

**ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ
ПОДВЕДЕНИЕМ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ
С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ ГРУНТОВ**

**NEIGHBORING BUILDINGS PROTECTION
BY CHANGING SHALLOW FOUNDATIONS
TO A SLAB CONSIDERING TECHNOLOGICAL SOIL MECHANICS**

В.А.ИЛЬИЧЕВ, Н.С.НИКИФОРОВА, А.В.КОННОВ

V.A. ILYICHEV, N.S. NIKIFOROVA, A.V. KONNOV

(Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)
(Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,
National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: n.s.nikiforova@mail.ru

Приводится формула для прогноза осадок зданий на фундаментах мелкого заложения в зоне влияния глубоких котлованов при применении защитного мероприятия – подведения плитного фундамента, полученная на основе статистической обработки результатов численных расчетов в программе PLAXIS 2DV.8. Обосновывается необходимость соблюдения последовательности бетонирования плиты согласно положениям технологической механики грунтов.

A formula is given for the settlement prediction of buildings on shallow foundations in the impact zone of deep excavations when installing a protective measure – changing shallow foundations to a slab. It's obtained by statistical processing of the results of numerical modelling in the program PLAXIS 2D V.8. The necessity of following the sequence of slab casting according to the statements of the technological soil mechanics is substantiated.

Ключевые слова: окружающая застройка, подведение фундаментной плиты, прогноз осадок, технологическая механика грунтов.

Keywords: urban development, changing shallow foundations to a slab, settlement prediction, technological soil mechanics.

При строительстве и реконструкции предприятий текстильной промышленности с устройством заглубленных частей возникает необходимость в эксплуатационной пригодности зданий и объектов в зоне влияния глубокого котлована.

В качестве защитного мероприятия от неравномерности осадок существующих зданий и сооружений их фундаменты мелкого заложения могут быть переустроены в плитный фундамент. Примером использования данного способа защиты является проект реконструкции здания Мосгосстройнадзора (г. Москва, ул.Брянская, д. 9) [1] и проектное предложение по реконструкции с углублением подвала здания по адресу: г. Москва, ул. Нижняя Красносельская, д. 28А [2].

Для прогнозирования деформаций здания вблизи глубокого котлована, ленточные фундаменты которого были преобразованы в плиту, была проведена серия из 96 численных экспериментов в программе PLAXIS

2DV.8 в плоской постановке с использованием модели грунта Hardeningsoil.

Изменялись следующие параметры модели: глубина котлована H_k (12 и 18 м); удаленность здания от котлована L (1 м, $0,5H_k$, H_k , $2H_k$); давление под подошвой фундамента q (100, 200 и 300 кПа). Рассматривались четыре типа, характерных для Москвы ИГУ, вмещающих глубокий котлован [1]: тип I (насыпные грунты, пески от мелких до гравелистых, средней плотности и плотные), тип II (насыпные грунты, суглинки и глины от полутвердых до тугопластичных), тип IIIа (насыпные грунты, пески пылеватые рыхлые) и тип IIIб (насыпные грунты, суглинки и глины от мягкопластичных до текучих). Толщина слоя насыпных грунтов задавалась равной 2 м. Уровень подземных вод был принят на глубине 2 м от поверхности. Физико-механические характеристики грунтов различных типов ИГУ представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Тип ИГУ	Наименование грунтов	Физико-механические характеристики		
		сцепление c , кПа	угол внутреннего трения φ , °	модуль деформации E , МПа
I, II, IIIа, IIIб	насыпь	15	15	10
I	Песок Средней крупности Средней плотности	2	36	30
II	Суглинок полутвердый	38	21	22
IIIа	Песок пылеватый рыхлый	4	20	12
IIIб	Суглинки и глины от мягкопластичных до текучих	30	19	12

Полученные изополя вертикальных перемещений приведены на рис. 1 – изополя вертикальных перемещений массива грунта при подведении плитного фундамента под здание для типа ИГУ – IIIа.

Статистическая обработка полученных в результате моделирования значений осадок проводилась при помощи табличного процессора MS Excel и пакета прикладных программ Matlab.

