

ТЕХНИКА ИЛИМДЕРИ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCES

Маруфий А.Т., Цой А.В., Калыков А.С.

**ПЛИТАНЫН ЖЕРГИЛИКТҮҮ НЕГИЗ МЕНЕН ТӨШӨНҮЧҮ
КАТУУЛУГУНУН ТӨМӨН БӨЛҮМҮНҮН ЭСЕПТӨӨ ЫКМАСЫ**

Маруфий А.Т., Цой А.В., Калыков А.С.

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПЛИТЫ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ
С УЧАСТКОМ ПОНИЖЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ ОСНОВАНИЯ**

A.T. Marufiy, A.V. Tsoi, A.S. Kalykov

**PROCEDURE FOR CALCULATING THE PLATE ON AN ELASTIC
BASE WITH A LOT OF REDUCED BASE RIGIDITY**

УДК: 624.073.2

Винклердин негизиндеги плитанын ийилүүсүн эсептөө үчүн болжолдуу ыкма катары сунуш кылынат, анын ичинде жергиликтүү негиз менен төшөнүчү төмөн локалдуу бөлүмү бар, негиздин калган катышына караганда айырмаланат. Метод негизи катары, мындай таблицада ушундай жергиликтүү бөлүмгө ээ болгон плитанын издеп жаткан бурулуштары ар дайым плитанын тиешелүү ийилишинин ортосундагы диапазондо болот: биринчи учурда - андай учур жок кезинде, ал эми экинчи учур болсо - мындай бөлүм бар, бирок плита менен негиздин ортосунда эч кандай байланыш жок. Эки учурда тең, плитанын ийилиши белгилүү аналитикалык чечимдерге ылайык орнотулуп жана чечмелөө ыкмасы аркылуу анализденип, алардын ортосундагы издеп жаткан ийилүүнүн орду негиздин катуулугун төмөндөтүүнүн салыштырмалуу коэффициенти деп аталган түшүнүк негиз аркылуу аныкталат.

Негизги сөздөр: Винклер негизи, төшөнчүлөрдүн катышы, локалдуу бөлүм, плита, байланыш, төмөн коэффициент, негиздин катуулугу, ийкемдүү штамп.

Предложен приближенный метод расчета изгиба плиты на винклеровском основании с имеющимся в нем локальным участком с более низким коэффициентом постели, чем у основания под остальной частью плиты. Метод базируется на закономерности, что отыскиваемые прогибы плиты, имеющей в основании такой локальный участок, всегда будут находиться в диапазоне между соответствующими прогибами плиты, находящейся: в первом случае - на основании, в котором такого участка нет, и во втором случае - на основании, в котором есть такой участок, но на нем отсутствует контакт плиты с основанием. В обоих случаях прогибы плиты устанавливаются по известным

аналитическим решениям, а местоположение отыскиваемого прогиба между ними устанавливается с помощью так называемого относительного коэффициента снижения жесткости основания.

Ключевые слова: Винклеровское основание, соотношение листов, локальный участок, плита, контакт, низкий коэффициент, жесткость основания, гибкий штамп.

An approximate method is proposed for calculating the bending of a slab on a Winkler base with a local area in it with a lower bedding ratio than at the base under the rest of the slab. The method is based on the regularity that the sought deflections of a slab having such a local section at the base will always be in the range between the corresponding deflections of the slab located: in the first case - on the base in which there is no such section, and in the second case - on the base, in which there is such a site, but there is no contact between the slab and the base. In both cases, the deflections of the slab are established according to known analytical solutions, and the location of the sought deflection between them is established using the so-called relative coefficient of reduction of the stiffness of the base.

Key words: Winkler base, sheet ratio, local area, plate, contact, low coefficient, base stiffness, flexible stamp.

В грунтовых основаниях жестких покрытий автомобильных дорог в процессе эксплуатации образуются сравнительно небольшие по площади (относительно площади основания всего покрытия) участки с грунтами с более высокой влажностью, чем у грунтов основания под остальной частью покрытия. Причиной возникновения таких локальных участков является замачивание грунтов атмосферными и сточными водами, проникающими через стыковые соединения,

трещины в конструкции, точечные места утечек воды из проложенных рядом с дорогой водоотводных лотков. Большинство видов пылевато-глинистых грунтов при увеличении влажности снижают свою первоначальную жесткость до конечного числового значения (коэффициент постели, модули деформации и упругости) [1,2,3], хотя некоторые их виды (например: высокопористые лессовые и насыпные) могут снизить свою жесткость от замачивания до нуля. Далее по тексту локальный участок основания под дорожным покрытием, в котором грунт от замачивания снизил свою жесткость, будет сокращенно называться – ЛУНЖ (локальный участок низкой жесткости).

