МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОКРЫТИЙ АЭРОДРОМОВ АВИАЦИИ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ ПО ДАННЫМ ИСПЫТАНИЙ

Москва 2006

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОКРЫТИЙ АЭРОДРОМОВ АВИАЦИИ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ ПО ДАННЫМ ИСПЫТАНИЙ

Утверждены

Начальником 26 ЦНИИ МО РФ

27 июня 2006

Москва 2006

РАЗРАБОТАНЫ Федеральным Государственным Унитарным предприятием «26 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации».

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

ВНЕСЕНЫ Военно-научным комитетом службы расквартирования и обустройства Министерства обороны Российской Федерации.

ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ.

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

СОДЕРЖАНИЕ

1. Методика штамповых испытаний жестких аэродромных покрытий.... 4
1.1.Определение основных физико-механических характеристик покрытия по измеренному объему чаши прогиба..... 4
1.2. Определение основных деформационных характеристик покрытия по измеренным прогибам на расстоянии двух и четырех радиусов от центра штампа..... 11
1.3. Определение основных деформационных характеристик по измеренным деформациям жестких аэродромных покрытий..... 14
1.4. Определение несущей способности сборных железобетонных, предварительно-напряженных плит ПАГ-14, 18 на различных типах оснований..... 22
ПРИЛОЖЕНИЕ А Пример подсчета объема чаши прогиба способом вертикальных сечений 33
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Пример определения основных характеристик Ks, L, и h по данным чаши прогиба, полученной в эксперименте при P = 35 т и d шт = 500 мм. 34
ПРИЛОЖЕНИЕ В Определение l и K по данным статических испытаний 35
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Пример определения характеристик деформативности 36

1. Методика штамповых испытаний жестких аэродромных покрытий.

1.1. Определение основных физико-механических характеристик покрытия по объему чаши прогиба покрытия.

Штамповые испытания покрытий проводятся с целью определения их основных физико-механических и деформационных характеристик, определяющих несущую способность на период их эксплуатации различными типами самолетов (ВС), а также невозможностью проведения адекватных испытаний воздушным судном.

Основными характеристиками несущей способности жестких покрытий являются: чаша прогиба, упругая характеристика, фактическая толщина плиты, модуль упругости, а также прочностные характеристики основания грунта, определяемые величиной коэффициента постели.

Испытания проводятся по следующей методике.

1.1.1. Диаметр штампа чаще всего принимается равным 500 мм из условия эквивалентности отпечатка пневматика от одноколесной нормативной нагрузки 17,0 т с давлением 10 кг/см^2.

1.1.2. Вместо штампа могут быть использованы различные по диаметру жесткие пластины толщиной не менее 20 мм.

1.1.3. В качестве упорного моста может быть использованы разработанные в 26 ЦНИИ МО РФ ИУ-17, ИУ-70 и ИУ-200, загружаемые плитами типа ПАГ или специальными грузами.

Упорный мост служит для передачи нагрузки через гидравлический домкрат на покрытие.

1.1.4. Вместо установок, в качестве упорного моста, могут быть использованы специально изготовленные металлические козла, на которые укладываются плиты типа ПАГ или ПДГ.

1.1.5. Нагрузка на покрытие создается с помощью гидравлического домкрата грузоподъемностью 25 или 50 тс.

1.1.6. Во избежание влияния неровностей поверхности покрытия на результаты измерений, штамп устанавливается на пескоцементный раствор или

прокладку из жесткой резины толщиной не более 10-15 см.

1.1.7. Величина прикладываемой нагрузки на штамп контролируется образцовым манометром, установленному либо на гидравлическом домкрате, либо на насосной станции.

1.1.8. Давление в домкрате создается либо вручную, либо насосной станцией типа НСП-4.

1.1.9. Нагрузка на штамп создается ступенями через 2,5 тс и доводится до расчетной величины.

1.1.10. На каждой ступени нагрузка выдерживается до тех пор, пока изменение отсчета по индикатору установленному в центре штампа в течение 5 минут будет не более 0,01 мм.

1.1.11. После каждой ступени нагружения должна быть разгрузка для определения восстанавливающихся и остаточных деформаций (осадок) в испытуемой плите. В случае падения давления в домкрате, оно восстанавливается подкачкой.

1.1.12. В каждой точке испытания проводятся с 3-х кратной повторностью с учетом по времени стабилизировавшихся осадок.

1.1.13. Все обнаруженные дефекты на покрытии помечаются краской и заносятся в журнал испытаний с соответствующими пояснениями.

1.1.14. Для определения чаши прогиба покрытия применяются индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм.

1.1.15. Установка индикаторов для измерения объема чаши прогиба плиты производится во взаимно перпендикулярных направлениях по схеме, представленной на рисунке 1.1.1.

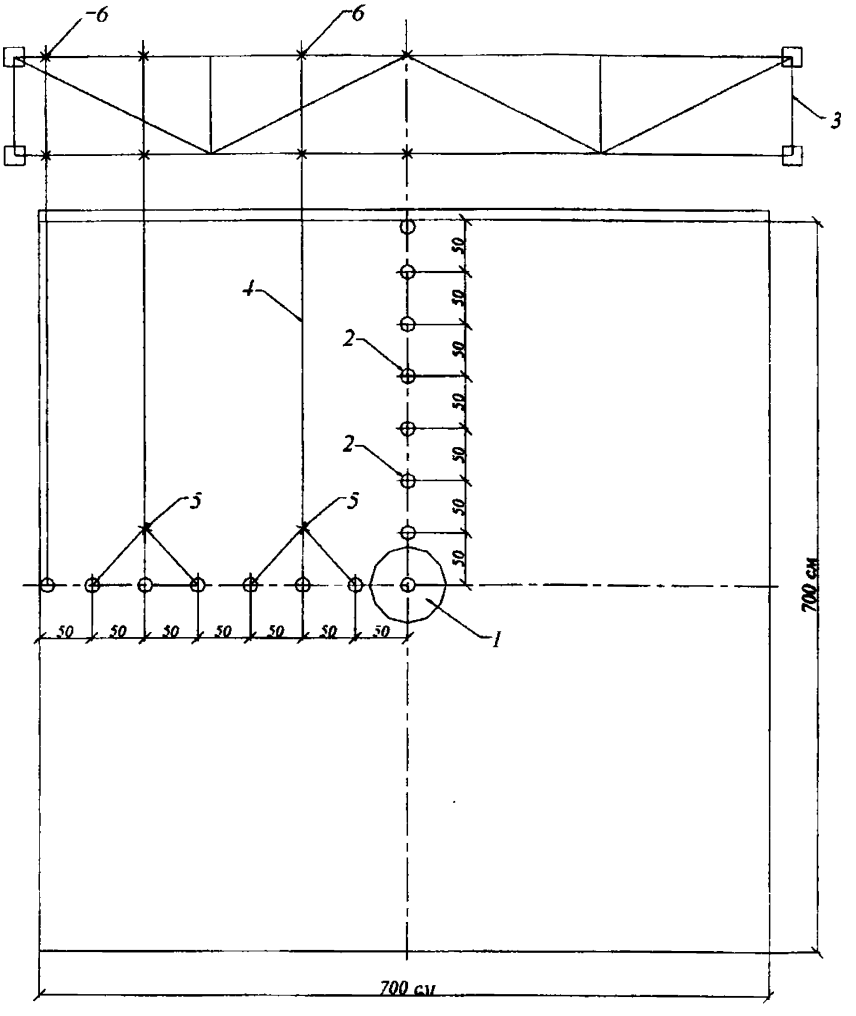
1.1.16. Крепление индикаторов на плите осуществляется с помощью реперной фермы, консолей и струбцин (рисунок 1.1.1.).

1.1.17. Расстояние между индикаторами рекомендуется принимать равным диаметру штампа.

1.1.18. Опоры фермы должны устанавливаться за пределами размеров чаши прогиба.

1.1.19. При определении величины коэффициента постели по чаше прогиба, наиболее удаленные от центра штампа индикаторы желательно располагать так,

чтобы величина осадки, измеряемая ими при самой большой нагрузке, не превышала 0,01 мм.



Условные обозначения:

1. Штамп металлический.
2. Механический индикатор часового типа (ц. д. 0,01 мм).
3. Реперная ферма.
4. Консоль.
5. Узел крепления (струбцина) индикаторов.
6. Узел крепления консоли.

