

УДК 699.8

**АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ
С ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТЬЮ В РЫХЛЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ПЕСКАХ**

**PROCESS SAFETY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION
DURING CONSTRUCTION AND RENOVATION OF BUILDINGS
WITH UNDERGROUND SPACE IN LOW-DENSITY SATURATED SANDS**

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)
(Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences)
E-mail: n.s.nikiforova@mail.ru

Приводится анализ указаний нормативных документов по строительству зданий и сооружений с подземной частью на рыхлых водонасыщенных песках, описываются негативные ситуации при возведении некоторых объектов, сравниваются усилия в "стене в грунте" в песках рыхлого и плотного сложений, даются рекомендации по преобразованию оснований, сложенных рыхлыми водонасыщенными песками.

Paper contains analysis of standards' instructions on buildings and structures construction with underground space on low-density saturated sands, noteworthy construction cases, comparison of forces in diaphragm wall made in low or high density sands, recommendations on soil improvement.

Ключевые слова: производственная и экологическая безопасность, подземные сооружения, реконструкция, рыхлые водонасыщенные пески.

Keywords: process safety and environmental protection, underground structures, renovation, low-density saturated sands.

Строительство и реконструкция промышленных объектов, в том числе текстильной промышленности, может предусматривать устройство подземных частей сооружений. Особенно сложно решать вопросы безопасности подземного строительства и соблюдения экологических норм в рыхлых водонасыщенных песках. Академик РАН В.И.Осипов [1] указывает, что важной особенностью инженерно-геологического строения основания территории г. Москвы является наличие древних эрозионных долин, заполненных, как правило, тонкозернистыми пылеватыми песками, которые легко переходят в плавунное состояние и приводят к критическим ситуациям при подземном строительстве. Вследствие воздействия вибраций при работе оборудования текстильной промышленности возможно как доуплотнение рыхлых песков, так и виброползучесть. Как показывает опыт, подземное строительство в этих случаях требует преобразования свойств проблемных грунтов. Нормативная база по подземному строительству в рыхлых водонасыщенных песках содержит следующие положения.

В *Приложении А (п.А.9) СП 248.1325800.2016. Сооружения подземные. Правила проектирования* указывается на то, что рыхлые водонасыщенные пески четвертичного возраста, залегающие, например, на северо-западе Москвы, неблагоприятны для подземного строительства. Такие грунты способны доуплотняться при вибрационных или фильтрационных воздействиях, склонны к проявлению плавунных свойств и опасны своей способностью заполнять подземные полости и пространства при наличии в них доступа. В *5.14 ТСН50-304-2001. Основания, фундаменты и подземные сооружения* отмечается, что к специфическим грунтам на территории Москвы относятся рыхлые пески. В соответствии с п 7.7 для объектов геотехнической категории 3, к которой относятся сооружения с подземной частью, следует проводить опытные работы по преобразованию свойств грунтов выбранным методом. *ТСН 50-302-2004. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге* запрещает

применение свай и шпунтовых стен в зонах примыкания, погружаемых механическими или дизельными молотами, а также вибропогружателем, даже за пределами 20-метровой зоны от контура соседнего здания в случае, если в естественном основании существующего здания есть рыхлые пески (п. 13.4). Вопросы виброползучести рассмотрены в [5].

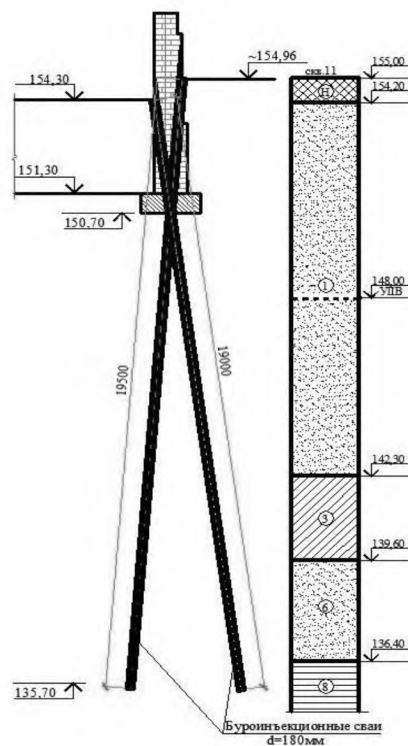


Рис. 1

Имеющийся опыт позволяет сделать вывод о том, что применение свай усиления в качестве защитных мероприятий для зданий в зоне влияния подземного строительства в рыхлых водонасыщенных песках может оказаться неэффективным [2]. При устройстве ограждения котлована на северо-западе Москвы методом непрерывного проходного шнека (НПШ) для пристройки к существующему зданию, фундаменты которого были предварительно усилены буроинъекционными сваями (рис. 1 – схема усиления буроинъекционными сваями фундамента здания на рыхлых песках в северо-западном районе Москвы [2]: н – насыпные грунты; 1 – пески от мелких до средней крупности, рыхлые (вся толща после устройства ограждения котлована); 3 –

