

- контролировать высоту слоя осадка в иловой камере и не допускать ее переполнения и поступления из нее осадка в отстойные желоба;
- производить выпуск осадка через каждые 15 суток с последующей промывкой илопроводов;
- для очистки от слежавшегося осадка и ремонта двухъярусный отстойник опорожнять не реже одного раза в 3-4 года.

#### Список литературы

1. Биологическая очистка сточных вод в естественных условиях [Электронный ресурс] <http://gardenweb.ru/biologicheskaya-ochistka-stochnykh-vod-v-estestvennykh-usloviyakh> (дата обращения 28.10.2019г.)
2. Natural Technologies of Wastewater Treatment. Publisher: GWP CEE, 2014г. [Электронный ресурс] [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee\\_files/regional/natural-treatment.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/regional/natural-treatment.pdf) (дата обращения 28.10.2019г.)
3. Поля орошения и поля фильтрации [Электронный ресурс] <http://stroy-spravka.ru/article/polya-orosheniya-i-polya-filtratsii0> (дата обращения: 25.11.2019).
4. Сооружения биологической очистки в естественных условиях [Электронный ресурс] <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-137-oborudovanie/56.htm> (дата обращения: 25.11.2019).
5. Савичев О.Г., Базанов В. А., Ломакина Н. Ю. Анализ эффективности очистки коммунально-бытовых сточных вод в Томской области // Векторы благополучия: экономика и социум. 2012. №1 (2). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-ochistki-kommunalno-bytovykh-stochnykh-vod-v-tomskoy-oblasti> (дата обращения: 01.12.2019).
6. Vohla, Ch., Koiv, M., Vavor, J.H., Chazarenc, F., Mander, U. (2011). Filter materials for phosphorus removal from wastewater in treatment wetlands - A review. *Ecol.Engineering* 37 (2011) pp. 70 – 89.
7. Савичев О.Г. Биологическая очистка сточных вод с использованием болотных биогеоценозов. Известия Томского политехнического университета, Т.312 №1, 2008г. [Электронный ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskaya-ochistka-stochnykh-vod-s-ispolzovaniem-bolotnyh-biogeotsenozov/viewer> (дата обращения 28.10.2019г.)
8. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменениями N 1, 2)
9. Абуова Г.Б., Боронина Л.В., Рахметова М.К., Ситников С.Г. Оценка эффективности работы канализационных очистных сооружений в малых населенных пунктах аридной зоны // ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ «ТЕХНОВОД-2017» Материалы X - Юбилейной Международной научно-практической конференции. 2017. С. 196-202.
10. ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб.
11. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 N 644 (ред. от 26.07.2018) «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»
12. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006.— 15 с.
13. ГН 2.1.7.2511-09 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.— 10 с.
14. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации, утверждено Приказом Госстроя России от 30.12.99 г. № 168
15. Гогина Е.С., Саломеев В.П., Ружицкая О.А., Побегайло Ю.П., Макиша Н.А. Методологический подход к решению вопросов реконструкции очистных сооружений. М. Водоснабжение и санитарная техника, № 6, 2013 г.

© Л. В. Боронина, Г. Б. Абуова

#### Ссылка для цитирования:

Л. В. Боронина, Г. Б. Абуова. Экологическая оценка эффективности очистки бытовых сточных вод на биологических сооружениях в естественных условиях // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 38–42.

УДК 624.134:624.151

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ ФУНДАМЕНТА ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕННОГО ВИБРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

**В. В. Латута, Д. А. Животов**

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*

Предложена новая технология возведения несущих ограждающих конструкций с эффективным гидроизоляционным экраном в качестве фундамента подземной части малоэтажного здания. Представленная технология базируется на применении вибрационного метода для производства работ нулевого цикла и использовании современных гидроизоляционных материалов. Для изготовления наружного экрана были использованы гидроизоляционные составы отечественных производителей на цементной основе. Экспериментальные исследования были направлены на отработку технологических операций и подбор оптимальных параметров вибрационной технологии. При помощи предложенной вибрационной технологии обеспечивается высокая эффективность производства работ нулевого цикла. Полученные результаты демонстрируют жизнеспособность и целесообразность применения вибрационного метода в строительстве.