Рисунок 1.1.1. Схема расположения штампа и приборов на плите для – определения объема чаши прогибов.

1.1.20. Ферма и консоли должны быть выкрашены в белый цвет и защищены

от нагрева их прямым солнечным излучением. На рисунках 1.1.3., 1.1.4., 1.1.5. показаны: общий вид испытаний покрытий, оборудование для проведения статических испытаний и схема расположения штампа и приборов для определения чаши прогиба.

1.1.21. При разнице в прогибах точек покрытия, расположенных на одной прямой в разные стороны от центра штампа, превышающей 0,1 мм, результаты испытаний могут быть использованы только для способа определения коэффициента постели основания по отношению прогибов $W_{ц}/W_{2r}$ или $W_{ц}/W_{4r}$. Определение по объему чаши прогиба, в этом случае может дать значительные отклонения от истинного значения.

1.1.22. Для определения объема чаши прогиба для каждой ступени нагружения строят кривую осадки покрытия. На ней через каждые 0,1 мм проводят прямые параллельные положению покрытия при нулевой нагрузке и измеряют радиусы чаши прогиба по направлению осей X и У, как показано на рисунке 1.2.

1.1.23.Объем чаши прогиба определяют по формуле

$$v = \sum_{1}^{n} v_i + v_{n+1},$$

Где: $v_i = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot \left[a_{i-1} \cdot b_{i-1} + \sqrt{a_{i-1} \cdot b_{i-1} \cdot a_i \cdot b_i} + a_i \cdot b_i \right] \cdot \Delta h,$

$v_{n+1} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot a_n \cdot b_n \cdot \Delta h_{n+1};$

Здесь: $\Delta h_{n+1} \le \Delta h;$

a_{i-1}, a_i, a_n – радиусы чаши прогиба в направлении параллельном краю покрытия.

1.1.24. При вычислениях приращения объема чаши прогиба, в тех случаях, когда величина осадки покрытия на крайних индикаторах отличается от нуля, но менее 0,1 мм, условный радиус чаши прогиба на поверхности покрытия принимают равным расстоянию от центра штампа до крайнего индикатора.

В этом случае при определении величины коэффициента постели не разрешается экстраполировать кривую прогиба и определять коэффициент постели по полной нагрузке на штамп.

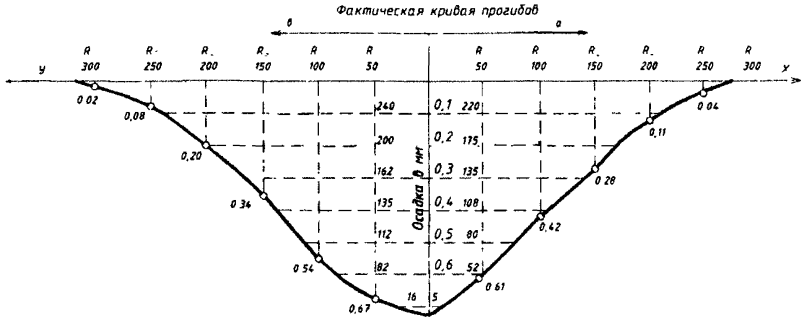


Рисунок 1.1.2 – Подсчет объема чаши прогиба способом горизонтальных сечений.

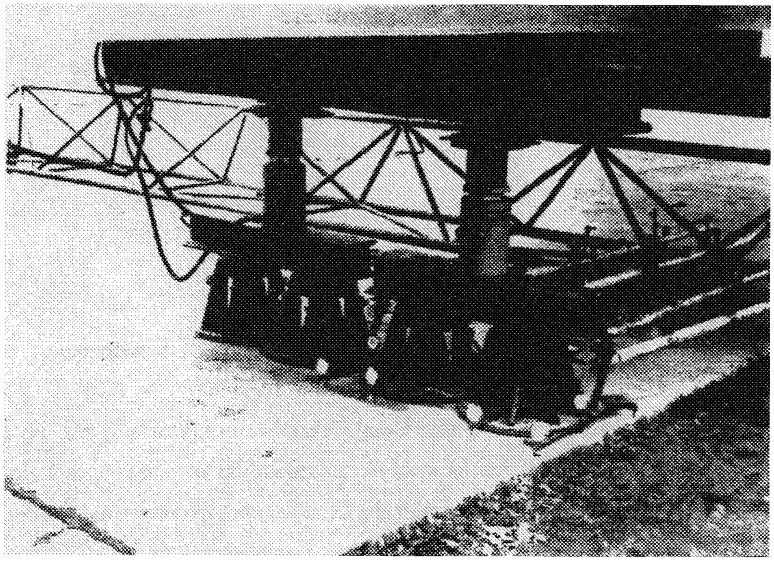


Рисунок 1.1.3. Общий вид испытаний со штампами.

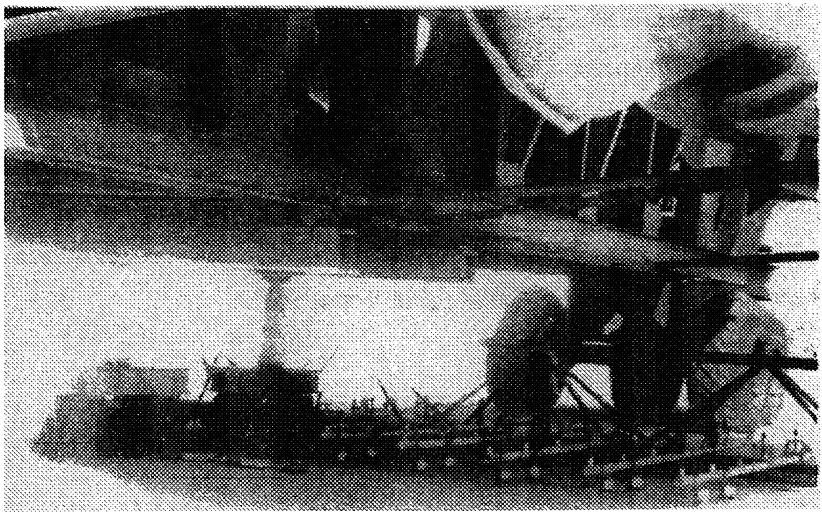
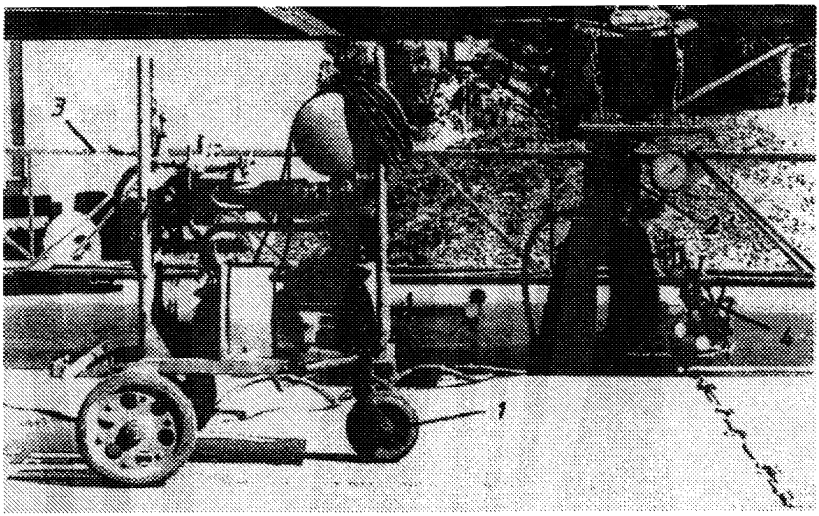


Рисунок 1.1.4. Общий вид испытаний покрытия штампами



Условные обозначения:

1 – Насосная станция с электроприводом (НСП).
2 – Гидравлический домкрат с образцовым манометром.
3 – Реперная ферма для крепления к ней консолей
4 – Консоль для крепления струбцин с индикаторами часового типа

Рисунок 1.1.5. Оборудование для проведения статических испытаний – покрытия штампом

1.1.25. Обязательным является определение приращения объема чаши прогиба – ΔV при приращении нагрузки – ΔP.

1.1.26. В тех случаях, когда осадка покрытия на крайних индикаторах больше 0,1 мм определять коэффициент постели по объему чаши прогиба не разрешается.

