

## **АНАЛИЗ ДАННЫХ ОТНОСИТЕЛЬНО ИЗМЕНЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ**

Киричек Ю.А., Коник В.С.  
Приднепровская государственная академия  
строительства и архитектуры

Ревенко А.А.  
ДнепроГИИНТИЗ  
г. Днепр, Украина

**АНОТАЦІЯ:** Прийняття економічних та безпечних рішень при проектуванні фундаментів під час реконструкції будівель із збільшенням навантажень є актуальною проблемою будівництва. При цьому виникає потреба врахувати зміни фізико-механічних характеристик ґрунтів, які відбулися в основі під час довготривалого навантаження. За результатами виконаних експериментальних досліджень проаналізовано зміни фізико-механічних характеристик ґрунтів під фундаментом за час експлуатації будівель.

**АННОТАЦИЯ:** 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.

**ABSTRACT:** The adoption of the economic and safe solutions for the design of foundations during the reconstruction of buildings with an increase in load is the actual problem of building. It is necessary to take account of changes in the physical and mechanical properties that occurred in the grounds in the long load. Based on the studies were analyzed the changes in the properties of the soil under buildings.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** модуль деформации, угол внутреннего трения, удельное сцепление, плотность грунта.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большое внимание уделяется реконструкции зданий с увеличением нагрузок на фундаменты. Возникает необходимость учитывать изменения свойств оснований в процессе эксплуатации зданий. При капитальном ремонте или реконструкции здания необходимо учитывать все параметры и конструктивные особенности здания, размеры и конструктивные особенности фундамента, уровень подземных вод, характеристик грунтов несущего и подстилающих слоев. В данной статье проанализированы результаты натурных исследований, проведенных государственным предприятием «ДнепроГИИТИЗ» в г. Днепре.

В основаниях длительно эксплуатируемых зданий происходят изменения физико-механических характеристик грунтов, которые вызваны уплотнением под действием давления от фундамента, в результате изменения уровня грунтовых вод, а также вследствие влияния других факторов [1]. Происходящие изменения отражаются на способности оснований к восприятию дополнительных нагрузок, что следует учитывать при реконструкции зданий и сооружений [2 - 4]. Вопросам изменения свойств грунтов в процессе эксплуатации зданий, посвящены работы П.А. Коновалова, Е.А. Сорочана, А.И. Полищука, Ю.И. Дворкина, С.Н. Сотникова, О.В. Суходуба, О.В. Гранько, В.М. Улицкого и других ученых. В этих работах рассматриваются результаты исследования прочностных и деформационных характеристик различных видов грунтов, которые находятся в границах сжимаемой толщи реконструируемых зданий [5]. Несмотря на достаточно большой интерес к проблеме, вопрос об учете изменения физико-механических свойств оснований при действии длительной нагрузки на грунт недостаточно исследован.

**Цель исследования** – анализ экспериментально определенных физико-механических характеристик уплотненного грунта под действием дополнительной нагрузки и в природном состоянии по результатам инженерно-геологических испытаний в г. Днепре.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты, на которых проводились инженерно-геологические исследования находятся в центральной части г. Днепра. Исследование грунтов было проведено под фундаментом жилого пятиэтажного дома расположенного по ул. Вознесенской в г. Днепре. Здание, прямоугольной формы, 1941 г. постройки. Стены здания выполнены из красного кирпича на цементном растворе. Под частью здания вдоль ул. Вознесенской, имеется полуподвальное помещение. Глубина подвала около 3,0 м.

Фундаменты под зданием ленточные железобетонные, материал – бут гранитного состава на цементном растворе, глубина заложения фундаментов на 0,95...1 м ниже пола подвала. Фундаменты расположены на лессовых грунтах. Подземные воды залегают на глубине 16,1...18,5 м.

Физико-механические характеристики грунта получены в результате компрессионных испытаний методом двух кривых при давлении на образец грунтов до 0,3 МПа [6]. Результаты исследований супесей ИГЭ-26, отобранных в шурфе из-под фундамента, показали, что грунт там характеризовался влажностью  $w=0,18$  близкой к естественной. Под нагрузкой 5-ти этажного здания грунт уплотнился и сохранил просадочные свойства [7].

Модуль общей деформации уплотненного грунта в интервале нагрузок  $P=0,1...0,2$  МПа при влажности  $w=0,18$  равен  $E=16,0$  МПа (вне зоны  $E=9,0$  МПа), при полном водонасыщении –  $E=9,0$  МПа (вне зоны уплотнения  $E=3,5$  МПа). Супеси слоя ИГЭ-26 слабopосадочные с начальным просадочным давлением 230 кПа (для сравнения эта величина для супесей ИГЭ-2 вне зоны замачивания составляет 50 кПа - сильнопросадочные).

