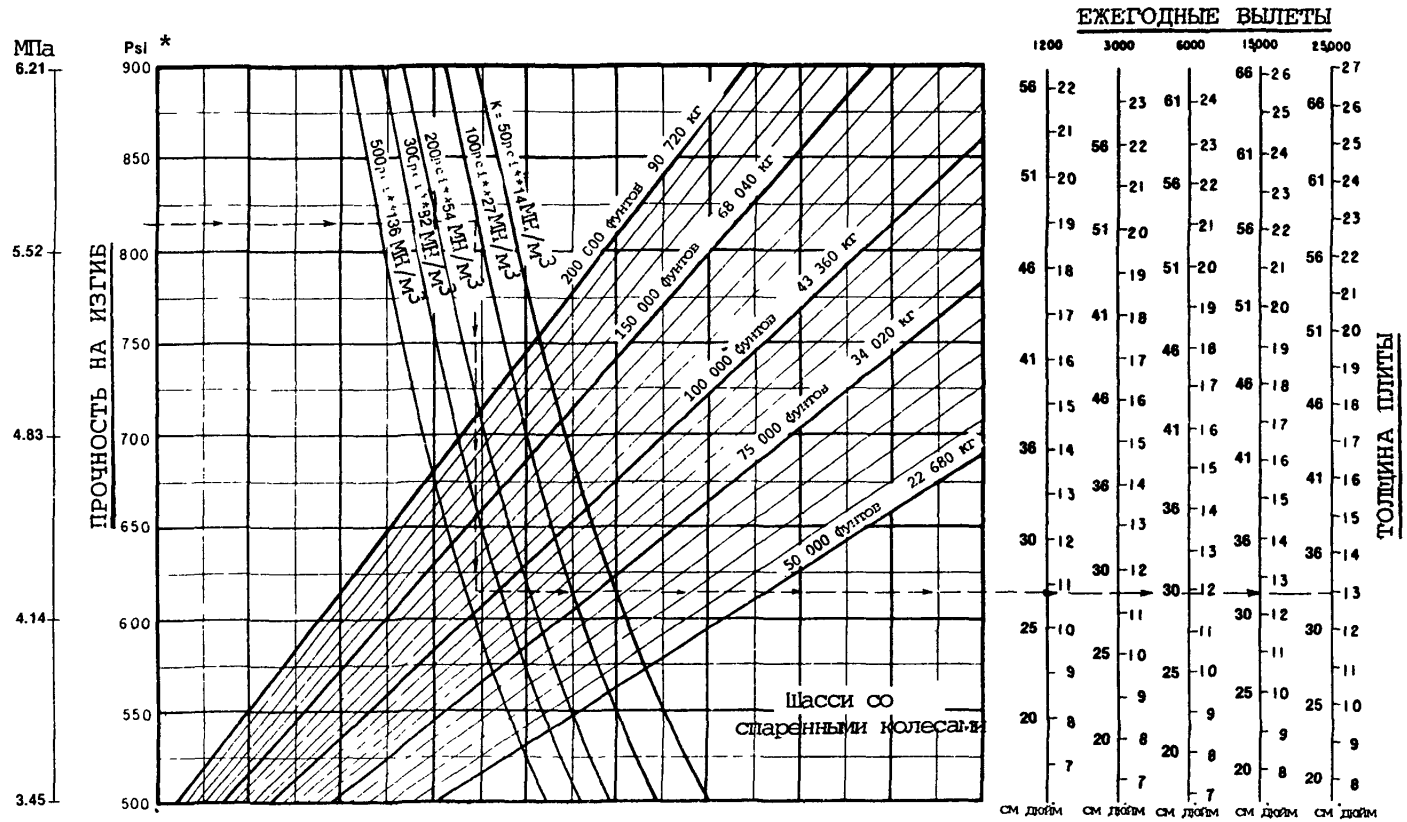


Рис. 4-47. Расчетные кривые жестких покрытий - шасси со спаренными колесами

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

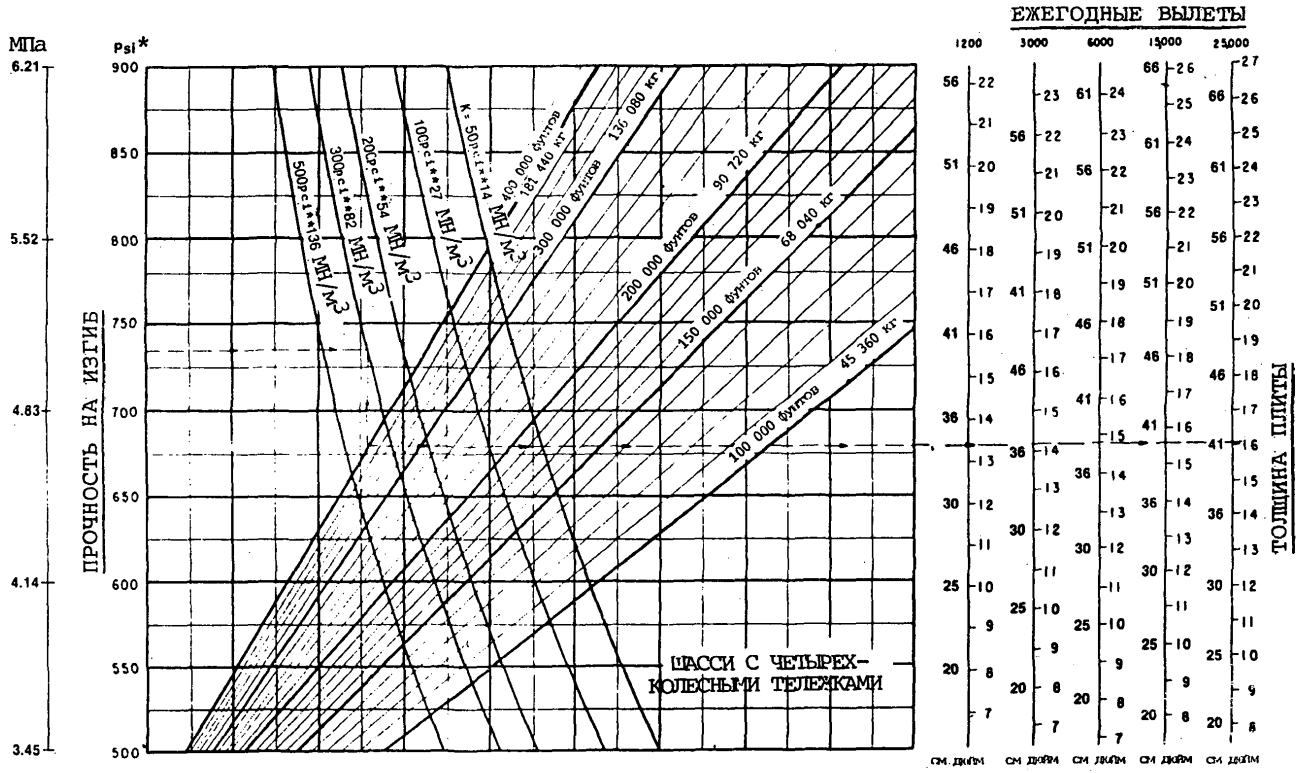


Рис. 4-48. Расчетные кривые жестких покрытий - шасси с четырехколесными тележками

* Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

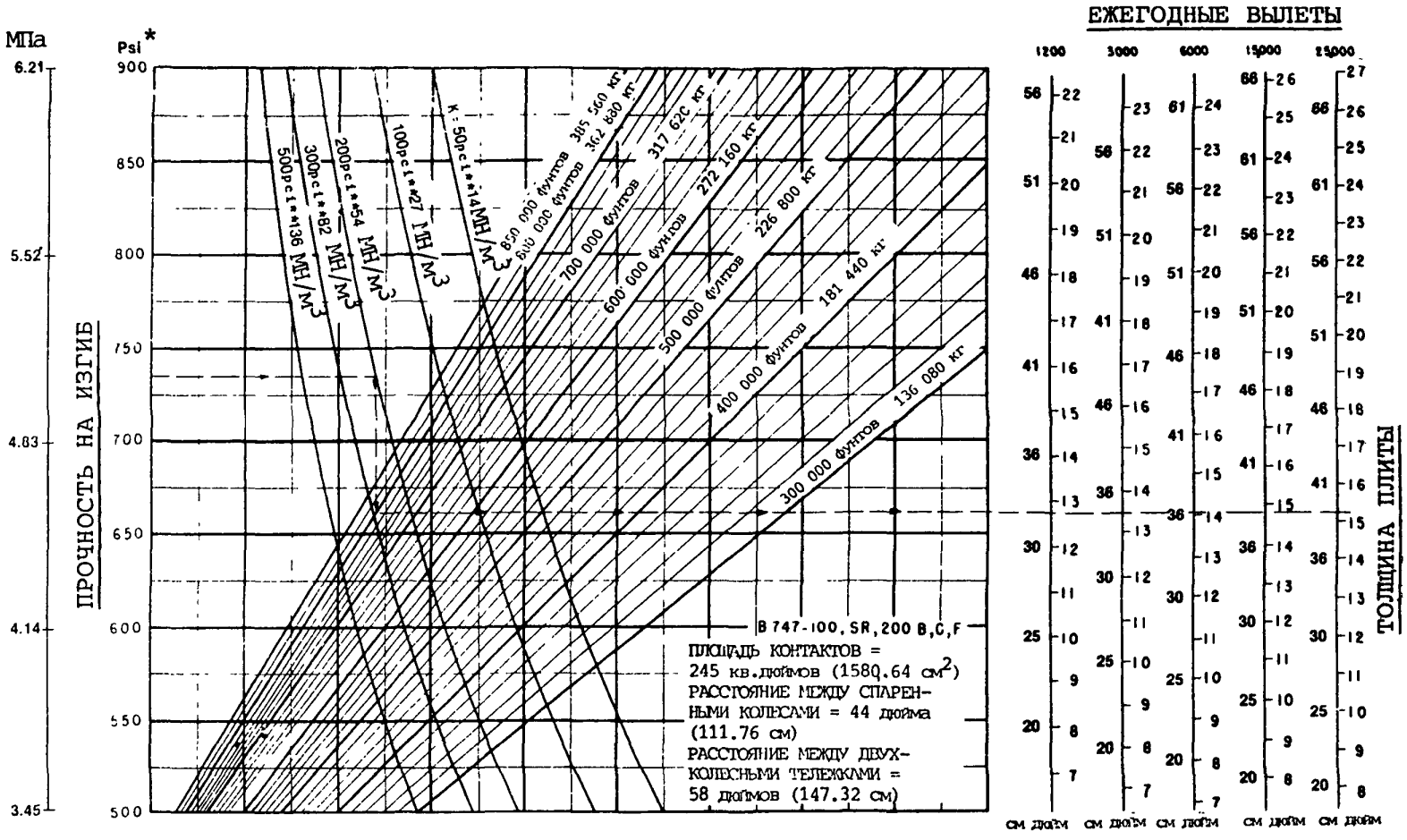


Рис. 4-49. Расчетные кривые жестких покрытий - B-747-100, SR, 200 B, C, F

* Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

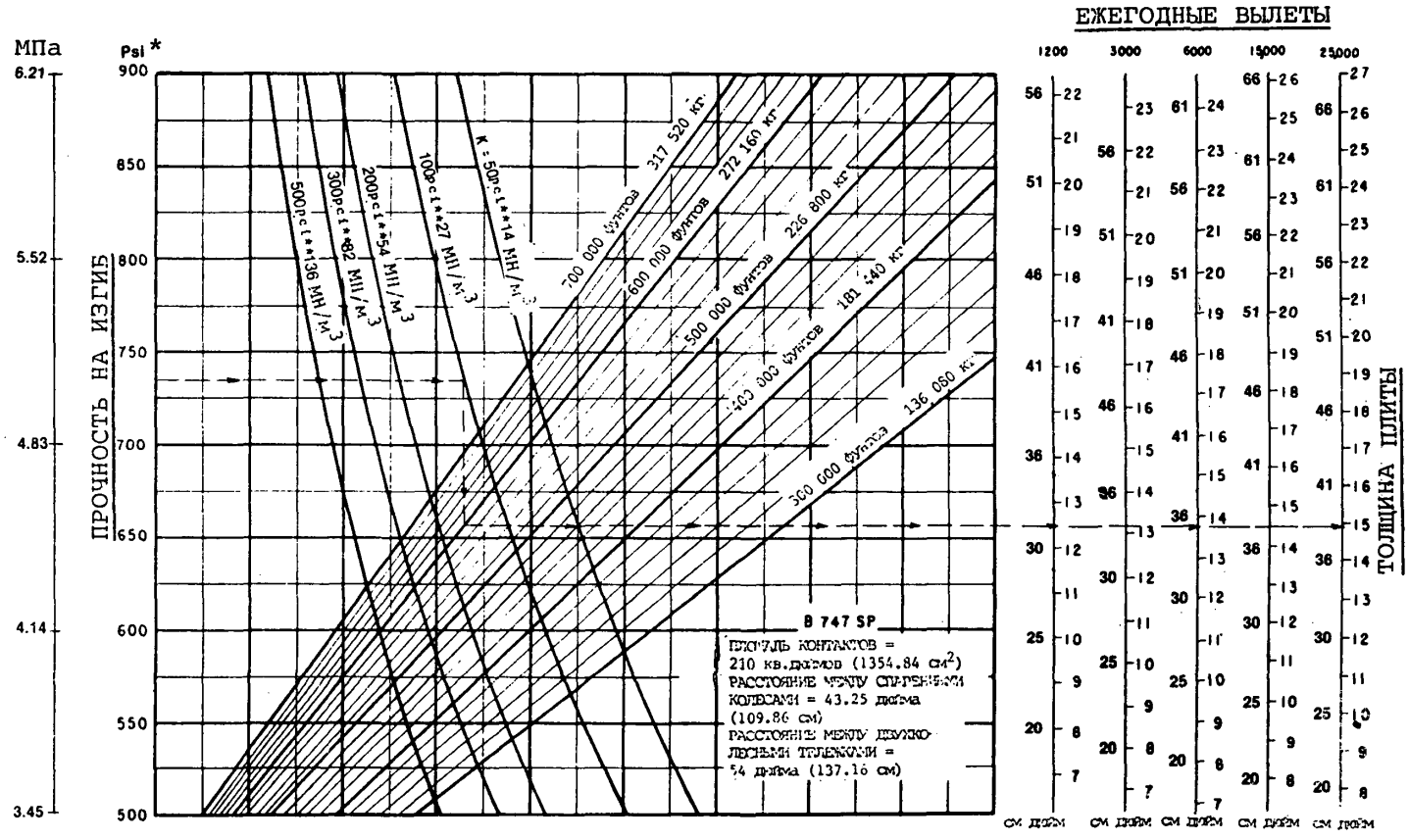


Рис. 4-50. Расчетные кривые жестких покрытий - B-747-SP

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

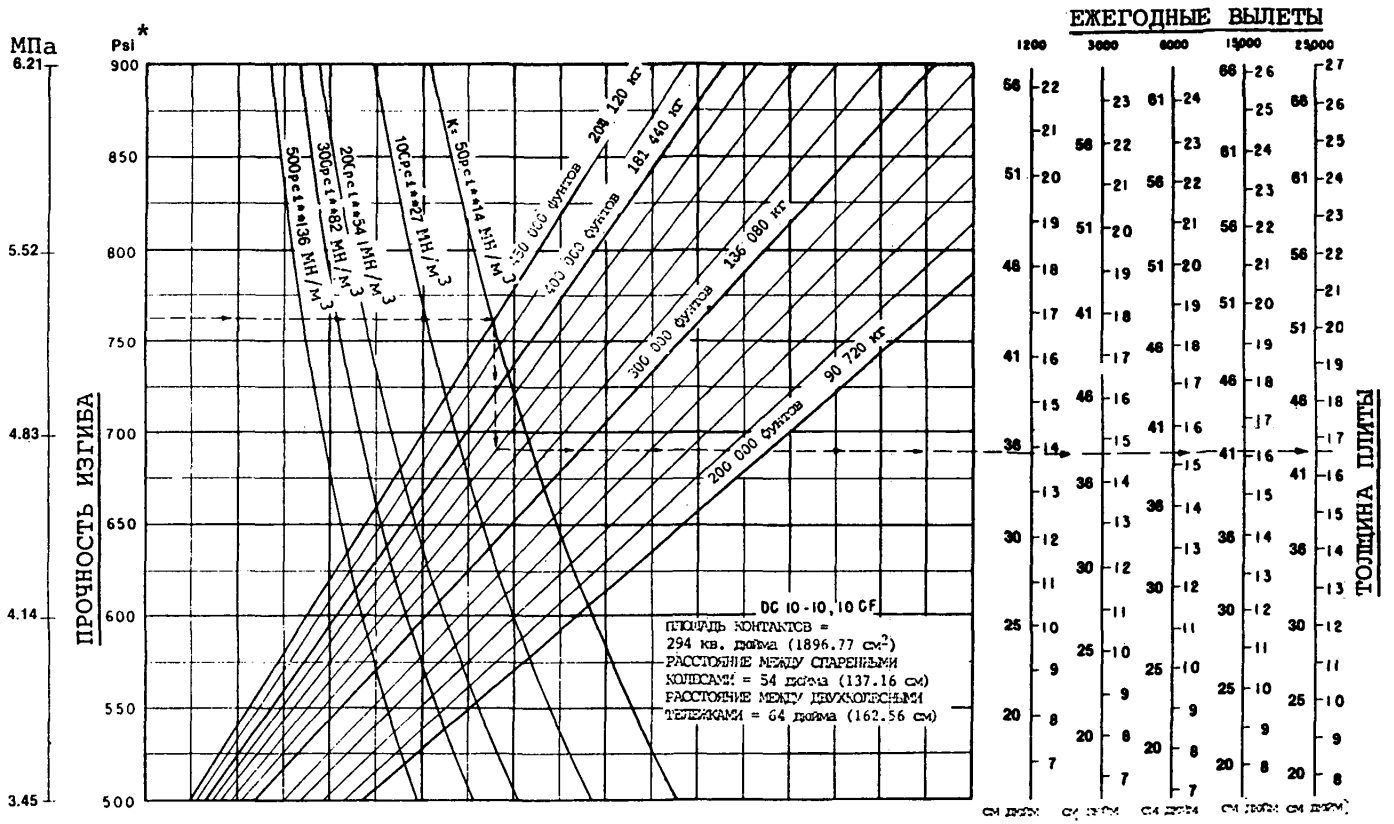


Рис. 4-51. Расчетные кривые жестких покрытий - DC 10-10, 10CF

* Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

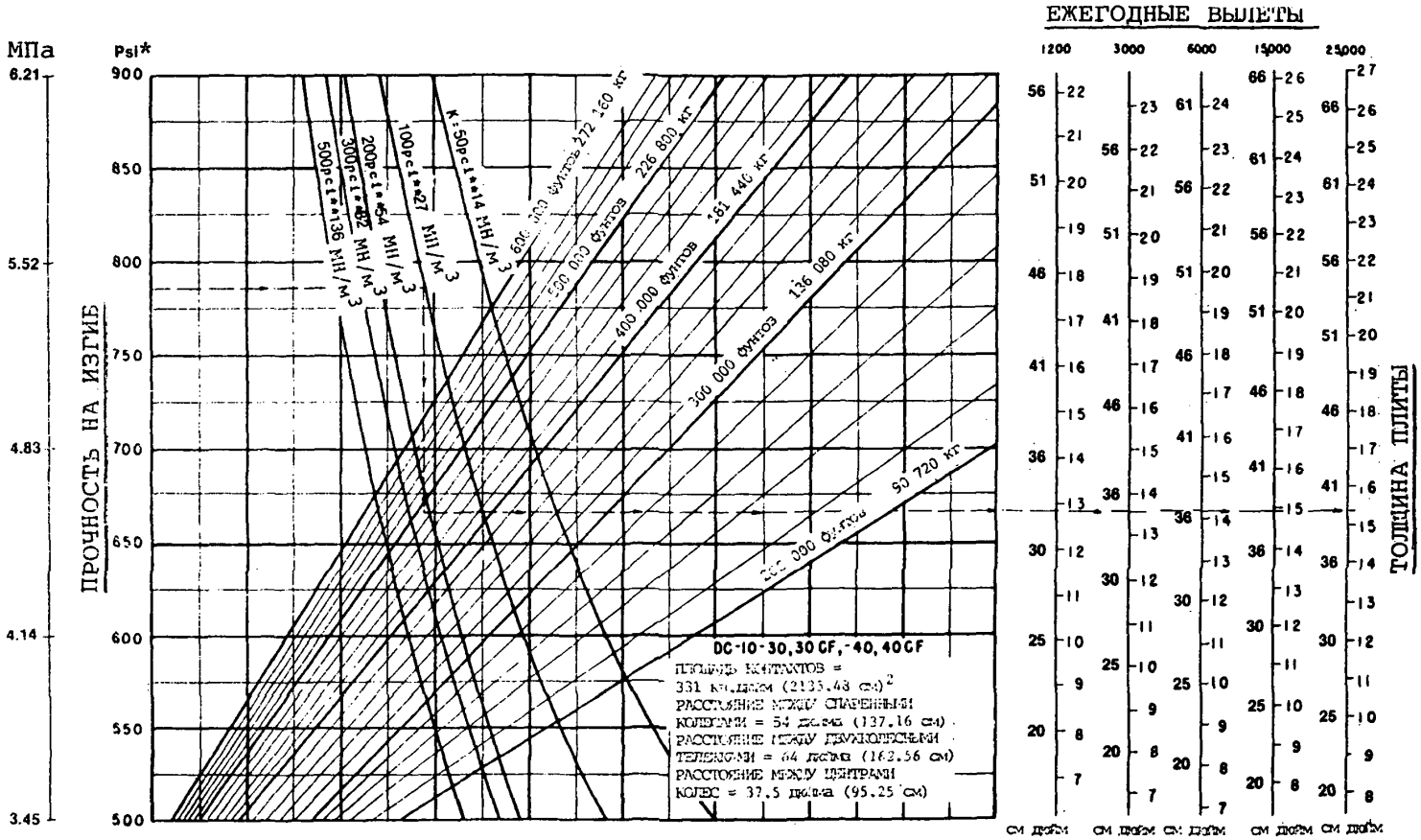


Рис. 4-52. Расчетные кривые жестких покрытий - DC 10-30, 30CF, 40, 40CF

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

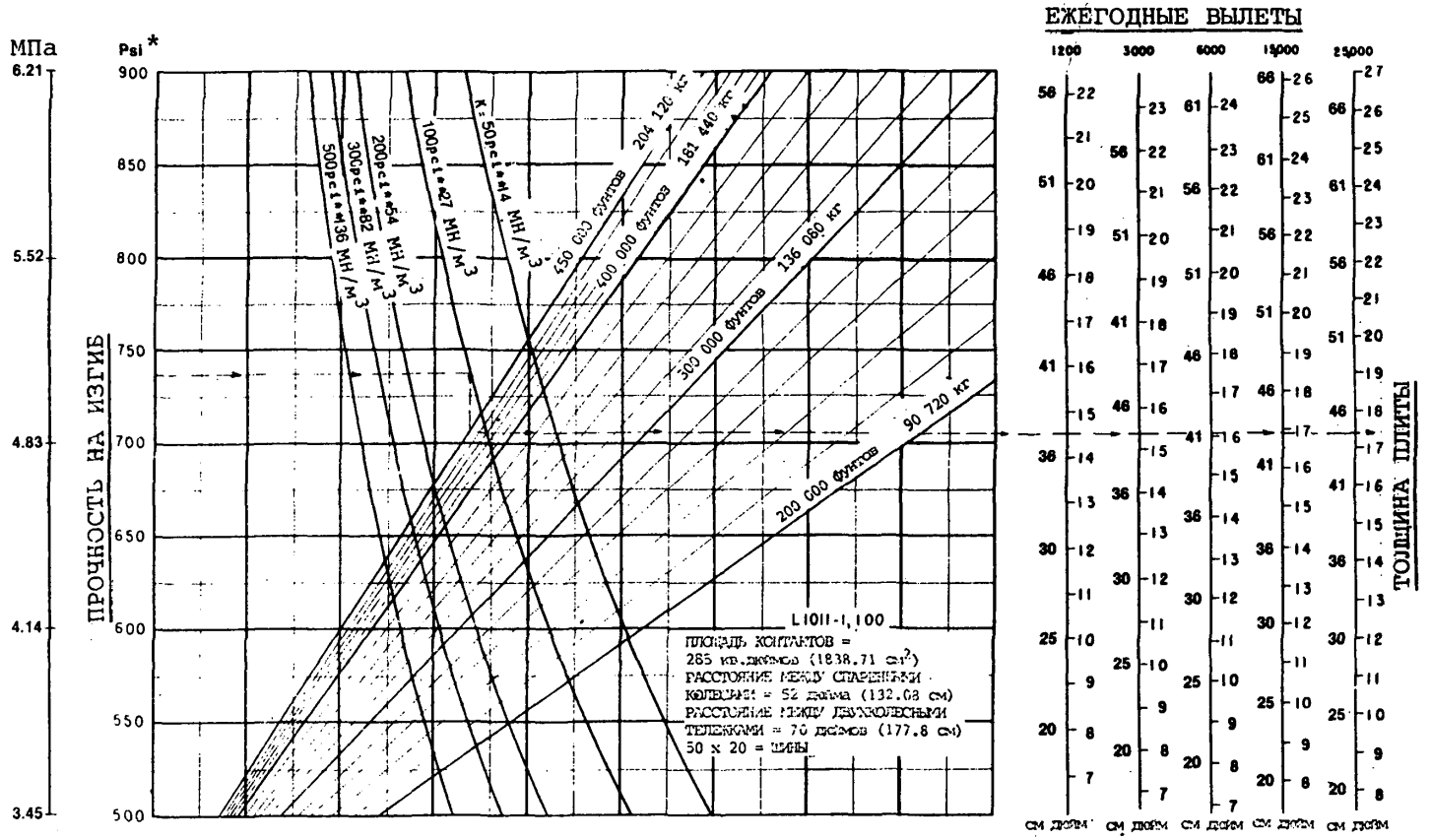


Рис. 4-53. Расчетные кривые жестких покрытий - L-1011-1, 10

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

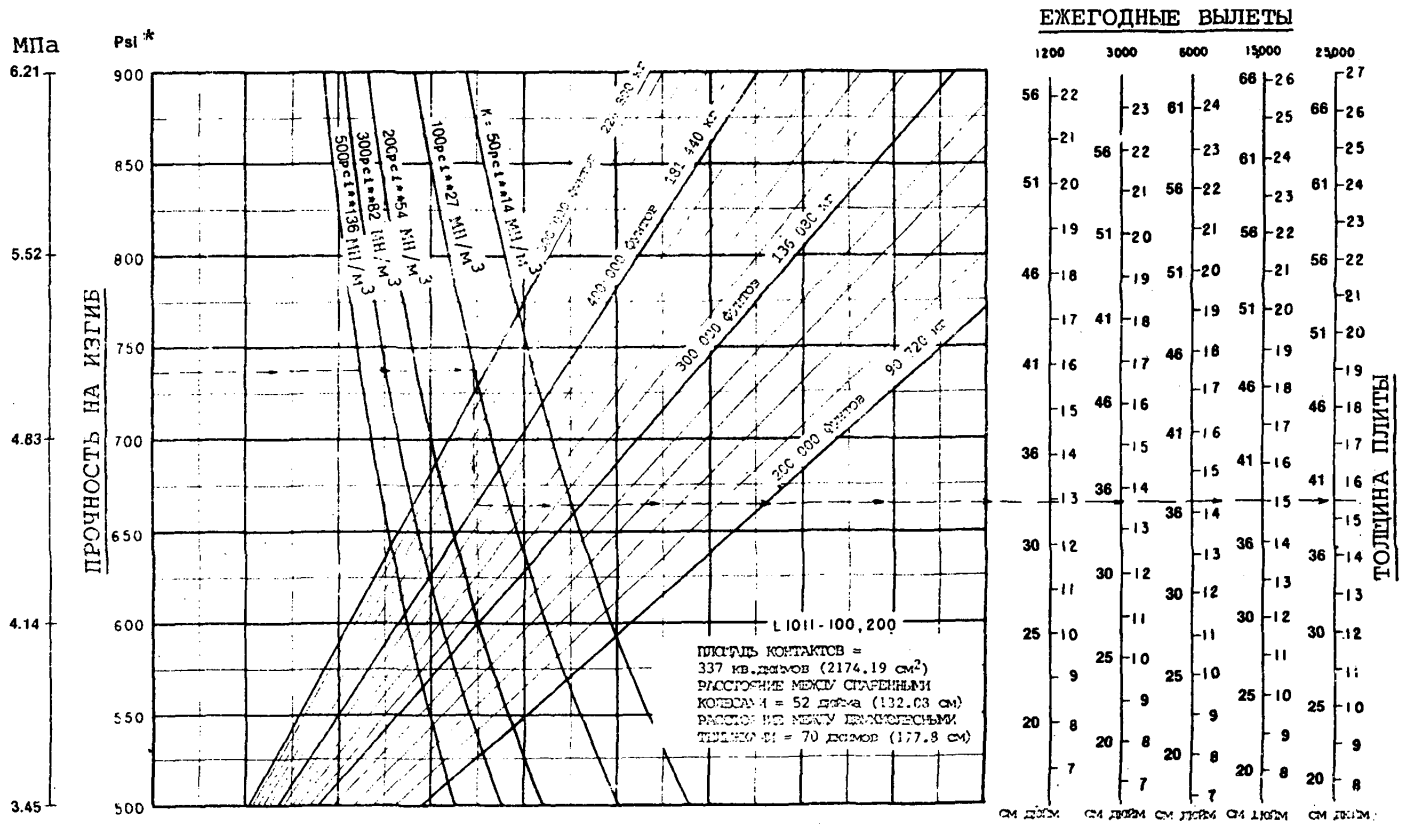


Рис. 4-54. Расчетные кривые жестких покрытий - L-1011-100, 200

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

4.4.20 Критические и некритические зоны

4.4.20.1 Расчетные кривые, указанные на рисунках 4-46 по 4-54 включительно, используются для определения толщины бетонной плиты для критических зон покрытия. Величина толщины для некритических зон, равная 0,9 Т, относится к толщине бетонной плиты. Что касается профиля утонченной кромки и переходного слоя изменяющейся толщины уменьшение относится к толщине бетонной плиты. Изменение в толщине для переходных слоев должно распространяться на всю длину или ширину плиты. В зонах изменяющейся толщины плиты, толщина подстилающего слоя должна быть подогнана таким образом, чтобы обеспечить поверхностный водоотвод со всей поверхности грунтового основания. При величине частиц, равной 0,5 дюйма или более, используйте последующее более высокое целое число; при величине частиц менее 0,5 дюйма используйте последующее меньшее число.

4.4.21 Стабилизированный подстилающий слой

4.4.21.1 Стабилизированный подстилающий слой необходим для всех новых жестких покрытий, спроектированных с расчетом на воздушные суда весом 100 000 фунтов (45 400 кг) или более. Структурное преимущество, придаваемое профилю покрытия стабилизарованным подстилающим слоем, отражено в модуле реакции грунтового основания, определенном для фундамента. Исключения в политике применения стабилизированного подстилающего слоя такие же, что указаны в п. 4.4.15.

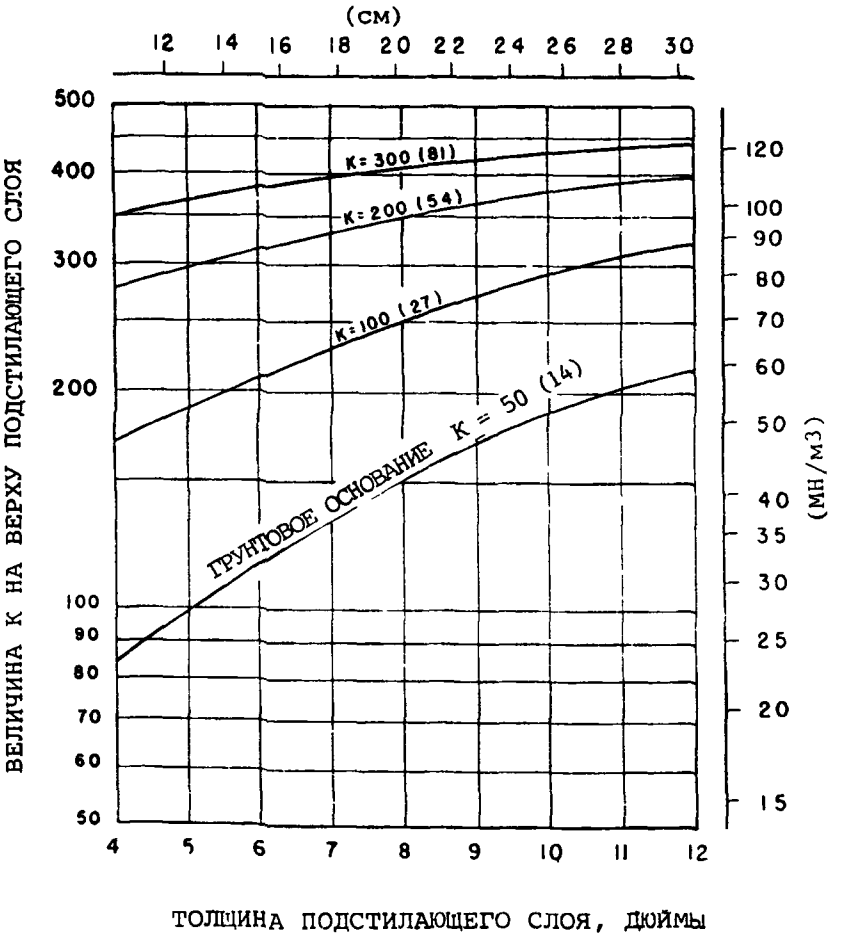


Рис. 4-55. Влияние стабилизированного подстилающего слоя на модуль грунтового основания

4.4.21.2 Определение величины k для стабилизированного подстилающего слоя. Влияние стабилизированного подстилающего слоя отражено в модуле фундамента. Трудность определения модуля фундамента заключается в том, что на стадии расчетов не будет в наличии данных испытаний. На рис. 4-55 показано возможное увеличение величины k с различной толщиной стабилизированного подстилающего слоя, расположенного на грунтовых основаниях, имеющих разные модули. Величины, показанные на рис. 4-55, применимы к слоям, стабилизированным цементом и битумом. Величины, показанные на рис. 4-55 были получены, исходя из предположения о том, что при увеличении модуля грунтового основания стабилизированный слой в два раза эффективнее, чем хорошо отсортированный дробленый заполнитель. Стабилизированным слоям более низкого качества следует придавать несколько более низкие величины k. После установления величины k для стабилизированного подстилающего слоя, метод расчета такой же, как указан в п. 4.4.18.

4.4.22 Пример расчетных величин

4.4.22.1 В качестве примера использования расчетных кривых, предположим, что жесткое покрытие рассчитано на воздушные суда, имеющие шасси с четырехколесными тележками и полный вес 350 000 фунтов (160 000 кг) и на 6 000 ежегодных эквивалентных вылетов расчетного воздушного судна. Эквивалентные ежегодные вылеты, равные 6 000, включают 1200 ежегодных вылетов воздушных судов Боинг-747, полный вес которых составляет 780 000 фунтов (350 000 кг). Модуль грунтового основания, равный 100 фунтов на кубический дюйм (250 МН/м^3), с плохим водоотводом и промерзанием составляет 17 дюймов (45 см). Характер расчета представляет собой главную ВПП и требует 100 процентов защиты от промерзания. Грунтом грунтового основания является CL. Расчеты бетонной смеси указывают на то, что прочность на изгиб, равная 650 фунтов на кубический дюйм (4,5 МН/м^2), может быть легко достигнута при наличии местных заполнителей.

4.4.22.2 Полный вес расчетного воздушного судна диктует необходимость использования стабилизированного подстилающего слоя. Для определения наиболее оптимального профиля необходимо испытать несколько размеров толщины стабилизированных подстилающих слоев. Предположим, что используется подстилающий слой стабилизированный цементом. Попытайтесь использовать толщину подстилающего слоя, равную 6 дюймам (15 см). Используя данные, показанные на рис. 4-55, толщина 6 дюймов (15 см) вероятно увеличит модуль фундамента со 100 фунтов на кубический дюйм (25 МН/м^3) до 210 фунтов на кубический дюйм (57 МН/м^3). Используя расчетную кривую для шасси с четырехколесными тележками, показанную на рис. 4-48, с предполагаемыми расчетными данными, получим толщину бетонного покрытия равную 16,6 дюйма (42 см). Эта толщина округляется до 17 дюймов (43 см). Поскольку глубина промерзания составляет только 18 дюймов (45 см) и комбинированная толщина бетонного покрытия и стабилизированного подстилающего слоя равна 23 дюйма (58 см), нет необходимости в дальнейшей защите от промерзания. Даже несмотря на то, что толщина плиты не рассчитывалась на нагрузку от широкофюзеляжных воздушных судов, эти воздушные суда придется учитывать при установлении требований к швам и расчету конструкций водостоков. С целью определения наиболее оптимального профиля следует проверить использование другой толщины стабилизированного подстилающего слоя.

4.4.23 Нестандартные расчетные кривые жестких покрытий

4.4.23.1 Когда нагрузки от воздушных судов приходятся на стык, угол шасси относительно стыка влияет на величину напряжения в плите. Поверхности на рис. 4-46 и 4-47 конструкции шасси с одиночными и спаренными колесами, находятся в максимальном напряжении в том случае, когда масси расположено параллельно стыку. Шасси с четырехколесными тележками не создает максимального напряжения при параллельном расположении к стыку. Расположение четырехколесной тележки под острым углом к стыку кромки создаст максимальную нагрузку. Расчетные кривые, показанные на рис. 4-56 по 4-62 включительно, построены с расчетом на шасси с четырехколесными тележками, расположенными по касательной к стыку кромок, но повернутыми к углу, вызывающему максимальное напряжение. Эти расчетные кривые могут применяться для расчетных покрытий в зонах, где воздушные суда вероятно будут пересекать соединения покрытий под углами на низких скоростях, такие как перроны ожидания ВПП, торцы ВПП, пересечения ВПП с рулежными дорожками, перроны и т.д. Использование величин , указанных на рис. 4-56 по 4-62 включительно, является необязательным и должно применяться в зонах, где воздушные суда по всей вероятности будут пересекать стыки покрытий под углом и на низких скоростях.

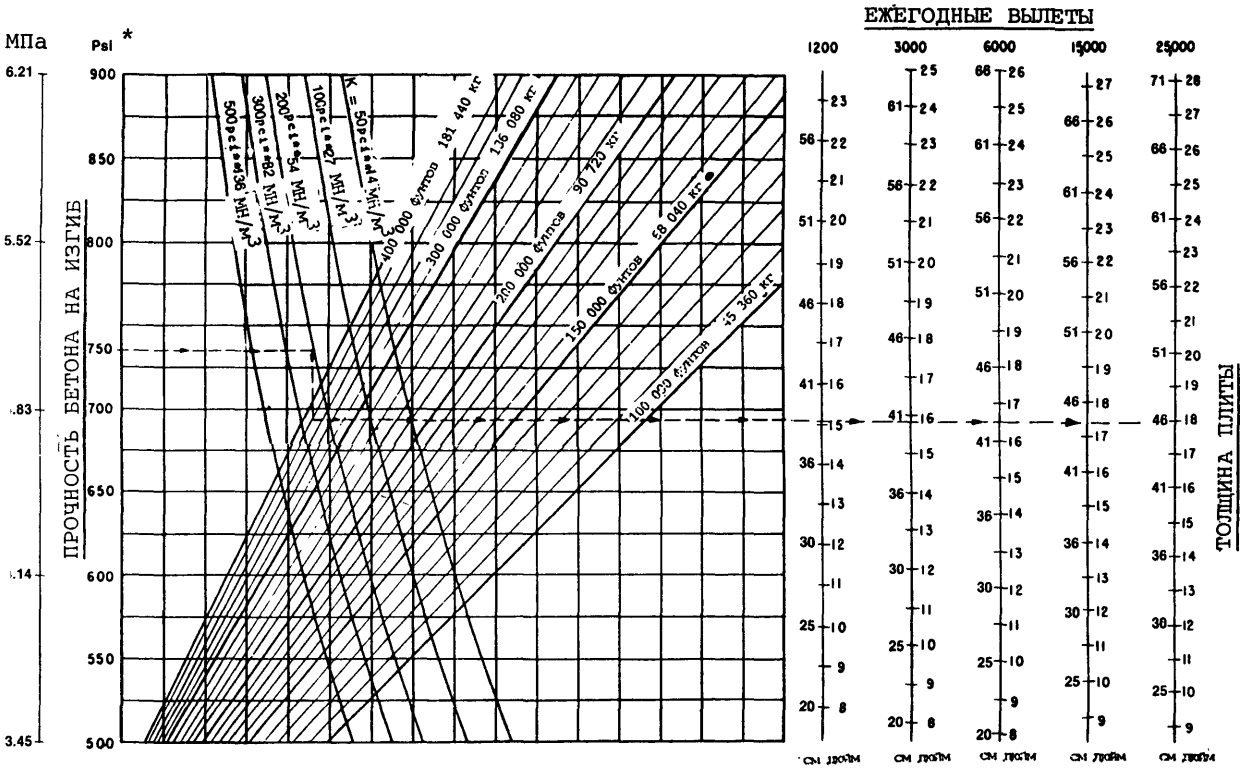


Рис. 4-56. Нестандартные расчетные кривые жестких покрытий - шасси с четырехколесной тележкой

*Фунтов на квадратный дюйм
** Фунты на кубический дюйм

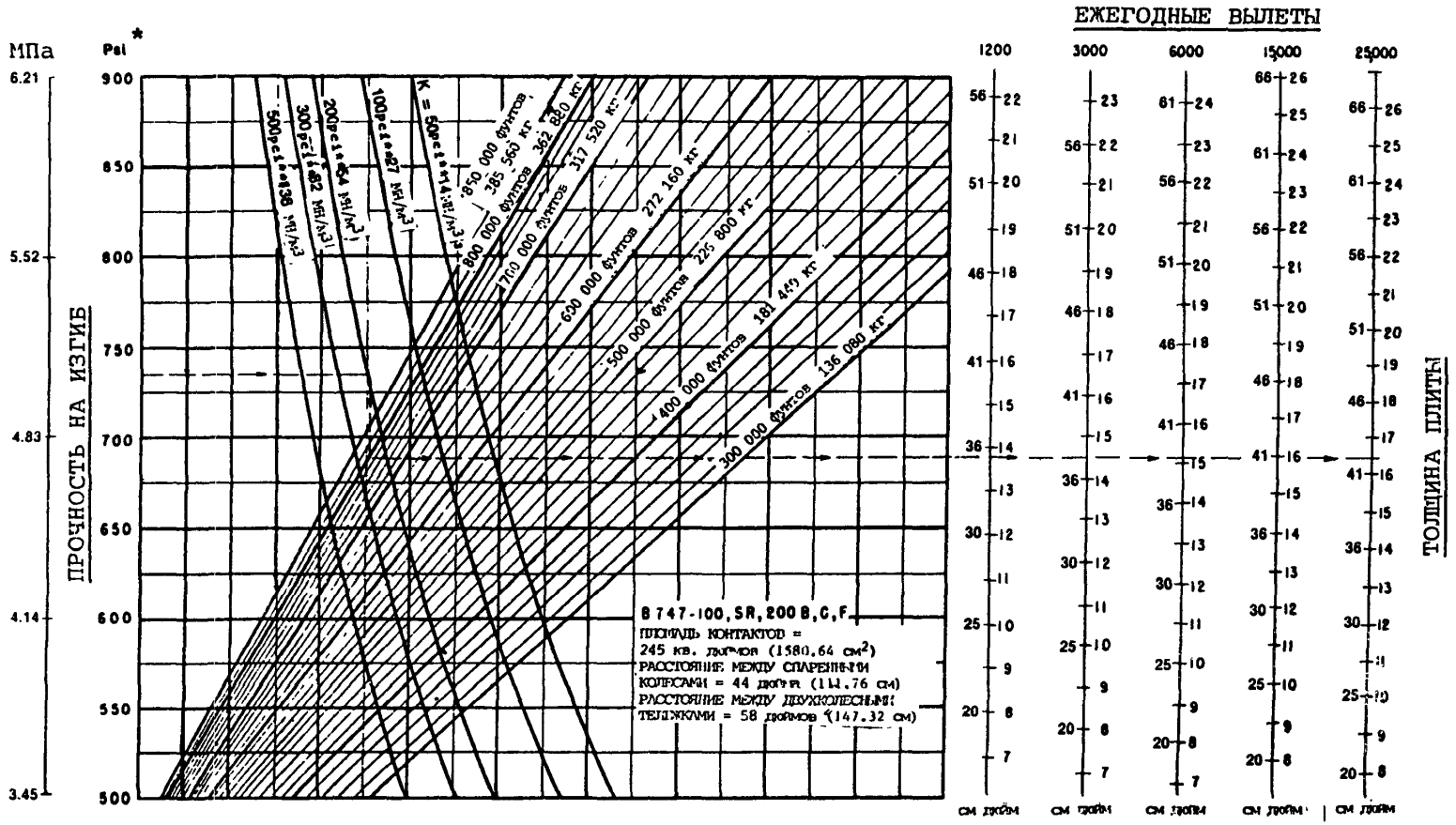


Рис. 4-57. Нестандартные расчетные кривые жестких покрытий - B-747-100, SR, 200, B/C,F

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

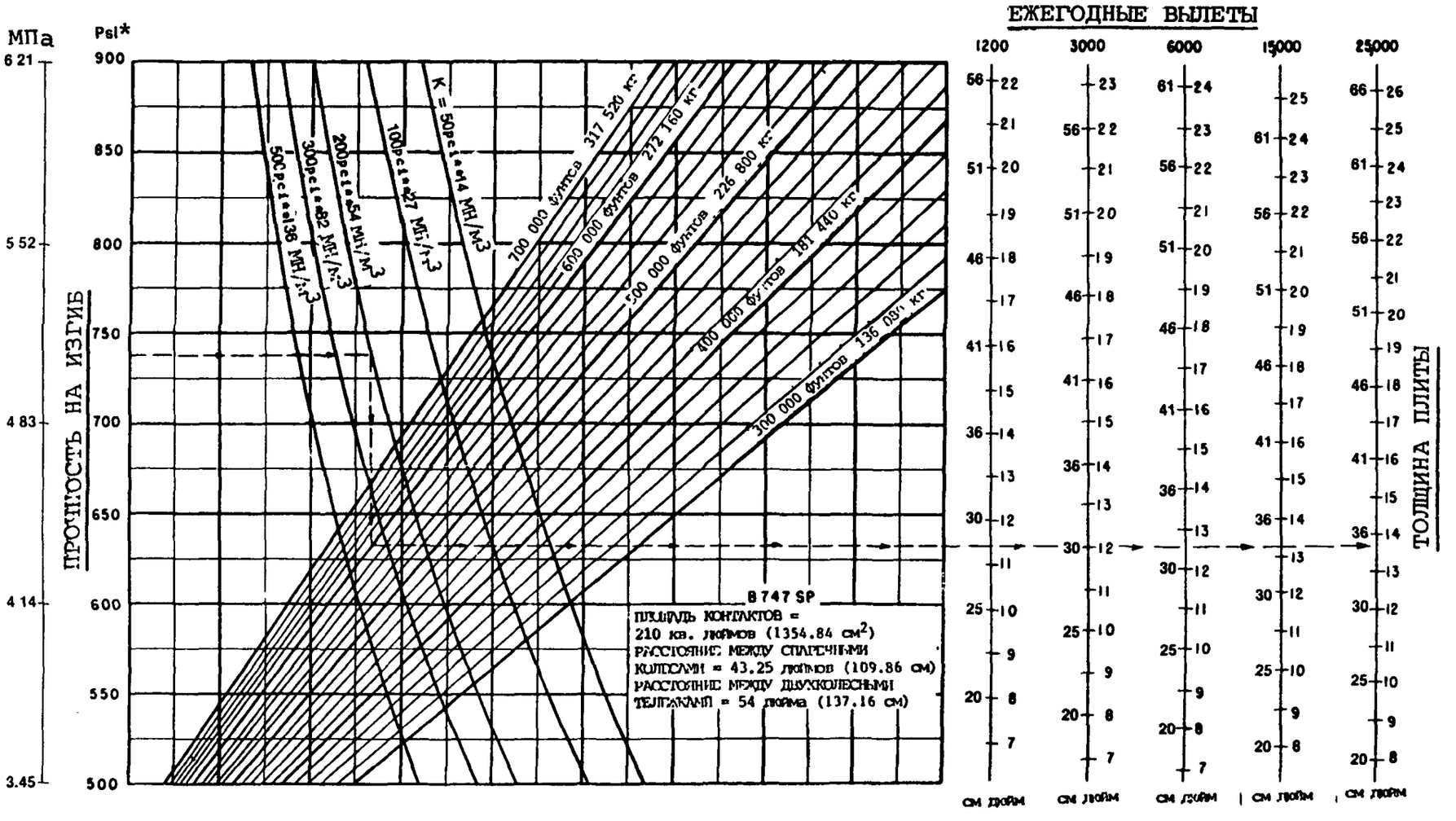


Рис. 4-58. Нестандартные расчетные кривые жестких покрытий - B-747-SP

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

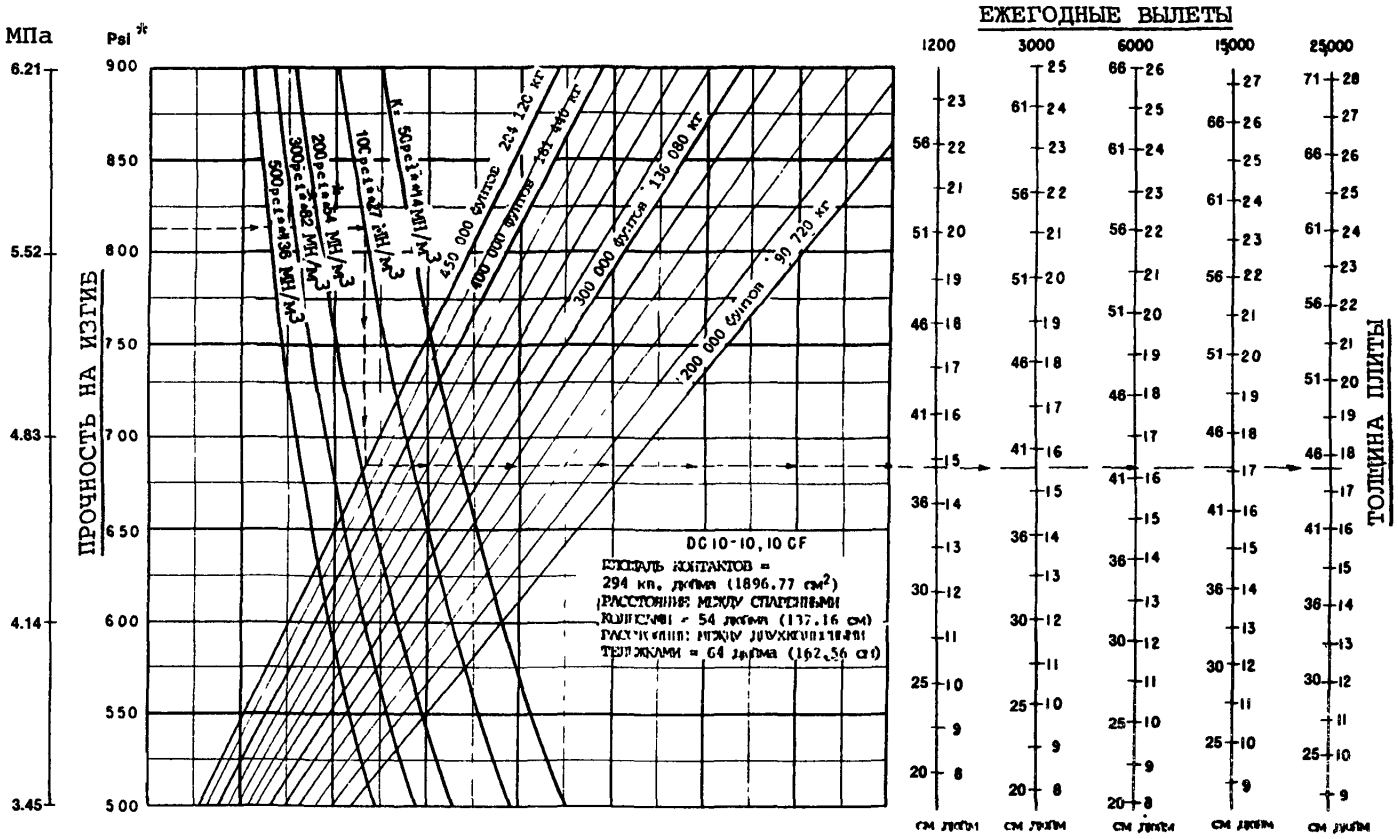


Рис. 4-59. Нестандартные расчетные кривые жестких покрытий - DC 10-10, 10CF

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

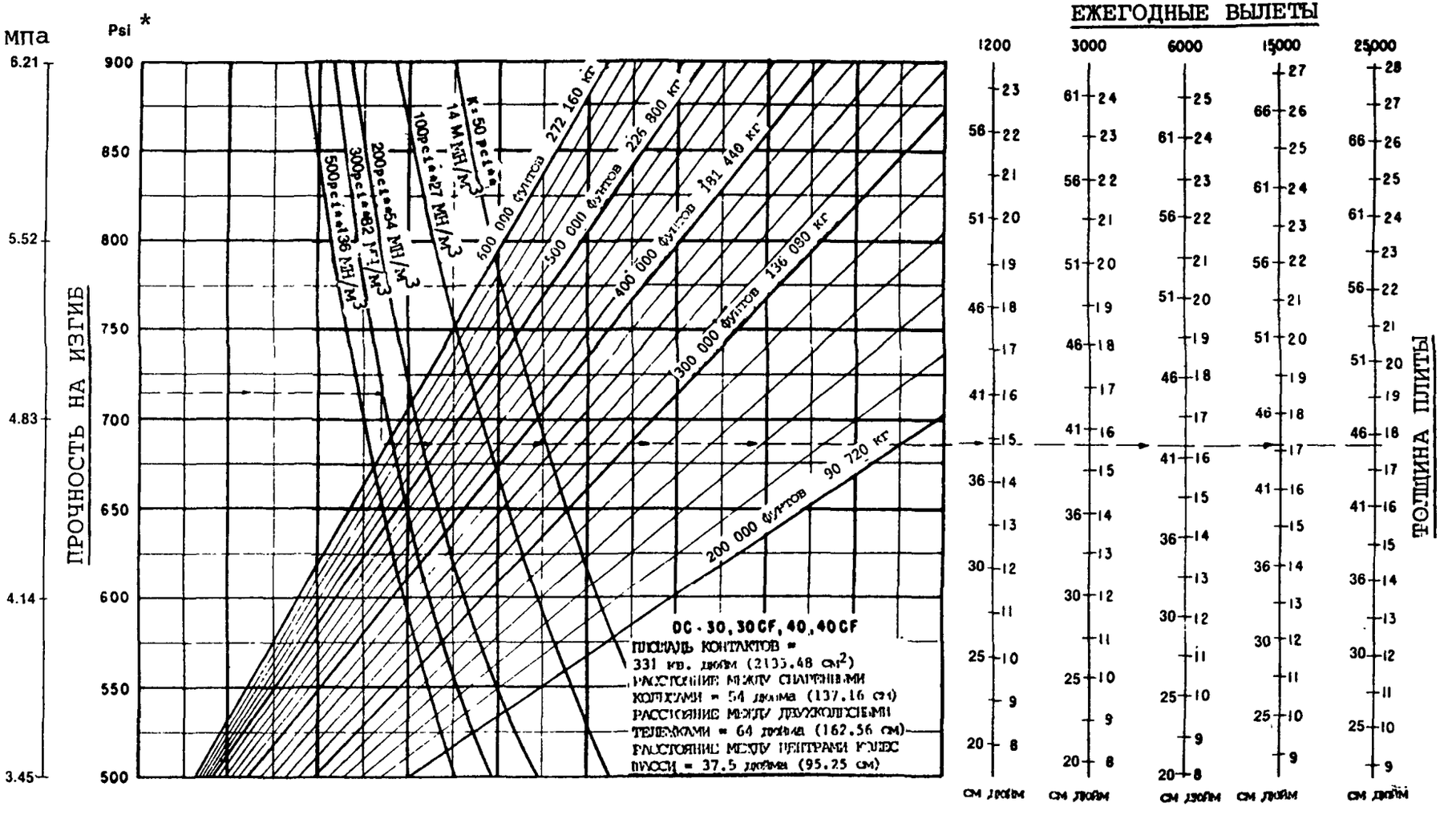


Рис. 4-60. Нестандартные расчетные кривые жестких покрытий - DC 10-30, 30CF, 40, 40CF

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

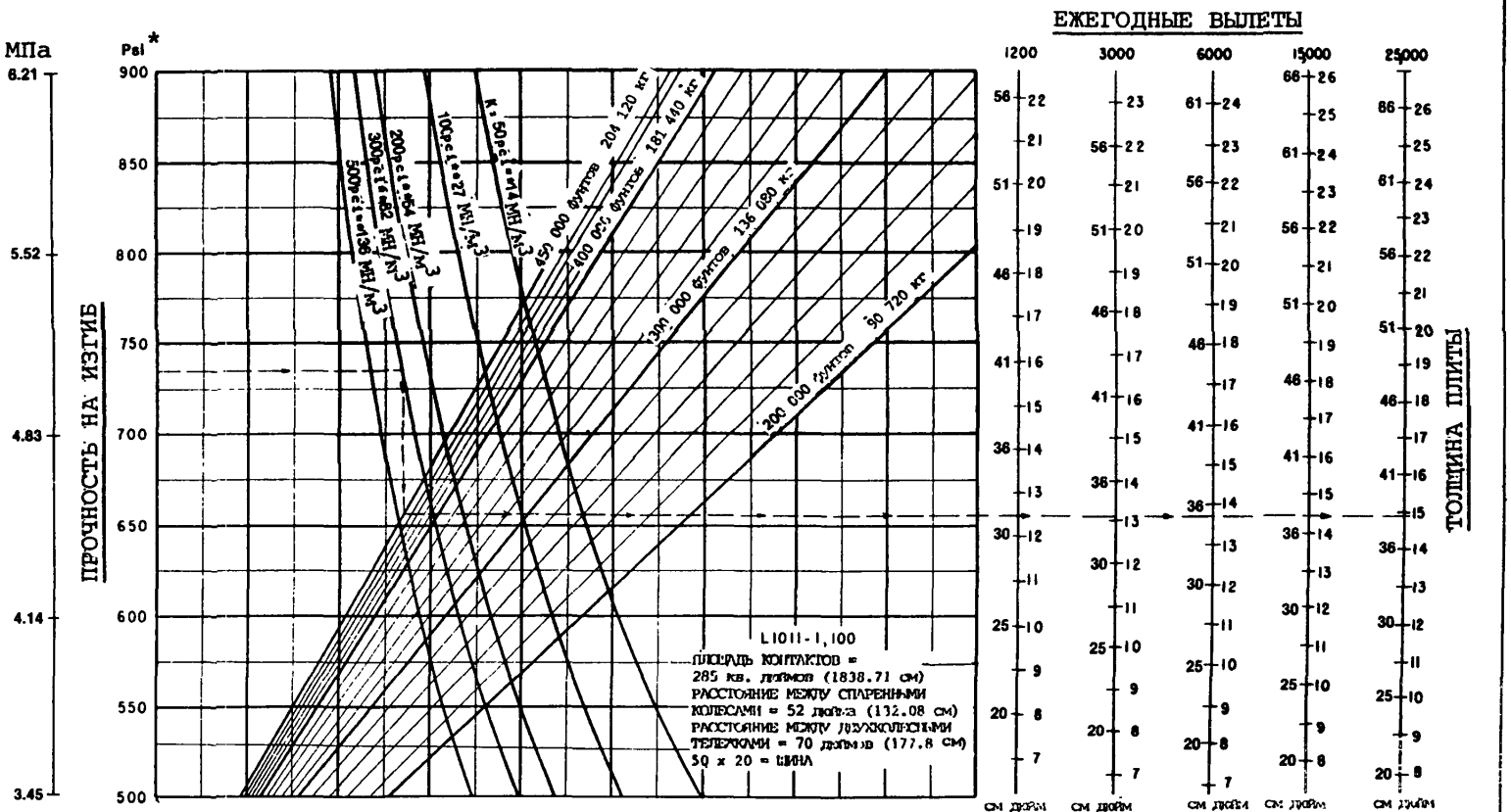


Рис. 4-61. Нестандартные расчетные кривые жестких покрытий - L-1001-1, 100

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

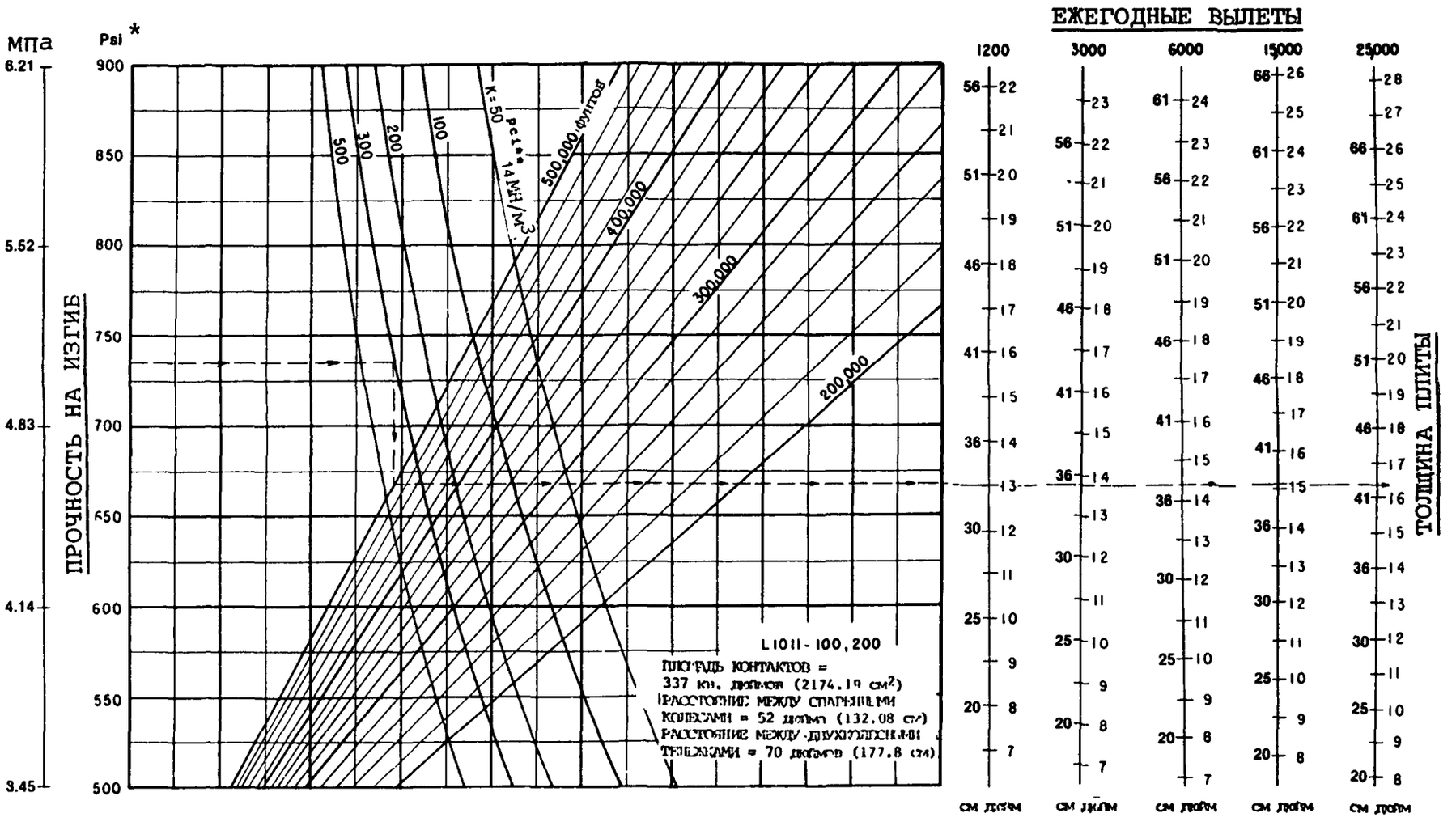


Рис. 4-62. Нестандартные расчетные кривые жестких покрытий - L-1011-100, 200

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

4.4.24 Высокая интенсивность движения воздушных судов

4.4.24.1 Имеется ряд аэропортов, в которых интенсивность движения воздушных судов гораздо больше, чем указано на этих расчетных кривых. В этих условиях в силу интенсивности движения текущий ремонт почти невозможен, что делает начальное строительство еще более важным. К сожалению, имеется очень мало информации по эксплуатационным качествам покрытий аэропортов при высокой интенсивности движения воздушных судов, за исключением опыта, приобретенного во время наблюдений за покрытиями в ходе их эксплуатации. Для жестких покрытий, рассчитанных на эксплуатацию в условиях высокой интенсивности движения, необходимо учитывать приводимые ниже соображения.