1.1.27. При вычислении коэффициента постели по испытаниям края плиты, объем слоев чаши прогиба определяется по формулам:

$$v_{n+1}^{кр} = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot a_n \cdot b_n \cdot \Delta h_{n+1};$$

$$v_i^{кр} = \frac{1}{6} \cdot \left[a_{i-1} \cdot b_{i-1} + \sqrt{a_{i-1} \cdot b_{i-1} \cdot a_i \cdot b_i} + a_i \cdot b_i \right] \cdot \Delta h + R \cdot (a_{i-1} + a_i) \cdot \Delta h.$$

Где: R – радиус штампа;

a_{i-1}, a_i a_n – радиусы чаши прогиба в направлении параллельном краю покрытия.

1.1.29. При испытании края плиты необходимо, чтобы края испытываемой плиты не имели стыковых соединений. В этом случае штамп устанавливается так, чтобы его край совпадал с краем покрытия.

Примеры вычисления объема чаши прогиба при испытаниях края плиты способом вертикальных кольцевых сечений показан в Приложении А, а способом горизонтальных сечений - в Приложении Б.

1.2. Определение основных деформационных характеристик покрытия по измеренным прогибам на расстоянии двух и четырех радиусов от центра штампа.

Величину основных характеристик покрытия, определяемых по отношению прогибов, вычисляют в следующей последовательности:

1.2.1. Вычисляют среднюю осадку покрытия на расстоянии $2R$ или $4R$ от центра штампа, как среднее арифметическое осадки по индикаторам 1 ÷ 4, (рисунок 1.2.2.)

$$\omega_{2R(4R)} = \frac{\sum_{1}^{n} \omega_i}{n}$$

1.2.2. Вычисляют отношение

$$\frac{\omega_ц}{\omega_{2R(4R)}}$$

1.2.3. Зная отношение прогибов покрытия по графику рисунка 1.2.1. определяют величины приведенного радиуса нагрузки – α и значение коэффициента – $A_ц$.

1.2.4. Величину коэффициента постели вычисляют по формуле:

$$K_s = \frac{g \cdot A_ц}{\omega_ц}$$

Где: g – интенсивность давления передаваемого штампом на покрытие, равная величине нагрузки деленной на площадь штампа в кг/см^2,

$\omega_п$ – осадка покрытия под центром штампа, см.

1.2.5. Величину упругой характеристики покрытия определяют по формуле

$$l = \frac{R}{\alpha},$$

предварительно определив по графику рисунка 1.2.1. коэффициент $A_ц$ и α – приведенный радиус нагрузки.

1.2.6. Толщину покрытия в месте проведения испытания определяют по формуле

$$h = 0.34 \cdot l \cdot \sqrt[3]{l}$$

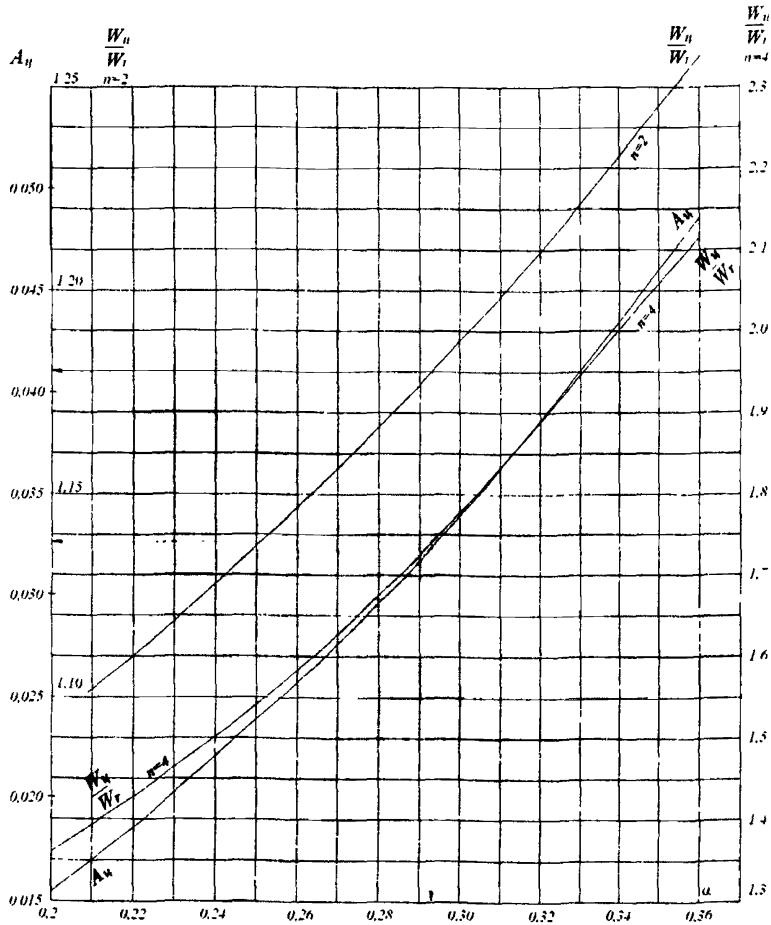


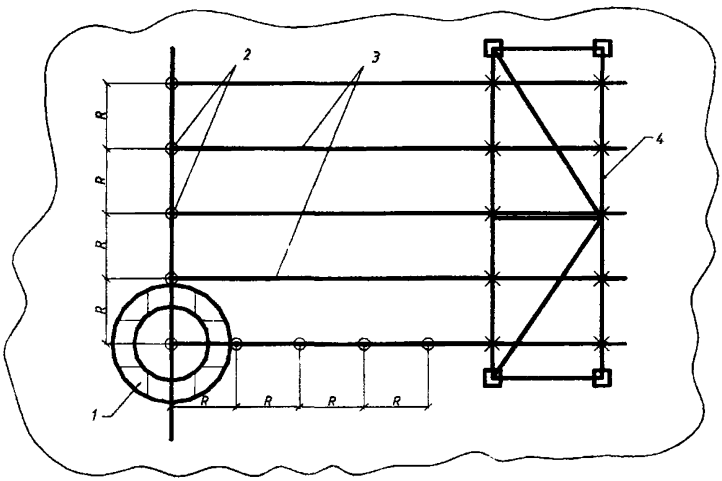
Рисунок 1.2.1 – График для определения *l* и *K* по данным статических испытаний.

1.2.7. Способ определения основных характеристик по величине отношения прогибов очень чувствителен к ошибкам в определении абсолютной величины прогибов. Поэтому в ходе эксперимента прогибы под центром штампа и на расстоянии 2R и 4R от него, следует измерять особенно тщательно.

1.2.8. Среднее арифметическое прогибов W_{2r} и W_{4r} необходимо вычислять до

0,001 мм без округления. Отношение $W_ц / W_{2г}$ следует вычислять с точностью до 0,001, а $W_ц / W_{4г}$ с точностью до 0,01мм.

Схема расположения индикаторов при проведении эксперимента представлена на рисунке 1.2.2. Пример вычисления основных характеристик по данным статических испытаний на примере измерения отношения прогибов покрытия показан в Приложении В.



Условные обозначения:

1 Штамп
2 Индикаторы часового типа
3 Консоли для крепления индикаторов
4 Реперная ферма для крепления консолей

Рисунок 1.2.2 – Схема расстановки индикаторов для определения упругой характеристики покрытия.

1.3. Определение основных характеристик деформативности монолитных покрытий по измеренным деформациям.

Определение основных характеристик деформативности покрытия по измеренным деформациям осуществляется с помощью механических кривизномеров, снабженных индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм с помощью которых измеряются фибровые деформации поверхности сжатой зоны покрытия.

Конструкции кривизномеров могут быть двух типов. Разработанные в 26 ЦНИИ МО РФ, они широко применяются в натурных экспериментах, просты в изготовлении и надежны в работе.

В одной конструкции (рисунок 1.3.1.) устройство, измеряющее прогиб, механический индикатор часового типа с ценой деления 0,001 мм, устанавливается в середине кривизномера. В другой (рисунок 1.3.1.) измеряющий прибор устанавливается в крайней точке кривизномера, а в середине поставлена неподвижная опора.

В первом случае прогиб измеряется непосредственно и его величина – f равна показанию прибора. Во втором случае прогиб измеряется под средней опорой и равен половине показаний измеряющего устройства.

