

УДК 624.159.4

УСИЛЕНИЕ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ НАГНЕТАНИЕМ
ПОДВИЖНОГО ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОГО РАСТВОРА
В РЕЖИМЕ ГИДРОРАЗРЫВА

М. Л. НУЖДИН, А. В. ФЕЛЬДБУШ

Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет (Сибстрин)
Новосибирск, Россия

Одним из эффективных способов усиления грунтового основания фундаментов в ходе реконструкции или инженерной подготовки под новое строительство является инъецирование подвижного цементно-песчаного раствора в режиме гидроразрыва [1–7].

Процесс инъецирования заключается в подаче раствора под давлением, превышающим структурную прочность грунта, что приводит к нарушению его сплошности в виде щелевых разрывов с последующим их заполнением инъекционной смесью. После твердения смеси в основании формируются тела с высокими физико-механическими характеристиками, армирующие грунтовый массив [2–5], а также уплотняющие окружающий грунт [1, 4].

Нагнетание в режиме гидроразрыва позволяет решить большое количество геотехнических задач: усиление грунтового основания и фундаментов зданий; выравнивание неравномерных деформаций и кренов; усиление свайных фундаментов; стабилизация просадочных и усиление вечномерзлых грунтов; снижение воздействия динамических нагрузок [6] и др.

Однако существенным недостатком этого способа является невозможность предсказания количества, направления и размеров трещин, образующихся в грунтовом основании при высоконапорном инъецировании через один источник – иньектор.

В настоящее время существует несколько подходов к решению этой проблемы: использование иньекторов специальной конструкции; выполнение технологических приемов, локализирующих распространение инъекционного раствора; метод группового высоконапорного инъецирования [1].

Часто в строительной практике используется манжетная технология, позволяющая управлять процессом нагнетания. Инъецирование ведется через металлические перфорированные трубы с отверстиями, расположенными по высоте с определенным шагом. Снаружи отверстия перекрываются резиновыми манжетами, выполняющими роль обратного клапана. Иньектор с пакером погружается до проектного горизонта – уровня соответствующих отверстий. Давление нагнетания разрывает манжету и обойму, инъекционный раствор внедряется в грунт, при этом пакер препятствует движению раствора внутри иньектора.

Для локализации распространения инъекционного раствора в грунте при инъецировании через одиночный иньектор смесь нагнетают с кратковременными паузами для «самозалечивания» возникающих трещин и разрывов в

грунтовым массиве. Затем выполняется предварительное ослабление пристенного слоя в пределах образуемой полости с целью формирования оболочки из слабого грунта, препятствующей образованию трещин, и производится нагнетание раствора под давлением, не превышающим величины давления гидроразрыва с опрессовкой грунта высоким давлением после завершения процесса инъецирования [7].

Сущность метода группового высоконапорного инъецирования заключается в одновременном нагнетании цементно-песчаного раствора через несколько инъекторов. При расположении инъекторов вдоль прямой линии, с образованием в грунте под их нижними концами линейных полостей глубиной $10d \dots 20d$ (где d – диаметр инъектора), в основании формируется плоское вертикальное тело. Одновременная подача раствора через инъекторы, расположенные в вершинах равностороннего треугольника, с образованием точечных полостей глубиной $1d \dots 3d$, приводит к созданию горизонтального тела дисковидной формы. В обоих случаях расстояния между инъекторами не должны превышать $20d$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общ. ред. В. А. Ильичева, Р. А. Мангушева. – 3-е изд., доп. и перераб. – Москва: АСВ, 2023. – 1084 с.
2. **Ибрагимов, М. Н.** Закрепление грунтов в подземном строительстве / М. Н. Ибрагимов, В. В. Семкин, А. В. Шапошников. – Москва: АСВ, 2022. – 434 с.
3. **Нуждин, М. Л.** Расчетное обоснование эффективных схем усиления фундаментов мелкого заложения контурным армированием жесткими армоэлементами / М. Л. Нуждин, А. Б. Пономарев // Construction and Geotechnics. – 2022. – Т. 13, № 4. – С. 5–16.
4. **Нуждин, М. Л.** Экспериментальное подтверждение возможности создания в грунтовым массиве инъекционных тел установленной формы / М. Л. Нуждин, Л. В. Нуждин // Изв. вузов. Строительство. – 2019. – № 10. – С. 101–112.
5. **Филимонов, С. Д.** Опыт использования метода цементации в режиме гидроразрыва на объектах фирмы «Геомассив» / С. Д. Филимонов // Тр. VI Петрухинских чтений. – Москва: Строительство, 2022. – С. 37–43.
6. **Нуждин, М. Л.** Снижение колебаний свайных фундаментов под машины с динамическими нагрузками методом высоконапорного группового инъецирования / М. Л. Нуждин, Л. В. Нуждин // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 1. – С. 41–52.
7. **Лушников, В. В.** Высоконапорная инъекция грунтов как способ создания геотехногенных систем в строительстве / В. В. Лушников, В. А. Богомолов // Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий: материалы Междунар. симп.: в 2 т. – Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС, 2001. – Т. 2. – С. 732–740.