4.4.24.2 Фундамент. Фундамент покрытия обеспечивает основную опору в конструкции. Необходимо предпринять все усилия по сооружению устойчивого фундамента, так как проблемы, возникающие позже в результате несоответствующего основания практически не могут быть исправлены после того, как покрытие построено. Применение стабилизированного подстилающего слоя поможет в значительной степени обеспечению единообразного устойчивого фундамента. Вообще говоря, наиболее эффективным сочетанием толщины жесткого покрытия и толщины стабилизированного подстилающего слоя с точки зрения прочности является коэффициент один к одному.

4.4.24.3 Толщина. Для покрытия, подвергающегося воздействию высокого уровня интенсивности движения, более чем 25 000 ежегодных вылетов, показанному на расчетных кривых, потребуются большая толщина для обеспечения такого объема движения. Дополнительная толщина может быть достигнута за счет увеличения толщины покрытия в соответствии с таблицей 4-12, показанной ниже.

Таблица 4-12. Толщина покрытия для высокого уровня вылетов, выраженная как процентное отношение толщины, рассчитанной на 25 000 вылетов

Уровень ежегодных вылетов	Процентное отношение толщины, рассчитанное на 25 000 вылетов
50 000	104
100 000	108
150 000	110
200 000	112

Величины, указанные в таблице 4-12, основаны на экстраполяции исследовательских данных и наблюдений за покрытиями, находящимися в эксплуатации. Данные таблицы 4-12 были получены с учетом логарифмического отношения между процентным отношением толщины и количеством вылетов.

4.4.24.4 Размер панелей. Панели плит необходимо строить таким образом, чтобы свести к минимуму перемещение шва. При незначительном перемещении шва достигается более лучшая передача нагрузки по швам и снижение удлинения при разрыве, на которое должны быть рассчитаны уплотнительные материалы швов, когда плиты расширяются и вступают в контакт друг с другом. С целью обеспечения наиболее лучших эксплуатационных качеств, необходимо точно определить высококачественные уплотнители швов.

4.4.25 Покрытие из железобетона

4.4.25.1 Главное преимущество усиления стальной арматурой заключается в том, что хотя оно не предотвращает образования трещин, оно сдерживает их дальнейшее распространение таким образом, что сцеплением неровностей обеспечивается структурная целостность, что обычно улучшает эксплуатационные качества покрытия. Создавая сцепление трещин, стальная арматура снижает проникновение обломков и мусора в трещины. Требования, предъявляемые к толщине усиленных бетонных покрытий, являются такими же что и к обычному бетону и определяются по соответствующим расчетным кривым. Усиление с помощью арматуры позволяет допускать большие расстояния между швами, таким образом достижение выгоды в расходах, связанной с меньшим числом швов, должно определяться при решении вопроса об использовании обычного покрытия или покрытия из железобетона.

4.4.25.2 Тип и расположение усиления. Усиление может быть или в виде сварных арматурных сеток или решеток, установленных с концевыми или боковыми напусками для достижения полного усиления по всей поверхности панели плиты. Концевые напуски должны быть размером минимально 12 дюймов (31 см), но не менее 30 диаметров продольной проволоки или прута.

Боковые напуски должны быть минимально 6 дюймов (15 см), но не менее 20 диаметров поперечной проволоки или прута. Концевые и боковые зазоры должны быть максимально 6 дюймов (15 см) и минимально 2 дюйма (5 см), чтобы достичь почти полного усиления и в то же время получить достаточное бетонное покрытие. Продольные составные части должны быть расположены не менее 4 дюймов (10 см) и не более чем 12 дюймов (31 см) друг от друга; поперечные составные части должны быть размещены не менее 4 дюймов (10 см) друг от друга, но не более 24 дюймов (61 см).

4.4.25.3 Размер усиления

a) Площадь арматуры, требуемая для железобетонного покрытия, определяется из сочетания формулы сопротивления грунтового основания и формулы коэффициента сцепления. Конечная формула выражается в следующем виде:

$$A_s = \frac{3.7\ L\sqrt{Lt}}{f_s}$$

где:

A_s = площадь арматуры на фут ширины или длины, квадратные дюймы;

L = длина или ширина плиты, футы;

t = толщина плиты, дюймы;

f_s = допустимое растягивающее напряжение в стали, фунты на квадратный дюйм

Примечание. Для того, чтобы определить площадь арматуры в метрических единицах:

L = должна быть выражена в метрах;

t = должна быть выражена в милиметрах;

f_s = должно быть выражено в меганьютонах на метр квадратный;

Постоянная 3,7 должна быть изменена на 0,64;

A_s = будет выражена в квадратних сантиметрах на метр.

b) В этой формуле предполагается, что вес плиты составит 12,5 фунтов на квадратный фут, на дюйм толщины (23,6 МН/м^2). Допустимое растягивающее напряжение в стале будет изменяться в зависимости от типа и сорта стали. Рекомендуется, чтобы допустимое растягивающее напряжение бралось как 2/3 предела текучести стали. Исходя из действующих технических требований, пределы текучести и соответствующие расчетные напряжения (f_s) составят величины, указанные в таблице 4-13.

Таблица 4-13. Пределы текучести усиливающей арматуры из стали различных сортов

Обозначение ASTM	Тип и сорт стали	Предел текучести фунты на квадратный дюйм (МН/м^2)	Фунт на квадратный дюйм f_s	(МН/м^2)
A 615	Деформированная стальная заготовка, сорт 40	40 000 (300)	27 000	(200)
A 616	Деформированная рельсовая сталь, сорт 50	50 000 (370)	33 000	(240)
A 616	Деформированная рельсовая сталь, сорт 60	60 000 (440)	40 000	(300)
A 615	Деформированная стальная заготовка, сорт 60	60 000 (440)	40 000	(300)
A 185	Сварная сетка из стальной холоднотянутой проволоки	65 000 (480)	43 000	(320)
A 497	Деформированная сварная холоднотянутая стальная проволока	70 000 (520)	47 000	(350)

c) Минимальный процент арматуры железобетона должен составлять 0,05 процента. Процент арматуры подсчитывается делением площади арматуры, A_s , на площадь бетона на единицу длины (или ширины) и умножением на 100. Минимальный процент арматуры, считаемый наименьшим ее количеством, который можно оптимально разместить, составляет 0,05 процента. Арматура железобетона допускает большие размеры плит и таким образом снижает число поперечных усадочных швов. Для определения максимально экономного процента содержания стали, расходы, связанные с обеспечением усиленного покрытия,должны сравниваться с экономией, получаемой при устранении некоторых из поперечных усадочных швов. Максимально допустимая длина плиты, независимо от процентного содержания стали, составляет 75 фут (23 м).

4.4.26 Верхние слои покрытия аэропортов

4.4.26.1 Общая часть

a) Верхние слои покрытий аэропортов могут потребоваться по ряду различных причин. Покрытие может быть повреждено в результате чрезмерной нагрузки таким образом, что его невозможно поддерживать удовлетворительно на пригодном к эксплуатации уровне. Точно также для покрытия в хорошем состоянии может потребоваться усиление для обслуживания воздушных судов, тяжелее,тех, для которых покрытие было первоначально предназначено. Для покрытия может также потребоваться верхний слой лишь в силу того, что первоначальное покрытие отслужило свой расчетный срок службы и "изношено". Как правило, верхние слои покрытия аэропортов состоят или из бетона на портландцементе или битуминизированного бетона.

b) Определения, применяемые к наружным покрытиям, следующие:

1) Верхнее покрытие. Покрытие, укладываемое сверху существующего покрытия.

2) Битумный верхний слой. Покрытие из битуминизированного бетона, укладываемое на существующее покрытие.

3) Бетонный верхний слой. Покрытие из бетона на портландцементе, укладываемое на существующее покрытие.

4) Слоистое покрытие. Верхнее покрытие, состоящее из разделяющего гранулированного слоя.

4.4.26.2 Расчет битумных верхних слоев. Битумные верхние слои могут применяться как для нежестких, так и жестких покрытий. При расчете битумных верхних слоев применяются определенные критерии независимо от того, укладываются ли они на существующие жесткие или нежесткие покрытия.

a) Верхние покрытия, для которых используется гранулированный разделяющий слой между старыми и новыми поверхностями, не допускаются. Верхние покрытия, содержащие гранулированные разделяющие слои, носят название слоистых покрытий. Слоистые покрытия не допускаются, так как

разделяющий слой может оказаться насыщенным водой и создавать довольно непредсказуемые качества при эксплуатации. Насыщение разделяющего слоя может быть вызвано просачиванием поверхностной воды, проникновением наземной или капиллярной воды или конденсацией воды из атмосферы. В любом случае, вода в разделяющем слое не может быть сдренирована в достаточной степени и чрезмерно снижает устойчивость верхнего слоя.

b) Для усиления прочности битумные верхние слои должны иметь минимальную толщину, равную 3 дюймам (7,5 см).

4.4.26.3 Битумные верхние слои на существующем нежестком покрытии.

a) Для определения требований, предъявляемых к толщине нежесткого покрытия, рассчитанного на необходимую нагрузку,и число эквивалентных расчетных вылетов, используйте соответствующие исходные кривые нежестких покрытий. Для материала грунтового основания и подстилающего слоя требуется величина CBR. Должна быть определена толщина всех слоев покрытия. Толщина покрытия, необходимая для укладки поверх грунтового основания и подстилающего слоя, и требования к минимальному слою основания необходимо сравнить с существующим покрытием с целью определения требований, предъявляемых к верхнему слою.

b) Для окончательного расчета могут оказаться необходимыми корректировки к различным слоям существующего покрытия. Битумный поверхностный слой может быть превращен в основание и может потребоваться превращение основания в подстилающий слой. Высококачественный материал может быть превращен в материал низкого качества, как, например, поверхностный слой в основание. Не всякий материал может быть превращен в материал более высокого качества. Например избыточный подстилающий слой не может быть превращен в основание. Коэффициенты эквивалентности, показанные на таблицах 4-9 и 4-10, могут быть использованы в качестве руководства при преобразовании слоев. Необходимо признать, что величины, указанные для новых материалов, и определение коэффициентов для существующих покрытий должны основываться на суждении и опыте. Растрескивание поверхности, высокая степень окисления, показатели низкой устойчивости и т.д. являются лишь некоторыми факторами, которые могли бы снизить коэффициент эквивалентности. Любой битумный слой, уложенный между гранулированными слоями в существующем покрытии,необходимо оценивать в качестве гранулированного основания или подстилающего слоя с точностью до дюйма.

c) Для иллюстрации метода расчета битумного верхнего слоя допустим, что существующее покрытие рулежной дорожки состоит из следующего профиля. CBR грунтового основания равно 7, толщина битумного поверхностного слоя составляет 4 дюйма (10 см), толщина слоя основания 6 дюймов (15 см), толщина подстилающего слоя 10 дюймов (25 см), и CBR подстилающего слоя равно 15. Влияние промерзания незначительное. Предположим, что существующее покрытие необходимо усилить с расчетом на воздушное судно со спаренными колесами весом 100 000 фунтов (45 000 кг) и уровень ежегодных вылетов, равный 3000. Нежестким покрытием, необходимым для этих условий, является:

Битумная поверхность	4 дюйма (10 см)
Основание	9 дюймов(23 см)
Подстилающий слой	10 дюймов(25 см)
Общая толщина покрытия	23 дюйма (58 см)

Для защиты грунтового основания CBR, равным 7, общая толщина покрытия должна быть 23 дюйма (58 см). Для защиты подстилающего слоя CBR, равным 15, комбинированная толщина поверхностного слоя и основания должна быть 13 дюймов (33 см). Таким образом существующему покрытию не достает 3 дюймов (7,5 см) в общей толщине покрытия, которые полностью пошли на слой основания. В качестве примера предположим, что существующая битумная поверхность находится в таком состоянии, что основание нельзя заменить на поверхностный слой при отношении эквивалентности 1,3 к 1. Превращение 2,5 дюйма (6 см) поверхностного слоя в основание дает толщину слоя основания 9,2 дюйма (23 см), оставляя 1,5 дюйма (4 см) непревращенного поверхностного слоя. Потребуется 2,5 дюйма (6 см) верхнего слоя для получения поверхности толщиной в 4 дюйма (10 см). В этом случае минимальная толщина верхнего слоя 3 дюйма (7,5 см) поддается контролю. Потребуется 3 дюйма (7,5 см) толщины верхнего слоя.

d) Наиболее сложной частью расчета битумных верхних слоев для нежестких покрытий является определение величин CBR для грунтового основания, подстилающего слоя и конверсии слоев. Величины CBR грунтового основания и подстилающего слоя можно наилучшим образом определить с помощью выполнения на месте полевых испытаний CBR. После проведения *полевых испытаний CBR грунтовое основание и подстилающий слой должны* быть уравновешенным влажным содержимым. Обычно покрытие, находившееся в эксплуатации по меньшей мере 3 года, представляет собой состояние равновесия. Конверсия слоев, т.е. превращение основания в подстилающий слой и т.д. в основном является вопросом инженерного подхода. При выполнении таких конверсий рекомендуется, чтобы любая величина превращаемой толщины никогда не округлялась.

4.4.26.5 Битумный верхний слой на существующем жестком покрытии. Для установления необходимой толщины битумного верхнего слоя для существующего жесткого покрытия, необходимо прежде всего определить единичную толщину жесткого покрытия, требуемую для удовлетворения расчетным условиям. Эта толщина затем может быть изменена с помощью коэффициента F, благодаря которому контролируется степень образования трещин, которые возникают на существующем жестком покрытии. Эффективная толщина существующего жесткого покрытия также регулируется коэффициентом состояния C_b. Коэффициент F и C_b выполняет две различные функции в определении битумного верхнего слоя, как об этом говорится ниже.

a) Коэффициент F, которым контролируется степень образования трещин, появляющихся в основании покрытия, - это функция интенсивности движения и прочности грунтового основания. Выбранный коэффициент F определяет конечное состояние верхнего слоя и покрытия основания. Действующий коэффициент F указывает, что полная толщина бетонной единичной плиты, определенная по расчетным кривым, не требуется в связи с тем, что допустимо, чтобы битумное наружное покрытие давало трещины и нарушалось больше, чем обычное жесткое покрытие. Допускается большее количество трещин и нарушений в силу того, что битумный поверхностный слой не дробится и может приспособиться к большим нарушениям, чем полностью жесткое покрытие. Фотографии различных верхних покрытий и покрытий оснований, показанных на рисунке 4-63, демонстрируют значение коэффициента F. На рисунках 4-63 b) и c) показано, как верхние покрытия, покрытия оснований не выдерживают нагрузки по мере возрастания интенсивности движения, приходящегося на битумный верхний слой, уложенный на существующее жесткое покрытие. При расчете битумного верхнего слоя, состояние верхнего слоя основания после расчетного

срока службы должно быть близко к состоянию, показанному на рисунке 4-63 b). Рисунок 4-64 - это график, позволяющий проектировщику выбрать соответствующую величину F для получения конечного состояния, близкого тому, который показан на рисунке 4-63 b).

b) Коэффициент состояния C_b относится к существующему жесткому покрытию. Коэффициент C_b является оценкой структурной целостности существующего покрытия. Определение правильной величины C_b является предметом решения, для которого могут быть предусмотрены только общие инструктивные указания. Величину C_b, равную 1,0, необходимо использовать, когда на существующих плитах имеются номинальные трещины, а величину 0,75 - когда в плитах имеется множество трещин. Проектировщик предостерегается о том, что пределы величин C_b, используемые в расчетах битумных верхних слоев, отличаются от величин C_r, используемых в расчете жесткого верхнего покрытия. Минимальная величина C_b равна 0,75. Для всей площади должна быть установлена единая величина C_b. Величина C_b не должна изменяться по всему контуру покрытия.

c) После того, как были установлены коэффициент F, коэффициент состояния C_b и единичная толщина жесткого покрытия, толщина битумного верхнего слоя вычисляется из следующей формуры:

$$t = 2{,}5\ (Fh - C_b h_e)$$

где t = толщина битумного верхнего слоя, дюймы

F = коэффициент, с помощью которого контролируется степень образования трещин в покрытии основания.

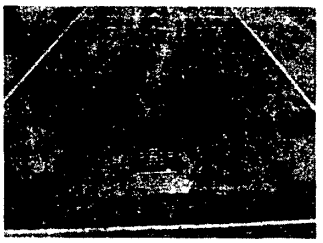
h = единичная толщина жесткого покрытия, необходимая для проектных условий, дюймы. Используйте точную величину, не округляйте.

C_b = коэффициент состояния покрытия основания, колеблющийся в пределах от 1,0 до 0,75.

h_e = толщина существующего жесткого покрытия, дюймы. Подсчет толщины битумного верхнего слоя в метрических единицах необходимо выполнять, используя формулу, указанную ниже.

$$t = 6{,}3\ (Fh - C_b h_e)$$

где t - в сантиметрах
h - в сантиметрах
h_e - в сантиметрах

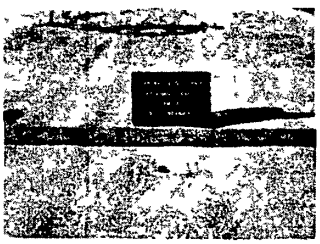


ПОВЕРХНОСТЬ
ВЕРХНЕГО СЛОЯ

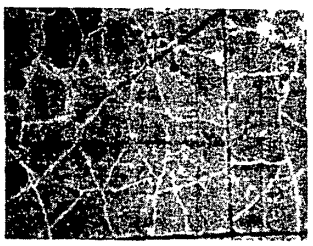


ПОКРЫТИЕ ОСНОВАНИЯ

(a)



ПОВЕРХНОСТЬ
ВЕРХНЕГО СЛОЯ

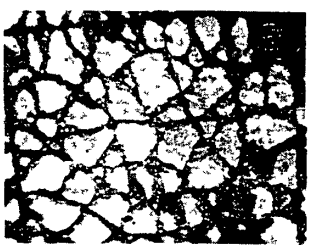


ПОКРЫТИЕ ОСНОВАНИЯ

(b)



ПОВЕРХНОСТЬ
ВЕРХНЕГО СЛОЯ



ПОКРЫТИЕ ОСНОВАНИЯ

(c)

Рис. 4-63 Иллюстрация различных коэффициентов для расчета битумного поверхностного слоя

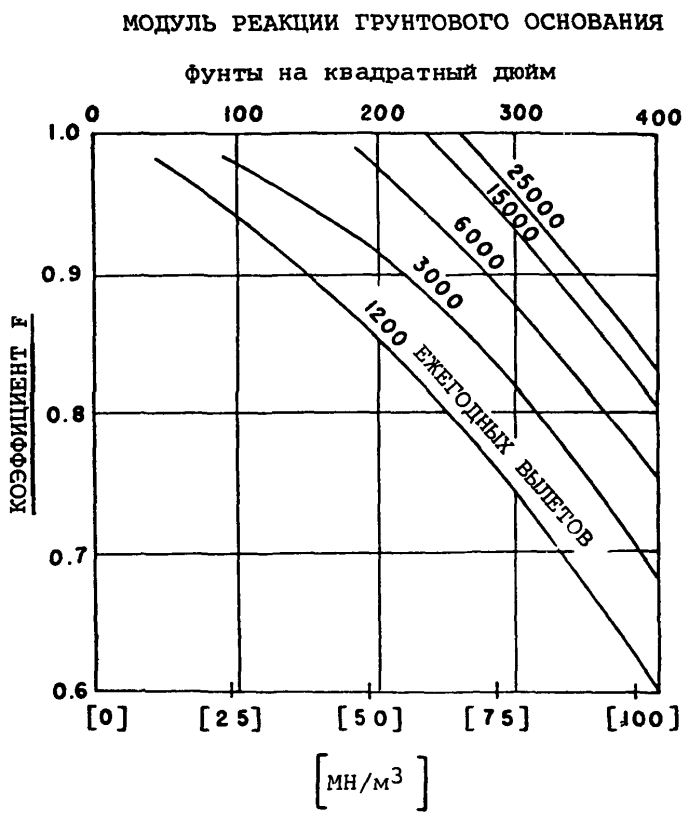


Рис. 4-6. График коэффициентов F по отношению к модулю реакции грунтового основания для различных уровней движения

d) Расчет битумного верхнего слоя для жесткого покрытия, имеющего существующий битумный верхний слой, имеет небольшие отличия. Проектировщику необходимо подходить к этому вопросу, как если бы существующего битумного верхнего слоя не было, подсчитать необходимую толщину верхнего слоя, и затем скорректировать подсчитанную толщину с учетом компенсации существующего верхнего слоя. Если не используется такой метод, могут быть часто получены непостоянные результаты.

1) Ниже дается пример такого метода. Предположим, что существующее покрытие состоит из 10 дюймов (25 см) жесткого покрытия с 3 дюймами (7,5 см) битумного верхнего слоя. Существующее покрытие, которое необходимо усилить, равно единичной толщине жесткого покрытия, равной 14 дюймам (36 см). Предположим, что коэффициент F, равный 0,9 и величина C_b, равная 0,9, соответствует существующим условиям.

2) Подсчитайте необходимую толщину битумного верхнего слоя, как если бы существующего верхнего слоя 3 дюйма (7,5 см) не было.

$$t = 2,5\ (0,9 \times 14 - 0,9 \times 10)$$

$$t = 9 \text{ дюймов } (23 \text{ см})$$

3) Затем делается допуск для существующего битумного верхнего слоя. В этом примере предположим, что существующий верхний слой находится в таком состоянии, что его эффективная толщина составляет 2,5 дюйма (6 см). Требуемая толщина верхнего слоя составит 9 - 2,5 = 6,5 дюйма (17 см). Определение эффективной толщины существующего верхнего слоя является вопросом инженерной оценки.

e) Формула подсчета толщины битумных верхних слоев на жестких покрытиях ограничивается применением к размерам толщины верхних слоев, которые равны или меньше, чем толщина жесткого покрытия основания. Если толщина верхнего слоя превышает толщину покрытия основания, проектировщику необходимо рассчитывать верхний слой как нежесткое покрытие и подходить к существующему жесткому покрытию как высококачественному материалу для основания. Это ограничение основывается на том факте, что исходя из формулы, существующее жесткое покрытие рассчитано на значительную нагрузку в результате действия на изгиб. Однако, для толстых битумных верхних слоев величина действия на изгиб очень незначительна.

4.4.26.6 Расчет битумных верхних слоев. Битумные верхние слои могут укладываться на существующие жесткие или нежесткие покрытия. Минимально допустимая толщина бетонных верхних слоев составляет 5 дюймов (13 см) при укладке на нежесткое покрытие, непосредственно на жесткое покрытие или на выравнивающий слой. Минимальная толщина бетонного верхнего слоя, связанного с существующим жестким покрытием, равна 3 дюймам (7,5 см). Расчет бетонных верхних покрытий предопределяется приравниванием профиля основания и поверхностного слоя к единичной толщине плиты. Представленные формулы получены в результате исследований на покрытиях испытательных треков и наблюдений за покрытиями, находящимися в эксплуатации.

4.4.26.7 Бетонный верхний слой на нежестком покрытии. Расчет бетонных верхних слоев на существующих нежестких покрытиях основывается на расчетных кривых, указанных в п. 4.4.18. Существующее нежесткое покрытие считается фундаментом для верхней плиты.

a) С целью расчета жесткого покрытия, для существующего нежесткого покрытия необходимо определить величину k,используя данные, указанные на рис. 4-35 или 4-55, или путем проведения испытания несущей способности при помощи пробных нагрузок на существующем нежестком покрытии. В любом случае установленная величина k не должна превышать 500.

b) Когда в силу условий промерзания требуется дополнительная толщина, использование нестабилизированного материала не допускается, т.к. это приведет к слоистому покрытию. Защита от промерзания должна быть обеспена стабилизированным материалом.

4.4.26.8 Бетонный верхний слой на жестком покрытии. Расчет бетонных верхних слоев на существующих жестких покрытиях также основывается на расчетных кривых жестких покрытий. Расчетные кривые жестких покрытий указывают толщину бетона, необходимого для удовлетворения условиям расчета для единичной толщины бетонного покрытия. Использование этого метода требует от проектировщика установления величины k для существующего фундамента. Величина k может быть определена с помощью полевых испытаний на определение несущей способности, проведенных в шурфах, прорезанных через существующее жесткое покрытие, или может быть оценена по строительной документации для существующего покрытия. Для расчета бетонного верхнего слоя на жестком покрытии требуется оценка структурной целостности существующего жесткого покрытия. Коэффициент состояния должен быть выбран после проведения наблюдений за состоянием покрытия. Выбор коэффициента состояния является вопросом инженерной оценки. Применение испытаний без разрушения образцов (NDT) может принести значительную пользу при оценке состояния существующего покрытия. NDT также может использоваться для определения мест для шурфов. Для того, чтобы обеспечить более единообразную оценку коэффициентов состояния, определены следующие величины:

C_r = 1,0 для существующего покрытия в хорошем состоянии - очевидны незначительные трещины, но без структурных дефектов.

C_r = 0,75 для существующего покрытия, имеющего угловые трещины в начальной стадии в результате нагрузок, но без прогрессивного образования трещин или нарушения швов.

C_r = 0,35 для существующего покрытия в плохом структурном состоянии - сильные трещины или разрушения и поврежденные швы. Три состояния, указанные выше, используются скорее для иллюстрации коэффициента состояния, чем установления одних только величин, имеющихся у проектировщика. Для условия в конкретном месте может потребоваться применение промежуточной величины C_r в рамках рекомендуемых пределов.

a) Бетонный верхний слой без выравнивающего слоя. Толщина бетонной верхней плиты, укладываемой непосредственно поверх существующего жесткого покрытия подсчитывается с помощью следующей формулы:

$$h_c = \sqrt[1.4]{h^{1.4} - C_r h_e^{1.4}}$$

h_c = необходимая толщина бетонного верхнего слоя

h = необходимая толщина единичной плиты, определенная по расчетным кривым

h_e = толщина существующего жесткого покрытия

C_r = коэффициент состояния

В связи с неудобными знаками в вышеуказанной формуле, на рисунках 4-65 и 4-66 дается графическое изображение вывода формулы. Эти графики построены только для двух различных коэффициентов состояния, C_r = 1,0 и 0,75. Применение бетонного верхнего покрытия непосредственно на существующее жесткое покрытие с коэффициентом состояния менее чем 0,75 не рекомендуется в связи с вероятностью появления трещин отражения.

b) Бетонный верхний слой с выравнивающим слоем. В некоторых случаях может оказаться необходимой укладка выравнивающего слоя на существующее жесткое покрытие до применения бетонного верхнего слоя. В этих условиях для подсчета толщины верхнего слоя требуется другая формула. Когда существующее покрытие и верхнее покрытие разделены, действие плит более самостоятельно, чем в том случае, когда плиты находятся в контакте друг с другом. Формула для определения толщины верхней плиты при применении выравнивающего слоя следующая:

$$h_c = \sqrt{h^2 - C_r h_e^2}$$

h_c - необходимая толщина бетонного верхнего слоя

h - необходимая толщина единичной плиты, определенная по расчетным кривым

h_e - толщина существующего жесткого покрытия

C_r - коэффициент состояния

Выравнивающий слой должен строиться из высокоустойчивого битуминизированного бетона. Гранулированный разделительный слой не допускается, т.к. это приведет к слоистой конструкции. Графические выводы вышеуказанного уравнения показаны на рис. 4-67 и 4-68. Эти графики построены для коэффициентов состояния, равных 0,75 и 0,35. Другие коэффициенты состояния между этими величинами, как правило, могут подсчитываться с достаточной точностью с помощью интерполяции.

c) Соединенные бетонные верхние слои. В определенных условиях иногда используются бетонные верхние слои, соединенные с существующими жесткими покрытиями. Связкой бетонного верхнего слоя с существующим жестким покрытием достигается новый профиль, выступающий в качестве монолитной плиты. Толщина необходимого соединенного слоя вычисляется вычитанием толщины существующего покрытия из толщины необходимой толщины плиты, определенной по расчетным кривым.

$$h_c = h - h_e$$

где:

h_c - необходимая толщина бетонного верхнего слоя

h - необходимая толщина единичной плиты, определенная по расчетным кривым

h_e - толщина существующего жесткого покрытия.

Соединенные верхние слои следует использовать только тогда, когда существующее жесткое покрытие находится в хорошем состоянии. Дефекты в существующем покрытии более вероятно могут проявиться в соединенном верхнем слое, чем в других типах бетонных верхних слоев. Главная проблема, с которой вероятно можно столкнуться при укладке сцепленных бетонных верхних слоев, заключается в достижении достаточной связки. Для обеспечения связки необходимы подготовка поверхности и совершенные методы строительства.

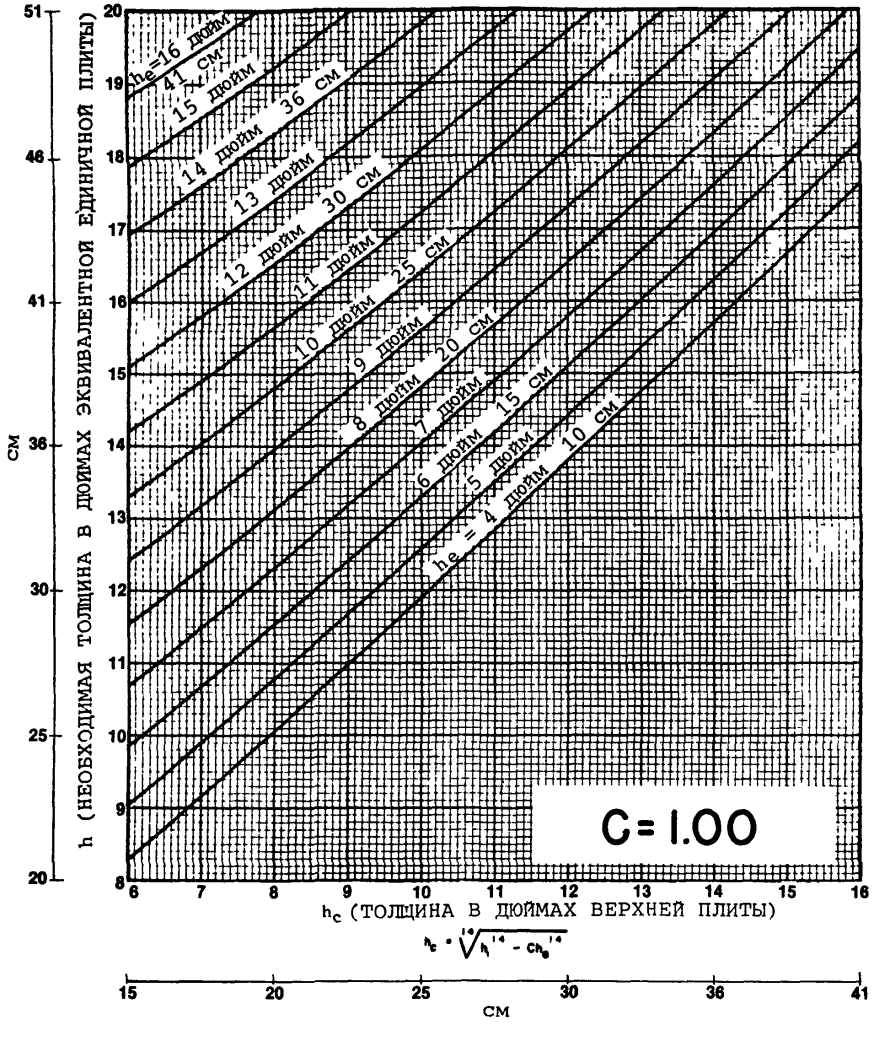


Рис. 4-65. Битонный верхний слой на жестком покрытии

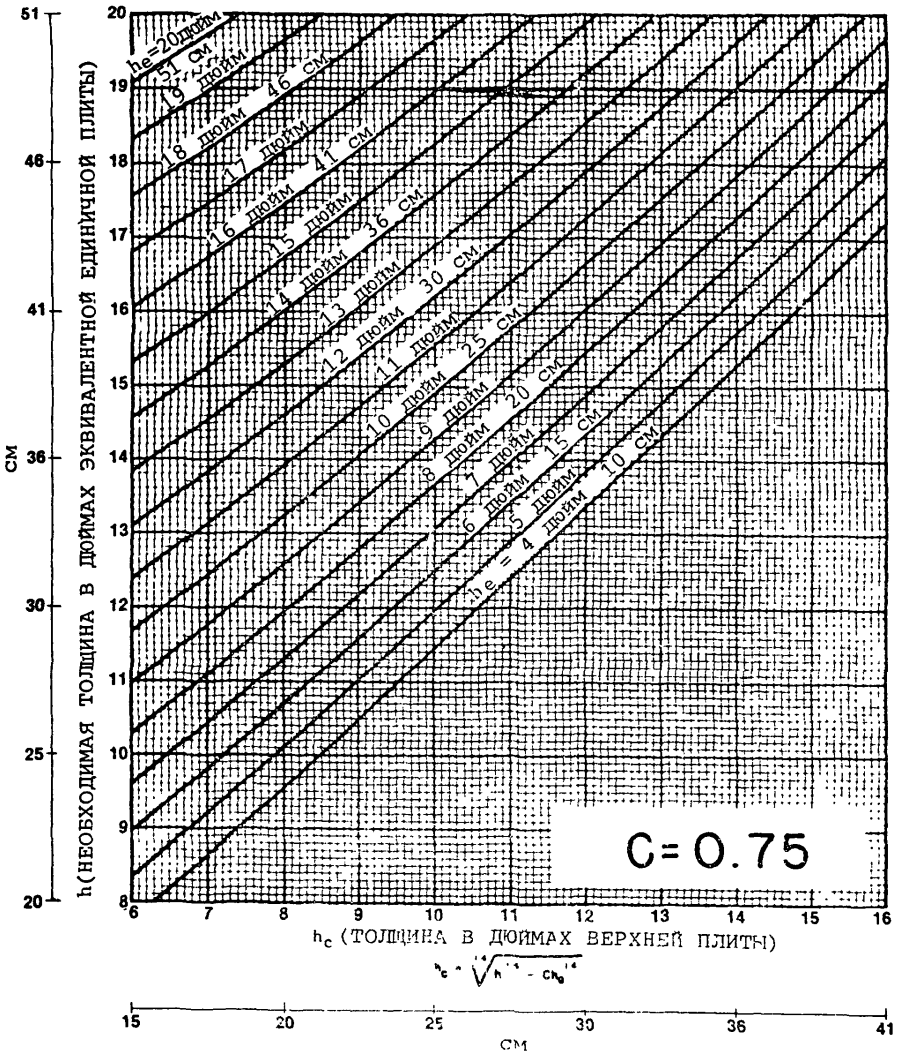


Рис. 4-66. Бетонный верхний слой на жестком покрытии

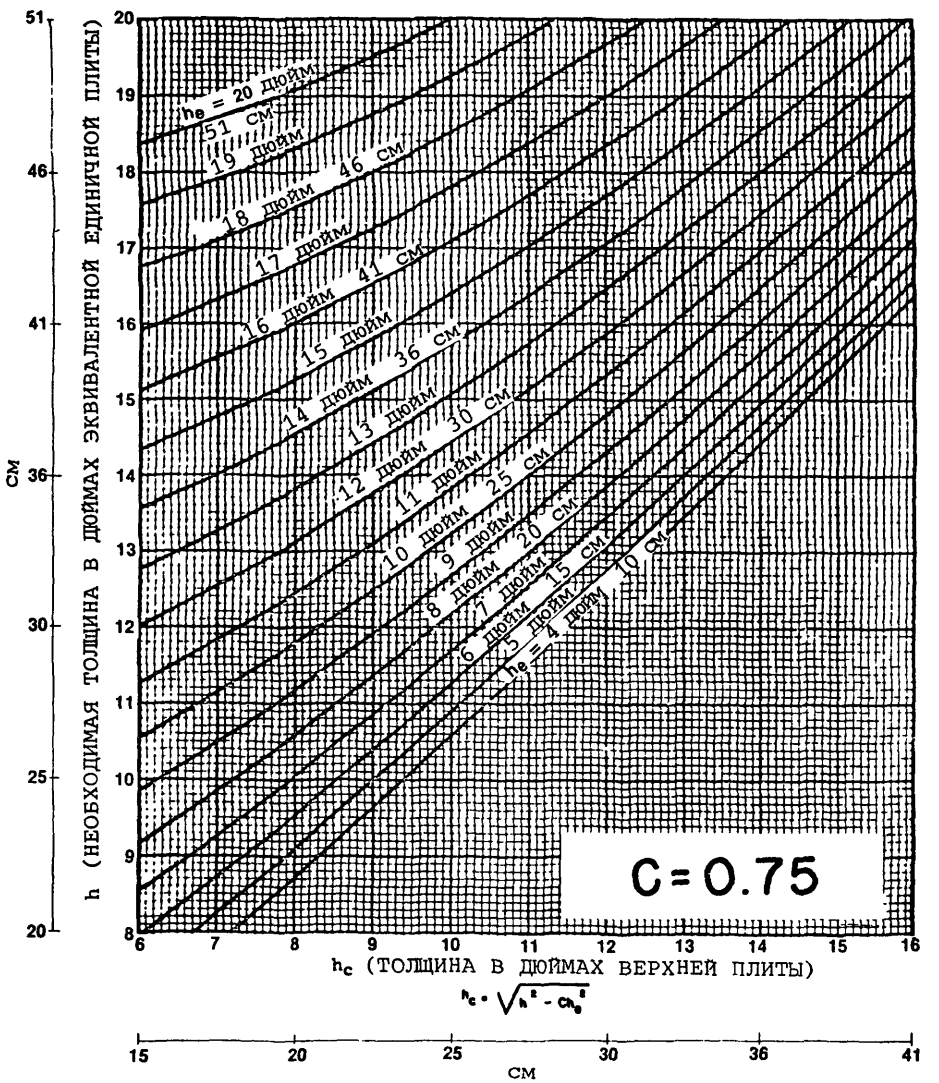


Рис. 4-67. Бетонный верхний слой на жестком покрытии с выравнивающим слоем

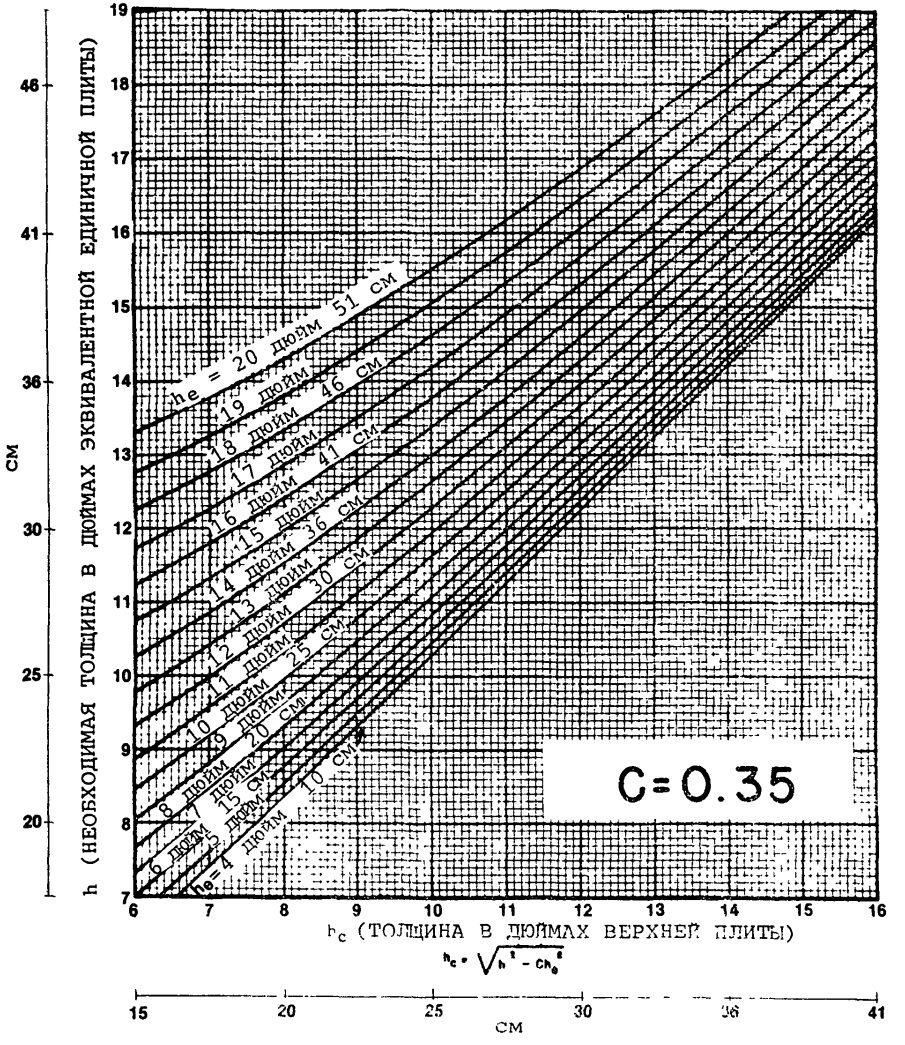


Рис. 4-68. Бетонный верхний слой на жестком покрытии с выравнивающим слоем

4.4.27 Оценка покрытий

4.4.27.1 Цели оценки покрытий

a) Покрытия аэропортов оцениваются по ряду причин. Оценки необходимы для установления несущей способности покрытий для предполагаемого производства полетов, определения их способности выдерживать значительные изменения в результате предполагаемых объемов или типов движения воздушных судов и определения состояния существующих покрытий в целях планирования или расчета улучшений, которые могут потребоваться для совершенствования класса того или иного сооружения.

b) Методы оценки, по существу, представляют собой изменения методов расчета. Так как новая методология расчета Федерального авиационного управления (FAA), описанная в настоящем Руководстве, может явиться результатом несколько иных размеров толщины по сравнению с другими методами расчета, было бы неправильно оценивать существующие покрытия по новому методу до тех пор, пока они также не рассчитаны на этот метод. Это могло бы снизить допустимые нагрузки и отрицательно сказаться на эксплуатантах воздушных судов. Для избежания подобной ситуации, покрытия необходимо оценивать для различных условий, указанных в приводимых ниже пунктах.

4.4.27.2 Оценки в отношении предполагаемого производства полетов. Когда покрытия аэропортов подвергаются нагрузкам, ожидаемым в период расчета, их оценку необходимо основывать на первоначальном методе расчета. Так например, если покрытие было спроектировано по методу X с расчетом на обслуживание определенных воздушных судов в течение 20 лет и поток движения, использующий покрытие, в основном тот же самый, как он был предусмотрен во время расчета, покрытие необходимо оценивать в соответствии с методом X. Выполнявшему оценку необходимо учитывать, что может произойти некоторое ухудшение после 20 лет предназначенного срока службы. Несущую способность покрытия не следует снижать, если покрытие обеспечивает безопасную поверхность в эксплуатации. С целью облегчения настоящей политики оценки в добавлении 4 приводятся предварительные кривые оценки. См. рисунки A4-8 по A4-21 включительно.

4.4.27.3 Оценки в отношении изменяющегося движения воздушных судов. Иногда необходимы оценки для определения способности существующего покрытия выдерживать значительные изменения в нагрузках на покрытия. Это может произойти в результате ввода в эксплуатацию различных типов воздушных судов или изменений в объеме движения. В этих случаях также рекомендуется, чтобы существующие покрытия оценивались в соответствии с методами, по которым они были рассчитаны. Эффект изменений в объеме движения обычно незначительный и не окажет большого влияния на допустимые нагрузки. Влияние изменений в типах воздушных судов зависит от весовой нагрузки на шасси и конфигурации шасси воздушного судна. В этих оценках также необходимо учитывать несущую способность существующих мостов, водопропускных труб, коллекторов для ливневых дождей и других конструкций.

4.4.27.4 Оценки в отношении планирования и расчета. Оценки существующих покрытий, используемые в планировании или расчете улучшений необходимо основывать на методе, который будет использоваться при расчете таких улучшений. Процедуры, которых необходимо придерживаться при оценке покрытий в соответствии с критериями расчета, содержащиеся в настоящем Руководстве, следующие:

a) Мероприятия оценки

1) Осмотр места. Это может включать, в дополнение к изучению существующих дренажных условий и водоотводных сооружений местоположения, учитывание дренажной площади, водоотвода, горизонта грунтовых вод, развития площади и т.д. Необходимо следить за наличием промерзания.

2) Исследование документации и оценка. Эта мера может, по меньшей мере, частично предшествовать мероприятию 1), указанному выше. Такие действия осуществляются посредством полного обзора данных и истории строительства, соображений расчета, технических требований, методов испытаний и результатов, чертежей хода строительства и документации по содержанию и текущему ремонту. Метеоданные и наиболее полная наличная документация о движении воздушных судов также являются частью используемых архивных материалов. При наличии условий, вытекающих из состояния грунта, влажности и погоды, способствующих неблагоприятному влиянию промерзания, может потребоваться корректировка настоящей оценки.

3) Взятие образцов и проведение испытаний. Потребность в различных физических испытаниях и анализах материалов основывается на результатах, полученных во время осмотра местоположения, изучения документации и типа оценки. В таком случае для полной оценки в отношении детального расчета потребуется больше взятия образцов и проведения испытаний, как, например, оценка, предполагаемая для использования в основном плане. Взятие образцов и проведение испытаний предназначены для получения информации о толщине, качестве и общем состоянии элементов покрытия.

4) Отчет об оценке. Анализ мероприятий 1), 2) и 3) должен завершать оценку несущей способности рассматриваемых профилей покрытия. Анализ, показания и результаты испытаний необходимо включать в постоянную документацию для справок в будущем. Хотя это не требует какой-либо конкретной формы, рекомендуется включать в документацию схему, указывающую пределы площади конкретного покрытия.

b) Процедуры непосредственного взятия образцов. Основная процедура оценки для планирования и расчета представляет собой визуальный осмотр и обращение к критериям расчета FAA, сопровождаемое дополнительным взятием образцов, испытаниями и исследованиями, которые могут потребоваться в результате процессов оценки. Для относительно нового покрытия без заметных признаков износа или напряжения, прочность может основываться на результатах осмотра сооруженных профилей с учетом изменений для любых разновидностей материала или недостатков в документации. Там, где возраст или заметный износ указывают на то, что первоначальная прочность более не существует, необходимо применять дальнейшую модификацию на основе суждения или сочетания суждения и проведения дополнительных физических

испытаний. Для покрытий, состоящих из профилей, которые нельзя сравнить со стандартами расчетов FAA, оценку необходимо осуществлять на основе стандартов FAA после выполнения сравнения материалов и эквивалентов.

1) Нежесткие покрытия. Лабораторные или полевые испытания CBR могут оказаться полезными при проведении дополнительных испытаний на классификацию грунта. На рис. 4-69 показано приблизительное отношение между классификацией грунтового основания, используемой ранее FAA и CBR.

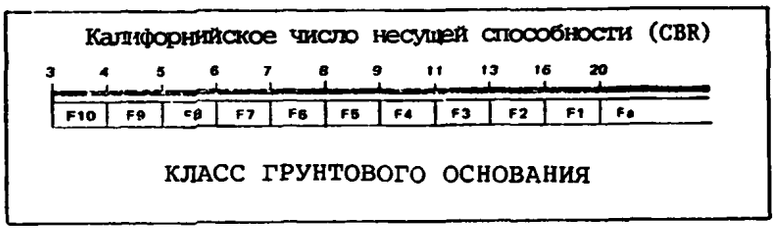


Рис. 4-69. Сравнение классов грунтового основания CBR - FAA

Перевод коэффициентов классификации грунтового основания F в CBR допускается, где испытания CBR невозможны. Толщина различных слоев в конструкции нежесткого покрытия должна быть известна для того, чтобы дать оценку покрытию. Толщина может быть определена с помощью бурений и шурфов. Чертежи хода строительства и документация также могут быть использованы для определения толщины, если записи достаточно полные и точные.

2) Жесткие покрытия. Для оценки требуется определение толщины составных слоев, прочности бетона на изгиб и модуля реакции грунтового основания.

   a) Толщина составных слоев обычно зафиксирована в строительной документации. Там, где такой информации не имеется или ее точность сомнительна, толщина может быть определена путем сверлений или шурфов в покрытии.

   b) Прочность бетона на изгиб наиболее точно определяется с помощью образцов для испытаний в форме балочки, нарезанных из существующего покрытия и испытанных в соответствии с ASTM C-78. Получение нарезных балочек стоит дорого и расходы, связанные с получением достаточного числа балочек для выявления типичного образца, могут оказаться недоступными. Строительная документация может быть использована в качестве источника данных о прочности бетона на изгиб, если таковые имеются. Строительную документацию, вероятно, придется скорректировать с учетом старения, так как со временем прочность бетона увеличивается. Приблизительное отноше-

ние между сопротивлением сжатию бетона и прочностью на изгиб существует и может быть вычислено с помощью следующей формулы:

$$R = 9\sqrt{fc'}$$

где R - прочность на изгиб

fc' - сопротивление сжатию

Для определения приблизительной величины прочности на изгиб могут быть использованы испытания на растяжение при расщеплении. Предел прочности на разрыв при расщеплении необходимо умножить приблизительно на 1,5 для получения приблизительной прочности на изгиб. Необходимо отметить, что соотношения между прочностью на изгиб и пределом прочности на сжатие являются приблизительными и возможны значительные изменения.

c) Модуль реакции грунтового основания определяется с помощью испытаний несущей способности при помощи пробных нагрузок, выполняемых на грунтовом основании. Эти испытания должны осуществляться в соответствии с процедурами, установленными в AASHTO T 222. Важной частью процедуры испытания для определения модуля реакции грунтового основания является корректировка насыщения грунта, которая содержится в установленном стандарте. При обычном применении используется поправочный коэффициент, определяемый путем обобщенных испытаний образцов на месте и содержанием влаги, соответствующим насыщенному состоянию. Для оценки более старого покрытия, где имеется свидетельство того, что влажность грунтового основания стабилизировалась или изменяется в ограниченных пределах, поправка на насыщение не является необходимой. Если испытания несущей способности при помощи пробных нагрузок нельзя осуществить на практике, модуль реакции грунтового основания может быть оценен с помощью использования таблицы 4-8.

d) Для подстилающих слоев потребуется корректировка модуля реакции грунтового основания. Толщина подстилающего слоя необходима для подсчета величины k подстилающего слоя. Толщина подстилающего слоя может быть определена из строительной документации или с помощью бурений. При определении величины k подстилающего слоя следует использовать инструктивный материал, содержащийся в п. 4.4.19.

4.4.27.5 Нежесткие покрытия. После установления всех параметров, оценки существующего нежесткого покрытия с использованием инструктивного материала, приведенного в указанных выше пунктах, процесс оценки в основном заключается в пересмотре метода расчета. Для определения несущей способности существующего покрытия могут быть использованы расчетные кривые. Требуемыми данными являются величины CBR для грунтового основания и подстилающего слоя, размеры толщины поверхностного слоя, слоя основания и подстилающего слоя и уровня ежегодных вылетов. С целью определения несущей способности нежесткого покрытия должны быть выполнены несколько проверок. Настоящая оценка контролируется подсчетом, в результате которого будет получена наименьшая допустимая нагрузка.

a) Общая толщина покрытия. Нанесите низшую абсциссу соответствующей проектной кривой с величиной общей толщины существующего покрытия. Постройте вертикальную проекцию к линии уровней ежегодных вылетов. В точке пересечения между вертикальной проекцией и линией уровня вылетов постройте горизонтальную проекцию через расчетную кривую. Нанесите верхнюю абсциссу с величиной CBR грунтового основания. Проведите вертикальную проекцию по направлению вниз до ее пересечения с горизонтальной проекцией, построенной ранее. Точка пересечения этих двух проекций будет распола-

гаться вблизи линий нагрузки на расчетных кривых. Допустимая нагрузка определяется отметкой места, где точка пересечения соприкасается с линиями нагрузки.

b) Толщина поверхностного слоя и основания. Составная толщина поверхностного слоя и основания также должна проверяться для определения несущей способности существующего нежесткого покрытия. В качестве расчетных данных для этого подсчета потребуется величина CBR подстилающего слоя, составная толщина поверхностного слоя и основания и уровень ежегодных вылетов. Процедура аналогична приведенной в п. a) выше, за исключением того, что для нанесения расчетных кривых используются CBR подстилающего слоя и составная толщина поверхностного слоя и основания.

c) Недостаточность в толщине слоя основания. Толщину существующего слоя основания необходимо сравнивать с минимальными размерами толщины слоя основания, показанными на рис. 4-45. Используемыми расчетными данными для этой кривой являются общая толщина покрытия и CBR грунтового основания. На левой ординате рис. 4-45 даются значения толщины общего покрытия. Постройте горизонтальную проекцию до соответствующей линии CBR грунтового основания. В точке пересечения горизонтальной проекции и линии CBR грунтового основания, постройте вертикальную проекцию вниз до нижней абсциссы и считайте показания минимальной толщины слоя основания. Отметьте, что минимальная толщина слоя основания составляет 6 дюймов (15 см). Если толщина существующего слоя основания недостаточна, покрытие необходимо тщательно контролировать на наличие признаков растрескивания. Необходимо учесть возможность составления планов по укладке верхних слоев на покрытие с целью исправления такого недостатка толщины слоя основания.

d) Недостаточность в толщине поверхностного слоя. Толщину существующего поверхностного слоя необходимо сравнивать с толщиной, указанной на соответствующей расчетной кривой. Если существующий поверхностный слой тоньше, чем слой, указанный на расчетной кривой, за покрытием необходимо тщательно следить для выявления повреждений поверхности. Рекомендуется рассмотреть возможность осуществления планирования с целью устранения недостаточности в толщине поверхностного слоя.

4.4.27.6 Жесткие покрытия. Для оценки жестких покрытий для воздушных судов в качестве расчетных данных требуются прочность бетона на изгиб, величина k фундамента, толщина плиты и уровень ежегодных вылетов. Для определения несущей способности используются расчетные кривые жестких покрытий. Расчетные кривые наносятся на левую ординату с данными прочности бетона на изгиб. Горизонтальная проекция строится к величине k фундамента. В точке пересечения горизонтальной проекции и линии k вблизи линий нагрузки строится вертикальная проекция. Толщина плиты указывается на масштабе соответствующего уровня вылетов на правой стороне диаграммы. Горизонтальная проекция строится от шкалы толщины до ее пересечения с предыдущей вертикальной проекцией. Точка пересечений этих проекций будет вблизи линий нагрузки. Несущая способность определяется отметкой места, где точка пересечения касается линий нагрузки.

ГЛАВА 5. МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ВПП

5.1 Цель

5.1.1 Приложением 14 предусматривается, что при строительстве ВПП с искусственным покрытием ее поверхность в мокром состоянии должна обеспечить хорошие характеристики сцепления. Дополнительные положения содержат минимальные технические требования к конфигурации поверхности ВПП, в частности, отмечается необходимость определенной специальной обработки поверхности. Цель этой главы - предоставить инструктивный материал об опробованных методах улучшения структуры поверхности ВПП. В него включены основные технические критерии проектирования, строительства и обработки поверхностей ВПП, единообразное применение которых считается важным для выполнения соответствующих положений Приложения 14.

5.2 Основные соображения

5.2.1 История вопроса

5.2.1.1 С постоянным увеличением массы воздушных судов и связанного с этим значительного увеличения скоростей на взлете и посадке возник ряд эксплуатационных проблем при использовании поверхности ВПП обычных типов. Одним из наиболее серьезных и потенциально опасных явлений считается гидроглиссирование шасси по ВПП, что в ряде случае было причиной авиационных инцидентов и происшествий.

5.2.1.2 Попытки решить проблему гидроглиссирования привели к разработке новых типов покрытий ВПП с особой структурой поверхности и улучшенными характеристиками дренажа. Как показал опыт, эти формы обработки поверхности не только успешно свели к минимуму опасность скольжения, но и значительно повысили уровень сцепления на ВПП с различной степенью увлажненности, т.е. от увлажненной до залитой водой поверхности.

5.2.1.3 В настоящее время общепризнано, что нет необходимости ежедневно измерять и представлять данные об условиях сцепления на мокрой ВПП. Это явилось результатом разработки нового теоретического подхода к проблеме мокрых ВПП. Нет сомнений в необходимости общего улучшения сцепления на поверхности ВПП в "нормальных" условиях влажности, нужно добиться, чтобы не оставалось поверхностей, не отвечающих стандартам.

5.2.1.4 Это привело к разработке определений минимально приемлемых степеней сцепления в условиях осадков для новых и имеющихся ВПП. Таким образом, необходимо периодически оценивать степень сцепления на ВПП, используя для этого методику, содержащуюся в дополнении В к Приложению 14 и соответствующих документах. В соответствии с этим принципом и применяется современная технология обработки поверхностей, которая, как показал опыт, эффективно обеспечивает выполнение требований к сцеплению на мокрой ВПП и сводит к минимуму гидроглиссирование на ВПП.

5.2.2 Функциональные требования

5.2.2.1 Предполагается, что покрытие ВПП в целом выполняет следующие три основные функции:

a) обеспечивает надлежащую несущую способность;

b) обеспечивает хорошие характеристики движения; и

c) обеспечивает хорошие характеристики сцепления на поверхности.

Первый критерий относится к конструкции покрытия, второй к геометрической форме верхней части покрытия и третий к структуре самой поверхности.

5.2.2.2 Все эти три критерия необходимо учитывать при создании покрытия, функционально отвечающего эксплуатационным требованиям. Но с эксплуатационной точки зрения третий критерий является наиболее важным, потому что он непосредственно связан с безопасностью полетов воздушных судов. Кроме того, он влияет на регулярность и эффективность полетов. Таким образом критерий сцепления может стать решающим фактором при выборе наиболее подходящей формы обработки поверхности покрытия.

5.2.3 Определение проблемы

5.2.3.1 Как правило, на отдельных ВПП независимо от типа покрытия (асфальт/бетон) и конфигурации поверхности в сухом и чистом состоянии обеспечиваются сравнимые характеристики сцепления с незначительными с эксплуатационной точки зрения различиями в уровнях сцепления. Кроме того, имеющиеся уровни сцепления относительно независимы от скорости воздушного судна. Поэтому эксплуатация ВС на сухих поверхностях ВПП в достаточной мере отвечает требованиям и для этого случая нет необходимости разрабатывать особые технические критерии сцепления на поверхности.

5.2.3.2 В противоположность этому, в тех случаях, когда на ВПП имеется вода и ВПП имеет любую степень влажности (т.е. от увлажненной до залитой водой), положение меняется. В этих условиях уровни сцепления на отдельных ВПП в значительной мере снижаются по сравнению с этими величинами в сухих условиях и в результате появляются значительные несоответствия между степенями сцепления на различных поверхностях. Эти расхождения возникают вследствие различий в типе покрытий, форме обработки поверхности (структура) и характеристик дренажа (конфигурация). Ухудшение сцепления (что особенно заметно при эксплуатации воздушного судна на больших скоростях) может серьезно повлиять на безопасность, регулярность или эффективность полетов. Степень воздействия будет зависеть от того, какое различие имеется между сцеплением, которое действительно требуется, и имеющимся сцеплением.

5.2.3.3 Типичным случаем является уменьшение сцепления в условиях, когда ВПП мокрая, и уменьшение сцепления по мере возрастания скорости воздушного судна объясняется совместным воздействием вязкости и динамического давления, которому подвергаются пневматик/поверхность. Такое давление вызывает частичную потерю "сухого" контакта, и эта потеря контакта увеличивается по мере возрастания скорости. Существуют условия, когда практически полностью теряется контакт и сцепление уменьшается до незначительных величин. Это называется вязкостным, динамическим или гидроглиссированием вследствие реверса резины. На рис. 5-1 изображено действие этого явления в различных зонах взаимодействия пневматика/поверхности и показано каким образом они изменяются в размерах в связи с увеличением скорости.

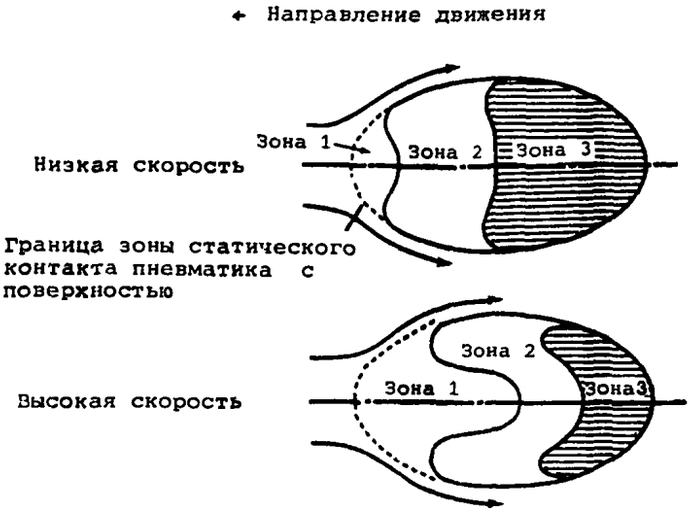


Рис. 5-1. Зоны взаимодействия пневматика/поверхности

5.2.3.4 В свете этих соображений можно утверждать, что мокрая ВПП представляет собой серьезную опасность и потенциальную угрозу при производстве полетов. Поэтому попытки достичь общего улучшения этого положения вполне обоснованы. Как уже упоминалось, применение современных методов обработки считается наиболее практичным и эффективным путем улучшения характеристик сцепления на мокрых ВПП.

5.2.4 Цели конструирования

5.2.4.1 Учитывая вышеизложенные соображения, цели конструирования искусственных покрытий ВПП, которые в равной степени применимы и к поддержанию ее в исправном состоянии, можно сформулировать следующим образом:

покрытие ВПП следует конструировать и обслуживать таким образом, чтобы обеспечить наличие такой поверхности ВПП, которая надлежащим образом отвечала бы всем функциональным требованиям в любое время на протяжении всего предполагаемого срока использования покрытия, в частности, чтобы:

a) во всех предполагаемых условиях влажности обеспечивались высокие уровни сцепления и единообразные характеристики сцепления; и

b) была сведена к минимуму потенциальная опасность возникновения любых форм гидроглиссирования, а именно: вязкостного, динамического и вследствие реверса резины. Информация об этих типах гидроглиссирования содержится в части 2 *Руководства по аэропортовым службам - Состояние поверхности покрытия* (Doc 9137-AN/898).

5.2.4.2 Как указано ниже, обеспечение надлежащего сцепления на мокрой ВПП тесно связано с характеристиками дренажа поверхности ВПП. В свою очередь дренаж зависит от количества выпадаемых в местных условиях осадков. Поэтому требования к дренажу зависят *от местных условий и они в основном определяют технические меры и связанные с ними* необходимые капиталовложения/расходы для достижения поставленной цели. В общем, чем выше требования к дренажу, тем более строго трактуются и применяются соответствующие технические критерии.

5.2.5 Физические критерии конструирования

5.2.5.1 Общие положения. В свете последних достижений техники проблема сцепления на поверхности ВПП, на которой имеется вода, может толковаться как общая проблема дренажа, в рамках которой решаются три различных вопроса:

a) дренаж поверхности (конфигурация поверхности);

b) дренаж зоны взаимодействия пневматика/поверхности (макроструктура); и

c) проникающий дренаж (микроструктура).

На решение трех этих вопросов могут значительно повлиять технические меры и важно учесть, что все они должны решаться для достижения надлежащего сцепления во всех возможных условиях влажности, то есть от влажной до залитой водой поверхности.

5.2.5.2 Дренаж поверхности. Дренах поверхности является основным и важнейшим требованием. Он служит цели максимального уменьшения толщины слоя воды на поверхности, особенно, в зоне колеи колеса. Его целью является отвод воды с ВПП по кратчайшему пути и особенно из зоны колеи колеса. Надлежащее дренирование поверхности обеспечивается, в основном, соответствующим уклоном поверхности (как в продольном, так и в поперечном направлениях) и неровностью поверхности. Дренаж можно дополнительно улучшить путем специальной обработки поверхности, такой, например, как нанесение близкорасположенных поперечных канавок или путем отвода воды сначала через поры специально обработанного слоя (пористый слой для сцепления). Эффективность дренирования покрытий современных типов можно определить из того факта, что поверхности даже после очень сильного ливня выглядят только как очень влажные. Однако следует отдавать себе полный отчет в том, что специальная обработка поверхности не поможет, если ВПП имеет плохую форму вследствие неправильно спроектированных уклонов или неровности поверхности. Это может явиться важным соображением при принятии решения относительно наиболее эффективного метода улучшения характеристик сцепления на имеющейся поверхности ВПП в условиях выпадания осадков.

5.2.5.3 Дренаж зоны взаимодействия пневматика/поверхности (макроструктура). Дренирование зоны взаимодействия (под движущимся пневматиком) преследует две цели:

a) по мере возможности предотвратить проникновение оставшегося на поверхности скопления воды в переднюю зону взаимодействия; и

b) удалить проникшую в зону взаимодействия воду.

Цель этого - быстро удалить воду из-под пневматика при минимальном росте динамического давления. Как установлено, этого можно достигнуть только путем создания поверхности с открытой макроструктурой.

5.2.5.4 Дренирование зоны взаимодействия в сущности является динамическим процессом, то есть оно в значительной степени зависит от квадрата скорости. Таким образом, макроструктура особенно важна при обеспечении надлежащего сцепления в диапазоне высоких скоростей. С эксплуатационной точки зрения это наиболее важно, так как в этом диапазоне скоростей недостаточное сцепление является наиболее критическим фактором для дистанции торможения и способности ВС сохранять путевое управление.

