

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ ҐРУНТУ НА ПІДПІРНІ СТІНИ

Методичні вказівки
для виконання розрахункової роботи з дисципліни
«Спецкурс випускової кафедри»
для студентів спеціальності
192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Київ 2024

УДК 624.13

В92

Укладач О. В. Малишев, канд. техн. наук, доцент

Рецензент В. Л. Підлуцький, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск І. П. Бойко, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри геотехніки, протокол № 18
від 3 квітня 2023 року.*

В авторській редакції.

Визначення тиску ґрунту на підпірні стіни: методичні вказівки /
В92 уклад: О. В. Малишев. – Київ: КНУБА, 2024. – 48 с.

Наведено загальні вимоги, що висуваються до проектування підпірних стін, основні положення визначення активного та пасивного тиску ґрунту, що діє на підпірні стіни. Містить приклади визначення величин тиску ґрунту.

Призначено для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

© КНУБА 2024

ЗМІСТ

Загальні положення.....	4
1. Загальні положення проектування підпірних стін.....	4
1.1. Вихідні дані для проектування	4
1.2. Матеріали конструкцій підпірних стін	5
1.3. Типи підпірних стін	6
1.4. Призначення попередніх розмірів та глибини закладання підпірних стін.....	9
2. Зовнішні навантаження на підпірні стіни.....	10
3. Визначення активного тиску ґрунту	14
Приклади розрахунків.....	22
Варіанти завдань до виконання самостійної роботи студентами	31
Список літератури	33
Додаток.....	34

Загальні положення

Методичні вказівки розроблено для ефективного засвоєння студентами, що навчаються на денній та заочній формі навчання – матеріалу освітньої вибіркової компоненти «Спеціальний курс випускової кафедри» кафедри геотехніки.

Під час вивчення матеріалу вибіркової компоненти студенти отримують базові фундаментальні знання та практичні навички розрахунку фундаментів спеціальних споруд, конструкцій підземних споруд та підпірних стін, що є актуальним в умовах сьогодення та необхідним для виконання надійного і раціонального проектування таких конструкцій, володіння якими на достатньо високому рівні вимагається від існуючих та майбутніх інженерів-будівельників і є метою цих методичних вказівок.

В методичних вказівках викладено основні вимоги до проектування та матеріалів, що використовуються для будівництва підпірних стін, основні положення по визначенню величин, характеру дії та виду активного тиску ґрунту, що діє на монолітні та збірні підпірні стіни, оволодіння якими є головним завданням, що висувається до студентів при вивченні даної теми, що є складовою освітньої вибіркової компоненти. Основні розрахункові положення наведено в цих методичних вказівках розповсюджуються на проектування гравітаційних підпірних стін для промислового та цивільного будівництва, що будуються на природній основі.

1. Загальні положення проектування підпірних стін [4; 6; 9]

1.1. Вихідні дані для проектування

Підпірна стіна – це споруда, що використовується для утримання від обрушення та сповзання розміщеного поза неї ґрунту на місцевості з ухилами.

Проектування підпірних стін має виконуватися з врахуванням:

- креслень генерального плану (горизонтальне та вертикальне планування);
- звіту з інженерно-геологічних вишукувань;
- технічного завдання, що містить данні щодо навантаження та за необхідності особливі вимоги до конструкцій, що проектуються, наприклад, вимоги щодо обмеження деформацій тощо.

Конструкція підпірних стін має прийматися за даними порівняння варіантів, виходячи із техніко-економічного доцільності їх використання в конкретних умовах будівництва з урахуванням максимального зниження матеріалоємності, трудомісткості, вартості будівництва з урахуванням умов експлуатації конструкцій.

Проектуючи підпірні стіни, мають використовуватися конструктивні схеми, що забезпечують необхідну міцність, стійкість і просторову жорсткість споруди як в цілому, а також окремих її елементів на всіх стадіях будівництва і експлуатації.

Для монолітних залізобетонних конструкцій слід передбачати уніфіковані опалубні і габаритні розміри, що дають змогу застосовувати типові арматурні вироби та інвентарну опалубку.

У збірних конструкціях підпірних стін конструкції вузлів і з'єднання елементів повинні забезпечувати надійну передачу зусиль, міцність самих елементів в зоні стику, а також зв'язок додатково укладеного бетону в стику з бетоном конструкції.

Проектування конструкцій підпірних стін, конструкцій заглиблених і підземних споруд за наявності агресивного середовища повинно виконуватися з урахуванням додаткових вимог [2], [7].

1.2. Матеріали конструкцій підпірних стін

Залежно від прийнятого конструктивного рішення підпірні стіни можуть бути виконані з кам'яної кладки, буту, бутобетону, бетону, монолітного залізобетону або із збірних бетонних блоків. За способом виготовлення підпірні стіни можуть бути монолітними або збірними.

Вибір матеріалу для конструкцій підпірних стін встановлюється на основі техніко-економічного порівняння, з урахуванням: вимог щодо довговічності, умов виконання робіт, наявності місцевих будівельних матеріалів і засобів механізації.

Для бетонних і залізобетонних конструкцій рекомендується застосовувати бетони за міцністю не нижче класу С16/20 відповідно до [3].

Для конструкцій, що піддаються поперемінному заморожуванню і відтаванню, в проєкті має бути вказана марка бетону за морозостійкістю і водонепроникністю. Проектна марка бетону за морозостійкістю береться залежно від температурного режиму експлуатації підпірних стін за будівельними нормами [1].

Тонкостінні залізобетонні та попередньо напружені збірні залізобетонні конструкції слід проектувати з бетонів класу не нижче ніж С20/25.

Для бетонної підготовки застосовують бетон класу С8/10.

Армування залізобетонних конструкцій виконується відповідно до вимог на проектування залізобетонних конструкцій відповідно до розрахункових схем епюр згинальних моментів і поперечних сил, що діють у конструкціях підпірних стін.

1.3. Типи підпірних стін

Підпірні стіни за конструктивними рішеннями поділяються на масивні та тонкостінні.

Масивні – сприймають зовнішні зусилля та забезпечують стійкість на зрушення і перекидання, якщо діє горизонтальний тиск ґрунту за рахунок власної ваги і ваги засипки ґрунту, розташованої над нижньою опорною плитою.

Тонкостінні кутового типу, що сприймають зовнішні зусилля та забезпечують стійкість на зрушення і перекидання за рахунок: власної ваги і ваги ґрунту, що залучається конструкцією стіни у роботу, маси засипки ґрунту над розвантажувальними площадками і нижньою опорною плитою.

Зазвичай масивні підпірні стіни більш матеріаломісткі і більш трудомісткі під час будівництва, ніж тонкостінні, і можуть використовуватися у разі відповідного техніко-економічного обґрунтування.

Масивні стіни за матеріалом можуть бути із монолітного бетону, збірних бетонних блоків, бутобетонну і кам'яної кладки.

За формою поперечного перерізу масивні підпірні стіни можуть бути:

- з двома вертикальними гранями (рис. 1, а);
- з вертикальною лицьовою і похилою тильною гранню (рис. 1, б);
- з похилою лицьовою і вертикальною тильною гранню (рис. 1, в);
- з двома похилими в сторону засипки гранями (рис. 1, г);
- зі сходишковою тильною гранню (рис. 1, д);
- з ломаною тильною гранню (рис. 1, е).

Стіни з похилими гранями (змінного перерізу, зі зменшенням товщини в верхній частині) менш матеріаломісткі, чим стіни з двома паралельними гранями.

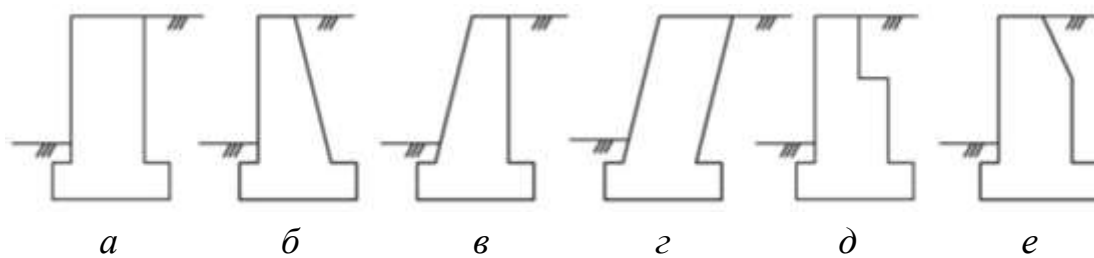


Рис. 1. Масивні підпірні стіни:

a – з двома вертикальними гранями; *б* – з вертикальною лицьовою та похилою зворотною гранню; *в* – з похилою лицьовою та вертикальною зворотною гранню; *г* – з двома похилими в напрямку засипки гранями; *д* – зі ступінчатою задньою гранню; *е* – з ломаною тильною гранню

За наявності похилої в бік від засипки тильної грані, в роботу підпорної стіни включається маса ґрунту розміщена над цією гранню. В стінах з двома похилими у сторону засипки гранями інтенсивність горизонтального тиску ґрунту зменшується, але зведення стін такого перерізу є більш складним.

Стіни зі ступінчатою тильною гранню використовують головним чином під час зведення масивних стін зі збірних бетонних блоків.

У промисловому і цивільному будівництві зазвичай використовують тонкостінні підпірні стіни кутового типу:

- консольні (рис. 2, *a*);
- анкерними тягами (рис. 2, *б*);
- контрфорсні (рис. 2, *в*).

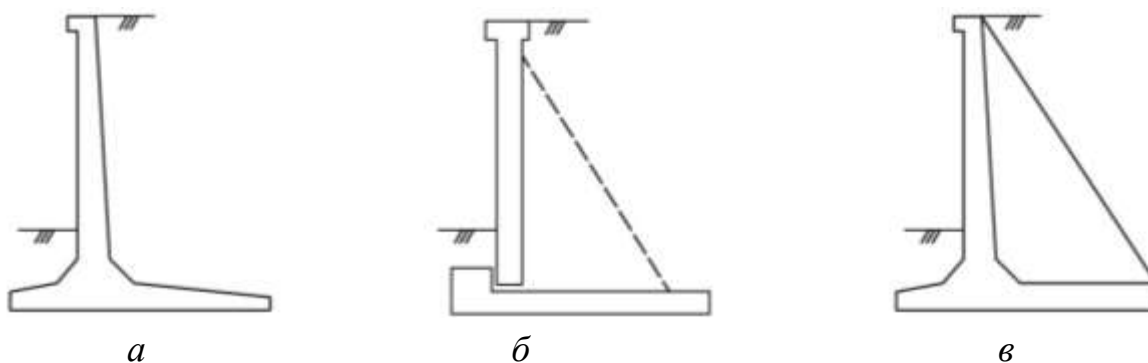


Рис. 2. Тонкостінні підпірні стіни кутового типу:

a – консольні; *б* – з анкерними тягами; *в* – контрфорсні

За способом виготовлення тонкостінні підпірні стіни можуть бути монолітними, збірними і збірно-монолітними.

Тонкостінні консольні стіни кутникового типу складаються з лицьових і фундаментних плит, жорстко зв'язаних між собою.

У збірних стінах лицьові і фундаментні плити виконуються з готових елементів. У збірно-монолітних – лицьова плита збірна, а фундаментна – монолітна.

У монолітних підірних стінах жорсткість вузлового сполучення лицьових плит забезпечується відповідним розташуванням арматури.

У збірних і збірно-монолітних підірних стінах жорсткість сполучення забезпечується влаштуванням щільового пазу (рис. 3, *а*) або щільового з'єднання (рис. 3, *б*).

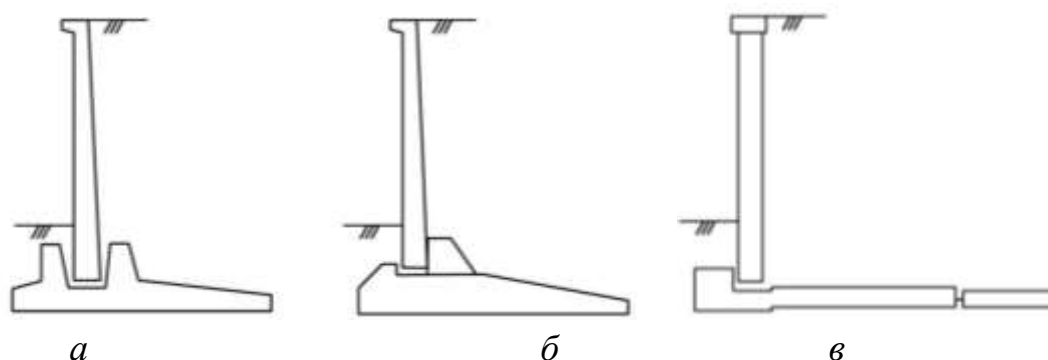


Рис. 3. З'єднання лицьових та фундаментних плит: *а* – за допомогою щільового пазу; *б* – за допомогою щільового з'єднання; *в* – з додатковою анкерною плитою

У збірних і збірно-монолітних тонкостінних підірних стінах лицьова плита виконується збірною, а фундаментна плита (що не вимагає спеціального рихтування і складної опалубки) – монолітною.

Збірно-монолітні підірні стіни виконуються в тому випадку, коли розмір збірної фундаментної плити не достатній і до неї приєднується додаткова монолітна анкерна плита (рис. 3, *в*).

Тонкостінні підірні стіни з анкерними тягами складаються з лицьових і анкерних плит, з'єднаних гнучкими анкерними тягами, які створюють в плитах додаткові опори, для полегшення їх роботи.

Сполучення лицьових і фундаментних плит може бути шарнірним або жорстким.

Тонкостінні контрфорсні підірні стіни складаються з трьох елементів: лицьової плити, жорсткого контрфорса і фундаментної плити. Водночас навантаження від лицьової плити частково або повністю передається на контрфорс.

1.4. Призначення попередніх розмірів та глибини закладання підірних стін

Габаритні розміри підірних стін визначаються одним параметром – висотою підпору ґрунту, тобто різницею перепаду планувальних позначок ґрунту від верхньої до нижньої частини.

Попередні розміри підірних стін кутового типу можуть бути визначені за графіками (рис. 4). Попередні розміри підстави підірних стін призначають рівними $(0,5-0,7)H$.

Мінімальні розміри перерізів елементів підірних стін становлять: 600 мм – для кам'яних та бутобетонних стін, 400 мм – для бетонних стін, 100 мм – для залізобетонних стін.

