

УДК 624.1

**О.А. Маковецкий, В.В. Галимова, К.А. Миллер**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

## **ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО БАРЬЕРА, ВЫПОЛНЕННОГО ПО ТЕХНОЛОГИИ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТА**

Рассмотрены вопросы актуальности возведения геотехнических барьеров, их моделирования и обеспечения устойчивости.

**Ключевые слова:** геотехнический барьер, струйная цементация, грунтовый анкер, деформации, напряженно-деформированное состояние.

В настоящее время в связи с недостатком земельных ресурсов в городах возникает необходимость строительства в стесненных условиях, а также освоения подземного пространства. Вследствие чего первостепенной задачей становится обеспечение безопасности и сохранение нормального режима эксплуатации существующих зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния нового строительства. Для обеспечения безопасности зданий и сооружений необходимо достоверное прогнозирование дополнительных деформаций, возможных осадок существующей застройки в «зоне влияния». При возникновении угрозы нормальной эксплуатации проектная организация должна разработать комплекс мероприятий, для защиты фундаментов и несущих конструкций.

Можно выделить несколько причин возникновения угрозы нормальной эксплуатации здания:

1. Изменение напряженно-деформированного состояния грунтового массива, вследствие нового строительства. Данные изменения чаще всего определяются (прогнозируются) на этапе численного моделирования системы основание – здание – окружающая застройка.

2. Температурное воздействие в процессе устройства новых подземных сооружений. Такие изменения проявляются в темпера-

турных деформациях распорок и ограждающих конструкций котлована. Это может вызвать перемещение прилегающего грунтового массива. Чаще всего указанные воздействия прогнозируются на этапе численного моделирования при проведении специальных теплотехнических и деформационных расчетов.

3. Осадки, связанные с устройством котлованов и грунтовых анкеров. Чаще всего данные осадки непредсказуемы в ходе численного моделирования. Прогнозы строят чаще всего на данных, полученных в ходе мониторинга с использованием специальных методов на объектах-аналогах.

4. Осадки, возникающие в связи с изменением гидрогеологической ситуации в процессе ведения работ. Данный вид возникает в случае применения водопонижения. Прогноз гидрогеологической ситуации в ходе строительства на основании специализированных расчетов проводится с достаточной долей вероятности.

Из указанных выше пунктов можно сделать вывод, что причин возникновения дополнительных деформаций зданий, попадающих в зону влияния нового строительства, много. Для минимизации влияния нового строительства необходимо проведение комплексного численного моделирования, обобщение опыта строительства аналогичных объектов. Дополнительные деформации нельзя предотвратить без надлежащего контроля за процессами на строительной площадке, без технического и научного сопровождения. Для проведения качественного численного моделирования необходимо изучить существующие технологии защиты окружающей застройки и их математические модели.

Существует множество защитных мероприятий, целью которых является снижение негативного влияния строительства на существующую застройку. Одним из них является устройство вертикального геотехнического барьера (ГБ). Также возможно применение ГБ в качестве противофильтрационных завес (экранов) от агрессивного воздействия грунтовых вод.

На сегодняшний день можно выделить несколько способов устройства геотехнических барьеров:

- забивной;
- бурозабивной;
- вдавливаемый;
- буронабивной;

- «стена в грунте»
- струйная цементация (технология «jet-grouting»).

В последние годы наиболее эффективным способом устройства геотехнического барьера является метод струйной цементации грунта, которая заключается в разрушении и перемешивании грунта высоконапорной струей цементного раствора. С помощью струйной геотехнологии в грунте создается армированный грунто-бетонный массив (ГБМ) разнообразной формы с физико-механическими характеристиками, превышающими характеристики самого грунта.

Опыт проектирования и устройства ограждений котлованов и методов их расчета с применением струйной геотехнологии освещен в работах И.И. Бройда [1], Ю.А. Готмана [2], А.В. Чернякова [3] и др. Основным расчетным требованием при проектировании геотехнического барьера является ограничение деформаций окружающих зданий и сооружений и связанных с ними горизонтальных перемещений ограждения [2]. Согласно СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85\*» п. 15.2 «Предельные перемещения» «для элементов конструкций зданий и сооружений, предельные прогибы и перемещения которых не оговорены настоящим и другими нормативными документами, вертикальные и горизонтальные прогибы и перемещения от постоянных, длительных и кратковременных нагрузок не должны превышать  $1/150$  пролета или  $1/75$  вылета консоли».