Конструктивные и кинематические схемы кривизномеров приведены на рисунках 1.3.1., 1.3.2.. В экспериментах предпочтение отдается кривизномеру с базой равной 2а, равной диаметру штампа.

Определение основных деформационных характеристик покрытий с помощью кривизномеров производится по следующей методике.

1.3.1. В процессе штамповых испытаний покрытий кривизномеры устанавливаются под центром штампа как показано на рисунках. В этом случае средняя опора устанавливается в центре просверленного отверстия площади штампа.

1.3.2. Для исключения возможных ошибок в процессе испытаний лучше пользоваться двумя кривизномерами, устанавливаемых во взаимно-перпендикулярных направлениях. При этом центральная опора второго

кривизномера устанавливается на среднюю опору нижнего, рисунок 1.3.3..

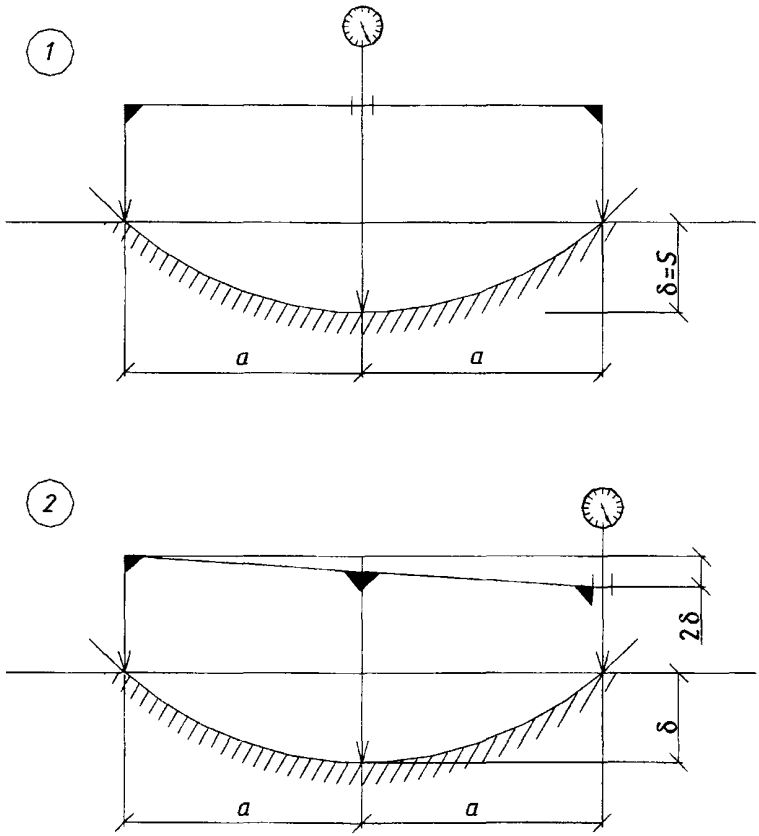
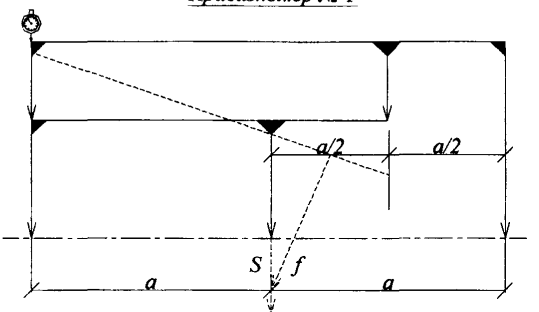


Рисунок 1.3.1. – Конструктивные схемы кривизномеров

Кривизномер № 1



$$\frac{1}{r}=\frac{S}{a^2}=\frac{f}{a^2}\ ;\quad S=f$$

Кривизномер № 2



$$\frac{1}{r}=\frac{S}{a^2}=\frac{2f}{a^2}\ ;\quad S=2f$$

Рисунок 1.3.2. – Кинематические схемы разных по конструкции кривизномеров. (Точность измерений кривизномером № 1 в два раза выше, чем кривизномером № 2).

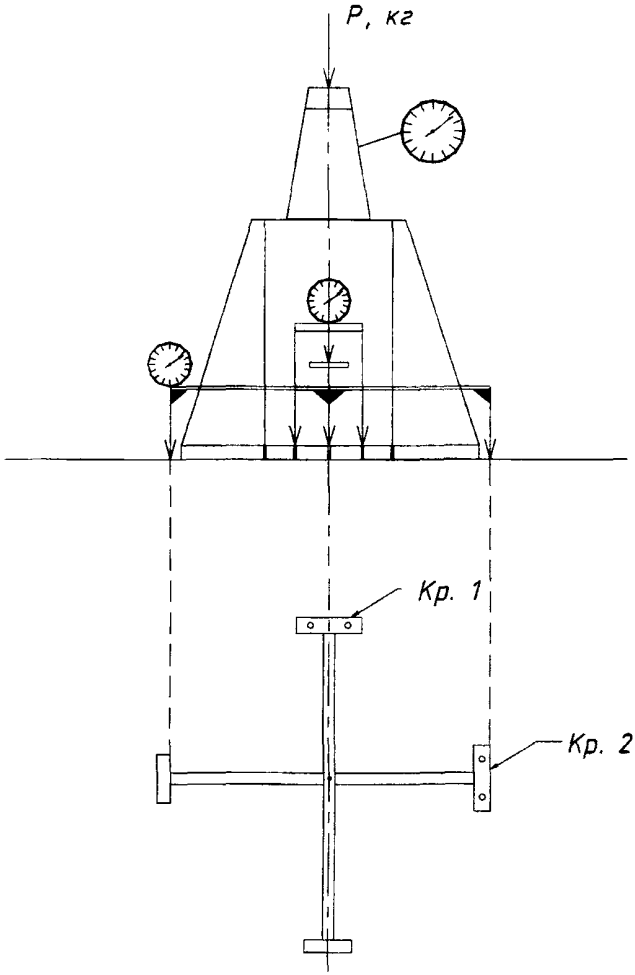


Рисунок 1.3.3. – Схема установки кривизномеров под центром штампа.

1.3.3. После установки кривизномеров, они снабжаются индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм (рисунок 1.3.4.).

1.3.4. Затем с помощью винта средней опоры устанавливаются нулевые отсчеты на индикаторах. При необходимости движки индикаторов снабжаются удлинителями.

1.3.5. Во избежание влияния ошибок (неровностей) покрытия на результаты измерений, под опоры кривизномеров и удлинители индикаторов подкладываются металлические пятаки диаметром 1,5-2 см и толщиной 3-5 мм.

1.3.6. Показания с приборов снимаются: до начала испытаний (нулевой) отсчет, во время нагружения штампа и после снятия нагрузки. Нагрузка на штамп определяется величиной осадки от расчетного усилия.

1.3.7. По формулам теории упругости для изгиба пластин находят изгибающие моменты M_x и M_y, действующие в сечениях плиты.

$$M_x = -D \cdot \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \mu_б \cdot \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right);$$

$$M_y = -D \cdot \left(\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \mu_б \cdot \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right).$$

1.3.8. Для центральных полей бесконечных плит формулы упрощаются и принимают следующий вид:

$$M_x = M_y \cdot \frac{E \cdot J}{(1-\mu_б)} \cdot \frac{\partial^2 W}{\partial x^2}.$$

Где: W – функция упругой поверхности плиты;

D – цилиндрическая жесткость плиты;

$\mu_б$ – коэффициент Пуассона бетона;

E – модуль упругости бетона;

x и y – координаты сечений плиты;

J – момент инерции.

1.3.9. По изгибающим моментам определяются фибровые нормальные напряжения:

$$\sigma_x = \frac{E \cdot h}{2 \cdot (1-\mu_б)} \cdot \frac{\partial^2 W}{\partial x^2}; \left(\sigma = \frac{M}{W} \right)$$

Где: $\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = \frac{1}{\rho_x}$ – кривизна поверхности.

