

УДК 624.21

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2021.95.0.217

СМУГА НА ПРУЖНІЙ ОСНОВІ, ЩО ОПИСУЄТЬСЯ РІЗНИМИ МОДЕЛЯМИ, НАВАНТАЖЕНА РІВНОМІРНО РОЗПОДІЛЕНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Кожушко В. П., Краснов С. М.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Досліджено питання визначення реактивних тисків і згинальних моментів у смугі, навантаженої рівномірно розподіленим на всій її довжині навантаженням. Розглянуто три моделі ґрунтової основи і лінійно-деформівну півплощину, лінійно-деформівний шар скінченної товщини та модель Вінклера. Показано, що величини реактивного тиску і згинальних моментів у значній мірі залежать як від гнучкості системи «смуга – ґрунт», так і від застосованої при розрахунках моделі ґрунтової основи.

Ключові слова: модель Вінклера, лінійно-деформівна півплощина, лінійно-деформівний шар скінченної товщини, реактивний тиск, згинальний момент.

Вступ

При розрахунку конструкції на ґрунтовій основі використовуються різні моделі ґрунту, які часто дають результати, що різко відрізняються один від одного.

Таким чином, у разі неправильного вибору моделі ґрунту можна отримати відомості про напружено-деформівний стан конструкції, які не будуть відповідати її реальній роботі. У цьому плані цікаво було б порівняти результати розрахунку конструкції на якихось заданих ґрунтах при застосуванні різних моделей ґрунту, тобто аналіз результатів розрахунку в разі застосування різних моделей ґрунту має певний науковий і практичний інтерес.

Аналіз публікацій

Характеристика різних моделей ґрунту і рекомендації з галузі їх застосування в різних ґрунтових умовах детально розглянуті в капітальній роботі [1]. Але і нині пропонуються нові моделі ґрунту або нові підходи до розв'язку контактних задач із математичної точки зору [2–6], тобто дослідження у цьому плані продовжуються.

Форма реактивного опору, а значить, і внутрішні зусилля в конструкції, що контактує з ґрунтом, залежать не тільки від жорсткості конструкції та фізико-механічних характеристик ґрунту, а також і від виду зовнішнього навантаження та місця його прикладання. Є роботи [7, 8], в яких наведено порівняльні результати розрахунку смуг на ґрунтовій основі при застосуванні різних моделей ґрунту. Але, на жаль, у роботі [7] розглянуто лише дві моделі ґрунту, а в роботі [8] хоч і розглянуто три найпоширеніші моделі ґрунту, але аналіз результатів розрахунків вико-

нано тільки в разі дії на смугу однієї зосередженої сили. Цікаво було б отримати результати розрахунку у випадку використання названих моделей ґрунту, але за умов навантаження смуги рівномірно розподіленим навантаженням, іншими зовнішніми навантаженнями або привантаженнями.

Мета і постановка завдання

У даній статті проведено аналіз роботи смуги на ґрунтовій основі, що описується трьома моделями (вінклерівською моделлю, лінійно-деформівною півплощиною і лінійно-деформівним шаром скінченної товщини), навантаженої по всій довжині рівномірно розподіленим навантаженням.

Визначення реактивного опору і згинальних моментів у смугі

При аналізі напружено-деформованого стану смуги на пружній основі скористаємось даними роботи [9], в якій наведено таблиці реактивних зусиль, а також кутів повороту і осідань точки фіктивного затиснення смуги, отриманих від зовнішніх одиничних сил, прикладених до смуги, і привантажень у вигляді розподілених епюр з одиничною інтенсивністю $q \cdot c \cdot b = 1$, де q – інтенсивність розподіленого навантаження kH/m^2 ; b – ширина смуги, яка часто приймається рівною 1 м; c – довжина ділянки, на які розбивається смуга по довжині, м. При визначенні реактивних зусиль, кутів повороту і осідань був застосований метод Б.М. Жемочкіна, який довів, що для практичних цілей достатньо розбити смугу по довжині на 5 ділянок, що і було зроблено у роботі [9], тобто у цій роботі величину c ділянок рівної довжини прийнято рівною $l/5$, де l – довжина смуги в метрах.

