

УДК 69.04

С.В. Калошина, Н.И. Салимгариева

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ВЛИЯНИЕ ПОДТОПЛЕНИЯ НА ПОЛУЧЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОСАДКОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Одним из опасных явлений, которому подвержена территория городской застройки, является подтопление. В работе оценивается негативное влияние процесса подтопления на физико-механические свойства грунтов и осадку фундаментов зданий и сооружений, приводятся результаты лабораторных экспериментов, результаты аналитического расчета по методике действующих нормативных документов и численного моделирования в программном комплексе Plaxis 8.2.

Ключевые слова: подтопление, осадки, дополнительные осадки, водонасыщенный грунт, программный комплекс Plaxis 8.2.

Одним из опасных явлений, которому подвержена территория городской застройки, является подтопление. Причины подтопления могут быть как естественными (атмосферные осадки, изменение поверхностного стока вод, режим подземных вод и др.), так и техногенными (утечки из водонесущих коммуникаций, барражный эффект, инфильтрация из искусственных водоемов, аварии и т.д.). Другими словами, помимо территорий, которые являются подтопляемыми вследствие сложившихся геологических и природно-климатических условий, подтоплению могут быть подвержены территории городской застройки в результате техногенных воздействий. Таким образом, проблема подтопления является актуальной для любого современного города.

Для оценки влияния подтопления на физико-механические свойства грунтов и осадки фундаментов зданий и сооружений были проведены опыты в лаборатории кафедры «Строительное производство и геотехника» Пермского национального политехнического университета, аналитический расчет по методике СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» [1] и численное моделирование в программном комплексе Plaxis 8.2.

Проблему подтопления необходимо рассматривать применительно к конкретным инженерно-геологическим условиям. Значительная часть территории Перми представлена основаниями, сложенными песчаными грунтами мощностью от 2 до 17 м, ниже которых залегают

гравийный грунт с песчаным заполнителем [2]. При незначительном увлажнении песчаный грунт уплотняется, и его прочностные характеристики улучшаются, однако при полном водонасыщении «скелет грунта» оказывается взвешенным в воде и прочностные характеристики снижаются. Поэтому для лабораторных экспериментов были взяты образцы песчаного грунта средней крупности в воздушно-сухом и водонасыщенном состоянии. В ходе работы были проведены компрессионные испытания и испытания грунтов на срез. Расчетные и нормативные характеристики грунта, полученные в ходе испытаний, приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Характеристики песчаного грунта, полученные
в ходе лабораторных испытаний

№ п/п	Наименование характеристики	Обозначение	Ед. изм.	Песчаный грунт малой степени водонасыщения		Песчаный грунт, насыщенный водой	
				Характеристики		Характеристики	
				нормативные	расчетные	нормативные	расчетные
1	Удельный вес при естественной влажности	γ_{unsat}	кН/м ²	16,2		–	
2	Удельный вес при водонасыщенном состоянии	γ_{sat}	кН/м ²	–		20,0	
3	Проницаемость в горизонтальном направлении	k_x	м/сут	3,24	3,12	3,24	3,12
4	Проницаемость в вертикальном направлении	k_y	м/сут	3,24	3,12	3,24	3,12
5	Одометрический модуль упругости	E_{oed}	МПа	18,40	16,99	14,62	10,52
6	Коэффициент Пуассона	ν	–	0,3			
7	Сцепление	C	кН/м ²	0,03	0,01	0	0
8	Угол внутреннего трения	φ	град	41	34,95	39,89	33,25
9	Угол дилатансии	ψ	град	17,61	14,89	20,37	19,14

Поскольку в Перми городская застройка представлена большим количеством пятиэтажных домов, построенных в 60–70-х гг. XX столетия, в качестве объекта исследования выбран жилой дом, построен-

ный по типовому проекту серии 447. Здание капитальное, прямоугольной формы в плане, пятиэтажное. Со второго по пятый этаж в здании располагаются квартиры. В уровне первого этажа расположены торгово-офисные помещения.

Фундаменты здания сборные железобетонные ленточные. Нагрузка на обрезы фундаментов наружных стен составила 295,3 кН/м, внутренней стены – 394,4 кН/м. Результаты расчета приведены в табл. 2. С целью предварительной оценки влияния подтопления на получение дополнительных осадок зданий и сооружений был проведен аналитический расчет осадок методом послойного суммирования [1]. Схема здания и геологический разрез приведены на рис. 1.