**Ключевые слова:** *вибрационная технология, стена в грунте, гидроизоляционные материалы, вибропогружатель, виброгрейфер.*

## RESEARCHING OF THE WATER RESISTENT OF THE FOUNDATION FOR LOW-RISE BUILDING MADE USING THE VIBRATION METHOD

**V. V. Latuta, D. A. Zhivotov**

*Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering*

New technology is proposed for the construction of supporting structures with an effective waterproofing screen as the foundation of the underground part of a low-rise building. The presented technology based on the application of the vibration method for zero-cycle work and using of modern waterproofing materials. For the manufacture of the outer screen, waterproofing compounds

of domestic manufacturers based on cement were used. Experimental studies were aimed at testing technological operations and selecting the optimal parameters of vibration technology. Using the proposed vibration technology ensures high efficiency of the work of the zero cycle. The results obtained demonstrate the viability and feasibility of using the vibration method in construction.

**Keywords:** vibration technology, wall in soil, hydraulic insulating materials, silent pile driver, vibrogreifer.

Применяемые при строительстве коттеджей малой этажности с подземными помещениями традиционные ленточные фундаменты требуют значительных трудозатрат. Повышенные издержки при изготовлении ленточных фундаментов вызваны тем, что степень механизации производства работ нулевого цикла ниже уровня, достигаемого при строительстве надземной части.

Существует потребность в более эффективных технологических решениях, которые смогут позволить снизить себестоимость строительства подвальной части здания и увеличить надежность фундамента, а также совместить технологические операции с устройством ограждающих конструкций подвала.

Актуальна задача разработки новой технологии устройства гидроизолированных «стен в грунте» [1,2], которые служат в качестве несуще-ограждающих конструкций подземных частей малоэтажных зданий, возводимых в условиях высокого уровня грунтовых вод.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования:

- провести анализ известных технологических решений устройства подземных помещений малоэтажных зданий;
- разработать новое решение возведения в грунте водонепроницаемых несуще-ограждающих конструкций малоэтажных зданий;
- выполнить теоретические и экспериментальные исследования с целью определения рациональных технологических режимов устройства гидроизолированных несуще-ограждающих конструкций в грунте;
- обосновать рациональность применения разработанных технологических решений при устройстве гидроизолированной заглубленной части малоэтажных зданий, подтвердить эффективность предложенных технологических решений на практике;
- разработать руководящий технический материал по реализации новой технологии возведения гидроизолированной заглубленной части малоэтажных зданий.

В качестве объекта исследования изучались строительные технологические процессы возведения в грунте, как фундамента, так и водонепроницаемых несуще-ограждающих бетонных конструкций подвальных помещений малоэтажных зданий. Предмет исследования – изучение и обоснование путей снижения стоимости и трудоемкости работ, повышения производительности всех технологических процессов устройства в грунте гидроизолированной заглубленной части малоэтажных зданий, комплексной механизации работ нулевого цикла на основе применения вибрационного метода [3, 4].

Методика исследований направлена на теоретические и экспериментальные исследования. В рассматриваемой области, в частности теоретические исследования направлены на изучение технологических параметров процесса заполнения образуемой при погружении инвентарного элемента полости гидроизоляционным составом под действием вибрирования [5, 6]. Вторая задача связана с исследованием водонепроницаемости бетонной стены в грунте, выполненной из водонепроницаемого бетона.

Экспериментальные исследования делятся на 3 части:

1. Установочная часть – направлена на разработку отдельных положений, определяющих в целом состав изучаемых параметров, их взаимное влияние на процесс устройства гидроизоляционного слоя и водонепроницаемой бетонной стены в грунте в зависимости от принятой технологии и используемых материалов и оборудования.

2. Вторая часть исследований связана с проведением собственно опытных работ по погружению профилировочных элементов, извлечению элементов с бетонированием полости, выдерживание бетона, извлечение вмещающего гидроизоляционный состав элемента из грунта с одновременным заполнением оставляемой им прорези в грунте гидроизоляционным материалом.