Одиничні зосереджені сили $P_i=q \cdot c \cdot b=1$ при визначенні реактивних зусиль, кутів повороту і осідань були прикладені на кінцях смуги і всередині ділянок розбивки, тобто над жорсткими стержнями, які Б.М. Жемочкін запропонував ставити між смугою і ґрунтом, і через які й передається тиск від смуги на ґрунт. Якщо одинична зосереджена сила буде прикладена до смуги між стержнями, то її слід розбивати на дві сили, прикладені над сусідніми стержнями. Величини цих сил Б.М. Жемочкін пропонує визначати як для статично визначеної балки на двох опорах. Але після визначення реактивних сил, величини поперечних сил і згинальних моментів, а також деформацій повинні визначатися для реального місця прикладення зовнішньої зосередженої сили.

При дії на смугу розподілених навантажень, інтенсивність яких змінюється по довжині за будь-яким законом, у межах кожної ділянки треба замінити зосередженою силою $P_i=q \cdot c \cdot b=1$, яку прикладають над стержнем. Таким чином, у роботі [9] наведено таблиці, які можуть бути використані при будь-якому зовнішньому навантаженні, прикладеному до смуги. Величини одиничних реактивних зусиль у роботі [9] отримано для різних показників гнучкості α системи «смуга – основа», які змінюються від 0 до 0,427. Якщо порівняти цей показник із показником гнучкості t системи «смуга – основа», запропонованого М.І. Горбуновим-Посадовим [1], то він змінюється від 0 до 10, тобто таблиці дозволяють проаналізувати роботу коротких смуг, які в теорії пружності прийнято називати такими, коли їх показник гнучкості $t \leq 10$. Відомо, що при показнику гнучкості системи «смуга – основа» $t > 10$ смугу треба розраховувати застосовуючи зовсім інший підхід при визначенні реактивного опору ґрунту, розглядаючи її як півнескінченну або нескінченну смугу в залежності від місця прикладення зосередженої зовнішньої сили.

Таблиці у роботі [9] складено для різних відносних величин c/H шару скінченної товщини, де H – товщина ґрунтового шару, що деформується. Величини c/H змінюються від $1/32$ до 4. Подальші дослідження роботи смуги на лінійно-деформованому шарі скін-

ченної товщини, проведені автором роботи [9], показали, що при $c/H=1/32$ і $c/H=1/16$, скінченний шар можна замінити лінійно-деформованою півплощиною, а при $c/H \geq 2$ – моделлю Вінклера. Таким чином, користуючись таблицями роботи [9], можна проаналізувати напружено-деформівний шар смуги, що контактує з ґрунтом основи, яку можна моделювати моделлю Вінклера, лінійно-деформівною півплощиною і лінійно-деформівним шаром скінченної товщини.

Проаналізуємо роботу смуги шириною $b=1$ м і довжиною $l=10$ м, навантажену по всій її довжині рівномірно розподіленим навантаженням інтенсивністю $q=100$ кН/м² (рис. 1). Рівномірно розподілене навантаження замінимо системою із п'яти зосереджених сил $p_i=qbc=100 \cdot 1 \cdot 2=200$ кН, де $c=10/5=2$ м – довжина ділянки розбивки смуги по довжині (див. рис. 1).