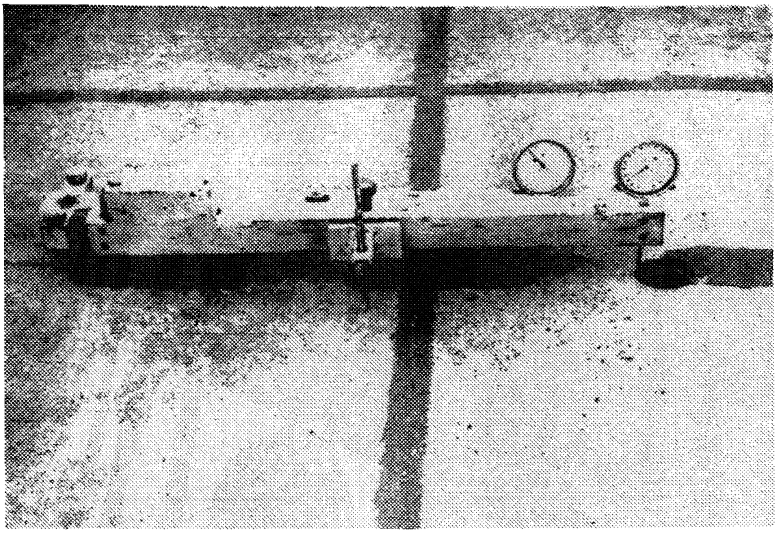


Рисунок 1.3.4. – Общий вид механического кривизномера с неподвижной опорой в середине и измеряющим индикатором в крайней точке.

1.3.10. Используя формулу и учитывая, что в области непосредственно под штампом с радиусом 0,5 м деформируемая поверхность плиты принимает форму сферы, что подтверждается опытными данными испытаний, можно данной формуле напряжений придать вид:

$$\sigma_x = \frac{E \cdot h \cdot \omega}{2l^2 \cdot (1 - \mu_б)}$$

Где: l – полудлина участка, на котором форма упругой поверхности плиты принята в виде части сферы;

ω – приращение прогиба плиты на участке $2l$.

1.3.11. Упругую характеристику покрытия определяют по формуле

$$J = \frac{R}{\alpha};$$

Где: α – приведенный радиус нагрузки, определяемый по графику рисунка 1.3.5., $D = f(\alpha)$;

R – радиус штампа.

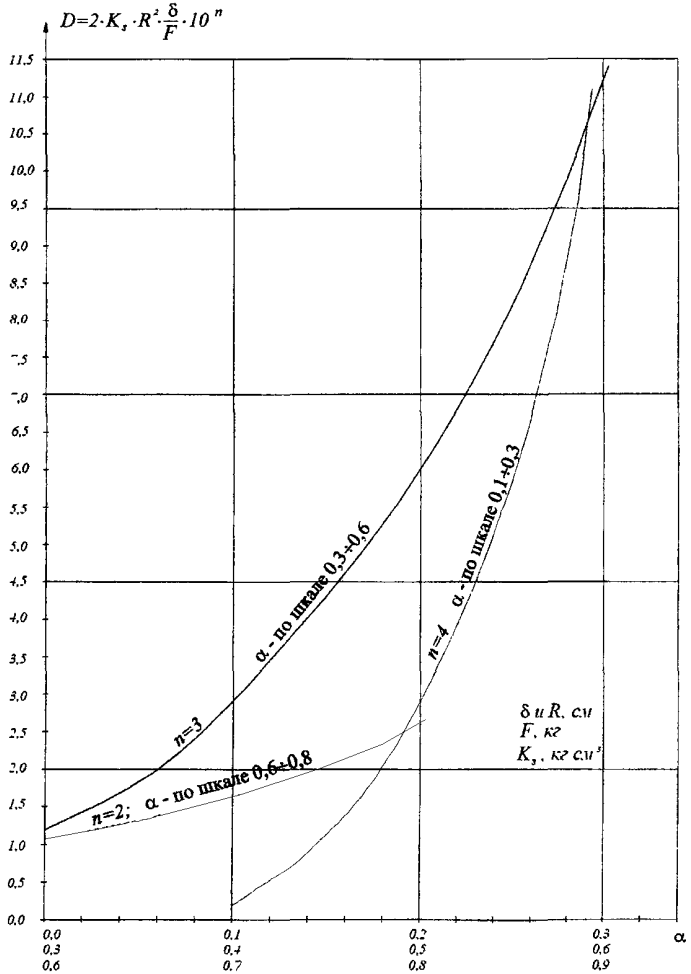


Рисунок 1.3.5. – Определение α по данным испытаний ($a = R$).

$$D = 2 \cdot K_s \cdot R^2 \cdot \frac{\delta}{F} \cdot 10^4;$$

Где: R – радиус штампа;

F –нагрузка на штамп;

δ – прогиб покрытия;

K_S – коэффициент постели основания.

Результаты испытаний заносят в журнал по форме, приведенной в Приложении Г. Пример определения характеристик деформативности представлен в Приложении Г.

1.4. Определение несущей способности сборных покрытий из предварительно напряженных железобетонных плит ПАГ-14 и ПАГ-18 на различных типах оснований.

Для обеспечения эксплуатации новых типов тяжелых самолетов, требуется реконструкция существующих и строительства новых аэродромов надежными конструкциями покрытий. Непрерывная потребность в увеличении количества аэродромов с искусственными покрытиями, необходимость сокращения сроков строительства, возведение покрытий в различных климатических условиях в течение года – вынуждает в ряде случаев применять из сборного предварительно напряженного железобетона. Это обусловлено в основном следующими обстоятельствами.

1.4.1. Примерно половина территории России находится в I и II климатических зонах, где продолжительность периода со среднесуточной температурой выше нуля градусов составляет 135 и менее дней в году, значительно удлиняет сроки устройства монолитных бетонных покрытий.

1.4.2. Изготовление плит на заводах ЖБИ осуществляется круглосуточно, что в отличие от устройства монолитных покрытий резко отличается.

1.4.3. Во многих районах страны, особенно в районах Севера и Востока практически отсутствуют местные строительные материалы, пригодные для устройства монолитных бетонных покрытий.

1.4.4. Применение сборных покрытий при строительстве временных ВПП и дорог дает большой экономический эффект за счет оборачиваемости плит.

Для определения несущей способности плит ПАГ-14 и ПАГ-18 проводятся статические и ресурсные испытания покрытий из плит ПАГ. Практически эти испытания проводятся аналогично испытаниям монолитных покрытий изложенных в разделах отчета.

Параллельно с проверкой несущей способности сборных покрытий проверяется работа покрытий при различных схемах укладки со смещением поперечных швов в смежных рядах и на пол плиты и без смещения их.

Необходимо отметить, что испытания прекращаются в случае появления деформаций в плитах, нарушающих нормальное эксплуатационное состояние

покрытий (раскрытие трещин, на ширину более 0,3 мм, сколы бетона у кромок и углов плит, потеря устойчивости, прорывы плит и т.д.).

В процессе испытаний покрытий подвижной нагрузкой замеряются: полные, остаточные и упругие деформации плит с помощью механических кривизномеров и электрических (индуктивных) датчиков перемещения, напряжение под подошвой плит и в основании – датчиками давления, линейные деформации поверхности бетона – механическими индикаторами часового типа.

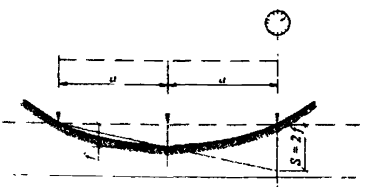
Испытания покрытий статической нагрузкой производятся тем же оборудованием, что и при испытаниях монолитных плит.

При испытании замеряются прогибы покрытия в характерных точках индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм.

Обработка результатов испытаний.

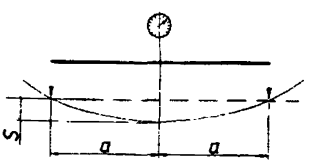
Приближенное значение цилиндрической кривизны поверхности изгиба можно вычислить через показания кривизномера по формуле

$$\frac{1}{r}=\frac{2\cdot S}{a^2}$$



Для кривизномера с базой 2а и индикатором, установленным в центре – без двойки:

$$\frac{1}{r}=\frac{S}{a^2}$$



Где: r – радиус кривизны;

а – полубаза кривизномера;

S – показания индикатора кривизномера (до и после приложения нагрузки) с индикатором, установленному в центре кривизномера.

