

## **Статический расчет изолированной плиты дорожного и аэродромного покрытия**

Козунова О.В.<sup>1</sup>, Дудорга В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет транспорта

*Методика статического расчета изолированных плит дорожного и аэродромного покрытия на упругом основании до настоящего времени не исследована в полном объеме. Ниже представлен несложный универсальный подход к расчету дорожных плит на произвольном упругом основании, который базируется на способе Б.Н.Жемочкина с использованием соотношений смешанного метода строительной механики.*

*При моделировании упругого основания используются функциональные зависимости, описывающие особенности структуры неоднородного основания и учитывающие параметры напряженно-деформированного состояния (НДС) его слоев. В дальнейшем эти зависимости называются функциями влияния Жемочкина и определяют вид и значения коэффициентов канонических уравнений смешанного метода.*

*Предлагаемая в работе методика аналитически алгоритмируется соотношениями строительной механики и численно реализуется с использованием компьютерного пакета «Mathematica». В результате расчета определяются параметры НДС изолированной плиты дорожного и аэродромного покрытия типа ПАГ на трехслойном основании, осадки основания и распределение контактных напряжений под ней при различных вариантах загрузки плиты нагрузкой от колеса автотранспорта.*

**Актуальность проблемы. Об изолированных плитах типа ПАГ и их применение в дорожном строительстве.** При расчете строительных конструкций на упругом основании могут использоваться различные модели упругого основания [1,2], которые зависят от свойств упругого основания и их изменения. Для расчета изолированных плит дорожного и аэродромного покрытия действующи-

ми нормативными документами рекомендованы модели упругого основания в виде упругих слоев или полупространства.

В приводимой ниже работе авторы используют модель неоднородного (трехслойного) основания [3], которая больше всего приближена к реальным инженерно-геологическим условиям строительной площадки при расчете как изолированной дорожной плиты на упругом основании [4], так и их совокупности, например, дорожное или аэродромное покрытие из шарнирно-соединенных плит на слоистом основании [5].

Плиты аэродромные типа ПАГ - сборные предварительно напряженные крупноразмерные плиты из высокопрочного и морозостойкого бетона, выдерживающие значительные нагрузки. Аэродромные плиты изготавливаются в соответствии с: ГОСТ 25912-2015.

В зависимости от толщины плиты подразделяют на ПАГ-14, ПАГ-18 и ПАГ-20, прочность бетона на сжатие не ниже 29,4 МПа (300 кгс/см<sup>2</sup>). Плита аэродромная изготавливается с рифленой поверхностью. (показатель моментальной рабочей нагрузки - 75 тонн на м<sup>2</sup> при температуре -60 градусов).

Обозначение марок состоит из буквенно-цифровых групп, разделенных дефисом. Первая группа содержит сокращенное буквенное наименование плиты - ПАГ (плита аэродромная гладкая). В зависимости от толщины, аэродромные плиты называют: ПАГ-14, ПАГ-18 и ПАГ-20, где цифры 14, 18 и 20 в сантиметрах означают показатель высоты плиты. Выбор плиты зависит от условий ее эксплуатации, но наиболее популярны два вида маркировки плит - ПАГ 14 и ПАГ 18 (рисунок 1).

Основная сфера использования ПАГ-14 — строительство аэродромных дорог, взлетно-посадочных полос и площадок (рисунок 2). Помимо того, плиты ПАГ-14 находят широкое применение в дорожном строительстве, особенно для прокладки участков дорожного полотна, испытывающих повышенную нагрузку высоко тоннажного транспорта. Часто их используют для строительства временных дорог и для быстрой прокладки транспортных магистралей в удаленных местностях, для сооружения промышленных площадок и подъездных путей. Широко применяются они при строительстве портовых площадок и сооружений, а также военных полигонов. Сегодня плиты аэродромные ПАГ-14 широко используют для обу-

строительства складских и других промышленных территорий. Часто аэродромные плиты служат еще и для установки башенных кранов.

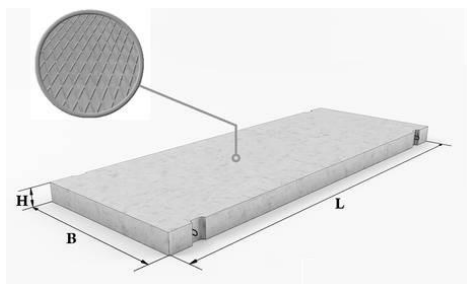


Рис.1. Плита аэродромная ПАГ-14



Рис.2. Взлетно-посадочная полоса

Аэродромные плиты типа ПАГ более долговечны, надёжны и безопасны с точки зрения соприкосновения поверхности и транспортного средства. Их укладка на грунт происходит в короткий промежуток времени. Одно из главных преимуществ аэродромных плит заключается в их многократном использовании. Аэродромные плиты б/у не теряют своих качеств. А цена на такие плиты гораздо ниже, чем на новые, поэтому их покупка очень выгодна. Высокая прочность плит обеспечивает долгий срок их службы.

