

## **УСИЛЕНИЕ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ ИНЪЕЦИРОВАНИЕМ ПОДВИЖНЫХ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ**

**Нуждин М.Л.**, директор, **Нуждин Л.В.**, канд. техн. наук, проф.  
(ООО «НПЭКП «ОиФ», Новосибирский государственный  
архитектурно-строительный университет, г. Новосибирск, Россия).  
**Хасанов А.З.**, д-р техн. наук, проф., **Хасанов З.А.**, канд. техн. наук  
(Государственный архитектурно-строительный институт,  
ООО «Геофундаментпроект», г. Самарканд, Узбекистан).

В статье приведено описание щадящей геотехнологии усиления грунтового основания и фундаментов исторических памятников Узбекистана – высоконапорного группового инъецирования подвижных цементно-песчаных смесей.

This article considers the alternative of the reinforcement of ground basements of historical monuments in the Central Asia with reduced impact geotechnics. Reduced impact geotechnics are job practices which do not interfere with the existing basement structure of buildings and minimize the impact on a ground base, which may degrade the basement condition during the works.

В геотехнической практике нередко возникают задачи усиления грунтового основания и фундаментов, требующие повышенного внимания к обеспечению сохранности зданий. К подобным объектам в полной мере относятся архитектурно-исторические памятники Центральной Азии. Усиление фундаментов и грунтового основания подобных зданий необходимо проводить специальными – «щадящими» геотехнологиями, исключая вмешательство (как правило, способное вызвать дополнительные деформации и повреждения) в существующие строительные конструкции. При этом одним из важнейших требований является минимизация послеремонтных осадок зданий, способных ухудшить их техническое состояние.



Рис. 1. Мавзолей Бурханиддина Сагарджи в г. Самарканде (XIV в).  
Цокольная часть здания и ленточные фундаменты.

К «щадящим» следует относить технологии производства работ не оказывающие прямого физического воздействия на фундаменты усиливаемых зданий, неизбежно осуществляемого, например, при подведении свай, при увеличении подошвы фундаментов мелкого заложения и пр. К «щадящим» технологиям относится метод усиления грунтового основания направленным инъецированием подвижных цементно-песчаных смесей.

Исторические памятники Узбекистана (в первую очередь мечети и медресе) представляют собой прямоугольные постройки, огражденные стеной с высоким порталным входом и внутренним двором, окаймляемым двумя или четырьмя сводчатыми айванами и обводными одноэтажными или двухэтажными худжрами, выполняемыми в виде галерей. На противоположной от входа стороне расположено главное здание открытое просторной аркой во двор. В углах стен часто имеются двух– или трехзвеньевые минареты.

Здания, как правило, имеют один или два этажа, наружные несущие стены и купольное покрытие, выполненные из плоских прямоугольных кирпичей. Большинство строений, за исключением минаретов, характеризуются относительно небольшими нагрузками, передаваемыми на фундаменты. Фундаменты обычно ленточные мелкого заложения с шириной подошвы, близкой к ширине несущих стен – 0,9...1,2 м. Ширина фундаментов под устои в купольной части здания может достигать 3,0...4,0 м. Глубина заложения по-

дошвы определяется конструктивными требованиями и изменяется от 1,5...2,0 м до 3,0...4,0 м от поверхности земли. Материал фундаментов – кирпичная кладка с гипсовым заполнителем и рваный бут на глиняном растворе.

На рис. 1 и 2 представлены типичные конструктивные решения фундаментов исторических зданий Узбекистана.



Рис. 2. Пример фундаментов зданий XIV века постройки в г. Бухаре

Основанием фундаментов часто служит антропогенный слой грунта, мощностью 5,0 м и более, характеризующийся существенной неоднородностью слоения: наличием прослоев грунтов различной консистенции с отличающимися деформационными свойствами, включениями кирпичного боя, шлама и бута, наличием пустот, каверн и пр.

Интенсивное развитие мелиорации в последние десятилетия, прокладка коммуникаций, экранирование поверхности территорий асфальтовым покрытием и другие факторы вызвали существенное увеличение влажности и подъем уровня грунтовых вод. Это является причиной существенных деформаций грунтового основания и появления дополнительных неравномерных осадков фундаментов, в т.ч. исторических зданий и сооружений, возрастом четыреста и более лет. В настоящее время многие здания Центральной Азии нахо-

дятся в неудовлетворительном техническом состоянии и подлежат восстановлению и реставрации.