5.2.5.5 Исходя из этого есть смысл сравнить структуры, применяемые при строительстве дорог и ВПП. Более гладкая структура на поверхности дорог может обеспечить надлежащий дренаж автомобильной покрышки вследствие рисунка протектора покрышки, который

в значительной мере облегчает дренаж зоны взаимодействия. Но авиационные покрышки невозможно изготовлять с аналогичным рисунком протектора и они имеют только ряд периферических канавок, которые гораздо в меньшей степени способствуют дренажу зоны взаимодействия. Их эффективность быстро уменьшается по мере износа пневматика. Однако более важный фактор, который определяет требования к макроструктуре - это значительно более высокие скорости эксплуатации воздушного судна. Этим можно объяснить, почему на некоторых обычных поверхностях ВПП, построенных в соответствии с техническими требованиями, аналогичными требованиям к поверхностям дорог (относительно замкнутые структуры), наблюдается заметное уменьшение сцепления на мокрой ВПП по мере увеличения скорости и частое появление динамического гидроглиссирования при сравнительно небольшом слое воды.

5.2.5.6 Надлежащая макроструктура может обеспечиваться как асфальтовым покрытием, так и бетонным, хотя и с различными усилиями, устойчивостью и эффективностью. На поверхностях с бетонным покрытием требуемая макроструктура может быть создана путем обработки поверхности проволочной щеткой в поперечном направлении в то время, когда поверхность находится еще в пластическом состоянии, или путем нанесения близко расположенных поперечных рифлений. На асфальтовых покрытиях макроструктура может быть создана с помощью щебеночных поверхностей "открытого" типа.

5.2.5.7 Другие критерии конструирования требуют создания как можно более однородной структуры поверхности. Это очень важное требование помогает избежать чрезмерных отклонений в имеющихся уровнях сцепления, так как это может ухудшить эффективность торможения при скольжении или привести к повреждению пневматика.

5.2.5.8 Обработкой поверхности, наиболее эффективной с точки зрения сцепления на мокрой ВПП, является рифление на покрытиях из бетона на портландцементе;для асфальта эффективным является наличие пористого слоя сцепления. Эффективность этих способов можно объяснить тем, что они не только обеспечивают хороший дренаж зон взаимодействия, но также и в значительной мере способствуют дренажу скопления воды.

5.2.5.9 Проникающий дренаж (микроструктура). Цель проникающего дренажа заключается в установлении "сухого" контакта между неровностями поверхности и рабочей площадью пневматика при наличии тонкой вязкой водяной пленки. Вязкостное давление, увеличивающееся по мере возрастания скорости, ведет к прекращению прямого контакта, за исключением зон на поверхности с преобладающими неровностями, проникающими в вязкостную пленку. Такой тип шероховатости называется микроструктурой.

5.2.5.10 Микроструктура представляет собой мелкомасштабную шероховатость при наличии на поверхности отдельных заполнителей, ее трудно разглядеть, но она осязаема при касании. Поэтому надлежащая микроструктура может быть создана путем подбора соответствующих заполнителей, которые, как известно, имеют шероховатую поверхность. Это исключает, в частности, все полирующиеся заполнители.

5.2.5.11 Как макроструктура, так и микроструктура являются важными элементами в создании сцепления на мокрой поверхности, то есть они должны создаваться надлежащим образом для обеспечения приемлемых характеристик сцепления во всевозможных условиях влажности. На рис. 5-2 показано, как микроструктура и макроструктура поверхности влияют на результирующее сцепление на мокрой ВПП в зависимости от скорости, и, кроме того, указывается, что цель проектирования, сформулированная в п. 5.2.4, может быть достигнута с помощью технических средств.

5.2.5.12 Основная проблема микроструктуры заключается в том, что она может изменяться в течение коротких периодов времени (в противоположность макроструктуре), и это бывает трудно определить. Типичным примером служит скопление остатков резины в зоне касания, которые в значительной степени скрывают микроструктуру, но не обязательно ухудшают макроструктуру. В результате уровень сцепления на мокрой ВПП может значительно понизиться. Эта проблема решается путем выполнения регулярных измерений сцепления, с помощью которых

устанавливается степень нарушения имеющейся микроструктуры. Если установлено, что плохое сцепление на мокрой ВПП вызвано ухудшением микроструктуры поверхности, то на этот случай имеются методы эффективного восстановления микроструктуры имеющейся поверхности ВПП (см. п. 5.3).

5.2.6 Минимальные технические требования

5.2.6.1 Основные технические требования к геометрической форме (продольный уклон/поперечный уклон/неровность поверхности) и к структуре (макроструктуре) поверхности ВПП содержатся в Приложении 14.

5.2.6.2 Уклоны. Все новые ВПП следует проектировать с единообразным поперечным профилем в соответствии с рекомендуемой в Приложении 14 величиной поперечного уклона и как можно более ровным продольным профилем. Предпочтение следует отдавать двускатному поперечному профилю с уклоном на обе стороны от осевой линии ВПП, но если же по каким-либо причинам это невозможно сделать, то односкатный профиль следует тщательно рассчитать в отношении преобладающих влажных ветров с тем, чтобы стоку воды не препятствовал ветер, направленный на поперчный уклон.(При наличии односкатного профиля в некоторых местах возможно потребуется обеспечить сток воды с помощью поглощающих колодцев вдоль более высокого края с тем, чтобы вода с обочины не попадала на поверхность ВПП). Особое внимание следует уделять необходимости хорошего дренажа в зоне касания, так как если гидроглиссирование начнется на этом раннем этапе посадки, то оно, возможно, будет продолжаться далее по ВПП даже при менее значительном количестве воды.

5.2.6.3 Если будут идеально соблюдаться критерии профилирования, то вероятность возникновения гидроглиссирования будет сведена к минимуму, а отклонения от этих идеальных профилей приведут к большей вероятности гидроглиссирования, независимо от хороших характеристик сцепления на данной поверхности ВПП. Эти замечания остаются справедливыми для крупных проектов по реконструкции, и, кроме того, когда наступает время обновить покрытие старых ВПП, следует использовать эту возможность для улучшения профиля и дренажа поверхности. Любое улучшение профиля, каким небольшим бы оно не было, способствует этому.

5.2.6.4 Ровность поверхности. Это представляет собой элемент профиля ВПП, который в равной степени требует пристального внимания. Кроме того, ровность поверхности является важным условием обеспечения характеристик движения по ней высокоскоростных реактивных воздушных судов.

5.2.6.5 Требования к ровности поверхности приводятся в п. 5 дополнения А к Приложению 14, в них отражены лучшие технические методы. Невыполнение этих минимальных требований может серьезно ухудшить дренаж воды с поверхности и привести к образованию луж. Это может произойти с используемыми в течение долгого времени ВПП в результате различной усадки и постоянной деформации поверхности покрытия. Требования к ровности применяются не только при укладке нового покрытия, но и на протяжении всего срока использования этого покрытия. Максимально допустимую степень деформации покрытия следует считать важнейшим критерием конструирования. Это в значительной мере может повлиять на определение наиболее подходящего типа конструкции и типа покрытия.

5.2.6.6 В отношении образования луж в случаях, когда на поверхности появляются какие-либо отклонения от нормы, то ВПП, имеющие конфигурацию с максимально допустимыми поперечными уклонами, считаются менее подверженными этому, чем ВПП с незначительными поперечными уклонами. Как правило, ВПП, на которых образуются лужи, требуют обновления покрытия и профиля с тем, чтобы эффективно решить эту проблему.

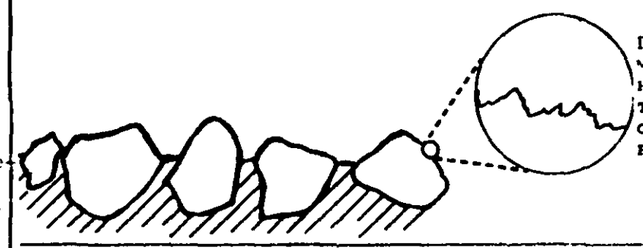
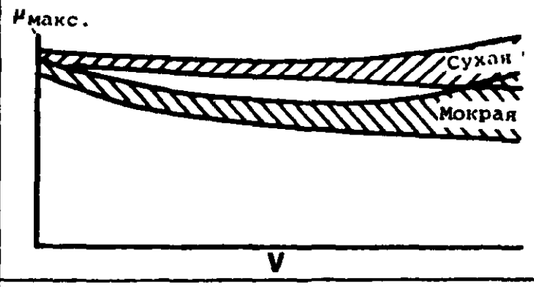
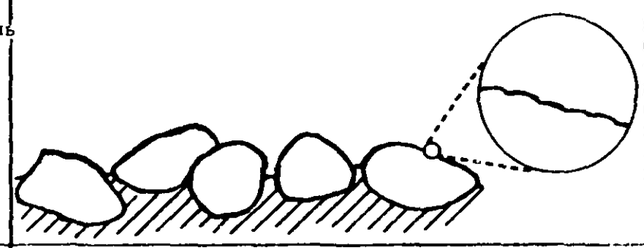
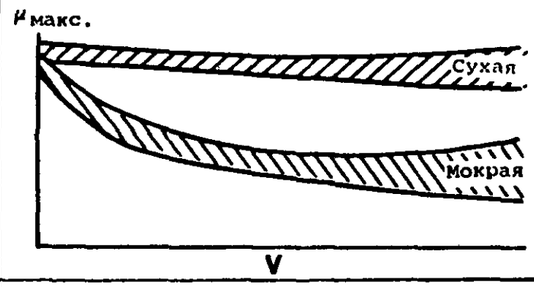
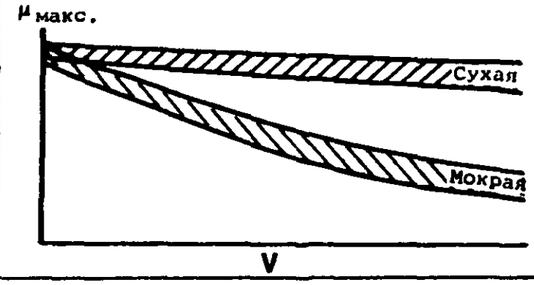
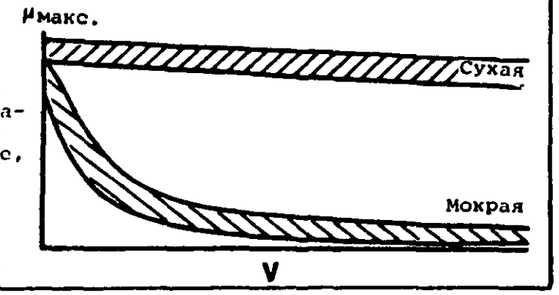
No.	ПОВЕРХНОСТЬ: МАКРОСТРУКТУРА	ПОВЕРХНОСТЬ: МИКРОСТРУКТУРА	ПРИМЕРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ ПНЕВМАТИК – ПОВЕРХНОСТЬ ДЛЯ ПНЕВМАТИКА С ГЛАДКОЙ БЕГОВОЙ ДОРОЖКОЙ
I	Поверхности с "ОТКРЫТОЙ" макроструктурой обеспечивают хороший дренаж скоплений воды в зоне касания пневматика с поверхностью. При наличии влажности μ постепенно уменьшается по мере увеличения V. Канавки рисунка протектора влияют незначительно. На больших скоростях μ может значительно увеличиться вследствие влияния гистерезиса.	 Поверхности с ШЕРОХОВАТОЙ микроструктурой в значительной мере позволяют проникать тонкой жидкостной пленке; общий уровень сцепления высокий.	
II		 Поверхности с ГЛАДКОЙ или ОТПОЛИРОВАННОЙ микроструктурой обладают плохими характеристиками проникновения тонкой жидкостной пленки и в результате, как правило, наблюдается низкий уровень сцепления.	
III	На поверхностях с макроструктурой "ЗАКРЫТОГО" типа наблюдается плохой дренаж в зонах касания. В условиях выпадания осадков μ быстро уменьшается по мере увеличения V. Рифление на протекторе является наиболее эффективным средством на поверхности такого типа.	 Поверхности с ШЕРОХОВАТОЙ микроструктурой в значительной мере обеспечивают проникновение тонкой жидкостной пленки; общий уровень сцепления высокий.	
IV		 Поверхности с ГЛАДКОЙ или ОТПОЛИРОВАННОЙ микроструктурой обладают плохими свойствами проникновения тонкой жидкостной пленки и в результате, как правило, уровень сцепления низкий.	

Рис. 5-2. Воздействие структуры поверхности на коэффициент сцепления пневматик-поверхность

5.2.6.7 Структура поверхности. Требования к макроструктуре поверхности определены в Приложении 14 с точки зрения средней глубины структуры поверхности, которая должна быть не менее 1 мм на новых поверхностях. Кроме того, признано, что это положение, как правило, предусматривает ту или иную специальную обработку поверхности. Минимальная величина средней глубины структуры была получена опытным путем и отражает абсолютную минимальную величину, которая требуется для обеспечения надлежащего дренажа зоны взаимодействия. Могут потребоваться и бóльшие величины средней глубины структуры в тех случаях, когда количество и интенсивность выпадаемых осадков представляют собой критический фактор при соблюдении требований к дренажу зоны взаимодействия. Поверхности, которые не отвечают минимальному требованию к средней глубине структуры поверхности, имеют плохие характеристики сцепления на мокрой ВПП и особенно в тех случаях, когда ВПП используется воздушными судами с высокими скоростями на пробеге при посадке. Поэтому в таких случаях следует незамедлительно предпринять действия по исправлению положения. В п. 5.3 приводятся способы улучшения характеристик сцепления на мокрых ВПП.

5.2.6.8 Как отмечалось выше, однородность структуры также является важным критерием. В этом отношении имеется несколько конкретных типов поверхностей, которые отвечают этому требованию (см. п. 5.3). Как правило, средняя глубина структуры этих поверхностей составляет более 1 мм.

5.2.6.9 Макроструктура поверхности обычно изменяется незначительно в процессе использования за исключением зон касания, где изменения происходят в результате скопления остатков резины. Поэтому периодический контроль средней глубины структуры поверхности на незагрязненной части поверхности ВПП требуется выполнять лишь через большие промежутки времени.

5.2.6.10 Что касается микроструктуры, то еще не существует метод определения требуемой мелкозернистой шероховатости отдельных заполнителей техническими терминами. Поэтому в Приложении 14 нет соответствующих технических требований. Однако из опыта известно, что хороший заполнитель должен иметь шероховатую поверхность и острые кромки для обеспечения хорошего проникновения в водяную пленку. Кроме того, очень важно, чтобы заполнитель находился непосредственно на поверхности и не был полностью покрыт более гладким материалом. Поскольку микроструктура независимо от скорости является важным элементом обеспечения сцепления на мокрой ВПП, то качество микроструктуры той или иной поверхности может быть оценено в общих терминах путем измерения сцепления. Недостатки микроструктуры приводят к значительному понижению уровня сцепления в диапазоне всех скоростей. Это происходит даже при небольшой степени влажности поверхности (например, слегка влажная ВПП). Этот довольно качественный метод можно использовать с целью определения недостатков микроструктуры в очевидных случаях.

5.2.6.11 Ухудшение микроструктуры вследствие использования ВПП и воздействия погодных условий в отличие от изменения макроструктуры может произойти в течение довольно короткого периода времени и может также меняться вместе с эксплуатационным состоянием поверхности. Поэтому необходимо проводить регулярные проверки через короткие промежутки времени путем измерения сцепления, особенно в зонах касания, в которых остатки резины быстро скрывают микроструктуру.

5.2.6.12 Калибровка сцепления на поверхности ВПП. В соответствии с Приложением 14 необходимо периодически проводить калибровку поверхности ВПП с целью проверки характеристик сцепления при наличии влаги на поверхности. Эти характеристики сцепления не должны быть ниже уровня, установленного государством при строительстве ВПП (минимальный целевой уровень при проектировании) и техническом обслуживании, соответственно. Используемые в некоторых государствах уровни сцепления на влажной ВПП, отражающие минимально допустимые пределы при строительстве и обслуживании ВПП, приведены в разделе 7 дополнения В к Приложению 14.

5.2.6.13 При проектировании новых ВПП оптимальное применение основных технических критериев, касающихся профиля и структуры ВПП, как правило, обеспечивает надежную гарантию достижения уровней, которые с избытком покрывают применяемые установленные минимальные уровни сцепления на мокрых ВПП. В тех случаях, когда предполагаются большие отклонения от основных требований к профилю или структуре, то до принятия окончательного решения о проекте целесообразно провести измерения сцепления на влажной ВПП на различных экспериментальных участках поверхности с целью анализа относительного воздействия каждого параметра на уровень сцепления на мокрых ВПП. Аналогичные соображения относятся к обработке структуры поверхности существующих ВПП.

5.3 Обработка поверхности ВПП

5.3.1 Общие положения

5.3.1.1 Методы, описание которых приводится в данном разделе, основаны на опыте нескольких государств. Очень важно, чтобы полная техническая оценка существующего покрытия проводилась каждый раз перед рассмотрением того или иного метода и чтобы выбранный после этого метод подходил для всех типов эксплуатируемых воздушных судов. Следует отметить, что для улучшения характеристик сцепления на имеющихся покрытиях ВПП в некоторых случаях перед специальной обработкой поверхности, возможно, потребуется изменить профиль покрытия с тем, чтобы эта обработка была более эффективной.

5.3.2 Обработка асфальтовой поверхности

5.3.2.1 Эксплуатационные соображения. Воздушные суда, имеющие шасси с четырехколесными тележками и давлением в пневматике 1930 кПа и общей массой, превышающей 90 000 кг, в течение ряда лет регулярно эксплуатируются на ВПП, поверхность которых была специально обработана с целью улучшения сцепления (рис. 5-3). Доказательств, что это привело к увеличению износа пневматика, нет.

5.3.2.2 Рассмотрение существующих покрытий. Общая форма и профиль существующих ВПП не являются такими важными факторами, как некоторые другие, и когда по всей длине ВПП имеется ряд изменений поперечного и продольного уклона, обработка поверхности, вероятно, является наиболее подходящим методом, позволяющим избежать дорогостоящего изменения формы. Несмотря на то, что нет необходимости в том, чтобы изменение общей формы было идеальным, тем не менее для того, чтобы эта обработка дала результаты, оборудование для уплотнения поверхности должно быть в состоянии следовать небольшим неровностям поверхности для обеспечения однородного прилипания каменной крошки. В тех случаях, когда это невозможно обеспечить, перед обработкой поверхности, возможно, потребуется уложить новый асфальтовый слой.

5.3.2.3 Эффективность обработки. Хорошая обработка поверхности значительно повысит коэффициент сцепления на поверхности, который затем, в зависимости от интенсивности движения, медленно снижается. Как правило, предполагается, что срок действия такой обработки составит 5 лет.

5.3.2.4 Концы ВПП. Используемые для начала взлета концы ВПП не следует обрабатывать. Воздействие пневматика воздушного судна при развороте, а также пролив топлива и воздействие тепла размягчают связующее вещество, а реактивная струя ведет к расшатыванию каменной крошки.

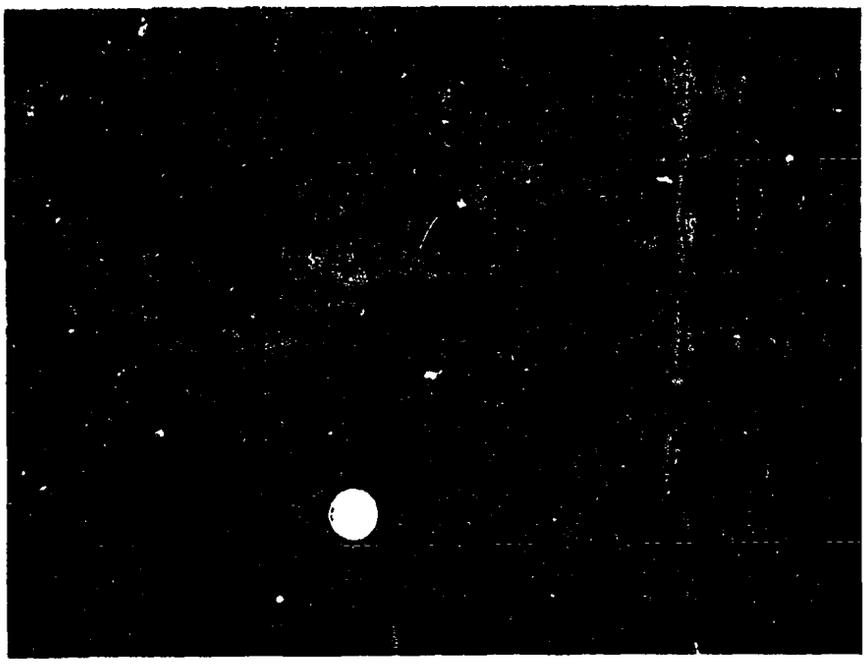


Рис. 5-3. Обработка поверхности асфальта

5.3.2.5 Каменная крошка. Каменная крошка выбирается из следующих групп: базальт, габро, гранит, крупнозернистый песчаник, родовиковая порода, порфир или кварцит.

5.3.2.6 Механический разбрасыватель. Каменная крошка должна разбрасываться механическим разбрасывателем установленного типа, включающего механическую подачу каменной крошки, что позволяет строго придерживаться на протяжении всей работы выбранной интенсивности распределения крошки.

5.3.2.7 Ограничения в условиях плохой погоды. Работы не должны выполняться в периоды выпадания дождя, снега и дождя со снегом, на замерзшей поверхности и на поверхностях, на которых имеется вода. Надлежащее хранение каменной крошки следует обеспечивать и во время доставки в тех случаях, когда это продиктовано условиями погоды.

5.3.2.8 Имеющиеся крышки колодцев, решетки водостоков и маркировка аэродрома. Они должны быть защищены и обработка поверхности вокруг них должна выполняться очень аккуратно. В тех случаях, когда защита маркировки аэродрома не оговорена, маркировка может быть стерта.

5.3.2.9 Подготовка поверхности. Непосредственно перед распределением связующего вещества поверхность должна быть тщательно очищена механическими щетками и дополнительно, при необходимости, ручными щетками. Вся растительность, мусор, пыль и все частицы должны быть удалены указанным выше способом.

5.3.2.10 Применение связующего вещества поверхности. Связующее вещество должно укладываться с установленной интенсивностью без изменений и таким образом, чтобы образовывалась пленка одинаковой толщины. Особо необходимо следить за тем, чтобы не образовывались подтеки, расплескивания и зоны чрезмерной толщины.

5.3.2.11 Применение щебня с покрытием. Температура щебня при распределении на поверхности с нанесенным вяжущим материалом должна быть не менее 83°С в тех случаях,

когда в качестве вяжущего материала используется битум, и 72°С в тех случаях, когда используется гудрон. До укатки поверхности и во время укатки все проплешины обрабатываются надлежащим образом путем дополнительного разбрасывания щебня.

5.3.2.12 Укатка. Обработанный битумом щебень должен укатываться сразу же после разбрасывания, до остывания.

5.3.2.13 Окончательная очистка и укатка. В течение трех дней после распределения щебня весь неутрамбованный щебень необходимо удалить с поверхности с помощью ручных щеток, погрузить в машины и вывезти с обрабатываемого покрытия. На обработанной поверхности вся крошка должна быть полностью утрамбована путем по крайней мере трех полных проходов катков. Необходимо, чтобы весь щебень был прочно вдавлен в обработанную поверхность, которая на протяжении всей длины должна иметь однородную структуру и цвет, и на ней должны полностью отсутствовать неровности, появившиеся вследствие частичного обнажения прежней поверхности покрытия, применения щеток, царапания, волочения, попадания частиц, наслоения или некачественного выполнения продольных или поперечных швов или вследствие других дефектов. Обработанная поверхность должна быть чистой и аккуратно прибранной. Ни в коем случае не следует вторично использовать отработанный щебень.

5.3.3 Рифление покрытий

5.3.3.1 Эксплуатационные соображения. С эксплуатационной точки зрения нет каких-либо возражений относительно рифления имеющихся покрытий. Опыт эксплуатации на протяжении ряда лет всех типов воздушных судов на рифленых покрытиях показывает, что в ближайшем будущем такие покрытия будут удовлетворять требованиям без каких-либо ограничений в отношении размера и типов воздушных судов и оказываемых ими нагрузок на поверхность. Имеются лишь малоубедительные данные о несколько большей степени износа пневматиков в некоторых условиях эксплуатации.

5.3.3.2 Методы рифления включают пропиливание канавок в имеющемся или в соответствующим образом подготовленном асфальтовом покрытии (рис. 5-4) или на существующих покрытиях из бетона на портландцементе, рифление и обработку покрытия из бетона на портландцементе с помощью проволочной щетки в то время, когда он еще находится в пластическом состоянии. При использовании имеющихся методов рифление с помощью пилы обеспечивает более единообразную ширину, глубину и расположение канавок. Этот метод является наиболее эффективным методом дренажа воды с поверхности в зоне взаимодействия покрытие/пневматик и повышает сопротивление скольжению. Однако и рифление поверхности в пластическом состоянии и нанесение борозд с помощью проволочной щетки также являются эффективными средствами улучшения дренажа и характеристик сцепления на поверхности покрытия. Нанесение их обходится дешевле, чем пилка, особенно в тех случаях, когда для покрытий используются очень твердые заполнители. Таким образом при принятии решения относительно способа рифления на той или иной ВПП следует учитывать вопросы рентабельности.



Рис. 5-4. Рифление асфальтового покрытия

5.3.3.3 Учитываемые факторы. При обосновании рифления ВПП следует учитывать следующие факторы:

a) анализ авиационных происшествий/инцидентов в прошлом, связанных с гидроглиссированием в аэропорту;

b) частоту появления влаги на ВПП (анализ частотности выпадания осадков в год и их интенсивности);

c) поперечные и продольные уклоны, зоны с плоской поверхностью, ложбины, холмики или другие отклонения, которые могут влиять на сток воды;

d) качество структуры поверхности, касающееся скольжения на сухой или мокрой ВПП. Полировка заполнителей, недостаточное уплотнение покрытия, не отвечающая нормам микроструктура/макроструктура, скопление загрязнителей - являются некоторыми примерами условий, которые могут вызывать уменьшение сцепления на поверхности;

e) ограничения местности, такие как впадины в конце концевых зон безопасности;

f) нужное число и длина имеющихся ВПП;

g) влияние бокового ветра, особенно в тех случаях, когда доминируют факторы, вызывающие низкий уровень сцепления; и

h) прочность и состояние покрытий ВПП.

5.3.3.4 Оценка имеющегося покрытия. При осмотре асфальтовых поверхностей проверяется имеющийся слой износа, который должен быть плотным, устойчивым и хорошо утрамбованным слоем. Если на поверхности обнаружены износы или значительная часть частиц заполнителя видна на самой поверхности, необходимо рассмотреть другие методы или же обновить поверхность прежде чем наносить рифление. В отношении жестких покрытий следует убедиться, что имеющееся покрытие находится в исправном состоянии, на нем нет отслаиваний или чрезмерного количества осколков щебня или "рабочих трещин". Кроме состояния самой поверхности важное значение приобретает соотношение между поперечными и продольными уклонами. Если продольные уклоны таковы, что отвод воды производится вдоль ВПП, а не накоротко в боковые дрены ВПП, то могут появиться такие условия, когда рифления будут наполняться водой, которую невозможно быстро отвести, и это, возможно, будет способствовать появлению гидроглиссирования. По этой же причине поверхности, на которых имеются углубления или выбоины, перед рифлением следует отремонтировать или заменить.

5.3.3.5 Эффективность обработки. Поперечное рифление всегда приводит к заметному увеличению коэффициента сцепления, хотя степень улучшения зависит от качества имеющегося покрытия. Продолжительность улучшения зависит от свойств асфальтового слоя износа, погодно-климатических условий и интенсивности движения. Как показал опыт, рифление не приводит к более быстрому износу асфальтового покрытия. Кроме того, это улучшение можно применить и на жестких покрытиях, так как рифление не оказывает отрицательного воздействия на них. До настоящего времени не было сообщений о том, что канавки рифления засоряются пылью, промышленными отходами и т.д., хотя наблюдаются незначительные скопления частиц резины.

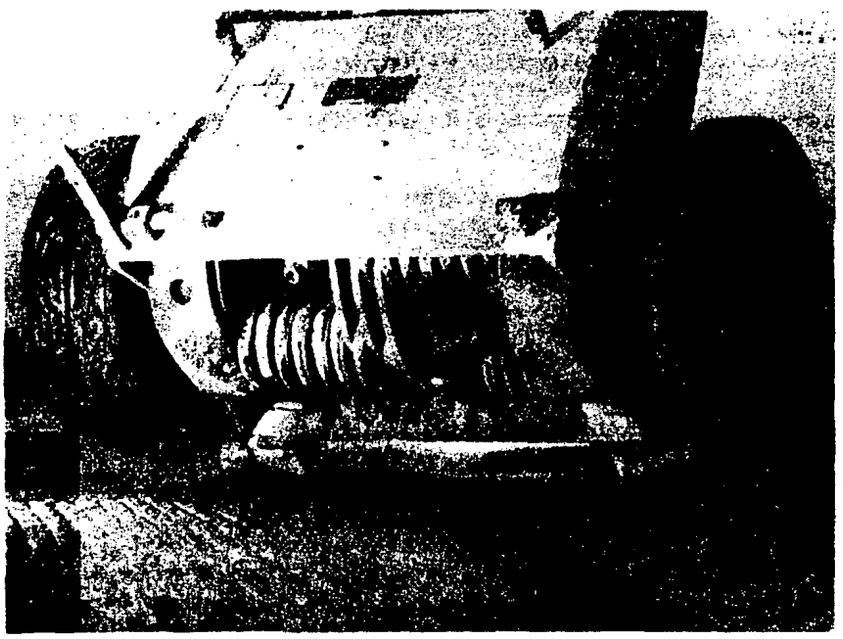


Рис. 5-5. Рифление с помощью дисков ударного действия

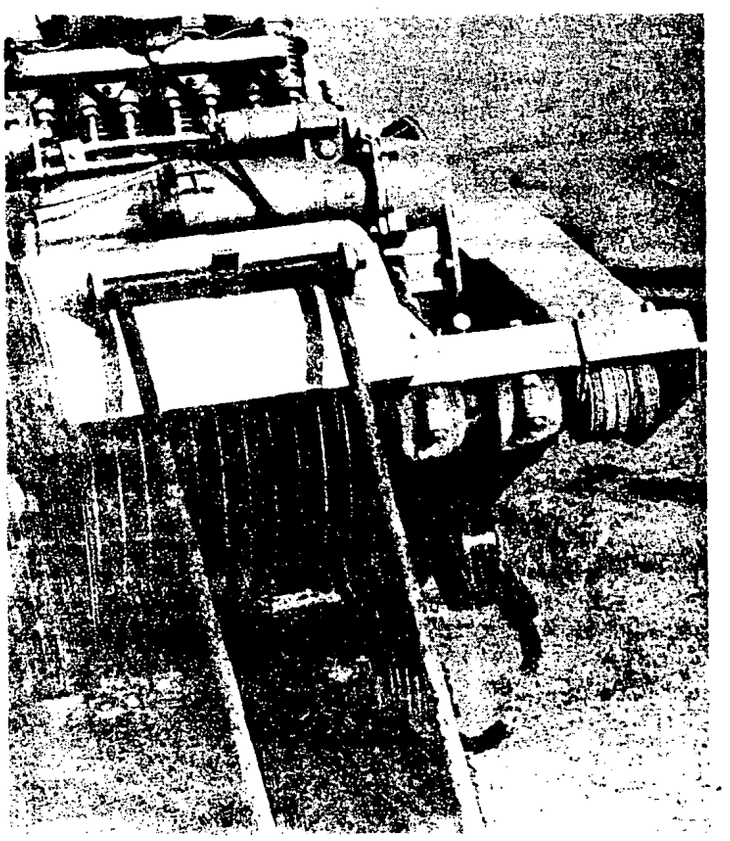


Рис. 5-6. Рифление с помощью механических пил

5.3.3.6 Методика. Рифление поверхности должно производиться поперек ВПП под прямым углом к ее краям или параллельно неперпендикулярным поперечным швам, где это возможно, при этом канавки пересекают ВПП в виде прямых непрерывающихся линий. Для рифления используется машина с дисками или резцами ударного действия (рис. 5-5) или машина с механической пилой (рис. 5-6), оборудованная по крайней мере двенадцатью полотнами. Машина с механической пилой оборудована баками с водой и пневматическими пульверизаторами. Обычно применяется конфигурация рифления с канавками шириной 3 мм и глубиной 3 мм и расстоянием между центрами соседних канавок приблизительно 25 мм или 6 мм на 6 мм с расстоянием между центрами 31 мм.

5.3.3.7 Канавки могут оканчиваться в пределах 3 м от края покрытия ВПП с тем, чтобы осталось достаточное расстояние для работы оборудования, производящего рифление. Следует установить допуски для выравнивания канавок по прямой, по глубине, ширине и расстоянию между центрами соседних канавок. Предлагаемые допуски: ± 40 мм боковое отклонение от прямой на протяжении 22 м; средняя глубина или ширина ± 1,5 мм. Канавки не следует вырезать ближе 75 мм от поперечных швов. Следует избегать нанесения косых или продольных надрезов в тех местах, где проложены электрические кабели. Канавки могут проходить через продольные конструктивные швы. Чрезвычайно осторожно следует выполнять рифление вблизи арматуры светотехнических средств ВПП и подземной электропроводки. Рекомендуется делать закругления с каждой стороны арматуры светотехнического средства на расстоянии 60 мм, с тем, чтобы машина для рифления не задела ее. В подрядах следует оговаривать ответственность подрядчика за повреждение арматуры светотехнических средств и кабелей. *Большое значение имеет очистка поверхности от отработанного материала*, которую следует проводить на протяжении всего процесса рифления. Отработанный материал, который накапливается в процессе рифления, следует удалять путем промывки поверхности водой, подметания или использования пылесосов. Если отработанный материал смывается с поверхности, то в технических условиях подряда следует оговаривать, кто несет ответственность за обеспечение водой для очистки, - администрация аэропорта или же подрядчик. Отработанный материал, накопившийся во время рифления, не должен попадать в водосточную или канализационную систему аэропорта, т.к. в конце концов он может забить трубы в этой системе. Небрежное удаление отработанного материала может создать условия, которые будут опасными для воздушных судов.

5.3.3.8 Пластическое рифление и рифление с помощью проволочной щетки. Рифления могут наноситься на новое покрытие из бетона на портландцементе в то время, когда он еще находится в пластическом состоянии. Отработка метода "пластического рифления" или обработки с помощью проволочной сетки (см. рис. 5-7) могут включаться в качестве неотъемлемой части в подготовку к работам по укладке покрытия. Необходимо оборудовать экспериментальный участок с тем, чтобы продемонстрировать качество оборудования для пластического рифления и проволочных щеток и установить стандарт приемки законченного покрытия.

5.3.3.9 Методика. Следует устанавливать допуски для пластического рифления с целью определения боковых отклонений от прямой линии, глубины, ширины и расстояния между центрами канавок. Предлагаемые допуски: боковое отклонение от прямой на протяжении 22 м - ± 7,5 мм; минимальная глубина 3 мм, максимальная глубина 9,5 мм; минимальная ширина 3 мм; максимальная ширина 9,5 мм; минимальное расстояние между центрами соседних канавок 28 мм; максимальное расстояние между центрами соседних канавок 50 мм. Допуски конфигурации борозд после обработки проволочной щеткой должны быть в среднем 3 мм x 3 мм x 12 мм.



Рис. 5-7. Новое бетонное покрытие, обработанное проволочной щеткой

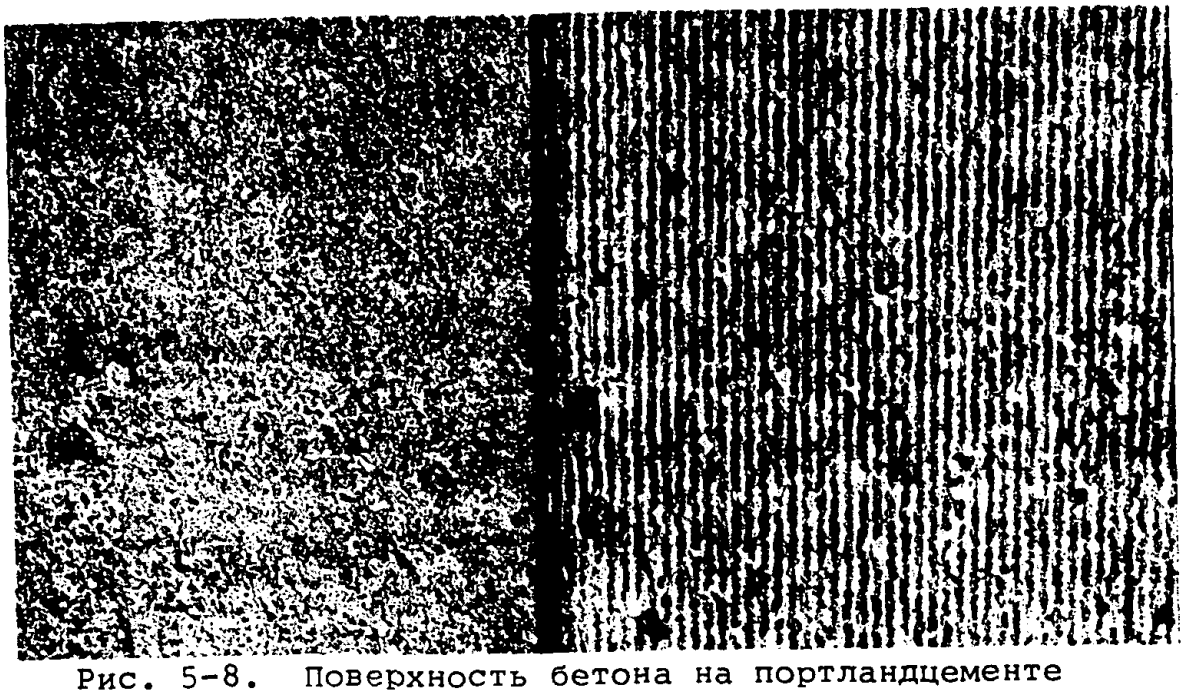


Рис. 5-8. Поверхность бетона на портландцементе до и после создания шероховатости

5.3.3.10 Переход от канавки к поверхности покрытия должен быть прямоугольным, закругленным или слегка скошенным. Следует обеспечивать наличие ручных инструментов для обработки, форма которых должна соответствовать рифленой поверхности. Подрядчик должен построить "мост" для осуществления ремонта любых дефектных участков. Оборудование следует спроектировать и выпускать в таком виде, чтобы можно было регулировать его, и оно могло обеспечивать любую требуемую обработку. Если применяется полировка покрытия с целью соблюдения установленных допусков поверхности, она проводится в направлении, параллельном канавкам выполненного рифления.

Рифление пересечений ВПП

5.3.3.11 Общие положения. В отношении мест пересечения ВПП необходимо принять решение, на которую из них наносить рифление в виде непрерывных канавок. Как правило предпочтительная ВПП определяется с учетом аспектов дренажа поверхности. В тех случаях, когда данный критерий не применим ни к одной ВПП следует рассмотреть другие соответствующие критерии.

5.3.3.12 Критерии. Основным физическим критерием является дренаж поверхности. В случаях, когда структура рифления каждой ВПП имеет одинаковые характеристики дренажа, следует рассмотреть следующие эксплуатационные критерии:

- режим скорости движения воздушного судна по земле;

- зону приземления; и

- оценку риска.

5.3.3.13 Дренаж поверхности. Основное назначение рифления поверхности ВПП заключается в улучшении ее дренажа. Поэтому предпочтение отдается той ВПП, на которой канавки будут как можно ближе совпадать с направлением основного уклона в зоне пересечения. Основной уклон можно определить по контурной карте с нанесенными на нее уклонами.

5.3.3.14 Упомянутый выше аспект имеет существенное значение, поскольку зоны пересечения преднамеренно выполняются с довольно незначительными уклонами (чтобы выполнить требование в отношении обеспечения плавного перемещения воздушных судов, движущихся с большими скоростями) и, вследствие этого подвержены скоплению воды.

5.3.3.15 В соответствующих случаях с целью предотвращения попадания воды со вспомогательной ВПП в зону пересечения можно рассмотреть вопрос о введении поперек этой ВПП дополнительных водосточных каналов в том месте, где рифленая структура заканчивается.

5.3.3.16 Скорость движения воздушного судна. Поскольку рифление особенно эффективно влияет на характеристики сцепления мокрой поверхности при движении воздушного судна по земле с большой скоростью, предпочтение следует отдавать той ВПП, по которой в месте пересечения воздушные суда чаще движутся с более высокими скоростями.

5.3.3.17 Зона приземления. В случае, когда критерий скорости не применим, предпочтение следует отдавать той ВПП, на которой пересечение является частью зоны приземления, т.к. рифление обеспечит быструю раскрутку колес при приземлении, особенно если поверхность мокрая.

5.3.3.18 Оценка риска. По всей очевидности, выбор основной ВПП может основываться на эксплуатационной оценке риска выкатывания самолета за пределы ВПП (прерванный взлет или посадка). При этом необходимо учитывать следующее:

- использование ВПП (взлет/посадка);

- длину ВПП;

- наличие концевых зон безопасности ВПП;

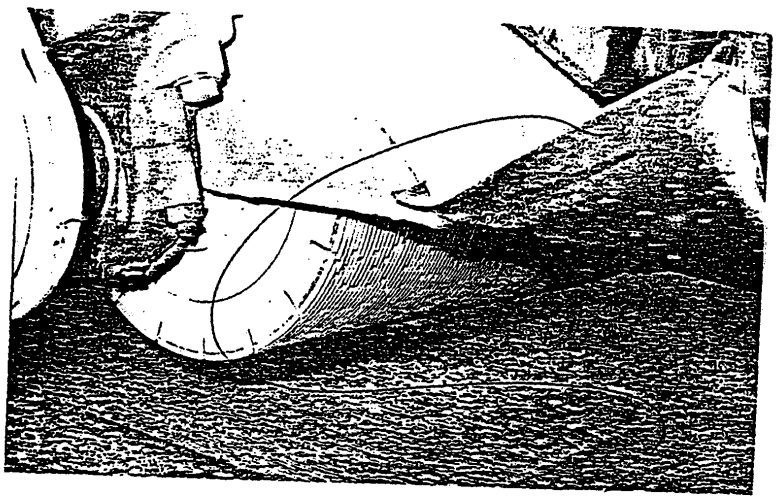


Рис. 5-9 Создание шероховатостей режущим барабаном с сегментами алмазного напыления.

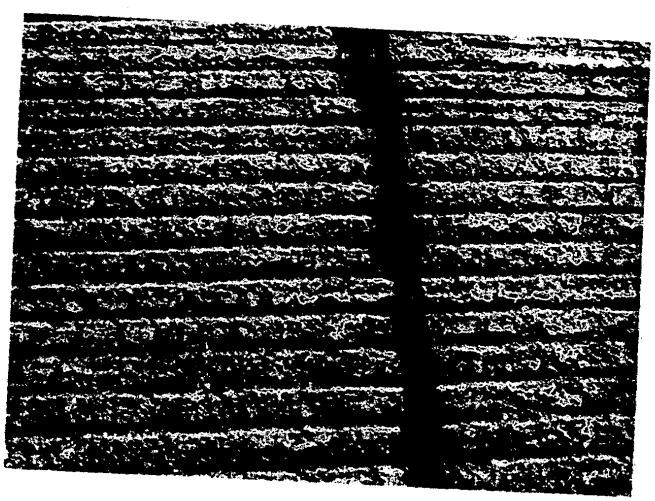


Рис. 5-10 Рефлексивно-ударный метод - бетонное покрытие на портландцементе

- интенсивность движения на ВПП; и

- *конкретные эксплуатационные условия.*

5.3.4 Создание на поверхности бетона шероховатости

5.3.4.1 Эксплуатационные соображения. Как представляется, с эксплуатационной точки зрения нет каких-либо возражений в отношении создания шероховатости на существующих покрытиях из бетона на портландцементе (рис. 5-8), и этот метод обработки, по-видимому, является приемлемым для всех типов воздушных судов.

5.3.4.2 Рассмотрение имеющегося покрытия. Понятно, что трудно создать однородную шероховатость на "грубых" бетонных покрытиях. Шероховатость трудно создать и на покрытиях с разрушенными или недостаточно обработанными швами или на покрытиях, на которых цементное молоко привело к интенсивному шелушению поверхности.
Если такого рода дефекты отсутствуют на имеющемся покрытии, то нет каких-либо ограничений технического характера для создания на нем шероховатости.

5.3.4.3 Эффективность обработки. Поперечная шероховатость бетона в значительной мере улучшает характеристики сцепления на покрытиях, первоначально обработанных во время их сооружения болтами, грубой тканью или щетками. Срок действия такой обработки зависит от интенсивности воздушного движения, но, как правило, шероховатость остается эффективной на протяжении всего срока службы бетона.

5.3.4.4 Концы ВПП. На концах ВПП не следует создавать шероховатость с тем, чтобы можно было легко смывать с поверхности пролитое топливо и смазочные материалы и очищать ее от их следов. Кроме того, струя газов от двигателей может больше разрушать шероховатую поверхность, чем гладкую. Путевое управление воздушным судном, движущимся с РД на ВПП, может ухудшится, очевидно, вследствие стремления пневматиков следовать вдоль линий шероховатости. К тому же нельзя полностью игнорировать вероятность увеличения износа пневматиков на разворотах.

5.3.4.5 Методика. Необходимо иметь приемлемую "испытательную" площадку для проведения проверки. Рекомендуется, чтобы она создавалась на аэродроме с целью определения требования к точной глубине структуры, так как она зависит от качества бетона. Шероховатость на ВПП создается в поперечном направлении в результате одного прохода режущего барабана (рис. 5-9) шириной 30 см, на котором располагается не менее 50 циркулярных сегментных пил с алмазными режущими кромками. Барабан устанавливается с осадкой 3 мм на многоколесной прицепной раме с вынесенными колесами и фиксируется таким образом, чтобы получалась одинаковая глубина шероховатости по всей поверхности ВПП и гарантировалось удаление всего цементного молока и обнажение заполнителя. Следует учитывать, что во время создания шероховатостей образуется большое количество пыли, поэтому перед вторичным началом работ необходимо очистить и смыть пыль с поверхности.

5.3.5 Рефлексивно-ударный метод

5.3.5.1 В основном применяется для рифления имеющихся поверхностей ВПП и представляет собой рентабельную альтернативу методу рифления с помощью механической пилы. Этот метод успешно применялся на различных типах покрытий ВПП для создания нужного рифления. Кроме того, этот метод эффективно использовался и для других целей, таких как очищение зон касания от остатков резины, а также для восстановления микро/макроструктуры разрушенных поверхностей ВПП.

5.3.5.2 При применении рефлексивно-ударного метода используются звездообразные или пятиугольные диски ударного действия. Техническое требование к поперечному сечению и расстоянию между канавками диктуется в основном требованиями к дренажу, которые устанавливаются с учетом интенсивности выпадания осадков в местных условиях и уклонов поверхности ВПП. На бетонных поверхностях расстояние между бороздками, как правило, составляет от 42 мм до 48 мм, на асфальтовых поверхностях - от 42 мм до 56 мм соответственно. Однако на любом типе поверхности в зависимости от местных условий могут потребоваться более близкие расстояния между двумя рядом расположенными канавками с целью соблюдения требований к дренажу (до 32 мм). Кроме того, расположение канавок с большим расстоянием между ними часто применяется на концах ВПП в зоне исполнительного старта воздушных судов с тем, чтобы избежать больших нагрузок на рисунок протектора проскальзывающих пневматиков воздушного судна. Ниже приведены типичные поперечные сечения рифления бетонных и асфальтовых покрытий:

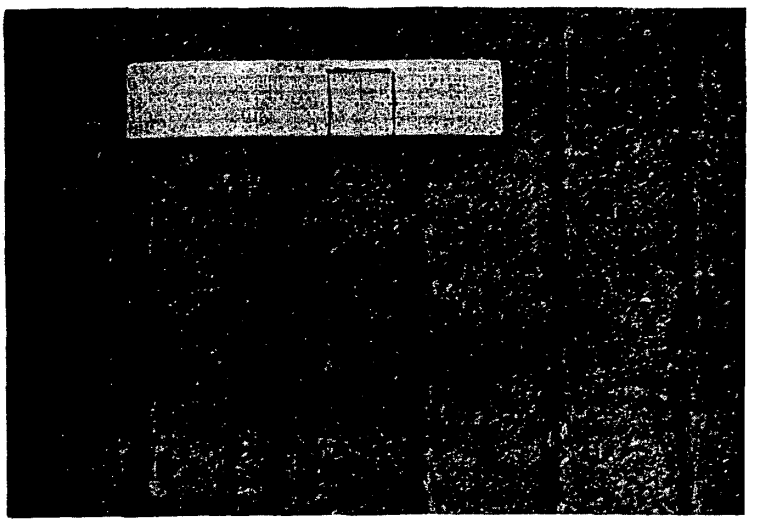


Рис. 5-11. Рефлексивно-ударный метод - асфальтовая поверхность

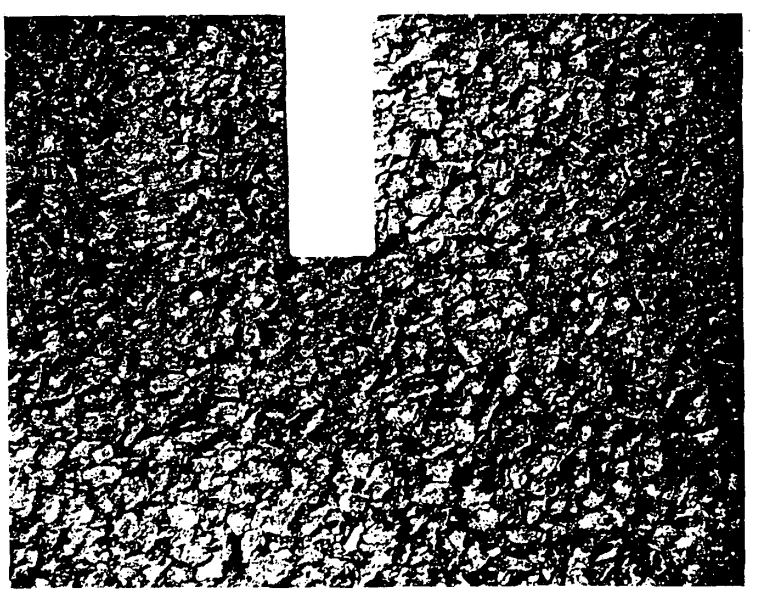


Рис. 5-12. Покрытие с пористым слоем сцепления

на портландцементе	ширина/глубина/шаг 10/3/27 мм
бетонное:	закругленные края и бороздка (см. рис. 5-10)
асфальтовая поверхность:	ширина/глубина/шаг 9/3/58 мм
	закругленные края и бороздка (см. рис. 5-11)

5.3.5.3 На бетонной поверхности на портландцементе или на асфальтовой поверхности рифление наносится перпендикулярно к осевой линии ВПП или параллельно неперпендикулярным поперечным швам, если таковые имеются, в виде непрерывных линий, заканчивающихся примерно в 3 м от кромки ВПП. На бетонных ВПП по обе стороны оставляется полоса без рифления около каждого шва с тем, чтобы не ослаблять кромок отдельных плит. После рифления все остатки и мусор должны быть тщательно убраны.

5.3.6 Пористый слой сцепления

5.3.6.1 Пористый слой сцепления представляет собой щебеночный, битумный слой поверхности, состоящий из минеральных заполнителей и битумных материалов, смешанных в централизованном порядке на заводе и уложенных на подготовленную поверхность (рис. 5-12). Этот слой сцепления специально предназначается не только для повышения сопротивления скольжению, но и для уменьшения опасности гидроглиссирования за счет использования "губчатого" материала, который обеспечивает быстрое просачивание воды с поверхности покрытия непосредственно на подстилающий водонепроницаемый слой асфальта. Пористый слой сцепления позволяет, вследствие пористости и долговечности, поддерживать в течение длительного периода постоянное и относительно хорошее сцепление на мокрой ВПП.

5.3.6.2 Ограничения в отношении пористого слоя сцепления. Слои сцепления подобного типа следует укладывать только на новые ВПП соответствующего профиля или на восстановленные ВПП, которые в целом соответствуют установленным для новых ВПП нормам. Они должны всегда укладываться на водонепроницаемые асфальтовые слои износа с гранулометрическим составом, обеспечивающим плотную смесь высокой прочности. Выполнение обоих этих требований необходимо с целью обеспечения быстрого стока воды через "слой сцепления" по водонепроницаемому асфальтовому слою в водосточные каналы.

5.3.6.3 Концы ВПП. Не рекомендуется укладывать пористый слой сцепления на концах ВПП. Пролитые горючее и смазочные материалы забивают пустоты и размельчают связывающий битум, а тепло от реактивного двигателя размягчает материал, который затем разрушается под воздействием струи газов. По всей вероятности, эрозия на таком покрытии будет более глубокой, чем на обычном плотном асфальтовом покрытии, и не следует игнорировать вероятность повреждения двигателей вследствие попадания в них частиц материала покрытия ВПП. В течение первых нескольких недель после укладки может иметь место истирание слоя при выполнении воздушными судами разворотов. По этим причинам концы ВПП рекомендуется сооружать из зачищенного или рифленого бетона или плотного асфальта.

5.3.6.4 Заполнитель. Заполнителем может быть битый камень, дробленый галичник или дробленый шлак с другими нейтральными тщательно измельченными минеральными заполнителями или без них. Заполнитель состоит из чистых, прочных, твердых, долговечных частиц без остатков эластичной глины, органических и других вредных веществ. Тип и сорт битумного материала выбирается с учетом географического расположения и климатологических условий. Кроме того, устанавливается максимальная температура смешивания и требование к контролю.

5.3.6.5 Ограничения вследствие погодных условий и времен года. Пористый слой сцепления укладывается только на сухую поверхность при атмосферной температуре 10°С и выше (в условиях штиля) и при отсутствии тумана или дождя.

5.3.6.6 Подготовка имеющихся поверхностей. Реконструирование имеющегося покрытия с целью укладки пористого слоя сцепления включает в себя: укладку битумного перекрытия, уплотнение швов, заделывание трещин, восстановление разрушенного покрытия и очистку от грязи и пролитых горюче смазочных материалов. Непосредственно перед укладкой пористого слоя сцепления, подстилающий слой должен быть очищен от мусора или ненужных материалов с помощью мощных воздуходувок, мощных механических щеток или ручных щеток, в зависимости от указаний. Связующий слой укладывается на тех имеющихся покрытиях, где он необходим с целью скрепления пористого слоя сцепления с имеющейся поверхностью. Если используется битумная эмульсия, то пористый слой сцепления можно укладывать сразу же. Если используется разжиженный битум, то пористый слой сцепления не укладывается до тех пор, пока связующий слой не будет в достаточной мере просушен.

5.3.7 Защитный слой на битумной эмульсии

5.3.7.1 Защитный слой на битумной эмульсии состоит из смеси битумной эмульсии, минерального заполнителя и воды, смешанных в надлежащих пропорциях и нанесенных ровным слоем на подготовленный подстилающий слой имеющегося слоя износа. Заполнителем может быть твердый и прочный натуральный или истолченный песок, шлак, высевки после дробления, дробленый камень или смесь дробленого камня с каменной пылью или же любая комбинация вышеупомянутых заполнителей. Заполнитель должен быть чистым и в нем не должно быть растительных веществ, грязи, пыли и других ненужных частиц. Заполнитель должен иметь гранулометрический состав в соответствии с указанными ниже нормами.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Размер сита	Процент прохождения гранул по весу через сито		
	Тип I	Тип II	Тип III
9,5 мм	---	100	100
4,75 мм	100	90-100	70-90
2,36 мм	90-100	65-90	45-70
1,18 мм	65-90	45-70	28-50
600 микро м	40-60	30-50	19-34
300 микро м	25-42	18-30	12-25
150 микро м	15-30	10-21	7-18
75 микро м	10-20	5-15	5-15
Остаточное содержание асфальта - процент сухого заполнителя	10-16	7,5-13,5	6,5-12
Количество килограммов заполнителя на квадратный метр	3,2-5,4	5,4-8,1	8,1-10,8

5.3.7.2 Гранулометрический состав типа I используется с целью максимального проникновения в трещину и обычно применяется в зонах с низкой интенсивностью движения, где основной целью является уплотнение. Гранулометрический состав типа II используется для уплотнения и улучшения сопротивления скольжению. Гранулометрический состав типа III используется для улучшения уровней на поверхности и обеспечения сопротивления скольжению.

5.3.7.3 Минеральные наполнители используются тогда, когда необходимо улучшить удобообрабатываемость смесей или улучшить гранулометрический состав заполнителя. Наполнитель должен считаться частью смеси заполнителя.

5.3.7.4 Связующий слой. Связующий слой представляет собой разжиженную битумную эмульсию такого же типа, что и указанная для жидкой цементной смеси. Соотношение количества битумной эмульсии к воде должно быть 1 к 3.

5.3.7.5 Органичения по погодным условиям. Жидкое уплотнение не должно применяться, если температура покрытия или температура воздуха 13°C или ниже, или же есть уверенность, что будет дождь. Жидкий раствор, нанесенный на поверхность при низких температурах, как правило, не выдерживается должным образом вследствие плохого обезвоживания и плохого слипания асфальта.

5.3.7.6 Очистка имеющейся поверхности. Перед нанесением связующего слоя и жидкого защитного слоя зоны с повреждениями должны быть отремонтированы, а поверхность очищена от пыли или других ненужных веществ, смазочных материалов, масла или любого другого типа покрывающей поверхности пленки. В этом случае годится любой стандартный метод очистки, за исключением случая, когда разрешается смыв водой в зонах, где на поверхности имеются большие трещины. Любые нанесенные краской полосы или маркировка на поверхности, подлежащей обработке, должны быть удалены перед нанесением связующего слоя. В тех случаях, когда поверхность имеющегося покрытия или основы не отвечает нормам или разрушена, она должна быть отремонтирована или обработана с тем, чтобы иметь равномерный уклон и единообразное поперечное сечение. Трещины шире 10 мм должны быть заделаны с помощью соответствующего уплотнителя стыков перед нанесением жидкого защитного слоя.

5.3.7.7 Применение битумного связующего слоя. После подготовки к нанесению защитного слоя необходимо нанести разжиженный эмульсионный связующий слой с помощью гидронатора в количествах от 0,23 до 0,68 $L/м^2$. Связующий слой наносится по меньшей мере за 2 часа до нанесения жидкого защитного слоя, но в течение того же дня.

5.3.7.8 Основными элементами при разработке состава битумной жидкой эмульсии для защитного слоя является гранулометрический состав заполнителя, содержание битумной эмульсии и консистенция смеси. Заполнители, битумная эмульсия и вода при смешивании должны образовывать взбитый раствор, который при распределении идет волной перед ударным скребком. Это позволяет раствору затекать в трещины в покрытии и заполнять их перед проходом ударной волны скребка. Нанесенный раствор должен представлять собой однородную поверхность, заполнить все трещины, прочно прилипнуть к поверхности и иметь противоскользящую структуру.

ГЛАВА 6. ЗАЩИТА АСФАЛЬТОВЫХ ПОКРЫТИЙ

6.1 Суть проблемы

6.1.1 Поскольку в состав вырабатываемых из нефти топлив и смазочных материалов входят растворители асфальта, при их попадании на асфальтовые покрытия возникают проблемы. Сложность проблемы зависит от продолжительности воздействия проникающих растворителей и их количества.

6.1.2 С использовавшимися в прошлом высоколетучим бензином и высокооктановым топливом проблем было меньше, поскольку при утечке они быстро испаряются, к тому же системы, использующие эти виды топлива, обеспечивали хорошую защиту от утечки. Частое и интенсивное загрязнение топливом таких видов несомненно представляет собой проблему, поскольку оно является прекрасным растворителем. Особенно острой проблема загрязнения топливом стала после введения в эксплуатацию турбинных и реактивных двигателей. В этих двигателях используется керосин и легкий авиационный мазут, которые испаряются не сразу, к тому же из систем двигателей ранних образцов после останова обычно вытекало определенное количество топлива. Различные виды гидравлической жидкости и смазочных масел, которые испаряются или вулканизируются даже еще медленнее, чем топливо для реактивных самолетов, могут также вызывать проблемы или содействовать их возникновению.

6.1.3 Поскольку серьезность отрицательных последствий попадания на асфальтовые покрытия топлива и масел зависит от времени их воздействия и их количества, необходимо учитывать число случаев загрязнения одного и того же места, период времени, в течение которого разлитое топливо или масло находится на покрытии (или внутри его), а также место и площадь загрязнения этого покрытия. Доказано, что если времени между повторными загрязнениями достаточно для испарения и вулканизации, единичное загрязнение реактивным топливом и даже несколько случаев загрязнения одного и того же места обычно не вызывают серьезных негативных последствий для покрытия. Однако в период вулканизации следует ожидать образования пятна и размягчения покрытия.

6.1.4 Загрязнение может происходить при выполнении обычных операций, например, при остановке двигателей, сливе отстоя из топливных баков, постоянном использовании растворителей для очистки элементов системы двигателя или гидравлической системы и т.д. Наиболее часто загрязнение происходит в результате операций с топливом, проливания масла или гидравлической жидкости или подтекания масла из двигателей, а также по недосмотру.

6.1.5 Таким образом, следует уделять внимание тем местам покрытия, на которых воздушные суда регулярно заправляются, паркуются или обслуживаются. Большие площади, на которых выполняются посадочные операции и руление, не следует учитывать, поскольку даже загрязнение, связанное с авиационными происшествиями, будет сведено к минимуму в результате действий по очистке; кроме того, оно является разовым и устраняется, не оставляя постоянного повреждения. Даже горение топлива на поверхности асфальта, как правило, приводит лишь к образованию поверхностного повреждения, которое не имеет значения для структуры.

6.1.6 В тех местах, где загрязнение происходит часто и разлитое топливо или масло долгое время остаются на покрытии, в результате действия растворителей асфальт размягчается и уменьшается его сцепление с поверхностным заполнителем. Хотя солнечное тепло или тепло, создаваемое кондиционерами воздуха, ускоряет процесс испарения растворителей и вулканизации асфальта, повышенная температура вызывает размягчение асфальта. Загрязнение при одновременном воздействии тепла может приводить к отслаиванию асфальтовой смеси, появлению следов пневматиков, переносу асфальта на прилегающие участки или образованию несвязанного материала, а также истиранию покрытия, в результате чего на его поверхности также образуется несвязанный материал. На площадях технического обслуживания и на рабочих местах асфальт, попадая на инструменты, обувь, а также одежду и щебень, может переноситься на механические системы.

6.1.7 Сложность проблемы зависит от структуры поверхности и состояния покрытий. В открытые или пористые покрытия топливо и масло проникает более свободно, и процесс испарения и восстановления проходит в них медленно. Доказано, что в результате движения средств с резиновыми пневматиками, поверхность укатывается, в результате чего она становится более закрытой и проникновение топлива замедляется. Наибольшую озабоченность вызывают плохо заделанные трещины и швы. Они способствуют прониканию топлива в нижние слои покрытия, обеспечивают большую поверхность для проникания топлива, и в них топливо остается дольше, что замедляет процесс испарения и вулканизации. В низких местах, прилегающих к трещинам и швам или расположенных в центральной части покрытия, где жидкость скапливается или образует лужи, продолжительность действия разлитого топлива увеличивается.

6.2 Решение проблемы

6.2.1 Самым лучшим решением проблемы является недопущение загрязнения, что возможно во многих случаях загрязнения, возникающего в ходе эксплуатации, а также случайного загрязнения. Отстой из топливных баков можно собирать, не обязательно сливать его на покрытие. В местах подтекания масла, а также при спуске гидравлической жидкости или обслуживании гидравлических систем, можно использовать масляные корыта. Для предотвращения загрязнения после останова двигателей или проливания небольших количеств топлива при заправке могут оказаться полезными поддоны.

6.2.2 Другим аспектом решения проблемы является удаление разлитого топлива или масла и сокращение времени их воздействия путем очистки поверхностей. Разлитое топливо или масло можно смыть с покрытия водой. Добавление моющих средств помогает ускорить процесс отделения топлива и особенно масла от асфальтового покрытия. Хотя до настоящего времени этот способ применяется повсеместно, начинают поступать жалобы на вредное воздействие образующихся при этом сточных вод на окружающую среду. Для удаления разлитого топлива можно использовать вакуумную обработку покрытия с применением соответствующего оборудования, при этом часть топлива можно сохранить. Топливо и масло можно также удалить с помощью поглощающих веществ с использованием соответствующих мер по их обработке. Для этих целей используются вальцы, специальные подушки, а также гранулированный материал, а в некоторых случаях для выделения из них топлива используются устройства для выжимания. При использовании гранулированных веществ в местах загрязнения следует учитывать еще один аспект. Пыль и песок, либо искусственного, либо естественного происхождения, накапливаясь, впитывают в себя небольшие количества разлитого вещества, подтекающего масла и т.д., в результате чего образуется слой, в который входит разлитое вещество и который препятствует загрязнению этим веществом персонала и оборудования. Эта мера временно облегчает передвижение персонала, однако она в значительной степени увеличивает время и степень воздействия топлива и масла на покрытие.

6.2.3 Поскольку отрицательные последствия увеличиваются при постоянном загрязнении, иногда в целях уменьшения разрушающего воздействия можно переносить места парковки воздушных судов, их заправки или технического обслуживания.

6.2.4 Связанных с загрязнением проблем можно избежать, если предотвратить соприкосновение разлитого топлива или масла с асфальтовым покрытием. Разработаны соответствующие защитные покрытия, препятствующие попаданию топлива или масла на покрытие, которое не подвергается их действию.