С принятием некоторых упрощений расчеты изгиба жесткого покрытия, имеющего в основании ЛУНЖ, от действия внешних нагрузок возможно провести с помощью расчетных схем, приведенных на рисунках 1а, 2а, 2б.

Конструкция жесткого покрытия автомобильной дороги моделируется плитой бесконечных (рис. 1 а), или полубесконечных (рис. 2 а), или четверть бесконечных (рис. 2 б) размеров. Каждая из рассматриваемых плит имеет постоянную жесткость, опирается на винклеровское основание с коэффициентом постели C_1 . К плите приложена нагрузка $q_0(x,y)$. В основании конструкции имеется ЛУНЖ размерами в относительных единицах соответственно $(2a \times 2b, a \times 2b, a \times b)$, в пределах которого грунтовое основание имеет коэффициент постели C_2 ($0 \leq C_2 \leq C_1$). Крайними границами изменения коэффициента постели C_2 на ЛУНЖ будут являться:

- 1) $C_2 = C_1$ соответствует случаю когда в основании не имеется ЛУНЖ,
- 2) $C_2 = 0$ жесткость основания на ЛУНЖ равна 0 (т.е. на ЛУНЖ отсутствует контакт плиты с основанием).

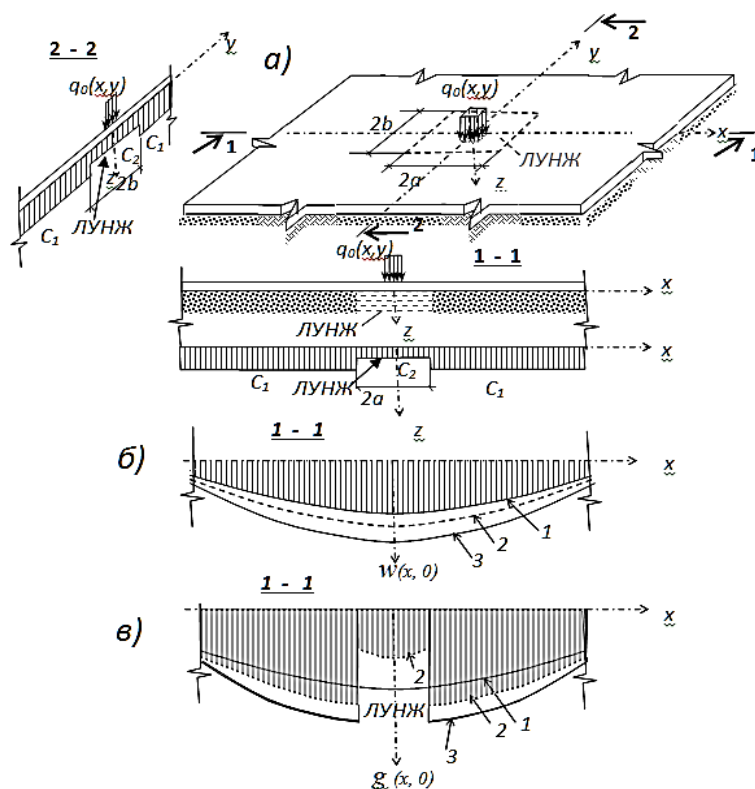


Рис. 1. Расчетная схема бесконечной плиты с ЛУНЖ в основании

- а) расчетная схема в сечениях и в изометрическом изображении,
 C_1 – коэффициент постели основания под основной частью плиты,
 C_2 – коэффициент постели основания ЛУНЖ,
 б) линии прогибов плиты по сечению 1-1: 1– плиты с отсутствующими в ее основании ЛУНЖ $w_{00}(x, 0)$;
 2 – плиты ЛУНЖ, $w(x, 0) = w_{00}(x, 0) + k_{rwl}(x, 0)$;

3 – плиты с участком, на котором отсутствует контакт плиты с основанием, $w_0(x, 0) = w_{00}(x, 0) + w_{\Delta}(x, 0)$;

в) эпюры реактивных отпоров основания по сечению 1-1:

1 – $q_{00}(x, 0)$ для плиты с отсутствующим в ее основании ЛУНЖ,

2 – $q(x, 0)$ для плиты с ЛУНЖ,

3 – $q_0(x, 0)$ для плиты с участком п, на котором отсутствует контакт плиты с основанием

