

ВПЛИВ ГЛИБИНИ ЗАКЛАДАННЯ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ФУНДАМЕНТІВ У ПІЩАНИХ ТА ГЛИНИСТИХ ГРУНТАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Проведене фізичне моделювання роботи стовпчастих і стрічкових фундаментів з різною глибиною закладання. Аналіз одержаних результатів показав, що при збільшенні глибини закладання від 0 до 1,0b відбувається приблизно подвійне зменшення величини осідання і подвійне збільшення розрахункового опору.

Проведене математичне моделювання роботи системи будівля-фундамент-грунтова основа з аналізом зміни напружено-деформованого стану системи при переході від фундаменту, закладеного з урахуванням глибини сезонного промерзання (умовно 1,5 м), до малозаглибленого фундаменту з глибиною закладання 0,5 м, що забезпечує розміщення у ґрунті плитної частини фундаменту.

Досліджений вплив глибини закладання фундаментів та виду ґрунту на опір ґрунту і перерозподіл зусиль у конструкціях надфундаментної споруди.

Ключові слова: фундамент, глибина закладання, фізичне моделювання, математичне моделювання, напружено-деформований стан.

Abstract.

Physical modeling of columnar and strip foundations with different depth of laying is carried out. The analysis of the obtained results showed that when the depth of laying is increased from 0 to 1.0b, there is an approximately twofold decrease in the amount of subsidence and a twofold increase in the calculated resistance.

Mathematical modeling of the building-foundation-soil base system with the analysis of changes in the stress-strain state of the system during the transition from the foundation laid taking into account the depth of seasonal freezing (conditionally 1.5 m) to the shallow foundation with a laying depth of 0.5 m provides placement in the soil of the slab part of the foundation.

Researched the influence of the depth of laying the foundations and the type of soil on the resistance of the soil and the redistribution of forces in the structures of the foundation.

Keywords: foundation, depth of laying, physical modeling, mathematical modeling, stress-strain state.

Вступ

За вимогами норм з проектування основ будівель і споруд [1, 2] глибина закладання фундаментів у здимальних ґрунтах повинна прийматись не менше розрахункової глибини промерзання. При будівництві малоповерхових будівель безкаркасної конструкції це призводить до використання фундаментних плит і блоків стрічкових фундаментів, які укладають у 2-3 ряди. Такі фундаменти потребують значних фінансових вкладень, що призводить до удорожчення будівництва в цілому [3]. Найбільш ефективним вирішенням цієї проблеми є використання малозаглиблених фундаментів, що пристосовані до нерівномірних деформацій основи. Фундаменти закладають на глибині 30-40 см (іноді безпосередньо на поверхні).

Для боротьби з проблемою можливості морозного здимання пропонуються такі шляхи його запобігання:

- заміна здимального ґрунту на нездимальний в межах глибини сезонного промерзання;
- влаштування постійно діючого дренажу, що запобігає замочуванню здимального ґрунту і отже зменшує або ліквідує ризик здимання;
- об'єднання фундаментів всіх стін будівлі в єдину систему (горизонтальну раму), що перерозподіляє нерівномірні деформації основи;
- теплоізоляція фундаментів та вимощення навколо будівлі, яка забезпечує відсутність промерзання ґрунту під фундаментом.

Але крім загрози морозного здимання, якої можна запобігти, виникає проблема забезпечення надійності роботи фундаменту при зменшенні глибини закладання. З досвіду проектування відомо, що при зменшенні глибини закладання зменшується розрахунковий опір ґрунту основи те його несуча здатність. Міцність ґрунту визначає його здатність утримувати будівлю в вертикальному положенні. Від міцності залежить, наскільки глибоким повинен бути фундамент, наскільки високою

може бути будова. Міцність ґрунтової основи забезпечує вертикальне положення стін, відсутність нахилів, тріщин, просідань.

В даній роботі поставлена задача дослідити вплив глибини закладання фундаментів на опір ґрунту і перерозподіл зусиль у конструкціях надфундаментної споруди.

Було проведено фізичне моделювання роботи фундаментів при різній глибині закладання та дослідження сумісної роботи системи основа-фундамент-споруда при зміні глибини закладання фундаментів за допомогою програмного комплексу Ліра.

Фізичне моделювання роботи фундаментів при різній глибині закладання

Було виконане фізичне моделювання роботи фундаментів мілкого закладання у лотку розмірами 1800x1200x1000 мм. В якості ґрунту використовувався пісок середньої крупності. В табл. 1 наведені характеристики піску, який використаний для дослідів.

Таблиця 1 – Фізико- механічні характеристики ґрунту в лотку

| Назва характеристики | Пісок середньої щільності |
|-------------------------------|---------------------------|
| Щільність, кг/м ³ | 1670 |
| Вологість | 0,07 |
| Коефіцієнт пористості | 0,70 |
| Кут внутрішнього тертя, град. | 30 |
| Питоме зчеплення, кПа | 1 |

Для досліджень була виготовлена металева модель стовпчастого фундаменту мілкого закладання, яка являє собою жорстку металеву плиту (рис. 1) з підколони́ком. Розмір підшви моделі фундаменту 230×245 мм. Додатково випробувалась модель стовпчастого фундаменту з розмірами підшви 200×200 мм та модель стрічкового фундаменту з розмірами підшви 235×450 мм.



Рисунок 1 – Модель фундаменту мілкого закладання з розмірами підшви 230×245 мм

На стовпчастій моделі передавалось зосереджене навантаження через підколони́к, а на стрічковий фундамент – погонне навантаження через жорстку балку.

В якості упорної системи для передачі навантаження на моделі використовується металева рама з прокатних профілів, що дозволяє передавати навантаження на модель до 3000 кН.

Навантаження на фундамент передавалось за допомогою автомобільного домкрату, а для виміру зусилля, що передається, використовувався динамометр. Домкрат і динамометр розраховані на передачу навантаження до 5 т.

Для замірювання переміщень фундаменту використовувались система прогиномірів, встановлена на незалежній упорній системі, закріпленій на стінки лотка (рис. 2.4). Ціна поділки прогиномірів 0,01 мм.

На рис. 2, 3 показана уся система для передавання навантаження на моделі фундаментів.

Фізичним моделюванням на маломасштабних моделях досліджувався вплив на роботу стовпчастого і стрічкового фундаменту його глибини закладання.