6.3 Защитные покрытия

6.3.1 Материал защитных покрытий, как правило, находится в жидком состоянии (некоторые доводятся до жидкого состояния путем подогревания), который после нанесения на поверхность покрытия затвердевает и образует защитную пленку. Когда их наносят обычным распылением, а также при использовании битумных материалов, образующееся покрытие обычно называют изоляционным слоем. Большинство жидких материалов можно наносить различными способами, включая нанесение с помощью ручных распылителей или же оборудования для распределения асфальта, разлив по поверхности и распределение с помощью выжимателей, нанесение на поверхность с помощью малярных валиков, а также нанесение и распределение щетками. Защитные покрытия могут наноситься в несколько слоев,

а для улучшения сцепления или для предотвращения проскальзывания в это покрытие до его затвердевания добавляется мелкий заполнитель.

6.3.2 Изоляционные материалы в виде эмульсии можно предварительно смешивать с мелким заполнителем, в результате чего получается суспензия, которая наносится как изолирующая суспензия.* В этом случае также можно использовать многоразовую обработку. Обычно материал наносится в два слоя.

6.3.3 Для защиты асфальтовых покрытий на их поверхность можно наносить тонкий слой материалов, не подверженных действию топлива или масла. При этом используются обычные строительные методы, кроме тех случаев, когда применяются некоторые весьма необычные материалы.

6.4 Вещества, используемые для защиты покрытия

6.4.1 Каменноугольный пек почти совсем не растворяется в легких фракциях нефти (нафтах), которые действуют на асфальт как растворители, и его можно использовать, аналогично асфальту, для обработки покрытий. Во многих местах в зависимости от наличия и по экономическим соображениям в качестве выгодной замены асфальту используется также гудрон, который наносится напылением и служит связующим веществом покрытий. Таким образом, каменноугольный пек используется в качестве защитного изоляционного покрытия** и является основным компонентом поступающих в продажу различных материалов, наносимых в качестве защитных покрытий.

6.4.2 Поскольку гудрон в большей степени чувствителен к изменению температуры, чем асфальт, изучены способы уравнивания его температурных характеристик с характеристиками асфальта. Обнаружено, что этого можно достичь путем добавления резинового латекса. Впоследствии пришли к выводу, что характеристики у прорезиненного гудрона (известного под названием резина-гудрон) несколько лучшие, нежели у обычного гудрона. В связи с этим наиболее популярным материалом защитных покрытий, обладающим одними из самых лучших характеристик, являются эмульсии из прорезиненного каменноугольного пека. В техническом регламенте № 22 Федерального авиационного управления США "Асфальтовая резиновая эмульсия и эмульсия прорезиненного каменноугольного пека" содержится информация о "Защитном покрытии из эмульсии прорезиненного каменноугольного пека (для битуминозных покрытий)", а также примерные спецификации, где оговаривается количество и характеристики материалов, а также соответствующие способы их нанесения. В США эмульсия прорезиненного каменноугольного пека стоит в два-три раза дороже асфальтовой эмульсии.

6.4.3 Имеются герметики, в состав которых входят эпоксидные смолы и полимеры различных типов либо в чистом виде, либо в битумной основе, которой может быть гудрон или асфальт. Хотя эти герметики обладают свойствами, которые делают их эффективными, опыта их применения в полевых условиях пока накоплено мало. В связи с этим, прежде чем применять их широко, рекомендуется в целях определения их эффективности провести ограниченное пробное применение. Стоимость этих материалов в США примерно в 20 раз превышает стоимость жидкого асфальта.

6.4.4 На поверхность асфальтовых покрытий наносились резино-битумные вяжущие материалы, а по крайней мере в одном случае - эпоксидно-асфальтовый вяжущий материал, который используется для защиты настила мостов и который наряду с защитой от воздействия топлива улучшает структуру. Эти материалы эффективны в том случае, когда можно предотвратить растрескивание (трещины либо не допускаются вообще, либо заделываются). Стоимость резино-битумного вяжущего материала приблизительно в два раза превышает стоимость асфальтовой смеси, а стоимость эпоксидно-асфальтовой смеси даже может в пять

---

* ASTM D-3910 Стандартная практика конструирования, испытания и нанесения суспензионного изоляционного покрытия.

** ASTM D-3423 Стандартная практика нанесения эмульсии каменноугольного пека (минерального коллоидного типа).

раз превышать стоимость простой асфальтовой смеси, однако ее можно наносить очень тонким слоем (20 мм).

6.5 Нанесение защитных покрытий

6.5.1 Поверхности, подлежащие защитной обработке, должны быть тщательно очищены. Любую масляную пленку необходимо полностью удалить с поверхности. Те части покрытия, на которые попадало топливо, а также на которых имеется большое количество трещин, необходимо удалить и заменить новым покрытием, и прежде, чем подвергать его защитной обработке, ему необходимо дать время для полной вулканизации (2 - 4 недели). Все трещины, кроме самых мелких, должны быть очищены и заделаны заполнителем трещин.

6.5.2 При обработке следует придерживаться стандартной практики, рекомендованной аэропортовыми или дорожными властями, отраслевыми ассоциациями или изготовителем материала. Инструкции по нанесению защитного слоя содержатся в ASTM D-3423 и в добавлении В к техническому регламенту № 22 Федерального авиационного управления США. Инструкции по защитной обработке с помощью суспензий приводятся в ASTM D-3410.

6.5.3 При нанесении изоляционного покрытия или обработке защитной суспензией в один прием на поверхности должно оставаться 0,3 - 0,5 кг/м^2 битума. Обычно производится обработка в два и даже три приема. Поверхность, на которую наносится эмульсия, должна быть влажной, но не мокрой, а температура должна быть подходящей как для нанесения, так и для последующей вулканизации (желательно от 10°С до 27°С). Нижним пределом являются 7°С, соответствующая температура должна поддерживаться по крайней мере в течение 4 часов после обработки. Нанесение и вулканизацию эпоксидных и полимерных герметиков следует осуществлять с учетом соответствующих инструкций; но обычно они наносятся от 0,3 до 0,4 кг/м^2.

6.6 Обеспечиваемая защита

6.6.1 Долговечность и износ защитного покрытия зависят от используемых материалов и толщины слоя, чистоты и подготовки поверхности, ухода за ним и, конечно же, от степени воздействия на него горюче-смазочных материалов и интенсивности движения. Проверки и опыт свидетельствуют о том, что хорошее покрытие, соответствующим образом нанесенное на чистые, хорошо подготовленные поверхности, при хорошем уходе обеспечивает в большинстве случаев удовлетворительную защиту. Показано, что в тех местах, где на поверхность постоянно попадают горюче-смазочные материалы (например, на центральных заправочных станциях), никакое защитное покрытие не обеспечивает полной защиты.

6.6.2 Неудовлетворительных результатов можно ожидать и не в самых загрязняемых местах, если не соблюдаются должные требования к производству работ. Плохое качество защитного покрытия может быть результатом применения некоторых материалов и способов их нанесения, причем и то и другое может сказаться и в отдельности, и в совокупности. При нанесении покрытия могут образовываться пузыри (иногда их называют "рыбьими глазами"), после чего в покрытии остаются впадины; пузыри могут образовываться и под покрытием после вулканизации; лопаясь, они оставляют после себя выбоины; к тому же покрытие может давать усадку, что приводит к образованию трещин. При нанесении на недостаточно чистую поверхность покрытие плохо с ней соединяется и отслаивается. Имеющиеся на обрабатываемой поверхности трещины, как правило, переходят и на защитное покрытие.

6.6.3 Если топливо может проникать через дыры или трещины в защитном покрытии, через участки отслоения или трещины, образовавшиеся на месте трещин в нижнем покрытии, а также если защитное покрытие наносится на пропитанные топливом участки обрабатываемой поверхности, защитная обработка не улучшает, а, наоборот, ухудшает положение. Это связано с тем, что, не предохраняя асфальт от попадания на него разлитого топлива или масла, защитное покрытие, кроме того, в значительной степени препятствует испарению проникших веществ и вулканизации места загрязнения.

6.6.4 Слой из резино-битумного вяжущего материала обеспечивает защиту от попадания активных веществ, он износостоек, не отслаивается, и на нем не образуется впадин от пузырей. На резино-битумных покрытиях образуются трещины в результате усадки, а также в результате перехода трещин с нижних покрытий. Их необходимо должным образом уплотнять, поскольку покрытия, в которых пустоты составляют свыше шести процентов, достаточно пористы для проникновения реактивного топлива.

6.7 Меры по уходу

6.7.1 Уход включает в себя очистку мест загрязнения, о чем говорилось выше в разделе "Решение проблемы". Необходимо не допускать скопления жидкостей, с тем чтобы избежать продолжительного воздействия разлитых веществ. Другим элементом ухода является сохранение целостности защитного покрытия. По мере образования трещин их необходимо заделывать маслостойким герметиком. При серьезном ухудшении, сквозном износе или отслаивании, которые приводят к нарушению целостности покрытия, следует проводить повторную обработку. Случайные повреждения должны заделываться. После необходимого ремонта асфальтового покрытия на поверхность после должного периода вулканизации необходимо нанести защитный слой.

6.8 Некоторые смежные проблемы

6.8.1 Некоторые защитные покрытия обеспечивают минимальную защиту от заноса и, хотя топливостойкие покрытия обычно наносятся на аэродромах в тех местах, где вероятность сильного заноса мала, эту проблему, в случае необходимости, можно решить, засыпая не до конца вулканизировавшуюся поверхность защитного покрытия слоем пескообразного заполнителя.

6.8.2 Как упоминалось выше, растет озабоченность в связи с попаданием смываемого топлива или масла, а также химикатов, используемых для их удаления, в прилегающие стоки. При выполнении таких операций могут потребоваться специальные меры по улавливанию этих веществ и по соответствующей последующей обработке.

6.8.3 Пролитое топливо, попавшее в приповерхностные стоки и дренажные трубы, может быть опасным. При этом в ограниченном пространстве дренажных труб может образовываться взрывоопасная топливовоздушная смесь, которая при появлении искры может взорваться. Это может привести к жертвам и повлечь за собой значительный материальный ущерб.

6.8.4 Может возникнуть вопрос о целесообразности укатки защитных покрытий. Укатка может улучшить сцепление пленки с поверхностью и, как об этом упоминалось ранее, закрыть поверхностные поры и уменьшить проникание топлива. В целом, таким образом, укатка битуминозных покрытий с помощью плоских (без протектора) резиновых вальцов полезна, однако соответствуют ли получаемые преимущества затрачиваемым на укатку усилиям не установлено. Укатка стальными вальцами не приносит пользы и может повредить покрытие. Любая укатка полимерных покрытий может быть нежелательна, здесь следует придерживаться рекомендаций изготовителя.

ГЛАВА 7. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ И МОСТОВ

7.1 Описание проблемы

7.1.1 Подземные сооружения для дренажа или подхода должны зачастую пересекаться с искусственными покрытиями, которые воспринимают нагрузки от воздушных судов. Такие сооружения подвергаются дополнительным нагрузкам от воздушных судов, иногда непосредственно, как это бывает в случае мостов, подземных средств аэропортов и т.д., но еще более часто - косвенно, когда нагрузка передается уложенным в каналах трубам и дренажным трубам через слой почвы под искусственным покрытием.

7.1.2 Эти подземные сооружения должны рассматриваться в связи с оценкой прочности покрытия. Виды напряжений, вызываемые нагрузкой от колес на поверхности передаваемые вниз, не являются теми же самыми для подземных сооружений, что и для грунтового основания. И не только потому, что эти сооружения не находятся на уровне основания, но такие вследствие того, что наличие таких сооружений искажает их структуру. Поэтому соображения, которые позволяют использовать метод ACN-PCN для ограничения перегрузок на покрытия необязательно являются достаточными для защиты подземных сооружений. В некоторых случаях подземное сооружение может стать критическим или ограничивающим элементом, требующим, таким образом, сообщения более низкого значения PCN для данного покрытия.

7.1.3 При проектировании новых сооружений следует проявлять осторожность в отношении конструктивного соответствия труб, дренажных труб и пересечений с мостами, учитывать не только расчетные нагрузки, но и возможные нагрузки в будущем с тем, чтобы избежать необходимость в дорогостоящих исправлениях, вызываемых увеличением нагрузок воздушных судов.

7.2 Виды подземных сооружений

7.2.1 Вероятно, наиболее распространенными и менее углубленными сооружениями на аэродромах являются трубы, облегчающие отвод поверхностных или подземных вод. Они могут иметь диаметр от 100 мм до 4 или 5 м и укладываться на глубине от 300 мм до 50 м и более - в случае высоких насыпей, и могут быть полностью неподвижными по отношению окружающего грунта (жесткие трубы) или легко деформироваться при воздействии вертикальной нагрузки (нежесткие трубы) . Самая обычная жесткая труба изготавляется из железобетона, но имеются также трубы, выполненные из обычного цементобетона или глины. Последние, естественно, имеют меньший диаметр. Наиболее распространенная нежесткая труба далается из гофрированной стали, но бывают также гофрированные алюминиевые трубы, некоторые виды пластмассовых труб, трубы из битуминизированного фибра и т.д. Сооружения из труб проектируются с учетом таких факторов, как тип трубы, место укладки, материал засыпки, условия и материалы установки, глубина насыпи и нагрузка, создаваемая ею, а также меняющиеся нагрузки на поверхности, которые предстоит выдерживать.

7.2.2 Коробчатые дренажные каналы квадратного или прямоугольного сечения обычно используются для отвода потоков воды под покрытиями. Они конструируются так, чтобы выдерживать гидравлическое течение и нагрузки. Делаются они обычно из формованного на месте железобетона. Расстояние между стенками может быть от 1 до 5 м. Коробчатые дренажные каналы меньших размеров часто используются на открытых участках перрона непосредственно под покрытием в качестве коллекторов поверхностных вод.

7.2.3 Иногда вместо коротких мостов для отвода потоков или пересечения покрытий используются арки из металлических плит того типа, который используется для изготовления труб большого диаметра. В этих случаях почва насыпается по бокам и над такой аркой до уровня основания, а сверху сооружается покрытие. Иногда под аэродромными покрытиями могут проходить туннели.

7.2.4 В ряде случаев мосты используются для того, чтобы проводить шоссейные дороги под рулежными дорожками и ВПП, а подземные средства аэровокзалов все чаще размещаются под перронами и рулежными дорожками. Они рассчитываются таким образом, чтобы выдерживать нагрузки от принимаемых воздушных судов и статическую нагрузку от неподвижных сооружений. Кроме того, продолжения ВПП над водной поверхностью иногда сооружаются на мостах, которые поддерживаются на колоннах и они должны быть рассчитаны таким образом, чтобы выдерживать нагрузки, создаваемые воздушными судами, в дополнение к их собственному весу.

7.3 Некоторые руководящие принципы

7.3.1 Соображения, приводимые в п. 3.2.4 главы 3, относительно нагрузок, создаваемых воздушными судами, соответствуют концепциям распределения напряжений от нагрузок на поверхности в насыпях под покрытиями. Нагрузки, создающие сильное напряжение, распределяются конструкцией покрытия и по мере распространения нагрузок вглубь они дополнительно распределяются на более широкие зоны при соответственном уменьшении величины напряжения. По мере распространения напряжения вглубь и распространения на более широкие зоны влияние перекрытия соседних колес шасси приводит к увеличению и даже в большее число раз напряжения, создаваемого одним колесом. Чем глубже распространяются напряжения, тем дальше от отдельных колес может иметь место и все еще проявляется перекрывающее воздействие. Эти схемы напряжений, создаваемые временными нагрузками (от воздушных судов) в почве под покрытиями и вместе с массой почвы и покрытия, отражают величины напряжений или нагрузки, которые воздействуют на подземные сооружения.

7.3.2 Наличие подземных сооружений (которые действуют иначе, чем убранная для их строительства почва) оказывает значительное влияние на схему переменных и статических напряжений (окружающих напряжений), создаваемых нагрузками на поверхности покрытием и засыпочным материалом. Бетонная труба, например, имеет большую жесткость в вертикальном направлении, чем соседний слой почвы. Поэтому, сжатие (вертикальный прогиб) почвы под нагрузкой от воздушных судов ведет к относительному движению вверх жесткой трубы в почве с соответствующим аккумулированием напряжения и нагрузки по сравнению с окружающей почвой. И поэтому некоторые глубоко заложенные жесткие трубы окружаются мягкими (кипы соломы, мягкая земля и т.д.) слоями вокруг трубы. В таких случаях вертикальная жесткость трубы и мягкой зоны будут меньше, чем жесткость почвы по бокам трубы и напряжения будут больше аккумулироваться окружающей почвой. Поэтому большое значение имеют характер и условия постели и заполнителя.

7.3.3 Коробчатые дренажные каналы воспринимают напряжение таким же образом, что и жесткие трубы, но их воздействие на конструкцию не то же самое. Вертикальные стены коробчатых дренажных каналов будучи значительно жестче, чем почва, в то же время значительно прочнее, чем это необходимо для выдерживания и аккумулирования напряжений или нагрузки, а покрытие между сторонами менее жесткое, чем эти стороны и подвергается меньшим напряжениям. Следует отметить, что эти уменьшения небольшие и они снижаются в результате более высоких напряжений, воспринимаемых жестким коробчатым дренажным каналом.

7.3.4 Металлические и другие гибкие трубы, как правило, менее жестки в вертикальном направлении, чем окружающая почва и не подвергаются накоплению напряжения тем же образом, что и жесткие трубы. Но металлические трубы бывают очень жесткими по окружности и некоторые трубы большого диаметра с большим гофром, расположенные недалеко от поверхности, могут аккумулировать большую нагрузку, чем окружающая среда. Большие металлические арки с неподвижным основанием также могут иметь относительно жесткие конструкции.

7.4 Оценка подземных сооружений

7.4.1 Общие положения

7.4.1.1 Каждое подземное сооружение под покрытием следует рассматривать в связи с оценкой покрытия. Хотя конкретное определение в каждом конкретном случае потребует тщательного расчета прочности, вероятность того, что данное сооружение может оказаться более критическим, чем покрытие в смысле ограничения нагрузок от воздушных судов, в значительной степени зависит от вида, размера и расположения данного сооружения.

Соответственно, могут быть предложены определенные установки с тем, чтобы помочь в определении того, какое из сооружений с наименьшим риском можно считать нелимитирующим, какое находится возле этой грани и нуждается в тщательной оценке, а какое требует изучения и анализа, чтобы определить, необходимы ли ограничения нагрузки или усиление.

7.4.2 Сооружения глубокого заложения

7.4.2.1 Временные нагрузки на сооружения глубокого заложения, как правило, являются лишь небольшой частью статической нагрузки, поэтому трубы и дренажные каналы средних и небольших размеров, которые не аккумулируют значительной части временной нагрузки, не лимитируют нагрузки на поверхности. Сюда входят трубы, имеющие диаметры или сооружения шириной около 1/3 защитного слоя (расстояние от поверхности покрытия до верхней части трубы или дренажного канала). Таблица 7-1 показывает толщину защитного слоя почвы и структуры покрытия над дренажным сооружением, которое является не очень широким и достаточно широко распределяет нагрузку с учетом общего воздействия соседних колес, чтобы уменьшить давление, создаваемое на конструкцию (движущимися) воздушными судами до менее, чем 10 процентов статической нагрузки, создаваемой слоем земли. Едва ли дополнительные 10 процентов давления превысят прочность имеющихся труб или дренажных каналов. Там, где воздушные суда имеют нагрузку на колеса больше 200 kN, может понадобиться, очевидно, большая глубина с тем, чтобы получить 10 процентное ограничение увеличивающегося давления (временные нагрузки).

Таблица 7-1. Защитный слой, необходимый над сооружениями под аэродромным покрытием

Количество колес*	Глубина покрытия в метрах
1	4
2	5
4	6
8	7,5
16	9,5

Трубы и дренажные каналы указанных размеров (около одной трети слоя покрытия) и на глубинах равных или больших, чем указанные в таблице 7-1, не нуждаются в специальном ограничении нагрузки от расположенного выше покрытия.

7.4.2.2 Сооружения, находящиеся на небольшой глубине, нуждаются в более тщательном изучении. Вопрос о том, понадобятся ли ограничения нагрузки сверх тех, которые определены для защиты покрытия, будет зависеть от жесткости трубы или дренажного канала, от постели и заполнителя, структуры покрытия, а также допусков при первоначальном расчете. Следует провести достаточный анализ либо для подтверждения того, что подземные сооружения не нуждаются в больших ограничениях критических нагрузок, чем покрытия, либо установить соответствующие ограничения нагрузки.

7.4.2.3 Сооружения, имеющие широкие размеры, т.е. очень большие трубы, арки и широкие коробчатые дренажные каналы даже при наличии значительного слоя покрытия, склонны аккумулировать напряжения от поверхностных нагрузок (путем конусного напряжения в почве) и могут выдерживать фактически все (временные) нагрузки создаваемые воздушными судами, а также статическую нагрузку, создаваемую (слоем) земли. Таким образом, сооружение, ширина которого превышает одну треть покрывающего слоя, должно быть тщательно проанализировано с тем, чтобы установить лимиты наземной загрузки или возможную необходимость усиления сооружения.

---

* С учетом того, что колеса находятся в пределах круга, диаметр которого равен глубине защитного покрытия над сооружением, или касаются его.

7.4.3 Близко расположенные трубы, желобы, водоотводы и дренажные каналы

7.4.3.1 Метод ACN-PCN ограничивает массу воздушных судов с тем, чтобы предотвратить чрезмерную нагрузку на грунтовое основание и верхние слои. Подобное же ограничение очевидно будет относиться к сооружениям неглубокого заложения для защиты их от перегрузок, за исключением сооружений очень большого диаметра (более 3 или 4 м) или ширины, которые могут аккумулировать нагрузку на той же самой критической секции от более чем одной опоры шасси. Под жесткими основаниями считается необходимым иметь примерно полтора метра покрытия между плитой и сооружением, чтобы обеспечить достаточную защиту от любой нагрузки. Трубы и дренажные каналы под нежесткими покрытиями будут защищенными, если их верхняя часть (внешняя часть трубы) находится примерно в полутора метрах от верхней части грунтового основания. На больших глубинах, где напряжение, создаваемое на поверхности нагрузкой от колеса или общими нагрузками от нескольких колес ослабляется, и оно и меньше тех, какие может выдержать грунтовые основания, общее воздействие (напряжение) от воздушного судна с несколькими колесами может быть больше, чем предусматривалось при конструировании покрытия, хотя значение ACN-PCN будет ограничено. Поэтому трубы, водоотводы, дренажные каналы и т.д. должны быть внимательно оценены с целью возможной необходимости усиления, когда одноколесная нагрузка или нагрузка от нескольких колес используемых воздушных судов, по предположениям, будет увеличена.

7.4.3.2 Сооружения неглубокого заложения значительной ширины (более 3 или 4 м) требуют проведения анализа, если предполагается увеличение нагрузки от колес или полной массы воздушных судов.

7.4.4 Наземные канавы, водоотводы, и т.д.

7.4.4.1 Коллекторы воды, коробчатые желоба (для освещения, электропроводки, топливных трубопроводов и и.д.) и подобные им пересечения покрытия иногда помещаются непосредственно на поверхности покрытия. Они редко бывают больше того размера, при котором они в любой момент могут поддерживать одно колесо. Соответственно, при оценке или расчете необходимо учитывать нагрузку лишь от одного колеса.

7.4.5 Мосты под аэродромными покрытиями

7.4.5.1 Необходимость пропуска шоссейных и железных дорог под аэродромными покрытиями, размещение сооружений и средств аэровокзалов под покрытиями рулежных дорожек и перронов требует использования мостов, чтобы поддерживать покрытия и используемые воздушные суда. Такие сооружения имеют небольшую или вообще не имеют защиты от ограничений нагрузки на покрытия и должны рассматриваться отдельно при установлении безопасных нагрузок. Только первоначальные расчетные анализы могут определить вид и размер нагрузок, которые могут выдержать мосты. Если предполагаемое использование изменилось и покрытие предполагается использовать значительно более тяжелыми воздушными судами или воздушными судами с шасси, имеющими другую конфигурацию, чем предполагалось в расчетах, требуются новые анализы, чтобы установить пригодность данного сооружения для такого использования.

7.4.6 Сооружения на колоннах

7.4.6.1 Иногда ВПП и рулежные дорожки простираются над водой и помещаются на сооружениях, поддерживаемых колоннами. В этих случаях, также как и с мостами, требуются анализы расчетов с тем, чтобы обеспечить рассчитываемые нагрузки. Здесь также существует необходимость нового анализа, если предполагается эксплуатация более тяжелых воздушных судов или воздушных судов со значительно отличающимися конструкциями шасси.

7.4.7 Туннели под покрытиями

7.4.7.1 Туннели ведут себя также как и трубы больших диаметров и можно считать, что они будут реагировать таким же образом. Поэтому туннели неглубокого заложения требуют тщательного анализа ожидаемого увеличения нагрузки от воздушных судов на покрытия над этими туннелями. Туннели глубокого заложения могут потребовать лишь единичных инспекций в тех случаях, если глубина покрывающих слоев достаточна для того, чтобы свести к минимуму прилагаемые временные нагрузки.

покрытия над этими туннелями. Туннели глубокого заложения могут потребовать лишь единичных инспекций в тех случаях, если глубина покрывающих слоев достаточна для того, чтобы свести к минимуму прилагаемые временные нагрузки.

7.4.8 Случаи жестких ограничений

7.4.8.1 Там, где сооружения под покрытиями требуют ограничения нагрузки от воздушных судов в пределах PCN (которое рассчитано для защиты покрытия), эти ограничения следует сообщать, указывая конкретный тип воздушного судна и нагрузки (массы), как исключения. Там, где широкая сеть рулежных дорожек позволяет обойти критические сооружения, проблема может быть решена путем специальных маршрутов движения воздушных судов на этом месте. Если же все воздушные суда должны пересекать критическое сооружение необходимо наличие данного ограничения, когда даются сведения о прочности покрытия. Только сооружения очень неглубокого заложения и при чрезмерной перезрузке, за исключением мостов и покрытий на колоннах, представляют некоторую опасность для воздушных судов, и воздушные суда редко подвергаются опасности путем перегрузки на подземные (покрытие землей) сооружения. Мосты и покрытия на колоннах воспринимают нагрузку непосредственно и должны быть в конструктивном отношении способны выдерживать прилагаемые нагрузки.

7.4.8.2 Ограничения нагрузки на критические сооружения могут быть сняты либо в результате специального анализа, который устанавливает, что могут быть выдержаны большие, чем запланированные нагрузки, либо путем усиления сооружения. Обычно применяемые за счет консервативного подхода при расчетах допуски, лучше минимальных величин, большие по значению коэффициенты безопасности и выбор при анализах лучшего конструктивного типа могут привести к большим допускаемым нагрузкам. Это может произойти в результате простого повторного изучения конструктивных данных или широкого изучения на месте данного сооружения, включая анализ окружающего заполнителя или измерение напряжения, или реакции на изгиб конструкции, находящейся под нагрузкой. Пример такого изучения может быть найден в апрельском 1973 года выпуске "АЭРОПОРТ УОРЛД" в статье под заголовком "Строить новые мосты или нет?". Этот журнал издается Ассоциацией владельцев воздушных судов и пилотов США. В статье рассказывается об исследовании, предпринятом в 1970 годах с тем, чтобы оценить пригодность к использованию широкофюзеляжными воздушными судами существующего моста в международном аэропорту Охара в Чикаго.

7.4.8.3 Укрепление подземных сооружений может быть достигнуто путем использования внутренних колец, распорок или втулок с тем, чтобы укрепить или уменьшить размер труб, дренажных каналов, арк и т.д., но все это уменьшает дренажную пропускную способность. Иногда конструкции могут быть укреплены окружающей почвы со стороны поверхности или изнутри сооружения. Может оказаться возможным добиться компрессования зон почвы или другого материала вокруг труб или кульвертов и уменьшить передачу нагрузок от покрытия на подземные сооружения. Кроме того, помещение конструкций, распределяющих давление (например, закопанные плиты) можем уменьшить нагрузку на трубы, дренажные каналы и водоотводы. Конечно, очевидным окончательным решением является новое конструирование или строительство. Некоторые мосты или покрытия на колоннах могут быть усилены путем добавления ряда элементов (балок и т.д.) к уже существующему сооружению.

7.5 Соображения, касающиеся расчета новых сооружений

7.5.1 Вопросы, касающиеся расчета дренажных и подобных сооружений при оценке покрытий для определенных нагрузок обсуждались выше в этой главе. Были указаны схемы поведения в связи с размерами, жесткостью, переменными и статическими нагрузками, а также глубиной заложения. Они также относятся к вопросам конструирования там, где планируется создание новых средств обслуживания. В этом разделе получат развитие некоторые из ранее высказанных соображений и будут обсуждены аспекты конструктивных особенностей, имеющих более прямое отношение к расчету.

7.5.2 Нагрузки. Нагрузки, которые должны учитываться при расчете подземных сооружений, это нагрузки, возникающие в результате давления лежащей в верху почвы и конструкции покрытия (дополнительная нагрузка) плюс те нагрузки от воздушных судов или других движущихся средств на покрытии сверху. Может оказаться необходимым предусмотреть также большие конструкционные нагрузки над трубой до того, как она будет иметь полное защищающее покрытие. Эти нагрузки дают те же схемы окружающих напряжений, какие существуют в насыпях, которые не подвергнуты влиянию труб или других сооружений или наличию областей мягких, плотных и других видов почвы, которые возникли в результате установки труб, дренажных каналов и т.д. Именно искажение этих схем окружающего напряжения характером данной трубы или сооружения, характер постели, трубы и канавы, которая используется во время установки, а также вид и плотность засыпки вокруг трубы - ведут к большим или меньшим чем существующие нагрузкам на подземные сооружения. Это тоже усложняет проблему расчета и приводит к созданию методов расчета, которые дают

7.5.3 Чрезмерное напряжение окружающей почвы, является результатом давления массы насыпанной земли и конструкции покрытия и их можно непосредственно определить. Напряжения, вызванные нагрузками от колес воздушного судна могут быть рассчитаны путем использования теории равномерного распределения круговой нагрузки на поверхность континуума. Предпочтительнее использовать теорию континуума эластичных слоев с использованием соответствующих постоянных эластичности (E, μ), но теория системы единичного слоя (Бусинеска) дает должные дитерминанты напряжения для нежестких покрытий, а также подземных сооружений под жесткими покрытиями. Графики или расчеты напряжений единичного слоя могут быть найдены в справочном материале, таком как Протоколы исследовательского совета по шоссейным дорогам, 1954 год, бюлленень HRB 342, 1962 год, учебник Иодера "Принципы расчета покрытий" (США), работа Крони, "Расчет и параметры дорожных покрытий "TRRL" (Соединенное Королевство). Напряжения, вызываемые общим воздействием от нескольких колес, могут быть определены путем суперпозиции напряжения единичного колеса при соответствующих боковых промежутках. Учитывая время реакции почвы на быструю нагрузку, необязательно рассматривать какие-либо дополнительные динамические воздействия нагрузки от воздушного судна.

7.5.4 Напряжения, создаваемые окружающей почвой, получаемые на различных глубинах под покрытием, являются, таким образом, совмещением дополнительных напряжений (статическая нагрузка) и напряжений, создаваемых нагрузкой от шасси движущегося воздушного судна (временная нагрузка). Именно эти напряжения, измененные в результате присутствия и поведения какой-либо трубы или другого подземного сооружения, а также какого-либо искажения в результате их установки, определяют нагрузки, которые должна выдерживать данная труба или сооружение. В целом, твердые (жесткие) элементы или зоны аккумулируют напряжение от окружающей насыпи, а мягкие элементы или зоны передают напряжение окружающей почве. Таким образом, более жесткие сооружения, такие как коробчатые дренажные трубы, бетонная труба и т.д. как правило подвергаются большему напряжению и нагрузке, чем те, которые предполагаются в результате напряжения от окружающей среды, в то время как более гибкие структуры, такие как сталь, алюминий, пластические трубы или жесткие сооружения, окруженные рыхлой почвой, соломой, опилками и т.д., будут подвергать меньшему напряжению, чем окружающая среда.

7.5.5 Важнейшим соображением при определении нагрузок при расчете подземных сооружений, является учет повышения в будущем класса конструкции покрытия, а также увеличения массы воздушных судов. Там, где предполагается увеличение класса в будущем, расчет подземных сооружений для ожидаемых больших нагрузок будет, как правило, менее дорогостоящим при первоначальном конструировании и строительстве, чем при последующей модификации.

7.5.6 Трубы. Трубам дается описание в пункте 7.2.1, и большинство типов труб подчиняется стандартам ASTM в отношении характеристик труб и испытаний для определения прочности. Трубы из бетона, керамики, асбестоцемента, цельного пластика и подобные геометрические виды труб производятся в наборе различной толщины стенок и/или усилений, а также диаметров с тем, чтобы обеспечить различную степень прочности для использования при расчете сооружений. Стальные, алюминиевые и некоторые пластиковые трубы изготавливаются в различных ассортиментах (толщина материала) и различного гофрирования с тем, чтобы обеспечить набор жесткости труб и прочности стенок в целях конструирования сооружений. Хотя обычно применяются круглые трубы, существуют и элиптические, которые

используются в вертикальном положении для повышения прочности или в горизонтальном положении для понижения уровня, а также трубы типа арки, имеющие закругленную верхнюю часть и расплющенную нижнюю часть для специальных целей, таких как пути подхода, коммунальные отводы и т.д.

7.5.7 Расчетные ограничения обычно устанавливаются для жестких труб с тем, чтобы контролировать образование трещин снаружи и внутри. Обычной практикой является предотвращение трещин с шириной более 0,4 мм. Более ранняя практика проектирования установок с гибкими трубами заключалась в ограничении изгиба трубы до 5 процентов диаметра, но в существующей практике предпочитают требовать соответствующую плотность засыпающей почвы (85 процентов стандартной плотности - ASTM D - 698) и ограничивать натяжение в стяжной муфте.

7.5.8 Условия установки. Подстилка, засыпка и условия в траншее, где находится труба, оказывают большое влияние на ее работу. Трубу можно поместить на ровную уплотненную землю, на формованную постель с углами 60, 90 или 120°, на основании из песка или мелкого гравия, в ложбину из тощего или прочного цемента и т.д. Трубу можно поместить в узкую или широкую, глубокую или мелкую, вертикальную или наклонную траншею или без всякой траншеи. Засыпка может быть слегка утрамбованной внизу (подкладка) или рядом с трубой, она может быть тем же самым материалом с соседней насыпи, или выбранным песком, гравием или другим более качественным материалом, или она может быть стабилизированной (цементом или глиной) почвой. Жесткие трубы могут быть защищены от нормального аккумулирования больших, чем от окружающей среды нагрузок путем помещения мягкого слоя почвы, соломы, мягких пластических материалов, листьев и т.д. - над трубой. Все эти многие переменные факторы могут оказать влияние на рассматриваемые нагрузки.

7.5.9 Проектирование. Вследствие многих факторов, касающихся нагрузки, характеристик труб, условий установки и концепции расчета, методы и сопутствующие способы определения поведения материалов не могут быть приведены в этом Руководстве. Подробности проектирования могут быть найдены в таких учебниках, касающихся геотехники, как "Soil Mechanics" by Krynine (US), "Soil Engineering" by Spangler (US) и в профессиональной литературе, такой как "Concrete Pipe Design Manual" of the American Concrete Pipe Association (US Library of Congress catalog No. 78-58624), "Handbook of Steel Drainage and Highway Construction Products" of the American Iron and Steel Institute (US Library of Congress catalog No. 78-174344), а также во многих справочниках, относящихся к технической литературе, содержащихся в указанных документах. Некоторые указания, касающиеся проектирования минимального защитного покрытия под нежесткими или жесткими покрытиями для некоторых типов труб, рассчитаны на ЭВМ на основе избранных (обычных) условий установки и они могут быть найдены в реководстве Федерального авиационного управления США по "Дренажированию в аэропортах" AC 150/5320-5B, а также в двух профессиональных руководствах, упомянутых выше.

7.5.10. Другие конструкции. Расчеты мостов и поддерживаемых колоннами площадок над водой, которые непосредственно выдерживают нагрузки от воздушных судов должны осуществляться в соответствии с принятой практикой конструирования сооружений. Очень важно учитывать увеличение нагрузок от воздушных судов в будущем с тем, чтобы избежать дорогостоящего последующего усиления конструкции. Коробчатые дренажные каналы будут подвергаться нагрузкам со стороны окружающей почвы (7.5.3) и эти нагрузки будут увеличиваться за счет крутого надвига таких жестких конструкций в находящуюся сверху насыпь. (7.5.4). Результирующая должна определяться в результате тщательного анализа, но она должна быть в пределах 130 процентов и 170 процентов нагрузки, вследствие нагрузки от окружающей среды, зависящей от ширины сооружения, величины и продолжительности нагрузки на поверхности, глубины защищающего слоя покрытия, а также жесткости почвы вокруг дренажных каналов. Любые большие арки из гофрированного металла (более 3 м), покрытие не толстым слоем почвы, следует тщательно рассчитывать в геотехническом и конструкционном отношении. Каждую из них следует рассматривать отдельно, а ее характер будет диктовать соответствующий анализ при конструировании.

ГЛАВА 8

НАНЕСЕНИЕ ВЕРХНИХ АСФАЛЬТОВЫХ СЛОЕВ

8.1 Введение

8 1.1 Фактически объем воздушных перевозок и частота полетов во многих аэропортах в обязательном порядке предусматривают нанесение верхнего слоя (восстановление поверхности) на ВПП по частям с тем, чтобы иметь возможность восстановить их эксплуатационный статус в период наибольшей интенсивности воздушного движения. Цель настоящей главы заключается в том, чтобы подробно изложить процедуры, подлежащие использованию лицами, имеющими отношение к нанесению такого рода верхних слоев, а именно: руководителем аэропорта, руководителем проекта, проектировщиками и подрядчиками с тем, чтобы эта работа выполнялась наиболее эффективным образом, без потери доходов и создания неудобств для пассажиров и не приводила к задержкам в системах воздушного движения. Характерной особенностью проведения строительных работ в период наименьшей интенсивности движения является необходимость строительства временной рампы (переходной поверхности между верхним слоем и существующим покрытием) в конце каждого рабочего дня, чтобы иметь возможность использовать ВПП для выполнения полетов воздушными судами сразу же после покидания рабочими зоны строительства. В настоящей главе содержится инструктивный материал по проектированию таких временных рамп, однако в ней не предполагается затрагивать вопросы проектирования верхних слоев как таковых. Инструктивный материал по данному вопросу содержится в главе 4.

8.2 Роль полномочного органа аэропорта

8.2.1 Координация проекта

8 2 1 1 По своему характеру выполнение строительных работ в период наименьшей интенсивности движения вполне реально и требует тесной координации деятельности всех структурных подразделений аэропорта на этапе планирования и проектирования и, очевидно, ежедневной координации в ходе выполнения строительных работ. Важно, чтобы после принятия решения аэропортом о необходимости выполнения проекта по нанесению покрытия, представители полномочного органа аэропорта, пользователей и ведомства гражданской авиации государства провели совещание для обсуждения вопроса о приемлемом методе строительства. На всех совещаниях по планированию должны присутствовать следующие должностные лица из числа руководящего состава: от полномочного органа аэропорта — руководитель проекта, директоры, ответственные за выполнение полетов, планирование, строительство и техническое обслуживание, от авиакомпаний — представитель авиакомпании в аэропорту и, при необходимости, представители штаб-квартиры авиакомпании, от ведомства гражданской авиации — представители служб воздушного движения и служб аэронавигационной информации. В повестку дня должны быть включены следующие вопросы:

a) определение часов работы. Поскольку время является существенным элементом при проведении строительных работ в период наименьшей интенсивности движения, подрядчику для наложения покрытия в течение каждого рабочего периода должно быть выделено как можно больше времени. Рекомендуется, чтобы минимальный период составлял 8,5 часов. По времени проведение работ должно быть спланировано таким образом, чтобы свести до минимума перенос регулярных рейсов. Выбор конкретного периода времени должен быть разработан и согласован с авиакомпанией и другими представителями в ходе предварительных совещаний по планированию. Определение на раннем этапе часов работы позволит авиакомпаниям скорректировать будущее расписание с учетом потребностей проведения строительных работ. Существенно, чтобы ВПП открывалась и закрывалась для выполнения полетов в назначенное время без каких-либо исключений, поскольку расписание рейсов авиакомпаний, а также график выполнения работ подрядчика будут утверждаться исходя из возможности использования ВПП в назначенное время,

b) определение эксплуатационных факторов в ходе строительства и разработка приемлемых критериев, включающих в себя:

   1) определение рабочих зон,

   2) выполнение полетов воздушными судами;

3) навигационные средства, затрагиваемые в ходе строительных работ (визуальные и невизуальные средства);

4) требования по обеспечению безопасности и маршруты подъезда грузовых автомобилей;

5) осмотр и требования к открытию зоны для эксплуатационного использования;

6) установку и снятие строительных ограждений;

7) временную маркировку аэродромного покрытия и установку знаков;

8) предполагаемые дни недели для проведения строительных работ; и

9) выпуск NOTAM и консультативных циркуляров;

c) линии связи и элементы координации. Существенно, чтобы руководитель проекта был единственным лицом, осуществляющим координацию проекта по нанесению покрытия. Для определения возможности использования ВПП в начале каждого рабочего периода и состояния ВПП до ее открытия для выполнения полетов следует рассмотреть методы и линии связи;

d) особые аспекты строительства, включая временные рампы и другие особенности, приводимые ниже; и

e) план чрезвычайных мероприятий на случай отказа оборудования или непредвиденного бедствия.

8.2.2 Роль руководителя проекта

8.2.2.1 Руководитель проекта. Существенно, чтобы полномочный орган аэропорта подобрал квалифицированного руководителя проекта для осуществления надзора на всех этапах выполнения проекта с момента планирования до окончательной проверки выполненной работы. Этот специалист должен иметь опыт в проектировании и руководстве проектами по нанесению покрытий аэродромов, а также быть знакомым с эксплуатацией аэропортов. Руководитель проекта должен быть наделен полномочиями принимать окончательные решения по всем техническим аспектам проекта и нести ответственность за координацию деятельности в ходе эксплуатации аэропорта. Все контакты с любыми подразделениями полномочного органа аэропорта должны осуществляться только руководителем проекта с тем, чтобы обеспечить непрерывную и должную координацию со всеми подразделениями, связанными с эксплуатацией аэродрома. Круг обязанностей должен включать в себя:

a) на этапе планирования и проектирования:

1) создание четких и точных линий связи;

2) участие в работе группы по отбору инженеров-проектировщиков;

3) координацию разработки проекта с целью учета имеющихся бюджетных ограничений;

4) координацию деятельности аэропорта и авиакомпании в отношении рассмотрения проекта, включая выделенные часы работы, эксплуатационные требования к воздушным судам, техническое рассмотрение и разработку процедур для координации всех работ; и

5) председательство на всех совещаниях, связанных с проектом; и

b) в ходе строительных работ:

1) полное руководство строительными работами с помощью необходимого штата инспекторов по надзору и документальному оформлению работ, выполненных подрядчиком;

2) выполнение до начала строительных работ контрольной сверки с бюро метеорологической информации, службами эксплуатации аэропорта и управления воздушным движением и получение подтверждения от руководителя подрядчика о том, что погодные условия и условия воздушного движения позволяют выполнять строительные работы согласно графику;

3) ежедневные консультации с руководителем проекта со стороны подрядчика и согласование объемов работ с целью обеспечения открытия ВПП точно в указанное время каждое утро. В особой степени это относится к зонам, где производится ремонт и замена покрытия; и

4) проведение совместно со службами эксплуатации аэропорта проверок рабочих зон до открытия ВПП для воздушного движения в целях обеспечения гарантии тщательной уборки поверхности покрытий, надлежащей установки временных рамп, наличия маркировки, необходимой для безопасного выполнения полетов воздушными судами.

8.2.2.2 Штатный инженер проекта. Назначение штатного инженера проекта, предпочтительно инженера по гражданскому строительству, будет исключительно полезным и в значительной степени облегчит работу руководителя проекта в ходе его реализации. Круг обязанностей штатного инженера проекта должен включать в себя:

a) подготовку документации по выполненным в течение каждого рабочего дня работам;

b) обеспечение гарантии выполнения проверок и получение сводки о выполненных работах по итогам каждого рабочего дня;

c) планирование проведения осмотров в течение каждого рабочего дня;

d) надзор за соблюдением технических требований, предусмотренных контрактом и информирование руководителя проекта и подрядчика о любых отклонениях; и

e) ведение дневника строительных работ.

8.2.3 Требования к испытаниям

8.2.3.1 По сравнению с обычными строительными работами требования в отношении проведения дополнительных испытаний при проведении строительных работ в период наименьшей интенсивности воздушного движения отсутствуют. Единственное отличие при проведении строительных работ в период наименьшей интенсивности воздушного движения заключается в необходимости проведения приемочных испытаний в конце каждого рабочего дня и до открытия ВПП для выполнения полетов, а также рассмотрение результатов перед возобновлением работ. Как правило для обеспечения гарантии правильного и своевременного выполнения всех проверок необходим дополнительный персонал.

8.2.4 Требования к осмотру

8.2.4.1 Одним из наиболее важных аспектов успешного завершения любого проекта по нанесению покрытий является количество и качество выполненных осмотров. Поскольку аэропорт получает прибыль каждый раз, когда ВПП открыта для воздушного движения, приемочные испытания должны проводиться каждый рабочий день. Помимо руководителя проекта и штатного инженера проекта для надзора за соответствием техническим требованиям рекомендуется, как минимум, следующий персонал:

a) Инспектор по укладке асфальта. Основной обязанностью инспектора по укладке асфальта будет проведение испытаний с подсобным рабочим с целью контроля качества, включая проверку состава заполнителя, взятие проб из горячего бункера и проведение испытаний по Маршаллу.

b) Инспектор по покрытиям. При каждой машине для нанесения покрытий должно быть два инспектора. Их обязанности должны включать сбор накладных, проверку температуры доставленного материала, проверку методов контроля уклонов, проверку технологии укладки асфальта и плавности стыковочных швов.

c) Инспектор по контролю плотности покрытия. Инспектор по контролю плотности покрытия осуществляет надзор за надлежащей последовательностью движения катков и за работу с переносным плотномером с тем, чтобы предоставлять подрядчику оптимальную информацию о плотности покрытия.

d) Бригада по освидетельствованию. Существенным элементом качественного выполнения работ является наличие окончательной информации об уклонах по итогам каждого рабочего периода. Независимый дипломированный геодезист со своей бригадой должны зарегистрировать уровни нанесенного покрытия с интервалами, составляющими по крайней мере 8 метров в продольном направлении и 4 метра в поперечном направлении и передавать результаты руководителю проекта по завершении каждого рабочего дня.

e) Инспектор по ремонту покрытий. Несет ответственность за проверку всех видов ремонта покрытий и предварительную обработку поверхности до нанесения на нее покрытия.

f) Инспектор по электрооборудованию. Обеспечивает проверку на соответствие техническим требованиям.

8.3 Аспекты проектирования

8.3.1 Общие положения. Планы и технические требования к ремонту покрытия и наложению верхнего слоя в течение периодов наименьшей интенсивности воздушного движения должны быть представлены в таком подробном виде, который позволяет быстро определить участки ремонта покрытия, степень обработки поверхности, а также глубину верхнего слоя. Планы и технические требования подлежат использованию подрядчиком и инспекторским персоналом в течение каждого рабочего дня, и каждый их элемент должен быть четким и точным.

8.3.2 Освидетельствование покрытия

8.3.2.1 Вдоль ВПП или РД следует установить полную систему реперов; это позволяет быстро найти опорную точку при выполнении поперечных сечений. Реперы следует устанавливать с интервалами, составляющими примерно 125 метров. Поперечные сечения покрытия должны выполняться с интервалами 8 метров в продольном направлении и 4 метра - в поперечном направлении. Особую предосторожность следует соблюдать при выполнении нивелирования, поскольку превышения используются для определения глубины верхнего асфальтового слоя. Проектировщикам не следует рассматривать вопрос об использовании информации об уклонах, имеющейся в ранее подготовленных чертежах или обследованиях, выполненных в зимние месяцы, поскольку, как показывает опыт, превышения могут измениться в зависимости от времени года. Это особенно важно для асфальтовых покрытий, состоящих из одного слоя.

8.3.2.2 После определения степени окончательной обработки поверхности и поперечных уклонов ВПП табличные данные об уклонах вносятся в планы для подрядчика с целью их использования в ходе рассмотрения предложения о заключении контракта и определения уровня ВПП. В табличных данных об уклонах должны быть колонки с указанием существующего превышения ВПП, степени окончательной обработки верхнего слоя и глубины верхнего слоя. Информация в продольном направлении об уклонах должна быть представлена через каждые 8 метров, а в поперечном направлении - через каждые 4 метра. Этот элемент рассматривается в качестве существенного при подготовке планов проведения строительных работ в период наименьшей интенсивности воздушного движения.

8.3.3 Особенности строительных работ

8.3.3.1 В планы должна быть включена подробная информация, касающаяся следующих вопросов:

a) Временные рампы. В конце каждого рабочего дня при выполнении работ с горячей смесью асфальтобетона необходимо сооружать рампу для обеспечения перехода от нового верхнего слоя к имеющемуся покрытию. Рампа не сооружается только в том случае, когда толщина верхнего слоя составляет 4 см или менее. При многослойных верхних слоях переходы не должны быть ближе 150 метров друг от друга. Насколько возможно наложение верхнего слоя необходимо осуществлять с одного конца ВПП к другому в направлении, совпадающем с направлением полетов преобладающего количества воздушных судов с тем, чтобы большинство из них съезжало по наклонной поверхности рампы вниз. В случае, когда

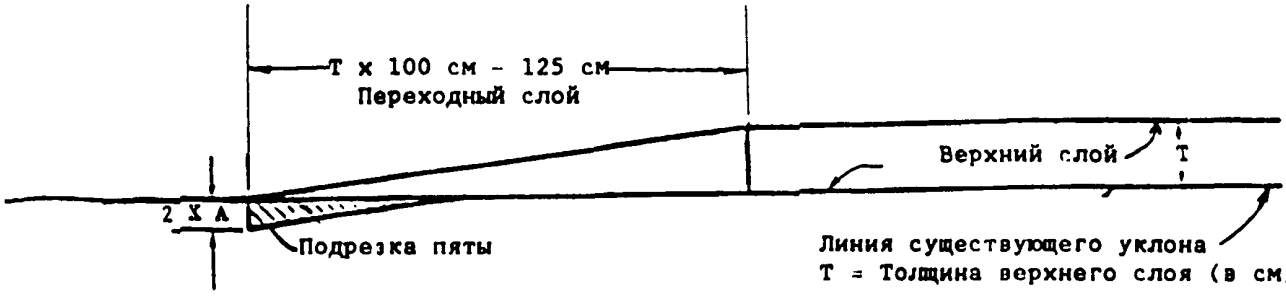


Иллюстрация a)

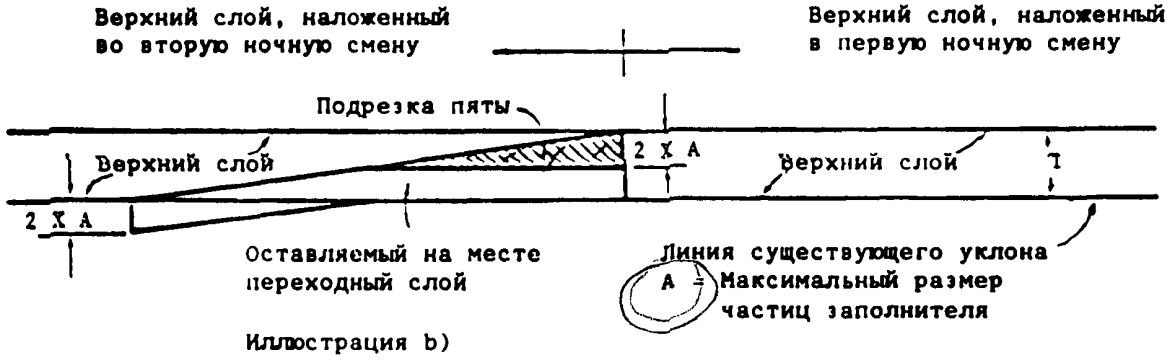


Иллюстрация b)

Рис. 8-1. Нанесение временной рампы с помощью установки для срезки покрытия в холодном состоянии

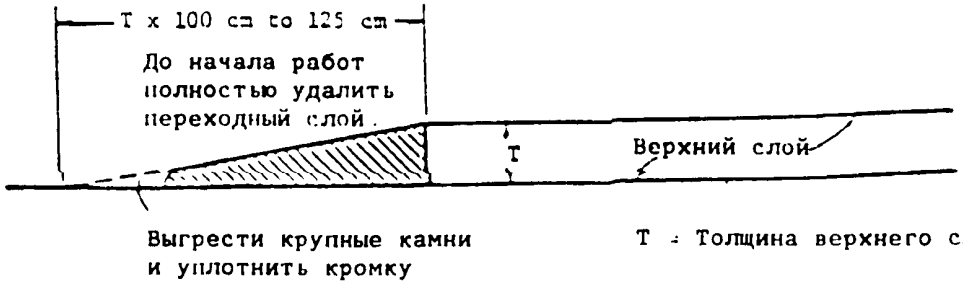


Рис. 8-2. Нанесение временной рампы без помощи установки для срезки покрытия в холодном состоянии

в эксплуатации имеет место непрерывное изменение направления полетов, наложение верхнего слоя предпочтительнее осуществлять в направлении подъема ВПП, поскольку в данном случае рампа получается более короткой; при этом избегаются длинные тонкие уклоны. Сооружение рампы представляет собой одну из наиболее важных особенностей рабочего периода. Слишком крутая рампа может привести к возможному повреждению конструкции воздушных судов, выполняющих полеты, или отказу их приборов. Слишком длинная рампа может привести к вырыву покрытия и повреждению двигателя воздушного судна посторонним предметом; кроме того, ее сооружение требует дополнительного времени. Продольный уклон временной рампы должен находиться в пределах 0,8 - 1 процента относительно существующей поверхности ВПП или ранее наложенного верхнего слоя. Как правило в течение каждой рабочей смены верхний слой должен быть нанесен на всю ширину ВПП. Исключительные обстоятельства, такие как неблагоприятные метеорологические условия, отказ оборудования и т.п. могут помешать наложить верхний слой на полную ширину ВПП в течение рабочей смены. В данном случае кромки необходимо соединить со старой поверхностью покрытия с тем, чтобы избежать неожиданного изменения уровня при непредвиденном уходе воздушного судна с той части ВПП, где имеется верхний слой. Максимальный поперечный уклон временной рампы не должен превышать 2 процентов. В зависимости от типа имеющегося оборудования временная рампа может сооружаться двумя способами. Наиболее эффективным способом подрезки пяты верхнего слоя, наложенного в начале и в конце каждого рабочего дня (см. рис. 8-1), является использование машины для срезки покрытия в холодном состоянии. Если такое оборудование отсутствует, временную рампу следует сооружать способом, представленным на рисунке 8-2. Под рампу, для ее быстрого удаления в ходе следующего рабочего периода ни в коем случае не следует наносить слой, разрушающий связывающие способности материала. Опыт показывает, что такой слой, почти всегда становится рыхлым, что впоследствии при выполнении полетов воздушными судами приводит к разрушению покрытия.

b) Встроенное в покрытие свето-техническое оборудование. При необходимости в планах должна содержаться подробная информация с описанием процессов извлечения и повторной установки светотехнического оборудования, встроенного в покрытие. Такая информация должна включать в себя подробное описание процесса извлечения арматуры и удлинительного кольца огня, установки на поддон огня специальной пластины, заполнения углубления горячей асфальтовой смесью с плотным гранулометрическим составом на период до завершения нанесения верхнего слоя, а также предоставление точной топографической информации о местоположении, выполнении колонкового бурения буром диаметром 10 см с целью определения местоположения центра специальной пластины и окончательного бурения ствола устройством для колонкового бурения буром соответствующего диаметра. После этого можно установить огонь и новое удлинительное кольцо с надлежащим превышением.

c) Маркировка ВПП. В ходе проведения строительных работ по наложению верхнего слоя на ВПП в период наименьшей интенсивности воздушного движения считается приемлемым, при соответствующем отражении в NOTAM, на новое покрытие до тех пор, пока не будет нанесен последний слой асфальта, наносить маркировку только в виде полос осевой линии ВПП и номера обозначения ВПП, после чего может быть выполнено окончательное нанесение полос. В ряде случаев, когда применяется метод срезки поверхности в холодном состоянии или наложения нескольких верхних слоев, для усиления связки между слоями при нанесении маркировки допускается пропуск трех полос осевой линии ВПП.

ДОБАВЛЕНИЕ 1

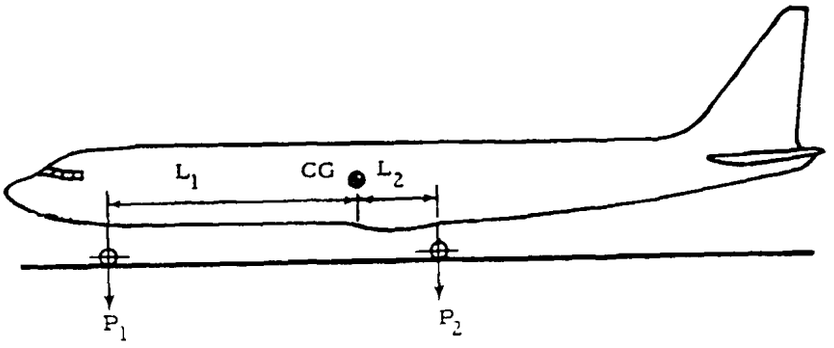
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ПОКРЫТИЯ

1. Общие положения

1.1 В настоящем добавлении дается описание тех характеристик воздушных судов, которые влияют на расчет несущей способности покрытия, а именно: вес воздушного судна, доля нагрузки на переднюю опору (выражаемая в процентах), схема расположения колес, нагрузка на основные опоры, давление в пневматике и площадь контакта каждого пневматика с покрытием. В таблице A1-1 приводятся эти данные в отношении большинства широко используемых воздушных судов.

1.2 Нагрузки, создаваемые воздушными судами, передаются на покрытия через шасси, которое обычно состоит из двух основных опор и одной вспомогательной опоры, которая располагается либо в носовой части воздушного судна (в настоящее время наиболее распространенная схема), либо в хвостовой части воздушного судна (прежняя схема).

1.3 Доля нагрузки, создаваемая каждой опорой, зависит от расположения центра тяжести относительно трех точек опоры. Статическое распределение нагрузки по различным опорам общераспространенной трехопорной схемы шасси может быть проиллюстрировано следующим образом:



где W - вес воздушного судна; P_1 - нагрузка, передаваемая вспомогательной опорой; P_2 - нагрузка, передаваемая обеими основными опорами; L_1 и L_2 - расстояния, измеряемые в плоскости симметрии от центра тяжести соответственно к P_1 и P_2. В этом случае:

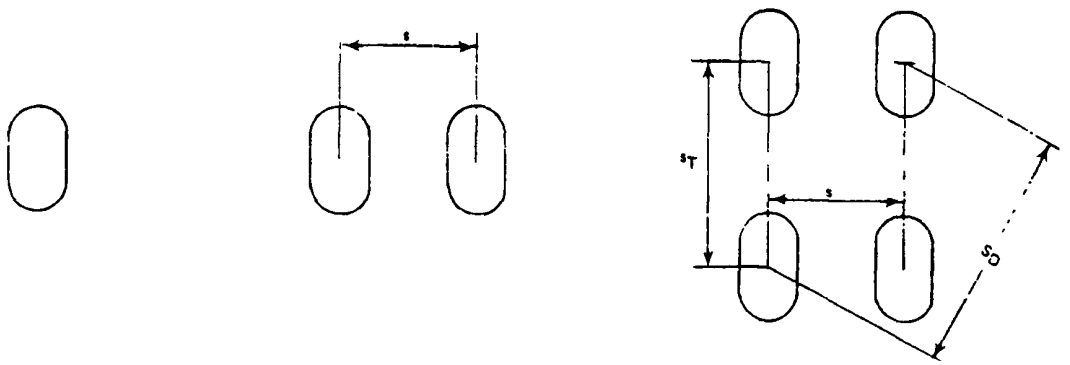
$$W = P_1 + P_2 \qquad P_1L_1 = P_2L_2$$

Следовательно, $P_2 = P_1 \frac{L_1}{L_2}$

1.4 Обычно отношение L_1/L_2 составляет приблизительно 9, т.е. на вспомогательную опору приходится приблизительно 10 процентов полного веса воздушного судна. Следовательно, каждая основная опора создает нагрузку, равную приблизительно 45 процентам этого веса. База колесного шасси и ширина колеи не принималась в расчет, поскольку в силу их величины не представляется возможным определить взаимодействие нагрузок, создаваемых различными опорами шасси.

1.5 Исходя из вышесказанного можно заметить, что характеристики каждой основной опоры дают достаточно информации для оценки требований к прочности покрытий. Соответственно таблица ограничивается этими данными.

1.6 Нагрузка, выдерживаемая каждой опорой, передается на покрытие одним или несколькими колесами с пневматическими шинами. Эксплуатируемые в настоящее время гражданские воздушные суда имеют следующие схемы расположения колес на основных опорах шасси.



Одноколесная опора | Опора со спаренными колесами | Четырехколесная тележка

1.7 Для целей расчета и оценки покрытий важное значение имеют следующие расстояния между колесами, в связи с чем эти данные перечислены в таблице:

S - расстояние между центрами площадей контакта спаренных колес

S_T - расстояние между осями тележки с последовательным расположением колес

S_D - расстояние между центрами площадей контакта колес по диагонали, выражаемое как

$$S_D = \sqrt{(S^2 + S_T{}^2)}$$

Приводимые значения давлений в пневматиках соответствуют внутреннему давлению или давлению накачивания.

1.8 Следует учитывать, что все цифры в таблице относятся к воздушным судам с максимальным взлетным весом. Для меньших эксплуатационных весов цифры, относящиеся к "нагрузке на каждую опору", "давлению в пневматике" и (или) "площади контакта", следует пропорционально уменьшить.

Перечень сокращений, применяемых в таблице А1-1

COM	-	Сложная схема расположения колес
D	-	Спаренные колеса
DT	-	Четырехколесная тележка
F	-	Передний
R	-	Задний (хвостовой)
S	-	Расстояние между центрами площадей контакта спаренных колес
S_D	-	Расстояние между центрами площадей контакта колес по диагонали
S_T	-	Расстояние между осями тележки с последовательным расположением колес
T	-	Тележка с последовательным расположением колес
кг	-	килограмм
МПа	-	мегапаскаль
см	-	сантиметр

Примечание, касающееся единиц измерения

Все данные таблицы даются в метрических единицах измерения. Для перевода килограмма в ньютон число килограммов умножается на 9,80665.