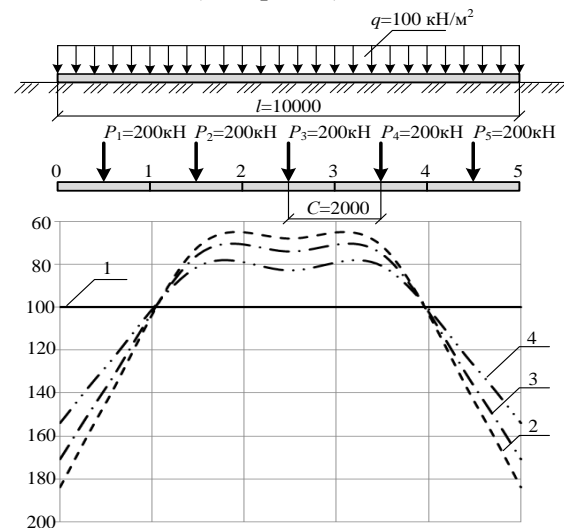


Рис. 1. Епюри реактивного тиску, отримані за різних показників α ($c/h=1/32$): 1 – без урахування спільної роботи смуги і ґрунту основи; 2 – при $\alpha=0$ (жорстка смуга); 3 – при $\alpha=0,128$; 4 – при $\alpha=0,428$

Нехай величина $c/h=1/32$, тобто ґрунтова основа працює як лінійно-деформівна півплощина. Розглянемо жорстку систему (показник $\alpha=0$). Із таблиць роботи [9] випишемо одиничні реактивні зусилля \bar{Y}_i від одиничних зосереджених сил $p_i=qbc=1$ кН.

Від	$P_1=1$	$P_2=1$	$P_3=1$	$P_4=1$	$P_5=1$
$\bar{Y}_1 =$	0,7391	0,5140	0,2888	0,0637	-0,1614
$\bar{Y}_2 =$	0,2428	0,1930	0,1433	0,0935	0,0437
$\bar{Y}_3 =$	0,1358	0,1358	0,1358	0,1358	0,1358
$\bar{Y}_4 =$	0,0437	0,0935	0,1433	0,1930	0,2428
$\bar{Y}_5 =$	-0,1614	0,0637	0,2888	0,5140	0,7391

Реактивні тиски визначаються за формулою [9]

$$p_i = q \sum_{i=1}^5 \bar{Y}_i. \quad (1)$$

У силу симетрії системи

$$p_1 = p_5 = 100(0,7391 + 0,5140 + 0,2888 + 0,0637 - 0,1614) = 100 \cdot 1,4442 = 144,42 \text{ кПа};$$

$$p_2 = p_4 = 100(0,2428 + 0,1930 + 0,1433 + 0,0935 + 0,0437) = 100 \cdot 0,7163 = 71,63 \text{ кПа};$$

$$p_3 = 100(0,1358 + 0,1358 + 0,1358 + 0,1358 + 0,1358) = 100 \cdot 0,6790 = 67,90 \text{ кПа}.$$

Перевіримо отримані результати, використовуючи рівняння рівноваги

$$\sum_{i=1}^5 p_i \cdot c = q \cdot l. \quad (2)$$

$$2(144,42 \cdot 2 + 71,63 \cdot 2 + 67,90) = 100 \cdot 10$$

$$1000 = 1000.$$

Таким чином, величини реактивних тисків отримано правильно.

Розраховані величини реактивних тисків є справедливими тільки під точками установки жорстких стержнів, тобто під серединами ділянок розбивки. У межах довжини ділянки Б.М. Жемочкін рекомендує тиск вважати однаковим, тобто епюра реактивних тисків має східчасту форму. З'єднавши точки тисків лінією, отримаємо криву реактивного тиску (на рис. 1 вона наведена пунктирною лінією). На цьому ж рисунку наведено епюру реактивного тиску, отриману без урахування спільної роботи з ґрунтом основи. Вона являє собою пряму лінію інтенсивністю $p=100$ кН (на рис. 1 – це суцільна лінія). Таким чином, при урахуванні спільної роботи смуги і ґрунту тиск, що передається жорсткою смугою, під її кінцями майже в 2 рази перевищує тиск, отриманий без урахування спільної роботи, а під серединою смуги він значно менший згаданого тиску.

Використовуючи східчасту епюру реактивного тиску, легко можна визначити поперечні сили і згинальні моменти в будь-яких точках по довжині смуги.