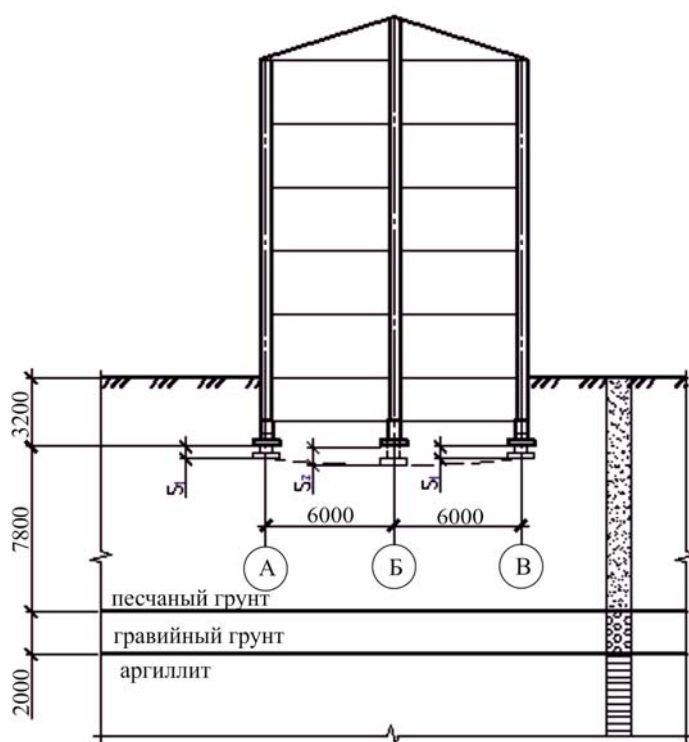


Рис. 1. Схема пятиэтажного здания для расчета относительной осадки под фундаментами несущих продольных стен

Результаты аналитического расчета по методике
СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» [1]

Рассматриваемый фундамент	Значение осадки основания здания, см		Приращение осадки основания после подтопления, %
	до подтопления	после подтопления	
Фундаменты под наружными стенами по осям «А», «В» (см. рис. 1)	3,0	4,5	50,0
Фундамент под внутренней стеной по оси «Б» (см. рис. 1)	3,9	5,9	51,3
Относительная разница осадок фундаментов под наружными стенами и внутренней стеной	0,0015	0,0023	53,3

В дальнейшем с помощью программного комплекса Plaxis 8.2 были произведены численные расчеты для различных расчетных схем, приведенных на рис. 2–6. На первом этапе численные расчеты проводились с целью выбора наиболее оптимальной схемы, результаты расчета по которой наиболее близки к результатам аналитического расчета по методике СП «Основания зданий и сооружений» [1]. Результаты расчета сведены в табл. 3.

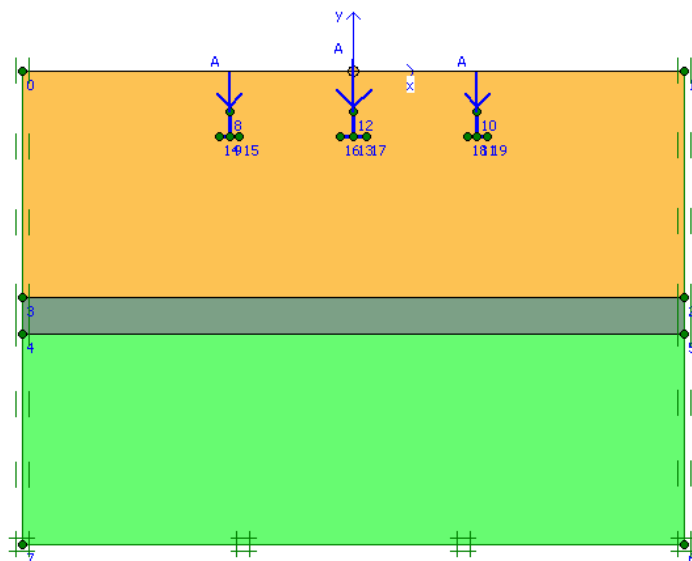


Рис. 2. Схема № 1. Ленточные фундаменты здания заданы отдельно стоящими. Жесткость здания не учитывается