Для аналізу відмінності поведінки фундаментів при різній глибині закладання було заплановане проведення навантаження моделей при глибинах закладання 0,1b; 0,5b; 1,0b, де b – ширина підшви фундаменту.

Варіювання глибини прийняте з врахуванням практики використання фундаментів мілкого закладання. У таблиці 2 наведена програма модельного експериментального дослідження.



Рисунок 2 – Модель стовпчастого фундаменту перед випробуванням

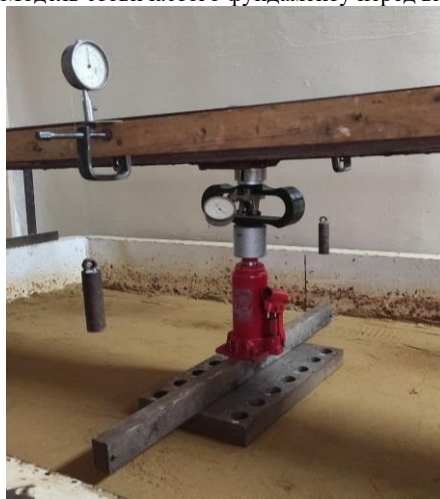


Рисунок 3 – Модель стрічкового фундаменту перед випробуванням

Таблиця 2 - Програма модельного експериментального дослідження

| Розміри підшви моделі фундаменту, мм | Глибина закладання моделі фундаменту |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 230×245 | 0,1b |
| 230×245 | 0,5b |
| 230×245 | 1,0b |
| 200×200 | 0 |
| 200×200 | 1,0b |
| 235×450 | 0 |
| 235×450 | 1,0b |

Навантаження на фундаменти передавалось ступенями по 1,0 кН. Кожен ступінь витримувався до умовної стабілізації деформацій, що складала 0,25 мм зп 15 хвилин спостережень. Випробування проводилось до втрати ґрунтом основи стійкості, що характеризується різким збільшенням деформації при прикладанні чергового ступеня навантаження. На рис. 4, 5 наведений стан основи при втраті ґрунтом стійкості при відповідних глибинах закладання фундаменту.



Рисунок 4 – Стан основи при втраті ґрунтом стійкості при глибинах закладання фундаменту 0, 1 та 0,5 b



Рисунок 5 – Характер деформацій основи після втрати ґрунтом стійкості при глибині закладання 1,0b

Для кожного з дослідів за програмою експериментального дослідження були одержані графіки залежності осідання – навантаження фундаменту.

На рис. 6 – 8 ці графіки осідання – навантаження згруповані для кожного розміру моделі, що дозволяє проаналізувати відмінність між ними.

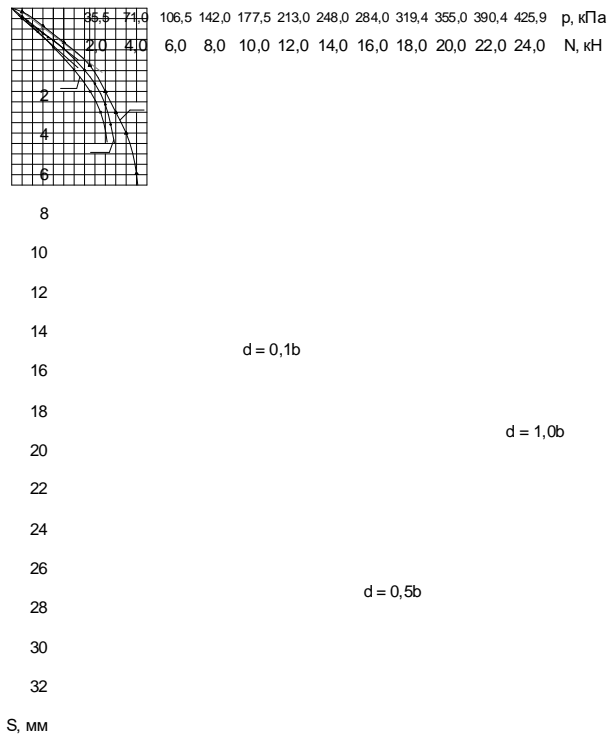


Рисунок 6 – Графіки осідання (мм) – навантаження (кН, кПа) для штампку 230×245 мм з різною глибиною закладання

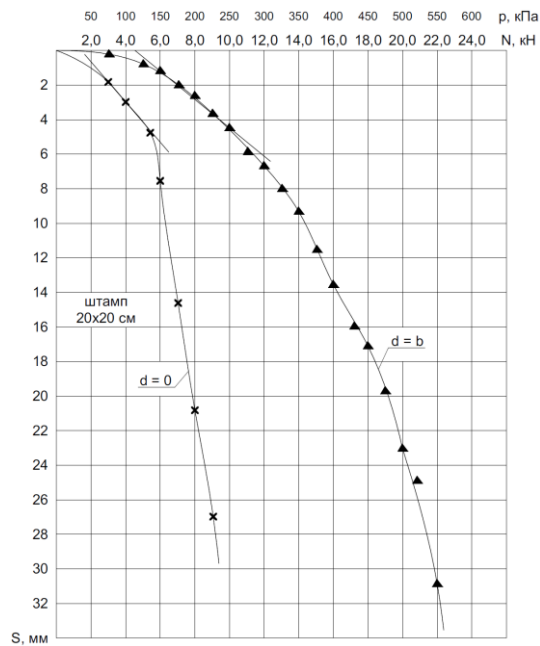


Рисунок 7 – Графіки осідання (мм) – навантаження (кН, кПа) для штампу 200×200 мм з різною глибиною закладання

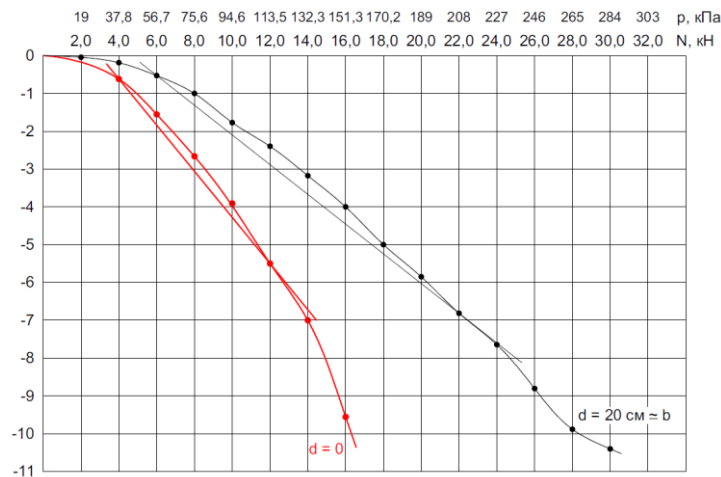


Рисунок 8 – Графіки осідання (мм) – навантаження (кН, кПа) для моделі стрічкового фундаменту з різною глибиною закладання

Для визначення розрахункового опору ґрунту основи знайдена межа пропорційності на графіку осідання – навантаження. Як бачимо для моделі стовпчастого фундаменту з розмірами підшви 230×245 мм при глибинах закладання 0,1b; 0,5b; 1,0b розрахунковий опір основи складає відповідно 142, 177 та 260 кПа, а несуча здатність відповідно 300, 350 та 420 кПа.