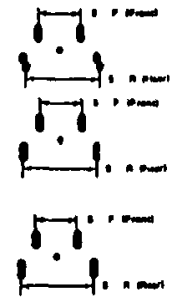
Таблица А1-1. Характеристики воздушных судов, учитываемые при расчете и оценке покрытий

Тип воздушного судна	Полная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	Схема расположения колес	ОСНОВНЫЕ ОПОРЫ ШАССИ: Нагрузка на каждую опору (кг)	Давление в пневматике (МПА)	Расстояние между колесами (см): (S)	(S_T)	(S_D)	Дополнительные данные, касающиеся сложной схемы расположения колес
А300 Аэробус модель В2	137 000	47,0	DT	64 390	1,2	89	140	165,9	
А300 Аэробус модель В2	142 000	47,0	DT	66 740	1,29	89	140	165,9	
А300 Аэробус модель В4	150 000	47,0	DT	70 500	1,39	93	140	168,1	
А300 Аэробус модель В4	157 000	47,0	DT	73 790	1,48	93	140	168,1	
А300 Аэробус модель В4	165 000	47,0	DT	77 550	1,29	93	140	168,1	
А300-600 Аэробус	165 000	47,0	DT	77 550	1,29	93	140	168,1	
А300-600R Аэробус	170 000	47,4	DT	80 580	1,35	93	140	168,1	
А300-600R Аэробус	171 700	47,4	DT	81 390	1,35	93	140	168,1	
А310-200 Аэробус	132 000	46,7	DT	61 640	1,23	93	140	168,1	
А310-200 Аэробус	138 600	46,7	DT	64 730	1,3	93	140	168,1	
А310-200 Аэробус	142 000	46,7	DT	66 310	1,33	93	140	168,1	
А310-300 Аэробус	150 000	47,0	DT	70 500	1,42	93	140	168,1	
А310 300 Аэробус	157 000	47,4	DT	74 420	1,49	93	140	168,1	
А320-100 Аэробус Шасси со спаренными колесами	66 000	47,1	D	31 090	1,28	93	-	-	

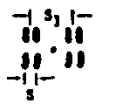
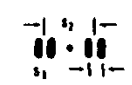
Тип воздушного судна	ОСНОВНЫЕ ОПОРЫ ШАССИ								
	Полная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	Схема расположения колес	Нагрузка на каждую опору (кг)	Давление в пневматике (МПА)	Расстояние между колесами (см) (S)	(S_T)	(S_D)	Дополнительные данные, касающиеся сложной схемы расположения колес
A320-100 Аэробус Шасси со спаренными колесами	68 000	47,1	D	32 030	1,34	93	-	-	
A320-100 Аэробус Шасси с четырехколесными тележками	68 000	47,1	DT	32 030	1,12	78	100	126,8	По заказу
A320-200 Аэробус Шасси со спаренными колесами	73 500	47,0	D	34 550	1,45	93	-	-	
A320-200 Аэробус Шасси с четырехколесными тележками	73 500	47,0	DT	34 550	1,21	78	100	126,8	По заказу
BAC 1-11 Серия 400	39 690	47,5	D	18 853	0,93	53	-	-	
BAC 1-11 Серия 475	44 679	47,5	D	21 223	0,57	62	-	-	
BAC 1-11 Серия 500	47 400	47,5	D	22 515	1,08	53	-	-	
BAe 146 Серия 100	37 308	46,0	D	17 162	0,80/0,52	71	-	-	
BAe 146 Серия 200	40 600	47,1	D	19 123	0,88/0,61	71	-	-	
B707-120B	117 027	46,7	DT	54 652	1,17	86	142	166,0	
B707-320B	148 778	46,0	DT	68 438	1,24	88	142	167,1	
B707-320C Грузовой	152 407	46,7	DT	71 174	1,24	88	142	167,1	
B707-320C Грузопассажирский	152 407	46,7	DT	71 174	1,24	88	142	167,1	
B707-320/420	143 335	46,0	DT	65 934	1,24	88	142	167,1	
B720	104 326	47,4	DT	49 451	1,00	81	124	148,1	
B720B	106 594	46,4	DT	49 460	1,00	81	124	148,1	
B727-100C	73 028	47,8	D	34 907	1,09	86	-	-	
B727-100	77 110	47,6	D	36 704	1,14	86	-	-	
B727-200 Стандартный	78 471	48,5	D	38 058	1,15	86	-	-	

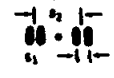
Тип воздушного судна	Полная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	Схема расположения колес	Нагрузка на каждую опору (кг)	Давление в пневматике (МПА)	Расстояние между колесами (см) (S)	(S_T)	(S_D)	Дополнительные данные, касающиеся сложной схемы расположения колес
				ОСНОВНЫЕ ОПОРЫ ШАССИ					
B727-200 Модернизированный	84 005	48,0	D	40 322	1,02	86	-	-	
B727-200 Модернизированный	86 636	47,7	D	41 325	1,06	86	-	-	
B727-200 Модернизированный	89 675	46,9	D	42 058	1,15	86	-	-	
B727-200 Модернизированный	95 254	46,5	D	44 293	1,19	86	-	-	
B737-100	44 361	46,2	D	20 495	0,95	78	-	-	
B737-200	45 722	46,4	D	21 215	0,97	78	-	-	
B737-200	52 616	45,5	D	23 940	1,14	78	-	-	
B737-200	52 616	45,5	D	23 940	0,66	78	-	-	
B737-200/200C Модернизированный	53 297	46,4	D	24 730	1,16	78	-	-	
B737-200/200C Модернизированный	56 699	46,3	D	26 252	1,23	78	-	-	
B737-200 Модернизированный	58 332	46,0	D	26 833	1,25	78	-	-	
B737-300	61 462	45,9	D	28 211	1,34	78	-	-	
B737-300	61 462	45,9	D	28 211	1,14	78	-	-	
B737-400	64 864	46,9	D	30 421	1,44	78	-	-	
B737-500*	60 781	46,1	D	28 020	1,34	78	-	-	
B747-100	323 410	23,4	COM	75 678	1,50	112	147	184,8	Основные опоры шасси - 4 четырехколесные тележки. Данные основываются на равном распределении нагрузки.
B747-100B (Пассажирский)	334 749	23,1	COM	77 327	1,56	112	147	184,8	Основные опоры шасси - 4 четырехколесные тележки. Данные основываются на равном распределении нагрузки.
B747 100B	341 553	23,1	COM	78 899	1,32	112	147	184,8	Основные опоры шасси - 4 четырехколесные тележки. Данные основываются на равном распределении нагрузки.
B747-100B SR	260 362	24,1	COM	62 747	1,04	112	147	184,8	Основные опоры шасси - 4 четырехколесные тележки. Данные основываются на равном распределении нагрузки.

*Предварительная информация

Тип воздушного судна	Полная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	Схема расположения колес	Нагрузка на каждую опору (кг)	Давление в пневматике (МПА)	Расстояние между колесами (см) (S)	(S_T)	(S_D)	Дополнительные данные, касающиеся сложной схемы расположения колес
				ОСНОВНЫЕ ОПОРЫ ШАССИ					
B747-SP	302 093	22,9	COM	69 179	1,30	110	137	175,7	Основные опоры шасси - 4 четырехколесные тележки. Данные основываются на равном распределении нагрузки.
B747-SP	318 881	21,9	COM	69 835	1,40	110	137	175,7	Основные опоры шасси - 4 четырехколесные тележки. Данные основываются на равном распределении нагрузки.
B747-200B	352 893	23,6	COM	83 283	1,37	112	147	184,8	Основные опоры шасси - 4 четырехколесные тележки. Данные основываются на равном распределении нагрузки.
B747-200C	373 305	23,1	COM	86 233	1,30	112	147	184,8	Основные опоры шасси - 4 четырехколесные тележки. Данные основываются на равном распределении нагрузки.
B747-200F/300	379 201	23,2	COM	87 975	1,39	112	147	184,8	Основные опоры шасси - 4 четырехколесные тележки. Данные основываются на равном распределении нагрузки.
B747-400	395 987	23,4	COM	92 661	1,41	112	147	184,8	Основные опоры шасси - 4 четырехколесные тележки. Данные основываются на равном распределении нагрузки.
B757-200	109 316	45,2	DT	49 411	1,17	86	114	142,8	
B767-200	143 789	46,2	DT	66 431	1,31	114	142	182,1	
B767-200-ER	159 755	46,9	DT	74 925	1,21	114	142	182,1	
B767-300	159 665	47,5	DT	75 841	1,21	114	142	182,1	
B767-300-ER	172 819	46,9	DT	81 052	1,31	114	142	182,1	
B767-300-ER	185 520	46,0	DT	85 339	1,38	114	142	182,1	
Каравелла 10	52 000	46,1	COM	23 966	FO.75 R1.17	R40 F45	107	115,1	
Каравелла 12	55 960	46	COM	25 743	FO.69 R1.08	F38 R41	107	114,1	
Конкорд	185 066	48,0	DT	88 803	1,26	68	167	180,3	
Канадэр CL 44	95 708	47,5	COM	45 461	1,12	F51 R76	122	137,5	
CV 880 M	87 770	46,6	DT	40 901	1,03	55	114	126,6	
CV 990	115 666	48,5	DT	56 098	1,28	61	118	132,8	
DC 3	11 430	46,8	Sin	5 349	0,31	-	-	-	

Тип воздушного судна	Полная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	Схема расположения колес	Нагрузка на каждую опору (кг)	Давление в пневматике (МПА)	Расстояние между колесами (см) (S)	(S_T)	(S_D)	Дополнительные данные, касающиеся сложной схемы расположения колес
				ОСНОВНЫЕ ОПОРЫ ШАССИ					
DC-4	33 113	46,8	D	15 480	0,53	74	-	-	
DC-8-43	144 242	46,5	DT	67 073	1,22	76	140	159,3	
DC-8-55	148 778	47,0	DT	69 926	1,28	76	140	159,3	
DC-8-61/71	148 778	48,0	DT	71 413	1,30	76	140	159,3	
DC-8-62/72	160 121	46,5	DT	76 858	1,29	81	140	161,7	
DC-8-63/73	162 386	47,6	DT	77 296	1,30	81	140	161,7	
DC-9-15	41 504	46,2	D	19 175	0,90	61	-	-	
DC-9-21	45 813	47,2	D	21 624	0,98	64	-	-	
DC-9-32	49 442	46,2	D	22 842	1,07	64	-	-	
DC-9-41	52 163	46,7	D	24 334	1,10	66	-	-	
DC-9-51	55 338	47,0	D	26 009	1,17	66	-	-	
MD-81	63 957	47,8	D	30 539	1,17	71	-	-	
MD-82/88	68 266	47,6	D	32 460	1,27	71	-	-	
MD-83	73 023	47,4	D	34 613	1,34	71	-	-	
MD-87	68 266	47,4	D	32 358	1,17	71	-	-	
DC-10-10	200 942	46,9	DT	94 141	1,31	137	163	212,9	
DC-10-10	196 406	47,2	DT	92 605	1,28	137	163	212,9	
DC-10-15	207 746	46,7	DT	96 914	1,34	137	163	212,9	Нагрузка распределяется на подкрыльные опоры шасси с четырехколесными тележками. Основные опоры шасси включают центральную опору со спаренными колесами.
DC-10-30/40	268 981	37,9	COM	101 944	1,24	137	163	212,9	Нагрузка распределяется на подкрыльные опоры шасси с четырехколесными тележками. Основные опоры шасси включают центральную опору со спаренными колесами.
DC-10-30/40	253 105	37,7	COM	95 421	1,17	137	163	212,9	Нагрузка распределяется на подкрыльные опоры шасси с четырехколесными тележками. Основные опоры шасси включают центральную опору со спаренными колесами.
DC-10-30/40	260 816	37,6	COM	98 069	1,21	137	163	212,9	Нагрузка распределяется на подкрыльные опоры шасси с четырехколесными тележками. Основные опоры шасси включают центральную опору со спаренными колесами.
MD-11	274 650	39,2	COM	107 663	1,41	137	163	212,9	Нагрузка распределяется на подкрыльные опоры шасси с четырехколесными тележками. Основные опоры шасси включают центральную опору со спаренными колесами.
Dash 7	19 867	46,8	D	9 228	0,74	42	-	-	

Тип воздушного судна	Полная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	ОСНОВНЫЕ ОПОРЫ ШАССИ: Схема расположения колес	Нагрузка на каждую опору (кг)	Давление в пневматике (МПА)	Расстояние между колесами (см) (S)	(S_T)	(S_D)	Дополнительные данные, касающиеся сложной схемы расположения колес
F27 Френдшип Mk500	19 777	47,5	D	9 394	0,54	45	-	-	
Фоккер 50 HTP	20 820	47,8	D	9 952	0,59/ 0,55	52	-	-	
Фоккер 50 LTP	20 820	47,8	D	9 952	0,42	52	-	-	
F28 Феллоушип Mk1000LTP	29 484	46,3	D	13 651	0,58	58	-	-	
F28 Феллоушип Mk1000HTP	29 484	46,3	D	13 651	0,69	55	-	-	
Фоккер 100	44 680	47,8	D	21 357	0,98	59	-	-	
HS125-400A -400B	10 600	45,5	D	4 824	0,77	32	-	-	
HS125-600A -600B	11 340	45,5	D	5 160	0,83	32	-	-	
HS748	21 092	43,6	D	9 196	0,59	48	-	-	
ИЛ62	162 600	47,0	DT	76 910	1,08	80	165	188,4	
ИЛ62М	168 000	47,0	DT	79 460	1,08	80	165	188,4	
ИЛ76Т	171 000	23,5	COM	38 730	0,59	-	258	-	 S 62 S_1 144
ИЛ86	211 500	31,2	COM	64 390	0,88	125	149	194,5	Основные опоры шасси - 3 четырехколесные тележки.
L 100-20	70 670	48,2	T	17 031	0,72	-	154	-	Колеса основных опор шасси установлены последовательно на четырех отдельных опорах.
L 100 30	70 670	48,4	T	17 102	0,72	-	154	-	Колеса основных опор шасси установлены последовательно на четырех отдельных опорах.
L 1011 1	195 952	47,4	DT	92 881	1,33	132	178	221,6	
L 1011 100/200	212 281	46,8	DT	99 348	1,21	132	178	221,6	
L 1011 500	225 889	46,2	DT	104 361	1,27	132	178	221,6	
Трайдент 1E	61 160	46,0	COM	28 196	1,03	-	-	-	 S_1 32 S_2 94

Тип воздушного судна	ОСНОВНЫЕ ОПОРЫ ШАССИ								
	Полная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	Схема расположения колес	Нагрузка на каждую опору (кг)	Давление в пневматике (МПА)	Расстояние между колесами (см) (S)	(S_T)	(S_D)	Дополнительные данные, касающиеся сложной схемы расположения колес
Трайдент 2Е	65 998	47,0	COM	31 019	1,07	-	-	-	 S_1 30 S_2 95
Трайдент 3	68 266	45,5	COM	31 095	1,14	-	-	-	 S_1 30 S_2 95
Ту-134А	49 000	45,6	DT	22 690	0,83	56	99	113,7	
Ту-154Б	98 000	45,1	COM	44 198	0,93	62	F103 R 98	223,6	
VC10-1150	151 953	48,3	DT	73 317	1,01	86	155	177,3	

ДОБАВЛЕНИЕ 2

ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССИФИКАЦИОННОГО ЧИСЛА ВОЗДУШНОГО СУДНА

1. Жесткие покрытия

1.1 Классификационное число воздушного судна (ACN), использующего жесткие покрытие, определяется с помощью программы № 1 ЭВМ.

Примечание. Программа № 1 ЭВМ основывается на программе PDILB, разработанной Р.Г. Пакардом (Ассоциация Портландцемент, штат Иллинойс, США) для проектирования жестких покрытий. Для удобства в таблице B-1 дополнения B Приложения 14 и в таблице A5-1 настоящего Руководства приведены результаты оценки нескольких типов воздушных судов, эксплуатируемых в настоящее время на жестких покрытиях, подразделенных в п. 2.5.6 b) главы 2 этого же Приложения на четыре категории прочности основания.

2. Нежесткие покрытия

2.1 Классификационное число воздушного судна (ACN), использующего нежесткие покрытия, определяется с помощью программы № 2 ЭВМ.

Примечание. Программа № 2 ЭВМ основывается на инженерном методе CBR (Калифорчийский показатель несущей способности грунта) проектирования нежестких покрытий (см. инструктивный доклад S-77-1 опытной станции внутренних водных путей сообщения Инженерного корпуса США). Для удобства таблице B-1 дополнения B Приложения 14 и в таблице A5-1 добавления 5 настоящего Руководства приведены результаты оценки нескольких типов воздушных судов, эксплуатируемых в настоящее время на нежестких покрытиях, подразделенных в п. 2.5.6. b) главы 2 этого же Приложения на четыре категории прочности основания.

Программа № 1 ЭВМ

Данные инструкции содержат информацию, необходимую для использования программы ЭВМ.

Извлечение

Описание. Эта программа определяет напряжение в бетонном покрытии при изгибе для различных нагрузок шасси, требуемой толщины бетона для введенного значения прочности грунтового основания и напряжения в бетоне, равного 2,75 МПа, и различных ACN воздушных судов. Она основана на анализе Вестергарда для нагрузок в центре плиты покрытия, которая находится на густом жидкостном подстилающем слое. Предполагается, что нагрузки равномерно распределяются по эллипсам, представляющим участки соприкосновения пневматика с покрытием.

Программа используется в одном из следующих режимов:*

Режим 2. Оценка покрытия. Для существующего покрытия, толщина и прочность основания которого известны, программа определяет максимальное напряжение для заданной нагрузки. Этот режим используется для определения структурного соответствия существующего искусственного покрытия требованиям эксплуатации конкретного типа воздушного судна.

Режим 5. Если режим 5 является режимом ввода, то программа повторяет нахождение требуемой толщины бетона для введенного значения прочности грунтового основания и напряжения в бетоне 2,75 МПа.

Режим 6. Если режим 6 является входным режимом, то программа повторяет нахождение требуемой толщины для стандартных грунтовых оснований ACN/PCN и стандартного напряжения в бетоне 2,75 МПа и значений ACN для стандартных грунтовых оснований.

---

* Примечание. Относительно использования режимов 1, 2 и 4 см. справочный материал 4.

Спецификации

Язык:	IBM 1130 Монитор ФОРТРАН
Оборудование:	IBM 1130 (1131 CHU, 8K, с DISK), карточный перфоратор 1442, печатающее устройство 1132 (произвольное),
Тип программы:	Основная программа (PDILB) и четыре подпрограммы (XYMAX, PARAB, CNVG и CACN).

Входные данные

Карты ввода данных для каждого из трех режимов перфорируются, как показано на рис, А2-1, а на стр. 3-257 показаны примеры входных данных.

Координаты колес. Во всех входных форматах для обозначения расстояния между колесами используются координаты X-Y, причем направление X обозначает продольную ось воздушного судна.* Это значит, что расстояние между спаренными колесами указывается как направление Y, а расстояние между двухколесными тележками указывается как направление X.

При обозначении координат колес также важно учитывать следующие ниже соображения. Отдельное колесо шасси, которое находится ближе всех к месту максимального напряжения, обозначается как колесо1 с координатами X = 0, 00; Y = 0,00. Другие колеса нумеруются в любом порядке, а их координаты X-Y указываются, соответственно, из позиции по отношению к колесу 1. На схемах 1 и 2 рис. А2-2 показаны позиции и координаты колес для шасси со спаренными колесами и четырехколесными тележками. На схемах 3, 4 и 5 показан порядок выбора колеса 1 для шасси более сложной конфигурации. Из двух наиболее близко расположенных колес при сложной конфигурации за колесо 1 обычно принимается ближайшее к центру шасси колесо.**

Выходные данные

Результаты образцов для каждого из режимов приведены на стр. 3-258 - 3-260. Первая часть выходных данных до режима MODE включительно представляет воспроизведение входных данных. Остальные данные являются результатами вычислений и рассматриваются в соответствии с режимом в следующих пунктах.

---

* Это допущение должно сохраняться во всех режимах работы, т.к. программа ЭВМ в исходном положении ориентирует в направлении X основную ось каждого эллипса площади контакта пневматика с покрытием.

** Предположительно могут потребоваться отдельные прогоны программы для различных колес, обозначенных как колесо 1, необычных конфигураций шасси с несколькими близко расположенными колесами.

Режим 2. В этом режиме значения F и COUNT печатаются для каждого колеса и суммируются. Эти значения связаны с напряжением и изгибающим моментом следующим образом:

$$F^{+} = \frac{\text{(изгибающий момент)}}{\text{(контактное давление)}}$$

$$\text{COUNT}^{++} = \frac{10\ 000 \times (F)}{(\text{радиус относительной жесткости})^2}$$

$$\text{НАПРЯЖЕНИЕ (STRESS)} = \frac{6 \times \text{(изгибающий момент)}}{(\text{толщина})^2} =$$

$$= \frac{6 \times (F) \times \text{(контактное давление)}}{(\text{толщина})^2}$$

CODES 0,1 и 2 соответственно показывают, где находятся отдельные колеса: в пределах, частично вне пределов или полностью за пределами зоны влияния программы (радиус 3ℓ).

В конце выходных данных распечатаны максимальное напряжение, местоположение и направление (XMAX, YMAX и MAX. ANGLE) максимального напряжения.

Режим 5. Выходные данные в этом режиме подобны выходным данным режима 2 с дополнительным числом итераций.

Режим 6. Выходные данные в этом режиме подобны выходным данным режима 5 за исключением того, что вычисленные значения повторяются для каждого грунтового основания и добавлены значения ACN.

Распечатка программы

Все операторы программы Фортран перечисляются, начиная со стр. 3-261.

Ограничения

Все площади контакта имеют одинаковый размер, форму и контактное давление. Для проведения анализа набора выходных данных контактов с различными формами, площадями или давлениями в пределах данного набора потребуется модификация программы.

Программа вычисляет напряжения для площадей контактов или их частей, которые находятся в радиусе 3ℓ см от выбранного опорного колеса 1. Для площадей контакта вне этих пределов напряжение приравнивается к 0.

Справочный материал:

1. Pickett, Gerald and Ray, Gordon K., *Influence Charts for Concrete Pavements*, American Society of Civil Engineers *Transactions*, Paper No. 2425, Vol. 116, 1951, pp. 49-73.

2. *Design of Concrete Airport Pavement*, Portland Cement Association, Chicago, Illinois.

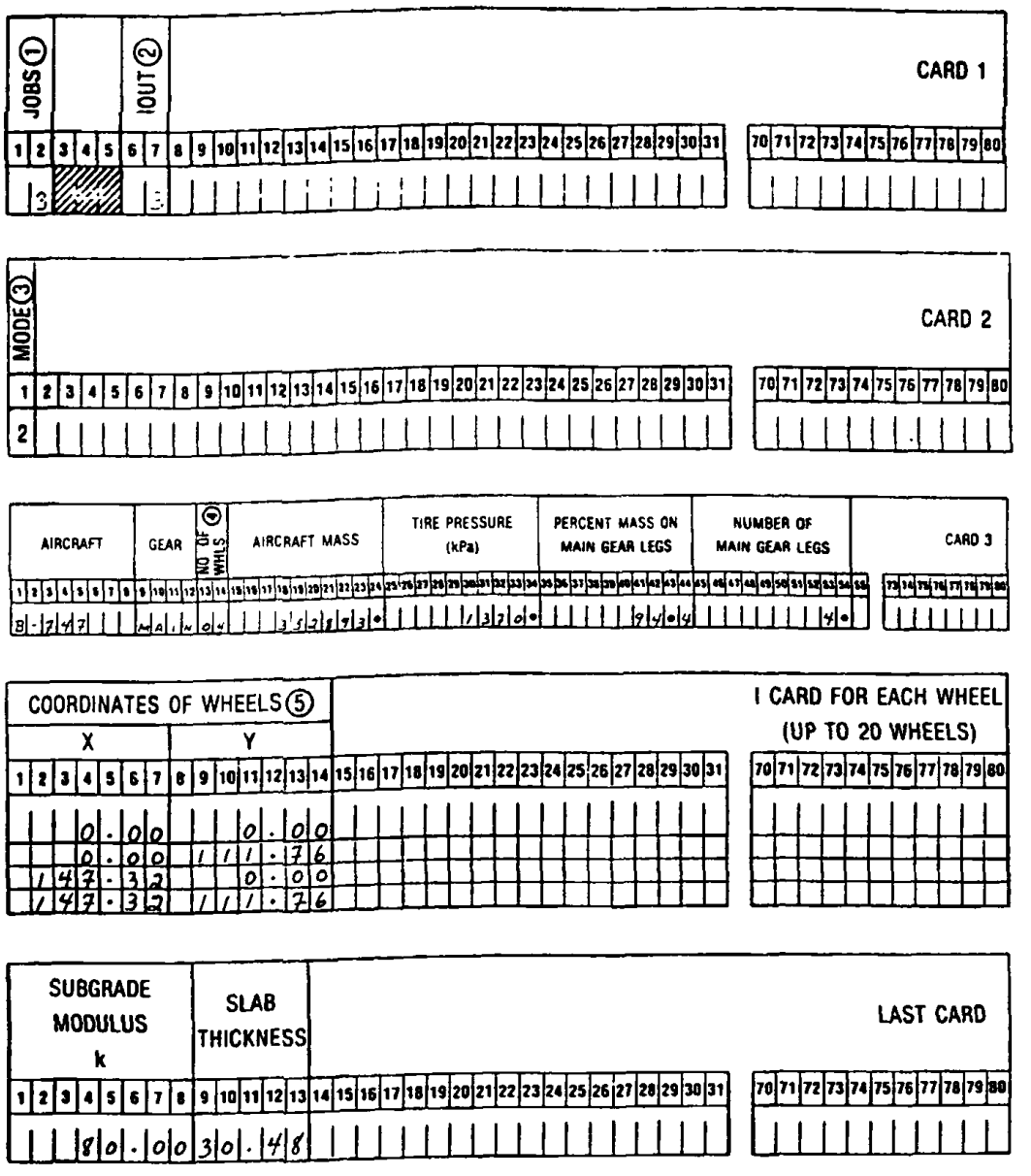
3. Pickett, Gerald; Raville, Milton E.; Janes, William C.; and McCormick, Frank J., *Deflections, Moments and Reactive Pressures for Concrete Pavements*, Kansas State College Bulletin No. 65, Oct. 1951.

4. Packard, Robert G., *Computer Program for Airport Pavement Design*, Portland Cement Association, Chicago, Illinois.

+Коэффициент F используется для удобного выражения величины относительного изгибающего момента независимо от контактного давления.

++COUNT распечатывается так, чтобы пользователь мог изменять результаты вычислений. Это осуществляется сравнением COUNT с числом блоков влияния, вычисленных по графику влияния № 2 Пикетта и Рея.

25/10/85
№ 1



Примечания.
1. Число проблем.
2. Произвольный выход; для печатающего устройства используется 1, для построчно-печатающего устройства - 3.
3. Требуемый режим работы.
4. Анализируемое общее число колес в шасси. (Если колес менее 10, используется колонка 14).
5. Координаты X и Y центров колес. Направление X обозначает продольную ось воздушного судна, например, расстояние между спаренными колесами является измерением Y, а расстояние между колесами двухколесной тележки является измерением X.

Рис. А2-1. Входная форма для режимов 2,5 и 6

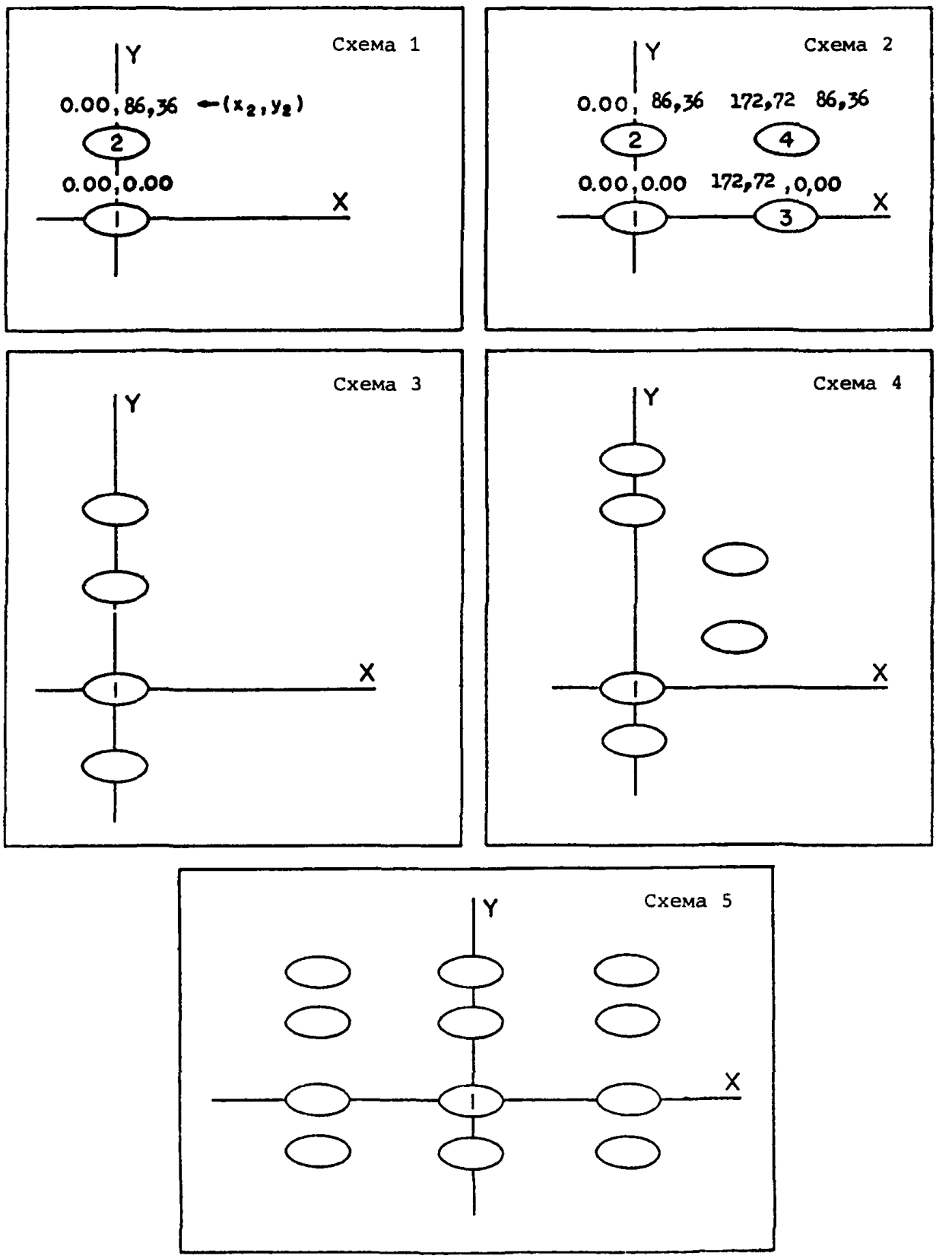


Рис. А2-2. Координаты колес и выбор колеса 1

Пример входных данных

Режим 2

```
 3      3
2
B-747    MAIN04    352893.      1370.        94.4          4.
   0.00    0.00
   0.00  111.76
 147.32    0.00
 147.32  111.76
  80.00   30.48
```

Режим 5

```
5
B-747    MAIN04    352893.      1370.        94.4          4.
   0.00    0.00
   0.00  111.76
 147.32    0.00
 147.32  111.76
  80.00   30.48
```

Режим 6

```
6
B-747    MAIN04    352893.      1370.        94.4          4.
   0.00    0.00
   0.00  111.76
 147.32    0.00
 147.32  111.76
  80.00   30.48
```

Пример выходных данных.

AIRCRAFT	GEAR	NO. OF WHLS.	CONTACT AREA	CONTACT PRESSURE
B-747	MAIN	4	1491.64	1.37

COORDINATES OF WHLS. NO.	X	Y
1	0.00	0.00
2	0.00	111.76
3	147.32	0.00
4	147.32	111.76

MODE	K SUBBASE SUBGRADE	PAVEMENT THICKNESS
2	80.00	30.4

RAD. REL. STIFF. 94.90

WHL. NO.	1	F	44.4532	CODE 0	COUNT	318.4
WHL. NO.	2	F	1.3062	CODE 0	COUNT	9.4
WHL. NO.	3	F	3.0917	CODE 0	COUNT	22.1
WHL. NO.	4	F	3.4945	CODE 0	COUNT	25.0
	TOTAL	F	52.3457		TOTAL COUNT	375.0

XMAX -0.4 YMAX -0.5 MAX. ANGLE 57.6

MAX. STRESS 3.0

AIRCRAFT	GEAR	NO. OF WHLS.	CONTACT AREA	CONTACT PRESSURE
B-747	MAIN	4	1491.64	1.37

COORDINATES OF WHLS. NO.	X	Y
1	0.00	0.00
2	0.00	111.76
3	147.32	0.00
4	147.32	111.76

MODE	K SUBBASE SUBGRADE	PAVEMENT THICKNESS
5	80.00	32.6

RAD. REL. STIFF. 99.91

WHL. NO.	1	F	45.5237	CODE 0	COUNT	294.2
WHL. NO.	2	F	1.8989	CODE 0	COUNT	12.3

WHL. NO.	3	F	3.6762	CODE 0	COUNT	23.8	
WHL. NO.	4	F	4.0273	CODE 0	COUNT	26.0	
	TOTAL	F	55.1260		TOTAL COUNT	356.3	

XMAX -0.5 YMAX -0.5 MAX. ANGLE 57.7

MAX. STRESS 2.8 ITERATIONS 8

AIRCRAFT	GEAR	NO. OF WHLS.	CONTACT AREA	CONTACT PRESSURE
B-747	MAIN	4	1491.64	1.37

COORDINATES OF WHLS.

NO.	X	Y
1	0.00	0.00
2	0.00	111.76
3	147.32	0.00
4	147.32	111.76

MODE	K SUBBASE	SUBGRADE	PAVEMENT THICKNESS
6		20.00	41.6

RAD. REL. STIFF. 170.49

WHL. NO.	1	F	56.6440	CODE 0	COUNT	125.7	
WHL. NO.	2	F	9.8882	CODE 0	COUNT	21.9	
WHL. NO.	3	F	11.6214	CODE 0	COUNT	25.8	
WHL. NO.	4	F	11.4935	CODE 0	COUNT	25.5	
	TOTAL	F	89.6472		TOTAL COUNT	199.0	

XMAX -1.2 YMAX -0.9 MAX. ANGLE 58.2

MAX. STRESS 2.8 ITERATIONS 7 ACN 73.6

MODE	K SUBBASE	SUBGRADE	PAVEMENT THICKNESS
6		40.00	37.3

RAD. REL. STIFF. 132.07

WHL. NO.	1	F	51.3276	CODE 0	COUNT	189.8	
WHL. NO.	2	F	5.7093	CODE 0	COUNT	21.1	
WHL. NO.	3	F	7.4554	CODE 0	COUNT	27.6	
WHL. NO.	4	F	7.5330	CODE 0	COUNT	27.9	
	TOTAL	F	72.0253		TOTAL COUNT	266.4	

XMAX -0.9 YMAX -0.7 MAX. ANGLE 58.0

MAX. STRESS 2.8 ITERATIONS 4 ACN 64.1

MODE	K SUBBASE	SUBGRADE	PAVEMENT THICKNESS
6	80.00		32.7

RAD. REL. STIFF. 100.80

WHL. NO.	1	F	45.7074	CODE 0	COUNT	290.2	
WHL. NO.	2	F	2.0044	CODE 0	COUNT	12.7	
WHL. NO.	3	F	3.7804	CODE 0	COUNT	24.0	
WHL. NO.	4	F	4.1225	CODE 0	COUNT	26.2	
	TOTAL	F	55.6147		TOTAL COUNT	353.2	

XMAX -0.5 YMAX -0.6 MAX. ANGLE 57.7

MAX. STRESS 2.8 ITERATIONS 4 ACN 53.9

MODE	K SUBBASE	SUBGRADE	PAVEMENT THICKNESS
6	150.00		28.8

RAD. REL. STIFF. 78.18

WHL. NO.	1	F	40.4128	CODE 0	COUNT	426.6	
WHL. NO.	2	F	-0.5664	CODE 0	COUNT	-6.0	
WHL. NO.	3	F	1.2575	CODE 0	COUNT	13.3	
WHL. NO.	4	F	1.8376	CODE 0	COUNT	19.4	
	TOTAL	F	42.9415		TOTAL COUNT	453.3	

XMAX -0.0 YMAX -0.3 MAX. ANGLE 57.3

MAX. STRESS 2.7 ITERATIONS 4 ACN 45.3

Распечатка программы

Программа ЭВМ № 1

Классификационное число воздушного судна,
использующего жесткое покрытие

```
      PROGRAM ACNRIA
C
C     PROGRAM ACNRI IS IN INT. UNITS
C                     ADJUSTMENTS INCUDED SUGGESTED BY AUSTRALIEN GOVERNMENT
C
C
C JUNE 1979 MODIFICATION TO PCA/POILB TO COMPUTE ACN VALUES FOR STANDARD
C  SUBGRADES PER ICAO ACN/PCN METHOD.
C
C
C
C
      COMMON IOUT
      DIMENSION SUBKI(7), SUBKII(7)
      DIMENSION X(20),Y(20),AIRCR(2),E(10),ST(14),DX(14),F(20,3)
      DIMENSION BETA(20),A(14),B(14),XU(20)
C       SAVE SPACE FOR ACN/PCN STANDARD SUBGRADES
      DIMENSION ACNK(4), DFWHL(20), DCOUNT(20), IDCODE(20)
C
C     DOUBLE PRECISION CARDS NEEDED DEPENDING ON ACCURACY OF MACHINE
C                   (THIS MACHINE 16 DECIMAL DIGITS FOR DOUBLE PREC.)
C
      DOUBLE PRECISION A,AC,ACN,ACNK,ALPH,ALPHD,AMAX,AMIN,AQDRT,AREA,AS,
     + AX,B,BETA,BQDRT,BX,C,COUNT,CQDRT,D,DCOUNT,DENOM,DFWHL,DIFF0,
     + DIFF1,DISCR,DTHET,DV10,DV100,DV14,DV2,DV20,DV6,DV60,DX,D10,D100,
     + D12,D120,D2,D20,D4,D40,D6,D60,D8,D80,E,F,FACC,FCTN,FELM,FTOT,FWHL
     +     ,PIE,PX1,PX2,P1,P2,Q,RA,RB,RSLT,S,SLP,SLP1,SLP2,SPCFL,ST,
     + STOR1,STOR3,STRS,SUBK,THET,THET1,THET2,TOTCT,V1,V2,X,XHN,XKN,XL,
     + XMAX,XN,XNMR,XU,XXL,Y,YMAX,YN,Y1,Y6,Y7,Y8,XINTRM
       DATA SUBKI/20.,25.,40.,60.,80.,120.,150./
      XINCH2=6.4516
      XINCH = 2.54
      XPRES = 145.0377438
      XPOUND = 2.2046225
      PIE=3.1415926535898
      JBS=0
      READ(5,100)JOBS,IOUT
  100 FORMAT(I2,3X,I2)
      WRITE(IOUT,101)
  101 FORMAT('  '////' ',23X,'AIRPORT PAVEMENT DEDSIGN'///' UNITS     KG
     1  CM    DEGREES'//)
  102 IN=7
      READ(5,103)MODE
  103 FORMAT(I1)
C       SAVE INPUT MODE TO INDICATE ITERATION AND ACN CALCULATIONS.
      MODI = MODE
      IF(MODI .GT. 4) MODE=2
      GO TO (104,104,107,107),MODE
  104 READ(5,105)AIRCR,GEAR,M,AMASS,PRSW,PMMG,AMLG
  105 FORMAT(2A4,A4,I2,4E10.0)
      WT=AMASS*9.815/1000.
```

```
      TLMG=WT*PMMG/100.
      TLSMG=TLMG/AMLG
      WM=M
      TLSW=TLSMG/WM
      AREA=TLSW*10000.0/PRSW
      Q=PRSW/1000.0
      WRITE(IOUT,106)AIRCR,GEAR,M,AREA,Q
      AREA = AREA / XINCH2
      Q = Q * XPRES
  106 FORMAT(' AIRCRAFT    GEAR    NO. OF WHLS.    CONTACT AREA    CONTA
     1CT PRESSURE'/' ',2A4,A8,I10,F19.2,F18.2/)
      GO TO 110
  107 READ(5,108)AIRCR,GEAR,M,AREA
  108 FORMAT(2A4,A4,I2,F7.2)
      WRITE(IOUT,109)AIRCR,GEAR,M,AREA
      AREA = AREA / XINCH2
  109 FORMAT(' AIRCRAFT    GEAR    NO. OF WHEELS    CONTACT AREA'/' ',2A
     14,A8,I10,F19.2/)
  110 READ(5,111)(X(N),Y(N),N=1,M)
  111 FORMAT(2F7.2)
      WRITE(IOUT,112)
  112 FORMAT(' COORDINATES OF WHLS.'/'  NO.       X        Y')
      WRITE(IOUT,113)(N,X(N),Y(N),N=1,M)
  113 FORMAT(' ',I3,F10.2,F8.2)
      DO 1113 N =1 , M
      X(N) = X(N)/ XINCH
 1113 Y(N) = Y(N) / XINCH
      GO TO (114,117,120,120),MODE
  114 READ(5,115)SUBKO
  115 FORMAT(F7.2)
      WRITE(IOUT,116)MODE,SUBKO
      CALL RSUBK(SUBK,SUBKO)
  116 FORMAT('  '/' MODE    K SUBBASE SUBGRADE'/' ',I3,F17.2/)
      GO TO 127
  117 READ(5,118)SUBKO,D
      CALL RSUBK(SUBK,SUBKO)
C       SET STANDARD SUBGRADES - ULTRA LOW, LOW, MEDIUM, AND STRONG.
      IF(MODI .EQ. 6) ACNK(1) = 73.679
      IF(MODI .EQ. 6) ACNK(2) = 147.36
      IF(MODI .EQ. 6) ACNK(3) = 294.72
      IF(MODI .EQ. 6) ACNK(4) = 552.58
C       SET UP COUNTER AND LOOP FOR STANDARD ACN/PCN SUBGRADES.
      ISUB = 0
 1117 ISUB = ISUB + 1
      IF(ISUB .GT. 4) GO TO 350
      IF(MODI .EQ. 6) SUBK = ACNK(ISUB)
      ISUBI=(ISUB-1)*2 +1
      IF (MODI .EQ. 6)SUBKO=SUBKI(ISUBI)
      ITCT=0
  118 FORMAT(F8.2,F5.1)
C       START THICKNESS CONVERGENCE LOOP.
 1118 CONTINUE
C       DELAY OUTPUTS UNTIL CONVERGENCE IS COMPLETE.
      IF(MODI .GT. 4) GO TO 128
      WRITE(IOUT,119)MODE,SUBKO,D
      D = D/XINCH
```

```
1080     119 FORMAT('  '/' MODE     K SUBBASE SUBGRADE      PAVEMENT THICKNESS'/'
1090        1 ',I3,F17.2,F21.1/)
1100         GO TO 128
1110     120 WRITE(IOUT,121)MODE
1120     121 FORMAT('  '/' MODE'/' ',I3/)
1130         IF(MODE-3)122,122,124
1140     122 SPCFL=0.0
1150     123 AMAX=0.0
1160         GO TO 129
1170     124 READ(5,125)SPCFL,AMIN,AMAX
1180         SPCFL = SPCFL/XINCH
1190     125 FORMAT(F6.2,2(F6.1))
1200         ALPHD=AMIN
1210         ALPH=AMIN/180.*PIE
1220         WRITE(IOUT,126)AMIN,AMAX
1230     126 FORMAT(' ROTATE FROM',F6.1,' TO',F5.1,' DEGREES'/)
1240         GO TO 130
1250     127 D=10.0
1260     128 XXL=DSQRT(D**3/SUBK)
1270         IF(XXL.LT.0.) XXL=0.
1280         SPCFL=24.1652*DSQRT(XXL)
1290         GO TO 123
1300     129 ALPH=0.0
1310         ALPHD=0.0
1320         IF(MODE-3)134,134,130
1330     130 WRITE(IOUT,131)ALPHD
1340     131 FORMAT(' ROTATION ANGLE',F7.1/)
1350     134 DO 320 L=20,100,10
1360         XL=L
1370         IF(SPCFL .NE. 0 ) XL = SPCFL
1380         IF(MODI .GT. 4) GO TO 438
1390     135 IF(MODE-2)138,136,136
1400     136 XLO = XL*XINCH
1410         WRITE(IOUT,137)XLO
1420     137 FORMAT('       RAD. REL. STIFF.', F7.2,/)
1430     138 AX=0.5*(DSQRT(AREA/.5227))/XL
1440         BX=AREA/(PIE*AX*XL*XL)
1450         FWHL=0.0
1460         FTOT=0.0
1470         FACC=0.0
1480         K=1
1490     139 DO 196 N=1,M
1500         YN=Y(N)
1510         XN=X(N)
1520         GO TO (140,140,140,148),MODE
1530     140 IF(K-2)141,147,148
1540     141 IF(Y(N)*X(N))145,142,145
1550     142 IF(Y(N))144,143,144
1560     143 BETA(N)=0.
1570         GO TO 146
1580     144 BETA(N)=PIE/2.
1590         GO TO 146
1600     145 BETA(N)=DATAN(Y(N)/X(N))
1610     146 ALPH=-BETA(N)
1620         GO TO 148
1630     147 ALPH=PIE/2.-BETA(N)
```

```
1640     148 XHN=DABS(XN/XL)
1650         XKN=DABS(YN/XL)
1660         C=(AX*XKN)**2+(BX*XHN)**2-(AX*BX)**2
1670         IF(C)160,160,149
1680     149 IF(AX-DABS(XHN))150,159,150
1690     150 SLP1=(-(XHN*XKN)-DSQRT(C))/(AX**2-XHN**2)
1700         SLP2=(-(XHN*XKN)+DSQRT(C))/(AX**2-XHN**2)
1710         IF(SLP2-SLP1)151,152,152
1720     151 STOR3=SLP2
1730         SLP2=SLP1
1740         SLP1=STOR3
1750     152 THET2=DATAN(SLP2)
1760         IF(XHN)153,155,153
1770     153 IF(SLP2-XKN/XHN)155,154,154
1780     154 IF(SLP1)157,156,156
1790     155 THET1=PIE-DATAN(DABS(SLP1))
1800         GO TO 158
1810     156 THET1=DATAN(SLP1)
1820         GO TO 158
1830     157 THET1=-DATAN(DABS(SLP1))
1840     158 DTHET=(THET2-THET1)/20.0
1850         THET=THET1+DTHET/2.0
1860         GO TO 161
1870     159 SLP1=(XKN**2-BX**2)/(2.0*XHN*XKN)
1880         THET2=PIE/2.0
1890         GO TO 154
1900     160 THET1=(-2.0*PIE)/88.0
1910         DTHET=(2.0*PIE)/ 88.0
1920         J=44
1930         S=-1.0
1940         THET=THET1+DTHET
1950         GO TO 162
1960     161 J=20
1970         S=1.0
1980     162 DO 186 I=1,J
1990         IF(THET-(PIE/2.0))163,165,163
2000     163 IF(THET-(3.0*PIE/2.0))164,165,164
2010     164 SLP=DSIN(THET)/DCOS(THET)
2020         AQDRT=BX**2+(AX*SLP)**2
2030         BQDRT=-(2.0*XHN*BX**2+2.0*XKN*SLP*AX**2)
2040         CQDRT=(BX*XHN)**2+(AX*XKN)**2-(AX*BX)**2
2050         DISCR=BQDRT**2-4.0*AQDRT*CQDRT
2060         IF(DISCR.LT.0.) DISCR=0.
2070         PX1=(-BQDRT-DSQRT(DISCR))/(2.0*AQDRT)
2080         PX2=(-BQDRT+DSQRT(DISCR))/(2.0*AQDRT)
2090         P1=PX1/DCOS(THET)
2100         P2=PX2/DCOS(THET)
2110         GO TO 166
2120     165 RSLT= AX**2-XHN**2
2130         IF (RSLT .LT. 0.) RSLT=0.
2140         P1=XKN-(BX/AX)*DSQRT(RSLT)
2150         P2=XKN+(BX/AX)*DSQRT(RSLT)
2160     166 IF(P2-P1)167,168,168
2170     167 STOR1=P2
2180         P2=P1
2190         P1=STOR1
```

```
2200     168 IF(P2-3.0)171,169,169
2210     169 IF(P1-3.0)170,170,180
2220     170 P2=3.0
2230     171 FELM=0.0
2240         IF(1-J/2)175,172,175
2250     172 IF(P2-3.0)174,173,173
2260     173 ICODE=1
2270         GO TO 175
2280     174 ICODE=0
2290     175 CONTINUE
2300         IF(P1)177,176,177
2310     176 V1=0.0
2320         GO TO 181
2330     177 IF(P2)179,178,179
2340     178 V2=0.0
2350         GO TO 181
2360     179 V2=(2.0/PIE)*DLOG(DABS(P2/2.0))
2370         V1=(2.0/PIE)*DLOG(DABS(P1/2.0))
2380         GO TO 181
2390     180 FWHL=0.0
2400         ICODE=2
2410         GO TO 187
2420     181 B(2)=(P2/3.0)**2
2430         A(2)=(P1/3.0)**2
2440         DO 182KA=4,14,2
2450         B(KA)=B(KA-2)*B(2)
2460     182 A(KA)=A(KA-2)*A(2)
2470         D2=    (B(2)-S*A(2))                *( -.222121 )
2480         D4=        (B(4)-S*A(4))              *2.53125
2490         D6=    (B(6)-S*A(6))                *( -1.31648 )
2500         D8=        (B(8)-S*A(8))             *( -.177944 )
2510         D10=     (B(10)-S*A(10))              *.0401
2520         D12=       (B(12)-S*A(12))            *.001429
2530         DV2=       (V2*B(2)-S*V1*A(2))      *( -4.5     )
2540         DV6=       (V2*B(6)-S*V1*A(6))        *1.89846
2550         DV10=-.0399*(V2*B(10)-S*V1*A(10))
2560         DV14=      (V2*B(14)-S*V1*A(14))      *.000099
2570         D20=     (B(2)-S*A(2))                *( -.6056   )
2580         D40=         (B(4)-S*A(4))            *( -.63281  )
2590         D60=     (B(6)-S*A(6))                  *.253
2600         D80=        (B(8)-S*A(8))               *.022224
2610         D100=     (B(10)-S*A(10))            *( -.00428  )
2620         D120=        (B(12)-S*A(12))         *( -.000105 )
2630         DV20=     (V2*B(2)-S*V1*A(2))          *2.25
2640         DV60=     (V2*B(6)-S*V1*A(6))        *( -.31639  )
2650         DV100=     (V2*B(10)-S*V1*A(10))       *.003944
2660         DIFF0=D120+DV100+D100+D80+DV60+D60+D40+D20+DV20+0.5-0.5*S
2670         DIFF1=DV14+D12+DV10+D10+D8+DV6+D6+D4+D2+DV2
2680         Y6=DSIN(DABS(DTHET))
2690         IF(Y(N)*X(N))183,184,184
2700     183 XU(N)=-1.0
2710         GO TO 185
2720     184 XU(N)=1.0
2730     185 Y7=2.0*(THET+ALPH*XU(N))
2740         Y8=DCOS(Y7)
2750         Y1=Y6*Y8
```

```
2760        DFELM=XL**2/8.0*(1.15*DABS(DTHET)*DIFF1+1.7*Y1*(DIFF1/2.0+DIFF0-0.5+
2770        10.5*S))
2780         THET=THET+DTHET
2790      186 FWHL=FWHL+FELM
2800         DFWHL(N)=FWHL
2810      187 GO TO (188,188,188,192),MODE
2820      188 IF(K-2)189,189,190
2830      189 F(N,K)=FWHL
2840         GO TO 192
2850      190 IF(K-5)191,191,192
2860      191 F(N,K-2)=FWHL
2870      192 COUNT=FWHL*10000.0/(XL)**2
2880         DCOUNT(N)=COUNT
2890         IDCODE(N)=ICODE
2900         FACC=FWHL+FACC
2910         IF(MODI .GT. 4) GO TO 196
2920         GO TO (196,193,193,194),MODE
2930      193 IF(K-8)196,196,194
2940      194 WRITE(IOUT,195)N,FWHL,ICODE,COUNT
2950      195 FORMAT(' ',10X,'WHL. NO.',I3,5X,'F',F9.4,3X,'CODE',I2,5X,'COUNT',
2960         1F7.1)
2970      196 FWHL=0.0
2980         FTOT=FTOT+FACC
2990         E(K)=FTOT
3000         TOTCT=FTOT*10000.0/(XL)**2
3010         IF(MODI .GT. 4) GO TO 200
3020         GO TO (200,197,197,198),MODE
3030      197 IF(K-8)200,200,198
3040      198 WRITE(IOUT,199)FTOT,TOTCT
3050      199 FORMAT(' ',20X,'TOTAL F',F9.4,8X,'TOTAL COUNT',F7.1/)
3060      200 GO TO (201,201,201,310),MODE
3070      201 GO TO (215,202,213,213,213,214,214,214,216),K
3080      202 XNMR=0.0
3090         DENOM=0.0
3100         DO207N=1,M
3110         AS=DSIN(2.*BETA(N))
3120         AC=DCOS(2.*BETA(N))
3130         IF(DABS(AS)-.0001)203,204,204
3140      203 AS=0.0
3150      204 IF(DABS(AC)-.0001)205,206,206
3160      205 AC=0.0
3170      206 XNMR=XNMR-DABS(F(N,1)-F(N,2))*AS
3180         DENOM=DENOM+DABS(F(N,1)-F(N,2))*AC
3190      207 CONTINUE
3200         IF(XNMR)209,208,209
3210      208 ALPH=PIE/4.0*(1.0+DSIGN(1.0,DENOM))
3220         GO TO 212
3230      209 IF(DENOM)211,210,211
3240      210 ALPH=.5*PIE*(1.+.5*DSIGN(1.,XNMR))
3250         GO TO 212
3260      211 ALPH=PIE/4.0*(1.0+DSIGN(1.0,DENOM))+0.5*DATAN(XNMR/DENOM)
3270      212 ALPHD=180.0*ALPH/PIE
3280         GO TO 215
3290      213 CALL XYMAX (M,XL,E(4),E(3),E(5),K,Y,YMAX)
3300         GO TO 215
3310      214 CALL XYMAX (M,XL,E(7),E(6),E(8),K,X,XMAX)
```

```
3320     215 K = K + 1
3330         FTOT=0.0
3340         FACC=0.0
3350         GO TO 139
3360     216 DO217N=1,M
3370         Y(N)=Y(N)-YMAX
3380     217 X(N)=X(N)-XMAX
3390         IF(MODI .GT. 4  .AND.  ALPHD .GE.0.0) GO TO 240
3400         IF (MODE-2)218,232,232
3410     218 STRS=6.0*Q*FTOT/D**2
3420         ST(IN)=STRS
3430         DX(IN)=D
3440         IF(D-10.0)219,219,222
3450     219 IF(STRS-620.0)220,220,221
3460     220 IN=IN-1
3470         D=D/1.3
3480         GO TO 128
3490     221 IL=IN
3500         IN=8
3510         D=13.0
3520         GO TO 128
3530     222 IF(STRS-620.)224,224,223
3540     223 IL=IN
3550     224 IF(STRS-280.0)226,226,225
3560     225 IN=IN+1
3570         D=1.3*D
3580         GO TO 128
3590     226 IH=IN
3600         IN=IL+1
3610         ID=DX(IN-1)
3620         D=ID
3630         D=D+1.0
3640         WRITE(IOUT,227)
3650     227 FORMAT(' '//' ',24X,'THICKNESS',3X,'MAX. STRESS')
3660     228 RA=DLOG(ST(IN-1)/ST(IN))/.262363
3670         RB=DLOG(ST(IN-1))+RA*DLOG(DX(IN-1))
3680         STRS=DEXP(RB-RA*DLOG(D))
3690         DO = D * XINCH
3700         STRSO = STRS / XPRES
3710         WRITE(IOUT,229)DO,STRSO
3720     229 FORMAT(' ',25X,F5.1,F13.1)
3730         IF(STRS-280.0)310,310,230
3740     230 D=D+0.5
3750         IF(D-DX(IN))228,228,231
3760     231 IN=IN+1
3770         IF(IN-IH)228,228,310
3780     232 IF(ALPHD)233,234,234
3790     233 ALPHD=180.0+ALPHD
3800         IF(MODI .GT. 4) GO TO 240
3810     234 WRITE(IOUT,235)XMAX,YMAX,ALPHD
3820     235 FORMAT(' ',10X,'XMAX',F5.1,5X,'YMAX',F5.1,3X,'MAX. ANGLE',F7.1/)
3830     240 CONTINUE
3840         IF(MODE-3)250,310,310
3850     250 STRS=6.0*Q*FTOT/D**2
3860 C         CONVERGE ON REQUIRED THICKNESS.
3870         XINTRM=AREA*Q
```

```
      IF(MODI .EQ. 5) FCTN = XINTRM * 400.0 / STRS
      IF(MODI .EQ. 6) FCTN = XINTRM * 398.85 / STRS
      IF(MODI .GT. 4)CALL CNVG(*1118, *260, FCTN, XINTRM, D, MODI, ITCT)
  260 IF(MODI .LE. 4) GO TO 270
C       WRITE OUTPUTS(DELAYED UNTIL CONVERGENCE WAS COMPLETE).
      DO = D * XINCH
      XLO= XL * XINCH
      WRITE(IOUT,119) MODI, SUBKO, DO
      WRITE(IOUT,137) XLO
      WRITE(IOUT,195)(N,DFWHL(N),IDCODE(N), DCOUNT(N), N=1,M)
      WRITE(IOUT,199) FTOT, TOTCT
      WRITE(IOUT,235) XMAX, YMAX, ALPHD
  270 CONTINUE
      STRSO = STRS / XPRES
      WRITE(IOUT,280)STRSO
  280 FORMAT(' ',10X,'MAX. STRESS',F7.1)
C       SAVE NUMBER OF ITERATIONS REQUIRED FOR CONVERGENCE.
      IF(MODI .GT. 4) WRITE(IOUT,290) ITCT
  290 FORMAT('+', 36X, 'ITERATIONS', I5)
C       COMPUTE AND WRITE ACN, AND RETURN TO START OF LOOP.
      IF(MODI .EQ. 6) CALL CACN( D, ACN, ISUB )
      IF(MODI .EQ. 6) WRITE(IOUT,300) ACN
  300 FORMAT('+', 57X, 'ACN', F6.1, // )
  310 XMAX=0.0
      YMAX=0.0
      IF(MODI .EQ. 6) GO TO 1117
      IF(SPCFL)330,320,330
  320 CONTINUE
  330 IF(MODE-3)350,350,340
  340 ALPHD=ALPHD+5.0
      ALPH=ALPHD/180.0*PIE
      IF(ALPHD-AMAX)130,130,350
  350 JBS=JBS+1
      WRITE(IOUT,360)
  360 FORMAT(' '////)
      IF(JOBS-JBS)370,370,102
  370 CONTINUE
C
      STOP
      END
C
C
C
      SUBROUTINE PARAB (A,B,C,D,S,XL,G)
      DOUBLE PRECISION A,B,C,D,G,XL
      G=D+((A-B)/(2.*C-A-B)+2.*S)*.025*XL
      RETURN
      END
C
C
C
      SUBROUTINE XYMAX (M,XL,B,A,C,K,Y,YMAX)
      DIMENSION Y(20)
      DOUBLE PRECISION A,AB,B,C,Y,YMAX,XL
      GO TO (230,215,215,217,220,215,217,220),K
  215 DO216N=1,M
```

```
4440      216 Y(N)=Y(N)-XL/20.0
4450          GO TO 230
4460      217 IF(B-A)218,215,215
4470      218 DO219N=1,M
4480      219 Y(N)=Y(N)+XL/10.0
4490          GO TO 230
4500      220 IF(Y(1))221,226,226
4510      221 IF(2.*B-A-C)222,222,223
4520      222 A=B
4530          B=C
4540          K=K-1
4550          GO TO 215
4560      223 CALL PARAB (A,C,B,Y(1),1.0,XL,YMAX)
4570      224 AB=Y(1)
4580          DO225N=1,M
4590      225 Y(N)=Y(N)+YMAX-AB
4600          GO TO 230
4610      226 IF(2.*A-B-C)227,227,229
4620      227 DO 228N=1,M
4630      228 Y(N)=Y(N)+XL/20.0
4640          A=C
4650          B=A
4660          K=K-1
4670          GO TO 230
4680      229 CALL PARAB (C,B,A,Y(1),-1.0,XL,YMAX)
4690          GO TO 224
4700      230 CONTINUE
4710          RETURN
4720          END
4730  C
4740  C
4750  C
4760  C       SUBROUTINE CNVG CONVERGES ON REFERENCE THICKNESS.
4770          SUBROUTINE CNVG( *, *, FCTN, TRGT, Y111, MODI, ITCT )
4780          DOUBLE PRECISION FCTN,TRGT,Y111,Y222,Y333,X222,X333
4790          IF(ITCT .EQ. 0 ) GO TO 30
4800          ITCT = ITCT + 1
4810          IF(ITCT .GT. 20 ) GO TO 40
4820          IF(DABS((FCTN-TRGT) /TRGT) .LT. 0.0001 ) GO TO 40
4830          IF(FCTN .GT. TRGT   ) GO TO 10
4840          Y222 = Y111
4850          X222 = FCTN
4860          GO TO 20
4870       10 Y333 = Y111
4880          X333 = FCTN
4890       20 Y111 = Y222 + (Y333 - Y222) * (TRGT    - X222) / (X333 - X222  )
4900          RETURN 1
4910       30 ITCT = 1
4920          Y222 = 0.0
4930          X222 = 0.0
4940          Y333 = Y111
4950          X333 = FCTN
4960          GO TO 20
4970       40 CONTINUE
4980          RETURN 2
4990          END
```

```
5000  C
5010  C
5020  C
5030  C     SUBROUTINE CACN CALCULATES ACN'S FOR FOUR STANDARD SUBGRADES.
5040        SUBROUTINE CACN( D, ACN, ISUB )
5050        DIMENSION DACN(6,4)
5060        DOUBLE PRECISION DACN,D,SSW,ACN
5070        DATA DACN /-.3678863610+01, -.3580157820+02, 0.2465480510+03,
5080       & 0.5379269260+01, -.1416944930+00, 0.1904062600-02,
5090       & -.8992032160+00, -.4145771030+02, 0.2638319750+03,
5100       & 0.6663201530+01, -.1804810300+00, 0.2568285850-02,
5110       & 0.2342931790+01, -.5296010130+02, 0.2862172740+03,
5120       & 0.8033983850+01, -.2098753770+00, 0.3052361660-02,
5130       & 0.1399600770+02, -.8847540590+02, 0.3198396930+03,
5140       & 0.8259623250+01, -.1500194270+00, 0.1605303630-02  /
5150        SSW = DACN(1,ISUB)
5160        DO 1210 IACN = 2,6
5170        SSW = SSW + DACN(IACN,ISUB) * D**(IACN-1)
5180   1210 CONTINUE
5190        ACN = SSW * 2.0 / 1000.0 / 2.20462
5200   1260 RETURN
5210        END
5220        SUBROUTINE RSUBK(SUBK,SUBKO)
5230        DIMENSION SUBKI(7), SUBKII(7)
5240        COMMON IOUT
5250        DATA SUBKI/20.,25.,40.,60.,80.,120.,150./
5260        DATA SUBKII/75.,100.,150.,200.,300.,400.,550./
5270        DO 10 NSAVE = 1,7
5280        IF(SUBKO= SUBKI(NSAVE)) GO TO 20
5290     10 CONTINUE
5300        WRITE(IOUT,50)SUBKO
5310        STOP
5320     20 SUBK  = SUBKII(NSAVE)
5330        RETURN
5340     50 FORMAT(1H1,'INVALID SUBK ',F17.2)
5350        END
```

Программа № 2 ЭВМ

1. Программа ЭВМ, составленная компанией "Боинг" и доработанная опытной станцией внутренних водных путей сообщения инженерного корпуса армии США (USAEWES) для вычисления требований в отношении толщины нежестких покрытий, была модифицирована компанией "МакДоннел Дуглас" для вычисления значений классификационного числа воздушных судов (ACN) на нежестких покрытиях. Как опубликовано в докладе S-77-1, в программу ЭВМ USAEWES были внесены значительные изменения, которые включали переход от программы режима разделения времени системы ввода к пакетной системе, изменение оператора выхода для согласования с системой IBM 370, добавление кода для вычисления значений ACN и введение подпрограммы "CVRG" для схождения на требуемой толщине покрытия.

2. Следует указать, что выходные данные модификации компании "МакДоннел Дуглас" незначительно отличаются от выходных данных из доклада S-77-1 в отношении рулений или проходов по полосе охвата и данных Альфа. Причина состоит в том, что модификация компании "МакДоннелл Дуглас" устанавливает первое значение рулений или проходов по полосе охвата на 10 000 и не учитывает каких-либо других входных данных. Она также устанавливает первое значение Альфа на значение из рис. 14 доклада S-77-1 и не учитывает каких-либо других значений Альфа. Так сделано (без учета значений входных данных), потому что определение ACN для нежестких покрытий основывается на 10 000 проходов по полосе охвата и соответствующем значении Альфа. Копия рис. 14 доклада S-77-1, на котором показан график значений Альфа (коэффициент повторности нагрузки), воспроизведена на рис. А2-4.

3. Составление расчетных кривых "CBR/толщина покрытия" и вычисление ACN воздушных судов, за исключением отношения "количество рулений/количество проходов по полосе охвата", осуществляется с использованием ЭВМ. Ниже поясняется принцип ввода, входной файл, выходные проблемы и распечатка программы для таких процедур. Выходные данные проблем приводятся для самолетов С-141А.

Основные данные самолета С-141А:

Полная масса воздушного судна	= 145 152 кг
Доля массы воздушного судна (в процентах), приходящаяся на основные опоры шасси	= 90
Число основных опор шасси	= 2
Давление в пневматике	= 119 кПа
Количество учитываемых колес	= 4
Расстояние между пневматиками	= 82,55 см и 121,92 см (см. рис. А2-3)

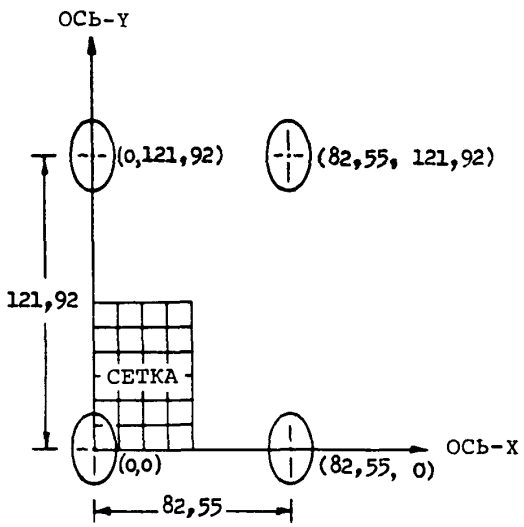
Другие необходимые данные:

Уровни рулений - 1-7 уровни рулений по выбору.

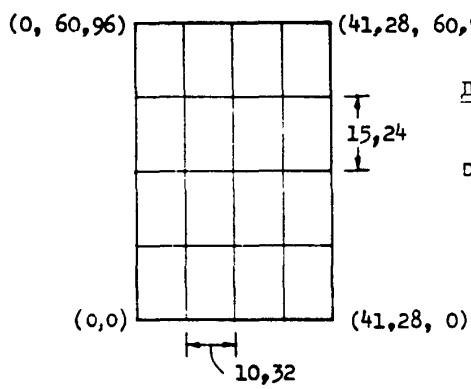
Значения Альфа - 1-7 значения Альфа, соответствующие выбранным уровням рулений, получены из рис. А2-4.