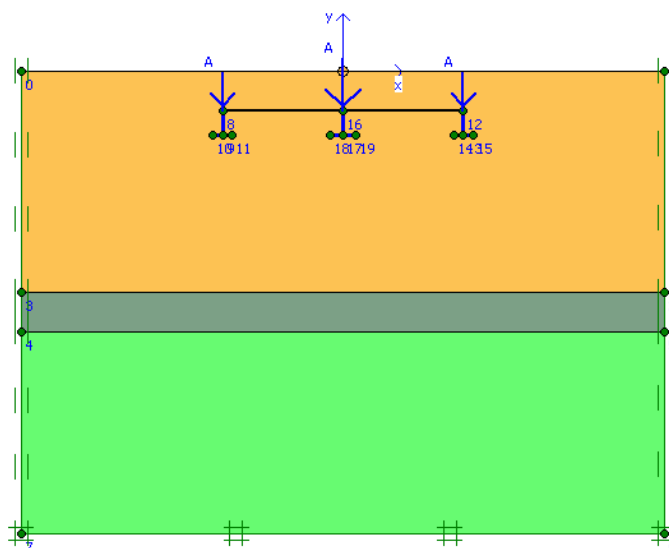


Рис. 3. Схема № 2. Ленточные фундаменты здания заданы стоящими отдельно с фиксацией их по обрезу

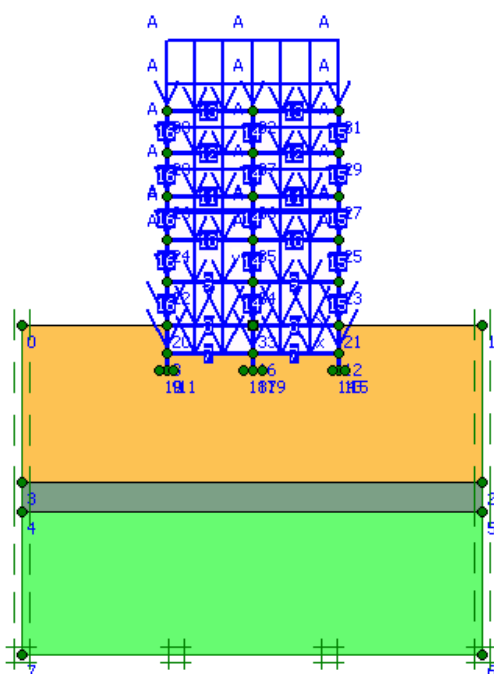


Рис. 4. Схема № 3. Надземная часть здания задана с перекрытиями в виде единого диска жесткости. Нагрузка на перекрытие задана равномерно распределенной

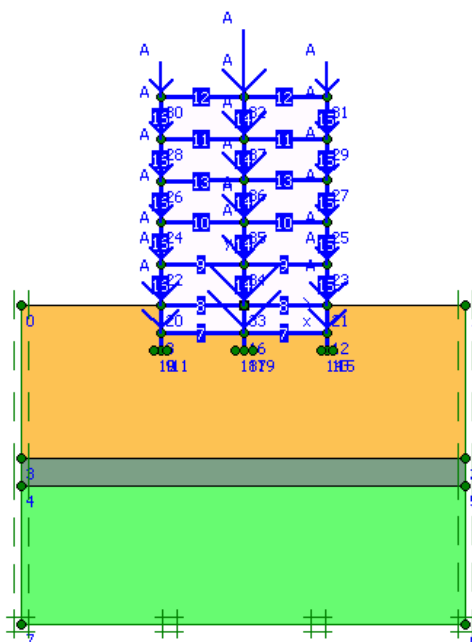


Рис. 5. Схема № 4. Задана надземная часть здания с перекрытиями. Нагрузка передается как сосредоточенная в узле опирания перекрытия на стену