Таблица 1  
Физико-механические характеристики супеси лессовой

Показатели	В условиях естественного залегания	Под фундаментом здания
Супеси лессовые ИГЭ 2		
$E(\text{МПа})$	9	16
$E_{\text{вод}}(\text{МПа})$	3,5	9,5
$\varphi(^{\circ})$	25	25
$c$ кПа	7	7
$\rho$ г/см <sup>3</sup>	1,56...1,6	1,78...1,8

Полученные данные свидетельствуют, что модуль общей деформации при влажности  $w=0,18$ , увеличился на 77%. А при полном водонасыщении увеличился в 2,7 раза. Значение угла внутреннего трения и удельного сцепления в условиях естественного залегания и под фундаментом здания не отличаются. Плотность грунта в уплотненной зоне увеличилась на 12,5%.

Подобное исследование было проведено на площадке реконструкции здания областного центра занятости по ул. Ю.Савченко в г.Днепре. Здание Днепропетровского областного центра занятости двухэтажное, в плане имеет конфигурацию близкую к П-образной. Здание состоит из

нескольких пристроенных зданий разных годов постройки от 1960 до 1999гг.

В основании фундаментов исследуемого здания залегают супеси лессовые ИГЭ-2. Их физико-механические свойства изучались в условиях естественного залегания по монолитам, вручную отобранном из дудки на расстоянии 3,0 м от здания и по монолитам, отобранном в шурфах из-под фундаментов [6].

Таблица 2  
Физико-механические характеристики лессовой супеси (ИГЭ-2)

Показатели	В условиях естественного залегания	Под фундаментом здания
Супеси лессовые		
E(МПа)	7	8
E <sub>вод</sub> (МПа)	3,5	4
φ(°)	27	27
c кПа	8	8
ρ г/см <sup>3</sup>	1,61...1,69	1,66-1,74
W	0,16-0,19	0,14-0,18

В данном случае модуль общей деформации под фундаментом больше на 14%, как и при полном водонасыщении. Значение угла внутреннего трения и удельного сцепления в условиях естественного залегания и под фундаментом здания остались неизменными. Плотность грунта в уплотненной зоне увеличилась на 2,9 %. Влажность уменьшилась на 10,5%.

На другой площадке инженерно-геологические изыскания проведены под фундаментом жилых домов по адресу г. Днепр, ул. Михаила Грушевского 15, и ул. Святослава Храброго 15,19. Исследуемое четырехэтажное жилое здание Г-образной формы ориентировочно 1930 г. постройки. Стены здания сложены из красного кирпича на цементном растворе. Под частью здания (вдоль ул. Святослава Храброго), имеется полуподвальное помещение, глубины подвала около 3,0 м. Перекрытия между этажами деревянные, а над цоколем - бетонное.

Фундаменты под несущими стенами двух и четырехэтажного здания и простенками ленточные бетонные, глубина заложения 3,75 м от дневной поверхности, шириной 0,65 м прямоугольной формы. Фундаменты возведены на лессовых грунтах. Признаков деформации фундаментов нет.

На площадке подземные воды залегают на глубине 17,7...21,0 м. Следует отметить, что природный режим грунтовых вод нарушен из-за аварийных и постоянных утечек из водонесущих коммуникаций, вслед-

ствие чего образовалось куполообразное поднятие уровня подземных вод в центральной части изучаемой площадки.

Ниже приведено описание физико-механических свойств грунтов, залегающих под подошвой фундаментов исследуемого здания и в условиях естественного залегания.

Таблица 3  
Физико-механические характеристики грунтов

Показатели	В условиях естественного залегания	В замоченной зоне	Под фундаментом здания в замоченной зоне	Под фундаментом здания за пределами замоченной зоны
Суглинки лессовые ИГЭ 2				
W	0,09...0,16	0,18...0,24	0,19...0,2	0,14
$\rho$ г/см <sup>3</sup>	1,49...1,72	1,68...1,75	1,72...1,74	1,73...1,74
E(МПа)	8,5	4,5	11	22
E <sub>вод</sub> (МПа)	3,0	3,0	4	10
$\varphi$ (°)	25	24	26	28
c кПа	22	13,0	26	39

Из сравнения показателей физико-механических свойств суглинков ИГЭ-3в и суглинков ИГЭ-3, находящихся за пределами зданий и вне зоны замачивания, видно, что грунт под зданиями характеризуется более высокой плотностью 1,74 г/см<sup>3</sup> (вне зоны 1,49 г/см<sup>3</sup>), т.е плотность больше на 16,7%, а в замоченной зоне плотность грунта под фундаментом составляет 1,74 г/см<sup>3</sup> (за пределами фундамента 1,68 г/см<sup>3</sup>), больше на 3,6 %. Деформационные и прочностные характеристики улучшились: модуль общей деформации для интервала нагрузок 0,1...0,2 МПа при естественной влажности под фундаментом равен 22,0 МПа (вне зоны 8,5 МПа), разница составляет 58,8 %, при полном водонасыщении – 10,0 МПа (вне зоны 3,0 МПа), разница в 3,3 раза. Угол внутреннего трения в естественном состоянии 28<sup>0</sup> (вне зоны 25<sup>0</sup>), увеличился на 12%. Удельное сцепление 39,0 кПа (вне зоны 22,0 кПа). увеличилось на 77 %. Суглинки ИГЭ-3в слабопросадочные, начальное просадочное давление составило 165 кПа (для сравнения эта величина для суглинков ИГЭ-3 вне зоны замачивания составляет 45 кПа - сильнопросадочные).

