УДК 624.131

© В. В. Конюшков, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: v.konyushkov@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-5-83-91

© V. V. Konyushkov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: v.konyushkov@mail.ru

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ ТЕРРИТОРИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КОНГРЕССНО- ВЫСТАВОЧНОГО ЦЕНТРА

SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT OF VERTICAL PLANNING OF THE TERRITORY DURING CONSTRUCTION OF THE CONGRESS AND EXHIBITION CENTER

Обосновывается необходимость научно-технического сопровождения строительных объектов с учетом особенностей инженерно-геологических условий площадки. Приведен результат успешного научно-технического сопровождения вертикальной планировки территории с участием специалистов кафедры геотехники СПбГАСУ.

Ключевые слова: вертикальная планировка территории, армирование грунта геотекстилем, инженерная защита территории от склоновых процессов.

The article explains the need for scientific and technical support of construction objects taking into account the features of engineering-geological conditions of the site. The author presents the results of successful scientific and technical support of the vertical planning of the territory with participation of specialists of the Chair of Geotechnics of the SPSUACE.

Keywords: vertical planning of territory, soil reinforcement with geotextile, ground protection from slope processes.

Введение

Вертикальная планировка территории в условиях склоновых процессов часто сопряжена с различными сложностями и нестандартными ситуациями вследствие многочисленных факторов: тиксотропных преобразований свойств грунтов, необходимостью применения новых материалов и технологий, внесения незапланированных изменений в проектную документацию, а иногда форс-мажорными обстоятельствами, возникающими в процессе строительства (например, в случае резкого изменения климатических условий). Нормативные документы по инженерной защите, несмотря на периодическую актуализацию один раз в пять лет, не могут

учитывать всех факторов, воздействие которых приводит к развитию предаварийной ситуации. Процессы проектирования и строительства при этом законодательно привязаны к формальным требованиям технических регламентов. В связи с этим зачастую проектировщики и производители работ не всегда могут легитимным образом вносить в проектно-исполнительную документацию дополнения, кардинальным образом изменяющие проектное решение. Ведь проектная документация, получившая положительное заключение экспертизы, должна быть реализована при производстве работ без значительных изменений конструктивных решений и сметной стоимости. Специальные технические условия

разрабатываются не на каждый объект, а их разработка не гарантирует учета всех рисков, которые могут произойти на объекте. Сам процесс строительства в настоящее время, несмотря на действующие строгие директивы норм и правил, зачастую носит авральный и сложно управляемый характер из-за особенностей системы финансирования и организации строительного производства. Следует также отметить характерную для нашего времени интеграцию различных областей строительства: промышленного, гражданского, гидротехнического, автодорожного и т. д., что вносит значительные противоречия в процессы проектирования и строительства. Согласно требованиям нормативных документов СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» и ГОСТ 27751–2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» для зданий, имеющих повышенный уровень ответственности, особо опасных объектов, а также сооружений, имеющих третью геотехническую категорию с наличием окружающей застройки в зоне их влияния, следует предусматривать научно-техническое сопровождение строительства, таким образом, выполняющее роль адаптации конструктивно-технологических решений проекта к конкретным инженерно-геологическим условиям объекта. Ниже приведен пример успешного научно-технического сопровождения вертикальной планировки территории силами сотрудников кафедры геотехники СПбГАСУ.

1. Вертикальная планировка территории в условиях склоновых процессов на объекте «Конгрессно-выставочный центр»

Рельеф площадки перед проектированием и строительством Конгрессно-выставочного центра представлял собой всхолмленную территорию с хаотичным расположением оврагов, дренажных канавок, отвалов насыпного грунта

и строительного мусора, грунтовых дорог, приусадебных участков и нежилых строений (рис. 1). Абсолютные высотные отметки территории находились в интервалах от +32 м (отметка лога) до +55 м (отметки отвалов насыпного грунта). В среднем перепад высотных отметок территории составлял в абсолютных отметках +45...+55 м. При инженерно-геологических изысканиях площадки было установлено, что верхнюю часть грунтового массива составляют насыпные грунты (слой ИГЭ-1) с низкими прочностными и деформационными характеристиками. На рис. 2 приведен характерный инженерный геологический разрез площадки, в таблице — физико-механические характеристики грунтов.

При научно-техническом сопровождении строительства было установлено, что на данной площадке до начала строительства уже наблюдались опасные геологические процессы: склоновые и суффозионные процессы, периодические затопления территории.