Для моделі стовпчастого фундаменту з розмірами підшви 200×200 мм при глибинах закладання 0; 1,0b розрахунковий опір основи складає відповідно 130 та 260 кПа. Для моделі стрічкового фундаменту з розмірами підшви 235×450 мм при глибинах закладання 0; 1,0b розрахунковий опір основи складає відповідно 130 та 230 кПа.

Аналіз одержаних результатів показав, що при збільшенні глибини закладання від 0 до 1,0b відбувається приблизно подвійне зменшення величини осідання, і подвійне збільшення розрахункового опору. Здійснюється і збільшення несучої здатності. Але розрахунковий опір збільшується при заглибленні достатньо суттєво, а несуча здатність незначно.

На рис. 9 наведений зведений графік осідання навантаження для всіх трьох моделей.

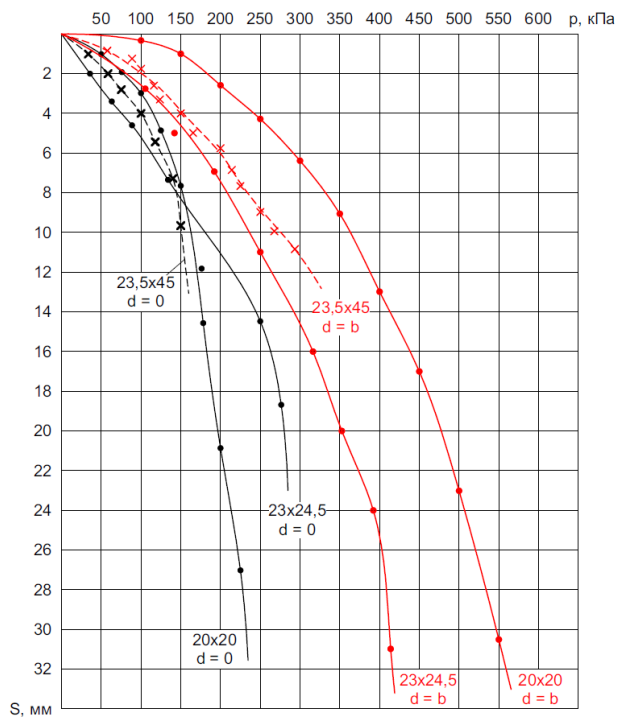


Рисунок 9 - Зведений графік осідання навантаження для всіх трьох моделей

Математичне моделювання роботи системи основа-фундамент-споруда при різній глибині закладання фундаментів

Для моделювання роботи фундаментів з різною глибиною закладання, а також впливу глибини закладання фундаментів на роботу системи споруда-фундамент- основа був використаний програмний комплекс Ліра-САПР .

При моделюванні окремих фундаментів або споруди в цілому використовувалась система ГРУНТ, що дозволяє розглянути напружено-деформований стан (НДС) системи фундамент – основа при спільній роботі її елементів. Система ГРУНТ за даними інженерно-геологічних вишукувань майданчику будівництва виконує побудову трьохвимірної моделі ґрунту. Відповідно до цієї моделі визначаються значення коефіцієнтів жорсткості, що залежать від навантажень на фундаментну плиту, а також обчислюється глибина стисливої товщі і осідання фундаменту.

Метою математичного моделювання роботи системи будівля-фундамент-ґрунтова основа є аналіз зміни напружено-деформованого стану системи при переході від фундаменту, закладеного з урахуванням глибини сезонного промерзання (умовно 1,5 м), до малозаглибленого фундаменту з глибиною закладання 0,5 м, що забезпечує розміщення у ґрунті плитної частини фундаменту.

Дослідження проводилось на прикладі каркасної 3-поверхової будівлі з монолітного залізобетону. Колони розміщуються з кроком 6x6 м. Переріз колон 0,3x0,3 м. Переkritтя монолітні товщиною 200 мм.

Розміщення стовпчастих фундаментів під колони при моделюванні показано на рис. 10.

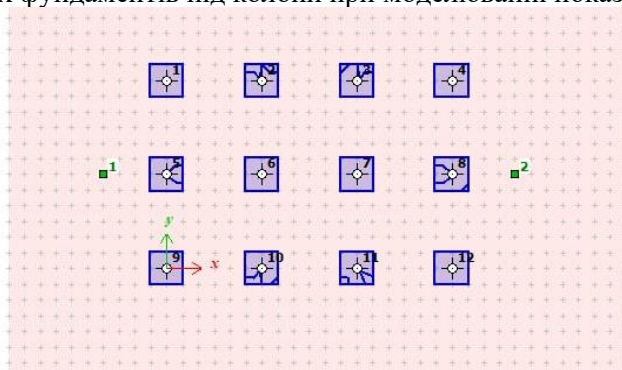


Рисунок 10 – Розміщення стовпчастих фундаментів під колони при моделюванні

Для аналізу обрані два види ґрунту:

1. Пісок дрібний середньої щільності з характеристиками: $\gamma = 18,9 \text{ кН/м}^3$, $w=0,2$; $S_r = 0,78$; $e = 0,68$, $c = 1 \text{ кПа}$, $\varphi = 30^\circ$, $E = 20 \text{ МПа}$.

2. Суглинок м'якопластичний з характеристиками: $\gamma = 17,5 \text{ кН/м}^3$, $w=0,17$; $S_r = 0,58$; $I_L = 0,56$; $e = 0,78$, $c = 20 \text{ кПа}$, $\varphi = 19^\circ$, $E = 14 \text{ МПа}$.