Расположение и размеры сетки - сетка используется при нахождении позиции максимального изгиба для вычисления ESWL. Расположение сетки для отдельного шасси может определяться методом проб и ошибок, хотя при наличии опыта это расположение может быть определено инженерным путем. Значения GX и GY представляют начало координат X-Y сетки, значения DGX и DGY - расстояние между линиями сетки, а значения XK и YK - число линий сетки в каждом направлении. На рис. А2-3 показана сетка, используемая в образцовой проблеме. Обычно размеры между линиями сетки должны быть порядка 1/2 радиуса. Радиус площади контакта пневматика с покрытием, считая, что площадь имеет вид круга, для данного примера вычисляется следующим образом:

$$r = \sqrt{\frac{A_c}{\pi}} = \sqrt{\frac{1340,19}{3,14}} = 20,65 \text{ cm}$$



a. КООРДИНАТЫ И КОНФИГУРАЦИЯ КОЛЕС И РАСПОЛОЖЕНИЕ СЕТКИ



ДАННЫЕ-X	ДАННЫЕ-Y
GX = 0.	GY = 0.
DGX = 10,32	DGY = 15,24
XK = 5.	YK = 5.

b. РАЗМЕРЫ СЕТКИ И КООРДИНАТЫ

Рис. A2-3. Сетка и шасси C-141A

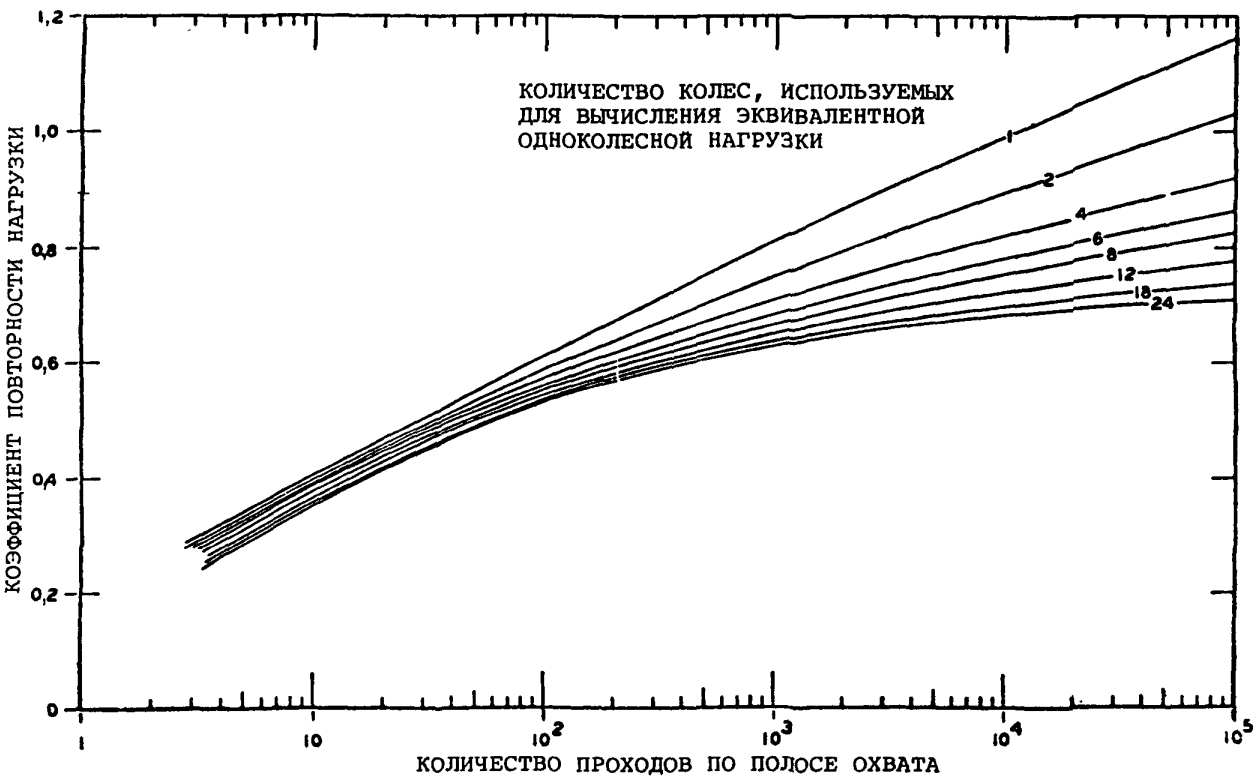


Рис. А2-4. Зависимость коэффициента повторности нагрузки от количества проходов по полосе охвата для шасси различных типов

ПРИНЦИП ПАКЕТНОГО ВВОДА ДАННЫХ ДЛЯ ACN ПРОГРАММЫ ЭВМ ДЛЯ НЕЖЕСТКОГО ПОКРЫТИЯ
(единицы измерения - кг и см)

1 ЗАГОЛОВОК --- БУКВЫ ИЛИ ЦИФРЫ МОГУТ БЫТЬ НАПИСАНЫ В ЛЮБОЙ ИЗ ВОСЬМИДЕСЯТИ КОЛОНОК. ЭТА КАРТА ТАКЖЕ МОЖЕТ БЫТЬ НЕЗАПОЛНЕННОЙ, НО ДОЛЖНА ПРИСУТСТВОВАТЬ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	79	80
			L	O	C	K	H	E	E	D			C	I	4	I	A																																														

2 КОЛИЧЕСТВО КОЛЕС | РЕЖИМ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
								4										1	1

МАКСИМУМ 32 КОЛЕСА. ЕСЛИ МЕНЕЕ 10, ИСПОЛЬЗУЕТСЯ КОЛОНКА 10. ЕСЛИ РЕЖИМ МЕНЕЕ 10, ИСПОЛЬЗУЕТСЯ КОЛОНКА 20. ДЛЯ РЕЖИМА БОЛЕЕ 10 ПРОГРАММА НАХОДИТ ЗНАЧЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ТРЕБУЕМЫХ CBR. ДЛЯ РЕЖИМА 11 ПРОГРАММА НАХОДИТ ACN ДЛЯ СТАНДАРТНЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ. ДЛЯ РЕЖИМА МЕНЕЕ 11 ПРОГРАММА НАХОДИТ CBR ДЛЯ ВХОДНЫХ ДАННЫХ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ.

3 КООРДИНАТА X ДЛЯ КАЖДОГО КОЛЕСА (МАКСИМУМ 32). ЕСЛИ НЕОБХОДИМО, ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КАРТЫ.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	79	80
						0	•	0						8	2	•	5	5						8	2	•	5	5						0	•	0									•										•									

4 КООРДИНА Y ДЛЯ КАЖДОГО КОЛЕСА (МАКСИМУМ 32). ЕСЛИ НЕОБХОДИМО, ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КАРТЫ.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	79	80
						0	•	0						0	•	0								1	2	1	•	9	2					1	2	1	•	9	2								•										•									

Рис. А2-5. Пример вводов С-141А

25/10/85
№ 1

5	ЕСЛИ ДАННАЯ КАРТА НЕ ЗАПОЛНЕНА, ПРОГРАММА ЗАДАЕТ СТАНДАРТНУЮ СЕТКУ, ОСНОВАННУЮ НА КООРДИНАТАХ КОЛЕС					
	НАЧАЛО СЕТКИ (X)	ПРИРАЩЕНИЕ (X)	ЛИНИИ (X) МАХ 10	НАЧАЛО СЕТКИ (Y)	ПРИРАЩЕНИЕ (Y)	ЛИНИИ (Y) (МАХ 10)
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	31 32 33 34 35 36 37 38 39 40	41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	51 52 53 54 55 56 57 58 59 60
	0.0	10.32	5.0	0.0	15.24	5.

6	ЧИСЛО (М) ЗНАЧЕНИЙ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ	ДЕЛЬТА ТОЛЩИНА ПОКРЫТИЯ	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	
	.	.	ДЛЯ РЕЖИМА МЕНЕЕ 11 ПРОГРАММА УСТАНАВЛИВАЕТ ЗНАЧЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ НА (NX ДЕЛЬТА). (N = 0, 1, 2, ..., м-1), (МАКСИМАЛЬНОЕ М РАВНО 8). ДЛЯ РЕЖИМА БОЛЕЕ 10 ПРОГРАММА НАХОДИТ ЗНАЧЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ТРЕБУЕМЫХ CBR. ДЛЯ РЕЖИМА БОЛЕЕ 10 ДАННАЯ КАРТА МОЖЕТ БЫТЬ НЕЗАПОЛНЕННОЙ

7	ЧИСЛО (К) НАБОРОВ	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
	1	ЧИСЛО (К) НАБОРОВ ДАННЫХ О ВОЗДУШНОМ СУДНЕ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ

8	МАССА ВОЗДУШНОГО СУДНА	ДАВЛЕНИЕ В ПНЕВМАТИКЕ (кПа)	МАССА (%), ПРИХОДЯЩАЯСЯ НА ОСНОВНЫЕ ОПОРЫ ШАССИ	ЧИСЛО ОСНОВНЫХ ОПОР ШАССИ	ДОЛЖНА БЫТЬ ВВЕДЕНА ОДНА КАРТА ДЛЯ КАЖДОГО НАБОРА ДАННЫХ О ВОЗДУШНОМ СУДНЕ (К).
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	31 32 33 34 35 36 37 38 39 40	
	145152.	119.	90.	2.	

Рис. А2-5. (продолж.) Пример вводов С-141

9	ЧИСЛО (J) УРОВНЕЙ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 3	ЧИСЛО (J) УРОВНЕЙ РУЛЕНИЙ ИЛИ УРОВНЕЙ ПРОХОДОВ ПО ПОЛОСЕ ОХВАТА (МАКСИМАЛЬНОЕ J = 7). ДЛЯ РЕЖИМА 11 ПРОГРАММА УСТАНАВЛИВАЕТ J = 1.

10 УРОВНИ РУЛЕНИЯ ИЛИ УРОВНИ ПРОХОДОВ ПО ПОЛОСЕ ОХВАТА (УРОВНИ J). КАЖДЫЙ ВВОД ПОМЕЩАЕТСЯ В КРАЙНЕМ ПРАВОМ ПОЛОЖЕНИИ. ДЛЯ РЕЖИМА 11 ПРОГРАММА УСТАНАВЛИВАЕТ ПЕРВЫЙ УРОВЕНЬ НА 10 000. (НЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В ВЫЧИСЛЕНИЯХ)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 79 80

1 0 0 0 0 5 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0

11 ЗНАЧЕНИЯ АЛЬФА ДЛЯ УРОВНЕЙ РУЛЕНИЙ ИЛИ УРОВНЕЙ ПРОХОДОВ ПО ПОЛОСЕ ОХВАТА (ЗНАЧЕНИЯ J АЛЬФА). ДЛЯ РЕЖИМА 11 ПРОГРАММА УСТАНАВЛИВАЕТ ПЕРВОЕ ЗНАЧЕНИЕ АЛЬФА НА 10 000 ПРОХОДОВ ПО ПОЛОСЕ ОХВАТА ДЛЯ ВХОДНЫХ ДАННЫХ ЧИСЛА КОЛЕС.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 79 80

0 • 8 2 5 • • • • • • • • • • •

12 ТРЕБУЕМЫЕ CBR. МАКСИМАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО 4. ДЛЯ РЕЖИМА 11 ПРОГРАММА УСТАНАВЛИВАЕТ СТАНДАРТНЫЕ CBR ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ. ДЛЯ РЕЖИМА МЕНЕЕ 11 ПРОГРАММА НАХОДИТ CBR ДЛЯ ВХОДНЫХ ДАННЫХ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 79 80

• • • • • • • • • • •

Рис. А2-5. (продолж.). Пример вводов С-141

ПРИМЕР ВХОДНЫХ ДАННЫХ

```
LOCKHEED  C141A
         4          11
      0.00       82.55       82.55        0.00
      0.00        0.0       121.92      121.92
       0.0      10.32          5.0         0.0      15.24            5.

         1
    145152.      1190.         90.          2.
         1
     10000       50000      100000
     0.825
```

ПРИМЕР ВЫХОДНЫХ ДАННЫХ

```
 LOCKHEED  C141A

 NUMBER OF WHEELS (MAXIMUM 32)                MODE
       4                                       11
 X COORDINATES OF WHEELS
    0.00    82.55    82.55     0.00
 Y COORDINATES OF WHEELS
    0.00     0.00   121.92   121.92
 LOC. OF GRD,GRD INCRT, NO. OF LINS(MAX (10))
    0.00    10.32     5.00     0.00    15.24     5.00
 NUMBER OF DEP. (MAX 08) AND DEP. INCREMENT
    0.00     0.00
 NO. OF SETS OF MASS AND TYRE PRESSURE
       1
 AIRCRAFT MASS
  145152.00
 TYRE PRESSURE
   1190.00    1190.00    1190.00    1190.00
 PERCENT MASS ON MAIN GEAR
   90.00
 RADIUS OF TYRE CONTACT AREA
   20.71    20.71    20.71    20.71
 PASSES OR COVERAGES
      10000
 ALPHA VALUES (MAX(7)
     0.825
 DESIRED CBR
      3.00       6.00      10.00      15.00
```

ПРИМЕР ВЫХОДНЫХ ДАННЫХ (продолж.)

ESWL KG	CBR PASSES 10000	-T- DEPTH CM
20955.	294.32	0.00
52429.	3.00	143.53

THE ACN FOR A SUBGRADE CBR OF 3 IS 73.53

ESWL KG	CBR PASSES 10000	-T- DEPTH CM
20955.	294.32	0.00
41313.	6.00	89.08

THE ACN FOR A SUBGRADE CBR OF 6 IS 59.30

ESWL KG	CBR PASSES 10000	-T- DEPTH CM
20955.	294.32	0.00
32675.	10.00	60.12

THE ACN FOR A SUBGRADE CBR OF 10 IS 48.00

ESWL KG	CBR PASSES 10000	-T- DEPTH CM
20955.	294.32	0.00
28080.	15.00	43.94

THE ACN FOR A SUBGRADE CBR OF 15 IS 41.93

Распечатка программы

Программа ЭВМ № 2

Классификационное число воздушного судна, использующего нежесткое покрытие

```
      PROGRAM ACNFIT
C
C     PROGRAM ACNFI IS IN INT. UNITS
C
C     APRIL 1979 MODIFICATION TO COMPUTE ACN VALUES FOR STANDARD
C     SUBGRADES                    ACN/PCN METHOD.
C
C     *********      1 MAR 69
C     WES MOD       41-G2-R0-144
C     PROG.  41-20-001      GROUND FLOTATION DESIGN *** BOEING AIRCRAFT
C     DOCUMENT  06-4088TN     TRANSPORT DIVISION, BOX 707, RENTON, WASH.
C
C     NOTE       TO THE ORIGINAL BOEING PROGRAM THE PAVEMENT DESIGN
C     DIVISION,  S+PL, WES, HAS MADE SEVERAL CHANGES. THE THICKNESS
C     SOLUTION WAS REPLACED WITH AN INTERPOLATION SCHEME. THE
C     THICKNESS IS NOW DERIVED FROM CBR/P VS. T/SQR(A) CURVE.
C     THE OLD F(PERCENT DESIGN THICKNESS) HAS BEEN REPLACED
C     WITH AN ALPHA VALUE. THE TERM COVERAGES IS REPLACED WITH
C     PASS LEVELS.
C     THIS PROGRAM 'CHANG4' IS IDENTICAL TO 'CHANG2'
C     WITH ONE EXCEPTION. AN OPTION IS AVAILABLE TO RUN 1-7
C     PASS LEVELS.
C
C     32             NN   NUMBER OF WHEELS
C     32                    X(NW)        X COORDINATE    CM    CM
C     32                    Y(NW)        Y COORDINATE    CM    CM
C     32                    RAD(NW)      RADIUS          CM    CM
C     32                    RAD2(NW)     RADIUS SQUARED        CM
C     32                    PR(NW)       PRESSURE              MPA
C     32                    PRS(NW)      PRESSURE              KPA
C     GX    X COORD OF GRID(DISPLC)            DGX    DELTA X
C     GX    Y COORD OF GRID(DISPLC)            DGY    DELTA Y
C     XK=KX  NUMBER GRID LINKS (SIZE)
C     YK=KY  NUMBER GRID LINKS (SIZE)
C     ZK=KZ  NUMBER OF DEPTHS
C     10*            PHI  ANGLE USED IN INTEGRATION
C     10*            CS           COSINE OF PHI
C     10*            SN2          SQ OF SINE OF PHI
C     10,10,8        S(I,J,K)  DISPLACEMENT
C     6           KKZ    NUMBER OF MAX. ORDERED DISPLACEMENTS/DEPTH
C     IPR   NUMBER SETS OF MASS AND TYRE PRESSURE
C     5              C      ITH COVERAGE VALUE
C     8              Z      DEPTH OF ITH WHEEL
C     8              Z2     Z(I) SQUARED
      COMMON X(32),Y(32),RAD(32),RAD2(32),PR(32),PRS(32)
      COMMON XG(10),YG(10),S(10,10,30)
      COMMON Z(30),Z2(30),XLOC(30,6),YLOC(30,6),SD(30,6)
      COMMON C(5),ESWL(30),CBR(30,7)
      COMMON SN2(10),CS(10)
      DIMENSION KTITLE(20)
C
```

```
.000  C      X(NW),Y(NW), RAD(NW), RAD2(NW), PR(NW), PRS(NW)
 520  C      XG(XK), YG(YK), S(XK, YK, ZK)
 530  C      Z(ZK), Z2(ZK), XLOC(ZK, KKZ), YLOC(ZK, KKZ), SD(ZK, KKZ)
.000  C      C(S) , ESWL(ZK), CBR(ZK, 7)
 550          DIMENSION SCBR(4)
 560          DIMENSION B(7),NCC(7)
 570          DIMENSION U(170), V(170),TA(30,7)
 580          DATA U/1.33,1.,.98,.96,.94,.92,.9,.88,.86,.84,.82,.8,.78
 590         +,.76,.74,.72,.7,.68,.66,.64,.62,.6,.59,.58,.57,.56,.55,.54,
 600         +.53,.52,.51,.5,.49,.48,.47,.46,.45,.44,.43,.42,.41,.4,.39,
 610         +.38,.37,.36,.35,.34,.33,.32,.31,.3,.29,.28,.27,.26,.25,.24,.23,
 620         +.22,.
 630         +21,.2,.195,.19,.185,.18,.175,.17,.165,.16,.155,.15,.145,.14,.13
 640         +5,
 650         +.13,.125,.12,.115,.11,.105,.1,.098,.096,.094,.092,.09,.088,
 660         +.086,.084,.082,.08,.078,.076,.074,.072,.07,.068,.066,.064,.062,
 670         +.06,.059,.058,.057,.056,.055,.054,.053,.052,.051,.05,.049,.048,
 680         +.047,.046,.045,.044,.043,.042,.041,.04,.039,.038,.037,.036,.034
 690         +,
 700         +.032,.03,.029,.028,.027,.026,.025,.024,.023,.022,.021,.02,.019,
 710         +.018,.017,.016,.015,.014,.013,.012,.011,.01,.009,.008,.007,.006
 720         +5,
 730         +.006,.0055,.005,.0045,.004,.0035,.003,.0025,.002,.00175,.0015,
 740         +.00125,.001,.000875,.00075,.000625,.0005/
 750          DATA V/0.,.048,.05,.055,.06,.061,.065,.07,.078,.08,.085,
 760         +.099,.1,.103,.11,.118,.12,.127,.13,.14,.15,.158,.164,.168,.17,
 770         +.178,.18,.185,.19,.194,.2,.205,.21,.218,.22,.23,.24,.242,.25
 780         +,.255,.26,.27,.278,.287,.297,.302,.312,.321,.33,.342,.355,.37,
 790         +.38,.395,.41,.428,.44,.46,.48,.5,.521,.55,.56,.572,.59,.601,
 800         +.62,.63,.65,.67,.69,.708,.728,.742,.765,.785,.815,.84,.87,
 810         +.9,.93,.958,.97,.985,1.,1.02,1.032,1.045,1.065,1.08,1.1,1.115,
 820         +1.13,1.15,1.178,1.19,1.21,1.23,1.25,1.27,1.29,1.318,1.331,1.34
 830         +,1.355,1.37,1.382,1.4,1.412,1.43,1.445,1.46,1.475,1.495,1.513,
 840         +1.53,1.55,1.57,1.59,1.612,1.632,1.65,1.678,1.71,1.73,1.76,
 850         +1.82,1.881,1.95,1.985,2.023,2.063,2.105,2.149,2.197,2.247,2.298
 860         +,
 870         +2.358,2.42,2.486,2.557,2.635,2.72,2.813,2.915,3.029,3.157,3.302
 880         +,
 890         +3.468,3.66,3.888,4.162,4.321,4.501,4.704,4.938,5.208,5.528,
 900         +5.913,6.39,7.007,7.837,8.381,9.056,9.924,11.098,11.87,12.82,
 910         +14.05,15.7/
 920  C
 930          DATA ZERO/ 2.0 E-20/
 940  C       INPUT FORMATS
 950  C       OUTPUT FORMATS
 960  C
 970     900 FORMAT (1H1)
 980     901 FORMAT (16X,'GROUND FLOTATION DESIGN PROGRAM RESULTS'///)
 990     902 FORMAT (1H ,15X,20A4,/)
1000     903 FORMAT (1H ,29HNUMBER OF WHEELS (MAXIMUM 32) , 10X, 4HMODE/,
1010        +    I8,31X,I4)
1020     904 FORMAT(1H ,23HX COORDINATES OF WHEELS/(9F8.2))
1030     905 FORMAT(1H ,23HY COORDINATES OF WHEELS/(9F8.2))
1040     906 FORMAT(1H ,'LOC. OF GRD,GRD INCRT, NO. OF LINS(MAX (10))',/,6F8.2)
1050     907 FORMAT(1H ,'NUMBER OF DEP. (MAX 08) AND DEP. INCREMENT',/,2F8.2)
.000     909 FORMAT(1H ,'NO. OF SETS OF MASS AND TYRE PRESSURE',/,I8)
```

```
.000      910 FORMAT(1H ,13HAIRCRAFT MASS/(9F11.2))
.000      911 FORMAT(1H ,13HTYRE PRESSURE/(9F11.2))
.000      950 FORMAT(1H ,25HPERCENT MASS ON MAIN GEAR/(9F8.2))
.000      912 FORMAT(1H ,27HRADIUS OF TYRE CONTACT AREA/(9F8.2))
1100      913 FORMAT(1H ,20HPASSES OR COVERAGES  /,7I10)
1110      914 FORMAT(4X,'DEPTH',4X,'DEF.',4X,'X-CRD.',3X,'Y-CRD.',
1120         + 4X,'DEPTH',4X,'DEF.',4X,'X-CRD.',3X,'Y-CRD.',
1130         + 5X,' CM ',3X,'FACTOR',4X,' CM ',5X,' CM ',
1140         + 6X,' CM ',3X,'FACTOR',4X,' CM ',5X,' CM ')
1150      915 FORMAT(F9.1,F9.3,F9.2,F9.2,F9.1,F9.3,F9.2,F9.2/
1160         +(F18.3,F9.2,F9.2,F18.3,F9.2,F9.2))
1170      916 FORMAT(F9.1,F9.3,F9.2,F9.2/(F18.3,F9.2,F9.2))
1180        5 FORMAT(15X,3HCBR,7X,3HCBR,7X,3HCBR,7X,3HCBR,7X,3HCBR,
1190         + 7X,3H-T-,/,4X,4HESWL,5X,6HPASSES,4X,6HPASSES,4X,6HPASSES,4X,
1200         + 6HPASSES,4X,6HPASSES,5X,5HDEPTH,/,3X,6H  KG  ,110,110,110,
1210         +110,110,6X,3HCM ,/,F9.0,6F10.2)
1220      925 FORMAT(1H ,19HALPHA VALUES MAX(7),/,(7F10.3))
1230      927 FORMAT(1H ,11HDESIRED CBR, / F10.2,F10.2,F10.2,F10.2)
1240        1 FORMAT(1H ,15X,3HCBR,7X,3H-T-,/,4X,4HESWL,5X,6HPASSES,5X,5HDEPTH,
1250         + /,3X,6H  KG  ,I10,6X,3HCM ,
.000         + /,30(/,F9.0,2F10.2))
1270        2 FORMAT(1H ,15X,3HCBR,7X,3HCBR,7X,3H-T-,/,4X,4HESWL,5X,6HPASSES,
1280         + 4X,6HPASSES,5X,5HDEPTH,/,3X,6H  KG  ,2I10,6X,3HCM ,
.000         + /,30(/,F9.0,3F10.2))
1300        3 FORMAT(1H ,15X,3HCBR,7X,3HCBR,7X,3HCBR,7X,3H-T-,/,4X,4HESWL,1X,
1310         +3(4X,6HPASSES),5X,5HDEPTH,/3X,6H  KG  ,3I10,6X,3HCM ,
.000         + /,30(/,F9.0,4F10.2))
1330        4 FORMAT(1H ,15X,3HCBR,7X,3HCBR,7X,3HCBR,7X,3HCBR,7X,3H-T-,/,4X,
1340         + 4HESWL,1X,4(4X,6HPASSES),5X,5HDEPTH,/,3X,6H  KG  ,4I10,6X,3HCM ,
.000         + /,30(/,F9.0,5F10.2))
1360      940 FORMAT(8E10.0)
1370      941 FORMAT(8I10)
1380          XINCH=2.54
1390          XPRES=145.0377438
1400          XPOUND =2.2046225
.000          PI=3.1415926535898
1410       10 CONTINUE
.000    C     READ CURRENT TITLE CARD                          (CARD TYPE '1')
1430          READ(5,15, END=6000) KTITLE
1440       15 FORMAT(20A4)
.000    C                                                      (CARD TYPE '2')
1450          READ(5,941)NW,MODE
.000    C                                                      (CARD TYPE '3')
1460          IF(NW.GT.7)GO TO 20
1470          READ(5,940)(X(I),I=1,NW)
1480          GO TO 30
1490       20 CONTINUE
1500          READ(5,940)(X(I),I=1,8)
1510          IF(NW.LT.9)GO TO 40
1520          READ(5,940)(X(I),I=9,16)
1530          IF(NW.LT.17)GO TO 40
1540          READ(5,940)(X(I),I=17,24)
1550          IF(NW.LT.25)GO TO 40
1560          READ(5,940)(X(I),I=25,32)
1570          GO TO 40
.000    C                                                      (CARD TYPE '4')
```

```
1580      30 READ(5,940)(Y(I),I=1,NW)
1590         GO TO 50
1600      40 READ(5,940)(Y(I),I=1,8)
1610         IF(NW.LT.9)GO TO 50
1620         READ(5,940)(Y(I),I=9,16)
1630         IF(NW.LT.17)GO TO 50
1640         READ(5,940)(Y(I),I=17,24)
1650         IF(NW.LT.25)GO TO 50
1660         READ(5,940)(Y(I),I=25,32)
1670      50 CONTINUE
1680   C     READ IN GRID DISPLACEMENT,INCREMENT AND SIZE FOR X AND Y-AXIS
.000   C                                                    (CARD TYPE '5')
1690         READ(5,940)GX,DGX,XK,GY,DGY,YK
1700   C     IF THE NUMBER OF LINES (XK OR YK) IS NOT INPUT,SET DEFAULTS.
1710         IF( XK .GT. ZERO) GO TO 70
1720         XMAX= 0.0
1730         DO 60 MAXX= 1,NW
1740         IF( X(MAXX) .GT. XMAX) XMAX = X(MAXX)
1750      60 CONTINUE
1760         GX= 0.0
1770         XK=10.0
1780         DGX= ( XMAX - GX) /2.0 / (XK-1.0)
.000      70 IF( YK .GT. ZERO ) GO TO 90
1800         YMAX = 0.0
1810         DO 80 MAXY = 1,NW
1820         IF( Y(MAXY) .GT. YMAX) YMAX = Y(MAXY)
1830      80 CONTINUE
1840         GY = 0.0
1850         YK = 10.0
1860         DGY = (YMAX-GY) /2.0/(XK-1.0)
1870      90 CONTINUE
1880         KX = XK
1890         KY = YK
.000   C     READ NUMBER OF DEPTHS AND DEPTH INCREMENT     (CARD TYPE '6')
1910         READ(5,940) ZK,DZ
1920         KZ=ZK
1930         M=0
1940   C     **************
.000   C     READ NO. OF SETS OF MASS,TYRE PRESS., MASS ON MAIN GEAR, NO.OF LEGS
.000   C                                                    (CARD TYPE '7')
1950         READ(5,941)IPR
1960         DO 4500 IPRS =1, IPR
.000   C     READ AIRCRAFT MASS,TYRE PRESS., MASS ON MAIN GEAR, NO.OF LEGS
.000   C                                                    (CARD TYPE '8')
.000         READ(5,940) AMASS,PRSW,PMMG,AMLG
.000         WT=AMASS*9.815/1000.0
.000         TLMG=WT*PMMG/100.0
.000         TLSMG=TLMG/AMLG
.000         WN=NW
.000         TLSW=TLSMG/WN
.000         ARESW=TLSW*10000.0/PRSW
.000         RESW=SQRT(ARESW/PI)
.000         PESW=PRSW/1000.0
.000         CAREA = RESW * RESW * PI
2000         RESW2 = RESW * RESW
2010         CAREA=CAREA/(XINCH*XINCH)
```

```
2020          RESW2=RESW2/(XINCH*XINCH)
2030          DO 100 I=1,NW
.000          PRS(I)=PRSW
2040          PR(I) = PESW
2050      100 RAD(I) = RESW
.000          IF(IPRS.EQ.1) GO TO 120
.000          DO 110 I=1,NW
.000          X(I) = X(I) * XINCH
.000          Y(I) = Y(I) * XINCH
.000      110 CONTINUE
.000          GX  =  GX  * XINCH
.000          DGX =  DGX * XINCH
.000          GY  =  GY  * XINCH
.000          DGY =  DGY * XINCH
.000          DZ  =  DZ  * XINCH
.000          GO TO 150
2070      C   FOR ACN CALCULATIONS ONLY THE 10000 COVERAGE VALUE IS USED.
2080      C   READ NO. OF PASS LEVELS.
.000      C                                                  (CARD TYPE '9')
.000      120 READ(5,941)NAL
2100          IF( MODE .EQ.11) NAL=1
.000      C   READ PASSES.                                   (CARD TYPE '10')
2120          READ(5,941)(NCC(I),I=1,NAL)
2130          IF(MODE .EQ. 11) NCC(1) = 10000
.000      C   READ ALPHA'S                                   (CARD TYPE '11')
2150          READ(5,940)(B(I),I=1,NAL)
2160      C   FOR ACN CALCULATIONS SET FIRST ALPHA TO 10000 COVERAGE VALUE.
2170          IF (MODE .NE. 11) GO TO 130
2180          IF( NW .EQ. 1) B(1) = 0.995
2190          IF( NW .EQ. 2) B(1) = 0.9
2200          IF( NW .EQ. 4) B(1) = 0.825
2210          IF( NW .EQ. 6) B(1) = 0.788
2220          IF( NW .EQ. 8) B(1) = 0.755
2230          IF( NW .EQ.12) B(1) = 0.722
2240          IF( NW .EQ.18) B(1) = 0.700
2250          IF( NW .EQ.24) B(1) = 0.689
2260          NCC(1) = 10000.0
2270      130 CONTINUE
.000      C   READ CBR DESIRED (TARGET)                     (CARD TYPE '12')
2290          READ(5,940)(SCBR(I),I=1,4)
2300          IF( MODE .NE. 11) GO TO 140
2310          SCBR(1) = 3.0
2320          SCBR(2) = 6.0
2330          SCBR(3) = 10.0
2340          SCBR(4) = 15.0
2350      140 CONTINUE
.000      150 WRITE(6,900)
2380          WRITE(6,901)
2390          WRITE(6,902) KTITLE
2400          WRITE(6,903) NW,MODE
2410          WRITE(6,904) (X(I),I=1,NW)
2420          WRITE(6,905) (Y(I),I=1,NW)
2430          WRITE(6,906) GX,DGX,XK,GY,DGY,YK
.000          IF(IPRS.NE.1) GO TO 160
2440          WRITE(6,907) ZK,DZ
.000      160 WRITE(6,909) IPR
```

```
.000          WRITE(6,910) AMASS
2470          WRITE(6,911) (PRS(I),I=1,NW)
.000          WRITE(6,950) PMMG
2480          WRITE(6,912) (RAD(I),I=1,NW)
2490          WRITE(6,913) (NCC(I),I=1,NAL)
2500          WRITE(6,925) (B(I),I=1,NAL)
2510          WRITE(6,927) (SCBR(I), I=1,4)
2520          DO 170 I=1,NW
2530          X(I) = X(I)/XINCH
2540          Y(I) = Y(I)/ XINCH
2550          PR(I) = PR(I) * XPRES
2560          RAD(I) = RAD(I)/XINCH
2570      170 CONTINUE
2580          GX=GX/XINCH
2590          DGX=DGX/XINCH
2600          GY=GY/XINCH
2610          DGY = DGY/XINCH
2620          RESW =RESW/XINCH
2630          PESW= PESW* XPRES
2640          DZ = DZ/ XINCH
2660          DPE= 3.0/(2.0 * PI * RESW * PESW)
.000          IF (MODE.LT.11) GO TO 180
.000          WRITE(6,900)
.000      180 DO 520 ICBR = 1,4
2680          TRGT = SCBR(ICBR)
2690          ITCT = 0
2700  C       FOR 'T' USE  TWO DEPTHS - ZERO AND INCREMENT. INCREMENT WILL BE
2710  C       ESTIMATED, AND USED AS THE FIRST TRIAL IN THE ITERATION.
2720          IF( MODE .GE. 11) KZ=2
2730          IF( MODE .GE. 11) DZ= SQRT(CAREA * PESW/10.0/ SCBR(ICBR))
2740  C       SET-UP OF GRID DEPTHS'
2750          Z(1)=0.0
2760          Z2(1)=0.0
2770          DO 190 I=2,KZ
2780          Z(I)=Z(I-1)+DZ
2790          Z2(I)=Z(I)*Z(I)
2800      190 CONTINUE
2810          GO TO 210
2820      200 CONTINUE
2830          Z2(KZ) = Z(KZ)* Z(KZ)
2840      210 CONTINUE
2850          PID40 = .07853981633974830
2860          PID20 = .15707963267489661
2870          PID10 = .31415926535879323
2880          PI    = 3.14159265358979238
2890          PID   =  .157079633
2900          PHI   = -.0785398163
2910  C       SET UP SIN(PHI) SQ AND COS(PHI)
2920          DO 220 I=1,10
2930          PHI=PHI + PID
2940          SINE = SIN(PHI)
2950          SN2(I)=SINE * SINE
2960          CS(I) =COS(PHI)
2970      220 CONTINUE
2980  C       SET-UP RADII SQUARED
2990          DO 230 I=1,NW
```

```
3000     230 RAD2(I)=RAD(I)*RAD(I)
3010   C     SET-UP X-COORDS FOR GRID
3020         XG(1)=GX
3030         DO 240 I=2,KX
3040     240 XG(I)=XG(I-1)+DGX
3050   C     SET-UP Y-COORDS FOR GRID
3060         YG(1)=GY
3070         DO 250 I=2,KY
3080     250 YG(I) =YG(I-1) + DGY
3090   C     ************************************
3100         DO 370 I=1,KY
3110         YI = YG(I)
3120         DO 360 J=1,KX
3130         XJ = XG(J)
3140         DO 350 K=1,KZ
3150         Z2K = Z2(K)
3160         SS= 0.0
3170         DO 340 L=1,NW
3180         RAD2L = RAD2(L)
3190         RADL  = RAD(L)
3200         PRL   = PR(L)
3210         SJIK  = 0.0
3220         XLG   =X(L)-XJ
3230         R2    =XLG*XLG
3240         YLG   =Y(L)-YI
3250         R2    =YLG*YLG + R2
3260         R     =SQRT(R2)
3270         IF(R-RADL)260,260,290
3280   C     SUM DISPLACEMENT DUE TO ONE WHEEL. RAD. GREATER THEN R
3290     260 DO 280 M=1,10
3300         SAR=SQRT(RAD2L-R2*SN2(M))
3310         RC = R* CS(M)
3320         ERP=RC+SAR
3330         ERP2=ERP*ERP
3340         ERM =SAR -RC
3350         ERM2 =ERM *ERM
3360         DW2  =0.0
3370         DW1  =SQRT(ERP2+Z2K)
3380         IF(DW1.EQ.0.)GO TO 270
3390         DW2 = ERP2/DW1
3400     270 DW3 = 0.0
3410         DW1 = SQRT(ERM2 + Z2K)
3420         IF( DW1.EQ. 0.) GO TO 280
3430         DW3 = ERM2/DW1
3440     280 SJIK = SJIK +(DW2 + DW3)* PID
3450         GO TO 310
3460   C     SUM DISPLACEMENT DUE TO ONE WHEEL· RAD. LESS THAN R
3470     290 DO 300 M=1,10
3480         SAR = SQRT(R2 - RAD2L* SN2(M))
3490         AC  = RADL * CS(M)
3500         SPA = AC + SAR
3510         SPA2= SPA * SPA
3520         SSA = SAR -AC
3530         SSA2 = SSA * SSA
3540     300 SJIK=SJIK + AC/SAR*(SPA2/SQRT(SPA2 + Z2K) -SSA2/SQRT(SSA2+Z2K))*
3550        + PID
```

```
3560     310 SJIK = SJIK * PRL
3570     320 SS = SS + SJIK
3580     330 CONTINUE
3590     340 CONTINUE
3600         S(J,1,K)=SS
3610     350 CONTINUE
3620     360 CONTINUE
3630     370 CONTINUE
3640   C     ********************************
3650         DO 400 IZ=1,KZ
3660         EMAX=-1.0E-38
3670         DO 390 IX=1,KX
3680         DO 390 IY=1,KY
3690         IF(S(IX,IY,IZ)-EMAX)390,390,380
3700     380 EMAX=S(IX,IY,IZ)
3710         IXM=IX
3720         IYM=IY
3730         SD(IZ,1)=S(IX,IY,IZ)
3740     390 CONTINUE
3750         S(IXM,IYM,IZ)=1.0E-38
3760     400 CONTINUE
3770   C     CALCULATE EQUIV. SINGLE WHEEL LOAD
3780         DO 410 I=1,KZ
.000      410 ESWL(I)=SD(I,1)*SQRT(RESW2+Z2(I))
3800         SRAREA=SQRT(CAREA)
3810         DO 490 I=1,NAL
3820         KS=2
3830         DO 480 J=1,KZ
3840         TA(J,I)=Z(J)/B(I)
3850         V1=TA(J,I)/SRAREA
3860         IF(V1.NE.0.) GO TO 420
3870         CBR(J,I)=U(1)*(ESWL(J)/CAREA)
3880         GO TO 470
3890     420 CONTINUE
3900         DO 430 K=KS,170
3910         IF(V(K).GT.V1) GO TO 450
3920     430 CONTINUE
3930         WRITE(6,440)
3940     440 FORMAT(5X,'***** THICKNESS VALUE CONSIDERED EXCEEDS LIMITS OF CURV
3950        &E *****')
3960         GO TO 4500
3970     450 UL=ALOG10(U(K-1))-((V1-V(K-1))*(ALOG10(U(K-1))-ALOG10(U(K)
3980        +)))/(V(K)-V(K-1))
3990         U1=10.**UL
4000         CBR(J,I)=U1*(ESWL(J)/CAREA)
4010         FCTN = CBR(J,I)
.000         IF(MODE .GE. 11)CALL CVRG(*200, *450, FCTN, TRGT, Z(KZ), MODE,ITCT)
4030     460 CONTINUE
4040         KS=K
4050     470 CONTINUE
4060     480 CONTINUE
4070     490 CONTINUE
4080   C     ************      PRINT  PAGE 3
4090         IF(MODE .EQ. 11) ACN = (Z(KZ)*2.54) * (Z(KZ)*2.54) /1000.0 /
4100        &    (0.878/FCTN - 0.01249  )
4110         DO 500 I=1,KZ
```

```
4120        ESWL(I) = ESWL(I)/XPOUND
4130        Z(I) = Z(I) * XINCH
4140    500 CONTINUE
.000        IF(MODE.LT.11)WRITE(6,900)
4160        IF(NAL.EQ.1) WRITE(6,1)(NCC(I),I=1,NAL),(ESWL(I),(CBR(I,J),
4170       +J=1,NAL),Z(I),I=1,KZ)
4180        IF(NAL.EQ.2)WRITE(6,2)(NCC(I),I=1,NAL),(ESWL(I),(CBR(I,J),
4190       +J=1,NAL),Z(I),I=1,KZ)
4200        IF(NAL.EQ.3)WRITE(6,3)(NCC(I),I=1,NAL),(ESWL(I),(CBR(I,J),
4210       +J=1,NAL),Z(I),I=1,KZ)
4220        IF(NAL.EQ.4)WRITE(6,4)(NCC(I),I=1,NAL),(ESWL(I),(CBR(I,J),
4230       +J=1,NAL),Z(I),I=1,KZ)
4240        IF(NAL.EQ.5)WRITE(6,5)(NCC(I),I=1,NAL),(ESWL(I),(CBR(I,J),
4250       +J=1,NAL),Z(I),I=1,KZ)
4260        IF(NAL.EQ.6)WRITE(6,5)(NCC(I),I=1,5),(ESWL(I),(CBR(I,J),J=1,
4270       +5),Z(I),I=1,KZ)
4280        IF(NAL.EQ.7)WRITE(6,5)(NCC(I),I=1,5),(ESWL(I),(CBR(I,J),J
4290       +=1,5),Z(I),I=1,KZ)
4300        IF(NAL.EQ.6)WRITE(6,1)(NCC(I),I=6,NAL),(ESWL(I),(CBR(I,J),
4310       +J=6,NAL),Z(I),I=1,KZ)
4320        IF(NAL.EQ.7)WRITE(6,2)(NCC(I),I=5,NAL),(ESWL(I),(CBR(I,J),
4330       +J=6,NAL),Z(I),I=1,KZ)
4340        ITGT = IFIX( TRGT  + 0.5 )
4350        IF(MODE .EQ. 11 ) WRITE(6,510) ITGT, ACN
.000    510 FORMAT(///,1H ,29HTHE ACN FOR A SUBGRADE CBR OF ,I3 , 4H IS ,F7.2,
.000       1///)
.000        IF(MODE.LT.11) GO TO 4500
.000    520 CONTINUE
4370    4500 CONTINUE
4380        GO TO 10
4390    6000 WRITE (6,7000)
4400    7000 FORMAT(///,1HU, 15X, 15HEND OF PROBLEM  )
4410        STOP
4420        END
4430  C     SUBROUTINE CVRG CONVERGES ON REFERENCE THICKNESS
4440        SUBROUTINE CVRG( *, *, FCTN, TRGT, Y111, MODE, ITCT )
4450        IF(ITCT .EQ. 0 ) GO TO 30
4460        ITCT = ITCT + 1
4470        IF(ITCT .GT. 20 ) GO TO 40
4480        IF(ABS((FCTN-TRGT) /TRGT) .LT. 0.0001 ) GO TO 40
4490        IF(ABS((Y222 - Y111)/ Y111)  .LT. 0.0001 ) GO TO 40
4500        IF(FCTN .LT. TRGT   ) GO TO 10
4510        Y222= Y111
4520        X222 = FCTN
4530        GO TO 20
4540     10 Y333 = Y111
4550        X333 = FCTN
4560     20 Y111 = Y222 + (Y333 - Y222) * (TRGT    -X222) / (X333- X222  )
4570        IF(MODE .GE. 11) Y111 = Y222 + (Y333 - Y222) * (ALOG10(TRGT) -
4580       & ALOG10(X222)) / (ALOG10(X333) - ALOG10(X222))
4590        RETURN 1
4600     30 ITCT = 1
4610        Y222 = 0.0
4620        X222 = 0.0
4630        IF(MODE .GE. 11) X222 = 300.0
4640        Y333 = Y111
```

```
4650          X33? = FCTN
4660          GO TO 20
4670       40 ITCT = 0
4680          RETURN 2
4690          END
```

Примечание. Страницы с 3-291 по 3-298 исключены поправкой № 1.

ДОБАВЛЕНИЕ 3

ГРАФИКИ РАСЧЕТА И ОЦЕНКИ ПОКРЫТИЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ ФРАНЦИЕЙ

Примечания.

1. Графики расчета и оценки покрытий, приведенные в настоящем добавлении, основаны на тех же характеристиках воздушных судов (ширина колеи, база колесного шасси, стандартное давление в пневматиках), которые использовались при расчете кодового числа воздушного судна.

2. Значения веса, приведенные в графиках, представляют собой статические нагрузки на основную опору шасси.

3. В графиках для жестких покрытий допускается, что давление в пневматике остается постоянным и имеет величину q^o, указанную на графиках. Если фактическое давление в пневматике q отличается от q^o, надлежит поступать следующим образом:

   a) если P - вес рассматриваемой опоры шасси, определяем вес P^1, создающий аналогичную площадь контакта при давлении в пневматике q^o, по отношению:

   $$\frac{P^1}{q^o} = \frac{P}{q}$$

   b) по графику определяем напряжение σ^1, создаваемое весом P^1 в рассматриваемой плите покрытия;

   c) требуемая величина σ в этом случае выражается через отношение:

   $$\frac{\sigma}{\sigma^1} = \frac{q}{q^o}$$

4. В графиках для нежестких покрытий допускается, что давление в пневматике остается постоянным и имеет величину q^o, указанную на графиках. Если фактическое давление в пневматике q отличается не более, чем на ±0,3 МПа от q^o, допускается не учитывать эти изменения давления.

   В свою очередь, поправка делается в соответствии с приведенной ниже формулой:

$$h = h^\circ \frac{\left[\frac{1}{0.57\ CBR} - \frac{1}{32\ q^\circ}\right]^{\frac{1}{2}}}{\left[\frac{1}{0.57\ CBR} - \frac{1}{32\ q}\right]^{\frac{1}{2}}} \quad (1 \text{ выражено в МПа})$$

где h - определяемая толщина для давления q

h^o - толщина, определяемая из графика для данного значения давления q^o.

5. Графики, приведенные на рисунках А3-1 - А3-10, приведены в качестве примеров.

Графики для всех типов воздушных судов можно запросить по следующему адресу:

MINISTERE DES TRANSPORTS

Direction Générale de l'Aviation Civile
Service Technique des Bases Aériennes
246, rue Lecourbe - 75732 PARIS CEDEX 15 - FRANCE

НЕЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ
А 300 В2
Основная опора
Давление в пневматике 1,23 МПа

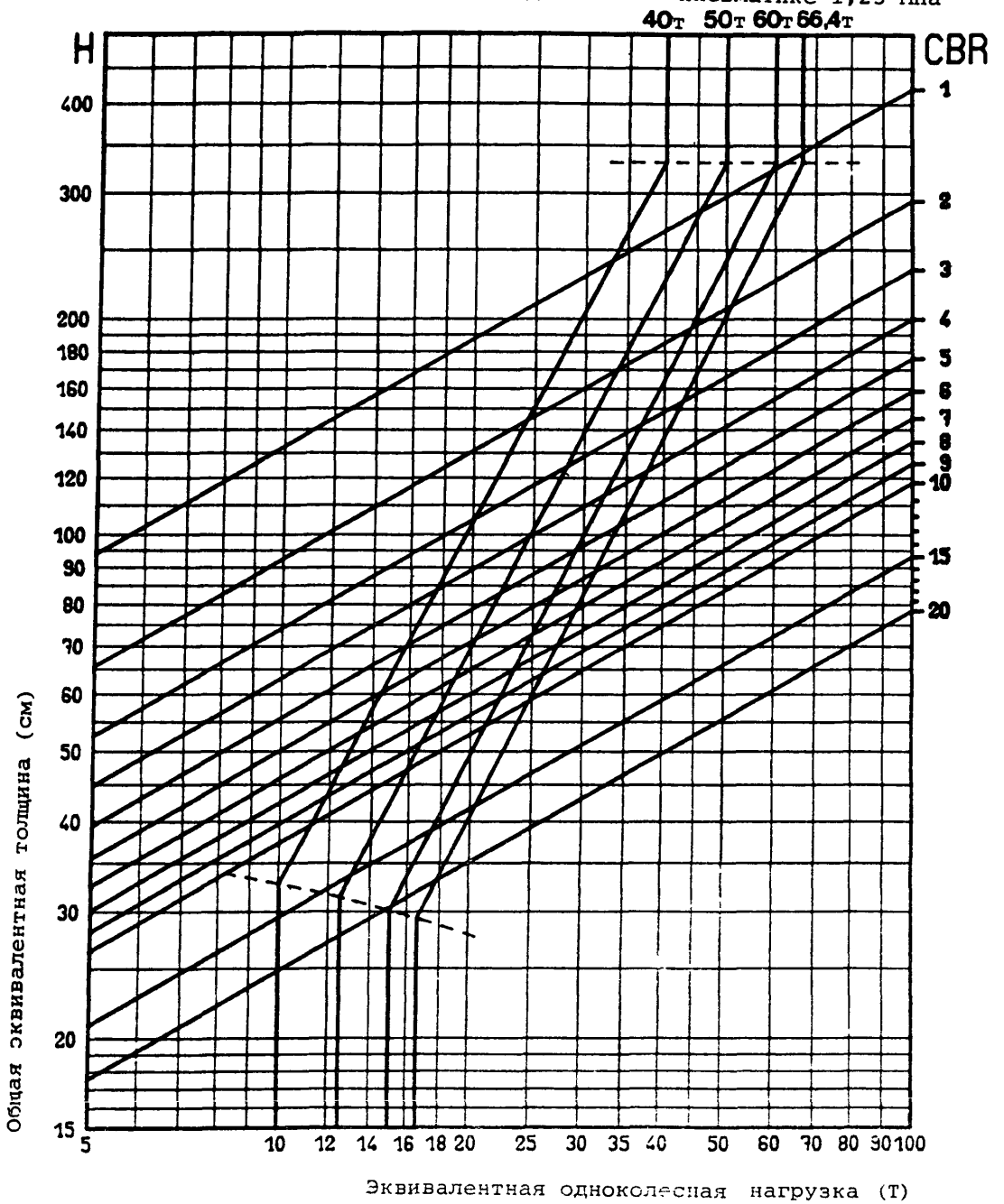


Рис. А3-1

ЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ
А 300 В2

Основная опора

Давление в пневматике: 1,23 МПа

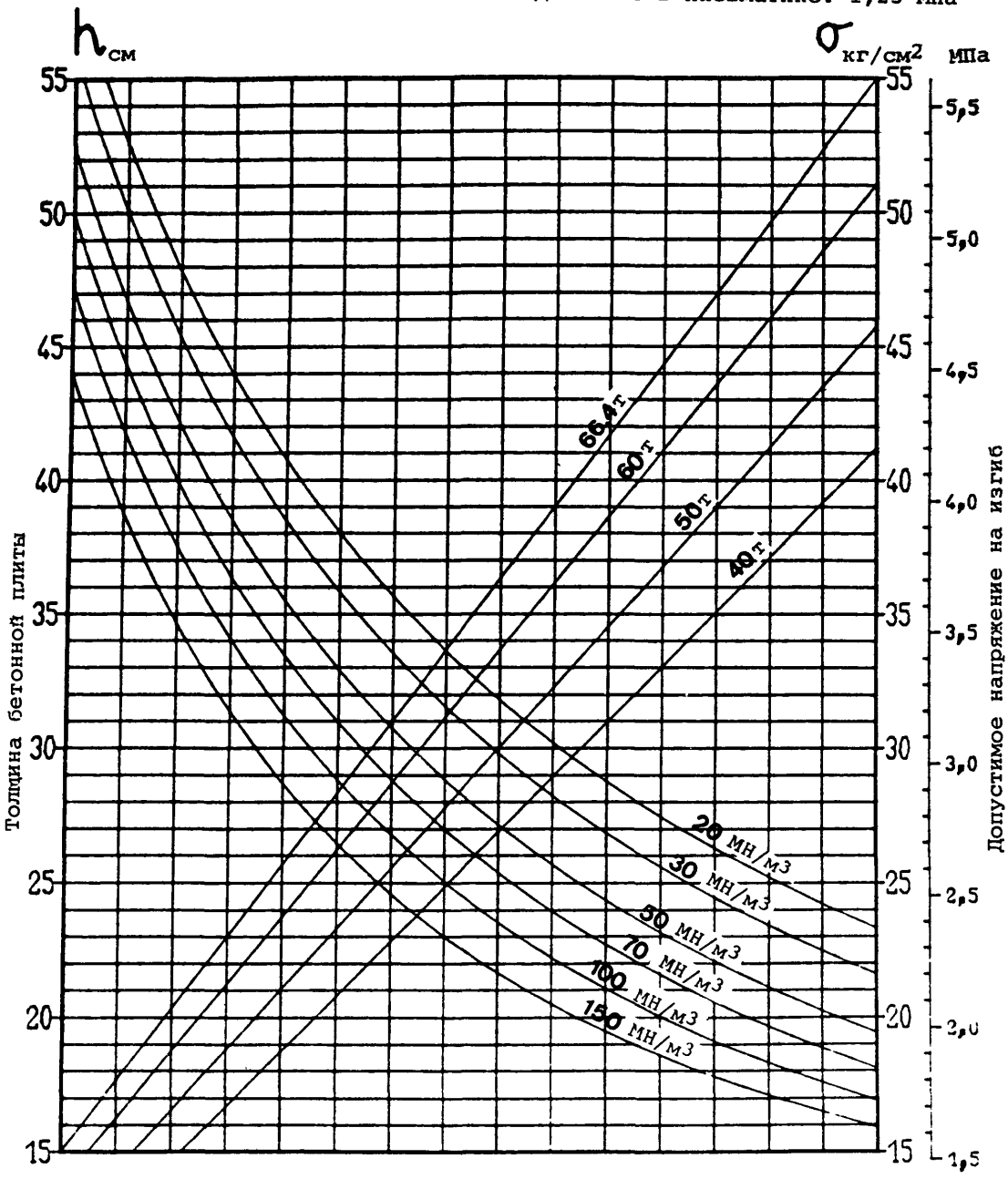


Рис. А3-2

НЕЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ
A 300 B4 - A310
Основная опора
Давление в пневматике: 1,41 МПа

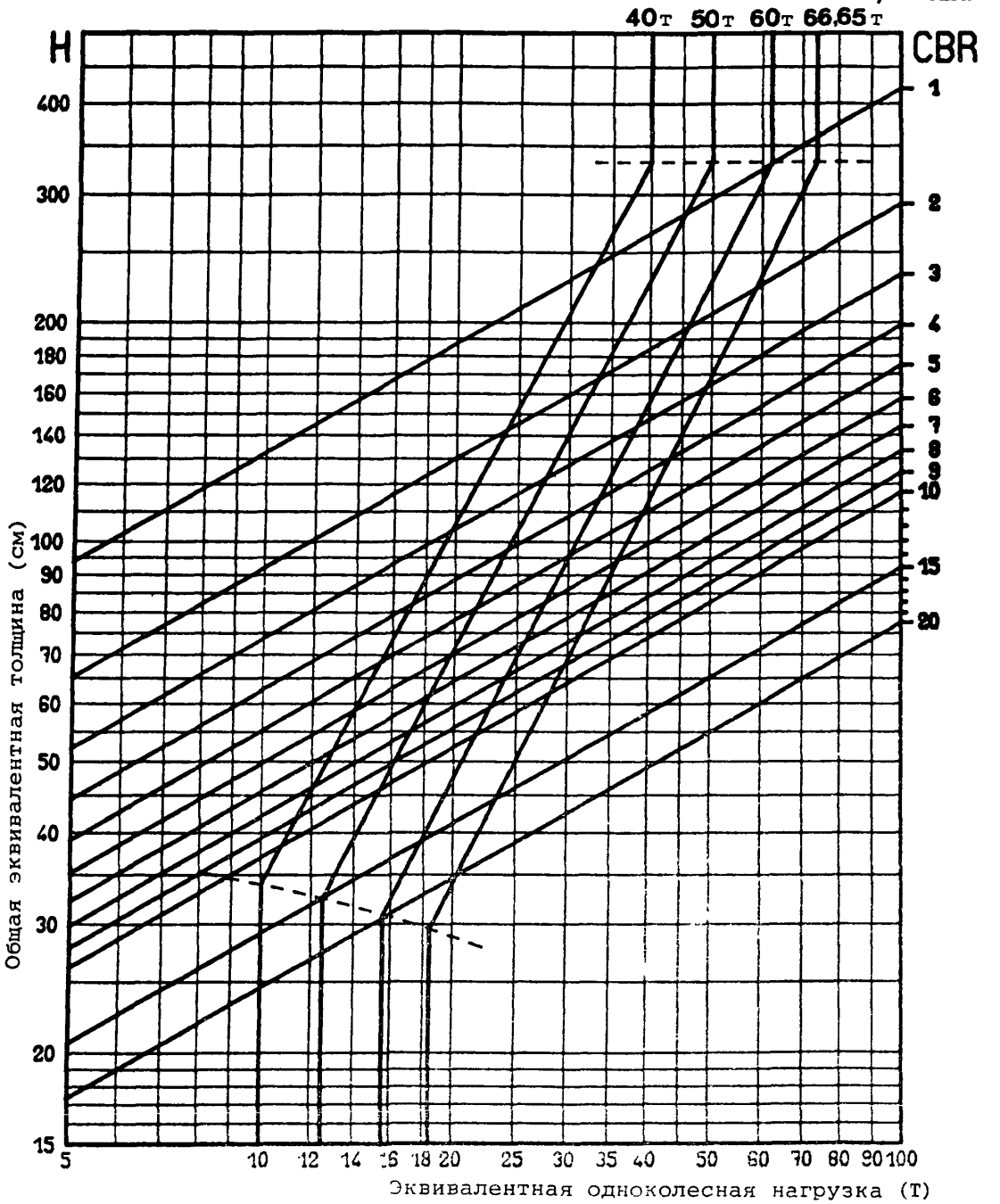


Рис. А3-3

ЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ
А 300 В4 - А310
Основная опора

Давление в пневматике: 1,41 МПа

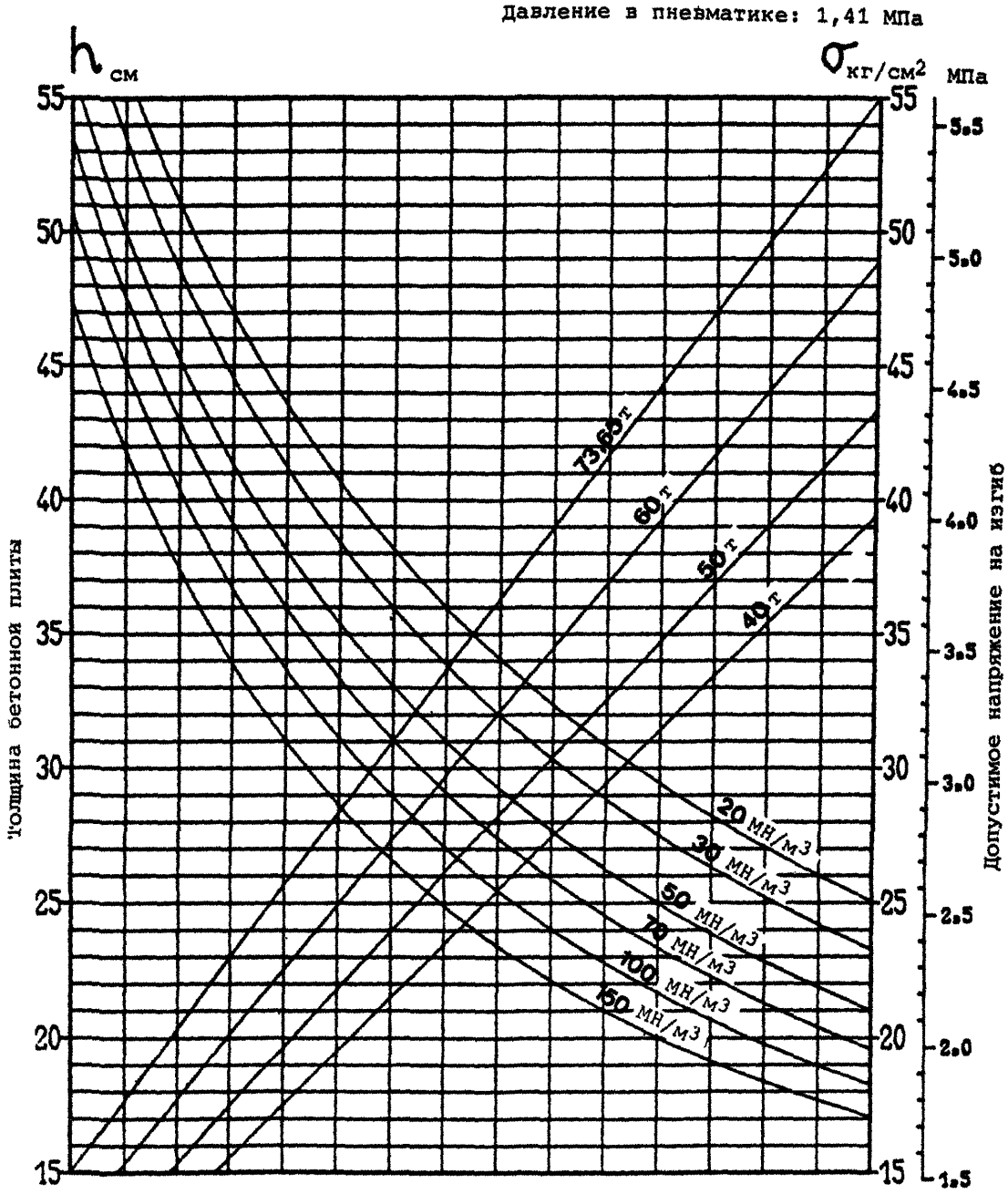


Рис. А3-4

НЕЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ
В 727 (все серии)
Основная опора
Давление в пневматике: 1,09 МПа

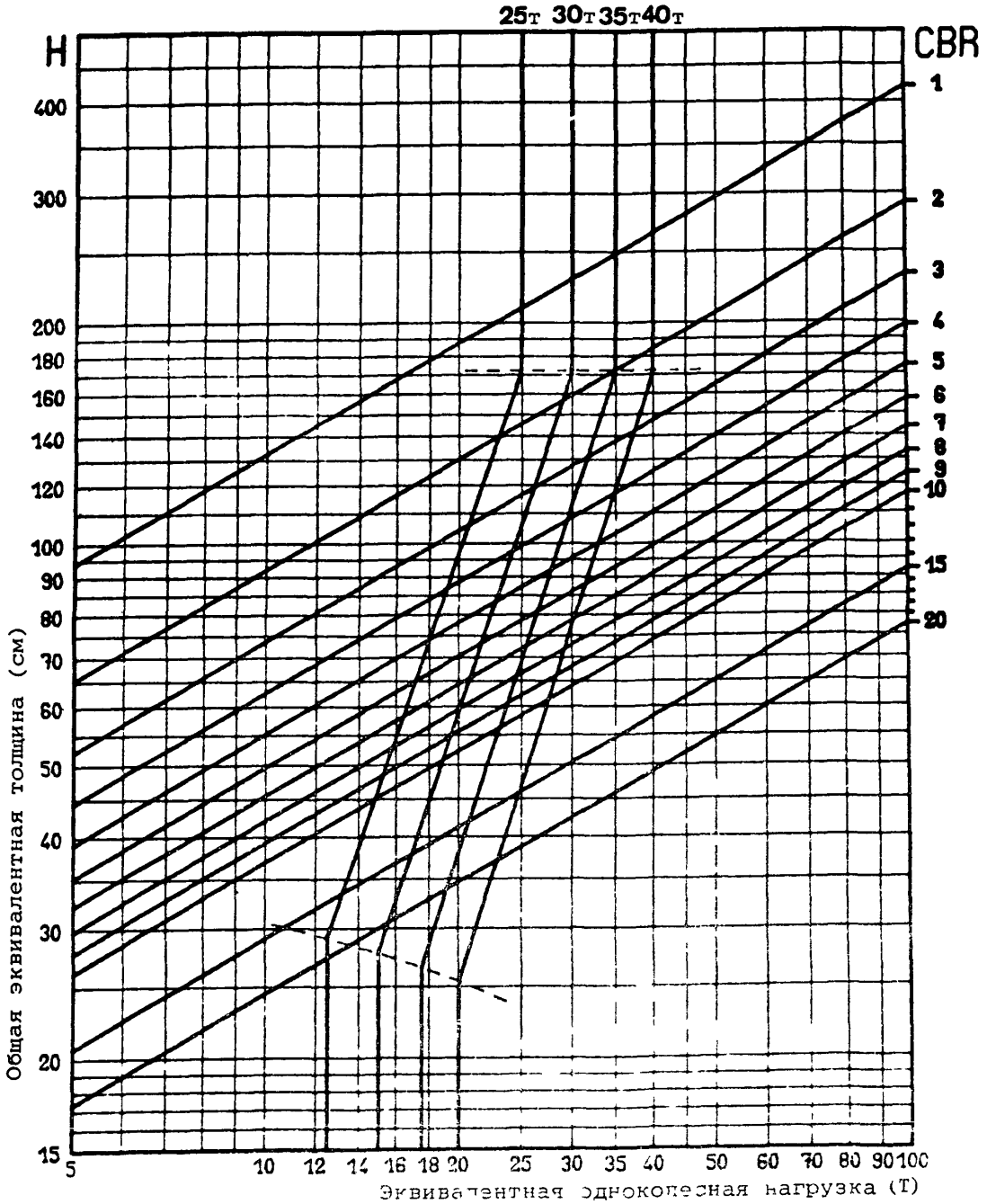


Рис. 3-5

ЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ
А 727 (все серии)
Основная опора