**Постановка задачи и алгоритм расчета.** В данной работе рассматривается изолированная плита дорожного и аэродромного покрытия типа ПАГ размерами  $2a \times 2b$  и цилиндрической жесткостью  $D$  под действием внешней статической или квазистатической

нагрузки (рисунок 3), которая опирается на упругое основание сплошным образом, без трения и скольжения.

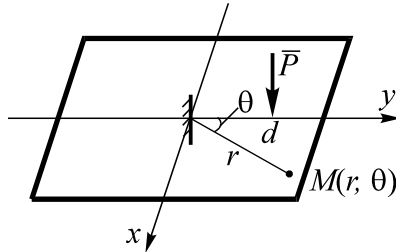


Рис.3. Расчетная модель изолированной плиты на упругом основании

Для статического расчета авторы используют способ Жемочкина [6], который является универсальным и позволяет рассчитывать дорожные плиты на различных моделях упругого основания.

Перемещения поверхности основания определяются по формулам [3], прогибы плиты с защемленной нормалью – по формуле [2] (см. рисунок 3).

Коэффициент постели верхнего упругого слоя трехслойного основания рассчитывается по формуле [1], как коэффициент постели по Винклеру

$$k = \frac{E_2(1-\nu_2)}{(1+\nu_2)(1-2\nu_2)h_2}, \quad (2)$$

которая справедлива при толщине упругого слоя  $h_2 < \frac{b}{2}$ .

Система канонических уравнений смешанного метода для изолированной плиты принимает следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_{1,1}X_1 + \dots + \delta_{1,m}X_m - \varphi x_1 y_1 - \varphi y_1 x_1 + u_1 + \Delta_{1,p} = 0 \\ \dots \\ \delta_{m,1}X_1 + \dots + \delta_{m,m}X_m - \varphi x_1 y_m - \varphi y_1 x_m + u_1 + \Delta_{m,p} = 0 \\ \sum_{k=1}^m X_k y_k - M_x = 0 \\ \sum_{k=1}^m X_k x_k - M_y = 0 \\ - \sum_{k=1}^m X_k - R = 0, \end{array} \right. \quad (2)$$

где  $m$  – число участков Жемочкина дорожной плиты;

$\varphi x_1 y_1$  – неизвестные перемещения введенного защемления на плите;

$R, M_x, M_y$  – равнодействующая внешних сил и моменты равнодействующей относительно координатных осей;

$X_k$  – сила в связи Жемочкина с номером  $k$ .

Полученная многократно статически неопределимая система решается смешанным методом строительной механики [7], приняв за неизвестные силы в контактных связях, а также два угловых и линейное перемещения введенного защемления нормали в центре плиты.

**Выводы.** В результате статического расчета были определены параметры НДС и осадки изолированной плиты дорожного и аэродромного покрытия типа ПАГ на трехслойном основании и распределение контактных напряжений под ней при различных вариантах загрузки плиты сосредоточенной силой от колеса автотранспорта. Кроме того, в цилиндрических шарнирах шарнирно-соединенных систем дорожных покрытий [5] можно определить поперечные силы и запроектировать эти узловое соединения.

## Литература

1. Горбунов-Посадов, М. И. Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин. – М. : Стройиздат, 1984. – 639 с.

2. Босаков, С. В. Статические расчеты плит на упругом основании / С. В. Босаков. – Минск : БНТУ, 2002. – 128 с.

3. Босаков, С. В. Об одной модели упругого основания и ее использовании для расчета прямоугольной плиты на упругом основании / С. В. Босаков, С. И. Зиневич, О. В. Козунова / Строительная механика и расчет сооружений. - 2018. - № 4 (279). - С. 2–5.

4. Козунова, О. В. Статический расчет дорожной плиты на слоистом основании / О.В.Козунова / Механика. Исследования и инновации. Вып. 11. – Гомель, 2018 – С. 134–138.

5. Козунова, О. В. Использование модели трехслойного основания в расчетах шарнирно-соединенных дорожных плит / О. В. Козунова // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – № 1. – С. 49–52: ил. – Библ.: с. 52

6. Жемочкин, Б. Н. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании / Б. Н. Жемочкин, А. П. Синицын. – М.: Стройиздат, 1962. – 239 с.

7. Ржаницын А.Р. Строительная механика / А.Р. Ржаницын// - М: Высшая школа – 1991 – 439с.