Обидва види ґрунтів відносяться до середнього діапазону характеристик [2, табл. В.1 – В.3].

Ґрунтова основа приймалась однорідною на значну глибину.

При моделюванні ґрунтового середовища розміри масиву приймались 10 м у глибину та 40x40 м у плані (рис. 11).

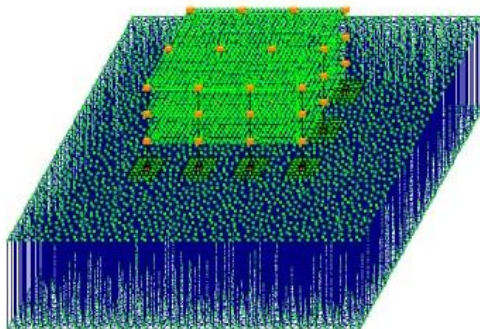


Рисунок 11 – Модель ґрунтового масиву

Попередньо були визначені для кожного з варіантів ґрунтової основи потрібні розміри підшови фундаментів за методиками норм [2] при глибині закладання 1,5 м та 0,5 м.

Міцність ґрунтової основи забезпечена при будь-якій глибині закладання з запасом.

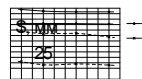
Для одержаних розмірів підшови для кожного з видів основи був виконаний розрахунок осідання в залежності від прикладеного тиску і глибини закладання. Для розрахунку осідання використовувався метод пошарового підсумовування [2]. Додатково відслідковувалась і зміна величини осідання при глибинах закладання 3,0 та 4,5 м. Результати розрахунків наведені у таблицях 3, 4 та на рис. 12.

Таблиця 3 – Залежність осідання фундаменту від глибини закладання і розмірів підшови (тиску під підшовою) для піщаного ґрунту ($E=20 \text{ МПа}$)

| Глибина закладання, d, м | Тиск від власної ваги ґрунту в рівні підшови фундаменту, $\sigma_{zg,0}$, кПа | Ширина підшови квадратного фундаменту, b, м | Тиск під підшовою фундаменту, σ_{zp} , кПа | Додатковий тиск в рівні підшови фундаменту, $\sigma_{zp} - \sigma_{zg,0}$, кПа | Глибина стисливої товщі, H_c , м | Осідання фундаменту, s, м |
|--------------------------|--|---|---|---|------------------------------------|---------------------------|
| 0,5 | 9,45 | 2,7 | 177,1 | 167,7 | 5,5 | 0,01620 |
| | | 2,1 | 284,6 | 275,2 | 5,5 | 0,02180 |
| 1,5 | 28,35 | 2,7 | 194,6 | 166,3 | 5,0 | 0,01569 |
| | | 2,1 | 302,1 | 273,8 | 5,0 | 0,02129 |
| 3,0 | 56,70 | 2,7 | 224,6 | 167,9 | 5,0 | 0,01584 |
| | | 2,1 | 332,1 | 275,4 | 5,0 | 0,02142 |
| 4,5 | 85,1 | 2,7 | 250,1 | 165,1 | 5,0 | 0,01557 |
| | | 2,1 | 357,6 | 272,6 | 4,5 | 0,02072 |

Таблиця 4 – Залежність осідання фундаменту від глибини закладання і розмірів підшови (тиску під підшовою) для глинистого ґрунту ($E=14 \text{ МПа}$)

| Глибина закладання, d, м | Тиск від власної ваги ґрунту в рівні підшови фундаменту, $\sigma_{zg,0}$, кПа | Ширина підшови квадратного фундаменту, b, м | Тиск під підшовою фундаменту, σ_{zp} , кПа | Додатковий тиск в рівні підшови фундаменту, $\sigma_{zp} - \sigma_{zg,0}$, кПа | Глибина стисливої товщі, H_c , м | Осідання фундаменту, s, м |
|--------------------------|--|---|---|---|------------------------------------|---------------------------|
| 0,5 | 8,75 | 2,7 | 177,1 | 168,3 | 5,5 | 0,02324 |
| | | 2,5 | 204,5 | 195,8 | 5,5 | 0,02574 |
| 1,5 | 26,30 | 2,7 | 194,6 | 168,3 | 5,5 | 0,02324 |
| | | 2,5 | 222,0 | 195,7 | 5,5 | 0,02546 |
| 3,0 | 52,50 | 2,7 | 224,6 | 172,1 | 5,0 | 0,02320 |
| | | 2,5 | 252,0 | 199,5 | 5,0 | 0,02529 |
| 4,5 | 78,75 | 2,7 | 250,1 | 171,35 | 5,0 | 0,02310 |
| | | 2,5 | 277,5 | 198,75 | 5,0 | 0,02529 |



20

15

b = 2,5

b = 2,7

b = 2,1

b = 2,7

суглинок
E = 14 МПа

пісок дрібний
E = 20 МПа

0,5 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 d, м

Рисунок 12 – Залежність осідання фундаменту від глибини закладання і розмірів підшови

Як бачимо з таблиць 3, 4 та рисунка 12 збільшення глибини закладання дуже мало впливає на величину осідання. Це пояснюється тим, що при незмінних розмірах підшови заглиблення призводить до зростання тиску під підшовою за рахунок власної ваги фундаменту з ґрунтом на його уступах, але додатковий тиск під підшовою, який спричинює деформації, практично не змінюється. Дуже незначно змінюється і глибина стисливої товщі.

Головним чинником, який впливає на величину осідання основи, є зміна розмірів підшови, що призводить до зменшення додаткового тиску при збільшенні розмірів.

Отже, збільшення розмірів підшови при закладанні фундаментів на мінімальну глибину призводить до зменшення величини осідань.

Для відслідковування впливу зменшення глибини закладання на перерозподіл зусиль у елементах каркасу будівлі було проведено математичне моделювання роботи каркасної будівлі на піддатливій основі за планом, наведеним у таблиці 5.