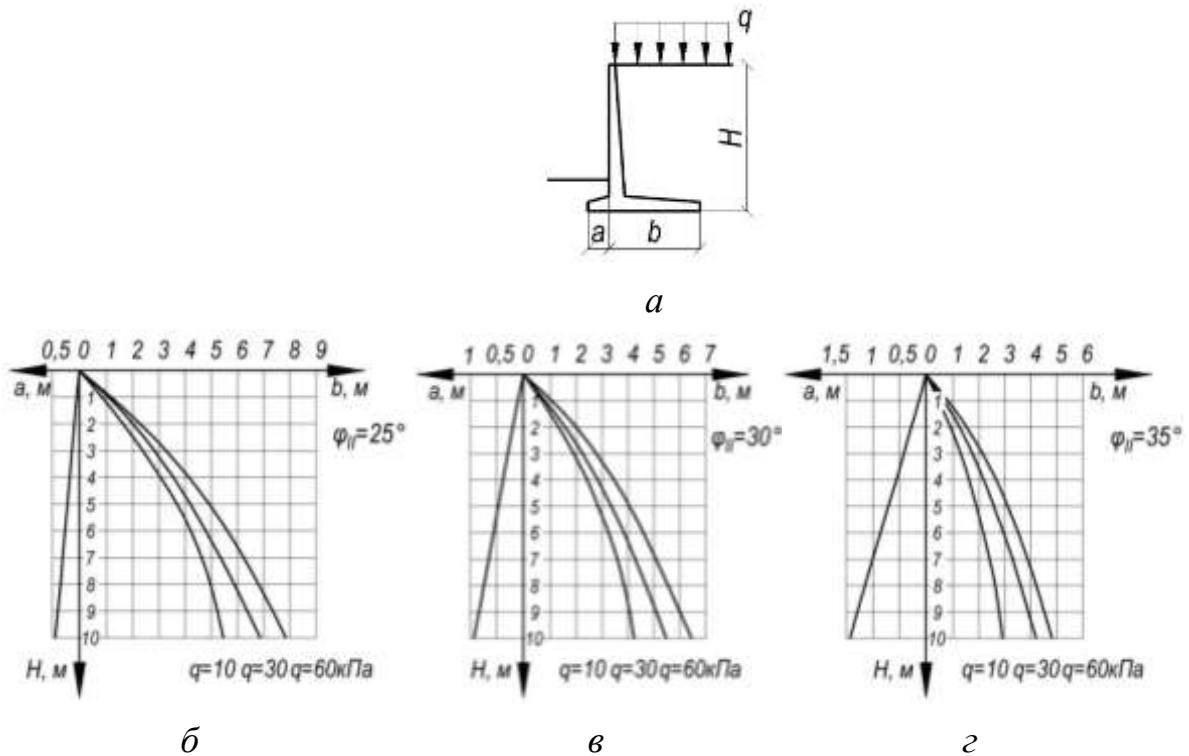


Рис. 4. Графіки визначення попередніх розмірів підірних стін: *a* – розрахункова схема; *б* – для ґрунту з $\varphi_{II}=25^\circ$; *в* – для ґрунту з $\varphi_{II}=30^\circ$; *г* – для ґрунту з $\varphi_{II}=35^\circ$

Основні розміри бетонних стін, до яких належать загальна висота стіни, висота перепада, ширина підстави, виліт консолі від передньої грані призначаються кратними 300 мм.

Розмір товщини елементів підірної стіни та підстави призначається кратним 20 мм.

Глибину закладання підшви підпірних стін необхідно призначати з дотриманням вимог чинних нормативних документів та брати кратною 300 мм.

Мінімальну глибину закладання підпірних стін приймають не менше 600 мм при нескельних основах та не менше ніж 300 мм – при скельних.

За наявності в основі слабких ґрунтів (розрахунковий опір менше 100-200кПа) або глинистих ґрунтів, здатних до пучіння, при глибині промерзання рівній або більшій глибині закладання плитної частини підпірної стіни, в основі стіни має бути виконана піщана або щебенева подушка.

Ґрунт природного залягання виймають на глибину 600 мм і більше від підшви стіни та заміняють на пісок або щебінь з пошаровим ущільненням.

Подушку необхідно відсипати шарами з максимально крутими ухилами сторін. Розмір подушки має перевищувати розмір підшви не менше ніж на 200 мм в кожен бік від грані підпірної стіни під час засипання щебенем.

Піщану подушку необхідно використовувати вище рівня ґрунтових вод.

Під підшвою монолітної підпірної стіни необхідно влаштовувати бетонну підготовку товщиною не менше ніж 100 мм, та виводити за грані підшви підпірної стіни не менше ніж на 100 мм.

Збірні фундаментні плити необхідно влаштовувати по основі, підготовленій за рахунок шару ущільненого щебеню товщиною не менше ніж 100 мм, що виступає за грані плитної частини підпірної стіни не менше ніж на 150 мм.

В повздовжньому напрямку підшву підпірної стіни необхідно брати з ухилом не більше ніж 0,02. У разі більшого ухилу необхідно влаштовувати сходинки.

В поперечному напрямку підшва підпірної стіни виконується горизонтальною або може мати ухил 0,125 в напрямку засипки.

2. Зовнішні навантаження на підпірні стіни [4; 6]

Підпірні стіни необхідно розраховувати з урахуванням горизонтальних і вертикальних зовнішніх навантажень, розміщених на призмі обрушення, враховуючи навантаження від рухомого складу

залізничних доріг і транспортних одиниць автомобільних і міських доріг, технологічного обладнання, а також матеріалу, що зберігається тощо.

Нормативні тимчасові вертикальні навантаження від рухомого транспорту під час розрахунку підпірних стін беруться:

- від рухомого складу залізних доріг – у вигляді навантаження СК;
- від навантаження коліс у вигляді НК-80;
- від колони автомобілів – у вигляді навантаження Н-30;
- від колони автомобілів – у вигляді навантаження Н-10.

СК – відносне еквівалентне рівномірно розподілене нормативне навантаження від групи навантаження, зосередженого на 1 м дороги.

Нормативне автомобільне колісне навантаження НК-80 береться складеним з однієї машини на колісному ході вагою 785 кН.

Нормативне автомобільне навантаження Н-30 береться складеним з ряду автомобілів, що рухаються один за одним вагою по 295 кН.

Нормативне автомобільне навантаження Н-10 береться таким, що складається з ряду автомобілів, що рухаються один за одним вагою по 98 кН, серед яких є хоча б один важкий автомобіль з вагою більше ніж 128 кН.

Для розміщення підпірної стіни вздовж залізничної дороги еквівалентне навантаження СК від рухомого складу залізних доріг на рівні подошви баластної призми береться у вигляді суцільної полоси шириною a і інтенсивністю q (рис. 5, а).

Ширина полоси a береться рівною:

$$a = 2.7 + 2H_6, \quad (1)$$

де $2H_6$ – товщина баластного шару під подошвою шпали, що береться рівною 0,75 м, а за відсутності баластного шару – $H_6 = 0$.

Інтенсивність нормативного еквівалентного навантаження визначається за формулою:

$$q^H = \frac{СК}{a} = \frac{2K}{a}, \quad (2)$$

де $СК$ – умовне еквівалентне навантаження, що для розрахунку підпірних стін береться таким, що дорівнює $2K$;

K – клас навантаження береться, що дорівнює 137 кН на 1 м шляху, у відповідному обґрунтуванні можливе зменшення цього навантаження до величини $K = 98$ кН на 1 м шляху.

У разі розміщення підпірної стіни вздовж руху автотранспорту, напруження від коліс зводяться до еквівалентного навантаження рівномірно

розподіленого на суцільний полосі шириною a , рівною 0,8 м у випадку колісного навантаження НК-80 та 0.6 м у випадку автомобільного навантаження Н-30 (рис. 5, б, в).

Інтенсивність еквівалентного нормативного навантаження q^H у межах кожної полоси від НК-80 та Н-30 встановлюється за графіком показаним на рис. 6, залежно від відстані між задньою гранню стіни і віссю полоси.

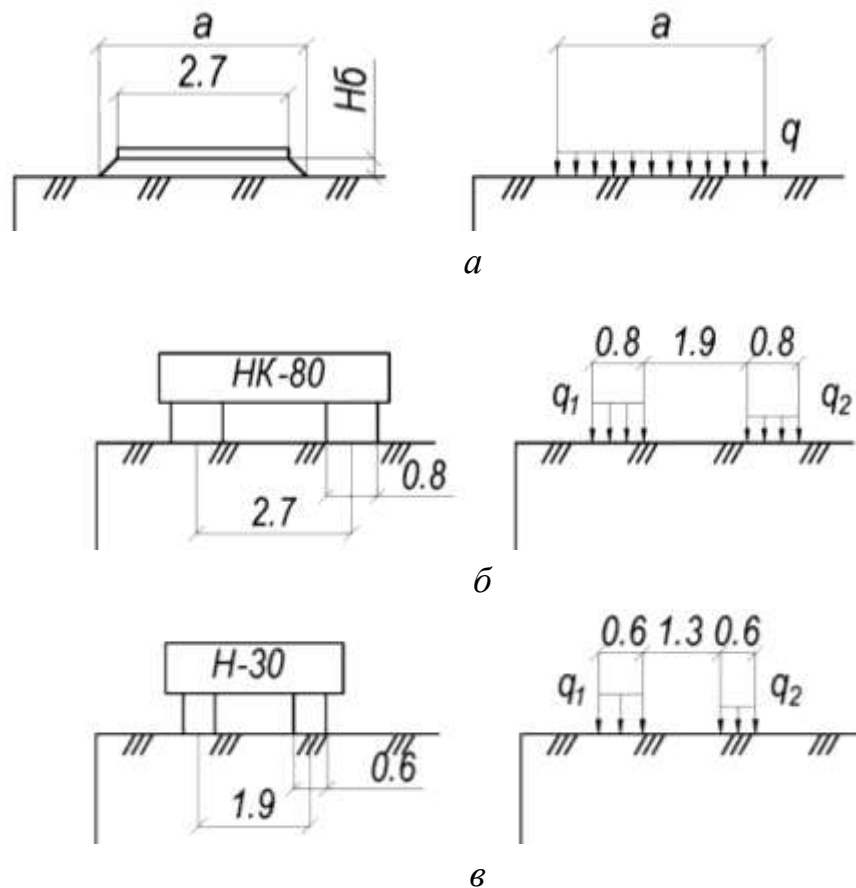


Рис. 5. Схеми еквівалентних рівномірно розподілених навантажень від рухомого транспорту при його переміщенні вздовж підпірної стіни: а – від рухомого складу залізничних доріг за схемою СК; б – навантаження від коліс за схемою НК-80; в – від колони автомобілів у вигляді навантаження Н-30

Коефіцієнти надійності для рухомих тимчасових навантажень приведено у табл. 1.

Динамічний коефіцієнт надійності для тимчасових навантажень береться рівним одиниці.

Горизонтальні і поперечні навантаження від відцентрових сил, що виникають на криволінійних ділянках дороги, в розрахунку підпірних стін не враховуються.

**Значення коефіцієнтів надійності за навантаженням
залежно від його виду**

Навантаження	Коефіцієнт надійності за навантаженням γ_f
Постійні	
Власна вага конструкції	1,1 (0,9)
Вага ґрунту в природному заляганні	1,1 (0,9)
Вага ущільненого ґрунту засипки	1,15 (0,9)
Вага дорожнього покриття проїжджої частини та тротуарів	1,5 (0,9)
Вага полотна залізничних колій та баласту	1,3 (0,9)
Тимчасові	
Навантаження від рухомого складу залізничних доріг	1,3
Від навантаження у вигляді НК-80	1,1
Від колони автомобілів у вигляді навантаження Н-30	1,4
Навантаження від обладнання, матеріалів, що складаються, внутрішнього транспорту, рівномірно-розподіленого навантаження на території	1,2

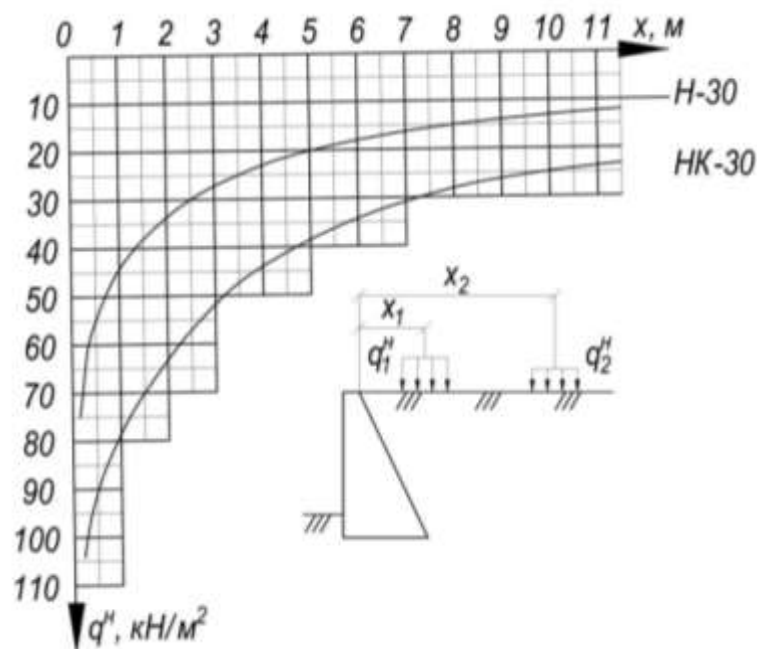


Рис. 6. Графік визначення інтенсивності еквівалентного нормативного рівномірно розподіленого навантаження по смузі від автодорожнього транспорту при його русі вздовж стіни

За відсутності конкретних навантажень на призмі обрушення, підпірні стіни (крім підпірних стін, розташованих на крутих схилах) розраховуються з урахуванням тимчасового нормативного рівномірно розподіленого навантаження інтенсивністю 10 кН, що включає в себе автомобільне навантаження Н-10.

Значення коефіцієнтів, вказаних у дужках табл. 1 береться для розрахунку конструкцій на стійкість положення, коли зменшення постійного навантаження може погіршити умови роботи конституції.

3. Визначення активного тиску ґрунту [6; 5]

Активний тиск ґрунту на підпірну стінку реалізується за рахунок дії сил тяжіння у разі зміщення стіни від ґрунту і відповідає його мінімальному тиску. Цей тиск залежить не лише від механічних характеристик ґрунту, а й від геометричних розмірів підпірної стіни, відкосу, жорсткості стіни, основи і як наслідок – від характеру та переміщення стіни. Пасивний тиск ґрунту P_h реалізується у разі зміщення стіни на ґрунт і відповідає максимальному значенню тиску. За відсутності переміщення абсолютно жорсткої стіни, та достатньо тривалій дії тиску реалізується тиск стану спокою P_0 , або встановлений тиск. Зміна тиску ґрунту залежно від переміщення стіни u показано на рис. 7 [8; 9].

