

УДК 624.131.54

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.040719.51.463

ЗМІНА ВЛАСТИВОСТЕЙ ОСНОВ ЗА ДОВГОТРИВАЛОГО НАВАНТАЖЕННЯ

КІРІЧЕК Ю. О.¹, *д. т. н., проф.*,

КОНИК В. С.^{2*}, *асист.*

¹ Кафедра автомобільних доріг, геодезії та землеустрою, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 746-38-88, e-mail: yakirichkek@gmail.com

^{2*} Кафедра автомобільних доріг, геодезії та землеустрою, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 746-38-88, e-mail: konikviktoriya7@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7717-5210

Анотація. Постановка проблеми. Прийняття економічних та безпечних рішень для проектування фундаментів під час реконструкції будівель із збільшенням навантажень – актуальна проблема будівництва. При цьому виникає потреба враховувати зміни фізико-механічних характеристик ґрунтів, які відбулися в основі під час довготривалого навантаження. За результатами виконаних експериментальних досліджень проаналізовані зміни фізико-механічних характеристик ґрунтів під фундаментом за час експлуатації будівель. **Мета досліджень** – аналіз і вивчення змін експериментально визначених фізико-механічних характеристик ущільненого ґрунту за дії додаткового навантаження і в природному стані за результатами інженерно-геологічних випробувань у м. Дніпро. Визначення впливу характеристик ґрунту на осідання фундаменту. Збирання та аналіз натурних даних щодо зміни характеристик ґрунтів у основах будівель та споруд із різними термінами експлуатації. Отримання залежності зміни характеристик міцності та деформаційних характеристик ґрунтів основ. Визначення осідань на основу будівель, які реконструюються, за даними числового моделювання. **Результати.** Зроблено висновки та пропозиції щодо прогнозування змін характеристик ґрунтової основи з метою їх використання для визначення допустимих тисків і осідань фундаментів за додаткових навантажень під час реконструкції. Виконані інженерно-геологічні вишукування дозволили визначити фізичні, деформаційні та характеристики міцності ґрунтів у природних умовах і ущільнених тривало діючим навантаженням. Визначено зміну модуля деформації, кута внутрішнього тертя, питомого зчеплення, щільності і вологості залежно від навантаження на основи.

Ключові слова: модуль деформації; кут внутрішнього тертя; питоме зчеплення; щільність ґрунту

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ОСНОВАНИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ НАГРУЖЕНИИ

КИРИЧЕК Ю. А.¹, *д. т. н., проф.*,

КОНИК В. С.^{2*}, *асист.*

¹ Кафедра автомобильных дорог, геодезии и землеустройства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (0562) 746-38-88, e-mail: yakirichkek@gmail.com

^{2*} Кафедра автомобильных дорог, геодезии и землеустройства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (0562) 746-38-88, e-mail: konikviktoriya7@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7717-5210

Аннотация. Постановка проблемы. Принятие экономических и безопасных решений при проектировании фундаментов во время реконструкции зданий с увеличением нагрузок является актуальной проблемой строительства. При этом необходимо учитывать изменения физико-механических характеристик, которые произошли в основаниях при длительной нагрузке. По данным проведенных исследований проанализированы изменения физико-механических характеристик оснований при эксплуатации зданий. **Цель исследований:** анализ изменений экспериментально определенных физико-механических характеристик уплотненного грунта под действием дополнительной нагрузки и в естественном состоянии по результатам инженерно-геологических испытаний в г. Днипро. Определение влияния характеристик грунта на осадку фундамента. **Результаты.** Полученные результаты натурных исследований подтверждают вывод о том, что улучшение прочностных и деформационных характеристик грунтов под действием длительных больших нагрузок следует учитывать при проектировании реконструируемых зданий. Для этого необходимо учитывать также интенсивность и неравномерность осадок зданий во время эксплуатации.