суглинки полутвердые; 6 – пески от мелких до средней крупности, средней плотности; 8 – глины полутвердые), произошло еще большее разуплотнение песков. При этом у рыхлых песков модуль деформации уменьшился с 17,0 до 13,5 МПа, а угол внутреннего трения песков снизился с 31 до 28 град. Вследствие этого возникли сверхнормативные деформации основания здания. Это было вызвано разуплотнением грунта вокруг свай усиления его фундаментов примерно на половине их длины, что привело к снижению их несущей способности. Проф. Ван Импе также отмечает разуплотнение рыхлых песков при устройстве свай СФА (НПШ) [3].

Кроме того, при прогнозировании осадки зданий и сооружений в зоне влияния подземного строительства в рыхлых водонасыщенных песках необходимо учитывать осадку, обусловленную технологией производства работ "нулевого цикла". Так, на вышеописанном объекте на северо-западе Москвы при устройстве фундаментов в котловане для пристройки из буронабивных свай Ø 600 мм под защитой обсадных труб и бетонировании методом вертикально перемещающейся трубы технологическая осадка существующего здания на буроинъекционных сваях от устройства буронабивных свай с опережающим погружением обсадной трубы с грунтовой пробкой достигла 2...8 мм (рис. 2 – технологические осадки здания на рыхлых песках в северо-западном районе Москвы при устройстве ограждения котлована: 1 – методом погружения обсадной трубы со шнеком, 2 – то же вдоль здания; 3, 4 – методом НПШ и 5 – буронабивных свай Ø 600 мм под пристройку (НИИСФ РААСН, 2014)).

Для обеспечения сохранности окружающей застройки в зоне влияния подземных объектов, строящихся открытым способом, при наличии в ее основании рыхлых водонасыщенных песков также рекомендуется использовать активные защитные мероприятия, например, распорки с домкратами. Численные исследования, проведенные в [4] для исторического здания по адресу ул.1-я Брестская, 66 в Москве, установили,

что их применение снижает осадку до нормативного значения, равного 5 мм.

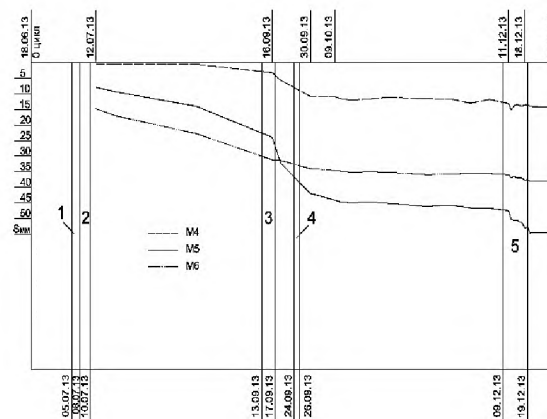


Рис. 2

Численные расчеты, выполненные в программе PLAXIS 2D Незамаевым В.М. (МГСУ), показали, что при строительстве здания с подземной частью методом "top-down" в рыхлых мелких песках момент в "стене в грунте" толщиной 0,6 м в 2,9...2,4 раза больше, чем в плотных песках (соответственно 274 и 92 кНм на стадии откопки котлована и 253 и 104 кНм на стадии завершения строительства), а осадка здания на расстоянии 4,0 м от котлована – в 2 раза, то есть 10 и 5 мм соответственно (рис. 3 – общие перемещения грунтового массива, сложенного рыхлыми водонасыщенными песками, на стадии завершения строительства). При методе строительства с распорками в рыхлых песках возникали сверхнормативные осадки окружающей застройки.

Предпочтительно осуществлять преобразование грунтов (например, закрепление) каким-либо методом для предотвращения их выноса в полость при устройстве ограждения котлована (из "стены в грунте", буровых свай), или уплотнения вследствие динамических воздействий от работающих механизмов. Рекомендации по строительству подземных сооружений в рыхлых песках содержатся в *СТО НОСТРОЙ 2.3.18–2011. Освоение подземного пространства. Укрепление грунтов инъекционными методами*. Согласно п.6.5.3 Однокомпонентный

способ (Jet-1) обработки грунта рекомендуется применять для укрепления рыхлых (крупно- и среднезернистых песков), а двух (Jet-2)- и трехкомпонентный (Jet-3) для укрепления мелкозернистых песков.

