

Расчеты несущей способности грунтов основания свай практическим методом и методом статического зондирования по двум скважинам показали, что большого систематического различия результатов ни одним из методов не выявлено. Расхождение между методами находится в пределах точности инженерно-геологических изысканий и допусков, принятых в механике грунтов. Таким образом, оба метода демонстрируют приемлемую сходимость и могут использоваться в проектной практике.

Однако определение несущей способности свай методом статического зондирования является наиболее приближенным к реальным данным, так как сопротивления грунтов по боковой поверхности и под концом сваи получены опытным путем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ТКП 45-5.01-256-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Сваи забивные. Правила проектирования и устройства. – Введ. 01.07.2012. – Минск : Минстройархитектуры, 2013. – 141 с.

2 **Берлинов, М. В.** Расчет оснований и фундаментов : учеб. пособие для студ. строит. вузов / М. В. Берлинов, Б. А. Ягупов. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2013. – 272 с.

3 СП 5.01.03-2023. Свайные фундаменты : актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Введ. 01.06.2023. – М. : Минстрой России, 2023.

4 **Рыжков, И. Б.** Статическое зондирование грунтов / И. Б. Рыжков, О. Н. Исаев // Энциклопедия «Башкортостан». – URL: <http://bbb.kcobr.ru/ru/articles/85708/> (дата обращения: 22.04.2026).

5 **Бушуев, В. В.** Статическое зондирование как основной метод полевых испытаний грунтов / В. В. Бушуев, А. А. Свертилов // Группа компаний «Информпроект». – URL: <https://mgk.we.iprosoft.ru/docs/1200046793/0/0> (дата обращения: 22.04.2026).

Получено 17.06.2026

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.
Вып. 31. Гомель, 2026

УДК 699.82

М. В. ЧЕТЧАЕВ, А. Н. ПУСЕНКОВА (ПСМ-21)

Научный руководитель – канд. техн. наук *А. А. ВАСИЛЬЕВ*

ИНЪЕКЦИОННАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ

Рассматриваются основные виды инъекционной гидроизоляции (ИГ), области и технология их применения. Показана значимость нормальной работы гидроизоляции строительных объектов. Приведена технологическая цепочка создания составов ИГ. Рассмотрены основные составы ИГ, их характеристики и область применения. Представлена технология производства работ по устройству ИГ. Показаны основные преимущества ИГ. Рассмотрены основные предприятия на территории Республики Беларусь, производящие ИГ.

Гидроизоляция играет критически важную роль в обеспечении долговечности и надёжности строительных объектов. Она защищает фундаменты, стены, подвалы и кровли от влаги, предотвращая разрушение, грибок и износ материалов.

Традиционные гидроизоляционные материалы, такие как рулонные и обмазочные, имеют недостатки. Они подвергаются износу, недолговечны и сложны в ремонте. Эти проблемы решает инъекционная гидроизоляция (ИГ) – нагнетание составов внутрь конструкции, что устраняет даже капиллярную влагу и создает водонепроницаемый барьер изнутри [1].

До инъекционных технологий ремонт гидроизоляции требовал полного вскрытия фундамента: выкапывали траншеи, вручную счищали старый битум, сушили стену и заново оклеивали ее, после чего засыпали грунт. Метод был дорогим, трудоемким, требовал техники и вызывал жалобы жителей из-за шума и пыли.

В 1980-х гг. немецкий концерн «МС-Bauchemie» предложил метод инъекционной гидроизоляции: в трещины и швы бетона нагнетаются полиуретановые или акриловые смолы, которые при контакте с водой расширяются и полностью заполняют пустоты.

Технология создания ИГ представляет собой сложный многоступенчатый процесс производства полимерных составов [1]. Технологическая цепочка состоит из следующих семи последовательных этапов: входной контроль сырья, высокоточное дозирование, вакуумное смешивание, введение модификаторов, лабораторный тест партии, дегазация и фильтрация, герметичная фасовка.

Входной контроль сырья на этом этапе включает проверку лабораторией химической чистоты базовых полимеров, фракционного состава микроцементов и отсутствия влаги в наполнителях, так как малейшая примесь воды может испортить основу.

После входного контроля проводится высокоточное дозирование, при котором с помощью автоматизированных весовых систем компоненты (основа, отвердители, пластификаторы) подаются в реактор в строго выверенных пропорциях. Затем выполняется вакуумное смешивание в диссоolverах, где происходит принудительное перемешивание состава на высоких оборотах, причем процесс часто идет в вакууме или среде инертного газа, чтобы исключить попадание пузырьков воздуха и окисление компонентов. На этапе введения модификаторов в промежуточной стадии замеса добавляются катализаторы, отвечающие за скорость полимеризации, и ингибиторы коррозии. После этого проводится лабораторный тест партии – специалисты проверяют вязкость, а также время жизни смеси. Затем выполняются дегазация и фильтрация, когда перед розливом состав проходит через систему тонких фильтров, чтобы исключить любые твердые частицы насоса. Завершает процесс герметичная фасовка, при которой готовый продукт раз-

ливается в тару, важнейшим условием является полная герметичность и закачка сухого воздуха или азота в свободное пространство канистры.