Изгибающие моменты:

– для ортотропных плит ПАГ

$$M_{x_1} = \frac{B_x}{r_x} + \upsilon \cdot \frac{B_y}{r_y};\ M_{y_1} = \frac{B_y}{r_y} + \upsilon \cdot \frac{B_x}{r_x};$$

- для изотропных плит (п/ц слоя)

$$M_{x_2} = B_x \cdot \left(\frac{1}{r_x} + \upsilon \cdot \frac{1}{r_y}\right);\ M_{y_2} = B_y \cdot \left(\frac{1}{r_y} + \upsilon \cdot \frac{1}{r_x}\right)$$

Где: Мх(у), rx(y), Вх(у) – соответственно изгибающие моменты, радиусы кривизны и цилиндрической жесткости относительно оси х(у);

υ – коэффициент Пуассона материала, принимаемый для обоих слоев 0,15.

Для плит ПАГ-18 цилиндрическая жесткость в поперечном направлении Вх = 326 тм2/м, а в продольном направлении Ву = f (1/ry), полученной из результатов специальных экспериментальных исследований по определению жесткостных характеристик плит опытного участка от уровня напряжения в плитах с учетом раскрытия поперечных трещин. График указанной зависимости представлен на рисунке 1.4.1.

Для пескоцементного слоя принимается как для сечений без трещин.

$$B_x = B_y = B = \frac{E \cdot t^3}{12(1-\upsilon^2)}$$

Где: t, E – соответственно толщина и модуль упругости материала слоя.

Таким образом, для ортотропных плит ПАГ-18:

$$M_{x_1} = \frac{1}{a^2} \cdot \left(B_x \cdot S_x + \upsilon \cdot B_y \cdot S_y\right);\ M_{y_1} = \frac{1}{a^2} \cdot \left(B_y \cdot S_y + \upsilon \cdot B_x \cdot S_x\right) \qquad (1)$$

Для изотропных плит (пескоцементного слоя):

$$M_{x_2} = \frac{E \cdot t^3 \cdot (S_x + \upsilon \cdot S_y)}{12(1-\upsilon^2) \cdot a^2};\ M_{y_2} = \frac{E \cdot t^3 \cdot (S_y + \upsilon \cdot S_x)}{12(1-\upsilon^2) \cdot a^2}$$

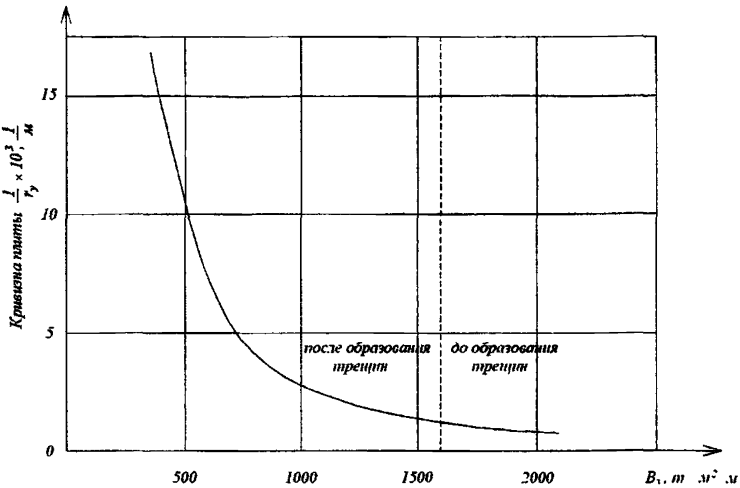


Рисунок 1.4.1. – Зависимость жесткости плит ПАГ-18 от кривизны.

В частных случаях: для центральной зоны изотропной плиты (Sx=Sy):

$$M_{x_2} = M_{y_2} = M_2 = \frac{E \cdot t^3 \cdot S_y}{12(1-\upsilon^2) \cdot a^2} \qquad (2)$$

Для края плиты (Мх=0)

$$M_{y_1} = \frac{B_y \cdot S_y}{a^2} \qquad (3)$$

Расчетные значения изгибающих моментов вычислялись для пескоцементного слоя по формуле (2), а для плит ПАГ-18 при испытаниях статической нагрузкой по формулам 1 и 3. При накатке для обеих схем по формуле

$$M = \frac{B_y \cdot S_y}{a^2 \cdot (1-\upsilon^2)}$$

Несущую способность сборных покрытий из предварительно напряженных железобетонных плит ПАГ-14 и ПАГ-18, уложенных на основаниях не обработанные вяжущими (песок, гравий, щебень и т.п.) можно определить для участков А, Б, В покрытий аэродрома по номограммам, разработанных 26 ЦНИИ МО РФ, и приведенными на рисунках, в зависимости от коэффициента постели искусственного основания С, вычисляемого по формуле

$$C = C_o \cdot \alpha_c$$

Где: α_c – коэффициент,определяемый по графику рисунка 1.4.3. в зависимости от толщины слоя основания h_2 и отношения E_2/C_o;

E_2 – модуль упругости материала основания, принимаемый по СНиП.

C_o – коэффициент постели грунтового основания, принимаемый по таблице 1.4.2. или определенный по результатам эксперимента.

Основными дефектами, снижающими несущую способность и срок службы жестких покрытий, являются сквозные трещины различного направления шириной от 0,1 - 0,3 мм до нескольких миллиметров. Количество трещин постепенно накапливается с ростом числа взлетно-посадочных операций, совершаемых самолетами с данного аэродрома.

При незначительном количестве трещины не препятствуют нормальной эксплуатации покрытий самолетами и не влияют на их несущую способность.

Однако при этом имеющиеся трещины уменьшают оставшийся срок службы покрытия до капитального ремонта, который может быть оценен с помощью графика (рисунок 1.4.2.) в зависимости от отношения фактического растрескивания покрытия к предельному $\frac{C'}{C'_{пред}}$. Величина предельного растрескивания покрытия зависит от типа покрытия представленного в таблице 1.4.1..

Таблица 1.4.1. *Величина предельного растрескивания покрытия* $C'_{пред.}$

Тип аэродромного покрытия	Значение $C'_{пред}$, м/м^2
Бетонное	0,3 - 0,4
Армобетонное	0,4 - 0,5
Обычное железобетонное	0,5 - 0,6
Сборное из плит ПАГ-14, ПАГ-18	0,6 - 0,8

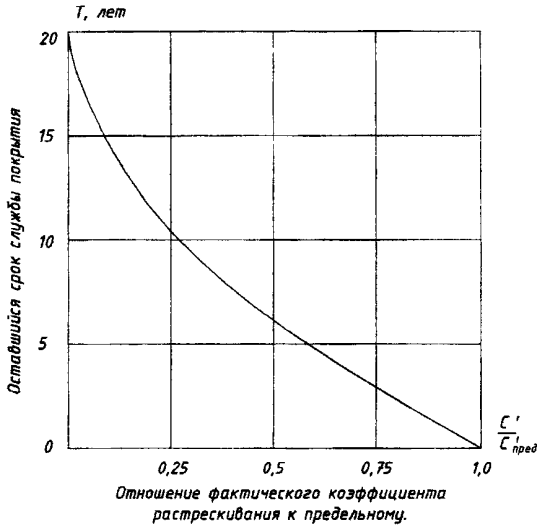


Рисунок 1.4.2. – Зависимость оставшегося срока службы покрытия от коэффициента растрескивания покрытия

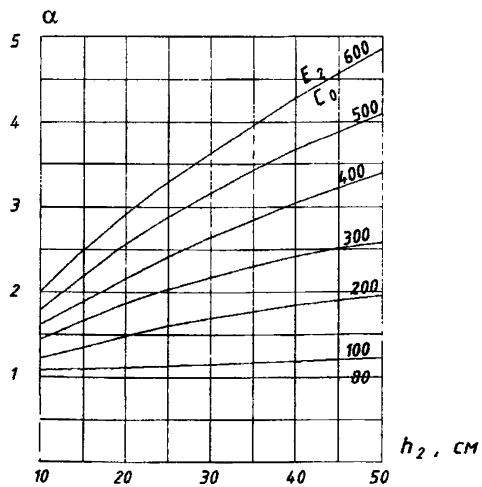


Рисунок 1.4.3. – График для определения α_c при оценке несущей способности сборных покрытий из плит ПАГ-14, ПАГ-18.

Таблица 1.4.2. – Значения коэффициента постели грунтового основания.