Согласно проекту вертикальной планировки территории, на площадке стали производиться работы по отсыпке песчаной насыпи мощностью до 5 м (рис. 3). При численном моделировании в программе Plaxis сотрудники НПК «Центр геотехнологий» СПбГАСУ получили результат, свидетельствующий о том, что без защитных мероприятий устойчивость насыпи не будет обеспечена, так как песчаная насыпь будет сползать по слабому подстилающему слою грунта. На рис. 4 приведен результат численного моделирования в программе Plaxis с цветовым отображением призм скольжения массива грунта.

На рабочей стадии проектирования генпроектировщик разработал проект и расчетное обоснование удерживающий насыпи, армированной геотекстильным полотном. На рис. 5 приведена схема вертикальной планировки территории с устройством удерживающей насыпи. Произ-

Рис. 1. Территория до начала строительства

Рис. 2. Характерный инженерно-геологический разрез площадки строительства¹

водство работ по устройству удерживающей насыпи было разбито на четыре захватки. Самыми сложными были 3-я и 4-я захватки, так как там предполагались наибольшие высотные отметки рельефа для выравнивания территории. Кроме

¹ Технический отчет. Инженерно-геологические изыскания для разработки проекта подпорной стенки в составе Конгрессно-выставочного центра по адресу: г. Санкт-Петербург, территория предприятия «Шушары», участок 751 (Пулковский). Шифр: 6-13, 6-13ДС1, 6-13ДС2. СПб.: ЗАО «ЛЕНТИСИЗ», 2013.

этого, там был отмечен лог с водотоком и была построена церковь. Сотрудники НПК «Центр геотехнологий» СПбГАСУ выполнили дополнительную расчетную проверку устойчивости удерживающей насыпи, армированной геотекстилем, и получили результат, свидетельствующий о надежности принятого генпроектировщиком проектного решения. На рис. 6 приведены результаты расчета насыпи, армированной геотекстилем с призмой скольжения. Видно, что геотекстильное полотно выходит за пределы призмы скольжения и устойчивость насыпи обеспечивается с запасом.

Однако при производстве работ по вертикальной планировке территории возникла еще одна сложная ситуация: была восстановлена по историческим архивным материалам церковь Смоленской иконы Божьей Матери, разрушенная в 1943 г. во время Великой Отечественной войны. После воссоздания церкви стали выполнять работы по вертикальной планировке территории, которые могли вызвать значительные дополнительные осадки сооружения. В связи с этим была приглашена субподрядная проектная организация, которая разработала проект защитной шпунтовой отсечки. На рис. 7–9 приведена фотофиксация устройства шпунтовой отсечки вблизи церкви, раскрепления шпунтовой

Физико-механические свойства грунтов площадки

№ элемента	Наименование грунтов	Геологический индекс	Плотность грунта, г/см³			Коеф-фициент пористости e	Естественная влажность, д.е. We	Число пластичности Ip	Показатель текучести IL Cб	Прочностные характеристики						Модуль деформации, МПа кгс/см² E	Модуль упругости, МПа кгс/см² Eu	
			ρ	ρi	ρn					Угол внутреннего трения, °			Сцепление, МПа кгс/см²					
										φa	φi	φn	Ca	Ci	Cn			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1a	Насыпные грунты неслежавшиеся	tIV	1,97	1,95	1,97	0,715	Нас. водой	–	–	35	34	35	0,001 0,01	0,001 0,01	0,001 0,01	20 200	–	
1	Насыпные грунты слежавшиеся	tIV	2,00	1,99	1,98	0,694	0,25	0,11	0,03 0,06	15	13	15	0,021 0,21	0,018 0,18	0,021 0,21	R0=0,12 МПа (1,2 кгс/см²)		
2	Суглинки твердые с прослоями полутвердых	lgIII	2,12	2,12	2,12	0,528	0,19	0,12	-0,08 -0,15	25	22	25	0,037 0,37	0,025 0,25	0,037 0,37	15 150	–	
3	Супеси пластичные	lgIII	2,15	2,17	2,15	0,439	0,16	0,06	0,18 -0,08	30	27	30	0,021 0,21	0,014 0,14	0,021 0,21	11 110	36 360	
4	Суглинки полутвердые с гравием, галькой до 15 %	gIII	2,09	2,08	2,08	0,578	0,21	0,12	0,09 -0,09	13	12	13	0,069 0,69	0,064 0,64	0,069 0,69	13 130	60 600	
7	Гравийно-галечниковые грунты с супесчаным и суглинистым заполнителем	gIII	–	–	–	–	0,16	0,06	-0,20	R0 = 0,55 МПа (5,5 кгс/см²)								
			Заполнитель															
8	Суглинки твердые с гравием, галькой до 15 %	gIII	2,09	2,08	2,08	0,569	0,20	0,13	-0,09 -0,21	10	9	10	0,130 1,3	0,122 1,22	0,130 1,3	15 150	100 1000	
10	Пески пылеватые, плотные	Oi	2,11	2,09	2,11	0,500	Нас. водой	–	–	35	30	35	0,007 0,07	0,005 0,05	0,007 0,07	34 340	–	
12	Сланцы диктиномевые твердые, малопрочные	Oi	1,81	1,73	1,77	0,646	0,23	0,10	-0,44 <-0,27	Прочность на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии Rсж = 7,0 МПа								
13	Глины твердые дислоцированные	Ei	2,08	2,07	2,07	0,629	0,22	0,19	-0,22 -0,27	13	12	13	0,098 0,98	0,090 0,90	0,098 0,98	18 180	36 360	
14	Глины твердые	Ei	2,13	2,12	2,12	0,542	0,19	0,18	-0,38 <-0,27	14	13	14	0,119 1,19	0,112 1,12	0,119 1,19	25 250	100 1000