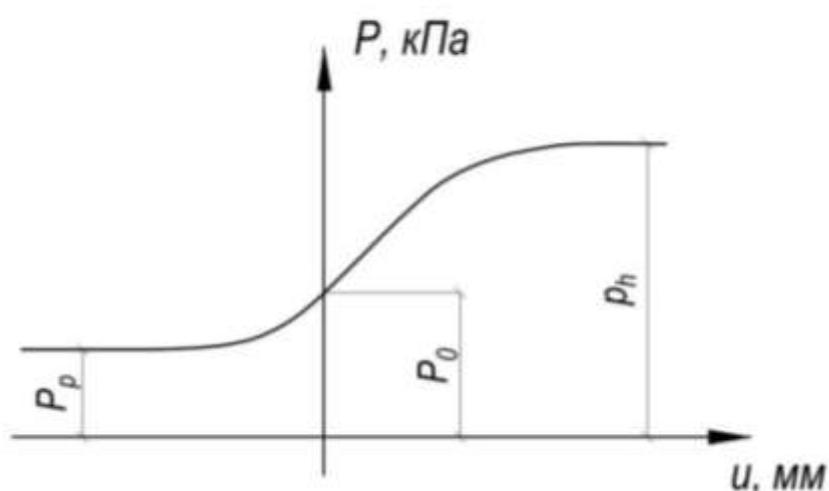


Рис. 7. Схема зміни тиску ґрунту на підпірну стінку залежно від її переміщення

$$\lambda_a = \left[\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos \alpha \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right)} \right]^2, \quad (5)$$

де φ – кут внутрішнього тертя ґрунту; α – кут нахилу тильної грані стіни до вертикалі, береться зі знаком «плюс» у разі відхилення від вертикалі в сторону стіни; β – кут нахилу поверхні ґрунту до горизонту, береться зі знаком «плюс» у разі відхилення поверхні ґрунту від горизонтального положення вверх; δ – кут тертя ґрунту на контакті зі стіною, для стін з підвищеною шорсткістю, наприклад, зі ступінчатою задньою гранню, береться рівним φ , для дрібнозернистих водонасичених пісків і за наявності вібраційного навантаження на поверхні засипки береться таким, що дорівнює нулю, у інших випадках дорівнює $0,5 \varphi$.

Для зв'язного ґрунту горизонтальна (P'_h) і вертикальна (P'_v) складові інтенсивності активного тиску ґрунту на глибині H (рис. 8, б) визначаються за формулами:

$$P'_h = P_h - P_{hc}; \quad (6)$$

$$P'_v = P'_h \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \delta), \quad (7)$$

де P_{hc} – інтенсивність горизонтальних сил зчеплення,

$$P_{hc} = cK; \quad (8)$$

c – питоме зчеплення ґрунту; K – коефіцієнт, що враховує зчеплення ґрунту по площині ковзання призми обрушення:

$$K = \frac{1}{\operatorname{tg}\varphi} \left[\frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \alpha \cos \delta} - \lambda_a \frac{\cos \alpha \cos \beta}{\cos(\alpha - \beta)} \right]. \quad (9)$$

Якщо значення K , визначене за формулою (9) менше ніж нуль, то беремо $K = 0$.

Якщо горизонтальна поверхня засипки – $\beta = 0$, вертикальна стіна – $\alpha = 0$ та відсутнє тертя і зчеплення зі стіною – $\delta = 0$, коефіцієнт бічного тиску ґрунту λ_a , коефіцієнт інтенсивності сил зчеплення K визначаються за формулами:

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right); \quad (10)$$

$$K = 2\sqrt{\lambda_a}, \quad (11)$$

або

$$K = \frac{1 - \lambda_a}{tg\varphi}. \quad (12)$$

Горизонтальна E_h (E'_h) і вертикальна E_v (E'_v) складові активного тиску ґрунту визначаються за формулами:

– для незв'язаного ґрунту ($c = 0$):

$$E_h = \frac{1}{2} P_h H; \quad (13)$$

$$E_v = \frac{1}{2} P_v H, \quad (14)$$

– для зв'язаного ґрунту ($c \neq 0$):

$$E'_h = \frac{1}{2} P'_h (H - h_c); \quad (15)$$

$$E'_v = \frac{1}{2} P'_v (H - h_c), \quad (16)$$

$$\text{де } h_c = \frac{P_{hc}}{P_h} H. \quad (17)$$

Точка прикладення горизонтальної складової тиску ґрунту розміщується на відстані від підшви стіни, що становить:

– для незв'язаного ґрунту:

$$z = \frac{1}{3} H, \quad (18)$$

– для зв'язаного ґрунту:

$$z' = \frac{1}{3} (H - h_c). \quad (19)$$

За наявності на плоскій горизонтальній поверхні засипки суцільного рівномірно розподіленого навантаження q (рис. 9, *a*) горизонтальна P_{qh} і вертикальна P_{qv} складові інтенсивності активного тиску ґрунту від цього навантаження на глибині H для зв'язаних і незв'язаних ґрунтів визначаються за формулам:

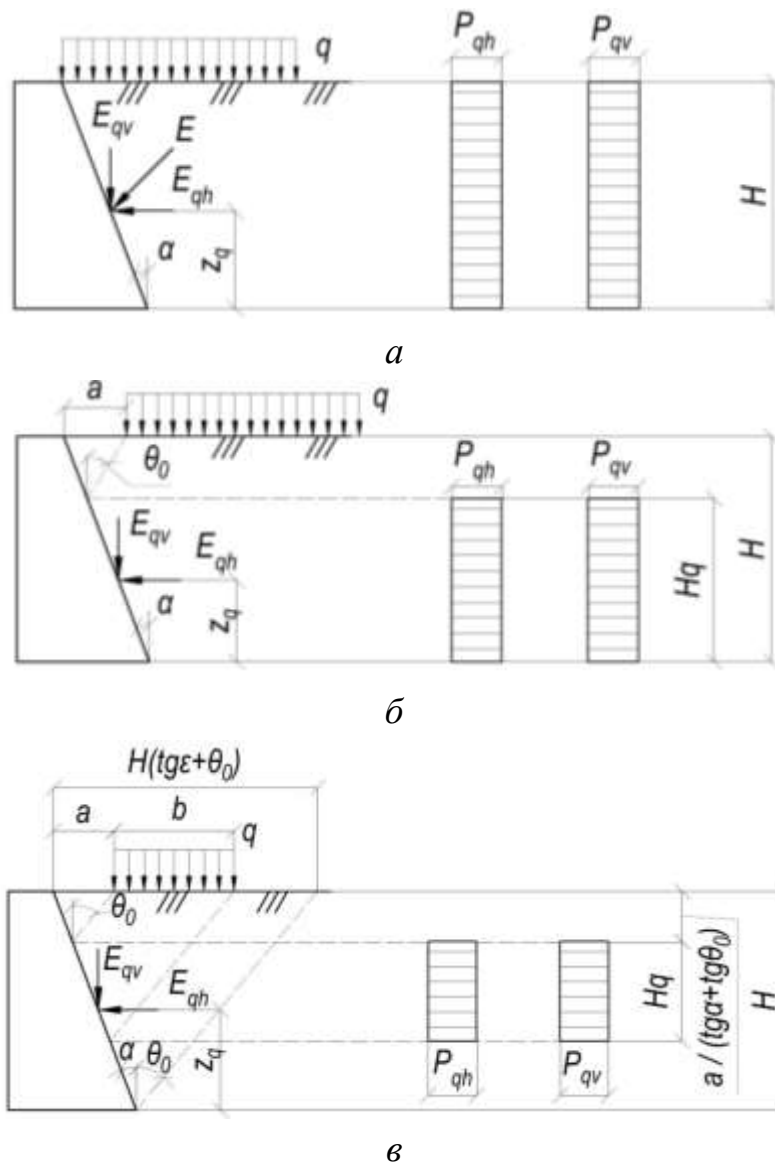


Рис. 9. Схема до визначення активного тиску ґрунту від рівномірно розподіленого навантаження:
a – для суцільного навантаження; *б* – для фіксованого навантаження; *в* – для навантаження у вигляді смуги

$$P_{qh} = \gamma_f q \lambda_a; \quad (20)$$

$$P_{qv} = P_{qh} \operatorname{tg}(\alpha + \delta). \quad (21)$$

Горизонтальна E_{qh} і вертикальна E_{qv} складові активного тиску ґрунту від навантаження q визначаються за формулами:

$$E_{qh} = P_{qh} \cdot H; \quad (22)$$

$$E_{qv} = P_{qv} \cdot H. \quad (23)$$

Точка прикладання горизонтальної складової тиску ґрунту розміщується на відстані від підшви стіни, що становить:

$$z_q = \frac{1}{2}H. \quad (24)$$

У випадку наявності на поверхні засипки фіксованого рівномірно розподіленого навантаження q (рис. 9, б) горизонтальна і вертикальна складові активного тиску ґрунту від цього навантаження визначаються за формулами:

$$E_{qh} = P_{qh} \cdot H_q; \quad (25)$$

$$E_{qv} = P_{qv} \cdot H_q, \quad (26)$$

$$\text{де } H_q = H - \frac{a}{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\theta_0}. \quad (27)$$

Кут нахилу площини обрушення (сповзання) θ_0 до вертикалі визначається за формулою:

$$\theta_0 = 45 - \frac{\varphi}{2}. \quad (28)$$

Точка прикладання горизонтальної складової тиску ґрунту у цьому випадку розміщується на відстані від підосви стіни, що становить:

$$z_q = \frac{1}{2}H_q. \quad (29)$$

У випадку наявності на поверхні засипки рівномірно розподіленого навантаження q у вигляді смуги (рис. 9, в) горизонтальна і вертикальна складові активного тиску ґрунту від цього навантаження визначаються за формулами:

$$E_{qh} = P_{qh} \cdot H_q; \quad (30)$$

$$E_{qv} = P_{qv} \cdot H_q, \quad (31)$$

$$\text{де } H_q = \frac{b}{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\theta_0}. \quad (32)$$

Точка прикладання горизонтальної складової тиску ґрунту у цьому випадку розміщується на відстані від підосви стіни, що становить:

$$z_q = H - \frac{a + 0.5b}{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\theta_0}. \quad (33)$$

За наявності на призмі обрушення рівномірно розподіленого навантаження інтенсивності активного тиску зв'язного ґрунту P'_h та P'_v визначаються за формулами:

$$P'_h = P_h + P_{qh} - P_{ch}; \quad (34)$$

$$P'_v = P_v + P_{qv} - P_{cv}. \quad (35)$$

Активний тиск ґрунту для кутових підпiрних стiн визначається виходячи з умови утворення за стiною клиноподiбноi симетричної, а для короткої задньої консолi – несиметричної, призми обрушення.

У випадку утворення симетричної призми обрушення (рис. 10, а) активний тиск ґрунту береться таким, що дiє на похилу площину, проведenu під кутом θ_0 до вертикалi.

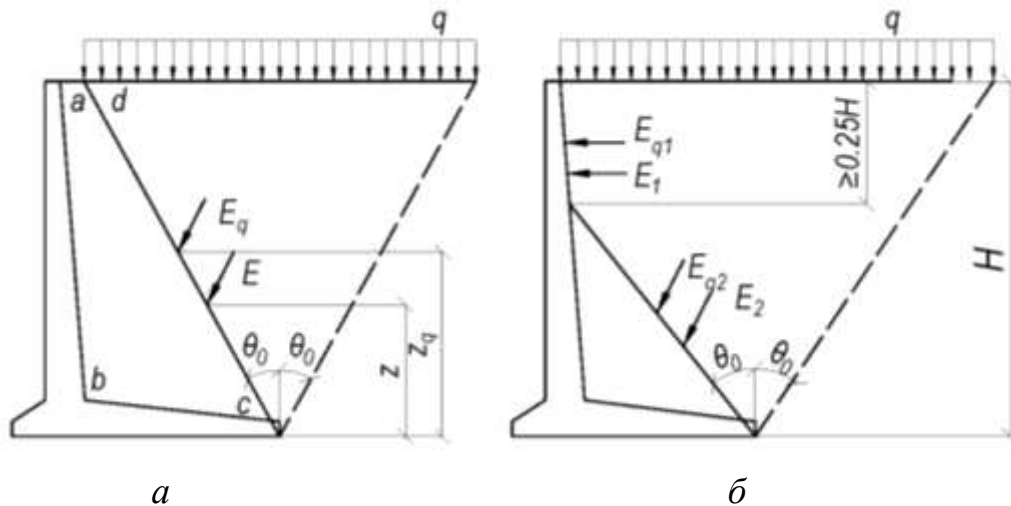


Рис. 10. Схема до визначення активного тиску ґрунту на кутовi підпiрні стiни: а – при симетричній призмі обрушення; б – при несиметричній призмі обрушення

Вага ґрунту у контурi $abcd$ додається до ваги стiни.

Розрахунок кутових підпiрних стiн виконується так само, як i масивних, при цьому:

$$\alpha = \theta_0 = 45 - \frac{\varphi}{2} \text{ та } \delta = \varphi. \quad (36)$$

Для короткої задньої консолi, коли площина призми обрушення перетинає задню грань стiни, тиск ґрунту визначається як для симетричної призми обрушення, якщо вiдстань вiд верху стiни до перетину з площиною обрушення не перевищує 0,25 висоти стiни (вiд верху до пiдошви).

Якщо площина призми обрушення перетинає стiну нижче $0,25H$, тиск ґрунту визначається окремо для вертикальної стiни i похилої гранi призми обрушення (рис. 10, б).

Найбiльша величина активного тиску ґрунту за наявностi на горизонтальній поверхнi засипки рiвномiрно розподiленого навантаження q визначається у разi розмiщення цього навантаження в межах всiєї призми обрушення, якщо навантаження не має фiксованого положення.

Горизонтальна P_{ph} складова інтенсивності пасивного тиску незв'язного ґрунту на глибині h (рис. 11, а) визначається за формулою:

$$P_{ph} = \gamma \gamma_f h \lambda_p, \quad (37)$$

де λ_p – коефіцієнт горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту,

$$\lambda_p = tg^2(45 + \varphi/2). \quad (38)$$

Для зв'язного ґрунту горизонтальна P'_{ph} складова інтенсивності пасивного тиску ґрунту на глибині h (рис. 11, б) визначається за формулою:

$$P'_{ph} = P_{ph} + P_{pch}, \quad (39)$$

де P_{pch} – інтенсивність горизонтальних сил зчеплення пасивного тиску ґрунту:

$$P_{pch} = \frac{c}{tg\varphi} (\lambda_p - 1). \quad (40)$$

Горизонтальна E_{ph} (E'_{ph}) складова пасивного тиску ґрунту визначається за формулами:

– для незв'язного ґрунту ($c = 0$):

$$E_{ph} = \frac{1}{2} P_{ph} h; \quad (41)$$

– для зв'язного ґрунту ($c \neq 0$):

$$E'_{ph} = \frac{1}{2} P_{ph} h + P_{pch} h. \quad (42)$$

Точка прикладання горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту (рис. 11) розміщується на відстані від підшви стіни, що становить:

– для незв'язного ґрунту ($c = 0$):

$$z_p = \frac{1}{3} h; \quad (43)$$

– для зв'язного ґрунту ($c \neq 0$):

$$z'_p = h \left[1 - \frac{2P'_{ph} + P_{pch}}{3(P'_{ph} + P_{pch})} \right]. \quad (44)$$

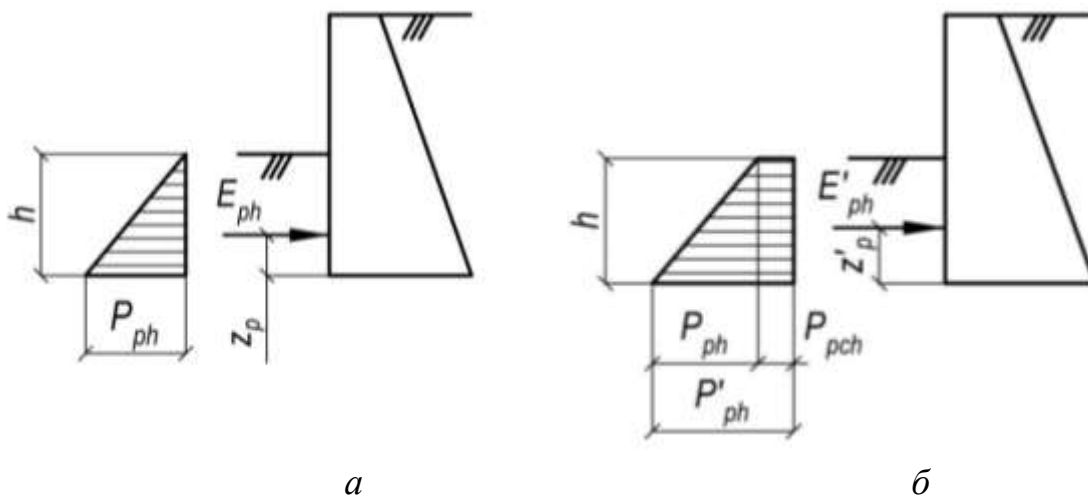


Рис. 11. Схема до визначення пасивного тиску ґрунту:
 а – незв’язаного; б – зв’язаного

Приклади розрахунків [5; 6] Приклад №1

Вихідні дані: масивна бетонна підпірна стіна (рис. 11). Висота підпору ґрунту 3,6 м, глибина закладання підшви 0,9 м. Кут нахилу поверхні засипки до горизонту $\beta = 10^\circ$. Ґрунт засипки – суглинок, з наступними характеристиками:

$$\begin{aligned} \gamma_1' &= 18 \text{ кН/м}^3; \\ \varphi_1' &= 21^\circ; \\ c_1' &= 10,3 \text{ кПа, беремо } c_1' = 7 \text{ кПа.} \end{aligned}$$

Визначити величини горизонтальних і вертикальних складових активного тиску ґрунту, що діють на масивну бетонну підпірну стінку. Розрахунки виконати для першої групи граничних.