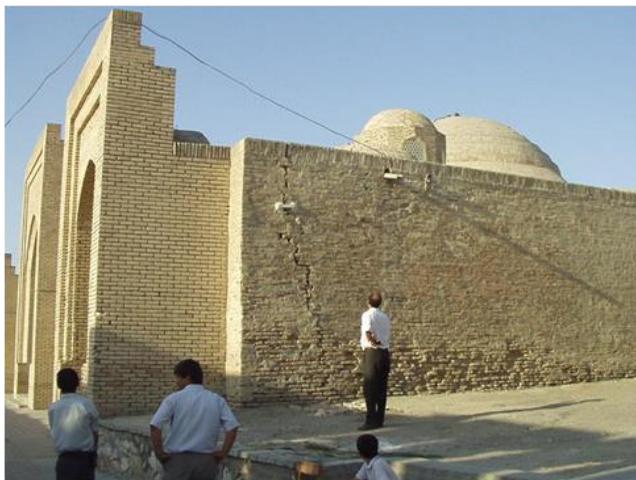


Рис. 3. Образование трещин в стенах мавзолея Тим Абдулла-хана династии Шейбанидов (1577 г)

Одним из способов усиления грунтового основания и фундаментов является метод высоконапорного направленного инъецирования. Его сущность заключается в нагнетании в грунт подвижной цементно-песчаной смеси под давлением, превышающим структурную прочность грунта, одновременно через несколько инъекторов. В результате сплошность грунтового массива нарушается, и в нем образуются трещины заполняемые раствором, после твердения которого, в основании формируются твердые инъекционные тела. Метод предусматривает расположение инъекторов в определенном геометрическом порядке [1, 3, 4]. Одновременное нагнетание раствора через три и более инъекторов, расположенных в плане вдоль прямой линии, создает в грунтовом массиве плоское вертикально ориентированное инъекционное тело. Нагнетание через инъекторы, расположенные в вершинах воображаемого треугольника приводит к созданию горизонтально ориентированного тела дисковидной формы.

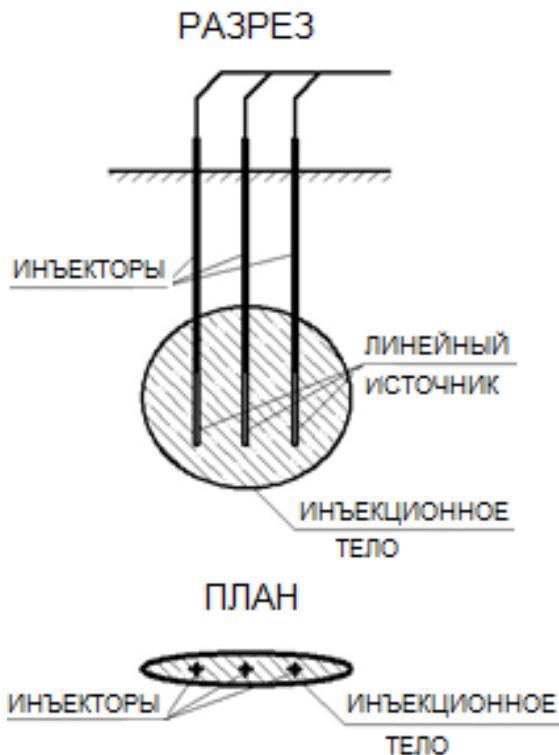


Рис. 4. Схема формирования вертикально ориентированного инъекционного тела

Согласно разработанной технологии усиление фундаментов мелкого заложения производится в два этапа. Первый этап заключается в формировании вертикально-ориентированных инъекционных тел – «стенок», с обеих сторон ленточного фундамента или со всех сторон столбчатого. Искусственно созданные локально укрепленные области основания выполняют функцию армирующих элементов, способствующих уменьшению удельного давления на слабые грунты, расположенные в активной области основания. Кроме этого форма укрепленной области создает подобие компрессионных условий под подошвой фундамента, что положительно сказывается на стабилизации деформаций основания.

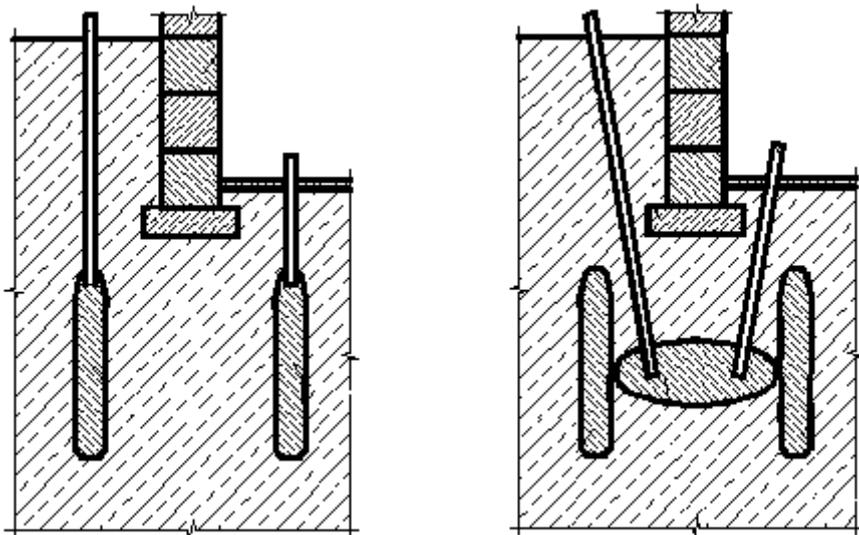


Рис. 5. Принципиальная схема усиления фундаментов мелкого заложения методом высоконапорного направленного инъецирования

Сформированные «стенки» также препятствуют возможности неконтролируемого распространения раствора при работах второго этапа, что особенно актуально при усилении основания содержащего антропогенный слой большой мощности, неоднородный по составу, с включением пустот, строительного мусора, органики и пр., т.к. при инъецировании преимущественно заполняются пустоты и слабые неуплотненные прослойки грунта.