Рис. 3. Отсыпка песчаной насыпи

Рис. 4. Образование призмы скольжения в сильнодеформируемых грунтах после отсыпки песчаной насыпи²

отсечки и устройства песчаной насыпи, армированной геотекстилем.

В процессе воссоздания на цоколе церкви были установлены геодезические марки и производился мониторинг за вертикальными осадками. Согласно результатам мониторинга вертикальные осадки церкви по завершении вертикальной планировки территории составили 54 мм, что не превысило предельную величину

для объектов нового строительства, равную 120 мм по требованиям СП 22.13330.2011.

На рис. 10 приведена схема церкви, защитной шпунтовой отсечки и эпюры вертикальных осадок церкви.

На рис. 11 приведен общий вид на Конгрессно-выставочный центр «ЭкспоФорум» после сдачи объекта в эксплуатацию.

Заключение

При производстве земляных работ по разработке котлованов, отсыпке насыпей, устройстве проектного угла заложения склонов и откосов, а также вертикальной планировке территории необходимо учитывать инженерно-

² Отчеты о научно-техническом сопровождении работ, выполняемых подрядчиками в рамках обеспечения устойчивости насыпных масс грунта на объекте капитального строительства Конгрессно-выставочный центр по адресу: Санкт-Петербург, пос. Шушары, территория предприятия «Шушары», уч. 751 (Пулковский). СПб.: СПбГАСУ, 2013–2014.

Рис. 5. Схема вертикальной планировки территории с устройством насыпи, армированной геотекстилем по захваткам³

Рис. 6. Призма скольжения в армированной геотекстилем насыпи

геологические, гидрогеологические и климатические условия площадки строительства. Учет этих факторов заключается в выполнении расчетов на каждом этапе строительства, контроле качества производства работ и геодезическом мониторинге за деформациями грунтового массива,

³ Рабочий проект «Конгрессно-выставочный центр» по адресу: Санкт-Петербург, территория предприятия «Шушары», участок 751 (Пулковский). Шифр проекта П-09-002. СПб.: ООО «Евгений Герасимов и партнеры», 2011–2013.

существующих и строящихся зданий и сооружений. Научно-техническое сопровождение проектирования и строительства объектов, связанных с большими объемами земляных работ, позволяет оперативно выявлять проблемные ситуации и вносить необходимые изменения для безопасного производства работ и надежной эксплуатации зданий и сооружений после завершения строительства.

Рис. 7. Устройство защитной шпунтовой отсечки для существующей церкви

Рис. 8. Раскрепление шпунтовой отсечки

Рис. 9. Устройство насыпи, армированной геотекстильным полотном

Рис. 10. Схема церкви, защитной шпунтовой отсечки и эпюры вертикальных осадок церкви⁴

⁴ Рабочий проект «Конструктивные решения шпунтовой отсечки на территории северо-западного участка строительства Конгрессно-выставочного центра (КВЦ) по адресу: Санкт-Петербург, территория предприятия Шушары, участок 751 (Пулковский)», шифр проекта 164-2014 КР. СПб.: ООО «ГЕОМАКС», 2013.