В трудах вышеперечисленных авторов для описания напряженно-деформированного состояния системы ограждение – ГБМ – грунт применяется классическая расчетная модель балки на упругом основании. Данный механизм моделирования не во всех аспектах описывает работу конструкции геотехнического барьера.

Таким образом, первым направлением дальнейших исследований является создание нового подхода к проектированию геотехнического барьера, суть которого заключается в ограничении предельных перемещений стенки. В предлагаемом подходе стенка рассматривается как пластинка, опертая по трем сторонам и работающая на изгиб в двух плоскостях. Такой подход позволит наиболее полно описать поведение геотехнического барьера, как следствие, повысить прогнозируемость поведения ограждающей конструкции. Учет наибольшего числа факторов приведет к



Проектирование грунтовых анкеров в составе крепления ограждающих конструкций котлованов должно основываться на результатах статических расчетов системы конструкция – грунтовый массив в соответствии с требованиями СП 22.13330, СП 45.13330, а также с использованием сертифицированных программных расчетных комплексов.

Процесс численного моделирования и описания процессов является неотъемлемой частью современной геотехники. Задача проектировщика – построить четкую расчетную схему, способную описать наиболее важные особенности работы конструкции, по которым оценивается их влияние. Процесс описания сложный и должен основываться на возможностях современной науки и накопленном опыте. Правильное описание работы ограждающей конструкции, особенности взаимодействия с грунтом – залог успеха и эффективности принятых решений.

### **Библиографический список**

1. Бройд И.И. Струйная геотехнология. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 448 с.
2. Готман Ю.А. Определение оптимальных размеров грунтоцементного массива, снижающего перемещения ограждений глубоких котлованов: дис. ... канд. техн. наук / МИИТ. – М., 2011. – 186 с.
3. Черняков А.В. Совершенствование теоретических основ и практических методов применения струйной цементации грунтов в конструктивных решениях транспортных сооружений: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / МАДИ. – М., 2011. – 43 с.

### **References**

1. Broid I.I. Struinaya geotekhnologiya [Blasting geotechnology]. Moscow: Izd-vo ASV, 2004. 448 p.
2. Gotman Y.A. Opredelenie optimalnykh razmerov gruntotsementnogo massiva, snizhayushchego peremescheniya ograzhdenii glubokikh kotlovanov [Determination of the optimal size of the array grouting, reducing movement fences deep excavations]: dis. ... kand. tekhn. nauk. □ Moscow: Moscow State University of Railway Transport, 2011. 186 p.
3. Chernyakov A.V. Sovershenstvovanie teoreticheskikh osnov i prakticheskikh metodov primeneniya struinoy tsementatsii gruntov v konstruktivnykh resheniyakh transportnykh sooruzhenij [Improvement of theoretical and practical methods of applying jet grouting soil in constructive solutions transport facilities]: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. □ Moscow: Moscow State University of Railway Transport, 2011.

Получено 27.02.2014

**O. Makovetsky, V. Galimova, K. Miller**

## **QUESTIONS AND DESIGN OF BARRIER GEOTECHNICAL MADE BY TECHNOLOGY JET GROUTING SOIL**

The article discusses the relevance of the construction of geotechnical barriers, their modeling and sustainability.

**Keywords:** geotechnical barrier, jet grouting, ground anchor, deformation, stress-strain state.

**Маковецкий Олег Александрович** (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: oleg-mak@inbox.ru).

**Галимова Виктория Викторовна** (Пермь, Россия) – магистрант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: viking103@eandex.ru).

**Миллер Каролина Альбертовна** (Пермь, Россия) – магистрант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: umka711@mail.ru).

**Makovetsky Oleg** (Perm, Russia) – Ph.D. in Technical Sciences, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: oleg-mak@inbox.ru).

**Galimova Viktoria** (Perm, Russia) – Undergraduate Student, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: viking103@yandex.ru).

**Miller Karolina** (Perm, Russia) – Undergraduate Student, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: umka711@mail.ru).