Ключевые слова: модуль деформации; угол внутреннего трения; удельное сцепление; плотность грунта

CHANGE OF PROPERTIES OF THE BASES ON LONG-TERM LOADING

KIRICHECK Yu.O.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KONYK V.S.^{2*}, *Assist.*

¹ Department of highways, land management and geodesy, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskoho St., Dnipro, 49600, Ukraine, phone: +38 (0562) 746-38-88

^{2*} Department of highways, geodesy and land management, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, phone: +38 (0562) 746-38-88, e-mail: konikviktorya7@gmail.com, ORCID 0000-0001-7717-5210

Abstract. Problem statement. Currently there is an issue of increasing load on the foundation in the reconstruction. It is necessary to take into account the changes in the physical and mechanical properties that occurred in the bases during the long loading. The changes in the properties of the soil under buildings were analyzed. Analysis and research of changes in experimentally determined physicomaterial characteristics of compacted soil under the effect of additional load and in the natural state according to the results of engineering geological experiment in the city of Dnipro. Determination of influence of soil characteristics on foundation settling. The results of field studies prove the conclusion that improvement of the strength and deformation characteristics of soils under influence of action of long-term heavy loads should be considered when designing reconstructed buildings. It is necessary to take into account the intensity and irregularity of buildings settling during exploitation. **The purpose** of the research is to analyze and study the changes of experimentally determined physical and mechanical characteristics of compacted soil under the action of additional load and in the natural state by results of engineering-geological tests in the city of Dnipro. The determination of influence of soil characteristics on foundation setting. Collection and analysis of field data on changes in soil characteristics in the bases of buildings and structures with different periods of operation. Obtaining dependence of the change in the strength characteristics and deformation characteristics of the soil bases. Determination of setting on the basis of buildings, which are reconstructed according to numerical modelling. **Results.** To draw conclusions and suggestions on forecasting changes in the characteristics of the soil basis for their use in determining the permissible pressures and setting of foundations at additional loads during reconstruction. Performed engineering geological surveys allowed to determine the physical, deformation and characteristics of soil strength in natural conditions and compacted by a long-acting load. Modified deformation module, internal friction angle, specific gravity, density and humidity, depending on the load on the base were determined.

Keywords: *deformation module; internal friction angle; specific gravity; soil density*

Вступ. Наразі велика увага приділяється реконструкції будівель зі збільшенням навантажень на фундаменти. Виникає необхідність урахувати зміни властивостей основ у процесі експлуатації будівель. Під час капітального ремонту або реконструкції будівлі необхідно враховувати всі параметри і конструктивні особливості будівлі, розміри і конструктивні особливості фундаменту, рівень підземних вод, характеристики ґрунтів несного і підстильних шарів. Тому тема оцінювання (прогнозування) змін міцності і деформаційних характеристик ґрунтів в основі довготривало експлуатованих будівель і споруд бачиться актуальною.

Завдяки методам прогнозування можна зменшити обсяг дорогих повторних інженерно-геологічних вишукувань і виконати реконструкцію, в тому числі збільшення поверховості будинків і споруд, без значної реконструкції існуючих

фундаментів, що дає значний економічний ефект. В даній статті проаналізовано результати натурних досліджень, проведених спільно з державним підприємством «ДніпроГІНТІЗ» в м. Дніпро.

Аналіз останніх публікацій. В основах будівель, які експлуатуються тривалий час, відбуваються зміни фізико-механічних характеристик ґрунтів, викликані ущільненням за дії тиску від фундаменту, в результаті зміни рівня ґрунтових вод, а також унаслідок впливу інших факторів [1]. Зміни, що відбуваються, відбираються на здатності основ до сприйняття додаткових навантажень, що слід враховувати під час реконструкції будівель і споруд [2–4].

Питанням зміни властивостей ґрунтів у процесі експлуатації будівель присвячено праці П. А. Коновалова, Е. А. Сорочана, А. І. Поліщука, Ю. І. Дворкіна, С. Н. Сотникова, О. В. Суходубова,

О. В. Гранько, В. М. Улицького та інших учених. У них розглядаються результати дослідження міцності і деформаційних характеристик різних видів ґрунтів, які містяться в межах стиснутої товщі реконструйованих будівель [5].