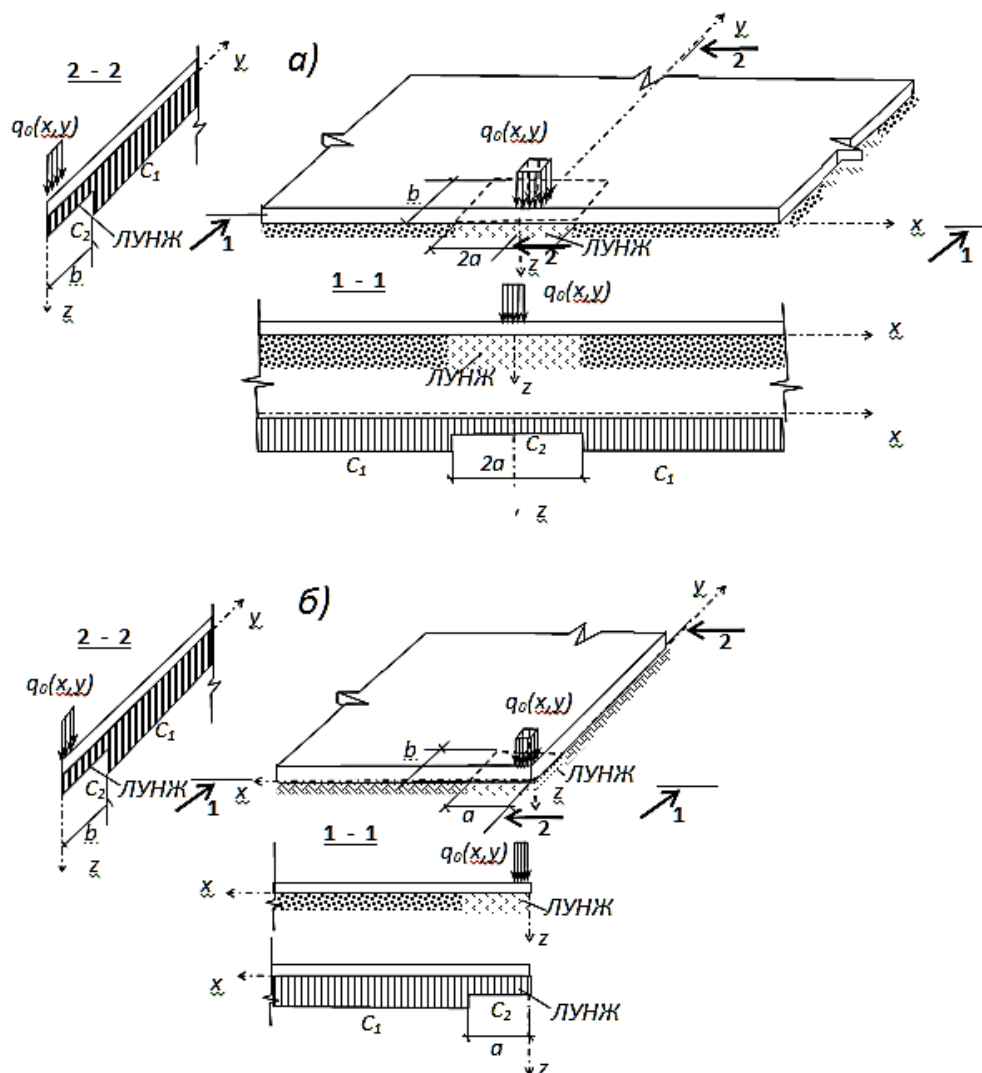


Рис. 2. Расчетные схемы: а) полубесконечной; б) – четверть бесконечной плиты с ЛУНЖ в основании.

Для решения задачи изгиба плиты применительно к приведенным на рисунках 1а, 2а, 2б. расчетным схемам нами предлагается использовать приближенный метод, основанный на использовании закономерности, что искомым прогибы $w(x, y)$ плиты, имеющей в основании ЛУНЖ, всегда будут находиться в диапазоне изменения следующих прогибов (рис. 1б):

1) $w_{00}(x, y)$ - прогибов плиты при отсутствии в ее основании ЛУНЖ;

2) $[w_{00}(x, y) + w_{\Delta}(x, y)]$ - прогибов плиты, имеющей в основании ЛУНЖ, на котором контакт плиты с основанием отсутствует, т.е. коэффициент постели ЛУНЖ $C_2 = 0$.