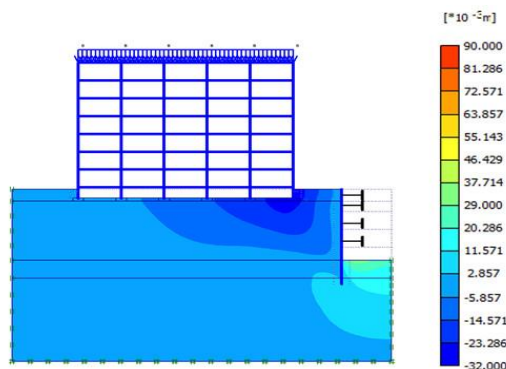
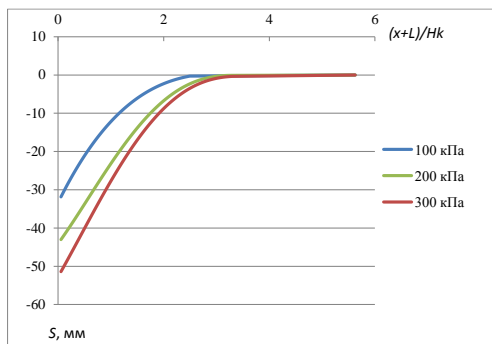


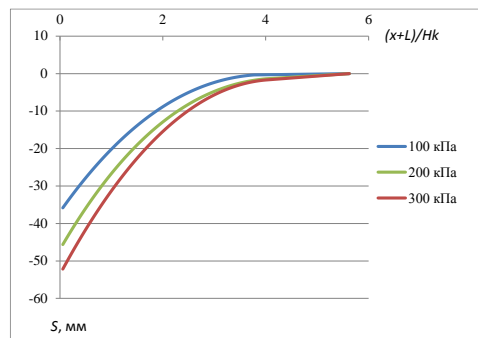
Рис. 1

В MS Excel были определены зависимости прогнозируемой осадки здания с защитными мероприятиями S_{ad} от относительной удаленности точки по длине здания от котлована $(x+L)/H_k$, где x – координата по длине здания, и осуществлена линейная и полиномиальная аппроксимация. Величина дос-

товерности аппроксимации R^2 составила от 0,78 до 0,97. Полученные графики для ИГУ IIIа и IIIб представлены на рис. 2 – графики зависимостей дополнительной осадки здания от $(x+L)/H_k$ при подведении плитного фундамента для $q=100, 200, 300$ кПа и типов ИГУ: а) IIIа; б) IIIб.



а)



б)

Рис. 2

В программном комплексе Matlab была проведена аппроксимация полученных в MS Excel графиков дополнительных осадок здания с защитным мероприятием. В результате для каждого из четырех типов ИГУ получена зависимость дополнительной осадки от относительного расстояния от котлована до точки по длине здания $(x+L)/H_k$ и давления под подошвой его фундамента q . Полученная зависимость представлена в виде формулы (1). Графическая интерпретация формулы показана на рис. 3 – графики прогнозируемой осадки здания при подведе-

дении плитного фундамента при $H_k=12-18$ м, $q=100-300$ кПа для четырех типов ИГУ.

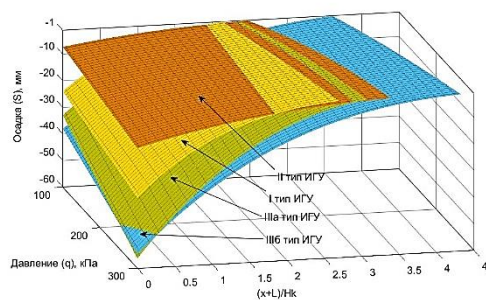


Рис. 3

$$S_{ad} = \alpha \left[K1 + K2 \left(\frac{x+L}{H_k} \right) + \beta K3 q + K4 \left(\frac{x+L}{H_k} \right)^2 + \beta K5 \left(\frac{x+L}{H_k} \right) q + K6 \left(\frac{x+L}{H_k} \right)^3 + \beta K7 \left(\frac{x+L}{H_k} \right)^2 q + K8 \left(\frac{x+L}{H_k} \right)^4 + \beta K9 \left(\frac{x+L}{H_k} \right)^3 q \right], \quad (1)$$

где S_{ad} – дополнительная осадка здания или сооружения с защитным мероприятием, мм; $\alpha = 1$ мм – коэффициент размерности; $K1...K9$ – эмпирические коэффициенты, определяются по табл.2 (коэффициенты формулы (1) осадки здания при подведении плитного фундамента); $\frac{x+L}{H_k}$ – относительное рас-

стояние от котлована до точки по длине здания, при $H_k=12...18$ м и $L = 1-36$ м принимает значения от 0,1-5,6; $\beta = 1$ м²/кН – коэффициент размерности; q – давление под подошвой фундамента, кПа, $q=100,200,300$ кПа.

Тип ИГУ	Коэффициенты уравнения								
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
I	-19,13	19,75	-0,04786	-6,973	0,02613	1,01	-0,004408	-0,05053	0,0002188
II	-3,43	2,841	-0,03789	-0,7766	0,01598	0,06844	-0,001684	0	0
IIIa	-21,26	18,85	-0,1167	-4,023	0,04987	-0,09991	-0,003802	0,06283	-0,0002895
IIIб	-29,71	18,42	-0,08342	-3,686	0,03092	0,2395	-0,002936	0	0

Для установления величины технологической осадки при переустройстве фундаментов мелкого заложения в плитный для зданий в зоне влияния подземного строительства требуются дальнейшие исследования. Однако известно, что для того, чтобы плита вступила в работу, необходимо, чтобы здание получило осадку не менее 1 см. Эту величину необходимо учитывать при прогнозировании, добавляя к значениям, полученным численным моделированием.