Розрахунок виконуємо на 1 м погонний довжини стіни.

Беремо $\alpha = 22^\circ$; $\beta = 10^\circ$; $\delta = \varphi_1' / 2 = 10^\circ 30'$.

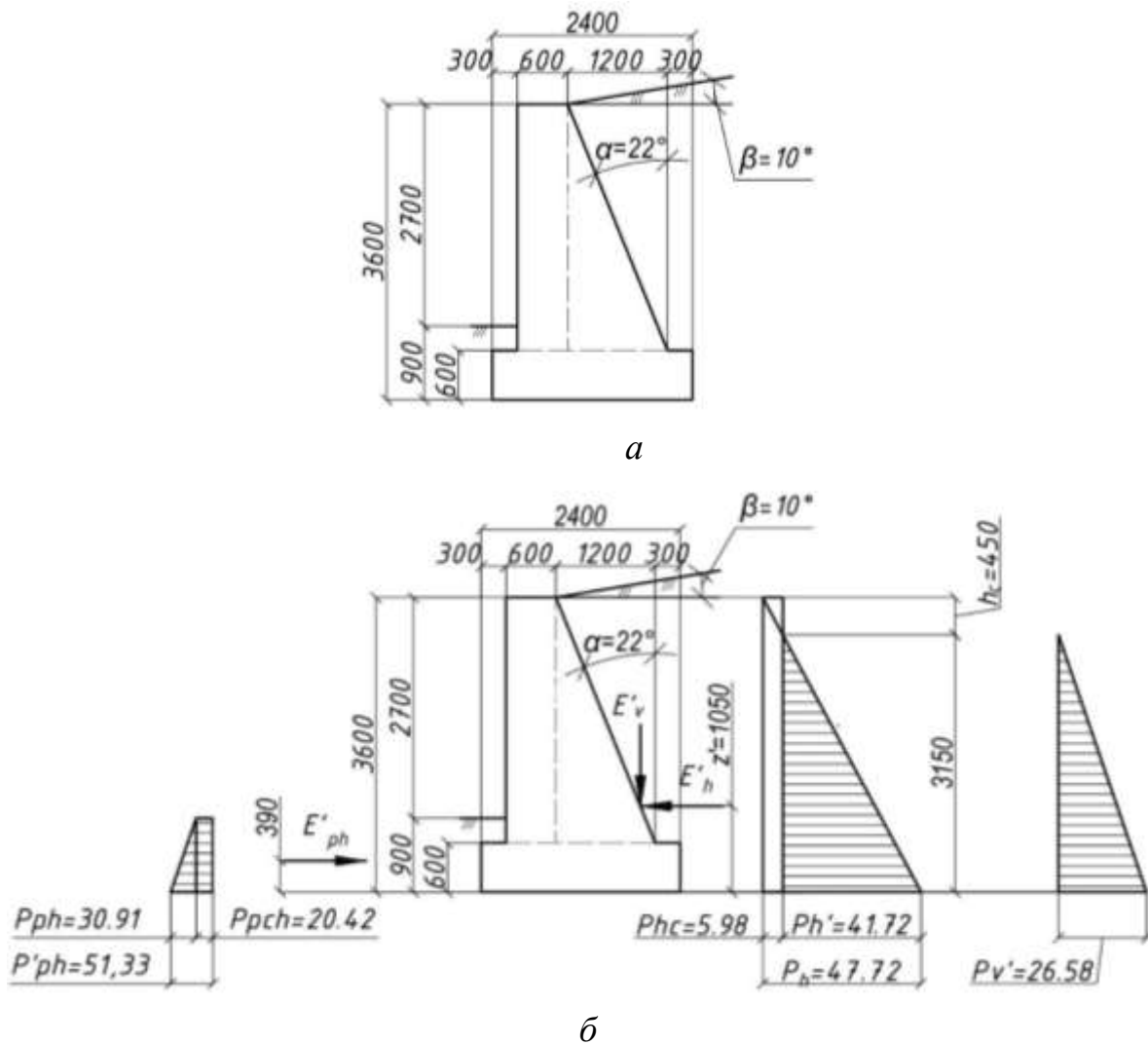


Рис.11. Масивна бетонна підпірна стінка:
a – загальний вигляд; *б* – розрахункова схема

Коефіцієнт активного горизонтального тиску ґрунту визначаємо за формулою (5):

$$\lambda_a = \left[\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos \alpha \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right)} \right]^2 =$$

$$= \left[\frac{\cos(21^\circ - 22^\circ)}{\cos 22^\circ \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(21^\circ + 10^\circ 30') \sin(21^\circ - 10^\circ)}{\cos(22^\circ + 10^\circ 30') \cos(22^\circ - 10^\circ)}} \right)} \right]^2 =$$

$$= 0.64.$$

Значення коефіцієнту K , що враховує зчеплення ґрунту по площині ковзання призми обрушення визначаємо за формулою (9):

$$K = \frac{1}{\operatorname{tg}\varphi} \left[\frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos\alpha \cos\delta} - \lambda_a \frac{\cos\alpha \cos\beta}{\cos(\alpha - \beta)} \right] =$$

$$= \frac{1}{\operatorname{tg}21} \left[\frac{\cos(22 + 10^\circ30')}{\cos 22 \cos 10^\circ30'} - 0.64 \frac{\cos 22 \cos 10}{\cos(22 - 10)} \right] =$$

$$= 0.85.$$

Значення інтенсивності горизонтальних сил зчеплення визначаємо за формулою (8):

$$P_{ch} = cK = 7,0 \cdot 0.85 = 5,98 \text{ кПа};$$

Горизонтальну інтенсивність активного тиску зв'язаного ґрунту від власної ваги на глибині $h = 3,6$ м визначаємо з коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_f = 1,15$ відповідно до формули (6):

$$P'_h = P_h - P_{ch} = [\gamma\gamma_f h \lambda - cK] = 18 \cdot 1,15 \cdot 3,6 \cdot 0,64 - 5,98 =$$

$$= 47,72 - 5,98 = 41,72 \text{ кПа}$$

Вертикальна складова інтенсивності активного тиску ґрунту від власної ваги з урахуванням кута тертя між поверхнею стіни і ґрунтом δ та кута нахилу задньої грані стіни до вертикалі α , відповідно до формули (7) становить:

$$P'_v = P'_h \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \delta) = 41,72 \cdot \operatorname{tg}(22^\circ + 10,30^\circ) = 26,58 \text{ кН/м}^2.$$

Значення h_c визначаємо за формулою (17):

$$h_c = P_{ch}/P_h \cdot H = \frac{5,98}{47,72} \cdot 3,6 = 0,45 \text{ м.}$$

Горизонтальну і вертикальну складові активного тиску ґрунту визначаємо за формулами (15, 16):

$$E'_h = 0,5P'_h(H - h_c) = 0,5 \cdot 41,72 \cdot (3,6 - 0,45) = 65,70 \text{ кН};$$

$$E'_v = 0,5P'_v(H - h_c) = 0,5 \cdot 26,58 \cdot (3,6 - 0,45) = 41,86 \text{ кН.}$$

Точка прикладення горизонтальної складової активного тиску ґрунту розміщується на відстані від підшви стіни, яка для зв'язаного ґрунту відповідно до формули (19) становить:

$$z' = \frac{1}{3}(H - h_c) = \frac{1}{3}(3,6 - 0,45) = 1.05 \text{ м.}$$

Коефіцієнт горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту визначаємо за формулою (38):

$$\lambda_p = \operatorname{tg}^2(45 + \varphi/2) = \operatorname{tg}^2(45 + 21/2) = 2,12.$$

Горизонтальну складову інтенсивності пасивного тиску незв'язного ґрунту на глибині 0,9 м визначаємо з коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_f = 0,9$ відповідно до формули (37):

$$P_{ph} = \gamma \gamma_f h \lambda_p = 18 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 2,12 = 30,91 \text{ кПа.}$$

Інтенсивність горизонтальних сил зчеплення пасивного тиску ґрунту визначаємо за формулою (40):

$$P_{pch} = \frac{c}{tg\varphi} (\lambda_p - 1) = \frac{7}{tg21} (2,12 - 1) = 20,42 \text{ кПа.}$$

Для зв'язного ґрунту горизонтальну P'_{ph} складову інтенсивності пасивного тиску ґрунту на глибині 0,9 м визначаємо за формулою (39):

$$P'_{ph} = P_{ph} + P_{pch} = 30,91 + 20,42 = 51,33 \text{ кПа.}$$

Горизонтальну E'_{ph} складову пасивного тиску зв'язаного ґрунту визначаємо за формулою (42):

$$E'_{ph} = \frac{1}{2} P_{ph} h + P_{pch} h = 0,5 \cdot 30,91 \cdot 0,9 + 20,42 \cdot 0,9 = 32,29 \text{ кН.}$$

Точка прикладання горизонтальної складової пасивного тиску зв'язаного ґрунту розміщується на відстані від підшви стіни, що становить (44):

$$z'_p = h \left[1 - \frac{2P'_{ph} + P_{pch}}{3(P'_{ph} + P_{pch})} \right] = 0,9 \cdot \left[1 - \frac{2 \cdot 51,33 + 20,42}{3(51,33 + 20,42)} \right] = 0,39 \text{ м.}$$

Приклад №2

Вихідні дані: монолітна залізобетонна підпірна стіна (рис. 12). Висота підпору ґрунту 3,0 м, глибина закладання підшви стіни 1,2 м. Ґрунт засипки – пісок дрібний з наступними розрахунковими характеристиками:

$$\gamma'_1 = 18 \text{ кН/м}^3;$$

$$\varphi'_1 = 26^\circ;$$

$$c'_1 = 0 \text{ кПа}$$

Визначити величини горизонтальних і вертикальних складових активного тиску ґрунту, що діють на масивну бетонну підпірну стінку. Розрахунки виконати для першої групи граничних.

Розрахунок виконуємо на 1 м погонний довжини стіни.

Приймаємо $\beta = 0^\circ$; $\delta = \varphi'_1 = 26^\circ$.

За наявності ступінчатої задньої грані підпірної стіни, визначаємо кут нахилу приведеної поверхні:

$$\operatorname{tg} \alpha = 1.6/4.2 = 0.381; \alpha = 21^\circ.$$

Коефіцієнт активного горизонтального тиску ґрунту визначаємо за формулою (5):

$$\lambda_a = \left[\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos \alpha \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right)} \right]^2 =$$

$$= \left[\frac{\cos(26^\circ - 21^\circ)}{\cos 21^\circ \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(26^\circ + 26^\circ) \sin(26^\circ - 0)}{\cos(21^\circ + 26^\circ) \cos(21^\circ - 0)}} \right)} \right]^2 =$$

$$= 0,377.$$

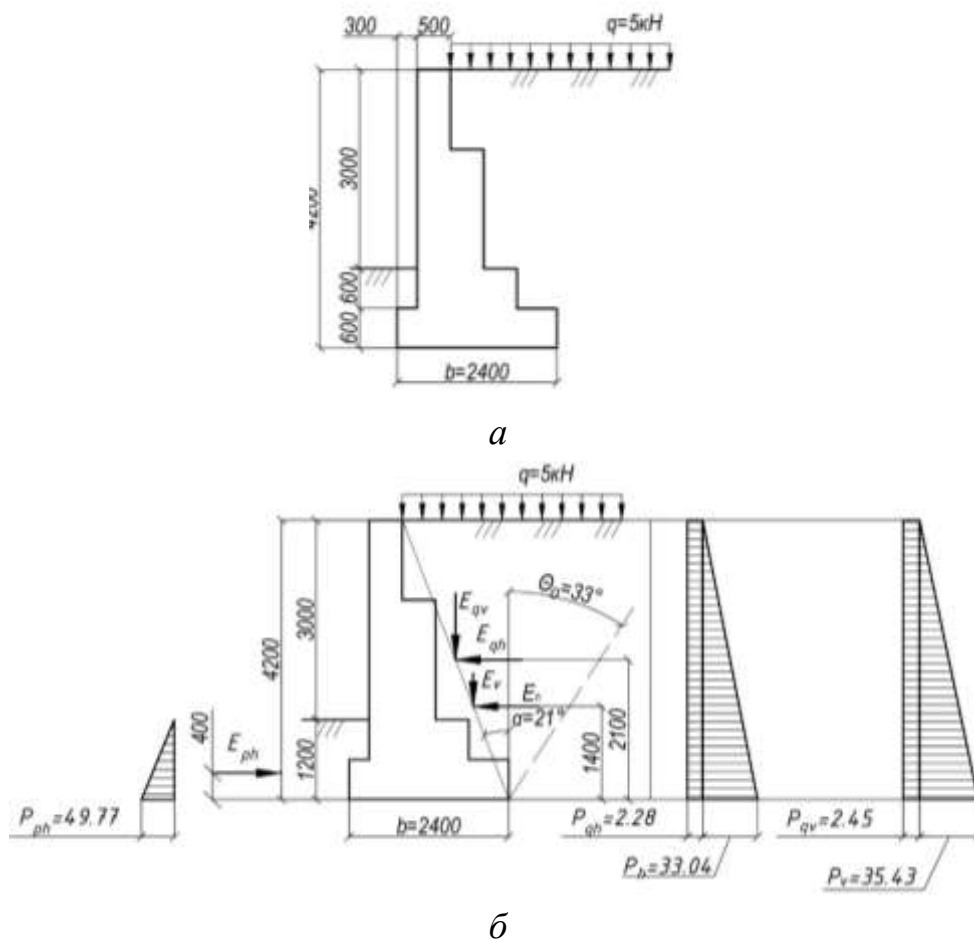


Рис. 12. Монолітна залізобетонна підпирна стінка:
а – загальний вигляд; б – розрахункова схема