Незважаючи на досить великий інтерес до проблеми, питання про врахування зміни фізико-механічних властивостей основ за дії тривалого навантаження на ґрунт вивчене недостатньо.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Нині існує обмежене число публікацій, в яких би питання проектування фундаментів реконструйованих будівель розглядалися комплексно з урахуванням особливостей зміни фізико-механічних характеристик ґрунтів та фактичного напружено-деформованого стану ґрунтів основи. Найбільше праць присвячено удосконаленню методів інженерно-геологічних вишукувань і досліджень фізико-механічних властивостей ґрунтів для умов реконструкції і відновлення будівель.

Для виконання інженерно-геологічних вишукувань на майданчиках реконструйованих будівель перспективними визнаються прискорені методи (експрес-методи) дослідження ґрунтів зондуванням, пресіометричні, а також радіоізотопні, геофізичні та ін. Методи, які дозволяють оперативно, з мінімальними витратами оцінювати зміни властивостей ґрунтів і визначати необхідні параметри. Але часто виконання геологічних вишукувань неможливе, а прогноз зміни властивостей певних основ для певного регіону з комплексним науковим підходом досить перспективний.

Мета досліджень – аналіз і вивчення змін експериментально визначених фізико-механічних характеристик ущільненого ґрунту за дії додаткового навантаження і в природному стані за результатами інженерно-геологічних випробувань в м. Дніпро; визначення впливу характеристик ґрунту на осадку фундаменту.

Для цієї мети виконано такі завдання:

1. Збирання та аналіз натурних даних щодо зміни характеристик ґрунтів в основах будівель та споруд із різними термінами експлуатації. Отримання залежності зміни характеристик міцності та деформаційних характеристик ґрунтів основ.

2. Визначення осідань на основу будівель, які реконструюються, за даними числового моделювання.

3. Зроблено висновки та пропозиції щодо прогнозування змін характеристик ґрунтової основи з метою їх використання для визначення допустимих тисків і осідань фундаментів за додаткових навантажень під час реконструкції.

Основний матеріал та результати. Проведено аналіз натурних даних, виконаних фахівцями ДніпроГІНТІЗ і аспірантами кафедри землеустрою, будівництва автодоріг і геодезії ПДАБА (м. Дніпро). Дослідження проведене із зразками ґрунтів, відібраних під фундаментами будівель різної поверховості та різного року побудови. Зразки ґрунтів відбиралися як під подошвою фундаментів, так і за її межами в не ущільненій зоні, в результаті чого виконано порівняння експериментально отриманих фізико-механічних характеристик ґрунту в природному стані і після ущільнення тривалими навантаженнями. Об'єкти, на яких проводились інженерно-геологічні дослідження, розташовані в центральній частині м. Дніпро.

Дослідження ґрунтів проведено під фундаментом житлового п'ятиповерхового будинку, що по вул. Вознесенській в м. Дніпро. Будівля прямокутної форми, зведена в 1941 році. Стіни виконані з глиняної цегли на цементному розчині. Під частиною будівлі вздовж вул. Вознесенської є напівпідвальне приміщення. Глибина підвалу близько 3,0 м.

Фундаменти під будівлею стрічкові залізобетонні, матеріал – бут гранітного складу на цементному розчині, глибина закладення фундаментів на 0,95...1,00 м нижче підлоги підвалу. Фундаменти розташовані на лесових ґрунтах. Підземні води залягають на глибині 16,1...18,5 м.

Фізико-механічні характеристики ґрунту отримані в результаті компресійних випробувань методом двох кривих за тиску на зразок ґрунтів до 0,3 МПа [6]. Результати досліджень зразків супіску ПГЕ-2б, відібраних в шурфах з-під фундаменту, показали, що ґрунт там характеризувався вологістю $w = 0,18$, близькою до природної. Під навантаженням п'яти поверхової будівлі ґрунт ущільнився і зберіг просадкові властивості [7].