Для ГИ используют различные составы с учетом их назначения и области применения [1–3].

Полиуретановые инъекционные составы – жидкие полимерные смолы, для закачки в трещины, швы или грунт. При контакте с водой они вспениваются. Основное преимущество полиуретановых составов в том, что при контакте с влагой они вспениваются и расширяются, мгновенно останавливая даже сильные напорные течи. При этом после отверждения они остаются эластичными, что повышает долговечность. Данные гели в основном используют в местах протечек, а также для устройства гидрозавес.

Акрилатные гели – современные инъекционные материалы на основе акриловых полимеров, предназначенные для гидроизоляции строительных конструкций. Они представляют собой низковязкие жидкости, которые после введения в строительные конструкции полимеризуются с образованием мягкого, эластичного гидрогеля. Главный плюс акрилатных гелей заключается в том, что при контакте с влагой данный гель создает эластичный и долговечный водонепроницаемый барьер, что позволяет использовать его в местах постоянного контакта с водой. Также данный состав активно применяется для устройства гидрозавес.

Эпоксидные инъекционные составы – высокотекучие многокомпонентные материалы на основе эпоксидных смол, предназначенные для восстановления несущей гидроизоляции строительных конструкций. Благодаря низкой вязкости они способны проникать вглубь мельчайших трещин, пустот и пор бетона, где происходит их полимеризация. После отверждения образуют прочный, твердый и химически стойкий материал, который надежно склеивает трещину и армирует конструкцию изнутри. В основном их применяют для устройства гидроизоляции в строящихся зданиях.

Микроцементы – особо тонкодисперсные гидравлические вяжущие материалы на основе портландцементного клинкера, доменного гранулированного шлака и пуццолановых добавок с регулируемыми сроками схватывания. Их ключевая характеристика – предельно малый размер частиц: согласно европейским нормам, у микроцементов 95 % частиц должны быть мельче 20 мкм. Главное преимущество заключается в том, что микроцементы это минеральная суспензия, состоящая из мельчайших частиц портландцемента, воды и добавок, поэтому он не полимеризуется также как гели или эпоксидные смолы, а при контакте с водой образует суспензию и далее кристаллизуется, образуя в трещинах плотный слой, не пропускающий воду [4].

Силикатные инъекционные составы – жидкие растворы на основе жидкого стекла, модифицированные специальными добавками. Они предназначены для введения в грунты, кирпичную кладку или бетон с целью снижения водопоглощения и капиллярного подсоса влаги. При взаимодействии с

отвердителями или углекислым газом воздуха силикаты образуют нерастворимые гели кремниевой кислоты, заполняющие поры. В основном эти составы используют для закрепления грунтов, чтоб подземные воды не смогли проникнуть через грунт в сооружение.

Полиуретан-акрилатные гибриды представляют собой композиционные материалы, в которых полиуретановые и акриловые полимеры химически связаны на молекулярном уровне в единую структуру. Такие гибриды получают путем полимеризации акриловых мономеров в присутствии полиуретановой дисперсии, что обеспечивает образование межполимерных сеток и химических связей. Конечный продукт сочетает эластичность и прочность полиуретана с атмосферостойкостью и экономичностью акриловых полимеров.

Инъекционные составы на основе коллоидного кремнезема представляют собой водные суспензии наноразмерных частиц диоксида кремния, которые после введения в грунт или строительные конструкции образуют гелевую матрицу, заполняющую поровое пространство. Частицы кремнезема имеют характерный размер около 10 нм, что обеспечивает уникальную проникающую способность состава.

Инъекционные составы на основе метилметакрилатных смол – двухкомпонентные системы из мономеров и катализаторов, которые полимеризуются в высокоэластичную водонепроницаемую мембрану. Материал сохраняет свойства в широком диапазоне температур от -60 до $+60$ °С и может включать наполнители для придания дополнительных характеристик. Их главная особенность – сверхбыстрая полимеризация без потери текучести (это означает, что гель быстро застывает и успевает глубоко проникнуть, прежде чем застыть), что позволяет создавать прочный слой в толще грунта.

Инъекционная гидроизоляция – это современный способ защиты сооружений, элементов конструкций, заключающийся в закачке полимерных смесей вглубь применяемого материала. Эффективность укрепления конструкции выходит за счет вытеснения воды из трещин и стыков между отдельными элементами конструкции. Главным показателем для любой гидроизоляции является водонепроницаемость. Составы инъекционной гидроизоляции производят марок по водонепроницаемости W6–W20. Для частных подвалов при низком уровне вод используют составы с классом W6. В паркингах на влажных грунтах применяют W8–W10. Для тоннелей, глубоких фундаментов и резервуаров стандартом служат W12–W16. На спецобъектах вроде метро или дамб работают составы W18–W20.