Данная закономерность позволяет функцию прогибов $w(x, y)$ плиты приближенно представить в виде:

$$w(x, y) = w_{00}(x, y) + k \cdot w_{\Delta}(x, y) \quad (1)$$

где $w_{00}(x, y)$ – функция прогибов бесконечной плиты

на упругом основании при отсутствии в ее основании ЛУНЖ, т.е. коэффициент постели основания под всей плитой одинаковый и равен C_1 (рис. 16);

k_r – коэффициент со значениями от 0 до 1, который можно назвать относительным коэффициентом снижения жесткости замоченного грунта на ЛУНЖ.

$w_A(x, y)$ – функция добавочного прогиба плиты к прогибу $w_{oo}(x, y)$, которая появится при наличии под плитой локального участка с отсутствующим контактом с основанием (рис. 16), т.е. коэффициентом постели основания на этом участке $C_2=0$. Тогда полный прогиб $w_o(x, y)$ этой плиты в этом случае можно записать в виде формулы (2).

$$w_o(x, y) = w_{oo}(x, y) + w_A(x, y) \quad (2)$$

Таким образом, проведение конкретного расчета изгиба плиты с имеющимся в ее основании ЛУНЖ по предлагаемому приближенному методу будет заключаться в определении числовых значений $w_{oo}(x, y)$, $w_A(x, y)$ в заданных точках плиты с относительными координатами x и y и установлении значения коэффициента k_r .

Определение числовых значений $w_{oo}(x, y)$, $w_A(x, y)$. Определение числовых значений $w_{oo}(x, y)$ и $w_A(x, y)$ не составляет трудностей, т.к. может проводиться с помощью имеющихся в литературе специальных таблиц и графиков, составленных по результатам численной реализации полученных в работах [4,5,6] аналитических решений различных задач изгиба бесконечной, полубесконечной и четверть бесконечной плиты на винклеровском основании с прямоугольным участком отсутствующего контакта плиты с основанием от действия различных видов нагрузок и мест их приложения.

Установление значений коэффициента k_r . Значения k_r ($0 \leq k_r \leq 1$) можно установить из анализа составленного из формулы (1) уравнения, в котором из входящих в него членов аналитически записан применительно к вдавливаю бесконечно жесткой плиты в упругое винклеровское основание сосредоточенной силой $P=1$, приложенной в центре плиты. Допустимость применения результатов анализа, полученных для бесконечно жесткой плиты, к плите конечной жесткости можно обосновать следующими доводами:

– осадка абсолютно жесткого штампа на винклеровом основании равна средней осадке абсолютно гибкого штампа;

– контактные давления под штампом конечной жесткости находятся в диапазоне соответствующих давлений для абсолютно жесткого и абсолютно гибкого штампов;

– площадь ЛУНЖ несоизмерима мала по сравнению с площадью всей плиты, поэтому погрешности расчетов, вносимые неучетом конечной жесткости плиты будут незначительными.

Рассмотрим 3 случая распределения коэффициентов постели основания под бесконечно жесткой плитой:

1. Под всей площадью A_1 плиты основание имеет одинаковый коэффициент постели C_1 .

2. В основании плиты имеется ЛУНЖ площадью A_2 , расположенный симметрично относительно центра плиты, с коэффициентом постели основания $C_2 < C_1$.

3. В основании плиты имеется ЛУНЖ площадью A_2 , расположенный симметрично относительно центра плиты, с коэффициентом постели основания $C_2 = 0$, т.е. на этом участке отсутствует контакт плиты с основанием.

Введем в расчеты следующие величины:

$A_2/A_1 = n$, $0 \leq n \leq 1$, назовем относительной площадью ЛУНЖ,

$C_2/C_1 = m$, $0 \leq m \leq 1$, назовем относительным коэффициентом жесткости основания ЛУНЖ.

Запишем формулы осадки плиты для каждого из этих трех случаев.

Для случая 1 осадка плиты будет равна

$$w_1 = P / (A_1 * C_1) = 1 / (A_1 * C_1) \quad (3);$$

и будет соответствовать члену $w_{oo}(x, y)$ в формуле (1)

В случае 2 осадка плиты будет равна

$$w_2 = P / [(A_1 - A_2) * C_1 + A_2 * C_2] = 1 / [(A_1 - n * A_1) * C_1 + n * A_1 * m * C_1] \quad (4)$$

и будет соответствовать определяемой осадке $w(x, y)$ в формуле (1);

В случае 3 полная осадка w плиты будет равна

$$w_2 = P / [(A_1 - A_2) * C_1] = 1 / [(A_1 - n * A_1) * C_1] \quad (5),$$

а входящую в нее добавочную часть осадки w_A , соответствующую члену $w_A(x, y)$ в формуле (1), можно записать в виде (6)

$$w_A = w_2 - w_1 = P / [(A_1 - A_2) * C_1] - P / (A_1 * C_1) = 1 / [(A_1 - A_2) * C_1] - 1 / (A_1 * C_1) \quad (6);$$