Давление в пневматике: 1,09 МПа

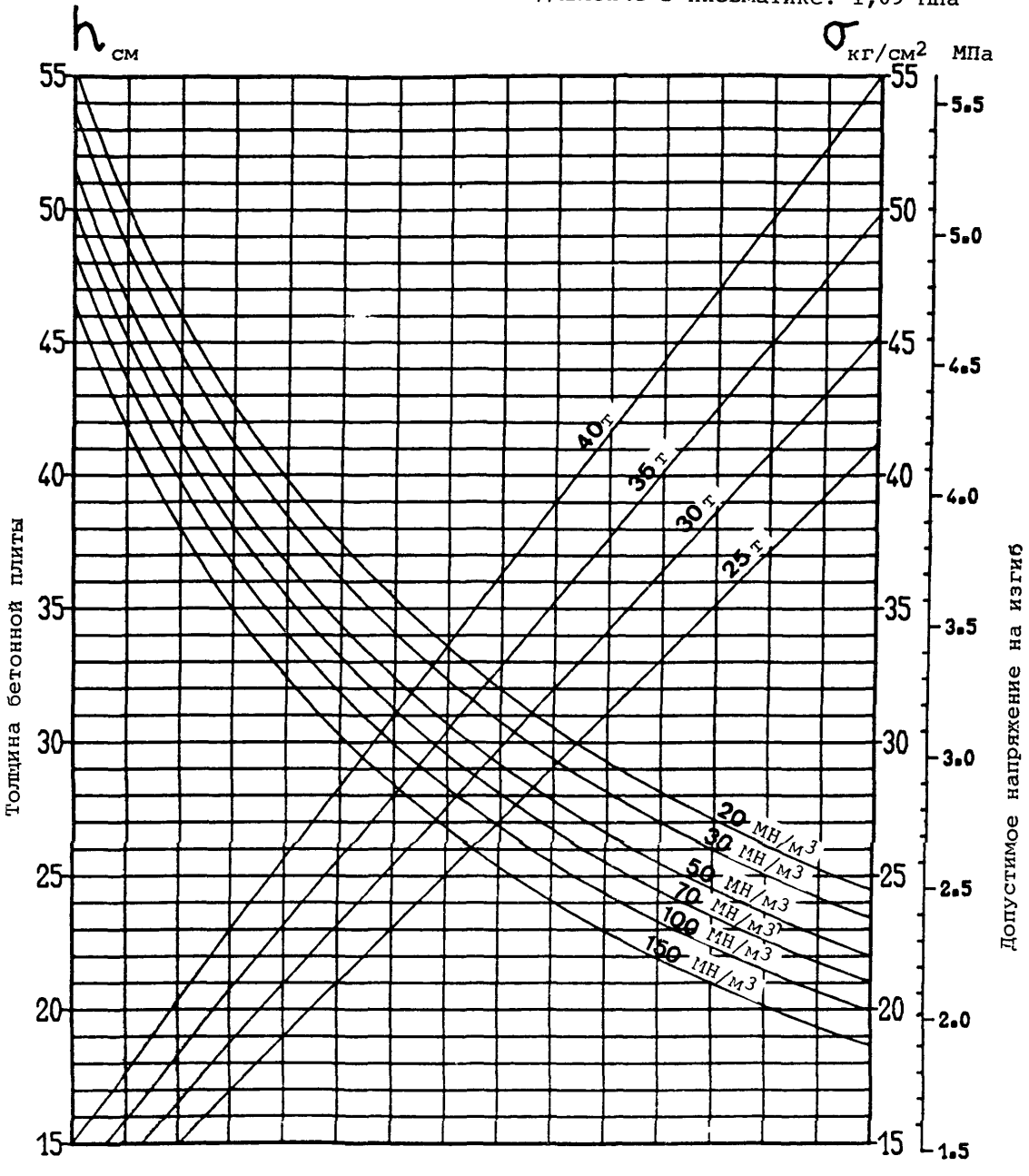


Рис. А3-6

НЕЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ
В 737 (все серии)
Основная опора
Давление в пневматике: 1,02 МПа

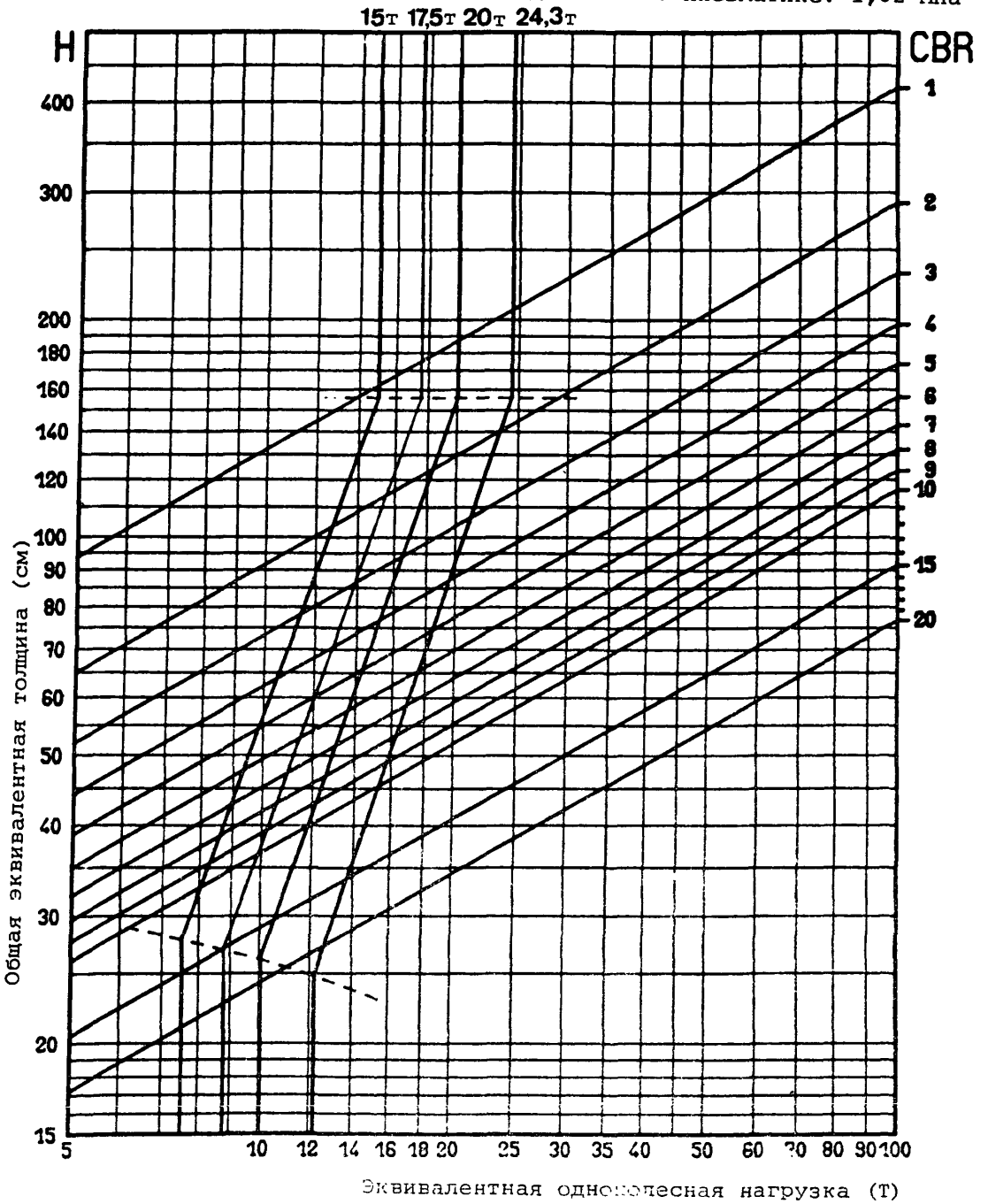


Рис. А3-7

ЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ
В 737 (все серии)
Основная опора

Давление в пневматике: 1,02 МПа

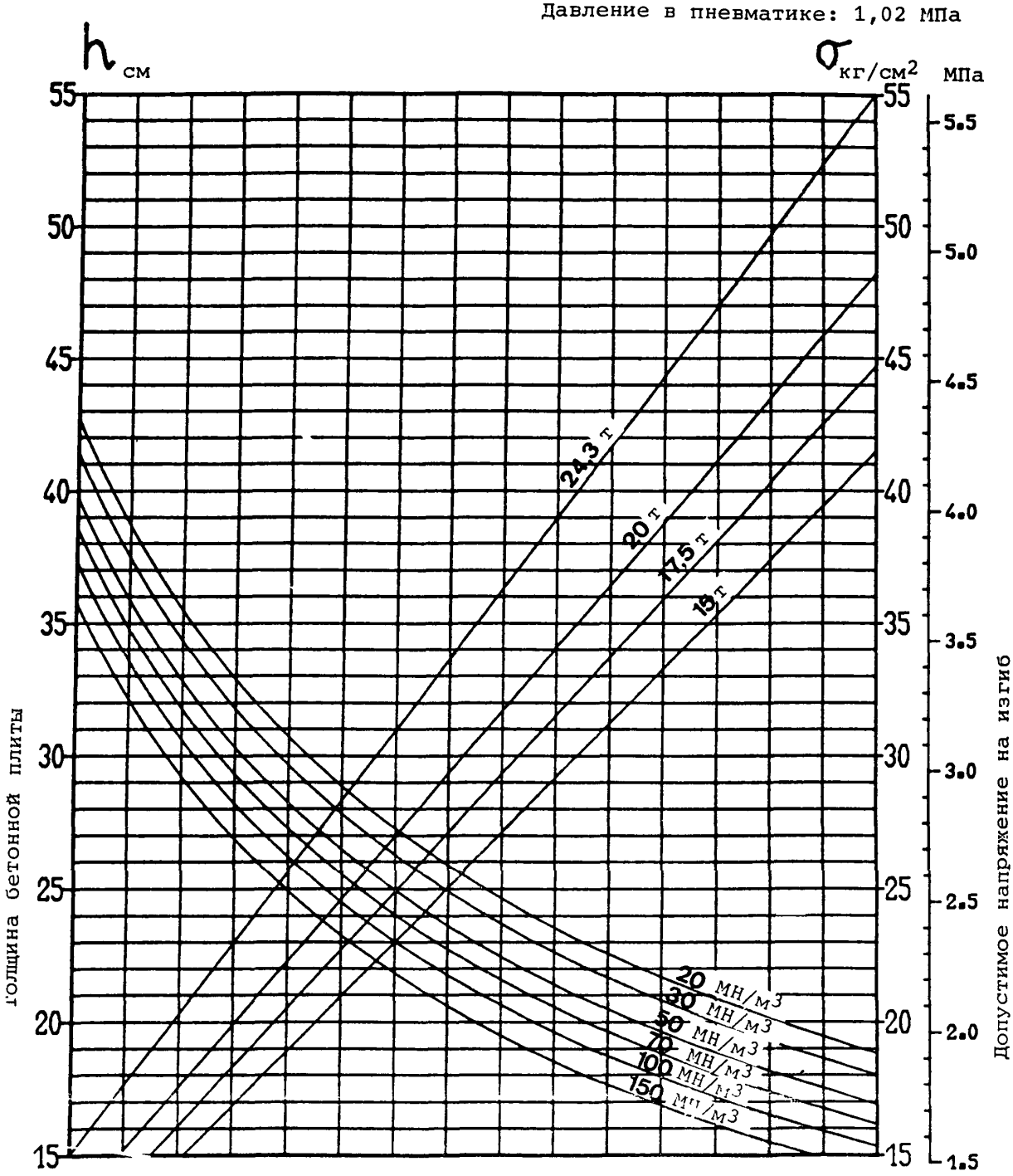


Рис. А3-8

НЕЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ

В 747 (серии 100 - 200 - B, C, F - SR)

Основная опора

Давление в пневматике: 1,45 МПа

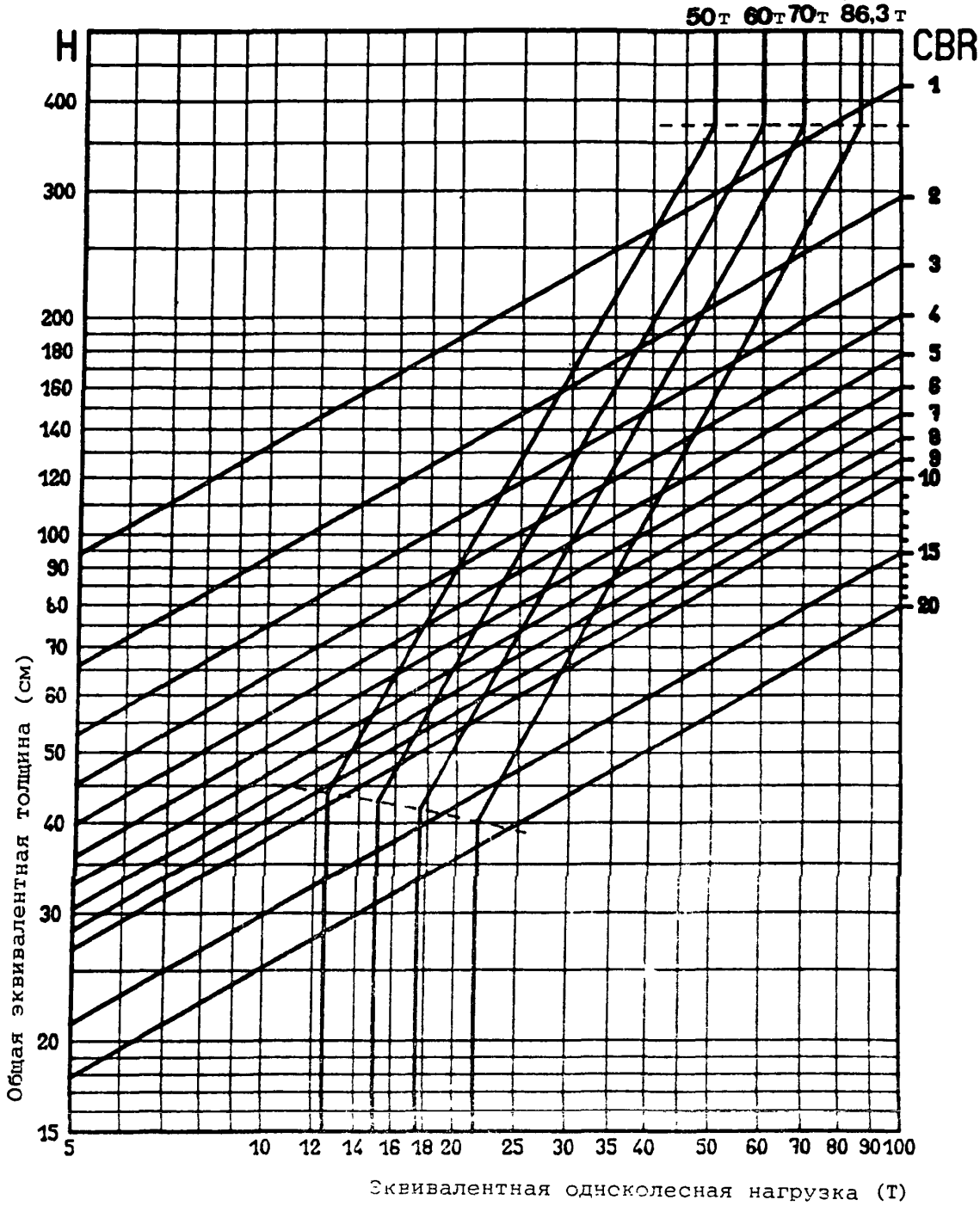


Рис.А3-9

ЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ

B 747 (серии 100 - 200, B, C, F - SR)

Основная опора

Давление в пневматике: 1,45 МПа

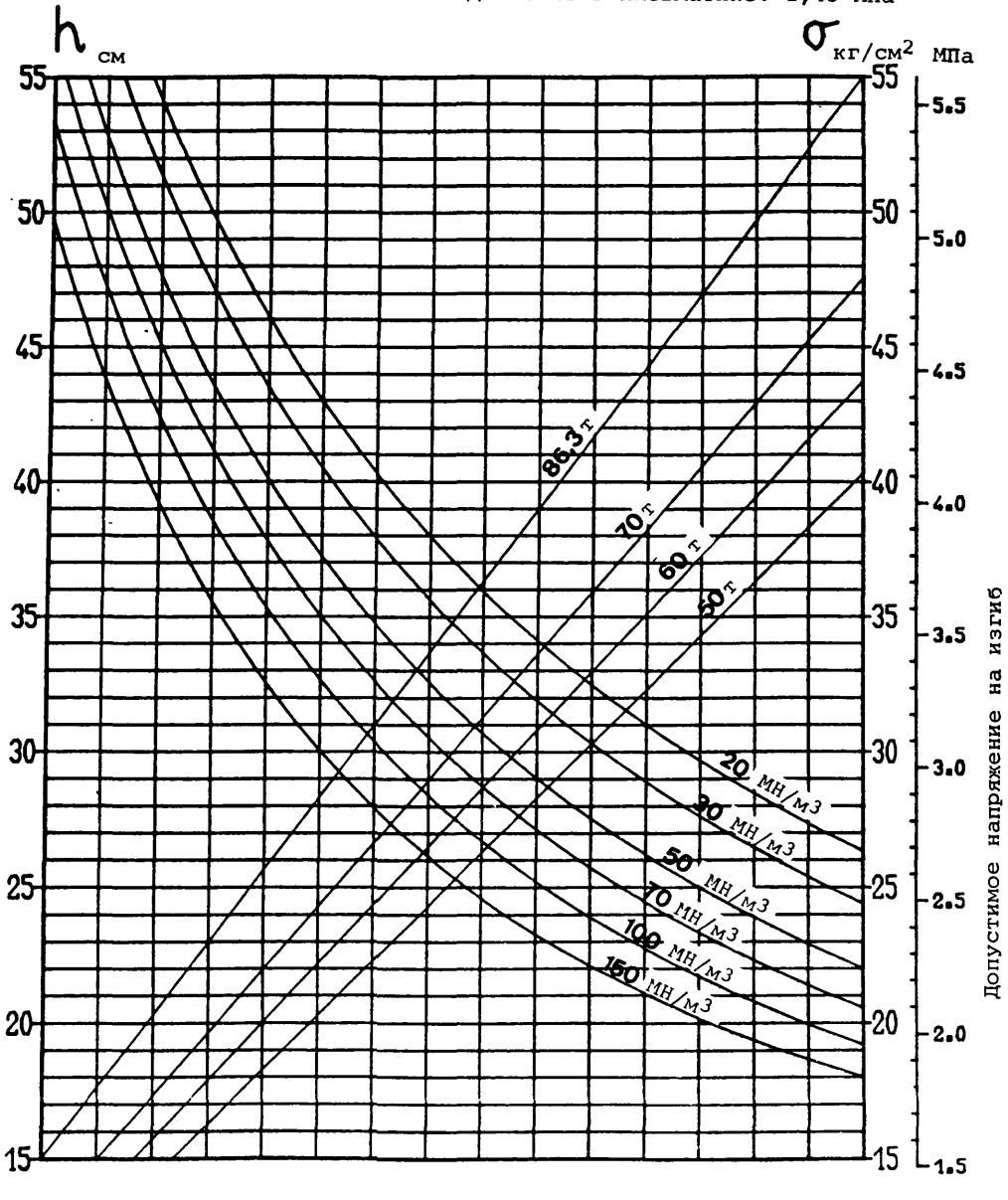


Рис. А3-10

ДОБАВЛЕНИЕ 4

ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПРАКТИКЕ СОЕДИНЕННЫХ ШТАТОВ АМЕРИКИ ПО РАСЧЕТУ И ОЦЕНКЕ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

1. Метод классификации грунта, ранее применявшийся FAA

1.1 История вопроса

В настоящем добавлении приведен метод Федерального авиационного управления (FAA), который применялся для классификации грунта до утверждения унифицированной системы классификации грунта. Причиной включения этого метода в настоящее добавление является то, что многие предыдущие отчеты содержат ссылку на этот метод FAA, и данное добавление дает возможность применить метод классификации FAA.

1.2 Классификация грунта

a) Хотя результаты отдельных испытаний выявляют определенные физические характеристики грунта, основное значение имеет тот факт, что с помощью корреляции полученных данных можно составить техническую классификацию грунтов, соответствующую их поведению в природе. Такая классификация представлена на рис. A4-1.

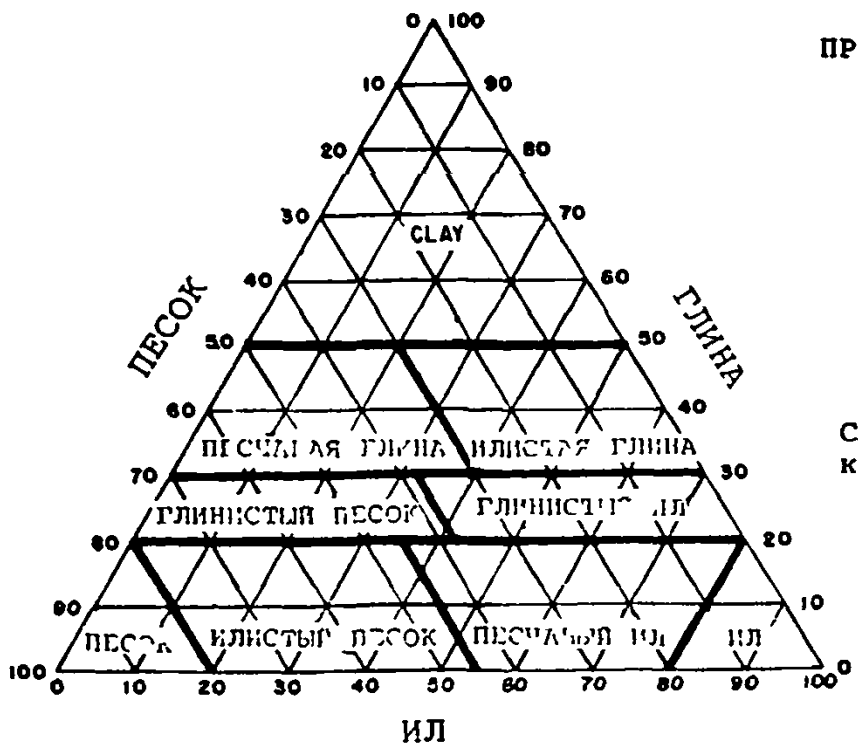
b) Для классификации грунта, в основном, требуются характеристики, полученные в процессе проведения трех испытаний: механического анализа, определения предела текучести и предела пластичности. Испытания для определения этих свойств проводились в течение многих лет для оценки грунта, используемого при строительстве насыпей и оснований покрытия. В результате этих испытаний определяется конкретный грунт, имеющий физические свойства, аналогичные тем видам грунта, характеристики и поведение которых известны. Поэтому можно ожидать, что испытываемый грунт будет иметь те же характеристики и уровень стабильности при аналогичных воздействиях влаги и климатических условий.

c) Как можно видеть из рис. A4-1, механический анализ дает информацию, позволяющую подразделить грунты на мелкозернистые и гранулометрические; в то же время разработано несколько групп в порядке возрастания значения предела текучести и числа пластичности. Подразделение грунтов на мелкозернистый и гранулометрический производится в соответствии с требованием, чтобы гранулометрический грунт имел общее количество ила и глины менее 35 процентов. Определение фракций песка, ила и глины производится путем просеивания образца этого грунта через сито № 10, поскольку такой размер считается критическим в отношении изменения влажности и других климатических воздействий. Классификация грунтов в зависимости от различного процентного содержания песка, ила и глины приведена на рис. A4-2.

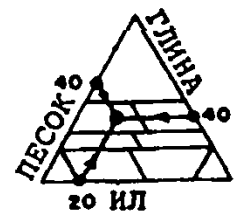
Группа грунта		Механический анализ				Предел текучести	Число пластичности
		Материал, остающийся на сите № 10, в %*	Материал, проходящий через сито № 10, %				
			Крупнозернистый песок, проходящий через сито № 10, но остающийся на сите № 40	Мелкозернистый песок, проходящий через сито № 40, но остающийся на сите № 200	Общее количество ила и глины, проходящих через сито № 200		
Гранулометрические	Е-1	0-45	40+	60-	15-	25-	6-
	Е-2	0-45	15+	85-	25-	25-	6-
	Е-3	0-45			25-	25-	6-
	Е-4	0-45			35-	35-	10-
Мелкозернистые	Е-5	0-55			45-	40-	15-
	Е-6	0-55			45+	40-	10-
	Е-7	0-55			45+	50-	10-30
	Е-8	0-55			45+	60-	15-40
	Е-9	0-55			45+	40+	30-
	Е-10	0-55			45+	70-	20-50
	Е-11	0-55			45+	80-	30+
	Е-12	0-55			45+	80+	-
	Е-13	Рыхлый грунт и торф - полевой осмотр					

* Если доля остающегося на сите № 10 материала превышает указанную величину, категория группы может быть повышена при условии, что такой материал является прочным и имеет достаточно хороший гранулометрический состав.

Рис. А4-1. Классификация грунтов при строительстве аэропортовых покрытий



ПРИМЕР: 20% ила, 40% песка и 40% глины



Следовательно, образец относится к песчаной глине.

Рис. А4-2. Структурная классификация грунтов

1) Группа Е-1 включает сильно гранулированные, грубые, гранулированные грунты, которые являются стабильными даже при плохих условиях водоотвода, и в целом не подвергаются вспучиванию от мороза. Грунты этой группы могут представлять собой значительно гранулированный песок и гравий с небольшим количеством мелкого песка или без него. Если грунт будет подвергаться воздействию морозов, то его следует проверить на процентное содержание материала, имеющего частицы диаметром менее 0,02 мм.

2) Группа Е-2 аналогична группе Е-1, но содержит менее грубый песок и может содержать большее, в процентном отношении, количество ила и глины. Грунты этой группы могут оказаться нестабильными при плохом дренаже, а также вспучиваться при воздействии морозов.

3) Группы Е-3 и Е-4 включают мелкозернистые, песчаные грунты худшей зернистости. Они могут содержать мелкозернистый несвязанный песок или глино-песчаные типы грунтов со средними - хорошими связующими свойствами. Они являются менее стабильными, чем грунты группы Е-2 при плохом водоотводе или воздействии мороза.

4) Группа Е-5 включает все плохо гранулированные грунты, имеющие общее количество ила и глины более 35 процентов, но менее 45 процентов. В эту группу также включаются все грунты с содержанием ила и глины менее 45 процентов и с числом пластичности от 10 до 15. Эти грунты являются восприимчивыми к воздействию мороза.

5) Группа Е-6 включает илистые и песчано-илистые грунты, имеющие низкое число пластичности, достигающее нуля. Эти грунты являются рыхлыми и довольно стабильными при сухой погоде или при низкой влажности. Они теряют стабильность и становятся весьма пористыми при смачивании и, в силу этого, их сложно уплотнить, если не контролировать строго процент влажности. Капиллярные выходы влаги на поверхность в грунтах этой группы являются очень быстрыми; и они, более чем грунты других групп подвержены воздействию морозов.

6) Группа Е-7 включает илистую глину, песчаную глину, глинистые пески и глинистые илы. Они колеблются в диапазоне от рыхлых грунтов до грунтов твердой консистенции, когда они сухие, и пластичных - при воздействии влаги. Эти грунты являются неэластичными и плотными при уплотнении при соответствующем содержании влаги. Изменение количества влаги способно вызвать нежелательные изменения объема. Капиллярные силы, действующие в почве, значительны, однако степень капиллярного выхода на поверхность относительно низкая и вспучивание от морозов, хотя и является вредным, не настолько сильное, как у грунтов группы Е-6.

7) Грунты группы Е-8 аналогичны грунтам группы Е-7, однако большие предельные значения текучести говорят о большей степени расширения при сжатии, усадке и более низкой стабильности при вредных воздействиях влаги.

8) Группа Е-9 включает илы и глины, содержащие слюдяные и диатомовые материалы. Они высокоэластичны и трудно поддаются уплотнению. Они имеют низкую стабильность как во влажном, так и в сухом состоянии и подвержены вспучиванию при воздействии морозов.

9) Группа E-10 включает илистые глины и глинистые грунты, которые в сухом состоянии образуют твердые комки и весьма пластичны при увлажнении. Они хорошо поддаются уплотнению, имеют свойства расширения, усадки и значительной эластичности и подвержены вспучиванию при морозах. Грунты этой группы труднее поддаются уплотнению, чем грунты группы E-7 или E-8 и требуют строгого контроля влажности при изготовлении плотной, прочной насыпи.

10) Грунты группы E-11 аналогичны грунтам группы E-10, но имеют большие пределы текучести. В эту группу включаются все грунты с пределами текучести между 70 и 80 и числами пластичности более 30.

11) В группу E-12 входят все грунты, имеющие пределы текучести более 80, независимо от их числа пластичности. К ним могут относиться высокопластичные глины, которые весьма непрочны при наличии влаги, или к ним могут относиться высокоэластичные грунты, содержащие слюду, диатомы или очень большое количество органических примесей. Независимо от того, что вызывает их нестабильность, они требуют максимальных корректирующих мер.

12) В группу E-13 входят органические болотистые грунты, такие как отвальные породы и торф, которые определяются путем исследования на месте. По своему обычному состоянию они характеризуются очень низкой стабильностью и плотностью и высоким содержанием влаги.

3 Особые условия, влияющие на мелкозернистые грунты

a. Грунт может иметь определенные составные части, которые в результате испытаний позволяют отнести их, в соответствии с рис. A4-1, к нескольким группам. Это может произойти с грунтами, содержащими слюду, диатомы или большое количество коллоидных материалов. Эта проблема может быть решена при применении рис. A4-3 и рис. A4-1, исключение составляют грунты группы E-5, которые следует классифицировать только по рис. A4-1.

b. Грунты с числами пластичности, превышающими соответствующий максимальный предел текучести для конкретной группы, не относятся к обычным. Если они встречаются, то их располагают в группе более высокого порядка, приведенной на рис. A4-3. Это оправдано тем фактом, что для одинаковых пределов текучести чем выше число пластичности, тем меньше предел пластичности (предел пластичности - точка, где небольшое увеличение влажности вызывает быструю потерю грунтом его стабильности).

4 Твердый материал, остающийся на сите № 10.

Только та часть образца, которая проходит через сито № 10, рассматривается по ранее приведенной классификации. Несомненно, что оставшийся на сите № 10 материал следует рассматривать как улучшающий общие свойства стабильности грунта. В силу этого, повышение класса грунта с 1 на 2 допускается тогда, когда процент общего количества материала, остающегося на сите № 10, превышает 45 процентов для грунтов групп от E-1 до E-4 и 55 процентов для остальных грунтов. Это применяется, когда грубая

фракция состоит из достаточно прочного материала, который достаточно хорошо размельчается от максимального размера до размера ячейки сетки № 10. Камни или горные породы, встречающиеся в грунте, не следует рассматривать в качестве вполне полезных при определении класса грунта.

1.5 Классификация грунтовых оснований

a) Каждой группе грунтов соответствуют определенные грунтовые основания. Эти классы определяются с учетом характеристик конкретного грунта, используемого в качестве грунтового основания под жесткие или нежесткие покрытия при различных условиях водоотвода и воздействия морозов. Класс грунтовых оснований определяется исходя из результатов исследований грунта и информации, полученной посредством почвенно-грунтовых изысканий и изучения климатологических и топографических данных. На рис.A4-4 приводятся классы грунтовых оснований и их соответствие типам грунтов. Обозначение F указывает классы грунтовых оснований для нежестких покрытий. Эти классы грунтовых оснований определяют суммарную толщину покрытия при заданной нагрузке от воздушных судов. Краткое описание классов будет приведено в этом разделе.

b) Грунтовые основания, классифицируемые как Fa, обеспечивают соответствующую поддержку грунтового основания без дополнительных подстилающих грунтов. Объем грунта, используемого в качестве материала для грунтового основания, уменьшается по мере увеличения числа.

c) Хорошие или плохие дренажные качества относятся к дренажу подпочвенного слоя.

1) В этом циркуляре "плохим водоотводом" считается такой грунт, когда нельзя производить его дренаж из-за его состава или из-за особых условий на площадке. Грунты, состоящие в основном из ила и глины, при любом практическом использовании являются водонепроницаемыми, и при наличии источника поступления влаги естественная склонность этих грунтов к набуханию будет приводить к неустойчивому состоянию этих материалов. Дренаж таких мелкозернистых грунтов невозможен, и они попадают в разряд грунтов с плохим водоотводом (см. рис. A4-4). Гранулированный грунт, дренаж которого возможен и который остается устойчивым, за исключением таких условий на площадке как: высокий горизонт грунтовых вод, плоский ландшафт или наличие водонепроницаемых слоев, которые также следует считать плохим водоотводом. В некоторых случаях такое состояние может быть улучшено путем подземного дренажа.

2) "Хороший водоотвод" определяется как состояние, при котором характеристики внутреннего дренажа грунта такие, что материал может оставаться и действительно остается хорошо дренированным, что обеспечивает устойчивость материала грунтового основания при всех условиях.

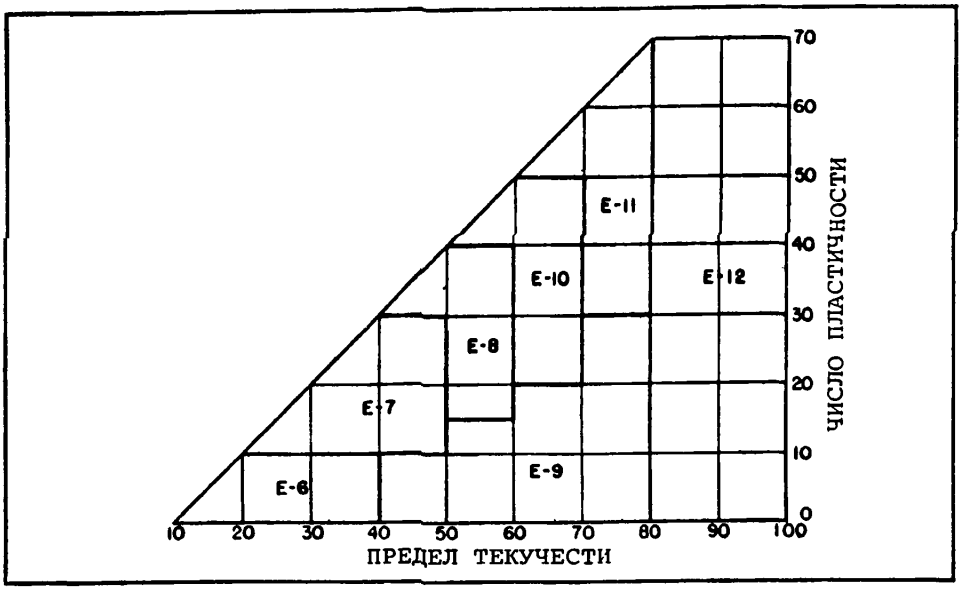


Рис. А4-3. Схема классификации мелкозернистых грунтов

Группа грунта	Класс грунтового основания		
	Хороший водоотвод	Плохой водоотвод	
	Неморозостойкий или морозостойкий	Неморозостойкий	Морозостойкий
E-1	Fa	Fa	F1
E-2	Fa	F1	F2
E-3	F1	F2	F3
E-4	F1	F2	F4
E-5		F3	F5
E-6		F4	F6
E-7		F5	F7
E-8		F6	F8
E-9		F7	F9
E-10		F8	F10
E-11		F9	F10
E-12		F10	F10
E-13	Не годится для грунтового основания		

Рис. А4-4. Классификация грунтовых оснований аэродромных покрытий

d) При расчете покрытий не учитывается отрицательное влияние морозов. Результаты воздействия морозов хорошо известны, однако опыт показывает, что слишком часто покрытие подвергается повреждениям или разрушениям от морозов, которые не были надлежащим образом учтены в расчетах. Большинство неорганических грунтов, которые содержат по весу 3 процента или более зернистых материалов размером менее 0,02 мм в диаметре, при расчетах покрытия считаются неморозостойкими. Грунтовое основание должно определяться как "морозостойкое" или "неморозостойкое" в зависимости от одного из приведенных ниже двух условий:

1) Морозостойкость должна учитываться при расчетах, когда ожидаемая средняя глубина промерзания меньше толщины профиля покрытия.

2) Неморозостойкость должна учитываться, когда ожидаемая средняя глубина промерзания превышает толщину профиля покрытия. При расчете следует предусматривать включение морозостойкого материала под требуемым подстилающим слоем с целью сведения к минимуму или полного исключения отрицательного воздействия морозов на грунтовое основание. Степень необходимой защиты грунтового основания зависит от типа грунта, а также от условий, существующих на поверхности площадки и под ее поверхностью.

2. Разработка графиков расчета покрытий

2.1 Основная информация

a) Графики расчета покрытий, представленные в п. 4.4 главы 4 настоящего Руководства, были разработаны с использованием калифорнийского числа несущей способности (CBR) для нежестких покрытий и анализа нагрузки на кромки по формуле Вестергорда для жестких покрытий. Графики составлены для полного веса воздушного судна при условии, что 95 процентов полного веса приходится на основную посадочную тележку шасси и 5 процентов полного веса приходится на носовую тележку. Предполагается, что движение воздушных судов по покрытию в обоих направлениях будет иметь нормальное распределение. Покрытия рассчитываются исходя из анализа статической нагрузки. Не учитывается, что ударные нагрузки повышают требования к толщине покрытия.

b) Обобщенные расчетные кривые построены для одноколесной опоры, опоры со спаренными колесами и основной четырехколесной тележки посадочного шасси. Эти обобщенные кривые построены не для конкретного воздушного судна, а для ряда технических характеристик воздушных судов, которые относятся к репрезентативным воздушным судам гражданской авиации, исключая широкофюзеляжные воздушные суда. Характеристики воздушных судов, принятые для каждого посадочного шасси, приведены в таблицах А4-1, А4-2 и А4-3.

2.2 Нежесткие покрытия

a) Графики расчета нежестких покрытий составлены по методу расчета CBR. CBR представляет собой коэффициент нагрузки, требуемой для обеспечения определенного проникновения стандартного поршня в рассматриваемый материал под действием нагрузки, необходимой для обеспечения аналогичного проникновения в стандартный мелкозернистый, измельченный известняк. Толщина покрытия, необходимая для защиты различных значений CBR от сдвигового разрушения, была разработана в процессе проведения исследований с помощью испытательной установки и обследования эксплуатируемых покрытий. Эти значения толщины были разработаны для нагрузок на одно колесо. Значения для тележки, имеющей более одного колеса, составлены путем вычисления эквивалентной нагрузки на одно колесо тележки, основываясь на деформации. Если установлено эквивалентное одноколесное шасси, толщина секции покрытия может быть определена, исходя из рассмотренных выше соотношений.

b) Указанное на расчетных графиках количество повторений нагрузок приводится в соответствии с количеством вылетов самолетов, взятых за год. Предполагается, что данное количество вылетов за год будет иметь место в течение 20 лет. При разработке расчетных графиков, вылеты переводятся в объем воздействия. Для нежестких покрытий объем воздействия представляет собой меру определенного количества максимальных нагрузок, которые испытывает поверхность покрытия при данном движении воздушных судов. Одна мера воздействия имеет место, когда все точки поверхности покрытия в пределах прохождения трафика подверглись одной максимальной нагрузке, при условии, что нагрузка является равномерной по всей поверхности касания пневматика. Каждый пробег (вылет) воздушного судна может быть преобразован в объем воздействия, используя коэффициент "единичный пробег/воздействие", который разработан при условии нормального распределения и применения стандартных статистических методов. Коэффициенты "пробег/воздействие", используемые при разработке графиков расчета нежестких покрытий, приведены в таблице А4-4. Вылеты за год преобразуются в объем воздействия путем умножения на 20 и деления на коэффициент пробег/воздействие, приведенный в таблице А4-4. На рис. А4-5 приводится взаимосвязь между коэффициентом повторяющейся нагрузки и объемами воздействия. Толщина секции покрытия, определенная в соответствии с подпунктом а), приведенным выше, увеличивается на соответствующий коэффициент повторяющейся нагрузки (рис. А4-5) для получения окончательной толщины покрытия, требуемой для различных уровней воздушного движения.

Таблица А4-1. Одноколесное шасси

Полный вес фунт	(кг)	Давление в пневматике фунт-сила/дюйм^2	(МН/м^2)
30 000	(13 600)	75	(0,52)
45 000	(20 400)	90	(0,62)
60 000	(27 200)	105	(0,72)
75 000	(34 000)	120	(0,83)

Таблица А4-2. Шасси со спаренными колесами

Полный вес фунт	(кг)	Давление в пневматике фунт-сила/дюйм^2	(МН/м^2)	Расстояние между парами колес дюйм	(см)
50 000	(22 700)	90	(0,55)	20	(51)
75 000	(34 000)	110	(0,76)	21	(53)
100 000	(45 400)	140	(0,97)	23	(58)
150 000	(68 000)	160	(1,10)	30	(76)
200 000	(90 700)	200	(1,38)	34	(86)

Таблица А4-3. Шасси с четырехколесными тележками

Полный вес фунт	(кг)	Давление в пневматике фунт-сила/дюйм^2	(МН/м^2)	Расстояние между парами колес дюйм	(см)	Расстояние между тележками дюйм	(см)
100 000	(45 400)	120	(0,83)	20	(51)	45	(114)
150 000	(68 000)	140	(0,97)	20	(51)	45	(114)
200 000	(90 700)	160	(1,10)	21	(53)	46	(117)
300 000	(136 100)	180	(1,24)	26	(66)	51	(130)
400 000	(181 400)	200	(1,38)	30	(76)	55	(140)

Специально разработанные кривые представлены для широкофюзеляжных воздушных судов. Характеристики воздушных судов приведены на расчетных кривых.

Таблица А4-4. Коэффициенты "пробег/воздействие" для нежестких покрытий

Расчетный график	Коэффициент "пробег/воздействие
Одноколесная опора	5,18
Опора со спаренными колесами	3,48
Четырехколесная тележка	1,84
B-747	1,85
DC 10-10	1,82
DC 10-30	1,69
L-1011	1,81

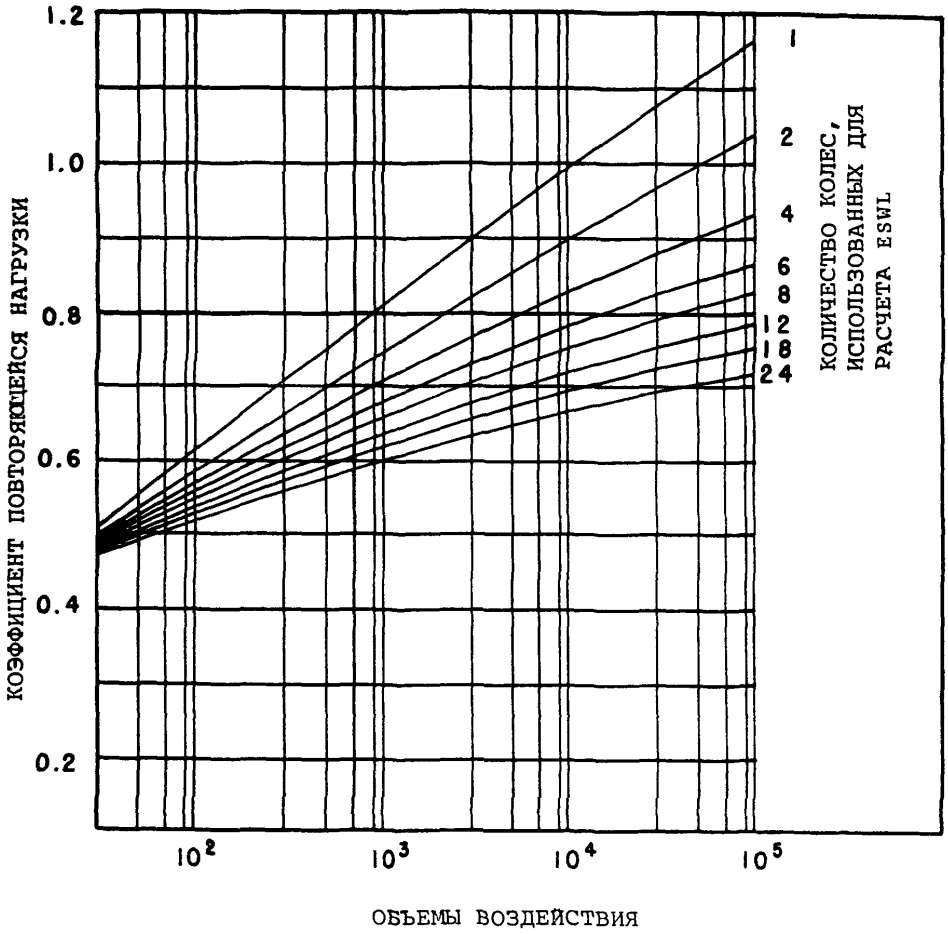
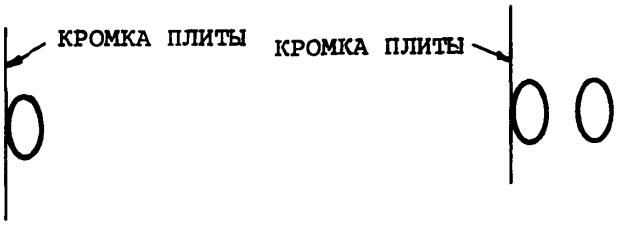
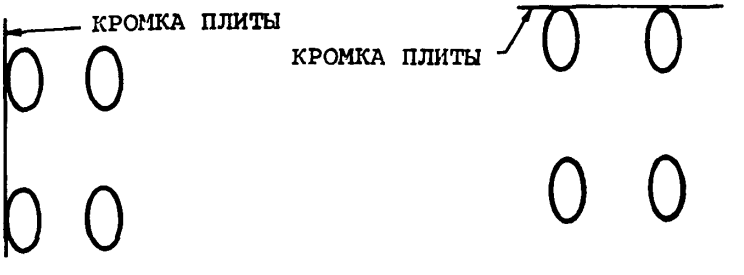


Рис. А4-5. Взаимосвязь коэффициента повторяющейся нагрузки с объемами воздействия



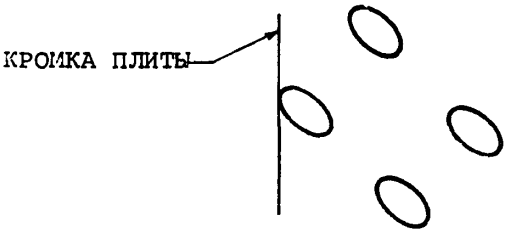
ПО КАСАТЕЛЬНОЙ К ОДНОКОЛЕСНОМУ ШАССИ

ПО КАСАТЕЛЬНОЙ К ШАССИ СО СПАРЕННЫМИ КОЛЕСАМИ



ПО КАСАТЕЛЬНОЙ К ШАССИ С ЧЕТЫРЕХКОЛЕСНОЙ ТЕЛЕЖКОЙ

ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО К ШАССИ СО СПАРЕННЫМИ КОЛЕСАМИ



ВРАЩАЮЩЕЕСЯ ШАССИ СО СПАРЕННЫМИ КОЛЕСАМИ

Рис. А4-6. Положения шасси для анализа жестких покрытий

2.3 Жесткие покрытия

a) Расчет жестких аэропортовых покрытий основан на анализе Вестергорда с помощью нагруженной по краям плиты, покоящейся на плотном текучем основании. Напряжение от нагрузок по краям уменьшается на 25 процентов для учета передачи нагрузки через швы. Расчетные кривые предусмотрены для двух различных случаев нагрузки по краям. На рисунках с 4-46 до 4-54 главы 4 допускается, что четырехколесная тележка проходит либо по касательной к продольному шву, либо перпендикулярно к поперечному шву, в зависимости от того, что вызывает максимальное напряжение. На рисунках с 4-56 по 4-62 этой же главы приведены графики для колес четырехколесной тележки, вращающимся в пределах угла для обеспечения максимального напряжения по краю. Был произведен анализ с помощью ЭВМ для углов от 0 до 90 градусов через каждые 10 градусов. Опоры шасси с одним колесом и со спаренными колесами были проанализированы для тангенциальных нагрузок только по краю, поскольку напряжение максимально именно в данном положении. Эскизы различных положений тележек шасси приведены на рис. 4-6

b) Влияние усталости учитывается путем перевода объема движения воздушных судов в объем воздействия. Концепция воздействия обеспечивает нормализацию данных о технических характеристиках покрытия, которые могут относиться к различным размерам шасси, расстоянию между колесами и нагрузок на покрытия при различных поперечных сечениях. Для жестких покрытий объем воздействия представляет собой меру определенного количества максимальных напряжений, возникающих в плите покрытия при данном движении воздушных судов. Одна мера воздействия имеет место, когда каждая точка покрытия в пределах прохождения трафика испытала максимальное напряжение при условии, что это напряжение является равномерным по всей площади касания пневматика. Каждый пробег (вылет) воздушного судна может быть преобразован в воздействие путем использования коэффициента "единичный пробег/воздействие", который разработан при условии нормального распределения и применения стандартных статистических методов. Коэффициенты "пробег/воздействие", используемые при разработке графиков расчета жестких покрытий, приведены в таблице А4-5. Вылеты за год преобразуются в объем воздействия с расчетом на 20-летний срок эксплуатации. Объем воздействия определяется путем умножения вылетов за год на 20 и деления полученной величины на коэффициент "пробег/воздействие", приведенный в таблице А4-5.

Таблица А4-5. Коэффициенты "пробег/воздействие" для жестких покрытий

Расчетный график	Коэффициент "пробег/воздействие"
Одноколесное шасси	5,18
Спаренные колеса	3,48
Четырехколесные тележки	3,68
B-747	3,70
DC 10-10	3,64
DC 10-30	3,38
L-1011	3,62

c) После превращения количества вылетов в объем воздействия, толщина плиты корректируется в соответствии с усталостной кривой, разработанной инженерной службой на основании данных испытаний на подвижном средстве и наблюдений за состоянием эксплуатируемых покрытий. Усталостное отношение применяется к структуре покрытия, т.е. и плита, и основание включаются в это отношение. Толщина покрытия, необходимая для выдерживания 5000 воздействий расчетной нагрузки, рассматривается как 100-процентная толщина. Можно было бы выбрать уровень воздействия в качестве уровня 100-процентной толщины, если бы можно было хранить соответствующие значения толщины для других уровней воздействия, *приведенных на рис.* A4-7.

d) Требования к толщине покрытия для 5000 воздействий были рассчитаны для различных значений прочности бетона и модулей грунтового основания. Допускаемое напряжение в бетоне для 5000 воздействий было рассчитано путем деления прочности бетона на изгиб на 1,3 (по аналогии с коэффициентом безопасности). Затем для расчета других уровней воздействий значение толщины покрытия, необходимой для обеспечения допустимого напряжения в бетоне для 5000 воздействий, умножается на процент толщины, приведенный на рис. A4-7.

3. Предварительные кривые оценки покрытий, разработанные FAA

3.1 Для упрощения процесса оценки покрытия, описанного в п. 4.4.27.2 главы 4, кривые оценки, используемые ранее FAA, приведены на рис. A4-8 - A4-21 настоящего добавления.

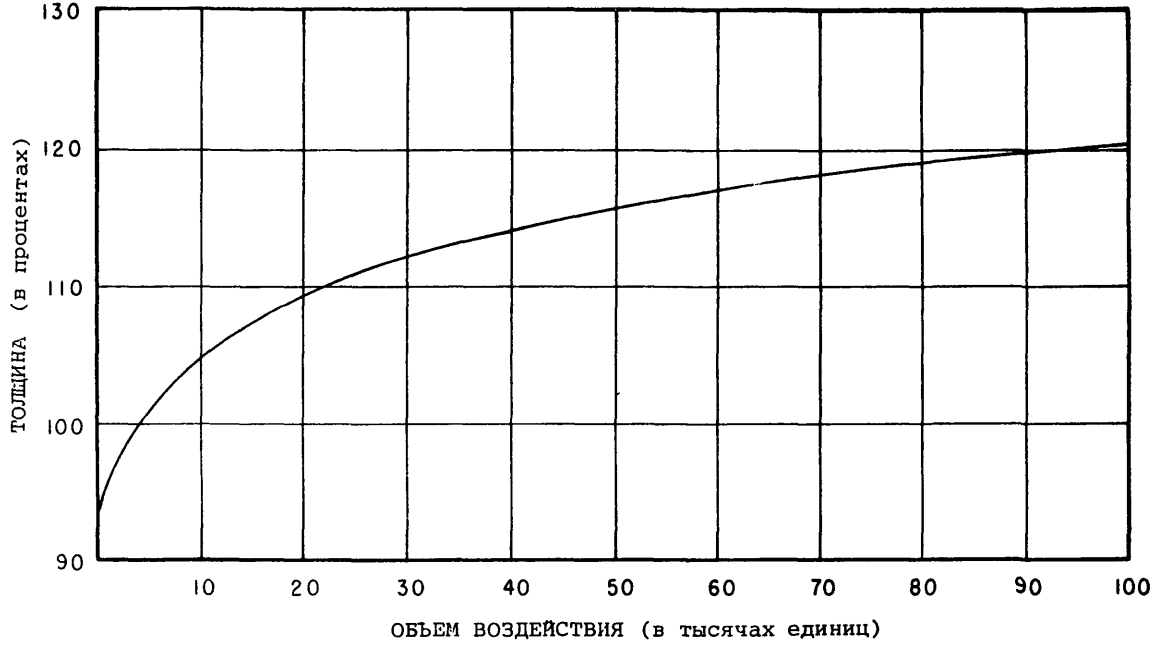


Рис. А4-7. Зависимость толщины от объема воздействия

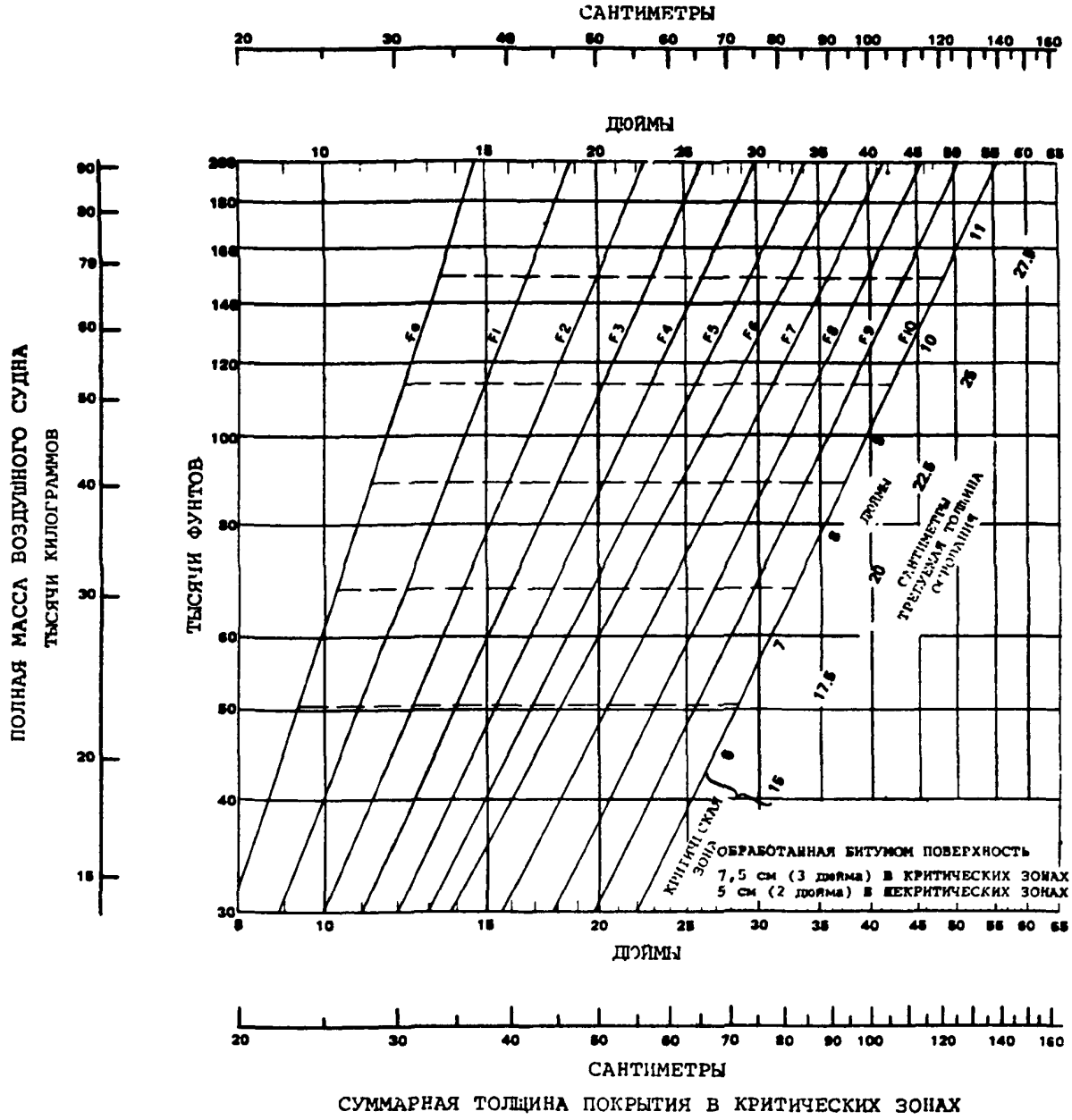


Рис. А4-8. График расчета нежестких покрытий (одноколесная опора шасси)

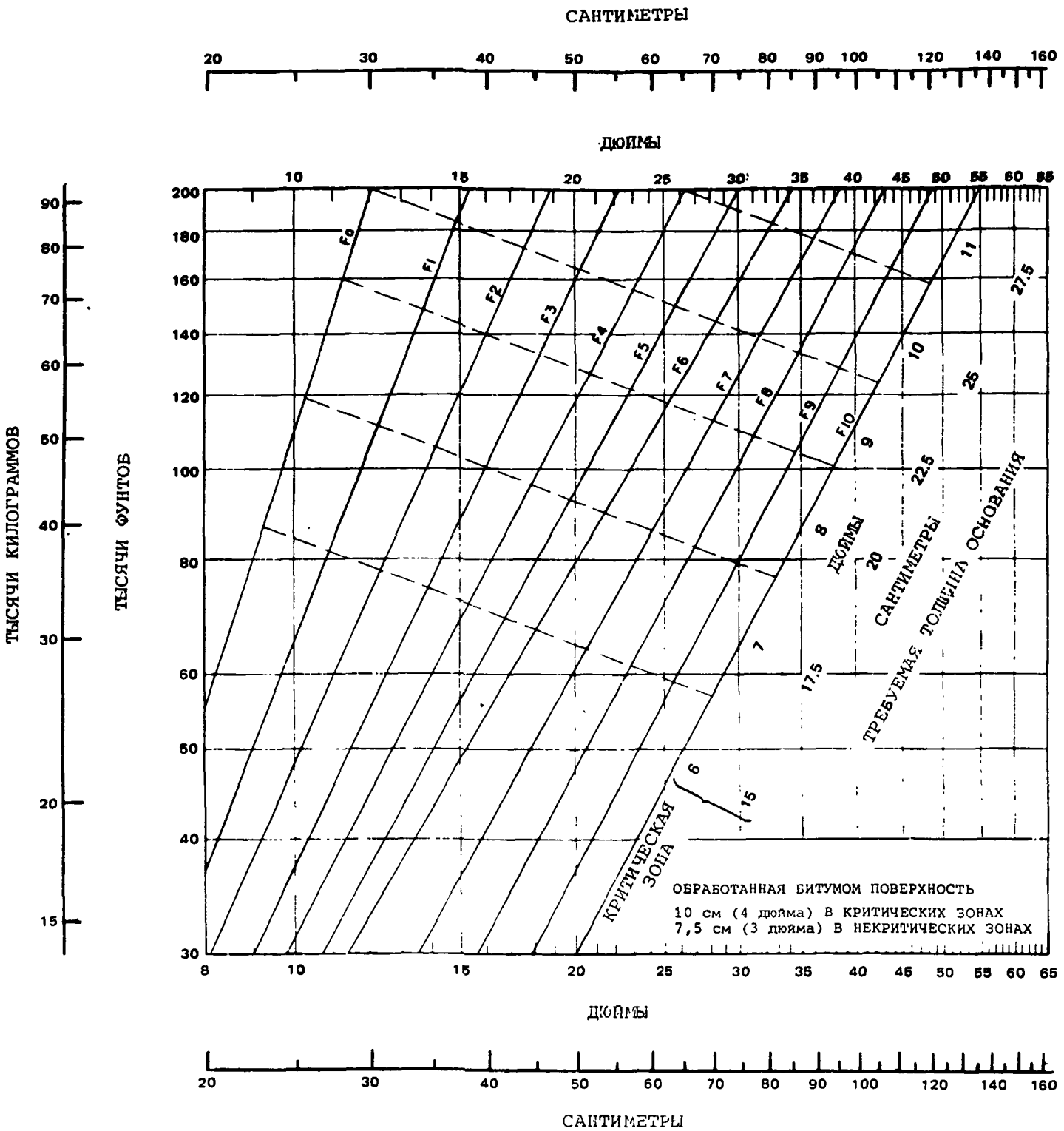


Рис. А4-9. График расчета нежестких покрытий (опора шасси со спаренными колесами)

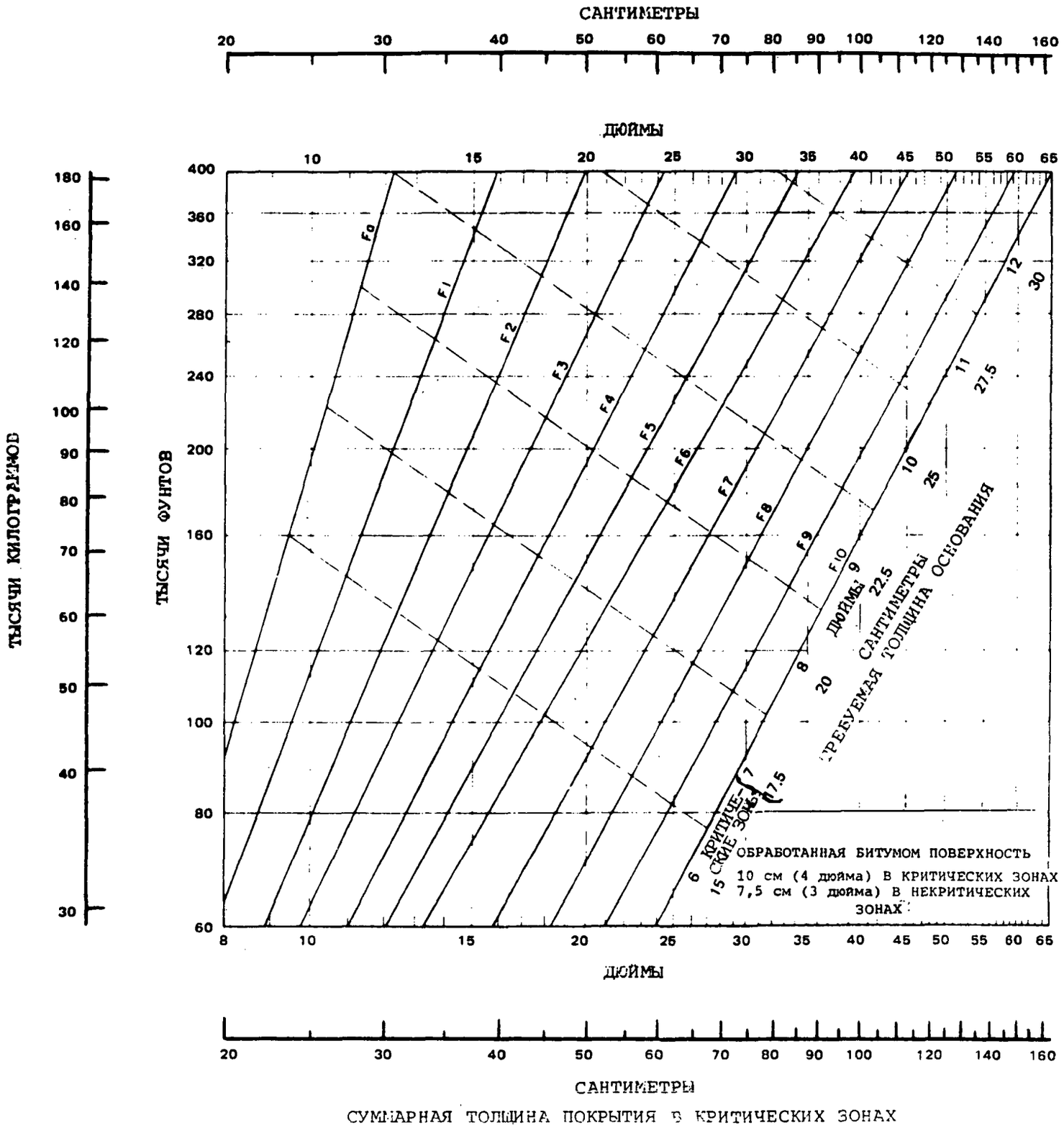


Рис. А4-10. График расчета нежестких покрытий
(опора шасси с четырехколесной тележкой)