Рис. 11. Общий вид на Конгрессно-выставочный центр «ЭкспоФорум» (www.expoforum.ru)

Библиографический список

1. Мангушев Р. А., Веселов А. А., Конюшков В. В., Сапин Д. А. Научно-техническое сопровождение инженерных изысканий, проектирования и строительства оснований, фундаментов и подземных сооружений специалистами СПбГАСУ // сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2014. С. 72–88.
2. Мангушев Р. А., Усманов Р. А., Ланько С. В., Конюшков В. В. Методы подготовки и устройства искусственных оснований. М.: АСВ, 2014.
3. Гаврилов Г. Н., Воробьев А. В., Конюшков В. В., Дергачев Г. В. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния основания и откосов железнодорожных насыпей при проектировании усиления земляного полотна по разрядно импульсной технологии // труды междунар. науч.-техн. конф. «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути». М.: МИИТ, 2015. С. 80–84.
4. Мангушев Р. А., Никифорова Н. С., Конюшков В. В., Осокин А. И., Сапин Д. А. Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах. М.: АСВ, 2016. 256 с.
5. Мангушев Р. А., Конюшков В. В., Сапин Д. А. Инженерно-геотехнические изыскания при строительстве и реконструкции в условиях плотной городской застройки // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 5. С. 47–54.

6. Мангушев Р. А., Ильичев В. А., Конюшков В. В., Чунюк Д. Ю., Болдырев Г. Г. Справочник геотехника. Основания, фундаменты, подземные сооружения. М.: АСВ, 2016. С. 851–875.

7. Конюшков В. В. Инженерная защита территорий от склоновых процессов с учетом природных условий и техногенных воздействий // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 2 (61). С. 137–142.

8. Конюшков В. В., Веселов А. А., Белый А. А. Инженерное освоение и благоустройство территории на зольных грунтах для расширения контейнерного терминала морского порта в Санкт-Петербурге // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 3 (62). С. 70–76.

References

1. Mangushev R. A., Veselov A. A., Konyushkov V. V., Sapin D. A. *Nauchno-tekhnicheskoe soprovozhdenie inzhenernykh izyskaniy, proektirovaniya i stroitel'stva osnovaniy, fundamentov i podzemnykh sooruzheniy spetsialistami SPbGASU* [Scientific and technical support for engineering, design and construction of foundations, basements and underground structures by the SPSUACE specialists]. *Trudy mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Proc. of the international scientific and technical conf.]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2014, pp. 72–88.
2. Mangushev R. A., Usmanov R. A., Lan'ko S. V., Konyushkov V. V. *Metody podgotovki i ustroystva iskusstvennykh osnovaniy* [Methods of preparation and

arrangement of artificial bases]. Moscow, ASV Publ., 2014.

3. Gavrilov G. N., Vorob'ev A. V., Konyushkov V. V., Dergachev G. V. *Chislennoe modelirovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya osnovaniya i otkosov zheleznodorozhnykh nasypey pri proektirovanii usileniya zemlyanogo polotna po razryadno impulsnoy tekhnologii* [Numerical simulation of stress-strain state of the base and slopes of railway embankments in the design of strengthening of subgrade at the discharge-pulse technology]. *Trudy mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Sovremennye problemy proektirovaniya, stroitel'stva i ehkspluatatsii zheleznodorozhnogo puti»* [Proc. of international scientific-technical conf. "Modern problems of design, construction and operation of the railway track"]. Moscow, MIIT Publ., 2015, pp. 80–84.

4. Mangushev R. A., et al. *Proektirovanie i ustroystvo podzemnykh sooruzheniy v otkrytykh kotlovanakh* [Design and layout of underground structures in open ditches]. Moscow, ASV Publ., 2016, 256 p.

5. Mangushev R. A., Konyushkov V. V., Sapin D. A. *Inzhenerno-geotekhnicheskie izyskaniya pri stroitel'stve i rekonstruktsii v usloviyakh plotnoy gorodskoy zastroyki* [Engineering and geotechnical investigations for

construction and reconstruction in condition of dense urban development]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction*, 2016, no. 5, pp. 47–54

6. Mangushev R. A., et al. *Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamenty, podzemnye sooruzheniya* [Handbook of geotechnical engineering. Foundation, foundations, underground structures]. Moscow, ASV Publ., 2016, pp. 851–875.

7. Konyushkov V. V. *Inzhenernaya zashchita territoriy ot sklonovykh protsessov s uchetom prirodnykh usloviy i tekhnogennykh vozdeystviy* [Engineering protection of lands from erosion processes, taking into account natural conditions and anthropogenic influences]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2017, no. 2 (61), pp. 137–142.

8. Konyushkov V. V., Veselov A. A., Belyy A. A. *Inzhenernoe osvoenie i blagoustroystvo territorii na zol'nykh gruntakh dlya rasshireniya konteynernogo terminala morskogo porta v Sankt-Peterburge* [Engineering development and landscaping on the ash soils for the expansion of the container terminal at the sea port in Saint-Petersburg]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2017, no. 3 (62), pp. 70–76.