Таблиця 5 – План проведення математичного моделювання роботи каркасної будівлі на піддатливій основі при різній глибині закладання фундаментів

| Вид ґрунтової основи | Розміри підшови фундаментів, bхl, м | Глибина закладання фундаментів, d, м |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Пісок дрібний, E=20МПа | 2,1х2,1 | 0,5 |
| | | 1,5 |
| | | 3,5 |
| | 2,7х2,7 | 0,5 |
| | | 1,5 |
| | | 3,5 |
| Суглинок м'якопластичний, E=14 МПа | 2,5х2,5 | 0,5 |
| | | 1,5 |
| | | 3,5 |
| | 2,7х2,7 | 0,5 |
| | | 1,5 |
| | | 3,5 |

Математичне моделювання роботи каркасної будівлі на піддатливій основі при різній глибині закладання фундаментів в програмному комплексі Ліра САПР дозволяє одержати розподіл зусиль в елементах каркасу, тиск під підшовою фундаментів (кольорові діаграми R_z), осідання під підшвами фундаментів (кольорові діаграми переміщень по осі Z).

На рис. 13 для прикладу наведена схема просторової моделі каркасної будівлі на піддатливій основі, на рис. 14 – деформована схема каркасу будівлі, на рис. 15 – епюри зусиль у колонах першого поверху, на рис. 16, 17 – епюри напружень у ґрунті при різній глибині закладання фундаментів.

У таблиці 6 наведені результати визначення перерозподілу зусиль в колонах першого поверху.

На рис. 18, 19 наведені порівняльні кольорові діаграми переміщень (осідань) фундаментів на піщаному та глинистому ґрунтах при зміні глибини закладання з 1,5 м до 0,5 м.

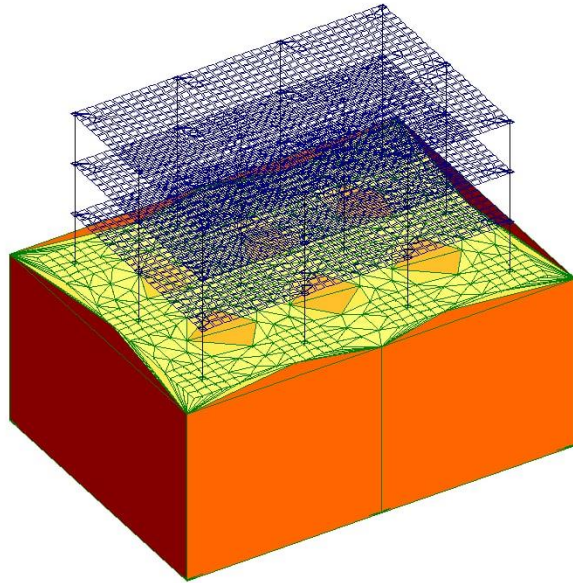


Рисунок 13 – Схема просторової моделі каркасної будівлі на піддатливій основі

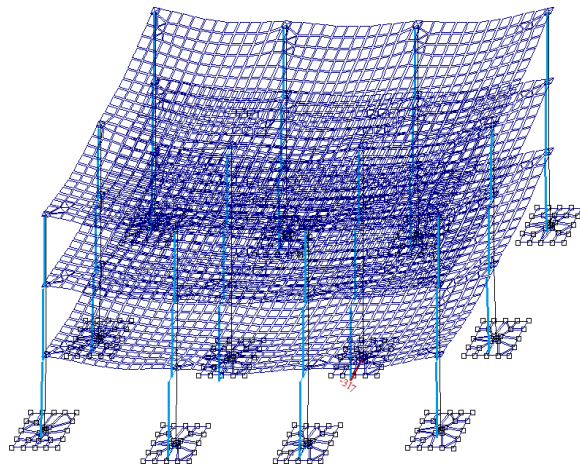
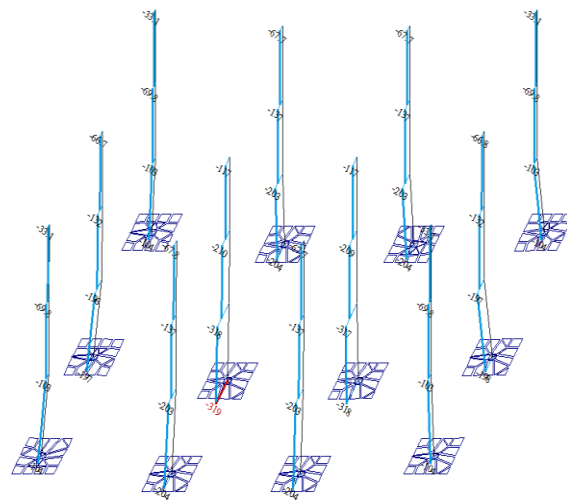