Модуль загальної деформації ущільненого ґрунту в інтервалі навантажень $P = 0,1...0,2$ МПа за вологості $w = 0,18$ дорівнює $E = 16,0$ МПа (поза зоною $E = 9,0$ МПа), за повного водонасичення – $E = 9,0$ МПа (поза зоною ущільнення $E = 3,5$ МПа). Супіски шару ПГЕ-2б слабопросадкові з початковим просадковим тиском 230 кПа (для порівняння ця величина для супісків ПГЕ-2 поза зоною замочування складає 50 кПа – сильнопросадкові).

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики супіску лессового / Physical and mechanical characteristics of loess sandy loam

Показники	В умовах природного залягання	Під фундаментом будівлі
Супісок лессовий		
E (МПа)	9,00	16,0
$E_{\text{вод}}$ (МПа)	3,50	9,50
Φ (°)	25,00	25,00
c (кПа)	7,00	7,00
ρ (г/см ³)	1,56...1,60	1,78...1,80

Отримані дані свідчать, що модуль загальної деформації за вологості $w = 0,18$, збільшився на 77 %. А за повного водонасичення збільшився в 2,7 рази. Значення кута внутрішнього тертя і питомого зчеплення в умовах природного залягання і під фундаментом будівлі не відрізняються. Щільність ґрунту в ущільненій зоні збільшилася на 12,5 %.

Подібні дослідження проведені на майданчику реконструкції будівлі обласного центру зайнятості по вул. Ю. Савченка в

м. Дніпро. Ця споруда двоповерхова, в плані має конфігурацію, близьку до П-подібної і складається з декількох прибудованих будівель різних років споруди – від 1960 до 1999-го.

В основі фундаментів досліджуваної будівлі залягає супісок лессовий ПГЕ-2. Їх фізико-механічні властивості вивчалися в умовах природного залягання по моноліту, вручну відібраними з дудки на відстані 3,0 м від будівлі, і по моноліту, відібраним у шурфах із-під фундаментів [6].

Таблиця 2

Фізико-механічні характеристики супіску лессового / Physical and mechanical characteristics of loess sandy loam

Показники	В умовах природного залягання	Під фундаментом будівлі
Супісок лессовий		
E (МПа)	7,00	8,00
$E_{\text{вод}}$ (МПа)	3,50	4,00
Φ (°)	27,00	27,00
c (кПа)	8,00	8,00
P (г/см ³)	1,61...1,69	1,66...1,74
w	0,16...0,19	0,14...0,18

В даному випадку модуль загальної деформації під фундаментом більший на 14 %, як і за повного водонасичення. Значення кута внутрішнього тертя і питомого зчеплення в умовах природного залягання і під фундаментом будівлі залишилися незмінними. Щільність ґрунту в ущільненій зоні збільшилася на 2,9 %. Вологість зменшилася на 10,5 %.

На іншому майданчику інженерно-геологічні вишукування проведені під фундаментами житлових будинків за адресою м.Дніпро, вул. Михайла Грушевського, 15, і вул. Святослава Хороброго, 15, 19. Досліджуваний чотириповерховий житловий будинок Г-подібної форми орієнтовно 1930 року побудови. Стіни будівлі складені з глиняної цегли на цементному розчині. Під частиною будівлі (вздовж вул. Святослава Хороброго) є напівпідвальне приміщення, Глибина підвалу близько 3,0 м. Перекриття між

поверхами дерев'яні, а над цоколем – бетонне.

Фундаменти під несними стінами дво- і чотириповерхової будівлі і простінками стрічкові бетонні, глибина закладення 3,75 м від денної поверхні, шириною 0,65 м, прямокутної форми. Фундаменти зведені на лесових ґрунтах. Ознак деформації фундаментів немає.