Вид грунта	Значения коэффициента постели C_o, кг/см^3											
	Климатические зоны:											
	II			III			IV			V		
	Тип гидрогеологических условий											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Гравелистый песок, дресвяной грунт, крупнозернистый песок	28	28	25	28	28	25	29	29	26	31	31	28
Среднезернистый песок	22	21	18	23	22	18	25	24	20	27	26	22
Мелкозернистый песок	15	12	10	16	13	11	17	14	12	19	15	13
Песок пылеватый, супесь	10	7	5	12	8	6	15	10	7	17	12	8
Суглинок, тяжелый суглинок, глина	8	6	4	10	7	5	13	9	6	15	10	7
Супесь и суглинок пылеватый	6	4	3	8	5	4	10	7	5	11	8	5

Меньшие значения $C'_{пред}$ даны для ВПП, большие для остальных участков аэродрома. Аэродромные покрытия, имеющие на поверхности трещины, количество которых превышает предельное значение, допустимо только к временной эксплуатации самолетами до проведения работ по капитальному ремонту. Несущая способность таких покрытий в сравнении с новыми снижается:

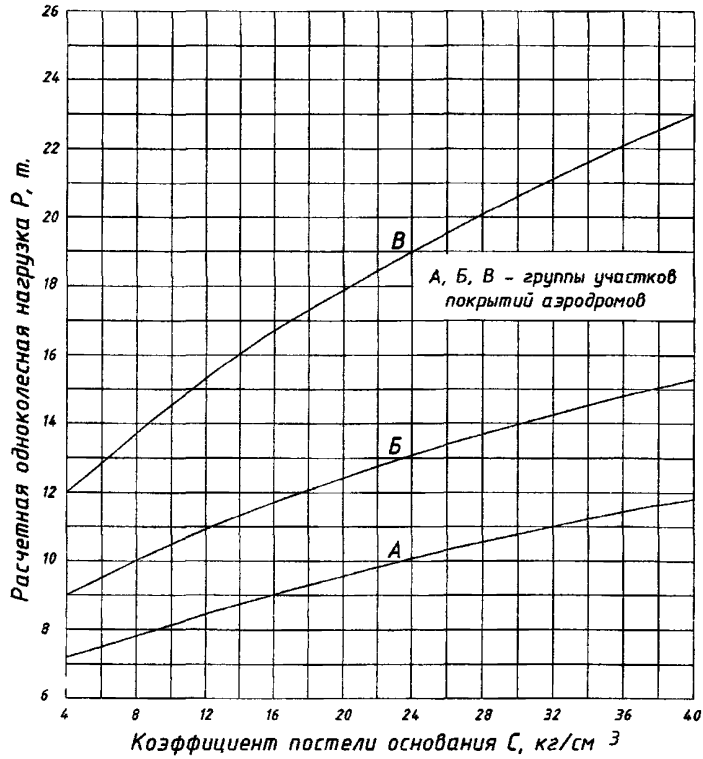


Рисунок 1.4.4. – Номограмма для определения расчетной нагрузки на сборные покрытия из плит ПАГ-14, уложенных на основания, не обработанные вяжущими.

– бетонных на основаниях, не обработанных вяжущими, на 30 %;

– бетонных на основаниях, обработанных вяжущими, на 20 %;

– обычных железобетонных на всех типах оснований, армобетонных на основаниях, обработанных вяжущими, сборных из плит ПАГ-14, ПАГ-18 на всех типах оснований на 15 %.

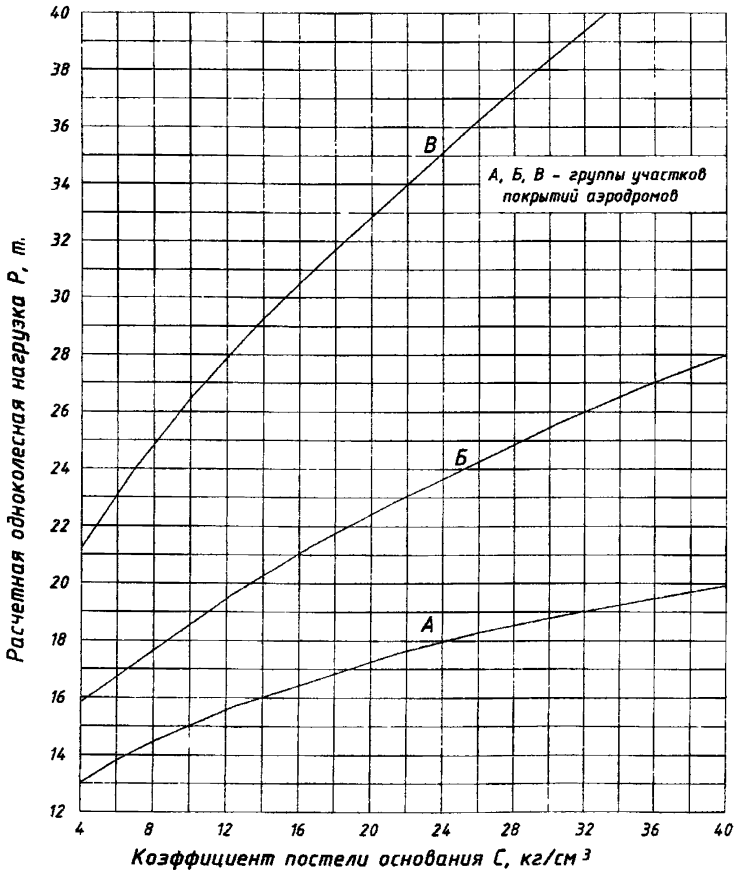


Рисунок 1.4.5. – Номограмма для определения расчетной нагрузки на сборные покрытия из плит ПАГ-18, уложенных на основания, не обработанные вяжущими.

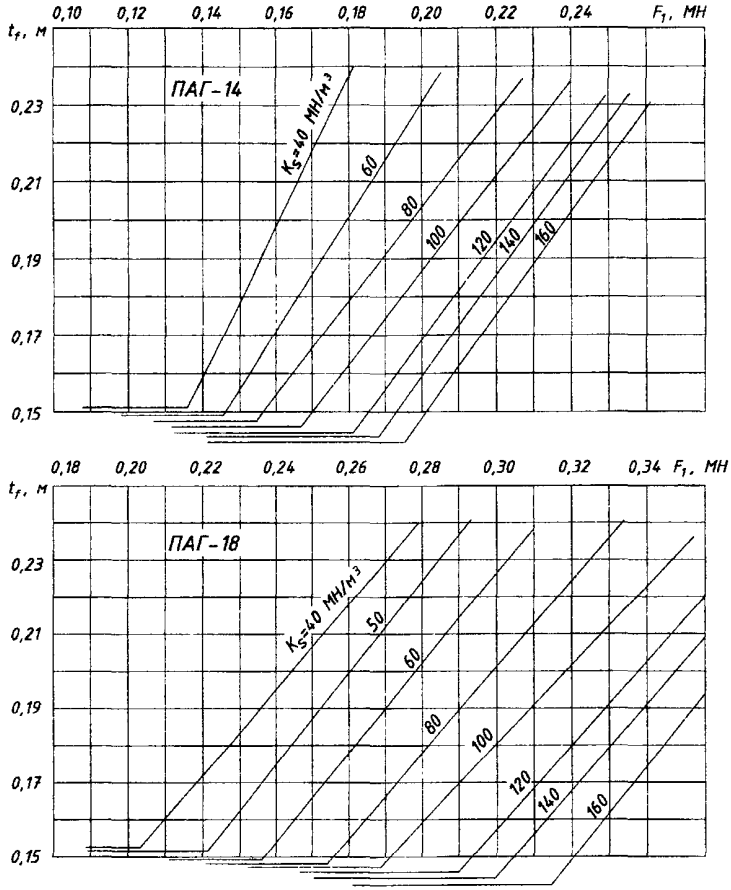


Рисунок 1.4.6. – Требуемая толщина основания из материалов, укрепленных вяжущими, для плит ПАГ (B_{bib} 3.6/45).

Таблица 1.4.3 – Основные характеристики плит ПАГ необходимые для сравнения их с экспериментальными данными и определения несущей способности плит.