Подставим формулы (3), (4) и (6) в формулу (1) и после преобразований получим формулу (7) для определения коэффициента k_r ,

$$k_r = (1 - n + n * m - m) / (1 - n + n * m) \quad (7);$$

Определим значения k_r при различных значениях n и m . Результаты вычислений приведены в таблице 1 и отображены на графике на рисунке 3, из них можно

сделать следующий вывод. В случае, когда относительная площадь ЛУНЖ $n \leq 0.2$, значения k_r практически перестают зависеть от этого показателя, поэтому в этом случае можно считать площадь ЛУНЖ несоиз-

меримо малой по отношению к площади плиты, а значения k_r определять по формуле (8).

$$k_r = 1 - m = 1 - C_2/C_1 \quad (8)$$

Таблица 1

Значение k_r в зависимости от относительной площади n и относительного коэффициента постели m ЛУНЖ

n	Значения k_r при значениях m										
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0.01	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
0.05	1	0.9	0.79	0.69	0.59	0.49	0.39	0.29	0.19	0.1	0
0.1	1	0.89	0.78	0.68	0.57	0.47	0.38	0.28	0.18	0.09	0
0.2	1	0.88	0.76	0.65	0.54	0.44	0.35	0.26	0.17	0.08	0
0.3	1	0.86	0.74	0.62	0.51	0.41	0.32	0.23	0.15	0.07	0
0.4	1	0.84	0.71	0.63	0.47	0.38	0.29	0.2	0.13	0.06	0
0.5	1	0.81	0.67	0.54	0.43	0.33	0.25	0.18	0.11	0.05	0

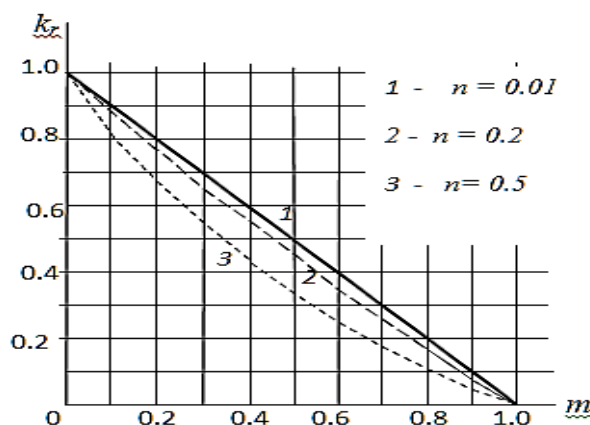


Рис. 3. Графики значений k_r в зависимости от изменения относительного коэффициента постели m при различной относительной площади n ЛУНЖ.

Выводы. Предложен метод расчета изгиба плиты на винклеровском основании с имеющимся в нем локальным участком с более низким коэффициентом постели, чем у основания под остальной частью плиты. Метод можно использовать при проектировании плит покрытий автодорог и аэродромов, ленточных и плитных фундаментов зданий.

Литература:

1. Глушков Г.И. Жесткие покрытия аэродромов и автомобильных дорог [Текст] / Г.И. Глушков, В.Ф. Бабков, В.Е. Тригони и др. - М.: Транспорт, 1994. - 350 с.
2. Хархута Н.Я. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог [Текст] / Н.Я. Хархута, Ю.М. Васильев. - М.: Транспорт, - 1975. - 288 с.
3. Давыдов В.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог на многолетнем мерзлых грунтах [Текст] / В.А. Давыдов, Э.Д. Бондарева // Учебное пособие. - Омск: ОмПИ, 1989. - 82 с.
4. Травуш В.И. Изгиб бесконечной плиты на упругом основании с неполным контактом с основанием [Текст] / В.И. Травуш, А.Т. Маруфий. // Научный вестник Ферганс. гос.унив. - Фергана, 1995. - №1-2. - С. 71-77.
5. Маруфий А.Т. Расчет плит на упругом при отсутствии основания под частью плиты [Текст] / А.Т. Маруфий. // Основания, фундаменты и механика грунтов. - М., 1999. - №4. - С. 27-31.
6. Маруфий А.Т. Изгиб различных схем плит на упругом основании с учетом неполного контакта с основанием [Текст] / А.Т. Маруфий. - М.: Изд-во АСВ, - 203. - 208 с.