На майданчику підземні води залягали на глибині 17,7...21,0 м. Слід зазначити, що природний режим ґрунтових вод порушений через аварійні і постійні витіки з водогінних комунікацій, внаслідок чого утворилося куполоподібне підняття рівня підземних вод у центральній частині досліджуваного майданчика.

Нижче наведено опис фізико-механічних властивостей ґрунтів, розташованих під підшовою фундаментів досліджуваної будівлі і в умовах природного залягання.

Таблиця 3

Фізико-механічні характеристики супіску лесового / Physical and mechanical characteristics of loess sandy loam

Показники	В умовах природного залягання	В замоченій зоні	Під фундаментами будівлі в замоченій зоні	Під фундаментами будівлі за межами замоченої зони
Суглинки лесові				
W	0,09... 0,16	0,18... 0,24	0,19...0,20	0,14
ρ (г/см ³)	1,49... 1,72	1,68... 1,75	1,72...1,74	1,73...1,74
E (МПа)	8,50	4,50	11,00	22,00
$E_{вод}$ (МПа)	3,00	3,00	4,00	10,00
φ (°)	25,00	24,00	26,00	28,00
c (кПа)	22,00	13,00	26,00	39,00

Із порівняння показників фізико-механічних властивостей суглинків ПЕ-3в і суглинків ПЕ-3, що лежать за межами будівель і поза зоною замочування, видно, що ґрунт під будівлями має більш високу щільність 1,74 г/см³ (поза зоною 1,49 г/см³), тобто щільність більше на 16,7 %, а в замоченій зоні щільність ґрунту під

фундаментом становить 1,74 г/см³ (за межами фундаменту 1,68 г/см³), більша на 3,6 %. Деформаційні і характеристики міцності поліпшилися: модуль загальної деформації для інтервалу навантажень 0,1... 0,2 МПа за природної вологості під фундаментом дорівнює 22,0 МПа (поза зоною 8,5 МПа), різниця становить 58,8 %, за повного водонасичення – 10,0 МПа (поза зоною 3,0 МПа), різниця в 3,3 раза. Кут внутрішнього тертя в природному стані 28° (поза зоною 25°), збільшився на 12 %. Питоме зчеплення 39,0 кПа (поза зоною 22,0 кПа). збільшилося на 77 %.

Суглинки ПЕ-3в слабопросадкові, початковий просадковий тиск склав 165 кПа (для порівняння ця величина для суглинків ПЕ-3 поза зоною замочування складає 45 кПа – сильнопросадкові).

Подібні дослідження були проведені на майданчику реконструкції будинку по Старокозацький, 53. Будівля житлова, п'ятиповерхова підлягає реконструкції. Фундаменти під будівлею під несні стіни стрічкові, виконані з глиняної цегли, з різною глибиною залягання: 0,35; 0,45; 0,55; 0,55 м, закладені на природній основі без попередньої підготовки. Стіни виконані з глиняної цегли на цементно-піщаному розчині, перекриття по дерев'яних балках. Під усім будинком розташований підвал глибиною 2,5 м.

Несний шар основ складають лесові супіски ПЕ-2 в природному стані і ПЕ-2а, навантажені будівлею.

Таблиця 4

Фізико-механічні характеристики супіску лесового / Physical and mechanical characteristics of loess sandy loam

Показники	В умовах природного залягання	Під фундаментом будівлі
Супісок лесовий		
E (МПа)	5,80	7,30
φ (°)	23,40	24,20
c (кПа)	2,00	4,00
ρ (г/см ³)	1,54	1,66
W	0,11	0,16

За результатами лабораторних досліджень ґрунтів (супіски ПЕ-2а), що залягають в основі існуючих фундаментів, установлено, що за рахунок навантаження від будівлі в корінних лесових супісках ПЕ-2 змінилися показники фізико-механічних властивостей. Ґрунт під подошвою фундаменту ущільнився. Про це свідчить порівняння фізичних характеристик.