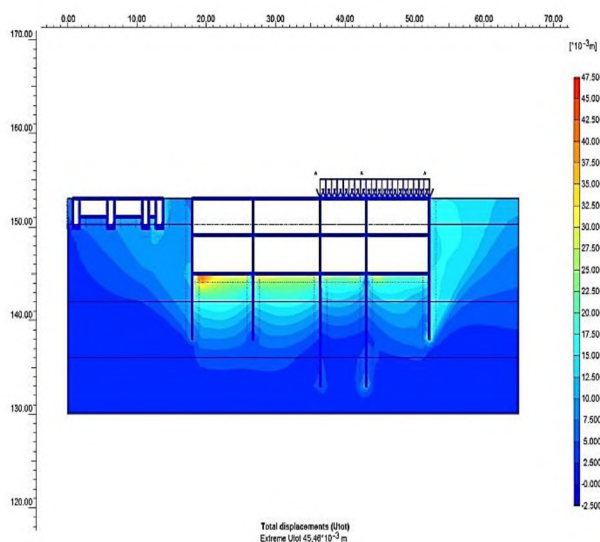


Рис. 3

Положения по закреплению рыхлых песков содержатся в *СТО 17466563-001–2011. Рекомендации по инъекционному закреплению грунтов с применением особо тонкодисперсного минерального вяжущего (ОТДВ) "Микродур". Правила проектирования и производства работ (М., 2011) (Стандарт организации НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, разработан совместно с ООО "Веста инж")*.

Инъекция быстротсхватывающегося цементного раствора в рыхлые водонасыщенные пески и последующая их кольматация может привести к высокой степени фильтрационной неоднородности водонасыщенных песков и вызвать суффозионные процессы, загрязнение подземных вод и ухудшение экологической ситуации. Суффозия, в свою очередь, провоцирует развитие дополнительных осадков окружающей застройки. Примером вышесказанного является строительство Алабяно-Балтийского тоннеля в Москве в рыхлых водонасыщенных песках, потребовавшего усиления фундаментов зданий в зоне его влияния.

ВЫВОДЫ

1. Наличие рыхлых водонасыщенных песков по сравнению с песками средней плотности существенно увеличивает момент в ограждении котлована и осадку соседних зданий.

2. При строительстве и реконструкции зданий и сооружений с подземной частью в рыхлых водонасыщенных песках необходимо учитывать технологические осадки окружающей застройки, вызванные уплотнением рыхлых песков вследствие ряда факторов: понижения уровня подземных вод, динамических воздействий от работающих механизмов и транспорта, возможного выноса песков в полость обсадной трубы или траншею для устройства "стены в грунте" и пр.

3. Применение свай усиления в качестве защитных мероприятий для зданий в зоне влияния подземного строительства в рыхлых водонасыщенных песках может оказаться неэффективным. Предпочтительно осуществлять преобразование грунтов (например, закрепление, в том числе по технологии струйной цементации).

4. Вопросы строительства подземных сооружений в рыхлых водонасыщенных песках требуют дополнительной проработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Осинов В.И.* Геологические условия градостроительного развития г. Москвы. – М.: Комитет по телекоммуникациям и средствам массовой информации г. Москвы. Издательская программа Правительства Москвы, 2005.
2. *Никифорова Н.С.* Обеспечение сохранности зданий в зоне влияния подземного строительства. – 2-е изд. – М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2016.
3. *Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г.* Геотехническое сопровождение развития городов. – СПб: Стройиздат Северо-Запад, 2010.
4. *Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Готман Ю.А., Тушиков М.М., Трофимов Е.Ю.* Анализ применения активных и пассивных методов защиты при подземном строительстве // *Жилищное строительство*. – 2013, №6. С.25...27.
5. *Справочник геотехника*. – 2-е изд., доп. и перераб. / Под ред. В.А.Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: АСВ, 2016.

REFERENCES

1. Osipov V.I. Geologicheskie uslovija gradostroitel'nogo razvitija g. Moskvy. – M.: Komitet po telekommunikacijam i sredstvam massovoj informacii g. Moskvy. Izdatel'skaja programma Pravitel'stva Moskvy, 2005.

2. Nikiforova N.S. Obespechenie sohrannosti zdaniy v zone vlijanija podzemnogo stroitel'stva. – 2-e izd. – M.: Izd-vo MISI-MGSU, 2016.

3. Ulickij V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G. Geotekhnicheskoe soprovozhdenie razvitija gorodov. – SPb: Strojizdat Severo-Zapad, 2010.

4. Il'ichev V.A., Nikiforova N.S., Gotman Ju.A., Tupikov M.M., Trofimov E.Ju. Analiz primeneniya aktivnyh i passivnyh metodov zashhity pri podzemnom stroitel'stve // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2013, №6. S.25...27.

5. Spravochnik geotekhnika. – 2-e izd., dop. i pererab. / Pod red. V.A.Il'icheva i R.A. Mangusheva. – M.: ASV, 2016.

Рекомендована Ученым советом. Поступила 03.04.17.