Визначимо згинальні моменти в точках 0, 1, 2 і 2–3 (під серединою смуги, див. рис. 1). У силу симетрії конструкції й зовнішнього навантаження згинальні моменти $M_0=M_5$, $M_1=M_4$, $M_2=M_3$. При визначенні моментів

йдемо зліва направо. Згинальні моменти, що діють за годинниковою стрілкою, будемо вважати додатними. Тоді

$$M_0=0; M_1=144,41 \cdot 2 \cdot 1 - 100 \cdot 2 \cdot 1 = 88,84 \text{ кНм};$$

$$M_2=144,42 \cdot 2 \cdot 3 + 71,63 \cdot 2 \cdot 1 -$$

$$- 100 \cdot 4 \cdot 2 = 209,78 \text{ кНм};$$

$$M_{2-3}=144,42 \cdot 2 \cdot 4 + 71,63 \cdot 2 \cdot 2 + 67,90 \cdot 1 \cdot 0,5 -$$

$$- 100 \cdot 5 \cdot 2,5 = 221,83 \text{ кНм}.$$

Згинальні моменти в зазначених точках, в разі ігнорування спільної роботи смуги з ґрунтом, дорівнюють нулю

($M_1=M_2=M_3=M_4=M_5=0$). На рис. 2 наведено епюри згинальних моментів. Епюри згинальних моментів побудовано на розтягнутих волокнах

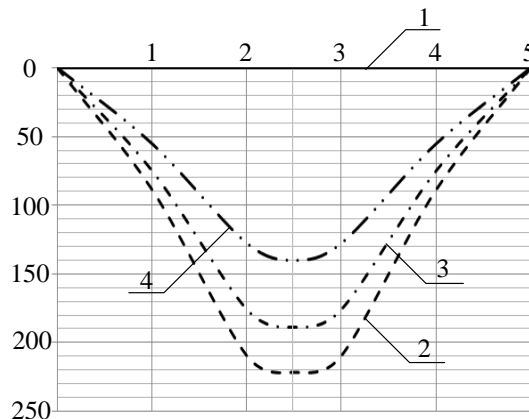


Рис. 2. Епюри згинальних моментів ($c/H = 1/32$): 1 – без урахування спільної роботи (нульова лінія); 2 – при $\alpha=0$; 3 – при $\alpha=0,128$; 4 – при $\alpha=0,427$

Епюру згинальних моментів при $\alpha=0$ показано пунктирною лінією (лінія 2). Отримано цікаві результати. Якщо не урахувати спільну роботу смуги і ґрунту основи, смуга під дією рівномірно розподіленого навантаження не згинається, а згинальні моменти, отримані при урахуванні спільної роботи, є значними ($M_{2-3} = 221,83$ кНм), тобто смуга деформується, що підтверджується і проведеними рядом дослідників експериментами.

Виконаємо аналітичні розрахунки за інших показників гнучкості $\alpha=0,128$ і $\alpha=0,427$.

Виписавши з роботи [9] значення одиничних реактивних зусиль при показниках гнучкості $\alpha=0,128$ і $\alpha=0,427$ (при $C/H = 1/32$) і провівши раніше викладені розрахунки, отримаємо реактивні опори, які дорівнюють:

$$\text{при } \alpha=0,128 \quad p_1=p_5=137,53 \text{ кПа};$$

$$p_2=p_4=75,44 \text{ кПа};$$

$$p_3=74,06 \text{ кПа};$$

$$\text{при } \alpha=0,427 \quad p_1=p_5=127,67 \text{ кПа};$$

$$p_2=p_4=80,91 \text{ кПа};$$

$$p_3=82,84 \text{ кПа}.$$

Епюри реактивних опорів показано на рис. 1 (штрих-пунктирною лінією – епюра при $\alpha=0,128$; штрих-пунктирною із двома точками – епюра при $\alpha=0,427$).

Із аналізу отриманих епюр видно, що реактивні тиски під кінцями смуги для гнучких систем зменшуються, а під серединою смуги – збільшуються.