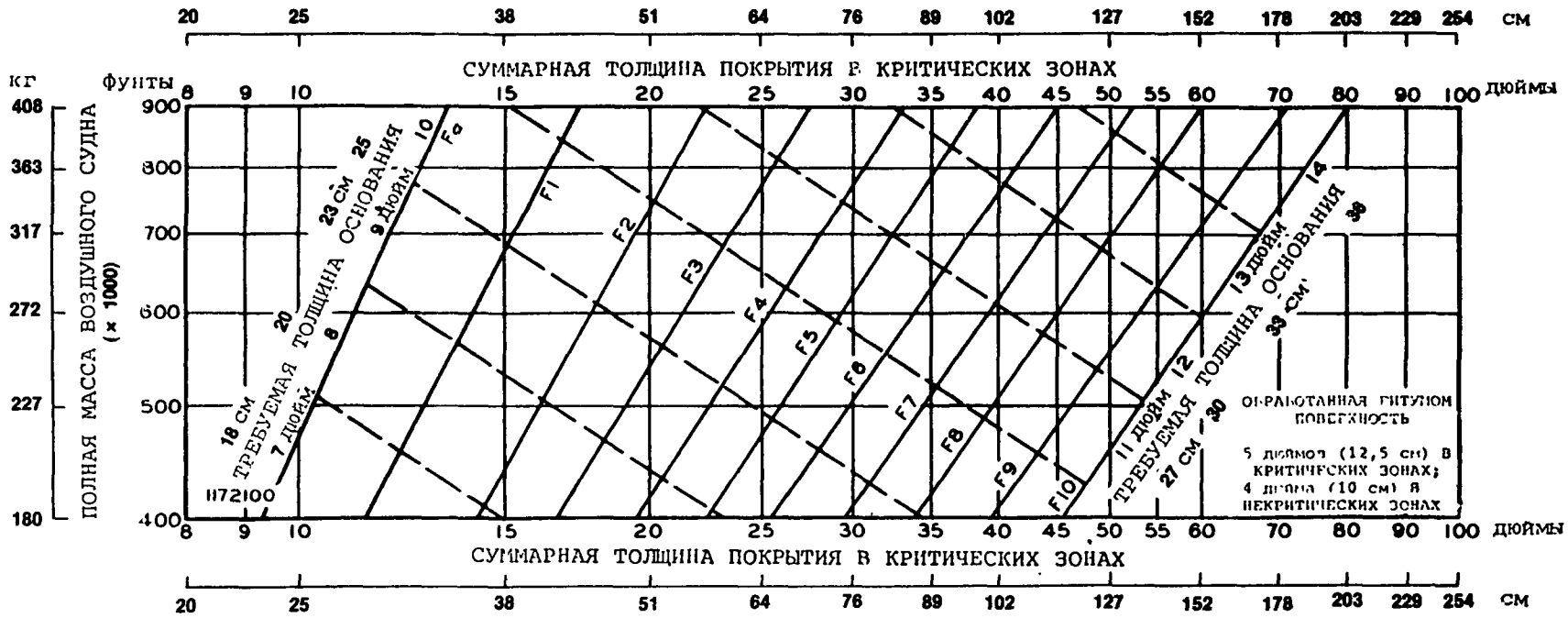


Рис. А4-11. Оценочные кривые для самолета В-747 для нежестких покрытий

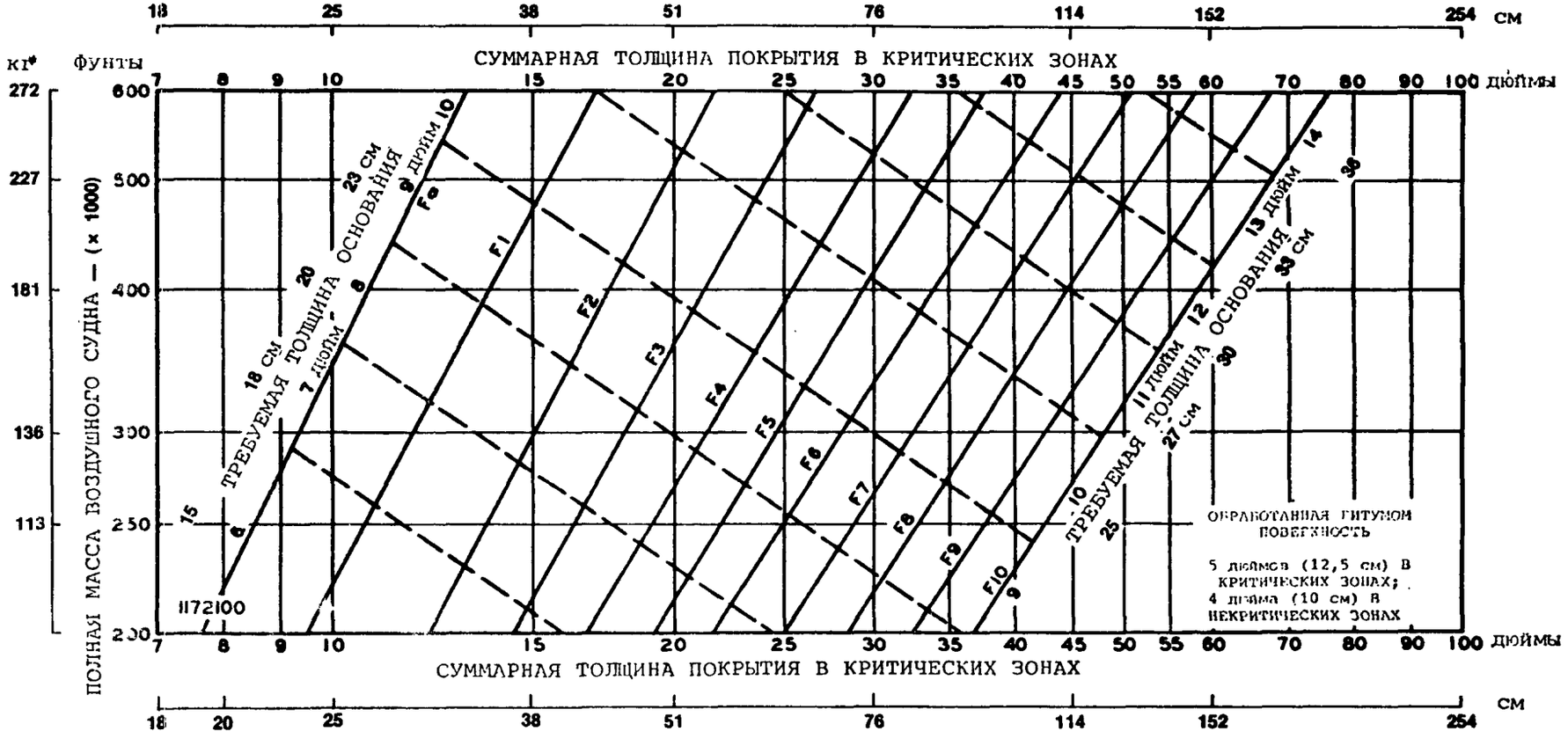


Рис. А4-12. Оценочные кривые для самолета DC10-10 для нежестких покрытий

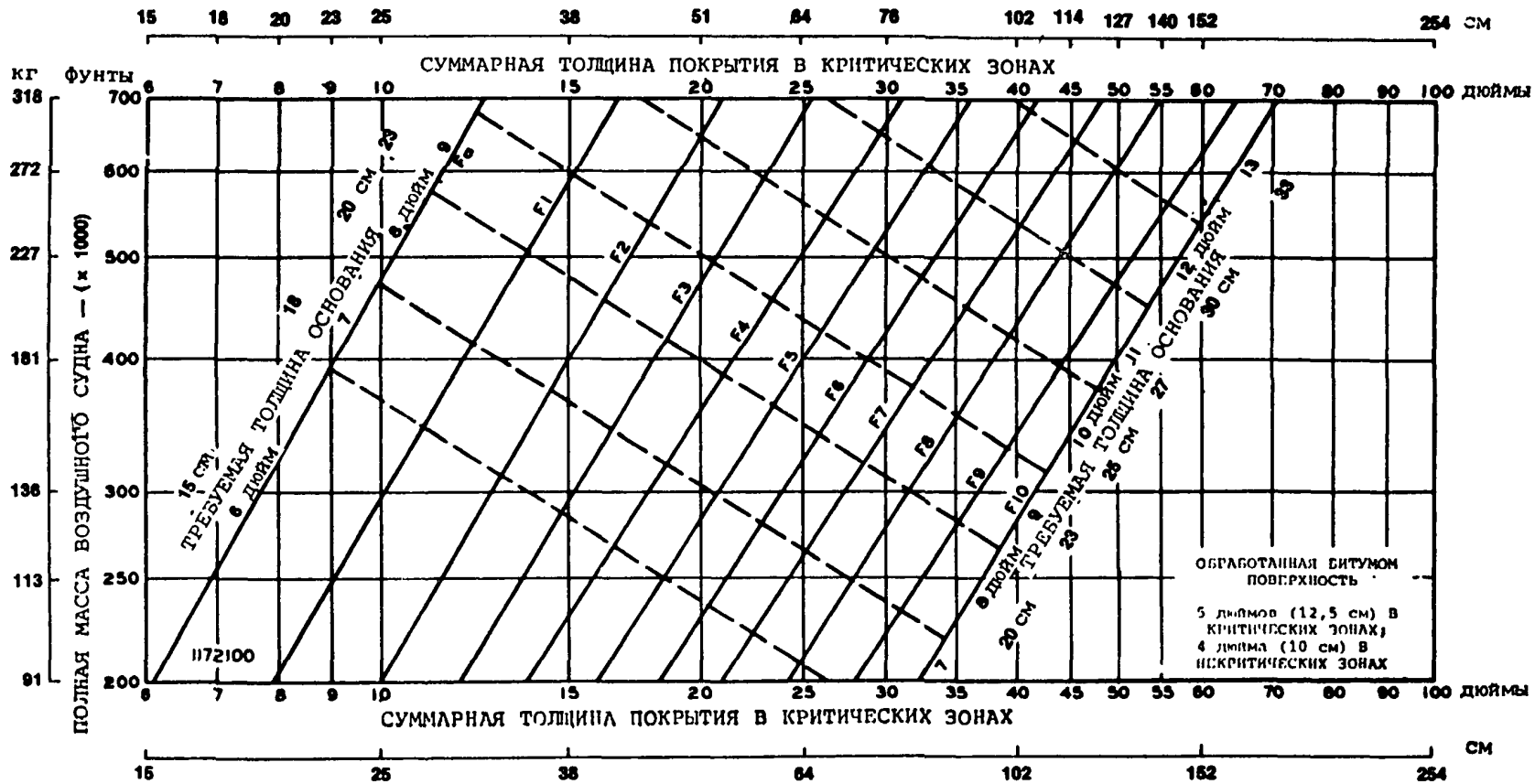


Рис. А4-13. Оценочные кривые для самолета DC10-10 для нежестких покрытий

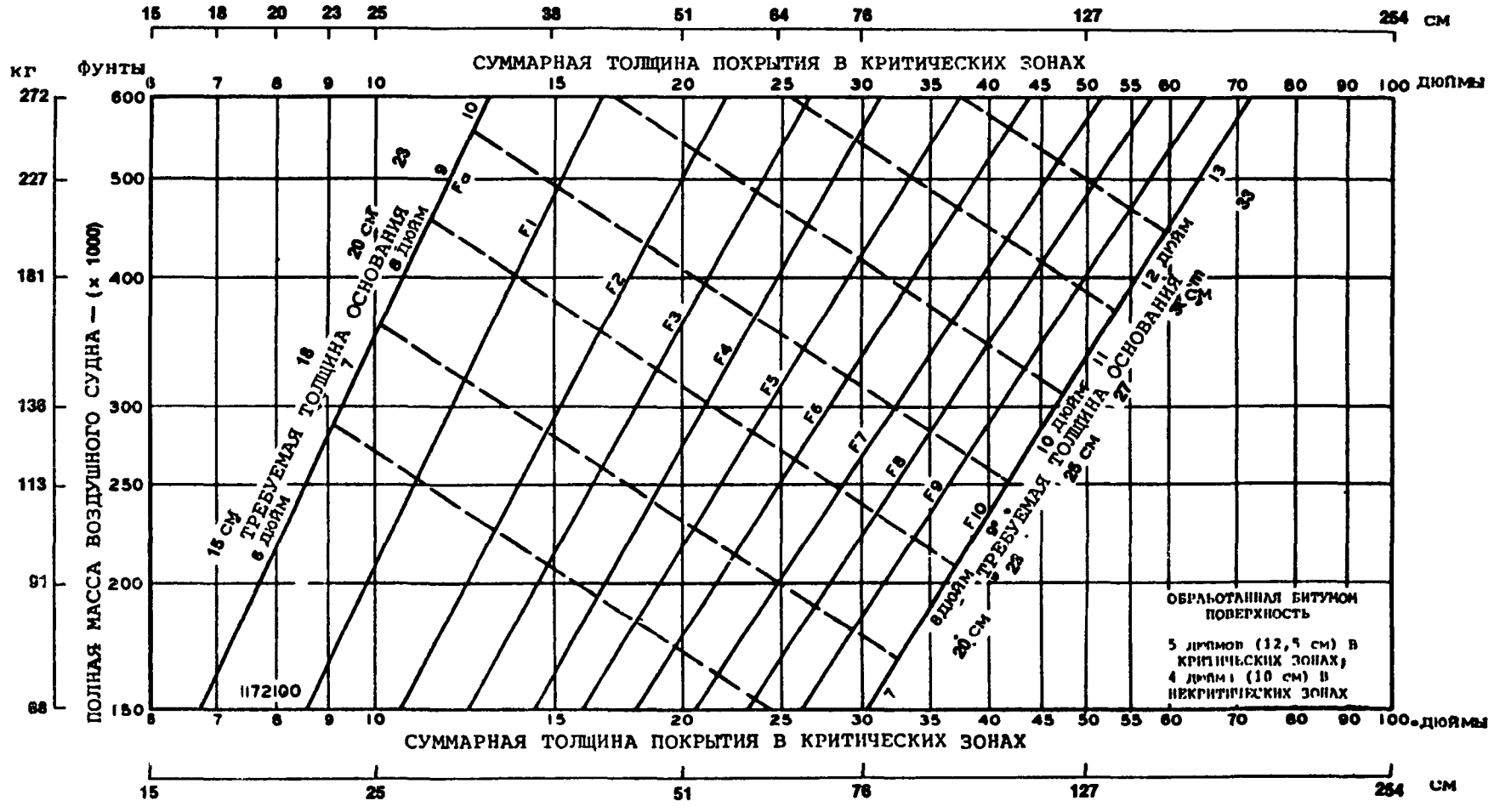


Рис. А4-14. Оценочные кривые для самолета L-1011 для нежестких покрытий

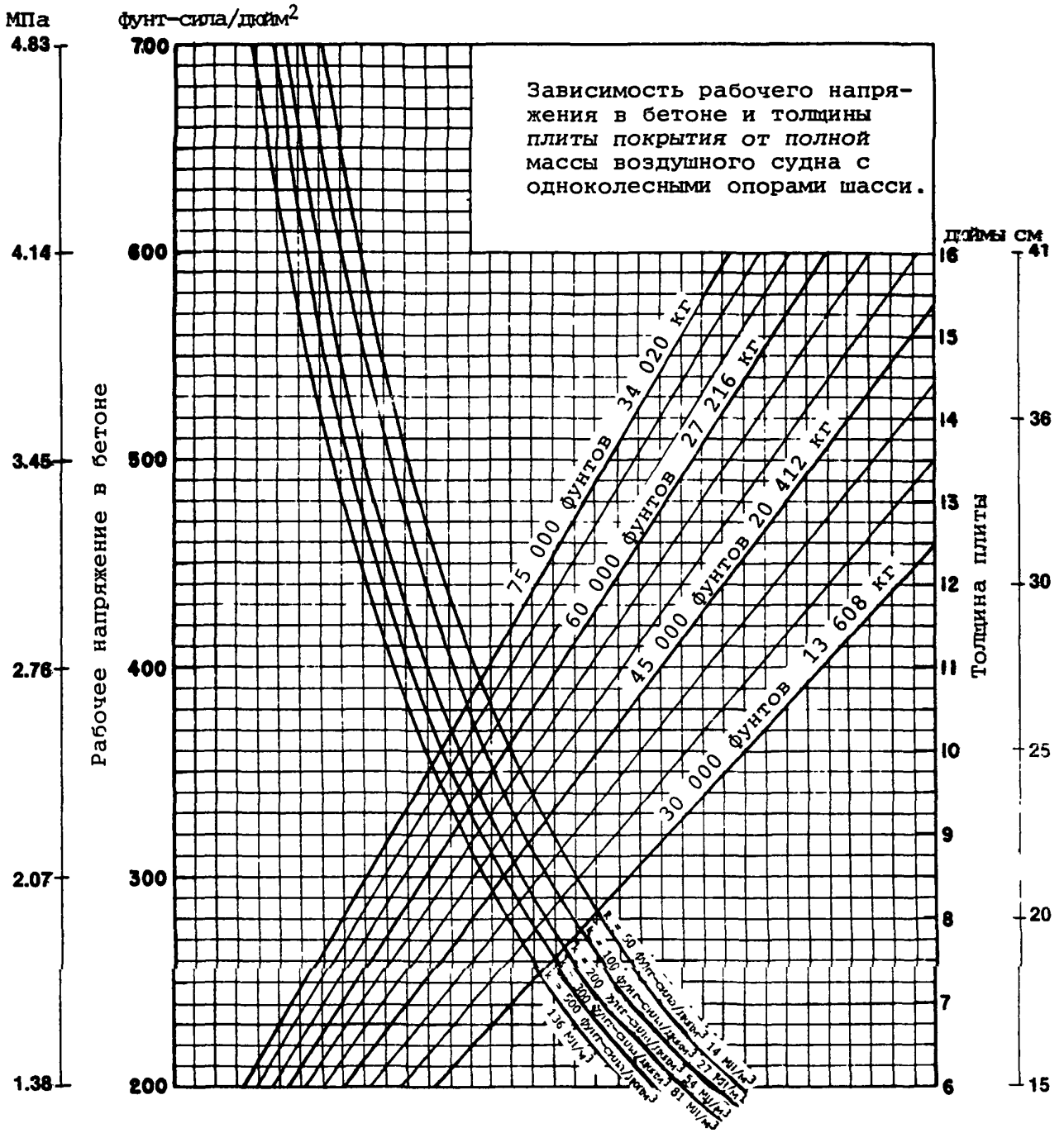


Рис. А4-15. Оценочные кривые для жестких покрытий покрытии - одноколесные опоры шасси

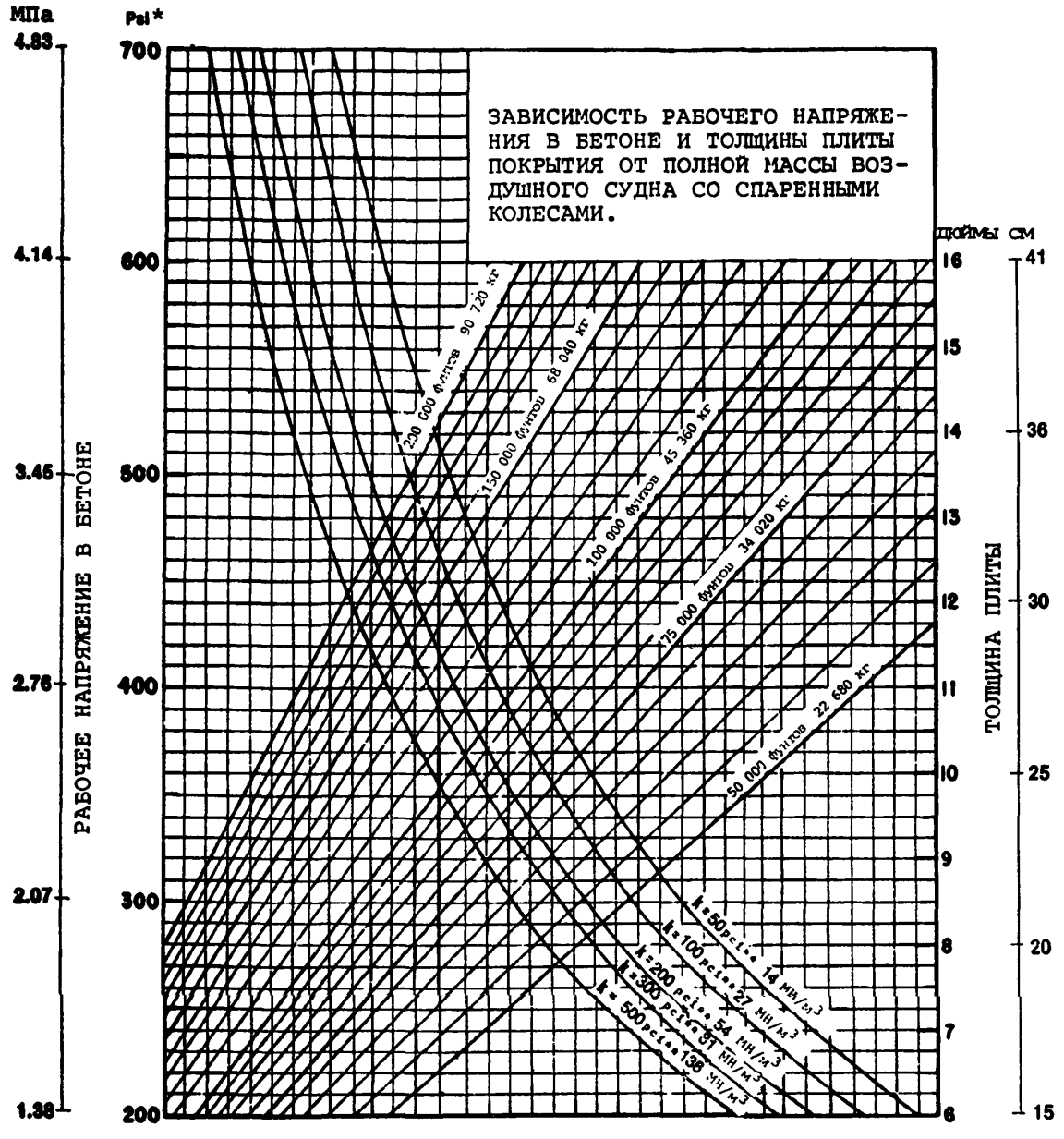


Рис. А4-16. Оценочные кривые для жестких покрытий - со спаренными колесами

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

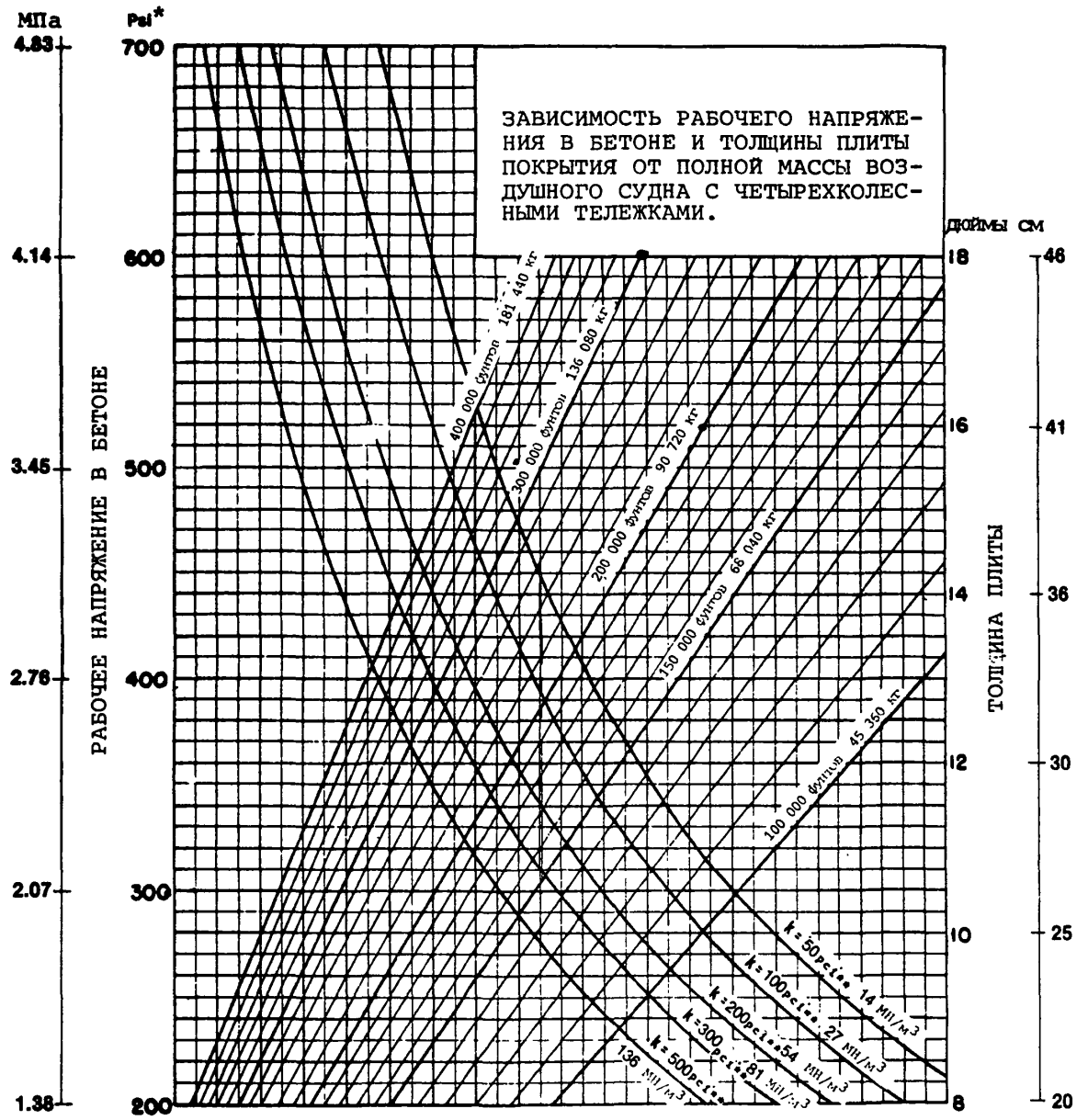


Рис. А4-17. Оценочные кривые для жестких покрытий - с четырехколесными тележками.

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

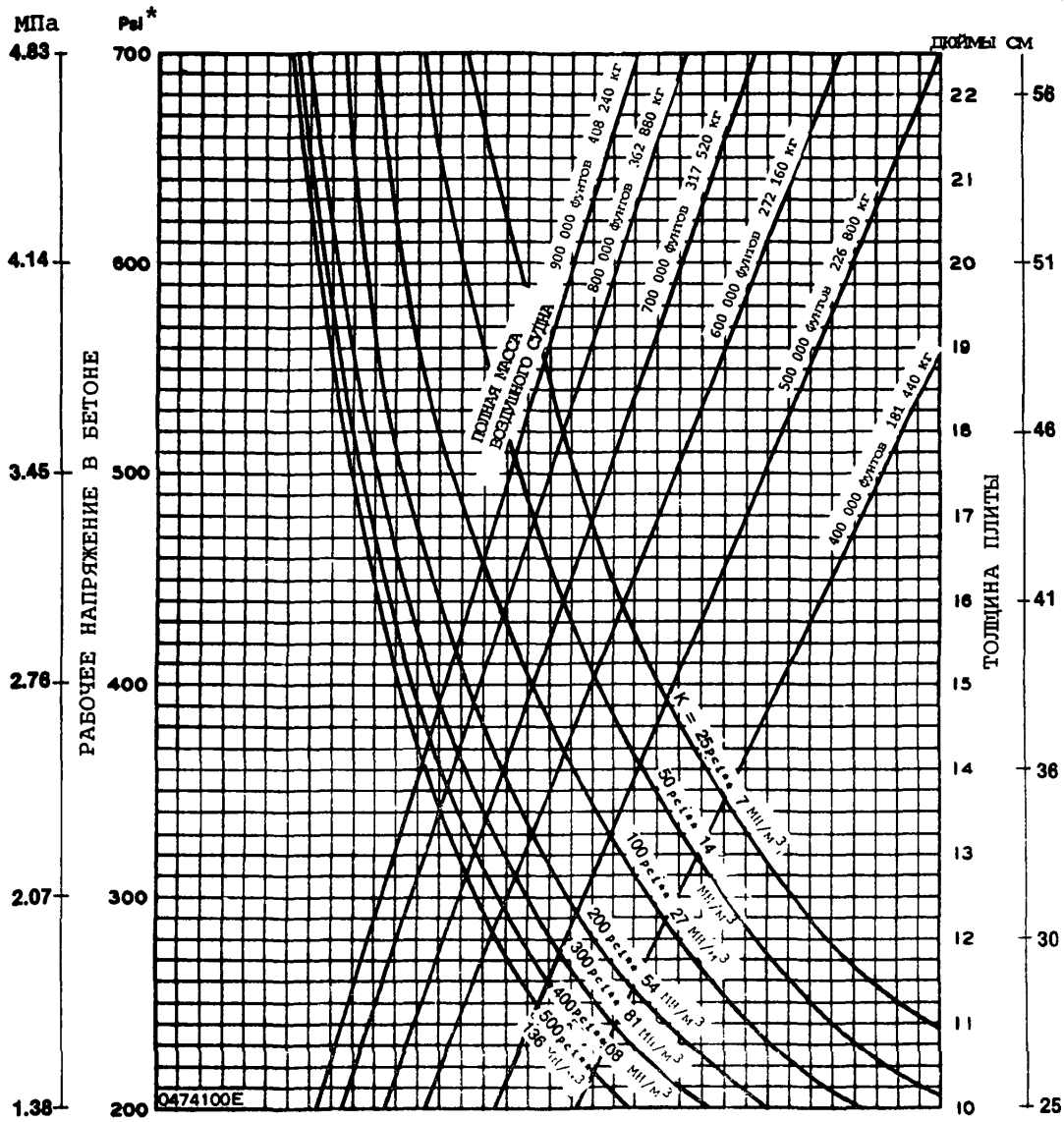


Рис. А4-18. Оценочные кривые для жестких покрытий - для самолета В-747.

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

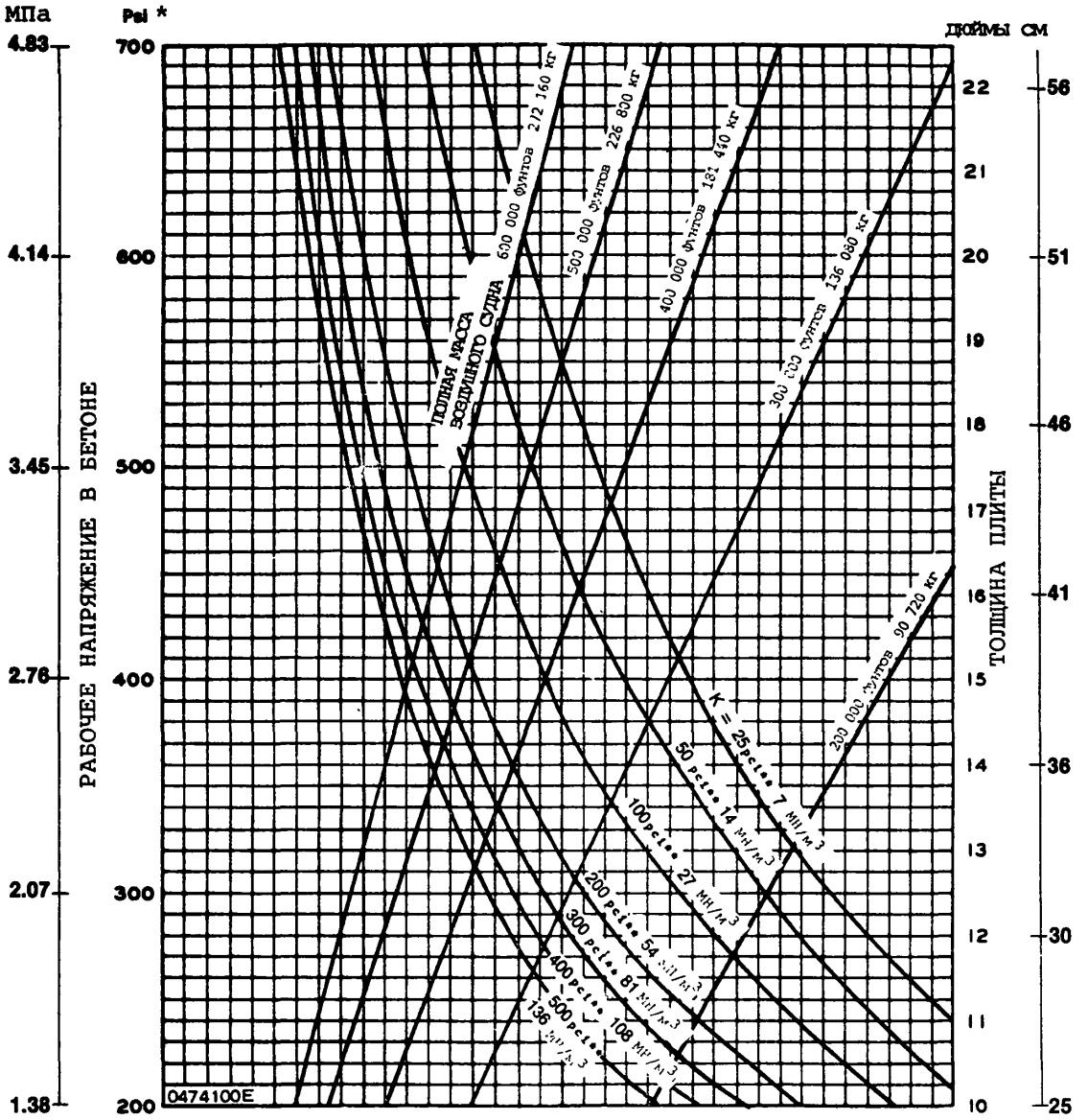


Рис. А4-19. Оценочные кривые для жестких покрытий - для самолета DC 10-10.

*Фунты на квадратных дюйма

** Фунты на кубический дюйм

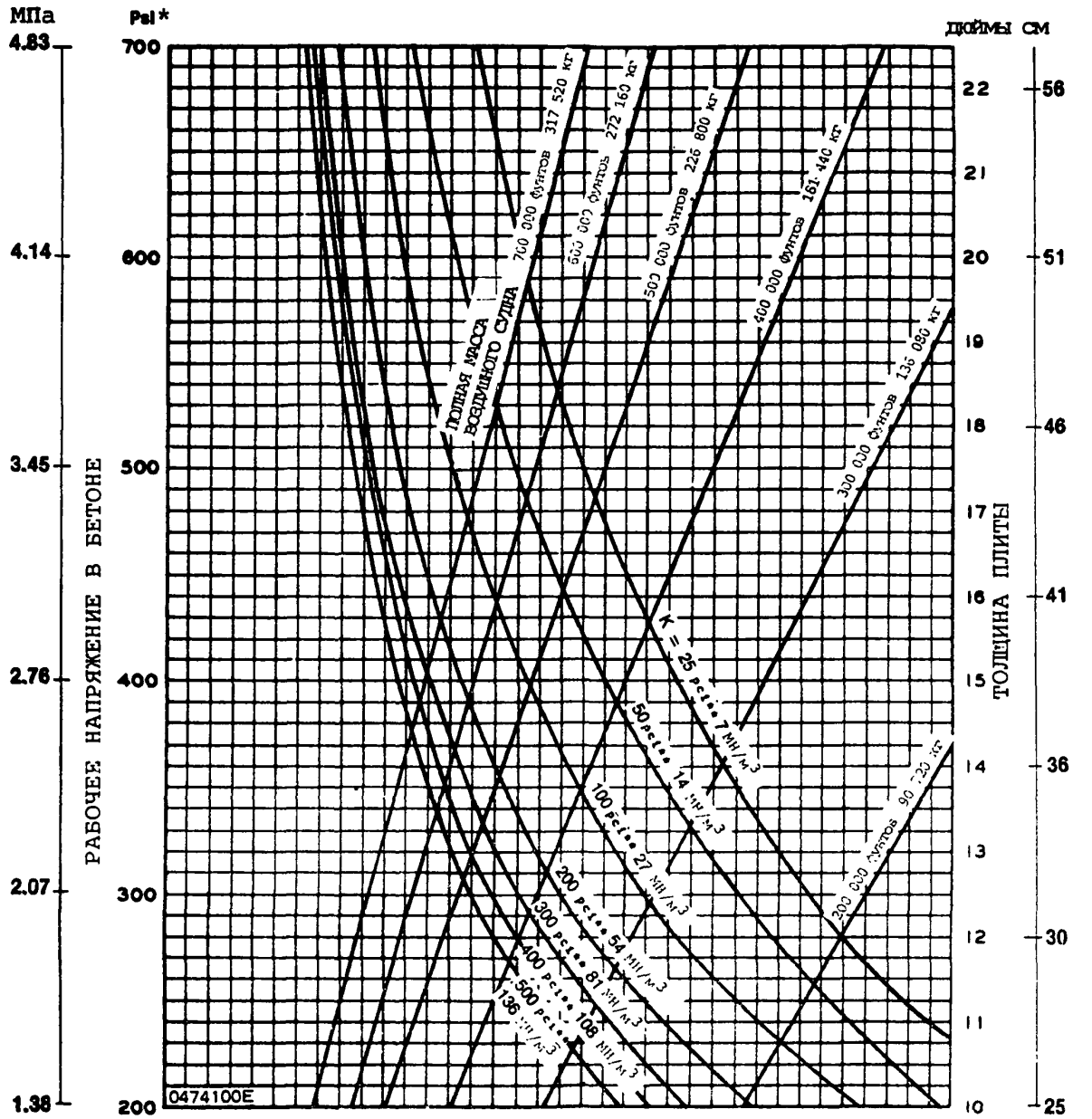


Рис. А4-20. Оценочные кривые для жестких покрытий - для самолета DC-10-30.

---

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

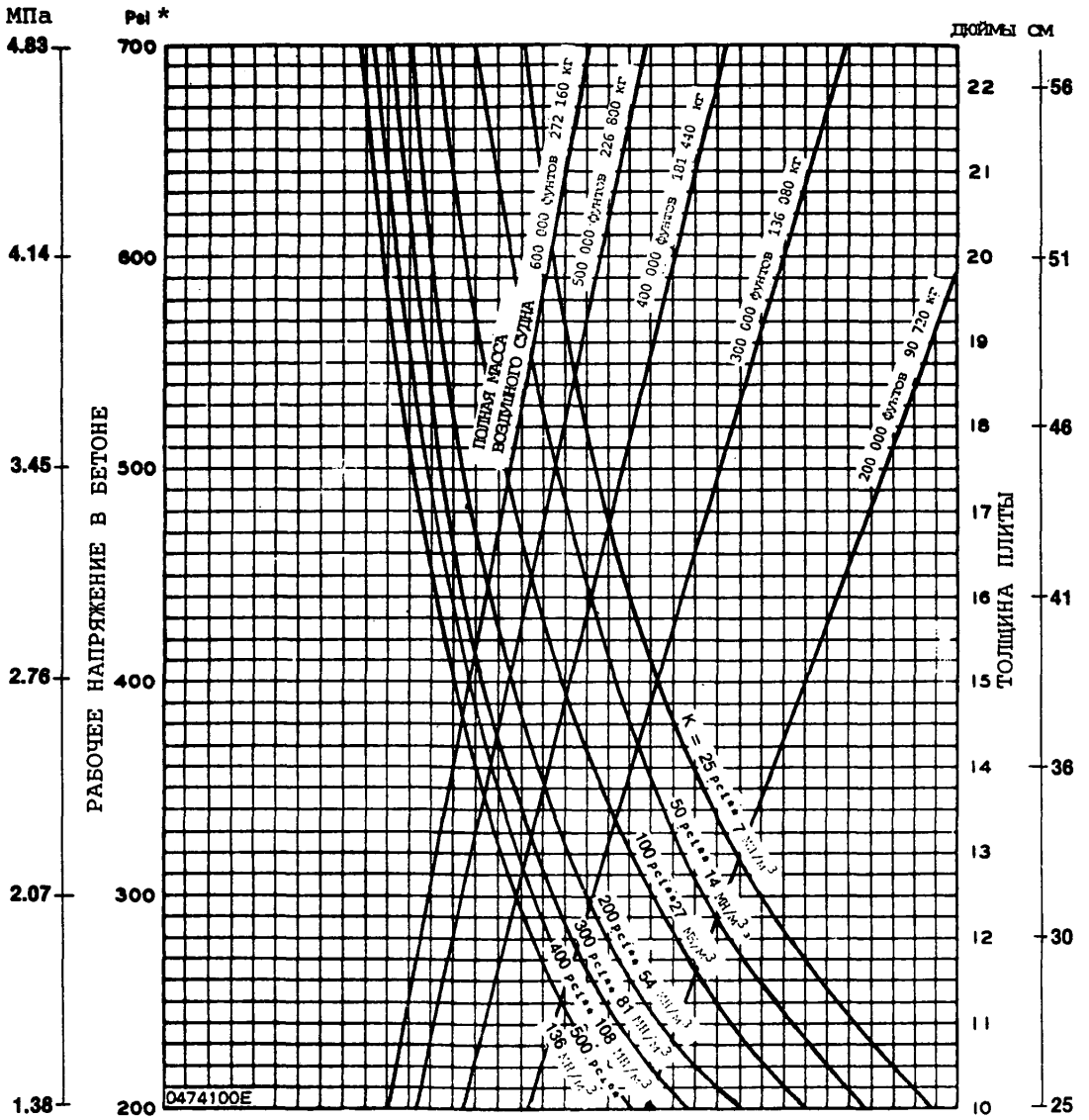


Рис. А-21. Оценочные кривые для жестких покрытий - для самолета L-1011

*Фунты на квадратный дюйм

** Фунты на кубический дюйм

ДОБАВЛЕНИЕ 5.

ACNS ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

1. Введение

1.1 Для удобства пользования в таблице А5-1 приведены результаты оценки использования имеющихся воздушных судов различных типов на жестких и нежестких покрытиях. Оценка составлена с помощью программ ЭВМ, содержащихся в добавлении 2. Приведенные во второй колонке таблицы две полные полетные массы воздушных судов каждого типа представляют соответственно максимальную массу на перроне (стоянке) и типовую эксплуатационную массу пустого самолета. При расчете ACN для любой промежуточной массы предполагаются линейные изменения ACN массы пустого самолета до максимальной массы на перроне.

ТАБЛИЦА А5-1. ACN_S ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ЖЕСТКИЕ И НЕЖЕСТКИЕ ПОКРЫТИЯ

Тип воздушного судна	Полная полетная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	Давление в пневматике (МПа)	ACN ДЛЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ - МН/м³ Высокая прочность 150	Средняя прочность 80	Низкая прочность 40	Очень низкая прочность 20	ACN ДЛЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ НЕЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ - CBR Высокая прочность 15	Средняя прочность 10	Низкая прочность 6	Очень низкая прочность 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Аэробус А300 Модель В2	137 000	47.0	1.2	35	42	50	58	39	43	53	68
	85 910			18	21	25	29	20	22	24	34
Аэробус А300 Модель В2	142 000	47.0	1.29	35	45	53	61	40	45	55	71
	85 910			19	22	26	30	21	22	25	34
Аэробус А300 Модель В4	150 000	47.0	1.39	41	49	57	65	43	49	59	76
	88 180			20	22	26	31	21	22	25	35
Аэробус А300 Модель В4	157 000	47.0	1.48	45	53	62	70	46	52	63	80
	88 330			20	22	26	31	21	22	25	36
Аэробус А300 Модель В4	165 000	47.0	1.29	46	55	64	73	49	56	68	84
	88 505			17	20	25	29	20	21	25	36
Аэробус А300-600	165 000	47.0	1.29	46	55	64	73	49	56	68	84
	87 100			17	19	24	28	19	21	24	35
Аэробус А600-600R	170 000	47.4	1.35	49	58	68	78	52	58	71	89
	85 033			17	19	23	28	19	20	23	34
Аэробус А600-600R	171 700	47.4	1.35	50	59	69	79	52	59	72	90
	85 033			17	19	23	28	19	20	23	34
Аэробус А310 200	132 000	46.7	1.23	33	39	46	54	36	40	48	64
	76 616			15	18	21	24	18	19	20	27
Аэробус А310-200	138 600	46.7	1.3	35	42	51	58	39	43	52	68
	76 747			16	18	21	25	18	19	20	28
Аэробус А310 200	142 000	46.7	1.33	37	44	52	60	40	44	54	70
	75 961			15	17	20	23	17	18	20	27
Аэробус А310-300	150 000	47.0	1.42	42	49	58	66	44	49	59	76
	77 037			13	14	17	20	15	15	16	24
Аэробус А310-300	157 000	47.4	1.49	45	54	63	71	47	53	64	81
	78 900			14	15	18	22	15	15	16	25
Аэробус А320-100 Шасси со спаренными колесами	66 000	47.1	1.28	37	40	42	44	33	34	38	44
	37 203			19	20	21	23	18	18	19	22
Аэробус А320-100 Шасси со спаренными колесами	68 000	47.1	1.34	39	41	43	45	35	36	40	46
	39 700			20	22	23	24	19	19	20	23
Аэробус А320-100 Шасси с четырехколесными тележками	68 000	47.1	1.12	18	21	24	28	18	19	23	32
	40 243			9	10	12	14	9	10	11	14

Тип воздушного судна	Полная полетная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	Давление в пневматике (МПа)	ACN для грунтовых оснований жестких покрытий-МН/м³ Высокая прочность 150	Средняя прочность 80	Низкая прочность 40	Очень низкая прочность 20	ACN для грунтовых оснований нежестких покрытий - CBR Высокая прочность 15	Средняя прочность 10	Низкая прочность 6	Очень низкая прочность 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Аэробус А320-200 Шасси со спаренными колесами	73 500	47.0	1.45	44	46	48	50	38	40	44	50
	39 748			20	22	23	25	19	19	20	24
Аэробус А320-200 Шасси со спаренными колесами	73 500	47.0	1.21	18	22	26	30	19	21	26	35
	40 291			9	10	11	13	9	10	11	14
BAC 1-11 Серия 400	39 690	47.5	0.93	25	26	28	29	22	24	27	29
	22 498			13	13	14	15	11	12	13	15
BAC 1-11 Серия 475	44 679	47.5	0.57	22	25	27	28	19	24	28	31
	23 451			10	11	12	13	9	10	12	15
BAC 1-11 Серия 500	47 400	47.5	1.08	32	34	35	36	29	30	33	35
	24 757			15	16	16	17	13	13	15	17
BAe 146 Серия 100	37 308	46.0	0.80	18	20	22	23	17	18	20	24
	23 000			10	11	12	13	10	10	11	13
BAe 146 Серия 100	37 308	46.0	0.52	16	18	19	21	13	16	19	23
	23 000			9	10	11	12	8	9	11	13
BAe 146 Серия 200	40 600	47.1	0.88	22	23	25	26	19	21	23	27
	23 000			11	12	13	14	10	10	11	13
BAe 146 Серия 200	40 600	47.1	0.61	19	21	23	24	16	20	22	27
	23 000			10	11	12	12	8	10	11	13
B707-120B	117 027	46.7	1.17	28	33	39	46	31	34	41	54
	57 833			12	12	15	17	13	14	15	20
B707-320B	148 778	46.0	1.24	38	46	54	62	42	47	57	72
	64 764			13	14	17	20	15	15	17	22
B707-320C (Грузовой)	152 407	46.7	1.24	40	48	57	66	44	49	60	76
	61 463			13	14	16	19	14	15	17	21
B707-320C (Грузопассажирский)	152 407	46.7	1.24	40	48	57	66	44	49	60	76
	67 269			14	15	18	21	16	17	19	24
B707 320/420	143 335	46.0	1.24	36	43	52	59	40	44	54	69
	64 682			13	14	17	20	15	15	17	22
B720	104 326	47.4	1.00	25	30	37	42	29	31	39	51
	50 258			10	11	13	16	11	12	14	18
B720 B	106 594	46.4	1.00	25	30	37	42	29	31	39	51
	52 163			10	11	13	16	11	12	14	18
B727-100	77 110	47.6	1.14	46	48	51	53	41	43	49	54
	41 322			22	23	25	26	20	20	22	26
B727-100C	73 028	47.8	1.09	43	45	48	50	39	40	46	51
	41 322			22	23	25	26	20	21	22	26

Тип воздушного судна	Полная полетная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	Давление в пневматике (МПа)	ACN ДЛЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ-МН/м^3				ACN ДЛЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ НЕЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ - CBR			
				Высокая прочность	Средняя прочность	Низкая прочность	Очень низкая прочность	Высокая прочность	Средняя прочность	Низкая прочность	Очень низкая прочность
				150	80	40	20	15	10	6	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B727-200 (Стандартный)	78 471 / 44 293	48.5	1.15	48 / 24	50 / 26	53 / 27	56 / 29	43 / 22	45 / 23	51 / 25	56 / 29
B727-200 (Модернизированный)	84 005 / 44 270	48.0	1.02	49 / 23	52 / 24	55 / 26	58 / 28	45 / 21	48 / 22	55 / 24	60 / 29
B727-200 (Модернизированный)	86 636 / 44 347	47.7	1.06	51 / 23	54 / 25	58 / 26	60 / 28	47 / 22	50 / 22	56 / 24	61 / 28
B727-200 (Модернизированный)	89 675 / 44 470	46.9	1.15	54 / 23	57 / 25	60 / 27	62 / 28	49 / 21	51 / 22	58 / 24	63 / 28
B727-200 (Модернизированный)	95 254 / 45 677	46.5	1.19	58 / 24	61 / 25	64 / 27	67 / 29	52 / 22	55 / 22	62 / 25	66 / 29
B737-100	44 361 / 26 581	46.2	0.95	23 / 12	24 / 13	26 / 14	27 / 15	20 / 12	22 / 12	24 / 13	28 / 15
B737-200	45 722 / 27 170	46.4	0.97	24 / 13	25 / 14	27 / 15	29 / 16	22 / 12	23 / 12	26 / 14	30 / 16
B737-200	52 616 / 27 125	45.5	1.14	29 / 13	31 / 14	32 / 15	34 / 16	26 / 12	27 / 12	30 / 13	34 / 15
B737-200	52 616 / 27 125	45.5	0.66	24 / 11	26 / 12	28 / 13	30 / 14	21 / 10	25 / 11	29 / 13	34 / 15
B737-200/200C Модернизированный)	C 53 297 / 29 257	46.4	1.16	30 / 15	32 / 16	34 / 17	35 / 18	27 / 14	28 / 14	31 / 15	36 / 17
B737-200/200C Модернизированный)	C 56 699 / 28 985	46.3	1.23	33 / 15	34 / 16	36 / 17	38 / 18	29 / 14	30 / 14	34 / 15	38 / 17
737-200 Модернизированный)	58 332 / 29 620	46.0	1.25	34 / 15	36 / 16	38 / 17	39 / 18	30 / 14	31 / 14	35 / 15	39 / 17
B737-300	61 462 / 32 904	45.9	1.34	37 / 18	39 / 18	41 / 20	42 / 21	32 / 16	33 / 16	37 / 17	41 / 20
B737-300	61 462 / 32 904	45.9	1.14	35 / 17	37 / 18	39 / 19	41 / 20	31 / 15	33 / 16	37 / 17	41 / 20
B737-400	64 864 / 33 643	46.9	1.44	41 / 19	43 / 20	45 / 21	47 / 22	35 / 16	37 / 17	41 / 18	45 / 21
B737-500*	60 781 / 31 312	46.1	1.34	37 / 17	38 / 17	40 / 19	42 / 19	32 / 15	33 / 15	37 / 16	41 / 19
B747-100	323 410 / 162 385	23.4	1.50	41 / 17	48 / 19	57 / 22	65 / 25	44 / 19	48 / 20	58 / 22	77 / 28
B747-100B	334 749 / 173 036	23.1	1.56	43 / 18	50 / 20	59 / 24	68 / 28	46 / 20	50 / 21	60 / 24	80 / 30

* Предварительные данные

Тип воздушного судна	Полная полетная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	Давление в пневматике (МПа)	ACN для грунтовых оснований жестких покрытий-МН/м^3 Высокая прочность 150	Средняя прочность 80	Низкая прочность 40	Очень низкая прочность 20	ACN для грунтовых оснований нежестких покрытий - CBR Высокая прочность 15	Средняя прочность 10	Низкая прочность 6	Очень низкая прочность 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B747-100B	341 553	23.1	1.32	41	49	58	68	46	51	62	82
	171 870			17	19	22	26	20	21	23	30
B747-100B SR	260 362	24.1	1.04	27	32	40	47	33	36	43	59
	164 543			16	17	21	25	19	20	23	30
B747SP	302 093	22.9	1.30	35	42	51	59	40	44	52	71
	147 716			14	16	19	22	17	17	19	25
B747SP	318 881	21.9	1.40	37	44	52	60	41	45	54	72
	147 996			14	15	18	21	16	17	18	23
B747-200B	352 893	23.6	1.37	45	53	64	73	50	55	67	88
	172 886			18	20	24	28	21	22	24	31
B747-200C	373 305	23.1	1.30	46	55	66	76	52	57	70	92
	166 749			16	18	21	25	19	20	22	29
B747-200F/300	379 201	23.2	1.39	47	57	68	78	53	59	73	94
	156 642			16	17	20	24	18	19	21	26
B747-400	395 987	23.4	1.41	53	63	75	85	57	64	79	101
	178 459			19	21	25	29	21	22	25	32
B757-200	109 316	45.2	1.17	27	32	38	44	29	32	39	52
	60 260			12	14	17	19	14	14	17	22
B767-200	143 789	46.2	1.31	33	38	46	54	37	40	47	65
	78 976			15	17	20	24	18	19	21	26
B767-200-ER	159 755	46.9	1.21	37	44	54	63	43	47	57	77
	80 853			16	18	21	25	19	19	22	28
B767-300	159 665	47.5	1.21	38	45	54	63	43	48	58	78
	86 070			17	19	23	27	20	21	24	32
B767-300-ER	172 819	46.9	1.31	43	51	61	71	48	53	65	86
	87 926			18	20	24	28	21	22	24	32
B767-300-ER	185 520	46.0	1.38	47	56	66	76	51	57	70	92
	88 470			18	20	24	28	21	22	24	31
Каравелла Серия 10	52 000	46.1	0.75	15	17	20	22	15	17	19	23
	29 034			7	8	9	10	7	7	9	11
Каравелла Серия 12	55 960	46.0	0.88	16	19	22	25	17	19	21	26
	31 800			8	9	10	12	8	9	10	12
Конкорд	185 066	48.0	1.26	61	71	82	91	65	72	81	98
	78 698			21	22	25	29	21	22	26	32
Канадэр CL 44	95 708	47.5	1.12	25	30	35	40	27	30	36	47
	40 370			9	10	11	13	9	10	11	14

Тип воздушного судна	Полная полетная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	Давление в пневматике (МПа)	ACN ДЛЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ-МН/м^3 Высокая прочность 150	Средняя прочность 80	Низкая прочность 40	Очень низкая прочность 20	ACN ДЛЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ НЕЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ - CBR Высокая прочность 15	Средняя прочность 10	Низкая прочность 6	Очень низкая прочность 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Конвэр 880 М	87 770 40 195	46.6	1.03	26 9	31 10	36 12	41 14	27 10	31 10	36 12	44 15
Конвэр 990	115 666 54 685	48.5	1.28	41 15	48 17	54 19	60 22	40 15	45 16	53 19	64 24
DC-3	11 430 7 767	46.8	0.31	6 4	7 5	7 5	7 5	4 3	6 4	8 5	9 6
DC-4	33 113 22 075	46.8	0.53	13 8	15 9	17 10	18 11	11 7	14 9	16 10	20 12
DC-8-43	144 242 61 919	46.5	1.22	41 15	49 16	57 18	65 21	43 15	49 16	59 18	74 23
DC-8-55	148 778 62 716	47.0	1.30	45 15	53 16	62 19	69 22	46 15	53 16	63 18	78 24
DC-8-61/71	148 778 68 992	48.0	1.30	46 17	54 19	63 22	71 25	48 18	54 19	64 21	80 28
DC-8-62/72	160 121 65 025	46.5	1.29	47 15	56 16	65 19	73 22	49 16	56 16	67 18	83 24
DC-8-63/73	162 386 72 002	47.6	1.34	50 17	60 19	69 23	78 26	52 18	59 19	71 22	87 29
DC-9-15	41 504 22 300	46.2	0.90	23 11	25 12	26 13	28 14	21 10	22 11	26 12	28 14
DC-9-21	45 813 23 879	47.2	0.98	27 12	29 13	30 14	32 15	24 11	26 12	29 13	32 15
DC-9-32	49 442 25 789	46.2	1.07	29 14	31 15	33 15	34 16	26 12	28 13	31 14	34 16
DC-9-41	52 163 27 821	46.7	1.10	32 15	34 16	35 17	37 18	28 13	30 14	33 15	37 18
DC-9-51	55 338 29 336	47.0	1.17	35 17	37 17	39 18	40 19	31 15	32 15	36 16	39 19
MD-81	63 957 35 571	47.8	1.17	41 20	43 21	45 23	46 24	36 18	38 19	43 21	46 24
MD-82/88	68 266 35 629	47.6	1.27	45 21	47 22	49 24	50 25	39 18	42 19	46 20	50 24
MD-83	73 023 36 230	47.4	1.34	49 21	51 22	53 24	55 25	42 18	46 19	50 21	54 24
MD-87	68 266 33 965	47.4	1.27	45 19	47 21	49 22	50 23	39 17	42 18	46 19	50 22

Тип воздушного судна	Полная полетная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору массы (%)	Давление в пневматике (МПа)	ACN ДЛЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ - ЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ-МН/м^3 Высокая прочность 150	Средняя прочность 80	Низкая прочность 40	Очень низкая прочность 20	ACN ДЛЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ НЕЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ - CBR Высокая прочность 15	Средняя прочность 10	Низкая прочность 6	Очень низкая прочность 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DC-10-10	196 406 108 940	47.2	1.28	45 23	52 25	63 28	73 33	52 26	57 27	68 30	93 38
DC-10-10	200 942 105 279	46.9	1.31	46 22	54 24	64 27	75 31	54 24	58 25	69 28	96 36
DC-10-15	207 746 105 279	46.7	1.34	48 22	56 24	67 27	74 31	55 24	61 25	72 28	100 36
DC-10-30/40	253 105 120 742	37.7	1.17	44 20	53 21	64 24	75 28	53 22	59 23	70 25	97 32
DC-10-30/40	260 816 124 058	37.6	1.21	46 20	55 21	67 25	78 29	56 23	61 23	74 26	101 33
DC-10-30/40	268 981 124 058	37.9	1.24	49 20	59 21	71 25	83 29	59 23	64 23	78 26	106 33
MD-11	274 650 127 000	39.2	1.41	56 23	66 25	79 28	92 32	64 25	70 26	85 29	114 37
DCH 7 DASH 7	19 867 11 793	46.8	0.74	11 6	12 6	13 7	13 7	10 5	11 6	12 6	14 8
ФОККЕР 27 Mk500	19 777 11 879	47.5	0.54	10 5	11 6	12 6	12 7	8 4	10 5	12 6	13 7
ФОККЕР 50 HTP	20 820 12 649	47.8	0.59/ 0.55	10 6	11 6	12 7	13 7	8 5	10 5	12 6	14 8
ФОККЕР 50 LTP	20 820 12 649	47.8	0.41	9 5	10 5	11 6	12 7	6 4	9 5	11 6	14 8
ФОККЕР 28 Mk1000LTP	29 484 15 650	46.3	0.58	14 6	15 7	17 8	18 9	11 5	14 6	16 7	19 9
ФОККЕР 28 Mk1000HTP	29 484 16 550	46.3	0.69	15 8	16 8	18 9	18 10	13 6	15 7	17 8	20 10
ФОККЕР 100	44 680 24 375	47.8	0.98	28 13	29 14	31 15	32 16	25 12	27 13	30 14	32 16
HS125-400A -400B	10 600 5 683	45.5	0.77	6 3	6 3	7 6	7 3	5 2	5 3	6 3	7 3
HS125-600A -600B	11 340 5 683	45.5	0.83	7 3	7 3	7 3	8 3	5 2	6 3	7 3	8 3
HS748	21 092 12 183	43.6	0.59	10 5	11 5	11 6	12 6	8 4	9 5	11 6	13 7
ИЛ-62	162 600 66 400	47.0	1.08	42 14	50 15	60 18	69 20	47 16	54 17	64 18	79 24

Тип воздушного судна	Полная полетная масса (кг)	Нагрузка на одну основную опору шасси (%)	Давление в пневматике (МПа)	АСН ДЛЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ-МН/м³ Высокая прочность 150	Средняя прочность 80	Низкая прочность 40	Очень низкая прочность 20	АСН ДЛЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ НЕЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ - CBR Высокая прочность 15	Средняя прочность 10	Низкая прочность 6	Очень низкая прочность 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ИЛ-62М	168 000 71 400	47.0	1.08	43 16	52 17	62 19	71 22	50 17	57 18	67 20	83 26
ИЛ-76Т	171 000 83 800	23.5	0.64	38 11	38 14	38 16	39 16	37 15	40 16	45 18	53 22
ИЛ-86	209 500 111 000	31.2	0.88	25 13	31 14	38 16	46 19	34 16	36 17	43 19	61 23
L-100-20	70 670 34 205	48.2	0.72	30 14	33 15	36 16	38 17	27 12	31 14	33 15	38 16
L-100-30	70 670 34 701	48.4	0.72	30 14	33 15	36 16	38 17	27 12	31 14	33 15	39 17
L-1011-1	195 952 108 862	47.4	1.33	45 24	52 25	62 28	73 33	52 25	56 27	66 29	91 38
L-1011 -100/200	212 281 110 986	46.8	1.21	46 23	55 24	66 28	78 32	56 25	61 26	73 30	100 38
L-1011 -500	225 889 108 924	46.2	1.27	50 23	59 24	72 27	84 31	60 25	65 26	79 28	107 36
Трайдент 1Е	61 160 33 203	46.0	1.03	32 15	34 16	37 17	39 18	23 10	24 11	27 12	32 15
Трайдент 2Е	65 998 33 980	47.0	1.07	37 16	39 17	42 18	44 19	26 11	28 12	31 13	36 16
Трайдент 3	68 266 39 060	45.5	1.14	37 18	40 19	42 21	44 22	26 13	28 14	31 15	36 18
ТУ-134А	47 600 29 350	45.6	0.83	11 7	13 8	16 9	19 10	12 7	13 8	16 9	21 12
ТУ-154В	98 000 53 500	45.1	0.93	19 8	25 10	32 13	38 17	20 10	24 11	30 13	38 18
VC10-1150	151 953 71 940	48.3	1.01	38 16	46 17	56 20	65 23	44 17	50 18	61 21	77 27

- КОНЕЦ -

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ ИКАО

Ниже приводится статус и общее описание различных серий технических изданий, выпускаемых Международной организацией гражданской авиации. В этот перечень не включены специальные издания, которые не входят ни в одну из указанных серий, например "Каталог аэронавигационных карт ИКАО" или "Метеорологические таблицы для международной аэронавигации".

Международные стандарты и Рекомендуемая практика принимаются Советом ИКАО в соответствии со статьями 54, 37 и 90 Конвенции о международной гражданской авиации и для удобства пользования называются Приложениями к Конвенции. Единообразное применение Договаривающимися государствами требований, включенных в Международные стандарты, признается необходимым для безопасности и регулярности международной аэронавигации, а единообразное применение требований, включенных в Рекомендуемую практику, считается желательным в интересах безопасности, регулярности и эффективности международной аэронавигации. Для обеспечения безопасности и регулярности международной аэронавигации весьма важно знать, какие имеются различия между национальными правилами и практикой того или иного государства и положениями Международного стандарта. В случае же несоблюдения какого-либо Международного стандарта Договаривающееся государство, согласно Статье 38 Конвенции, обязано уведомить об этом Совет. Для обеспечения безопасности аэронавигации могут также иметь значение сведения о различиях с Рекомендуемой практикой, и, хотя Конвенция не предусматривает каких-либо обязательств в этом отношении, Совет просил Договаривающиеся государства уведомлять не только о различиях с Международными стандартами, но и с Рекомендуемой практикой.

Правила аэронавигационного обслуживания (PANS) утверждаются Советом и предназначены для применения во всем мире. Они содержат в основном эксплуатационные правила, которые не получили еще статуса Международных стандартов и Рекомендуемой практики, а также материалы более постоянного характера, которые считаются слишком подробными, чтобы их можно было включить в Приложение, или подвергаются частым изменениям и дополнениям и для которых процесс, предусмотренный Конвенцией, был бы слишком затруднителен.

Дополнительные региональные правила (SUPPS) имеют такой же статус, как и PANS, но применяются только в соответствующих регионах. Они разрабатываются в сводном виде, поскольку некоторые из них распространяются на сопредельные регионы или являются одинаковыми в двух или нескольких регионах.

В соответствии с принципами и политикой Совета подготовка нижеперечисленных изданий производится с санкции Генерального секретаря.

Технические руководства содержат инструктивный и информационный материал, развивающий и дополняющий Международные стандарты, Рекомендуемую практику и PANS, и служат для оказания помощи в их применении.

Аэронавигационные планы конкретизируют требования к средствам и обслуживанию международной аэронавигации в соответствующих аэронавигационных регионах ИКАО. Они готовятся с санкции Генерального секретаря на основе рекомендаций региональных аэронавигационных совещаний и принятых по ним решений Совета. В планы периодически вносятся поправки с учетом изменений требований и положения с внедрением рекомендованных средств и служб.

Циркуляры ИКАО содержат специальную информацию, представляющую интерес для Договаривающихся государств, включая исследования по техническим вопросам.

© ИКАО 1983
5/84, R/P1/200
3/93, R/P2/100

Заказ № 9157P3
Отпечатано в ИКАО

gost.e-ecolog.ru