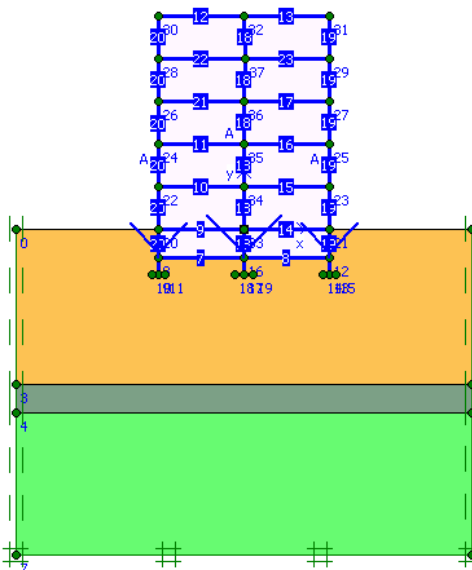


Рис. 6. Схема № 5. Задана надземная часть здания с перекрытиями. Нагрузка передается как сосредоточенная на обреш фундамента

Т а б л и ц а 3

Результаты расчета в Plaxis 8.2 и сравнение с результатами аналитического расчета по методике СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» [2]

Сравнимые показатели	Рассматриваемый фундамент	Осадки основания (см), полученные по расчету в ПК Plaxis 8.2 (отклонение от результата аналитического расчета, %)					Осадка основания (см), полученная согласно аналитическому расчету по методике СП
		Номер схем, представленных на рис. 2–6					
		1 (см. рис. 2)	2 (см. рис. 3)	3 (см. рис. 4)	4 (см. рис. 5)	5 (см. рис. 6)	
Значение собственной осадки здания до подтопления, см	Фундаменты под наружными стенами по осям «А», «В» (см. рис. 1)	5,05 (68)	5,12 (71)	3,6 (20)	2,44 (19)	4,54 (51)	3,0
	Фундамент под внутренней стеной по оси «Б» (см. рис. 1)	5,98 (53)	6,07 (56)	3,6 (8)	2,49 (36)	4,55 (17)	3,9
Осадка здания после подтопления, см	Фундаменты под наружными стенами по осям «А», «В» (см. рис. 1)	8,54 (90)	8,65 (92)	5,97 (33)	4,87 (8)	7,06 (5)	4,5
	Фундамент под внутренней стеной по оси «Б» (см. рис. 1)	9,40 (120)	9,57 (77)	5,96 (9)	4,91 (37)	7,04 (21)	5,9
Относительная разница осадок фундаментов под наружными стенами и внутренней стеной	До подтопления	0,0016	0,0016	0,00000	0,0001	0,00002	0,0015
	После подтопления	0,0014	0,0015	0,00002	0,0001	0,00003	0,0023

В результате численного расчета наиболее близкими к аналитическому решению получились данные по схеме № 3. При этом относительная разница осадок в численном расчете незначительна, так как учтена жесткость конструкции здания в целом, что сложно учесть при аналитическом расчете. Все дальнейшие расчеты выполнялись с использованием схемы № 3.

Важно оценить влияние подтопления на дополнительные осадки фундаментов при неравномерном замачивании грунтов основания, которое могло возникнуть в результате различных причин, например при авариях. В ходе работы рассмотрен случай неравномерного замачивания грунтов под фундаментами по схеме № 3 (рис. 7) (полученные осадки показаны в табл. 4). Рассматривалось замачивание грунта под фундаментами по оси «Б» и «В» (см. рис. 7). В данном случае относительная разница осадок между фундаментами по осям «А» и «Б» превысила нормативную величину 0,0020 [3].

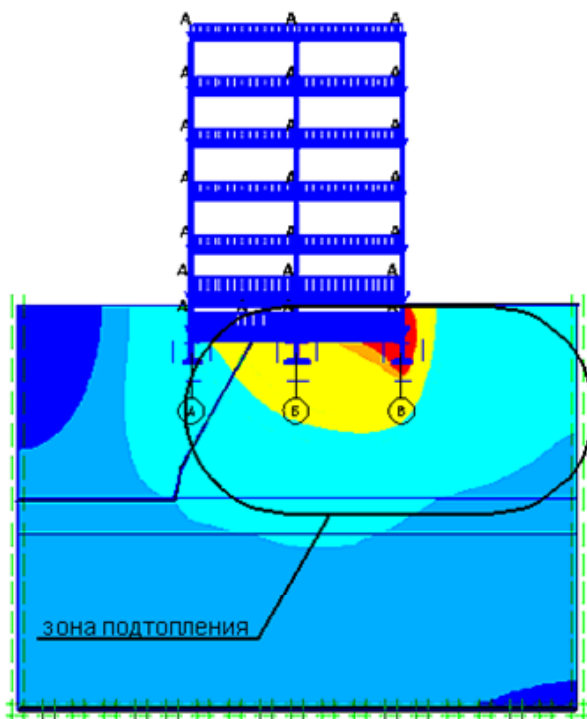


Рис. 7. Случай неравномерного замачивания грунтов основания.
Вертикальные перемещения