Визначимо згинальні моменти в зазначених вище точках. Вони дорівнюють:

$$\begin{aligned} \text{при } \alpha=0,128 \quad M_1=M_5=75,06 \text{ кНм}; \\ M_2=M_4=176,06 \text{ кНм}; \\ M_3=189,03 \text{ кНм}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{при } \alpha=0,427 \quad M_1=M_5=55,34 \text{ кНм}; \\ M_2=M_4=127,84 \text{ кНм}; \\ M_3=136,42 \text{ кНм}. \end{aligned}$$

Епюри згинальних моментів наведено на рис. 2. Із рис. 2 видно, що у гнучких системах згинальні моменти, у порівнянні з жорсткою системою, значно зменшуються. Наприклад, під серединою смуги згинальний момент при $\alpha=0,427$ в $221,83/136,42=1,63$ рази менший моменту, отриманого при $\alpha=0$. Таким чином, чим більші прогини смуги, тим більшу долю згинальних моментів сприймає ґрунт основи. Але за будь-яких величин показника гнучкості системи «смуга – ґрунт» згинальні моменти й епюри реактивного опору абсолютно відрізняються від аналогічних епюр, отриманих без урахування спільної роботи смуги з ґрунтом.

Проаналізуємо, як на систему «смуга – ґрунт» впливає вибрана для розрахунків модель ґрунту. Виконаємо розрахунки за відносною товщиною шару ґрунту, що деформується, рівної $c/H = 0,5$.

Як показали наші дослідження, ґрунтовий масив у даному випадку працює як лінійно-деформівний шар скінченної товщини. Розрахунки виконаємо для раніше застосованих показників гнучкості системи, тобто при $\alpha=0$; $\alpha=0,128$ і $\alpha=0,427$.

Одиничні реактивні зусилля треба випикувати із таблиць тієї ж роботи [9], але при $c/H = 0,5$. Реактивні тиски будуть дорівнювати:

$$\begin{aligned} \text{при } \alpha=0 \quad p_1=p_5=117,60 \text{ кПа}; \\ p_2=p_4=87,24 \text{ кПа}; \\ p_3=90,32 \text{ кПа}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{при } \alpha=0,128 \quad p_1=p_5=114,68 \text{ кПа}; \\ p_2=p_4=88,86 \text{ кПа}; \\ p_3=92,92 \text{ кПа}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{при } \alpha=0,427 \quad p_1=p_5=110,70 \text{ кПа}; \\ p_2=p_4=91,10 \text{ кПа}; \\ p_3=96,40 \text{ кПа}. \end{aligned}$$

Згинальні моменти в зазначених раніше точках смуги, у порівнянні з моментами, отриманими для моделі при $c/H = 1/32$, значно зміняться:

$$\begin{aligned} \text{при } \alpha=0 \quad M_1=M_5=35,20 \text{ кНм}; \\ M_2=M_4=80,08 \text{ кНм}; \\ M_{2-3}=84,92 \text{ кНм}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{при } \alpha=0,128 \quad M_1=M_5=29,36 \text{ кНм}; \\ M_2=M_4=65,80 \text{ кНм}; \\ M_{2-3}=69,34 \text{ кНм}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{при } \alpha=0,427 \quad M_1=M_5=21,40 \text{ кНм}; \\ M_2=M_4=46,40 \text{ кНм}; \\ M_{2-3}=48,20 \text{ кНм}. \end{aligned}$$

Епюри реактивного опору наведено на рис. 3, епюри згинальних моментів – на рис. 4.