3. Третья часть проведения опытов на полностью изготовленной на экспериментальном стенде модельной гидроизолированной стены в грунте. В этой части проверяется водонепроницаемость малозаглубленной несуще-ограждающей конструкции, выполненной в условиях водонасыщенного песчаного грунта, а также адгезия гидроизоляционного экрана и отформованного бетона.

При отмеченной выше технологии возведения в грунте несуще-ограждающих конструкций с одновременным выполнением наружной гидроизоляции, необходимой при производстве работ в обводненных грунтах, весьма важным является выбор эффективного гидроизоляционного состава, который по своим качественным характеристикам решал бы задачу достижения с одной стороны необходимой степени гидроизоляции бетонной стены, а с другой позволял бы эффективно совместить процессы бетонирования и выполнения эффективного гидроизоляционного экрана [7].

Гидроизоляционный состав должен обеспечить сплошность гидроизоляционного экрана и отсутствие в нем утонений, а также фильтрационную устойчивость изоляционного слоя в период эксплуатации [8].

Произведен подбор современных гидроизоляционных составов (табл. 1), которые соответствуют требованиям технологии возведения заглубленной части малоэтажных зданий на основе использования виброметода.

Таблица 1  
Варианты гидроизоляционных составов

Наименование состава	Свойства составов (физико-механические характеристики)				
	Предел прочности при сжатии/Прочность сцепления с бетоном, МПа	Марка по водонепроницаемости	Водоудерживающая способность, %	Температура применения, °С	Жизнеспособность состава, мин.
1	2	3	4	5	6
Шовная гидроизоляция	60-70/1,8-2,0	W14	99	+5 – +35	20
Обмазочная гидроизоляция	50/1,6	W12	98	+5 – +35	120
Ремонтный состав базовый	50/1,5	W12	98	+5 – +35	45
Штукатурная гидроизоляция	30-35/1,6	W12	98	+5 – +35	240
Эластичная гидроизоляция	-1,1-1,3	W12	98	+5 – +35	120
Быстрый ремонт	60/1,7	W12	98	+5 – +35	30

Второй путь создания бетонной стены в грунте с заданными показателями водонепроницаемости может быть достигнут получением водонепроницаемого бетона за счет введения в него добавок, которые дают возможность уменьшить пустотность от присутствия «лишней» воды.

В качестве добавок-уплотнителей наиболее распространены в строительной практике следующие вещества: хлорное железо, силикаты натрия и калия (клей силикатный), нитрат кальция (НК, селитра кальциевая).

Наиболее эффективным является нитрат кальция. В дозировке 0,5 - 1% от массы цемента он обеспечивает высокую водонепроницаемость бетона, интенсифицирует набор прочности и повышает ее на 20 - 30%.

Идея уплотнения бетона на стадии изготовления путем комплексного воздействия с целью снижения водопотребности и одновременного связывания гидроксида кальция получила реализацию в специально разработанных суперпластификаторах (табл. 2.).

Таблица 2  
Состав затвердевшего бетона с использованием суперпластификатора и без него

Вид бетона	Кол-во цемента, кг/м <sup>3</sup>	% добавки от массы цемента, кг/м <sup>3</sup>	Кол-во воды, кг/м <sup>3</sup>	Прочн. при сжатии в возрасте 28 суток	Марка бетона по водонепроницаемости, W
Контрольный	290	0	180	24 МПа	4
Основной	290	5	140	40,5 МПа	16

Из данных таблицы следует, что введение в состав бетона комплексной добавки привело к снижению водоцементного отношения на 22,6%; к повышению прочности при сжатии в возрасте 28 суток на 68,7% (от класса В15 до класса В30), повышению водонепроницаемости с W4 до W16.

Поэтому устройство несущих ограждающих конструкций заглубленной части малоэтажных

зданий по вибрационной технологии может выполняться с применением водонепроницаемых бетонов без использования дополнительной гидроизоляции в условиях уровня грунтовых вод с отметкой ниже уровня пола подвала.

В случае водонасыщенных грунтов, когда уровень грунтовых вод выше отметки пола подвала и имеет место постоянное гидростатическое давление на несущие ограждающие конструкции заглубленной части малоэтажного здания, рекомендуется выполнять эффективный наружный гидроизоляционный экран из вышеперечисленных гидроизоляционных составов.