Проектирование переустройства ленточного фундамента в плитный следует осуществлять на основе принципов технологической механики грунтов, представляющей собой совокупность положений, обосновывающих необходимость учета технологии и последовательности производства работ при геотехнических расчетах взаимодействия грунтового массива и подземных частей сооружений [3...5]. Основные положения технологической механики грунтов заключаются в том, что усилия и деформации возводимой конструкции, взаимодействующей с грунтом, могут не только сильно количественно различаться по вариантам последовательности и технологии работ нулевого цикла, но даже менять знак в процессе возведения. Величины деформаций грунтового массива (осадки, горизонтальные перемещения и пр.) зависят от выбранной технологической последовательности производства работ. Неучет этапности проведения работ по возведению подземных конструкций при геотехнических расчетах НДС грунтовых массивов может привести не только к потере эксплуатационной пригодности подземных сооружений, но и к их разрушению. При определении напряженно-деформированного состояния фундаментных плит рекомендуется учитывать метод расчета контактных напряжений монолитных фундаментов больших размеров, который может быть применен для расчета фундаментных плит объек-

тов с подземной частью, учитывающий порядок бетонирования, разработанный В.А. Ильичевым.

В Ы В О Д Ы

1. Получена формула дополнительной осадки зданий в зоне влияния глубокого котлована ($H_k=12...18$ м) при переустройстве фундаментов мелкого заложения в плитный фундамент, позволяющая прогнозировать осадку зданий с давлением под подошвой фундамента 100...300 кПа в четырех типах инженерно-геологических условий. Дана ее графическая интерпретация.

2. Переустройство фундаментов мелкого заложения в плиту следует осуществлять с учетом последовательности производства работ и порядка бетонирования плиты в соответствии с принципами технологической механики грунтов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Никифорова Н.С. Обеспечение сохранности зданий в зоне влияния подземного строительства. – М.: МГСУ, 2016.
2. Коновалов П.А., Никифорова Н.С., Федюхин М.Ю. Пример реконструкции фундаментов здания с устройством заглубленного помещения // Мат. Межд. семинара: Геотехнические и эксплуатационные проблемы нефтегазовой отрасли. Тюмень, 27-29 марта 2002. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. С.78...80.
3. Ильичев В.А. Современная механика – практическому строительству // Тр. юбилейной конф., посвященной 50-летию РОМГТИФ: Российская геотехника – шаг в 21 век. – М., 15-16 марта 2007 г., том I. С.80...104.
4. Колыбин И.В., Фурсов А.А. Расчет подземных сооружений с учетом технологии их возведения // Сб. тр. НИИОСП им. Н.М. Герсееванова. – М., 2000. С.1...8.
5. Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Коннов А.В. Аспекты производственной и экологической безопасности при строительстве и реконструкции объектов с подземной частью в рыхлых водонасыщенных песках // Изв. вузов Технология текстильной промышленности. – 2017, №2. С.245...248.

REFERENCES

1. Nikiforova N.S. Obespechenie sohrannosti zdaniy v zone vlijaniya podzemnogo stroitel'stva. – M.: MGSU, 2016.

2. Konovalov P.A., Nikiforova N.S., Fedjuhin M.Ju. Primer rekonstrukcii fundamentov zdaniya s ustrojstvom zaglublennogo pomeshhenija // Mat. Mezhd. seminara: Geotekhnicheskie i jekspluacionnye problemy neftegazovoj otrasli. Tjumen', 27-29 marta 2002. – Tjumen': TjumGNGU, 2002. S.78...80.

3. Il'ichev V.A. Sovremennaja mehanika – prakticheskomu stroitel'stvu // Tr. jubilejnoj konf., posvjashhennoj 50-letiju ROMGGiF: Rossijskaja geotekhnika –shag v 21 vek. – M., 15-16 marta 2007 g., tom I. С.80...104.

4. Kolybin I.V., Fursov A.A. Raschet podzemnyh sooruzhenij s uchetom tehnologij ih vozvedenija // Sb. tr. NIIOSP im. N.M. Gersevanova. – M., 2000. S.1...8.

5. Il'ichev V.A., Nikiforova N.S., Konnov A.V. Aspekty proizvodstvennoj i jekologicheskoj bezopasnosti pri stroitel'stve i rekonstrukcii ob"ektov s podzemnoj chast'ju v ryhlyh vodonasyshhennyh peskah // Izv. vuzov Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2017, №2. S.245...248.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН.
Поступила 18.06.19.