Горизонтальну інтенсивність активного тиску ґрунту від власної ваги на глибині $h = 4,2$ м визначаємо з коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_f = 1,15$, відповідно до формули (3):

$$P_h = \gamma \gamma_f h \lambda_\alpha = 18 \cdot 1,15 \cdot 4,2 \cdot 0,38 = 33,04 \text{ кПа.}$$

Вертикальна складова інтенсивності активного тиску ґрунту від власної ваги з урахуванням кута тертя між поверхнею стіни і ґрунтом δ та кута нахилу задньої грані стіни до вертикалі α , відповідно до формули (4) становить:

$$P_v = P_h \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \delta) = 33,04 \cdot \operatorname{tg}(21^\circ + 26^\circ) = 35,43 \text{ кН/м}^2.$$

Горизонтальну і вертикальну складові активного тиску ґрунту визначаємо за формулами (13, 14):

$$E_h = 0,5h \cdot P_h = 0,5 \cdot 4,2 \cdot 33,04 = 69,38 \text{ кН;}$$

$$E_v = 0,5h \cdot P_v = 0,5 \cdot 4,2 \cdot 35,43 = 74,41 \text{ кН.}$$

Горизонтальна і вертикальна складова інтенсивності активного тиску ґрунту від навантаження q , розташованого на поверхні призми обрушення з коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_f = 1,2$ відповідно до формул (20, 21) становить:

$$P_{qh} = q \gamma_f \lambda = 5 \cdot 1,2 \cdot 0,38 = 2,28 \text{ кПа;}$$

$$P_{qv} = P_{qh} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \delta) = 2,28 \cdot \operatorname{tg}(21^\circ + 26^\circ) = 2,45 \text{ кПа.}$$

Горизонтальну і вертикальну складові активного тиску ґрунту від навантаження q визначаємо за формулами (22, 23):

$$E_{qh} = P_{qh} H = 2,28 \cdot 4,2 = 9,58 \text{ кН;}$$

$$E_{qv} = P_{qv} H = 2,45 \cdot 4,2 = 10,29 \text{ кН.}$$

Коефіцієнт горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту визначаємо за формулою (38):

$$\lambda_p = \operatorname{tg}^2(45 + \varphi/2) = \operatorname{tg}^2(45 + 26/2) = 2,56.$$

Горизонтальну складову інтенсивності пасивного тиску незв'язного ґрунту на глибині $1,2$ м визначаємо з коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_f = 0,9$ відповідно до формули (37):

$$P_{ph} = \gamma \gamma_f h \lambda_p = 18 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 2,56 = 49,77 \text{ кПа.}$$

Горизонтальну E'_{ph} складову пасивного тиску незв'язаного ґрунту визначаємо за формулою (41):

$$E'_{ph} = \frac{1}{2} P_{ph} h = \frac{1}{2} \cdot 49,77 \cdot 1,2 = 29,86 \text{ кПа.}$$

Точка прикладання горизонтальної складової пасивного тиску незв'язаного ґрунту розміщується на відстані від підшови стіни, що визначається за формулою (43):

$$z_p = \frac{1}{3}h = \frac{1}{3}1,2 = 0,4 \text{ м.}$$

Приклад № 3

Вихідні дані: монолітна кутова підпірна стіна (рис. 13). Висота підпору ґрунту 4,5 м, глибина закладання підшови стіни 1,5 м. На поверхні призми обрушення знаходиться рівномірно розподілене навантаження інтенсивністю $q = 30$ кПа. Ґрунт засипки – пісок пилуватий, з такими розрахунковими характеристиками:

$$\begin{aligned}\gamma_1' &= 17 \text{ кН/м}^3; \\ \varphi_1' &= 26^\circ; \\ c_1' &= 0 \text{ кПа.}\end{aligned}$$

Визначити величини горизонтальних і вертикальних складових активного тиску ґрунту, що діють на масивну бетонну підпірну стінку. Розрахунки виконати для першої групи граничних.

Розрахунок виконуємо на 1 м погонний довжини стіни.

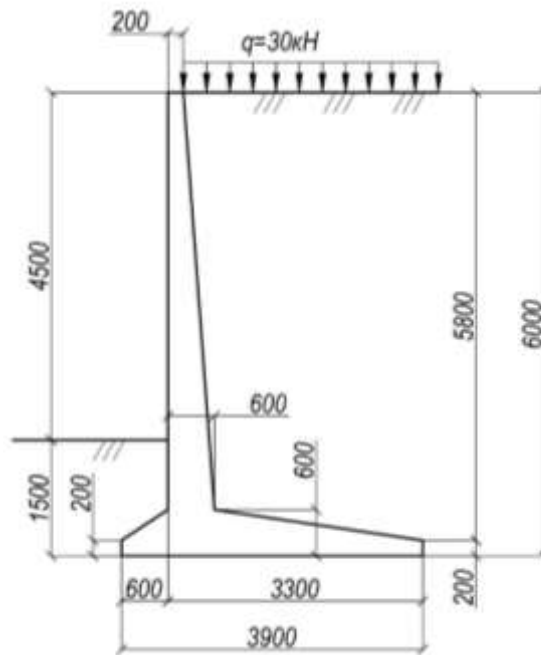
Визначаємо кут нахилу тильної грані стіни до вертикалі α :

$$\alpha = (45^\circ - \varphi/2) = (45^\circ - 26^\circ/2) = 32^\circ.$$

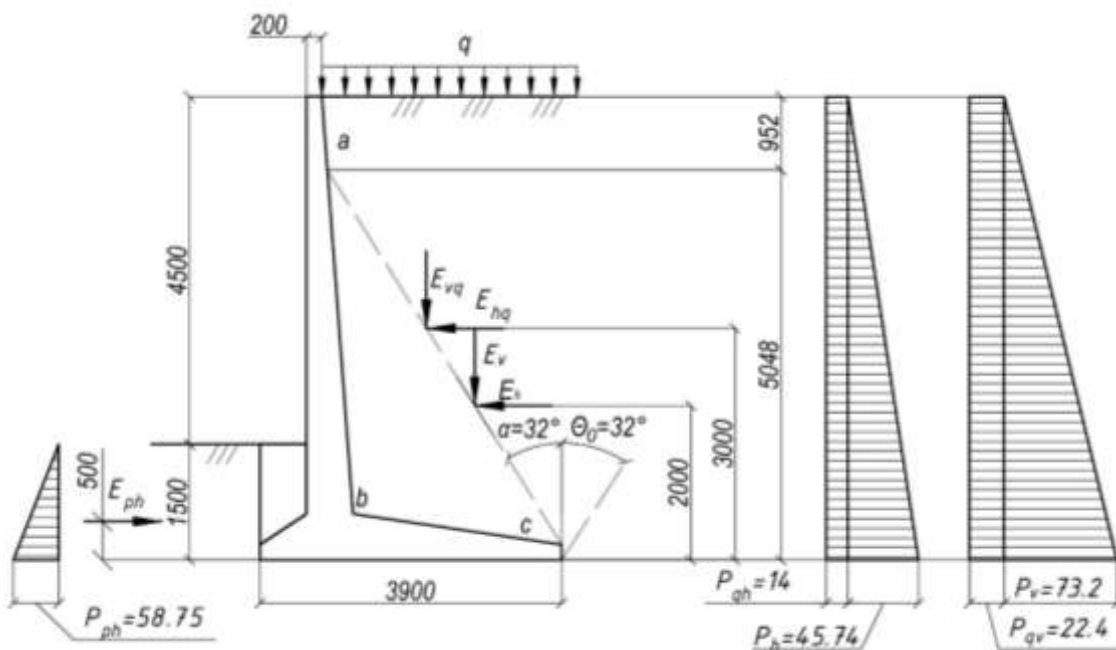
Беремо $\alpha = 32^\circ$; $\beta = 0^\circ$; $\delta = \varphi_1' = 26^\circ$.

Коефіцієнт активного горизонтального тиску ґрунту визначаємо за формулою (5):

$$\begin{aligned}\lambda_\alpha &= \left[\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos \alpha \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right)} \right]^2 = \\ &= \left[\frac{\cos(26^\circ - 32^\circ)}{\cos 32^\circ \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(26^\circ + 26^\circ) \sin(26^\circ - 0)}{\cos(32^\circ + 26^\circ) \cos(32^\circ - 0)}} \right)} \right]^2 = \\ &= 0,39.\end{aligned}$$



а



б

Рис.13. Кутова підпірна стінка:

а – загальний вигляд; б – розрахункова схема

Горизонтальну інтенсивність активного тиску ґрунту від власної ваги на глибині $h = 6$ м визначаємо з коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_f = 1,15$, відповідно до формули (3):

$$P_h = \gamma \gamma_f h \lambda = 17 \cdot 1,15 \cdot 6 \cdot 0,39 = 45,75 \text{ кПа.}$$

Вертикальна складова інтенсивності активного тиску ґрунту від власної ваги з урахуванням кута тертя між поверхнею стіни і ґрунтом δ та кута нахилу задньої грані стіни до вертикалі α , відповідно до формули (4) становить:

$$P_v = P_h \operatorname{tg}(\alpha + \delta) = 45,75 \cdot \operatorname{tg}(32^\circ + 26^\circ) = 73,22 \text{ кПа};$$

Горизонтальну і вертикальну складову активного тиску ґрунту визначаємо за формулами (13, 14):

$$E_h = 0,5hP_h = 0,5 \cdot 6 \cdot 45,74 = 137,25 \text{ кН};$$

$$E_v = 0,5hP_v = 0,5 \cdot 6 \cdot 73,22 = 219,65 \text{ кН}.$$

Горизонтальна і вертикальна складова інтенсивності активного тиску ґрунту від навантаження q , розташованого на поверхні призми обрушення з коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_f = 1,2$ відповідно до формул (20, 21) становить:

$$P_{qh} = q\gamma_f\lambda = 30 \cdot 1,2 \cdot 0,39 = 14,04 \text{ кПа};$$

$$P_{qv} = P_{qh} \operatorname{tg}(\alpha + \delta) = 14 \cdot \operatorname{tg}(32^\circ + 26^\circ) = 22,4 \text{ кПа}.$$

Горизонтальну і вертикальну складову активного тиску ґрунту від навантаження q визначаємо за формулами (22, 23):

$$E_{qh} = P_{qh}H = 14 \cdot 6 = 84 \text{ кН};$$

$$E_{qv} = P_{qv}H = 22,4 \cdot 6 = 134,4 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту визначаємо за формулою (38):

$$\lambda_p = \operatorname{tg}^2(45 + \varphi/2) = \operatorname{tg}^2(45 + 26/2) = 2,56.$$

Горизонтальну складову інтенсивності пасивного тиску незв'язного ґрунту на глибині 1,5 м визначаємо з коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_f = 0,9$ у відповідності до формули (37):

$$P_{ph} = \gamma\gamma_f h \lambda_p = 17 \cdot 0,9 \cdot 1,5 \cdot 2,56 = 58,75 \text{ кПа}.$$

Горизонтальну E'_{ph} складову пасивного тиску незв'язного ґрунту визначаємо за формулою (42):

$$E'_{ph} = \frac{1}{2} P_{ph} h = 0,5 \cdot 58,75 \cdot 1,5 = 44,06 \text{ кПа}.$$

Точка прикладання горизонтальної складової пасивного тиску незв'язного ґрунту розміщується на відстані від підшви стіни, відповідно до формули (43) становить:

$$z_p = \frac{1}{3} h = \frac{1}{3} 1,5 = 0,5 \text{ м}.$$

Варіанти завдань до виконання самостійної роботи студентами

Таблиця 2

Варіанти завдань до самостійної роботи по визначенню зусиль, що діють на підпірні стіни

№ пор.	Тип розрахункової схеми (рис.14)	Тип підпірної стінки (рис.15)	Перепад висот H , м	β , град	Відстань до межі ділянки L , м	Параметри навантаження			Група граничних станів
						a , м	B , м	q , кПа	
1	а	а	2	-	2	-	1	80	II
2	б	б	3	15	4	-	-	-	II
3	а	в	6	-	5	1	-	10	I
4	б	а	5	10	3	-	-	-	I
5	а	б	4	-	8	1,5	-	20	II
6	б	в	7	5	4	-	-	-	II
7	а	а	5	-	5	0,5	3	30	I
8	б	б	2	7,5	9	-	-	-	I
9	а	в	4	-	3	0,8	4	50	II
10	б	а	1,9	12,5	8	-	-	-	I
11	а	б	3,6	-	3	0,6	3	20	II
12	б	в	2,4	2,5	3	-	-	-	II
13	а	а	4,5	-	4	1,2	-	45	I
14	б	б	5,2	4	3	-	-	-	I
15	а	в	2,2	-	6	0,7	-	H-30	I
16	б	а	1,6	7	4	-	-	-	II
17	а	б	2,6	-	2,5	-	1,8	35	II
18	б	в	3,8	11	4	-	-	-	II
19	а	а	2,7	-	3	-	-	60	I
20	б	б	4,1	9	1,5	-	-	-	II
21	а	в	3,1	-	3,5	1,0	-	HK-80	II
22	б	а	1,4	6	4	-	-	-	II
23	а	б	3,7	-	3,2	0,6	2,8	26	I
24	б	в	5,1	8	3	-	-	-	I
25	а	а	1,7	-	5	-	-	18	II

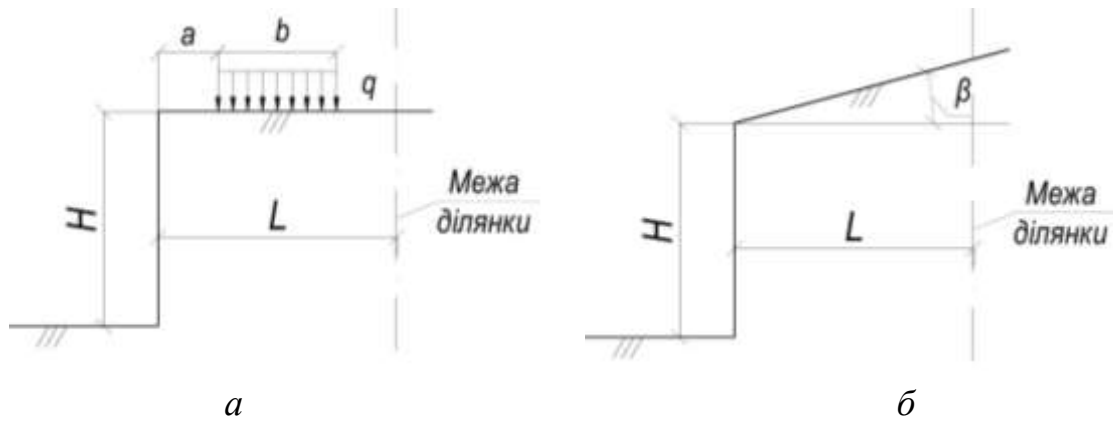


Рис. 14. Тип розрахункової схеми до варіанту завдань по визначенню зусиль, що діють на підпірні стіни

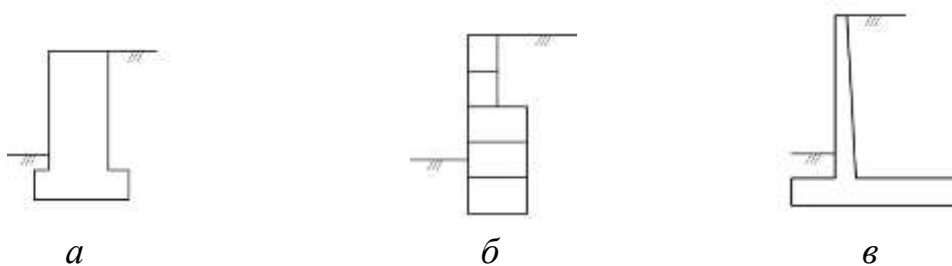


Рис. 15. Тип підпірної стінки до варіанту завдань по визначенню зусиль, що діють на підпірні стіни

Порядок виконання роботи:

1. Відповідно до вказаного в табл. 2. варіанта встановити тип схеми (рис.14) та тип підпірної стіни (рис.15).
2. Взяти глибину закладання, поперечний переріз, матеріали, основні розміри підпірної стіни.
3. Виконати розрахункову схему підпірної стіни з нанесенням усіх розмірів.
4. Вказати вихідні дані для визначення зусиль, що діють на підпірну стінку.
6. Для першої або другої групи граничних станів визначити величину горизонтальних і вертикальних складових активного тиску ґрунту, що діють на підпірну стінку.