## ВЫВОДЫ

Выполненные инженерно-геологические изыскания позволили определить физические, прочностные и деформационные характеристики грунтов в природных условиях и уплотненных длительно действующей нагрузкой. Определено изменение модуля деформации, угла внутреннего трения, удельного сцепления, плотности и влажности в зависимости от нагрузки на основание. Под зданиями малой этажности (до двух этажей) в грунтах происходят незначительные изменения прочностных и деформационных характеристик. Под пятиэтажными зданиями происходит значительное увеличение прочностных и деформационных свойств. Плотность грунта увеличивается от 12,5 % до 16,7 %, модуль деформации от 14 % до 77 %, угол внутреннего трения увеличился на 12 %, а удельное сцепление на 77 %.

Полученные результаты натурных исследований подтверждают вывод о том, что улучшение прочностных и деформационных характеристик грунтов под действием длительно действующих больших нагрузок следует учитывать при проектировании реконструируемых зданий. Для этого необходимо учитывать так же интенсивность и неравномерность осадок зданий за время эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гранько О.В. Работа системы «основание-фундамент-здание» при надстройке / Гранько О.В., Суходуб О.В. // Отраслевое машиностроение, строительство: сб. науч. Трудов. Полтава: ПолтНТУ. - Вып. 3(38). - Т2 – 2013.
2. Коновалов П. А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий / Коновалов П. А. – М.: Стройиздат, 1988. – 288 с.
3. Морарескул Н. Н. Реконструкция городов и геотехническое строительство [Электронный ресурс] / Морарескул Н. Н. Режим доступа: <http://georec.narod.ru>.
4. Полищук А.И. Изменение свойств грунтов в основаниях фундаментов длительно эксплуатируемых зданий / Полищук А.И., Фурсов В.В., Балюра М.В. // Томский государственный архитектурно-строительный университет. - Томск, Россия. –С. 179-183.
5. Понамарев А.Б. Влияние процесса подтопления на физико-механические свойства грунтов / Понамарев А.Б., Калошина С.В., Салимгариева Н.И. // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. - №1. – 2013.
6. Грунти. Лабораторні випробування. Загальні положення: ДСТУ Б.В.2.1-3-96. – [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Державний Комітет України у справах містобудування і архітектури. – III, 19 с. – (Державний стандарт України).

7. Грунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань: ДСТУ Б.В.2.1-5-96. – [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Державний Комітет України у справах містобудування і архітектури. – IV, 25 с. – (Державний стандарт України).

## REFERENCES

1. Hranko O.V., Sukhodub O.V. Rabota systemu «osnovanye-fundament-zdanye» pry nadstroyke - Sbornyk nauchnykh trudov (otraslevoe mashynostroenye, stroytel'stvo) Vyp.3(38). T2 – 2013 – PoltNTU.
2. Konovalov P. A. Osnovaniya y fundamenty rekonstruyruemykh zdaniy / Konovalov P. A. – M.: Stroyizdat, 1988. – 288 s.
3. Morareskul N. N. Rekonstruksyya horodov y heotekhnicheskoe stroytel'stvo [Электронный ресурс]. – Rezhym dostupa: <http://georec.narod.ru>.
4. Polyshchuk A.Y., Fursov V.V., Balyura M.V. Yzmenenyye svoystv hruntov v osnovaniyakh fundamentov dlytelno ekspluatyruemykh zdaniy – Tomskyy gosudarstvennyy arkhytekturno-stroytelnyy unyversytet, Tomsk, Rossyya, P. 179-183.
5. Ponamarev A.B., Kaloshyna S.V., Salymharyeva N.Y., Vlyyanye protsessa podtoplenyya na fizyko-mekhanicheskiye svoystva hruntov- Akademicheskyy vestnyk URALNYYPROEKT RAASN #1, 2013.
6. DSTU B.V.1-3-96 «Hruntu. Laboratornyye usputanyya. Osnovnye polozenyya».
7. DSTU B.V.2.1-4-96 «Hruntu. Metodu statystycheskoy obrabotky rezultatov opredelenyya kharakterystyk».

Статья поступила в редакцию 05.08.2016 г.