Осадки фундаментов после неравномерного подтопления

№ п/п	Сравниваемый показатель	Значение
1	Осадка основания до подтопления, см:	
	– под фундаментом по оси «А» (см. рис.7)	2,21
	– под фундаментом по оси «Б» (см. рис.7)	2,60
	– под фундаментом по оси «В» (см. рис.7)	2,30
2	Осадка основания после подтопления, см:	
	– под фундаментом по оси «А» (см. рис.7)	2,96
	– под фундаментом по оси «Б» (см. рис.7)	4,38
	– под фундаментом по оси «В» (см. рис.7)	5,10
3	Относительная разница осадок основания до подтопления:	
	– между фундаментами по оси «А» и «Б» (см. рис.7)	0,0007
	– между фундаментами по оси «Б» и «В» (см. рис.7)	0,0005
	– между фундаментами по оси «А» и «В» (см. рис.7)	0,0001
4	Относительная разница осадок основания после подтопления:	
	– между фундаментами по оси «А» и «Б» (см. рис.7)	0,0024
	– между фундаментами по оси «Б» и «В» (см. рис.7)	0,0012
	– между фундаментами по оси «А» и «В» (см. рис.7)	0,0018

Таким образом, процесс подтопления достаточно опасен, так как по мере повышения уровня грунтовых вод происходит капиллярное увлажнение и водонасыщение грунтов основания и строительных материалов подземной части зданий. Впоследствии происходит изменение физико-механических характеристик и напряженно-деформированного состояния грунтов, а также нарушение эксплуатационной пригодности зданий и сооружений. Все эти факторы при длительном воздействии могут привести к дополнительным деформациям зданий и сооружений, а также возникновению неравномерной осадки и увеличению осадок фундаментов зданий и сооружений [3].

Целью дальнейших исследований будет анализ мероприятий, направленных на защиту территории городской застройки от негативного влияния подтопления на дополнительные осадки фундаментов зданий и сооружений, а также предложение наиболее эффективных способов защиты для конкретных инженерно-геологических условий города Перми.

Библиографический список

1. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений / НИИОСП им. Н.М. Герсеванова. – М., 2011.
2. Калошина С.В., Салимгариева Н.И. Последствия подтопления территории городской застройки // Сборник научных трудов. Сер.: Отраслевое машиностроение, строительство / Полт. нац. техн. ун-т им. Ю. Кондратюка. – Вып. 4(34), т. 2. – Полтава, 2012.
3. Салимгариева Н.И., Калошина С.В. Негативное влияние подтопления территории городской застройки на состояние зданий и сооружений // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Строительство и архитектура. – 2012. – С. 95–100.

S.V. Kaloshina, N.I. Salimgarievа

INFLUENCE OF FLOODING ON THE INCREMENT SETTLEMENTS OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

One of the most dangerous processes in city territory is flooding. Negative influence of flooding on the physicommechanical characteristics of a soil and on the settlements of building and construction, the results of laboratory experiments, analytical calculation and numerical modelling in program complex Plaxis are shown in the paper.

Keywords: flooding, settlements, increment settlements, saturated soil, program complex Plaxis 8.2.

Сведения об авторах

Калошина Светлана Валентиновна (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительное производство и геотехника» ФГБОУ ВПО ПНИПУ (e-mail: spstf@pstu.ru).

Салимгариева Надежда Игоревна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Строительное производство и геотехника» ФГБОУ ВПО ПНИПУ (e-mail: spstf@pstu.ru).

About the authors

Kaloshina Svetlana Valentinovna (Perm, Russia) – Candidate of Technics, Associate Professor, Department of Building production and geotechnics, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: spstf@pstu.ru).

Salimgarievа Nadezhda Igorevna (Perm, Russia) – graduate student, Department of Building production and geotechnics, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: spstf@pstu.ru).

Получено 26.03.2013