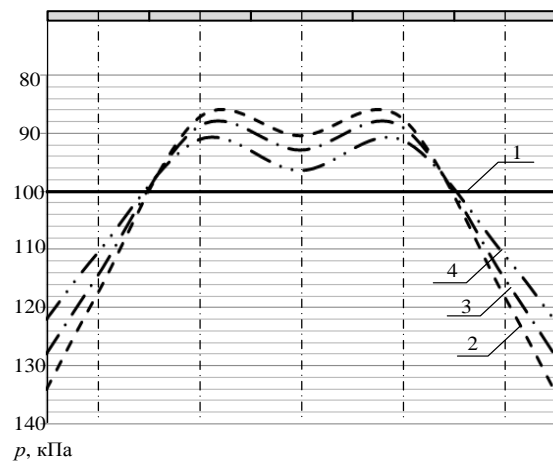


Рис. 3. Епюри реактивного тиску за різних показників гнучкості α ($c/H = 0,5$): 1 – без урахування спільної роботи смуги і ґрунту основи; 2 – при $\alpha=0$; 3 – при $\alpha=0,128$; 4 – при $\alpha=0,427$

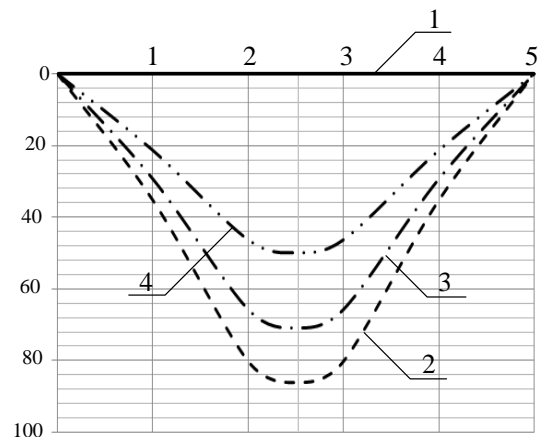


Рис. 4. Епюри згинальних моментів за різних показників гнучкості α ($c/H = 0,5$): 1 – без урахування спільної роботи смуги і ґрунту основи; 2 – при $\alpha=0$; 3 – при $\alpha=0,128$; 4 – при $\alpha=0,427$

При застосуванні моделі у вигляді лінійно-деформівного шару скінченної товщини епюри реактивного тиску наближаються за формою до рівномірно розподіленої епюри, яку вводять у розрахунок, коли не враховується спільна робота смуги і ґрунту. Зміна показника гнучкості α в межах від 0 до 0,427 практично не впливає на величину реактивного тиску в різних точках по довжині смуги (рис. 3), але найбільші значення моментів під серединою смуги при зміні показника α від 0 до 0,427 змінюються в $84,92/48,2=1,76$ рази.

Зовсім інша картина має місце при застосуванні моделі Вінклера (треба одиничні

реактивні зусилля виписувати із роботи [9] при співвідношенні $c/H = 4$).

У цьому випадку за будь-якого показника гнучкості α епюра реактивного тиску буде являти собою рівномірно розподілене навантаження інтенсивністю $p=100$ кПа, тобто у цьому випадку розрахунок повністю співпадає з рішенням, при якому не враховується сумісна робота смуги і ґрунту основи. Смуга під дією рівномірно розподіленого навантаження, прикладеного по довжині смуги, не згинається.

Порівняємо величини реактивного тиску під серединою смуги, отримані при застосуванні різних моделей ґрунтової основи.

Таблиця 1 – Реактивні тиски під серединою смуги, кПа

c/H	Без урахування спільної роботи	$\alpha=0$	$\alpha=0,128$	$\alpha=0,427$
1/32	100	67,90	74,06	82,84
1/2	100	60,32	92,92	96,40
4	100	100	100	100

Як видно з наведених у табл. 1 результатів розрахунку, реактивний тиск під серединою смуги при застосуванні моделі лінійно-деформівної півплощини або лінійно-деформівного шару скінченної товщини значно менший, ніж при введенні моделі Вінк-

лера або в разі ігнорування спільної роботи смуги з ґрунтом.

Але особливо велику різницю при застосуванні різних моделей ґрунтової основи і за різних показників гнучкості α маємо при визначенні максимальних згинальних моментів під серединою смуги (табл. 2).