Список літератури

Основний

1. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний від 2009-12-24]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
2. Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги: ДСТУ Б В.2.6-145:2010 (ГОСТ 31384-2008, NEQ) . – [Чинний від 2011-07-01]. – Київ, 2011.
3. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови. – ДСТУ Б В.2.7-176:2008. – [Чинний від 2009-09-30] . – Київ: Мінрегіон України, 2010. – 109 с.
4. Настанова з проектування підпірних стін: ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014. – [Чинний від 2015-10-01]. – Київ: Укрархбудінформ, 2015. – 83 с.

Додатковий

5. Проектирование подпорных стен и стен подвалов: справочное пособие к СНиП. – М.: Стройиздат, 1990. – 104 с.
6. Руководство по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства / ЦНИИПромзданий Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1984 – 117 с.
7. Сооружения промышленных предприятий: СНиП 2.09.03-85. – М., 1985.
8. Сорочана Е.А. Основания, фундаменты и подземные сооружения: справочник проектировщика / Е.А. Сорочана, Ю.Г. Трофименкова. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
9. Клейн Г.К. Расчет подпорных стен. – М.: Высшая школа, 1964. – 196 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Механіка сипучих матеріалів і ґрунтів» [Електронне видання] / Кузло М. Т. – Рівне : НУВГП, 2021. – 23 с
11. Brooks H. Basics of Retaining Wall Design: A Design Guide for Earth Retaining Structures, 10 Edition / Brooks H., Nielsen J.P. – California, 2013 – 260 p.

Значення коефіцієнтів λ_a при $\delta = 0$

$\delta = 0$		Значення коефіцієнта λ_a для значення кута α , дорівнює						
φ	β	0	5	10	15	20	25	30
		15	0	0.589	0.616	0.642	0.667	0.691
	10	0.705	0.738	0.770	0.803	0.835	0.869	0.903
	15	0.933	0.977	1.023	1.072	1.124	1.181	1.244
16	0	0.568	0.596	0.623	0.649	0.674	0.698	0.722
	10	0.675	0.709	0.742	0.775	0.808	0.843	0.878
	15	0.808	0.849	0.890	0.933	0.977	1.025	1.076
17	0	0.548	0.576	0.604	0.631	0.657	0.682	0.708
	10	0.647	0.681	0.715	0.749	0.783	0.818	0.853
	15	0.754	0.795	0.836	0.877	0.921	0.966	1.015
18	0	0.528	0.557	0.586	0.614	0.641	0.667	0.693
	10	0.620	0.655	0.690	0.724	0.759	0.794	0.830
	15	0.712	0.752	0.793	0.835	0.878	0.922	0.970
19	0	0.509	0.539	0.568	0.597	0.624	0.652	0.679
	10	0.595	0.631	0.666	0.701	0.736	0.772	0.809
	15	0.675	0.716	0.757	0.798	0.841	0.885	0.932
20	0	0.490	0.521	0.551	0.580	0.609	0.637	0.665
	10	0.571	0.607	0.643	0.678	0.714	0.750	0.788
	15	0.642	0.683	0.724	0.766	0.808	0.852	0.899
	20	0.883	0.940	1.000	1.064	1.132	1.208	1.293
21	0	0.472	0.504	0.534	0.564	0.593	0.622	0.651
	10	0.548	0.584	0.620	0.657	0.693	0.730	0.767
	15	0.612	0.653	0.694	0.736	0.778	0.823	0.869
	20	0.749	0.799	0.851	0.906	0.963	1.025	1.092
22	0	0.455	0.487	0.518	0.548	0.578	0.608	0.637
	10	0.525	0.562	0.599	0.636	0.672	0.710	0.748
	15	0.584	0.625	0.666	0.708	0.751	0.795	0.841
	20	0.692	0.742	0.792	0.844	0.899	0.957	1.020
23	0	0.438	0.470	0.502	0.533	0.563	0.594	0.624
	10	0.504	0.541	0.578	0.615	0.653	0.690	0.729
	15	0.557	0.598	0.640	0.682	0.725	0.769	0.815
	20	0.649	0.697	0.746	0.797	0.851	0.907	0.968
24	0	0.422	0.454	0.486	0.518	0.549	0.580	0.611
	10	0.484	0.521	0.558	0.596	0.633	0.672	0.711
	15	0.532	0.574	0.615	0.657	0.700	0.745	0.791
	20	0.611	0.659	0.708	0.758	0.810	0.865	0.924

*Продовження додатку
Продовження табл. Д.1*

25	0	0.406	0.439	0.471	0.503	0.535	0.566	0.598
	10	0.464	0.502	0.539	0.577	0.615	0.653	0.693
	15	0.509	0.550	0.592	0.634	0.677	0.722	0.768
	20	0.578	0.626	0.674	0.723	0.775	0.829	0.887
	25	0.821	0.890	0.962	1.039	1.124	1.217	1.323
26	0	0.390	0.424	0.456	0.489	0.521	0.553	0.585
	10	0.445	0.483	0.520	0.558	0.597	0.636	0.676
	15	0.486	0.527	0.569	0.612	0.655	0.699	0.746
	20	0.548	0.595	0.643	0.692	0.743	0.796	0.853
	25	0.683	0.742	0.804	0.868	0.937	1.012	1.095
27	0	0.376	0.409	0.442	0.475	0.507	0.540	0.572
	10	0.427	0.464	0.502	0.541	0.579	0.619	0.659
	15	0.465	0.506	0.548	0.590	0.634	0.678	0.724
	20	0.520	0.567	0.614	0.663	0.714	0.766	0.822
	25	0.626	0.683	0.741	0.803	0.868	0.937	1.014
28	0	0.361	0.394	0.428	0.461	0.494	0.527	0.560
	10	0.409	0.447	0.485	0.523	0.562	0.602	0.642
	15	0.444	0.485	0.527	0.570	0.613	0.658	0.704
	20	0.494	0.541	0.588	0.636	0.686	0.739	0.794
	25	0.583	0.637	0.694	0.753	0.816	0.882	0.955
29	0	0.347	0.380	0.414	0.447	0.481	0.514	0.548
	10	0.392	0.430	0.468	0.507	0.546	0.586	0.626
	15	0.424	0.466	0.507	0.550	0.593	0.638	0.685
	20	0.470	0.516	0.563	0.611	0.661	0.713	0.767
	25	0.546	0.599	0.655	0.712	0.773	0.837	0.907
30	0	0.333	0.367	0.401	0.434	0.468	0.502	0.536
	10	0.375	0.413	0.452	0.490	0.530	0.570	0.611
	15	0.406	0.447	0.488	0.531	0.574	0.619	0.666
	20	0.447	0.493	0.539	0.587	0.637	0.688	0.742
	25	0.513	0.566	0.620	0.676	0.735	0.798	0.866
	30	0.750	0.828	0.910	1.000	1.098	1.208	1.333
31	0	0.320	0.354	0.387	0.421	0.455	0.490	0.524
	10	0.359	0.397	0.436	0.474	0.514	0.554	0.596
	15	0.388	0.429	0.470	0.513	0.556	0.601	0.647
	20	0.426	0.471	0.517	0.564	0.614	0.665	0.719
	25	0.484	0.536	0.589	0.644	0.702	0.763	0.829
	30	0.613	0.679	0.748	0.821	0.900	0.987	1.083
32	0	0.307	0.341	0.375	0.409	0.443	0.478	0.513
	10	0.344	0.382	0.420	0.459	0.499	0.539	0.581
	15	0.370	0.411	0.452	0.495	0.538	0.583	0.629
	20	0.405	0.450	0.496	0.543	0.592	0.643	0.696
	25	0.457	0.508	0.560	0.614	0.671	0.732	0.796
	30	0.557	0.619	0.684	0.753	0.827	0.907	0.995

Продовження додатку
Продовження табл. Д.1

33	0	0.295	0.328	0.362	0.396	0.431	0.466	0.501
	10	0.329	0.367	0.405	0.444	0.484	0.524	0.566
	15	0.354	0.394	0.435	0.478	0.521	0.566	0.612
	20	0.386	0.430	0.476	0.522	0.571	0.621	0.674
	25	0.432	0.482	0.534	0.587	0.643	0.702	0.766
	30	0.515	0.574	0.637	0.702	0.773	0.848	0.931
34	0	0.283	0.316	0.350	0.384	0.419	0.454	0.490
	10	0.315	0.353	0.391	0.429	0.469	0.510	0.552
	15	0.338	0.378	0.419	0.461	0.504	0.549	0.596
	20	0.367	0.411	0.456	0.503	0.551	0.601	0.654
	25	0.409	0.458	0.509	0.562	0.617	0.675	0.737
	30	0.479	0.537	0.597	0.660	0.728	0.801	0.880
35	0	0.271	0.304	0.338	0.373	0.407	0.443	0.479
	10	0.301	0.338	0.376	0.415	0.455	0.496	0.538
	15	0.322	0.362	0.403	0.445	0.488	0.533	0.579
	20	0.350	0.393	0.438	0.484	0.531	0.581	0.634
	25	0.388	0.436	0.486	0.538	0.592	0.650	0.711
	30	0.448	0.504	0.563	0.624	0.689	0.760	0.836
	35	0.671	0.756	0.847	0.946	1.057	1.181	1.323
36	0	0.260	0.293	0.327	0.361	0.396	0.432	0.468
	10	0.288	0.325	0.363	0.401	0.441	0.482	0.524
	15	0.307	0.347	0.388	0.429	0.472	0.517	0.563
	20	0.333	0.376	0.420	0.465	0.513	0.563	0.615
	25	0.367	0.415	0.464	0.515	0.569	0.625	0.686
	30	0.420	0.475	0.532	0.592	0.655	0.723	0.797
	35	0.540	0.610	0.685	0.765	0.853	0.949	1.057
37	0	0.249	0.282	0.315	0.350	0.385	0.421	0.457
	10	0.275	0.312	0.349	0.388	0.428	0.469	0.511
	15	0.293	0.332	0.373	0.414	0.457	0.502	0.548
	20	0.317	0.359	0.403	0.448	0.495	0.544	0.596
	25	0.348	0.395	0.443	0.494	0.547	0.603	0.662
	30	0.395	0.448	0.504	0.562	0.624	0.690	0.762
	35	0.487	0.552	0.622	0.697	0.777	0.866	0.964
38	0	0.238	0.271	0.304	0.339	0.374	0.410	0.447
	10	0.263	0.299	0.336	0.375	0.414	0.455	0.498
	15	0.280	0.318	0.358	0.399	0.442	0.487	0.533
	20	0.301	0.343	0.386	0.431	0.478	0.527	0.578
	25	0.330	0.376	0.423	0.473	0.526	0.581	0.640
	30	0.372	0.423	0.478	0.535	0.596	0.660	0.730
	35	0.446	0.509	0.575	0.646	0.722	0.805	0.897

Продовження додатку
Продовження табл. Д.1

39	0	0.228	0.260	0.294	0.328	0.363	0.399	0.436
	10	0.251	0.287	0.324	0.362	0.402	0.442	0.485
	15	0.266	0.305	0.344	0.385	0.428	0.472	0.518
	20	0.286	0.327	0.370	0.415	0.461	0.510	0.561
	25	0.313	0.358	0.405	0.454	0.505	0.560	0.618
	30	0.350	0.401	0.454	0.510	0.569	0.632	0.701
	35	0.413	0.473	0.536	0.604	0.677	0.756	0.843
40	0	0.217	0.250	0.283	0.317	0.353	0.389	0.426
	10	0.239	0.275	0.311	0.350	0.389	0.430	0.472
	15	0.254	0.291	0.331	0.371	0.414	0.458	0.504
	20	0.272	0.313	0.355	0.399	0.445	0.493	0.544
	25	0.296	0.340	0.387	0.435	0.486	0.540	0.598
	30	0.330	0.379	0.431	0.486	0.544	0.606	0.673
	35	0.384	0.441	0.503	0.568	0.638	0.714	0.798
	40	0.587	0.676	0.773	0.880	1.000	1.136	1.293

Таблиця Д.2

Значення коефіцієнтів λ , якщо $\delta = 0.5$

$\delta = 0.5$		Значення коефіцієнта λ , якщо значення кута α , дорівнює						
φ	β	0	5	10	15	20	25	30
		15	0	0.538	0.562	0.585	0.607	0.628
10	0.665		0.696	0.726	0.756	0.785	0.815	0.845
15	0.933		0.977	1.023	1.072	1.124	1.181	1.244
16	0	0.516	0.541	0.565	0.588	0.609	0.629	0.648
	10	0.633	0.664	0.695	0.725	0.755	0.785	0.815
	15	0.785	0.824	0.864	0.905	0.947	0.992	1.040
17	0	0.495	0.521	0.546	0.569	0.591	0.612	0.632
	10	0.603	0.635	0.666	0.696	0.726	0.757	0.787
	15	0.724	0.763	0.801	0.841	0.881	0.923	0.968
18	0	0.475	0.502	0.527	0.551	0.574	0.595	0.615
	10	0.575	0.607	0.638	0.669	0.700	0.730	0.761
	15	0.677	0.715	0.753	0.792	0.831	0.872	0.915
19	0	0.456	0.483	0.509	0.533	0.557	0.579	0.600
	10	0.548	0.581	0.613	0.644	0.675	0.705	0.736
	15	0.637	0.675	0.713	0.751	0.790	0.830	0.871
20	0	0.438	0.465	0.491	0.516	0.540	0.563	0.584
	10	0.523	0.556	0.588	0.620	0.651	0.682	0.712
	15	0.601	0.639	0.677	0.715	0.753	0.793	0.833
	20	0.883	0.940	1.000	1.064	1.132	1.208	1.293