Тип плиты	K_X	Для плит из бетона класса (марки) 3,6/45						Для плит из бетона класса (марки) 4,0/50					
		Жесткость	m_u, кг/см при u равном					Жесткость	m_u, кг/см при u равном				
		B, кг·см^2/см	$1\cdot10^6$	$1\cdot10^5$	$1\cdot10^4$	$1\cdot10^3$	$1\cdot10^2$	B, кг·см^2/см	$1\cdot10^6$	$1\cdot10^5$	$1\cdot10^4$	$1\cdot10^3$	$1\cdot10^2$
ПАГ-14	1,38	$0{,}723\cdot10^8$	2,09	2,34	2,58	2,83	3,08	$0{,}771\cdot10^8$	2,25	2,53	2,79	3,05	3,34
ПАГ-18	1,38	$1{,}54\cdot10^8$	3,51	3,53	4,32	4,73	5,14	$1{,}64\cdot10^8$	3,77	4,23	4,66	5,12	5,58
ПАГ-20	1,2	–	–	–	–	–	–	$2{,}24\cdot10^8$	5,01	5,58	6,11	6,67	7,24
ПАГ-25		–	–	–	–	–	–	$4{,}4\cdot10^8$	6,66	7,55	8,38	9,26	10,14

Примечание: Значение m_u даны для участков покрытия группы «А». Для участков групп «В» и «Б» табличные значения умножать на 1,08, группы «Г» – на 1,16. (m_u – предельный изгибающий момент при расчетном числе нагружений).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(рекомендуемое)

Пример подсчета объема чаши прогиба способом вертикальных сечений

В данном случае объем чаши определяется суммированием объемов полых цилиндров, имеющих радиусы равные расстояниям индикаторов до центра штампа. Объем чаши прогиба определяется по формуле:

$$v_r = \sum_{1}^{n} \pi \cdot \left(R_i^2 - R_{i-1}^2\right) \cdot \omega_i + \sum_{1}^{n} \pi \cdot \left(\omega_{i-1} - \omega_i\right) \cdot \Delta R \cdot \left(R_{i-1} + \frac{1}{3} \cdot \Delta R\right);$$

Для приведенного выше примера показан расчет в табличной форме

Таблица А.1 расчет объем чаши прогиба в табличной форме

i	R_i	ω_i, мм	R_i^2	$R_i^2 - R_{i-1}^2$	v_i', см^3	$\omega_{i-1} - \omega_i$ мм	$R_{i-1} + \frac{1}{3} \cdot \Delta R$	v_i''
0	0	0,72	0,0					
				2500	502	0,08	17	21
1	50	0,64	2500					
				7500	1130	0,16	67	168
2	100	0,48	10000					
				12500	1215	0,17	117	314
3	150	0,31	22500					
				17500	855	0,155	167	408
4	200	0,155	40000					
				22500	424	0,095	217	324
5	250	0,06	62500					
				27500	82	0,05	267	210
6	300	0,01	90000					
					4208			1445

Осадка ω_i принята равной полу сумме в направлениях осей x и y:

$$v = 4208 + 1445 = 5653 \text{ см}^3$$

Примечание: Разница в величинах объема чаши прогиба, вычисленная по двум разным способам составила 5653 – 5617 = 36,0 см^3, что немного менее 1 %.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(рекомендуемое)

Пример определения основных характеристик K_s, L, и h по данным чаши прогиба, полученной в эксперименте при $P = 35$ т и $d_{шт} = 500$ мм.

Осадка, мм	a_i, см	a_i, см	$a_i\ b_i$, см^2	$\sqrt{a_{i-1} \cdot b_{i-1} \cdot a_i \cdot b_i}$	v_i, см^3
0,00	322	280	90000		
				6840	2205
0,1	240	220	51700		
				42500	1350
0,2	200	175	35000		
				27600	876
0,3	162	135	21800		
				17800	566
0,4	135	108	14500		
				11400	366
0,5	112	80	8950		
				6150	202
0,6	82	52	4260		
				550	51
0,7	16	5	80		
				0,00	8
0,72	0,00	0,00	0,00		

Примечание:

P – нагрузка на штамп;

$d_{шт}$ – диаметр штампа.

$$K_s = \frac{P}{\sum v} = \frac{35000}{5634} = 6{,}23 \text{ кг/см}^3$$

Упругая характеристика плиты определяется по формуле

$$l = \frac{R}{\alpha}, \text{ см}$$

Где: R – радиус штампа;

α – приведенный радиус нагрузки, определяемый по графику рисунка 5, в зависимости от W_u / W_{2R}.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(рекомендуемое)

Определение *l* и *K* по данным статических испытаний

h = 28 см, плита № 12, Ряд IV т. 3.

№ испытания	P, т / g, кг/см^2	Прогиб плиты в 0,001 мм							$\frac{\omega_ц^{ср}}{\omega_{2R}^{ср}}$	$K_б$, кг/см^3
		Под штампом		На расстоянии $2R$						
		$\omega_ц$	$\omega_ц^{ср}$	ω_{2R}^1	ω_{2R}^2	ω_{2R}^3	ω_{2R}^4	$\omega_{2R}^{ср}$		
				1	3	8	10			
16	13,0/6,65	24	23,0	20	21	22	22	20,2	1,14	7,97
17		23		20	19	19	19			
18		22		20	20	20	20			
19		23		21	20	20	21			
16	15,6/7,95	29	28,0	25	25	24	27	24,3	1,15	7,80
17		29		23	24	24	23			
18		27		22	25	22	23			
19		27		26	26	24	25			
16	17,0/8,65	35	33,3	28	29	30	29	28,2	1,18	7,17
17		35		30	31	31	29			
18		30		26	27	27	26			
19		33		28	29	25	29			

$$\left(\frac{\omega_ц^{ср}}{\omega_{2R}^{ср}}\right)_{ср} = 1{,}157$$

α = 0,270 (по графику)

Упругая характеристика:

$$l = \frac{R}{\alpha} = \frac{25}{0{,}270} = 92{,}5 \text{ см}$$

$A_ц$ = 0,0276 (по графику)

$K_p^{ср} = 7{,}63$ кг/см^3

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(рекомендуемое)

Пример определения характеристик деформативности

При P = 40 т форма упругой поверхности охватывает вытесненный объем грунта V = 3400 см^2 и ей соответствует расчетный коэффициент постели грунтового основания

$$K_s = \frac{P}{V} = 11{,}8 \text{ кг/см}^3,$$

По установленной величине коэффициента постели вычисляем упругую характеристику плиты

$$l = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot D}{K_s}} = 10 \text{ см}.$$

Где: D – цилиндрическая жесткость плиты

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot \left(1 - \mu_\sigma^2\right)} = 2{,}93 \cdot 10^8 \text{ кг/см}^2/\text{см}.$$

Интенсивность распределенной нагрузки на штамп

$$g = \frac{P}{\pi \cdot r^2} = \frac{40000}{2460} = 16 \text{ кг/см}^2$$

Используя вычисленные выше параметры, определяем прогиб под центром штампа по формуле

$$\omega_{теор} = \frac{g}{K_s} \cdot \left(0{,}1382 \cdot \frac{a^2}{l^2} + 0{,}0888 \cdot \frac{a}{l} - 0{,}0134\right) = 0{,}85 \text{ мм}$$

Прогиб под центром штампа, полученный при испытаниях от силы P = 40 т был равен $\omega_{практ} = 0{,}81$ мм. Таким образом, получаем близкое совпадение $\omega_{теор} \approx \omega_{практ}$.

Изгибающий момент, действующий в сечении плиты под центром штампа равен:

$$M_X = M_Y = g \cdot l \cdot \left(0{,}096 \cdot a - 0{,}012 \cdot l\right) = 5750 \text{ кг·см/см},$$

которому соответствуют максимальные нормальные напряжения

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{M_X \cdot h}{J \cdot 2} = \frac{5750 \cdot 6}{26^2} = 51{,}0 \text{ кг/см}^2$$

ФОРМА ЖУРНАЛА

№ кривизномера	Конструкция покрытия	Место установки штампа	№ № плиты и испытания	Отсчеты по индикаторам, 0,001 мм			Разность отсчетов	Характеристика	
				До нагружения	Во время приложения нагрузки	После снятия нагрузки		$M_{изг.}$, кг·см/см	σ, кг/см^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кр. 1	Цементобетон h = 28 см. Основание песок h = 20 см	Центр плиты	1						
Кр. 2									
Кр. 3		Край плиты	2						
Кр. 4									

Сдано в печать 07.2006
Формат 60/84/16
Бумага офс.
Усл печ л.2,25
Заказ № 11/07
Издательство: 105179, г. Москва, Е-179
Подписано в печать 07.2006

gost.e-ecolog.ru