Із результатів визначення деформаційних характеристик можна зробити такий висновок: під час експлуатації будівлі кут внутрішнього тертя збільшився на 3,2 %, питоме зчеплення збільшилося на 73 %, а модуль деформації зріс на 25,9 %. Ці дані свідчать, що в процесі експлуатації будівлі ґрунт ущільнився, його характеристики поліпшилися і можливе збільшення навантажень на будівлю без додаткового посилення фундаментів.

Використовуючи програмний комплекс "Plaxis" (вступну 3D версію) і розрахункові характеристики ґрунтів після їх тривалого обтиснення фундаментами, для моделі пружно-пластичного однорідного середовища виконали розрахунки осідань на різні вертикальні статичні навантаження. Результати наведені на рисунках 1, 2.

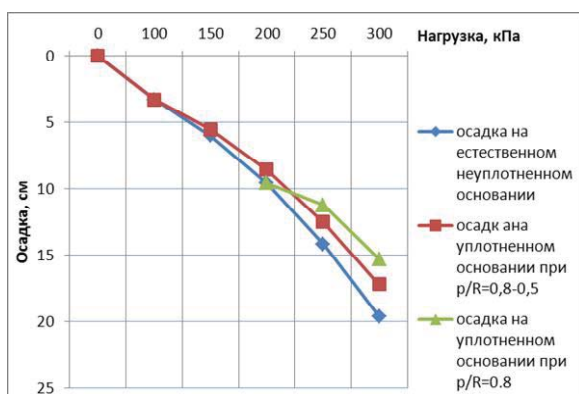


Рис. 1. Графік осідань фундаментів від навантаження на природній основі із супіску та після його довготривалого обтиснення /

Fig. 1. Schedule of sedimentation of foundations from the load on a natural basis from the sandstone and after its long-term compression

Обчислення числовим методом показало зменшення розрахункових осідань після їх тривалого обтиснення порівняно з розрахунками осадок на природній основі

(супісок до 24 % і на суглинках до 25 %), що дає можливість підвищити допустимі тиски на фундаменти.

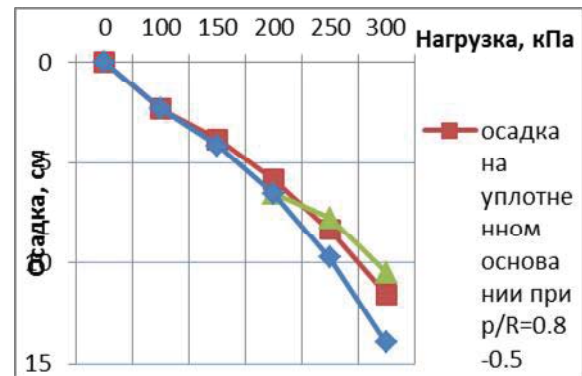


Рис. 2. Графік осідань фундаментів від навантаження на природній основі із суглинку та після його довготривалого обтиснення /

Fig. 2. Schedule of sedimentation of foundations from load on a natural basis from a loam and after its long-term compression

Висновки. Виконані інженерно-геологічні вишукування дозволили визначити фізичні, деформаційні та характеристики міцності ґрунтів у природних умовах і ущільнених тривало діючим навантаженням. Визначено зміну модуля деформації, кута внутрішнього тертя, питомого зчеплення, щільності і вологості залежно від навантаження на основи. Під будівлями малої поверховості (до 2 поверхів) у ґрунтах відбуваються незначні зміни деформаційних характеристик та характеристик міцності. Під п'ятиповерховими будинками відбувається значне збільшення міцності і деформаційних властивостей. Щільність ґрунту збільшується від 12,5 до 16,7 %, модуль деформації від 14 до 77 %, кут внутрішнього тертя збільшився на 12 %, а питоме зчеплення на 77 %.