Продовження додатку
Продовження табл. Д.2

21	0	0.420	0.448	0.474	0.500	0.524	0.548	0.570
	10	0.499	0.532	0.565	0.597	0.628	0.659	0.690
	15	0.569	0.607	0.645	0.682	0.721	0.759	0.799
	20	0.724	0.773	0.823	0.875	0.930	0.988	1.050
22	0	0.403	0.431	0.458	0.484	0.509	0.533	0.555
	10	0.477	0.510	0.543	0.575	0.606	0.638	0.669
	15	0.539	0.577	0.615	0.653	0.690	0.729	0.768
	20	0.661	0.708	0.756	0.805	0.856	0.909	0.966
23	0	0.387	0.415	0.442	0.469	0.494	0.518	0.541
	10	0.455	0.489	0.521	0.554	0.586	0.617	0.648
	15	0.512	0.550	0.587	0.625	0.662	0.700	0.739
	20	0.613	0.659	0.705	0.752	0.801	0.852	0.906
24	0	0.371	0.399	0.427	0.454	0.479	0.504	0.527
	10	0.435	0.468	0.501	0.534	0.566	0.597	0.628
	15	0.486	0.524	0.561	0.599	0.636	0.674	0.712
	20	0.573	0.617	0.663	0.709	0.756	0.805	0.856
25	0	0.356	0.384	0.412	0.439	0.465	0.490	0.514
	10	0.415	0.449	0.482	0.514	0.546	0.578	0.610
	15	0.462	0.500	0.537	0.574	0.612	0.649	0.687
	20	0.538	0.582	0.626	0.671	0.717	0.765	0.814
	25	0.821	0.890	0.962	1.039	1.124	1.217	1.323
26	0	0.341	0.370	0.398	0.425	0.451	0.476	0.501
	10	0.396	0.430	0.463	0.496	0.528	0.560	0.591
	15	0.440	0.477	0.514	0.551	0.588	0.626	0.663
	20	0.506	0.549	0.593	0.637	0.682	0.729	0.777
	25	0.659	0.715	0.774	0.836	0.901	0.971	1.048
27	0	0.327	0.356	0.384	0.411	0.438	0.463	0.488
	10	0.379	0.412	0.445	0.478	0.510	0.542	0.574
	15	0.418	0.455	0.492	0.529	0.566	0.603	0.641
	20	0.478	0.520	0.563	0.607	0.651	0.697	0.743
	25	0.595	0.649	0.704	0.761	0.821	0.885	0.954
28	0	0.313	0.342	0.370	0.398	0.425	0.450	0.475
	10	0.361	0.395	0.428	0.461	0.493	0.525	0.557
	15	0.398	0.435	0.472	0.508	0.545	0.582	0.619
	20	0.451	0.493	0.536	0.578	0.622	0.667	0.713
	25	0.548	0.599	0.652	0.707	0.763	0.823	0.887
29	0	0.300	0.329	0.357	0.385	0.412	0.438	0.463
	10	0.345	0.378	0.411	0.444	0.476	0.509	0.540
	15	0.379	0.415	0.452	0.488	0.525	0.562	0.599
	20	0.427	0.468	0.510	0.552	0.595	0.639	0.684
	25	0.509	0.558	0.609	0.662	0.716	0.773	0.834

Продовження додатку
Продовження табл. Д.2

30	0	0.287	0.316	0.344	0.372	0.399	0.426	0.451
	10	0.329	0.362	0.395	0.428	0.460	0.493	0.524
	15	0.360	0.397	0.433	0.469	0.506	0.542	0.579
	20	0.404	0.445	0.486	0.528	0.570	0.613	0.658
	25	0.475	0.523	0.572	0.623	0.676	0.731	0.788
	30	0.750	0.828	0.910	1.000	1.098	1.208	1.333
31	0	0.275	0.304	0.332	0.360	0.387	0.414	0.439
	10	0.314	0.347	0.380	0.413	0.445	0.477	0.509
	15	0.343	0.379	0.415	0.451	0.487	0.524	0.560
	20	0.382	0.423	0.463	0.505	0.547	0.589	0.633
	25	0.444	0.492	0.540	0.589	0.640	0.693	0.749
	30	0.589	0.652	0.718	0.788	0.862	0.943	1.032
32	0	0.263	0.292	0.320	0.348	0.376	0.402	0.428
	10	0.300	0.332	0.365	0.398	0.430	0.462	0.494
	15	0.326	0.362	0.398	0.434	0.470	0.506	0.542
	20	0.362	0.402	0.442	0.483	0.524	0.566	0.609
	25	0.417	0.463	0.510	0.558	0.608	0.659	0.713
	30	0.528	0.586	0.647	0.711	0.779	0.852	0.931
33	0	0.252	0.280	0.309	0.337	0.364	0.391	0.417
	10	0.286	0.318	0.351	0.383	0.416	0.448	0.479
	15	0.310	0.346	0.381	0.417	0.453	0.489	0.524
	20	0.343	0.382	0.422	0.462	0.503	0.545	0.587
	25	0.392	0.437	0.483	0.530	0.579	0.629	0.681
	30	0.482	0.538	0.595	0.656	0.719	0.787	0.859
34	0	0.241	0.269	0.297	0.325	0.353	0.380	0.406
	10	0.273	0.305	0.337	0.369	0.402	0.433	0.465
	15	0.295	0.330	0.365	0.401	0.436	0.472	0.507
	20	0.325	0.364	0.403	0.443	0.483	0.524	0.565
	25	0.369	0.413	0.458	0.504	0.551	0.600	0.651
	30	0.445	0.498	0.553	0.610	0.671	0.735	0.803
35	0	0.230	0.258	0.287	0.314	0.342	0.369	0.395
	10	0.260	0.292	0.324	0.356	0.388	0.420	0.451
	15	0.281	0.315	0.350	0.385	0.421	0.456	0.491
	20	0.308	0.346	0.385	0.424	0.464	0.504	0.545
	25	0.348	0.391	0.435	0.480	0.526	0.574	0.623
	30	0.412	0.464	0.517	0.572	0.630	0.691	0.755
	35	0.671	0.756	0.847	0.946	1.057	1.181	1.323

Продовження додатку
Продовження табл. Д.2

36	0	0.220	0.248	0.276	0.304	0.331	0.358	0.384
	10	0.248	0.279	0.311	0.343	0.375	0.406	0.438
	15	0.267	0.301	0.335	0.370	0.405	0.440	0.475
	20	0.292	0.330	0.368	0.406	0.446	0.486	0.526
	25	0.328	0.370	0.413	0.457	0.503	0.549	0.597
	30	0.384	0.433	0.485	0.538	0.594	0.652	0.714
	35	0.517	0.584	0.656	0.732	0.814	0.904	1.003
37	0	0.210	0.238	0.266	0.293	0.321	0.348	0.374
	10	0.236	0.267	0.298	0.330	0.362	0.393	0.424
	15	0.254	0.287	0.321	0.356	0.391	0.426	0.460
	20	0.277	0.314	0.351	0.389	0.428	0.468	0.507
	25	0.309	0.350	0.393	0.436	0.481	0.526	0.573
	30	0.358	0.406	0.456	0.508	0.561	0.618	0.677
	35	0.459	0.521	0.586	0.655	0.729	0.809	0.896
38	0	0.200	0.228	0.256	0.283	0.311	0.338	0.364
	10	0.224	0.255	0.286	0.318	0.350	0.381	0.412
	15	0.241	0.274	0.308	0.342	0.377	0.411	0.445
	20	0.262	0.299	0.336	0.373	0.412	0.450	0.489
	25	0.292	0.332	0.373	0.416	0.460	0.505	0.550
	30	0.335	0.382	0.430	0.480	0.532	0.586	0.643
	35	0.416	0.474	0.535	0.600	0.669	0.742	0.822
39	0	0.191	0.218	0.246	0.274	0.301	0.328	0.354
	10	0.213	0.244	0.275	0.306	0.338	0.369	0.399
	15	0.229	0.261	0.295	0.329	0.363	0.397	0.431
	20	0.249	0.284	0.321	0.358	0.396	0.434	0.472
	25	0.275	0.315	0.355	0.397	0.440	0.484	0.529
	30	0.314	0.359	0.406	0.454	0.505	0.558	0.613
	35	0.381	0.436	0.494	0.555	0.620	0.689	0.764
40	0	0.182	0.209	0.237	0.264	0.291	0.318	0.344
	10	0.203	0.233	0.264	0.295	0.326	0.357	0.387
	15	0.217	0.249	0.282	0.316	0.350	0.384	0.417
	20	0.235	0.270	0.306	0.343	0.380	0.418	0.456
	25	0.259	0.298	0.338	0.379	0.421	0.464	0.508
	30	0.294	0.338	0.384	0.431	0.480	0.531	0.584
	35	0.351	0.404	0.459	0.518	0.579	0.645	0.714
	40	0.587	0.676	0.773	0.880	1.000	1.136	1.293

Значення коефіцієнтів λ при $\delta = 1$

$\delta = 1$		Значення коефіцієнта λ , якщо значення кута α , дорівнює						
φ	ρ	0	5	10	15	20	25	30
		15	0	0.495	0.518	0.538	0.557	0.575
	10	0.631	0.660	0.688	0.715	0.742	0.767	0.793
	15	0.933	0.977	1.023	1.072	1.124	1.181	1.244
16	0	0.473	0.496	0.517	0.537	0.555	0.571	0.584
	10	0.596	0.626	0.654	0.681	0.708	0.733	0.758
	15	0.764	0.802	0.840	0.879	0.920	0.962	1.006
17	0	0.452	0.475	0.497	0.517	0.535	0.551	0.566
	10	0.564	0.594	0.622	0.650	0.676	0.702	0.726
	15	0.696	0.733	0.770	0.807	0.845	0.883	0.923
18	0	0.431	0.455	0.477	0.498	0.516	0.533	0.547
	10	0.535	0.564	0.593	0.620	0.647	0.672	0.696
	15	0.645	0.681	0.717	0.753	0.789	0.825	0.862
19	0	0.412	0.436	0.458	0.479	0.498	0.515	0.529
	10	0.507	0.537	0.565	0.593	0.619	0.644	0.668
	15	0.601	0.637	0.673	0.707	0.742	0.777	0.812
20	0	0.393	0.417	0.440	0.461	0.480	0.497	0.512
	10	0.481	0.510	0.539	0.567	0.593	0.618	0.641
	15	0.563	0.599	0.634	0.668	0.702	0.735	0.768
	20	0.883	0.940	1.000	1.064	1.132	1.208	1.293
21	0	0.375	0.399	0.422	0.444	0.463	0.480	0.495
	10	0.456	0.486	0.515	0.542	0.568	0.593	0.616
	15	0.529	0.564	0.599	0.632	0.665	0.698	0.729
	20	0.700	0.747	0.795	0.844	0.895	0.949	1.006
22	0	0.358	0.382	0.405	0.427	0.446	0.464	0.478
	10	0.432	0.462	0.491	0.519	0.545	0.569	0.592
	15	0.498	0.533	0.567	0.600	0.632	0.664	0.694
	20	0.630	0.675	0.719	0.765	0.811	0.859	0.909
23	0	0.341	0.366	0.389	0.410	0.430	0.448	0.462
	10	0.410	0.440	0.469	0.496	0.522	0.546	0.568
	15	0.469	0.504	0.537	0.570	0.602	0.632	0.661
	20	0.578	0.621	0.664	0.707	0.750	0.794	0.839
24	0	0.325	0.350	0.373	0.395	0.414	0.432	0.446
	10	0.389	0.419	0.448	0.475	0.501	0.524	0.546
	15	0.443	0.477	0.510	0.542	0.573	0.603	0.631
	20	0.535	0.576	0.617	0.659	0.700	0.742	0.783

Продовження додатку
Продовження табл. Д.3

25	0	0.310	0.335	0.358	0.379	0.399	0.416	0.431
	10	0.369	0.399	0.427	0.454	0.480	0.503	0.524
	15	0.418	0.451	0.484	0.516	0.546	0.575	0.602
	20	0.497	0.538	0.578	0.617	0.657	0.696	0.735
	25	0.821	0.890	0.962	1.039	1.124	1.217	1.323
26	0	0.295	0.320	0.343	0.365	0.384	0.402	0.416
	10	0.350	0.380	0.408	0.435	0.460	0.483	0.503
	15	0.394	0.427	0.460	0.491	0.521	0.549	0.575
	20	0.464	0.503	0.542	0.581	0.619	0.656	0.692
	25	0.632	0.686	0.742	0.800	0.860	0.924	0.991
27	0	0.281	0.306	0.329	0.350	0.370	0.387	0.401
	10	0.332	0.361	0.389	0.416	0.441	0.463	0.483
	15	0.372	0.405	0.437	0.468	0.497	0.524	0.549
	20	0.434	0.472	0.510	0.548	0.584	0.620	0.654
	25	0.562	0.612	0.663	0.716	0.769	0.825	0.882
28	0	0.268	0.292	0.315	0.336	0.356	0.373	0.386
	10	0.315	0.344	0.371	0.398	0.422	0.444	0.463
	15	0.352	0.384	0.415	0.445	0.474	0.501	0.525
	20	0.407	0.444	0.481	0.517	0.553	0.587	0.619
	25	0.510	0.558	0.606	0.655	0.704	0.754	0.805
29	0	0.255	0.279	0.302	0.323	0.342	0.359	0.372
	10	0.299	0.327	0.354	0.380	0.404	0.426	0.444
	15	0.332	0.364	0.395	0.424	0.452	0.478	0.501
	20	0.381	0.418	0.454	0.489	0.524	0.556	0.586
	25	0.468	0.514	0.559	0.605	0.652	0.698	0.744
30	0	0.242	0.266	0.289	0.310	0.329	0.345	0.358
	10	0.283	0.311	0.338	0.364	0.387	0.408	0.426
	15	0.314	0.345	0.375	0.404	0.432	0.457	0.478
	20	0.358	0.394	0.429	0.463	0.496	0.528	0.556
	25	0.432	0.476	0.520	0.563	0.607	0.650	0.692
	30	0.750	0.828	0.910	1.000	1.098	1.208	1.333
31	0	0.230	0.254	0.276	0.297	0.316	0.332	0.344
	10	0.268	0.296	0.322	0.347	0.371	0.391	0.408
	15	0.296	0.327	0.356	0.385	0.412	0.436	0.457
	20	0.336	0.371	0.405	0.439	0.471	0.501	0.528
	25	0.401	0.443	0.485	0.526	0.568	0.608	0.646
	30	0.561	0.620	0.682	0.746	0.814	0.885	0.960
32	0	0.219	0.242	0.264	0.285	0.304	0.319	0.330
	10	0.254	0.281	0.307	0.332	0.355	0.375	0.390
	15	0.279	0.310	0.339	0.367	0.393	0.416	0.436
	20	0.316	0.350	0.383	0.416	0.447	0.476	0.501
	25	0.372	0.413	0.453	0.493	0.532	0.570	0.605
	30	0.492	0.546	0.602	0.659	0.718	0.779	0.841