Для полной стабилизации осадок фундаментов и, особенно, с целью частичного устранения возникших деформаций выполняются работы второго этапа. Они состоят в нагнетании раствора в грунт под подошву фундамента между «стенок» и его уплотнении вплоть до создания избыточных давлений, способствующих некоторому «подъему» здания. Как показывают натурные исследования, нагнетанием в грунт раствора можно добиться реального подъема достаточно тяжело нагруженных фундаментов. Поэтому данный процесс должен тщательно контролироваться.

При работах второго этапа, под подошвой, формируют горизонтально ориентированные тела, формируемые подачей подвижного

цементно-песчаного (иногда с добавлением известкового для повышения пластичности) раствора через группу из трех инъекторов, расположенных в вершинах воображаемого равностороннего треугольника.

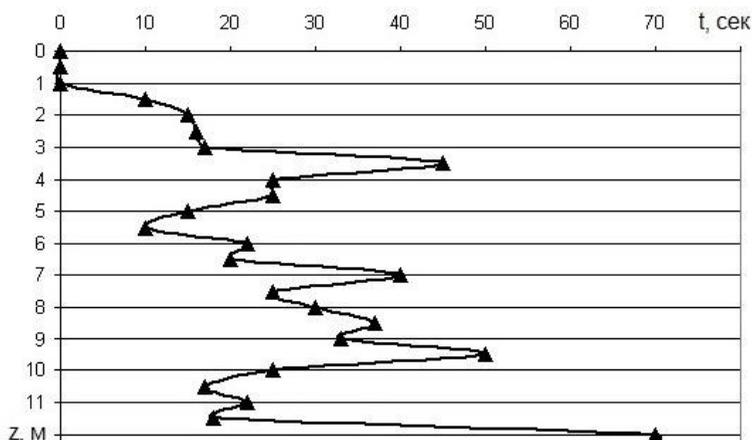


Рис. 6. График динамического зондирования грунтов в процессе производства работ

Нагнетание может производиться на одном или нескольких инъекционных горизонтах. Назначение количества и высотного расположения инъекционных горизонтов зависит от инженерно-геологических условий площадки и проверяется по результатам контроля скорости погружения инъекторов в грунт – своего рода «динамического зондирования».

Применение метода высоконапорного направленного инъецирования для усиления оснований фундаментов исторических памятников Узбекистана позволяет обеспечить их восстановление и последующую сохранность. В грунтовых условиях исторической застройки Узбекистана проведение этих работ характеризуется относительно низкой стоимостью при высокой эффективности.

В настоящее время выполнена апробация описанных в статье методов на опытных полигонах Средней Азии, выполнены проектные решения и подготовительные мероприятия для реконструкции ряда зданий и сооружений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нуждин М.Л. Использование цементно-песчаных смесей для уплотнения грунтового основания высоконапорной направленной инъекцией / М.Л. Нуждин // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). Вип. 59 – Київ, НДІБК, 2003. – С. 430-433.

2. Нуждин М.Л. Применение инъекционных кондукторов для предупреждения возникновения сверхнормативных кренов фундаментных плит методом группового высоконапорного инъецирования // Геотехнические проблемы строительства крупномасштабных и уникальных объектов: Труды Междунар. геотехнической конф. – Алматы, 2004. – С. 351-354.

3. Лавров С.Н., Нуждин Л.В., Нуждин М.Л., Писаненко В.П. Способ усиления грунтового основания. Патент на изобретение № 2259446 РФ, С2 Е 02D 3/12. Заявлено 15.07.2003. Зарегистрировано 27.08.2005. Бюл. № 24.

4. Лавров С.Н., Нуждин Л.В., Нуждин М.Л., Писаненко В.П. Способ усиления грунтового основания. Патент на изобретение № 2259447 РФ, С2 Е 02 D 3/12. Заявлено 15.07.2003. Зарегистрировано 27.08.2005. Бюл. № 24.

5. Nuzhdin M.L. Erection many-storey buildings one plate foundation with application high-pressure injection method / M.L. Nuzhdin, L.V. Nuzhdin // Proc. of the 14th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Hong Kong, 2011. – p. 219.

6. Хасанов А.З. Пособие по проектированию преобразованных оснований в виде вертикально армированных грунтов буробетонными и сваями из грунтовых материалов для малоэтажных зданий на просадочных лессовых и не просадочных глинистых грунтах / А.З. Хасанов, И.И. Усмонходжаев, З.А. Хасанов – Ташкент, 2010. – 37 с.