При выполнении работ по устройству ИГ перфоратором бурят шпур, под углом 30 – 45 °С, с шагом 150 – 500 мм, глубиной $0,5$ – $0,7$ от толщины стены. В них вставляют и закрепляют металлические либо пластиковые трубчатые фрагменты – пакеры. Давление постепенно увеличивают, а при резком скачке или его стабильном сохранении в течение 30 – 60 с инъекци-

рование останавливают. При использовании полиуретановых материалов каждые 40 мин работы оборудование промывают растворителем. Через 24 ч после завершения инъекционных работ пакеры демонтируют, а отверстия заполняют ремонтным составом.

Область рационального использования ИГ представлена в таблице 1.

На территории Республики Беларусь присутствуют химические предприятия, на которых также производят инъекционную гидроизоляцию, например, ООО «Пенетрон-Бел» и ООО «Главснабинвест». Данные промышленные заводы производят инъекционную гидроизоляцию типов «полиуретановые инъекционные составы» и «акрилатные гели». Основной инъекционной продукцией являются «Скрепа М600», «Пенекрит» и составы MC-Injekt.

Таблица 1 – Применение инъекционной гидроизоляции в строительстве

Объект применения	Полиуретановые (стандартные)	Акрилатные гели	Эпоксидные	Микроцементы	Силикатные	Полиуретан-акрилатные гибриды	На основе коллоидного кремнезёма	Метилметакрилатные смолы
Фундаменты (трещины, стыки)	+	+	+	+	–	+	–	–
Подвалы (стены, пол)	+	+	+	+	–	+	–	–
Подземные паркинги	+	+	+	+	–	+	–	–
Шакты лифтов	+	+	+	+	–	+	–	–
Плотины, дамбы	+	+	–	+	+	–	+	–
Бассейны	–	+	+	+	–	+	–	–
Резервуары для воды	–	+	+	+	–	+	–	–
Тоннели, метро	+	+	+	+	–	+	–	+
Деформационные швы	–	+	–	–	–	+	–	–
Холодные швы бетонирования	+	+	+	+	–	+	–	–
Входы коммуникаций	++	+	–	+	–	–	–	–
Кирпичная/блочная кладка (пустоты)	+	+	–	+	+	–	+	–
Стыки «стена-пол»	+	+	–	+	–	–	–	–
Гидрозавесы	–	+	–	–	–	–	–	–
Стабилизация грунтов	–	–	–	+	–	–	–	–

Инъекционная гидроизоляция представляет собой высокoeffективный современный метод защиты строительных конструкций от влаги. В отличие от классического ремонта, требующего масштабных земляных работ, высоких трудозатрат и доставляющего неудобства жителям, инъекционная технология позволяет точно и быстро устранять протечки изнутри конструкции за счёт нагнетания полимерных составов в трещины и швы. Благодаря широкому выбору материалов возможно подобрать решение для любых условий. Несмотря на то, что стоимость материалов и оборудования может быть выше традиционных, инъекционная гидроизоляция многократно оку-

пается за счёт долговечности, отсутствия необходимости вскрытия конструкций и минимальных эксплуатационных затрат. Инъекционная гидроизоляция является инновационным решением будущего, соединяющим достижения химии и строительных технологий для создания надёжной и устойчивой к влаге инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Гивиль, М. А.** Инъекционная гидроизоляция / М. А. Гивиль. – М. : Стройиздат, 2018. – 156 с.

2 **Аляшевич, А. В.** Инъекционная гидроизоляция / А. В. Аляшевич, М. Г. Снопко // Строительные материалы и технологии. – 2022. – № 3. – С. 45–51.

3 Жидкая гидроизоляция: виды, особенности и применение в строительстве // Stroikak.com: строительный портал. – 2023. – URL: <https://stroikak.com/zhidkaya-gidroizolyatsiya> (дата обращения: 08.05.2026).

4 **Панченко, А. И.** Микроцементы / А. И. Панченко, И. Я. Харченко. – М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2017. – 98 с.

Получено 19.05.2026

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.
Вып. 31. Гомель, 2026

УДК 658.7

Н. Е. ЧУГАЙ (УЛ-21)

Научный руководитель – ст. преп. *Е. В. МАЛИНОВСКИЙ*

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ ТЕКУЩЕГО И СТРАХОВОГО ЗАПАСОВ

Систематизированы статистические подходы к расчёту текущего и страхового запасов, применяемые в логистике запасов. Рассмотрены формула Харриса – Уилсона и её модификации, вероятностные методы оценки страхового запаса на основе нормального распределения ошибок прогноза и заданного уровня сервиса. Анализируются условия применимости данных методов, даны практические рекомендации по их внедрению.

Запасы выступают неотъемлемым элементом любой логистической системы, обеспечивая непрерывность материального потока между производством и потреблением. С одной стороны, отсутствие достаточного количества ресурсов ведёт к дефициту и потере клиентов, с другой – избыточные запасы замораживают оборотный капитал и увеличивают расходы на хранение. Поиск баланса между затратами на содержание и риском нехватки товарно-материальных ресурсов составляет суть задачи управления запасами.