Продовження додатку
Продовження табл. Д.3

33	0	0.208	0.231	0.253	0.273	0.291	0.306	0.317
	10	0.240	0.267	0.293	0.317	0.339	0.359	0.373
	15	0.264	0.293	0.322	0.349	0.375	0.397	0.415
	20	0.296	0.330	0.362	0.394	0.424	0.452	0.475
	25	0.346	0.386	0.425	0.463	0.501	0.536	0.568
	30	0.443	0.493	0.545	0.597	0.651	0.704	0.758
34	0	0.197	0.220	0.241	0.261	0.279	0.294	0.304
	10	0.227	0.253	0.279	0.303	0.324	0.343	0.357
	15	0.249	0.278	0.306	0.332	0.357	0.379	0.396
	20	0.278	0.311	0.343	0.374	0.403	0.429	0.450
	25	0.323	0.361	0.398	0.435	0.471	0.505	0.534
	30	0.402	0.450	0.499	0.548	0.597	0.645	0.692
35	0	0.187	0.209	0.230	0.250	0.268	0.282	0.291
	10	0.214	0.240	0.265	0.289	0.310	0.328	0.341
	15	0.234	0.263	0.290	0.316	0.340	0.361	0.377
	20	0.261	0.293	0.324	0.354	0.382	0.407	0.427
	25	0.301	0.338	0.374	0.410	0.444	0.476	0.503
	30	0.369	0.414	0.460	0.506	0.551	0.596	0.637
	35	0.671	0.756	0.847	0.946	1.057	1.181	1.323
36	0	0.177	0.199	0.220	0.239	0.257	0.270	0.279
	10	0.202	0.228	0.252	0.275	0.296	0.313	0.325
	15	0.221	0.249	0.275	0.301	0.324	0.344	0.359
	20	0.245	0.276	0.307	0.336	0.363	0.387	0.405
	25	0.281	0.316	0.352	0.386	0.419	0.448	0.473
	30	0.339	0.382	0.426	0.469	0.512	0.553	0.589
	35	0.487	0.550	0.616	0.685	0.757	0.833	0.912
37	0	0.167	0.189	0.210	0.229	0.246	0.259	0.266
	10	0.191	0.216	0.240	0.262	0.282	0.299	0.309
	15	0.208	0.235	0.261	0.286	0.309	0.328	0.341
	20	0.230	0.261	0.290	0.318	0.344	0.367	0.383
	25	0.262	0.297	0.331	0.364	0.395	0.423	0.445
	30	0.313	0.354	0.395	0.436	0.477	0.514	0.547
	35	0.422	0.478	0.537	0.597	0.659	0.722	0.784
38	0	0.158	0.180	0.200	0.219	0.235	0.247	0.254
	10	0.180	0.204	0.228	0.250	0.269	0.285	0.294
	15	0.196	0.222	0.248	0.272	0.294	0.312	0.323
	20	0.216	0.245	0.274	0.301	0.326	0.348	0.363
	25	0.245	0.278	0.311	0.343	0.373	0.399	0.419
	30	0.289	0.328	0.368	0.407	0.445	0.480	0.509
	35	0.375	0.427	0.481	0.535	0.590	0.645	0.697

Продовження додатку
Продовження табл. Д.3

39	0	0.150	0.170	0.190	0.209	0.224	0.236	0.242
	10	0.170	0.194	0.216	0.238	0.256	0.271	0.279
	15	0.184	0.210	0.235	0.258	0.279	0.296	0.306
	20	0.203	0.231	0.259	0.285	0.309	0.329	0.343
	25	0.228	0.261	0.292	0.323	0.352	0.376	0.394
	30	0.267	0.305	0.343	0.380	0.416	0.448	0.473
	35	0.338	0.387	0.436	0.486	0.536	0.584	0.628
40	0	0.141	0.162	0.181	0.199	0.214	0.225	0.230
	10	0.160	0.183	0.205	0.226	0.244	0.258	0.265
	15	0.173	0.198	0.222	0.245	0.265	0.281	0.290
	20	0.190	0.218	0.245	0.270	0.293	0.312	0.323
	25	0.213	0.244	0.275	0.305	0.332	0.354	0.370
	30	0.247	0.284	0.320	0.356	0.389	0.419	0.441
	35	0.307	0.353	0.399	0.445	0.491	0.534	0.571
	40	0.587	0.676	0.773	0.880	1.000	1.136	1.293

Таблиця Д.4

Значення коефіцієнтів K , якщо $\delta = 0$

$\delta = 0$		Значення коефіцієнта K , якщо значення кута α , дорівнює						
φ	ρ	0	5	10	15	20	25	30
		15	0	1.535	1.434	1.337	1.244	1.154
10	1.100		1.020	0.944	0.871	0.802	0.736	0.672
15	0.250		0.168	0.085	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0	1.507	1.410	1.316	1.226	1.138	1.052	0.968
	10	1.132	1.053	0.978	0.906	0.838	0.772	0.710
	15	0.669	0.596	0.524	0.453	0.382	0.310	0.238
17	0	1.480	1.386	1.295	1.208	1.122	1.039	0.957
	10	1.154	1.076	1.002	0.931	0.864	0.799	0.738
	15	0.803	0.731	0.661	0.593	0.527	0.461	0.395
18	0	1.453	1.363	1.275	1.189	1.106	1.025	0.945
	10	1.168	1.091	1.018	0.949	0.882	0.819	0.758
	15	0.887	0.815	0.747	0.681	0.617	0.554	0.492
19	0	1.427	1.339	1.254	1.172	1.091	1.011	0.933
	10	1.176	1.101	1.029	0.961	0.895	0.833	0.773
	15	0.943	0.873	0.806	0.742	0.679	0.619	0.560
20	0	1.400	1.316	1.234	1.154	1.075	0.998	0.922
	10	1.179	1.105	1.035	0.968	0.904	0.842	0.784
	15	0.983	0.914	0.848	0.785	0.724	0.665	0.609
	20	0.321	0.244	0.166	0.085	0.000	0.000	0.000

Продовження додатку
Продовження табл. Д.4

21	0	1.375	1.293	1.214	1.136	1.059	0.984	0.910
	10	1.178	1.106	1.038	0.972	0.909	0.849	0.791
	15	1.011	0.943	0.879	0.817	0.757	0.700	0.645
	20	0.655	0.587	0.521	0.455	0.389	0.323	0.254
22	0	1.349	1.271	1.194	1.118	1.044	0.971	0.898
	10	1.175	1.104	1.037	0.973	0.911	0.852	0.795
	15	1.031	0.964	0.901	0.840	0.782	0.726	0.672
	20	0.762	0.696	0.633	0.571	0.510	0.449	0.388
23	0	1.324	1.248	1.174	1.101	1.029	0.957	0.886
	10	1.168	1.100	1.035	0.972	0.911	0.853	0.797
	15	1.043	0.978	0.916	0.857	0.800	0.745	0.692
	20	0.828	0.765	0.703	0.644	0.586	0.529	0.472
24	0	1.299	1.226	1.154	1.083	1.013	0.944	0.875
	10	1.160	1.094	1.030	0.968	0.909	0.852	0.797
	15	1.051	0.987	0.927	0.868	0.813	0.759	0.708
	20	0.873	0.811	0.752	0.695	0.639	0.584	0.531
25	0	1.274	1.204	1.134	1.066	0.998	0.930	0.863
	10	1.150	1.085	1.023	0.963	0.905	0.850	0.796
	15	1.054	0.992	0.933	0.876	0.821	0.769	0.719
	20	0.905	0.844	0.787	0.731	0.677	0.624	0.573
	25	0.383	0.311	0.238	0.163	0.084	0.000	0.000

Таблиця Д.5

Значення коефіцієнтів K , якщо $\delta = 0.5$

$\delta = 0.5$		Значення коефіцієнта λ , якщо значення кута α , дорівнює						
φ	ρ	0	5	10	15	20	25	30
15	0	1.726	1.592	1.462	1.335	1.211	1.088	0.966
	10	1.249	1.131	1.017	0.907	0.799	0.692	0.586
	15	0.250	0.125	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0	1.688	1.557	1.430	1.307	1.185	1.065	0.944
	10	1.280	1.163	1.051	0.942	0.835	0.730	0.625
	15	0.750	0.636	0.524	0.412	0.299	0.183	0.063
17	0	1.651	1.523	1.400	1.279	1.160	1.041	0.923
	10	1.299	1.184	1.073	0.965	0.860	0.756	0.653
	15	0.903	0.791	0.682	0.574	0.467	0.358	0.247
18	0	1.614	1.491	1.370	1.252	1.135	1.019	0.902
	10	1.309	1.196	1.086	0.980	0.876	0.774	0.672
	15	0.995	0.885	0.778	0.673	0.569	0.464	0.358

*Продовження додатку
Продовження табл. Д.5*

19	0	1.579	1.458	1.341	1.225	1.111	0.996	0.882
	10	1.312	1.201	1.093	0.988	0.886	0.785	0.684
	15	1.055	0.947	0.842	0.739	0.637	0.536	0.433
20	0	1.544	1.427	1.312	1.199	1.087	0.975	0.862
	10	1.310	1.201	1.095	0.992	0.891	0.791	0.691
	15	1.096	0.989	0.886	0.785	0.685	0.586	0.486
	20	0.321	0.202	0.080	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0	1.510	1.396	1.284	1.173	1.063	0.953	0.842
	10	1.304	1.197	1.093	0.991	0.892	0.793	0.695
	15	1.123	1.018	0.916	0.817	0.719	0.622	0.524
	20	0.719	0.611	0.505	0.399	0.291	0.180	0.065
22	0	1.477	1.366	1.256	1.148	1.041	0.932	0.823
	10	1.295	1.190	1.088	0.988	0.890	0.792	0.695
	15	1.140	1.037	0.937	0.839	0.743	0.647	0.552
	20	0.839	0.735	0.633	0.532	0.430	0.327	0.221
23	0	1.445	1.336	1.229	1.124	1.018	0.912	0.805
	10	1.283	1.180	1.080	0.982	0.885	0.789	0.693
	15	1.150	1.049	0.950	0.854	0.760	0.665	0.571
	20	0.912	0.810	0.711	0.613	0.515	0.417	0.316
24	0	1.413	1.307	1.203	1.099	0.996	0.892	0.786
	10	1.270	1.169	1.070	0.974	0.878	0.784	0.689
	15	1.154	1.054	0.958	0.863	0.770	0.678	0.585
	20	0.959	0.860	0.763	0.668	0.573	0.478	0.381
25	0	1.382	1.279	1.177	1.076	0.974	0.872	0.768
	10	1.254	1.155	1.059	0.964	0.870	0.777	0.684
	15	1.153	1.056	0.961	0.868	0.776	0.685	0.594
	20	0.991	0.894	0.799	0.706	0.614	0.521	0.427
	25	0.383	0.270	0.154	0.036	0.000	0.000	0.000

Таблиця 6

Значення коефіцієнтів K , якщо $\delta = 1$

$\delta = 1$		Значення коефіцієнта λ , якщо значення кута α , дорівнює						
φ	ρ	0	5	10	15	20	25	30
15	0	1.883	1.713	1.546	1.384	1.223	1.062	0.901
	10	1.378	1.219	1.066	0.916	0.767	0.619	0.469
	15	0.250	0.081	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0	1.838	1.670	1.507	1.347	1.189	1.031	0.872
	10	1.408	1.251	1.100	0.951	0.804	0.658	0.510
	15	0.824	0.668	0.513	0.358	0.202	0.040	0.000

Продовження додатку
Продовження табл. Д.6

17	0	1.793	1.630	1.470	1.312	1.157	1.001	0.843
	10	1.425	1.270	1.120	0.974	0.828	0.684	0.538
	15	0.994	0.840	0.690	0.540	0.390	0.237	0.080
18	0	1.750	1.590	1.433	1.278	1.125	0.971	0.816
	10	1.432	1.280	1.132	0.986	0.843	0.700	0.555
	15	1.093	0.942	0.794	0.648	0.502	0.355	0.204
19	0	1.708	1.551	1.397	1.245	1.094	0.943	0.789
	10	1.432	1.282	1.136	0.992	0.850	0.708	0.566
	15	1.157	1.008	0.863	0.719	0.576	0.432	0.286
20	0	1.668	1.514	1.363	1.213	1.064	0.915	0.764
	10	1.427	1.279	1.134	0.992	0.852	0.712	0.571
	15	1.199	1.052	0.909	0.768	0.627	0.486	0.342
	20	0.321	0.157	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0	1.628	1.477	1.329	1.182	1.035	0.888	0.738
	10	1.418	1.271	1.129	0.989	0.850	0.711	0.571
	15	1.226	1.081	0.940	0.800	0.662	0.523	0.382
	20	0.781	0.631	0.482	0.333	0.181	0.025	0.000
22	0	1.590	1.441	1.296	1.151	1.006	0.861	0.714
	10	1.405	1.261	1.120	0.981	0.844	0.707	0.569
	15	1.242	1.099	0.960	0.822	0.685	0.549	0.410
	20	0.915	0.769	0.625	0.482	0.338	0.191	0.039
23	0	1.552	1.407	1.263	1.121	0.979	0.835	0.690
	10	1.389	1.247	1.108	0.972	0.836	0.700	0.564
	15	1.250	1.109	0.971	0.836	0.701	0.566	0.429
	20	0.994	0.851	0.711	0.571	0.431	0.290	0.145
24	0	1.515	1.373	1.232	1.092	0.951	0.810	0.666
	10	1.372	1.232	1.095	0.960	0.826	0.692	0.556
	15	1.252	1.113	0.977	0.843	0.710	0.576	0.442
	20	1.045	0.904	0.767	0.630	0.494	0.356	0.215
25	0	1.480	1.339	1.201	1.063	0.924	0.785	0.643
	10	1.352	1.215	1.080	0.946	0.814	0.681	0.547
	15	1.249	1.112	0.977	0.845	0.713	0.582	0.449
	20	1.078	0.940	0.804	0.670	0.536	0.402	0.265
	25	0.383	0.224	0.062	0.000	0.000	0.000	0.000

Навчально-методичне видання

ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ ҐРУНТУ НА ПІДПІРНІ СТІНИ

Методичні вказівки
для виконання розрахункової роботи з дисципліни
«Спецкурс випускової кафедри»
для студентів спеціальності
192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Укладач **МАЛИШЕВ** Олег Вікторович

Комп'ютерне верстання *Д. М. Ніколаєвич*

Підписано до друку 25.03.2024 Формат 60 x 84_{1/16}
Ум. друк. арк. 2,79 . Обл.-вид. арк. 3.0.
Електронний документ. Вид. № 121/П-23

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002