Рисунок 14 – Деформована схема каркасу будівлі

PCN\ДІМ В.1.2-2\2006_1)
 Основа N
 Елементи перерізка - r



Zy
 X

Мінімальне значення -318.901

Рисунок 15 – Епюри зусиль у колонах першого поверху

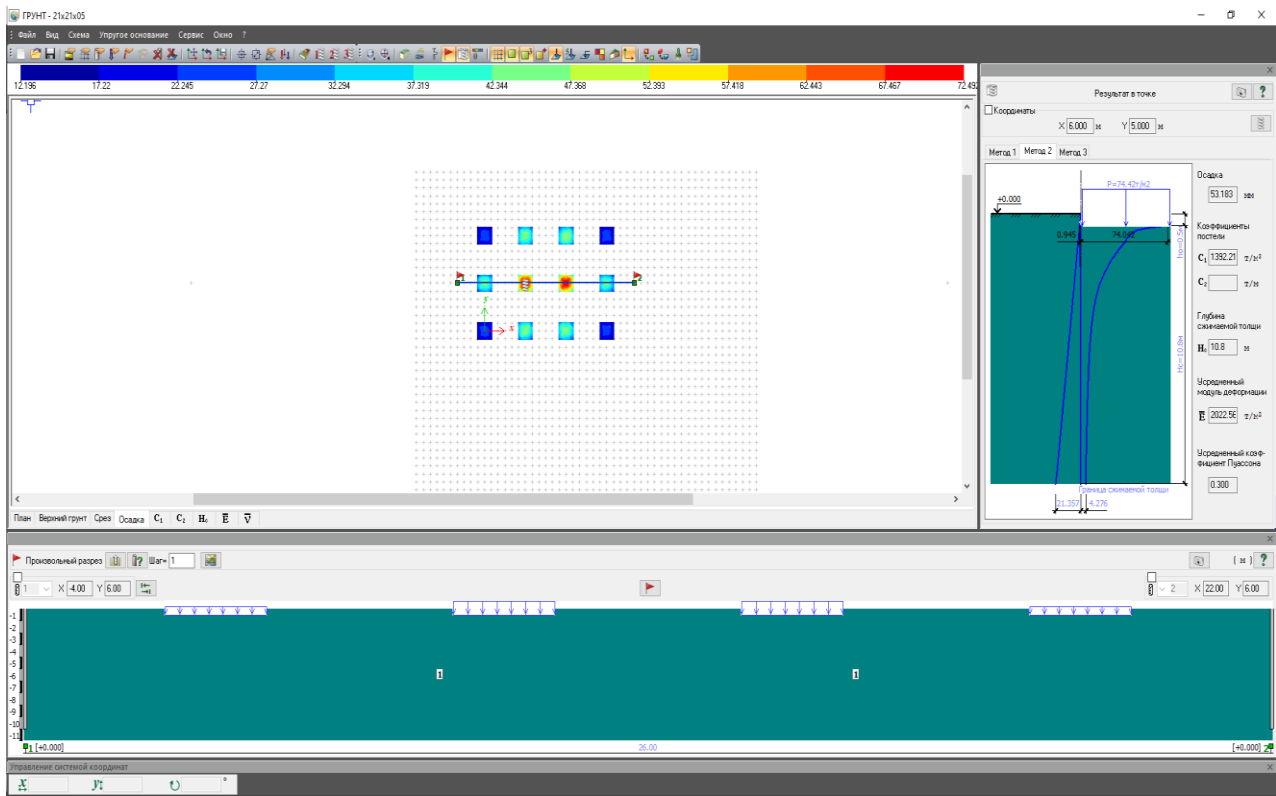


Рисунок 16 - Епюри напружень у піщаному ґрунті при глибині закладання фундаментів 0,5 м

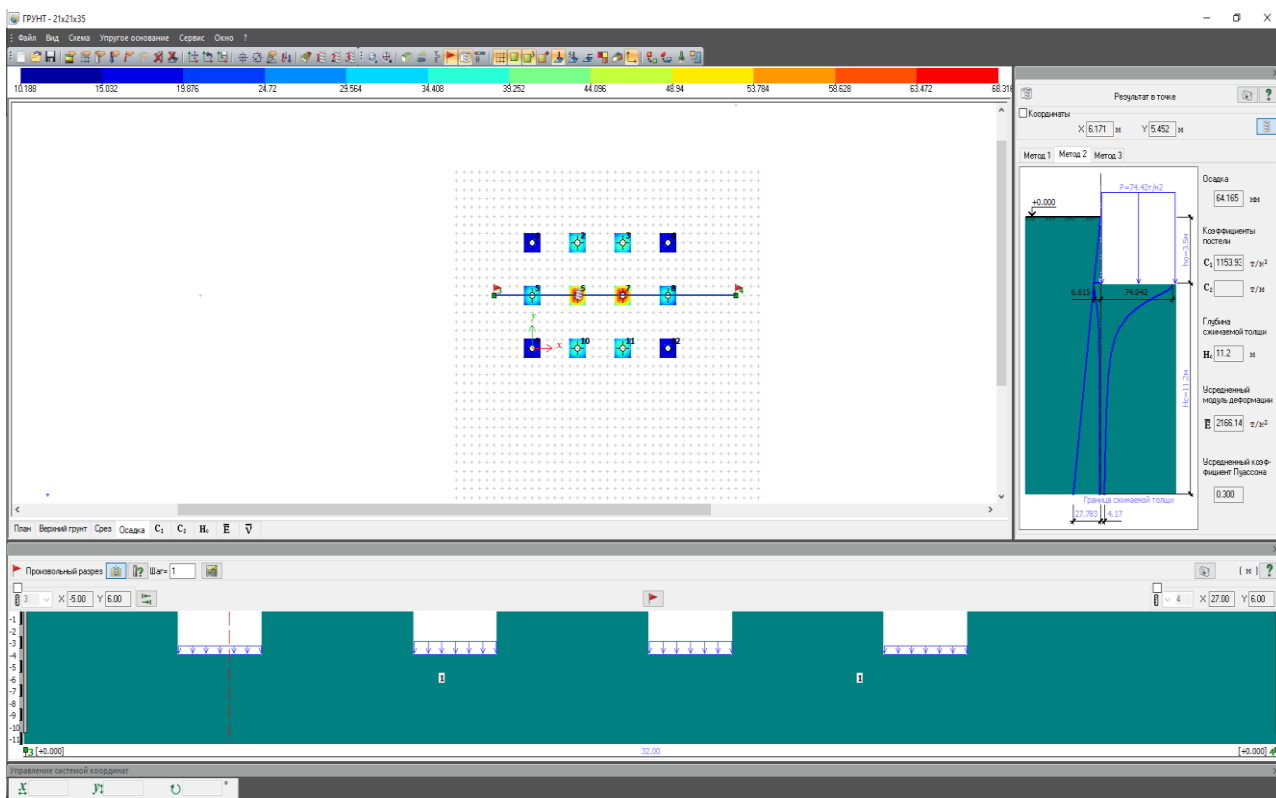


Рисунок 17 - Епюри напружень у піщаному ґрунті при глибині закладання фундаментів 3,5 м

З результатів розрахунків і рис. 18, 19 видно, що величина осідання зменшується при збільшенні розмірів підшови і практично не змінюється при заглибленні фундаментів сталих розмірів. Внаслідок перерозподілу зусиль у колонах за рахунок жорсткості каркасу середні колони дають значно більше осідання, ніж кутові і крайові.