Отримані результати натурних досліджень підтверджують висновок про те, що поліпшення характеристик міцності і деформаційних характеристик ґрунтів за дії довготривалих великих навантажень слід урахувувати для проектування будівель, що реконструюються. Для цього необхідно враховувати так само інтенсивність і нерівномірність осідань будівель за час експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гранько О. В. Работа системы «основание – фундамент – здание» при надстройке / О. В. Гранько, О. В. Суходуб // Отраслевое машиностроение, строительство. – Вып. 3 (38), т. 2. – Полтава : ПолтНТУ, 2013. – 24–31 с.
2. Коновалов П. А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий : монография / П. А. Коновалов. – Москва : Стройиздат, 1988. – 288 с.
3. Морарескул Н. Н. Реконструкция городов и геотехническое строительство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://georec.narod.ru/>
4. Полищук А. И. Изменение свойств грунтов в основаниях фундаментов длительно эксплуатируемых зданий / А. И. Полищук, В. В. Фурсов, М. В. Балюра. – Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2009. – С. 179–183.
5. Понамарев А. Б. Влияние процесса подтопления на физико-механические свойства грунтов / А. Б. Понамарев, С. В. Калошина, Н. И. Салимгариева // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – № 1. – 2013. – С. 30-36.
6. ДСТУ Б.В.1-3-96 «Грунти. Лабораторні випробування. Основні положення». – Київ : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2002. – 16 с. – Режим доступу : www.acsbud.ua/gost1/dstu/15/ДСТУ%20Б%20В.2.1-8-2001.doc
7. ДСТУ Б.В.2.1-4-96 «Грунти. Методи статистичної обробки результатів визначення характеристик». – Київ : Мінрегіон України, 2009. – 34 с. – Режим доступу : [http://www.niisk.com/images/%D0%9F%D0%97%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92%202.1-10_\(1%D0%80%D0%B5%D0%B4\).pdf](http://www.niisk.com/images/%D0%9F%D0%97%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92%202.1-10_(1%D0%80%D0%B5%D0%B4).pdf)

REFERENCES

1. Granko O.V. and Sukhodub O.V. *Rabota sistemy «osnovanie-fundament-zdanie» pri nadstrojke* [The work of the system “foundation-foundation-building” under the superstructure]. *Otraslevoye mashinostroyeniye, stroitel'stvo* [Industrial Engineering, Construction]. Poltava : PolSTU, 2013, iss. 3 (38), vol. 2, pp. 24-31. (in Russian).
2. Kononov P.A. *Osnovaniya i fundamenti rekonstruiruemyyh zdaniy* [Foundations and foundations of reconstructed buildings]. Moscow : Stroyizdat, 1988, 288 p. (in Russian).
3. Morareskul N.N. *Rekonstrukciya gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Urban reconstruction and geotechnical construction] [Electronic resource]. (in Russian).
4. Polishchuk A.I. Fursov V.V. and Balyura M.V. *Izmeneniye svojstv gruntov v osnovaniyah fundamentov dlitelno ekspluatiruemyh zdaniy* [Changing the properties of soils in the foundations of the foundations of long-running buildings]. Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, pp. 179–183. (in Russian).
5. Ponomarev A.B., Kaloshina S.V. and Salimgarieva N.I. *Vliyanie processa podtopleniya na fiziko-mekhanicheskie svojstva gruntov* [Effect of the underflooding process on the physicommechanical properties of soils]. Academic Bulletin UralSRIproject RAACS, no. 1, 2013, pp. 30–36. (in Russian).
6. DSTU B.V.1-3-96 *Gruntuy. Laboratornyye ispytaniya. Osnovnyye polozheniya* [Soils. Laboratory tests. The main provisions]. Kyiv : State Committee for Construction, Architecture and Housing Policy of Ukraine, 2002, 16 p. (in Ukrainian).
7. DSTU B.V.2.1-4-96 *Gruntuy. Metody statisticheskoy obrabotki rezultatov opredeleniya harakteristik* [Soils. Methods of statistical processing of the results of characterization]. Kyiv : Minregion of Ukraine, 2009, 34 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 04.06.2019 р.