Таблиця 2 – Згинальні моменти під серединою смуги, кНм

c/H	Без урахування спільної роботи	$\alpha=0$	$\alpha=0,128$	$\alpha=0,427$
1/32	0	221,83	189,03	136,42
1/2	0	84,92	69,34	48,20
4	0	0	0	0

У випадку ігнорування сумісної роботи смуги і ґрунтової основи або при розрахунку смуги на вінклерівській основі під дією рівномірного навантаження смуга не деформується (не згинається).

Розраховуючи ж жорстку смугу як конструкцію на лінійно-деформівній півплощині, отримуємо моменти величиною 221,83 кНм. Ігноруючи це положення, буде отримано недостатні розміри поперечного перерізу смуги, кількість робочої арматури (якщо смуга буде залізобетонною), що, зрозуміло, призведе до аварійної ситуації.

Висновки

1. Епюри реактивного тиску в разі завантаження смуги на ґрунтовій основі рівномірно розподіленим навантаженням можуть набувати різної форми в залежності від застосованої моделі ґрунту і показника гнучкості системи «смуга – ґрунт».

2. Найбільші тиски виникають під кінцями смуги.

3. При застосуванні одних підходів до розрахунку системи отримують результати, що говорять про те, що смуга не деформується, але у випадку застосування інших моделей ґрунтової основи отримують значні за величиною згинальні моменти.

4. Необхідне серйозне обґрунтування застосування тієї чи іншої моделі ґрунтової основи у залежності від виду ґрунту та його фізико-механічних характеристик.

Література

1. Горбунов-Посадов М.И. Расчет конструкций на упругом основании. – Изд. 3-е, перераб. и доп. / М.И. Горбунов-Посадов, Т.А. Маликова, В.И. Соломин. – М.: Стройиздат, 1984. – 697 с.
2. Carrier W.D. The Holl Half-space: Use with Caution / W.D. Carrier // Geotechnique. – 2007. – 57. – №27. – P. 633–634.
3. Carrier W.D. The Holl Half-space: Use with Contain / W.D. Carrier // Geotechnique. – 2006. – 56. – №9. – P. 657–659.
4. Shashkova Yevginiya. The Solution of a Contact Problem of a Square Punch with Rough Half Space at the sedate Law of Deformation of a Ronghness / Yevginiya Shashkova, Natalia Dyachenko, Konstantin Shashkov // Mechanika – 2005: 10 isios Tarptautines Konferencijos pranešimu medžiaga, Kaunas, baland. 7-8 d., 2005. – Kaunas Technolodija. – 2005. – P. 95–102.
5. Sadek Marwan. Use of the Boussinesg Solution on in Geotechnical and Road Engineering Influence of Plasticity / Marwan Sadek, Isam Shahrour // Mec. Sci., Paris, 2007. – №9–10. – P. 516–520.
6. Eeisenmann Josef. Die Schiene ais Tragbalken / Josef Eeisenmann // Eisenbahningenilur. – 2004. – №5 – S. 22–25.
7. Кожушко В.П. Анализ результатов расчета фундамента по двум моделям ґрунтового основания / В.П. Кожушко, И.Н. Лысяков // Науковий вісник буд-ва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2017. Т. 39, №3. – С. 78–84.
8. Кожушко В.П. Распределение усилий в нагруженной сосредоточенной силой полосе на упругом основании при использовании разных моделей ґрунта / В.П. Кожушко, И.Н. Лысяков // Вісник ХНАДУ. – Харків: ХНАДУ, 2019. – Вип 86. – Т.1. – С. 148–153.
9. Кожушко В.П. Расчет инженерных конструкций на линейно-деформированном слое конечной толщины: учебное пособие. – Киев: УМК ВО, 1980. – 106 с.
10. Problem of a Square Punch with Rough Half Space at the sedate Law of Deformation of a Ronghness / Yevginiya Shashkova, Natalia Dyachenko, Konstantin Shashkov // Mechanika – 2005: 10 isios Tarptautines Konferencijos pranešimu medžiaga, Kaunas, baland. 7-8 d., 2005. – Kaunas Technolodija. – 2005. – P. 95–102.
11. Sadek Marwan. Use of the Boussinesg Solution on in Geotechnical and Road Engineering Influence of Plasticity / Marwan Sadek, Isam Shahrour // Mec. Sci., Paris, 2007. – №9–10. – P. 516–520.
12. Eeisenmann Josef. Die Schiene ais Tragbalken / Josef Eeisenmann // Eisenbahningenilur. – 2004. – №5 – S. 22–25.
13. Кожушко В.П. Анализ результатов расчета фундамента по двум моделям ґрунтового основания / В.П. Кожушко, И.Н. Лысяков // Науковий вісник буд-ва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2017. Т. 39, №3. – С. 78–84.
14. Кожушко В.П. Распределение усилий в нагруженной сосредоточенной силой полосе на упругом основании при использовании разных моделей ґрунта / В.П. Кожушко, И.Н. Лысяков // Вісник ХНАДУ. – Харків: ХНАДУ, 2019. – Вип 86. – Т.1. – С. 148–153.
15. Кожушко В.П. Расчет инженерных конструкций на линейно-деформированном слое конечной толщины: учебное пособие. – Киев: УМК ВО, 1980. – 106 с.