Таблиця 6 – Перерозподіл зусиль в колонах першого поверху при зміні розмірів підшви фундаментів і глибини закладання

| Вид ґрунтової основи | Розміри підшви фундаментів, $b \times l$, м | Глибина закладання фундаментів, d , м | Зусилля в середніх колонах, кН | Зусилля в кутових колонах, кН | Зусилля в крайових колонах, кН |
|--|--|---|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Пісок дрібний, $E=20\text{МПа}$ | 2,1x2,1 | 0,5 | 3190 | 1030 | 2040 |
| | | 1,5 | 3170 | 1040 | 2040 |
| | | 3,5 | 3160 | 1040 | 2040 |
| | 2,7x2,7 | 0,5 | 3410 | 970 | 1980 |
| | | 1,5 | 3250 | 1010 | 2030 |
| | | 3,5 | 3410 | 972 | 1990 |
| Суглинок м'якопластичний, $E=14\text{МПа}$ | 2,5x2,5 | 0,5 | 2930 | 1160 | 2060 |
| | | 1,5 | 2930 | 1160 | 2060 |
| | | 3,5 | 3130 | 1070 | 2050 |
| | 2,7x2,7 | 0,5 | 3250 | 1020 | 2030 |
| | | 1,5 | 3250 | 1020 | 2030 |
| | | 3,5 | 3250 | 1020 | 2030 |

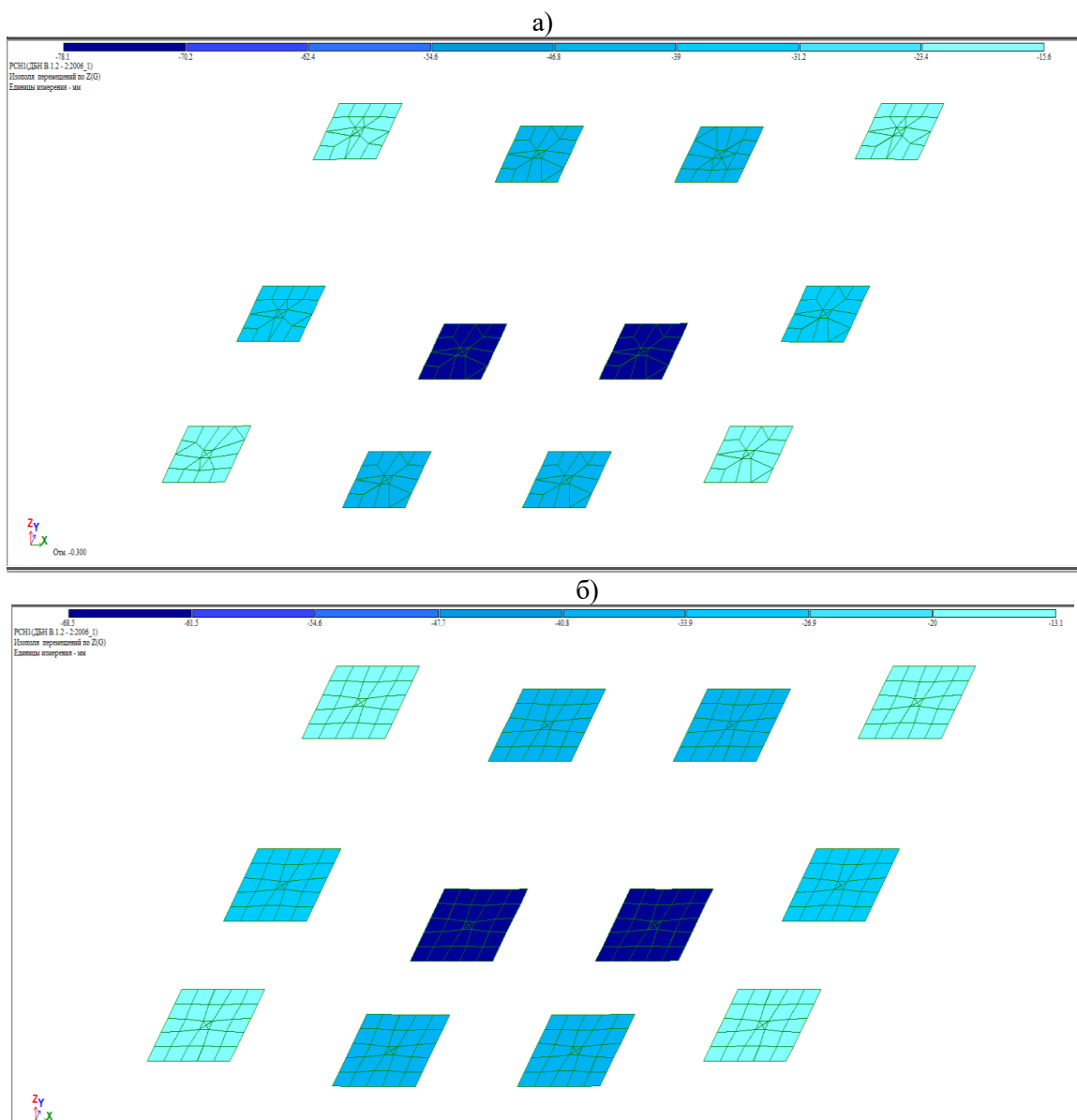


Рисунок 18 – Порівняльні кольорові діаграми переміщень (осідань) фундаментів на піщаному ґрунті при зміні глибини закладання з 1,5 м до 0,5 м: а) розміри підшви 2,1x2,1 м, глибина закладання 1,5 м; б) розміри підшви 2,7x2,7 м, глибина закладання 0,5 м

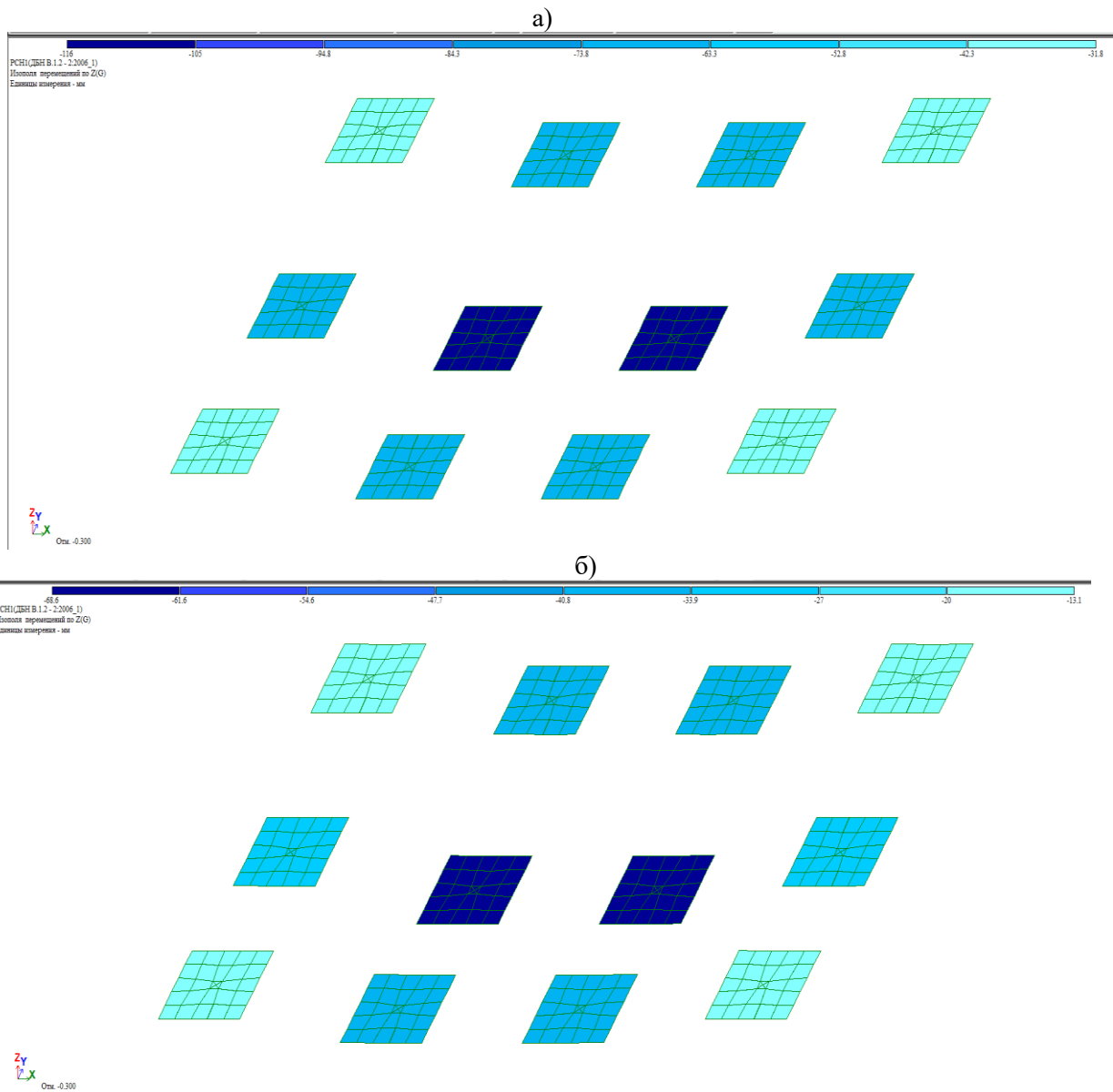


Рисунок 19 – Порівняльні кольорові діаграми переміщень (осідань) фундаментів на глинистому ґрунті при зміні глибини закладання з 1,5 м до 0,5 м: а) розміри підшви 2,5×2,5 м, глибина закладання 1.5 м; б) розміри підшви 2,7×2.7 м, глибина закладання 0,5 м

Ступінь перерозподілу зусиль між колонами першого поверху, що передають навантаження на фундаменти, залежить від піддатливості основи, а не від глибини закладання фундаментів. Оскільки при призначенні більших розмірів підшви при меншій глибині закладання зменшується осідання основи, тобто збільшується її жорсткість, то це призводить до меншої розподільчої здатності каркасу (більша концентрація зусиль у середніх колонах). Цей висновок підтверджується тим, що до такого ж ефекту призводить збільшення модуля деформації ґрунтової основи.

Висновки

За результатами фізичного моделювання

1. Збільшення глибини закладання з 0 до 1,0b призводить до покращення роботи фундаменту мілкового закладання. Зокрема зменшення осідання на величину до 100%, подвійного зростання розрахункового опору ґрунту основи та граничного тиску на ґрунт.

2. При зменшенні глибини закладання при сталих навантаженнях потрібно збільшувати розміри підшви фундаменту, що призводить до зменшення тиску під підшовою і, як наслідок, зменшення осідання. З точки зору витрат на фундаменти, збільшення розмірів підшви може бути компенсоване зменшенням висоти підколоники і значним зменшенням обсягів земляних робіт.

За результатами математичного моделювання

1. Величина осідання зменшується при збільшенні розмірів підшви і практично не змінюється при заглибленні фундаментів сталих розмірів. Внаслідок перерозподілу зусиль у колонах за рахунок жорсткості каркасу середні колони дають значно більше осідання, ніж кутові і крайові;

2. Ступінь перерозподілу зусиль між колонами першого поверху, що передають навантаження на фундаменти, залежить від піддатливості основи, а не від глибини закладання фундаментів. Оскільки при призначенні більших розмірів підшви при меншій глибині закладання зменшується осідання основи, тобто збільшується її жорсткість, то це призводить до меншої розподільчої здатності каркасу (більша концентрація зусиль у середніх колонах);

3. Оскільки збільшення модуля деформації ґрунтової основи призводить до збільшення її жорсткості, то це призводить до меншої розподільчої здатності каркасу.

4. Перехід від стандартної до малої глибини закладання фундаменту для малоповерхової забудови не призводить до значної зміни напружено-деформованого стану системи основа-фундамент-споруда і знаходиться у тому ж діапазоні, що пов'язаний із зміною середнього модуля деформації основи. Отже, перехід до використання малозаглиблених фундаментів не чинить небезпеки втрати стійкості основи, або виникнення значних додаткових напружень у надфундаментних конструкціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.1-10-2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 161 с.
2. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування зі зміною №1 та №2. [Чинний від 2012-07-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 161 с. (Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення).
3. Сажин В. С. Не зарывайте фундаменты вглубь. Москва : ООО «АКАпринт», 2003. 49 с.
4. СТО 36554501-012-2008 Применение теплоизоляции из плит пенополистирольных вспененных экструзионных Пеноплэкс при проектировании и устройстве малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах. [Введены 09.00.08]. Москва : ФГУП НИЦ «Строительство», 2008. 18 с.
5. Посібник з проектування малоповерхових будівель з автоклавного газобетону з альбомом технічних рішень. 3-е видання. Київ : УКРНДПЦИВІЛЬБУД, 2017. 208 с.

Фурман Андрій Сергійович — студент групи Б-20м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: anifury19@gmail.com

Науковий керівник: **Масєвська Ірина Вікторівна** — доцент кафедри "Будівництва, міського господарства та архітектури". Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com

Furman Andrey Sergeevich – student of the group B-20m, faculty of heat and power engineering and gas supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: anifury19@gmail.com

Supervisor: **Maievskaya Irina Victorivna** – associate professor of the Department of "Building, Urban and Architecture". Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com