References

1. Horbunov-Posadov M.Y. Raschet konstruktsyi na uprugom osnovanyu. – Yzd. 3-e, pererab. y dop. / M.Y. Horbunov-Posadov, T.A. Malykova, V.Y. Solomyn. – M.: Stroiyzdat, 1984. – 697 s.
2. Carrier W.D. The Holl Half-space: Use with Caution / W.D. Carrier // Geotechnique. – 2007. – 57. – №27. – R. 633–634.
3. Carrier W.D. The Holl Half-space: Use with Contain / W.D. Carrier // Geotechnique. – 2006. – 56. – №9. – R. 657–659.
4. Shashkova Yevginiya. The Solution of a Contact

Кожушко В.П., докт. техн. наук, професор кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки ім. В.О. Російського, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002, Україна, kozhusko_vp@ukr.net тел. +38 057-707-37-22

Краснов С.М., к.т.н., доцент кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки ім. В.О. Російського, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002, Україна krasnov56@ukr.net, тел. +38 057-707-37-22

Strip on elastic foundation described by different models, loaded by evenly distributed load

Abstract. The problem of changing the size of the reactive pressures perceived by a strip at use of various models of the soil foundation and at various indicators of flexibility of the “strip-soil” system is investigated. The aim of the work is to obtain the form of plots of reactive pressures produced by the soil foundation on a strip loaded along its entire length with a uniformly distributed load. In determining the values of reactive pressures and values of bending moments, the data of a previously published work of one of the authors of the article, based on V.N. Zhemochkin method, is used. Analysis of the

obtained calculation results showed that the shape of the plot of reactive pressures largely depends on both the index of flexibility of the foundation and the index of flexibility of the "strip-soil" system. The novelty of the research is that the calculation results are obtained using the traditional method of calculation (i.e., without taking into account the joint work of the "strip-soil" system and using 3 models of the soil base: linearly deformable half-plane, linearly deformable layer of finite thicknesses and the Winkler model. The obtained results of calculation will allow to design ground structures on the elastic foundation.

Key words: *Winkler model, linearly deformable half-plane, linearly deformable layer of finite thickness, reactive pressure, bending moment.*

Kozhushko V.P., Doct. of Science, professor of Department of Bridges, Constructions and Building Mechanics, Kharkiv National Automobile and Highway University 61002, Ukraine, Kharkov, Yaroslava Mudrogo st, 25, kozhushko_vp@ukr.net
тел. [+38 057-707-37-22](tel:+380577073722)

Krasnov S.M. Ph.D., associate professor of Department of Bridges, Constructions and Building Mechanics, Kharkiv National Automobile and Highway University 61002, Ukraine, Kharkov, Yaroslava Mudrogo st, 25, krasnov56@ukr.net,
tel. [+38 057-707-37-22](tel:+380577073722)