Гидроизоляционные составы серии ЛАХТА представляют собой сухие строительные смеси на цементной основе, в их состав входят портландцемент, кварцевый песок, армирующие волокна и активные химические добавки.

В работе авторов Верстов В.В., Белов Г.А., Фрейдман Б.Г. [10] были проведены теоретические и экспериментальные исследования с целью обоснования рациональности новой технологии и определения рациональных вибрационных и других параметров технологических процессов (табл. 3), позволяющих эффективно решать следующие основные задачи:

- преодоление при погружении профилировочных элементов в грунт лобового и бокового сопротивлений, а также трения в замках;
- содействие интенсивному истечению бетонной смеси и гидроизоляционного состава из профилировочных элементов при их вибрационном извлечении из грунта при одновременном качественном уплотнении смеси и гидроизоляционного состава в грунтовой полости;
- обеспечение сплошности и непрерывности возводимой бетонной стены в грунте и ее гидроизоляционного экрана;
- снижение сил бокового трения при погружении в грунт и извлечении грунтозаборника в процессе разработки грунта во внутреннем контуре, с обеспечением заполнения грунтозаборника грунтом и высокой скорости последующего извлечения и разгрузки грунта;
- уменьшение до допустимых норм динамического воздействия на окружающий грунт основания при погружении и извлечении профилировочных элементов и грунтозаборника, а также в процессе формирования бетонной стены в грунте и гидроизоляционного экрана.

Несущая способность возводимой по представленной технологии «стены в грунте» как по материалу, так и по грунту существенно зависит от качества ее изготовления [10].

Анализ результатов статических испытаний вибронабивных свай и траншейных фундаментов, изготовленных без выемки грунта, позволил сделать вывод о том, что несущая способность по грунту «стены в грунте», устроенной по новой технологии, близка несущей способности по грун-

ту забивным призматическим сваям и может быть рассчитана по формуле СНиП 2.02.03-85 [11].

Таблица 3  
Технологические операции при сооружении несущо-ограждающих конструкций заглубленной части малоэтажных зданий, выполняемые с применением вибрационного метода

№ п/п	Техническая операция	Процессы, реализуемые за счет применения вибрирования	Технические средства	Технический эффект
1	Вибропогружение профилировочных элементов в грунт	Преодоление сил бокового и лобового сопротивлений	Вибропогружатель, профилировочные элементы с закрывающимся нижним торцом и продольными замками взаимного сопряжения	Уменьшение сил сопротивления, эффективное уплотнение бетонной смеси
2	Заполнение профилировочного элемента бетонной смесью и бетонирование полости в грунте при виброзвличении элемента на поверхность	Преодоление сил бокового трения, уплотнение бетонной смеси и ее втрамбовывание в дно и стенки грунтовой полости при периодическом частичном вибропогружении элемента	Вибропогружатель с закрывающимся нижним торцом и продольными замками взаимного сопряжения	Уменьшение сил сопротивления, эффективное уплотнение бетонной смеси
3	Опускание армокаркаса в бетонную смесь при его вибрировании	Преодоление сопротивления погружению	Вибратор площадочного типа	Дополнительное уплотнение бетонной смеси
4	Заполнение дополнительного профилировочного элемента гидроизоляционным составом образования гидроизоляционного экрана при виброзвличении элемента на поверхность	Преодоление сил бокового трения, обеспечение полного заполнения полости гидроизоляционным составом	Вибратор площадочного типа	Обеспечение требуемой водонепроницаемости гидроизоляционного экрана
5	Вибрационная разработка грунта во внутренней полости с помощью виброгрейфера.	Преодоление сил бокового трения, образование в ячейках грунтаборника грунтовой пробки	Вибропогружатель с прямоугольным грунтаборником, нижняя часть которого разделена на ячейки	Высокая производительность разработки грунта в контуре, закрытом по периметру вертикальными бетонными стенами
6	Вибрационное уплотнение dna выемки оконченной бетонной стеной перед устройством пола подвала	Уплотнение песчаной подсыпки с одновременным втрамбовыванием в нее щебня	Вибратор площадочного типа с трамбующей плитой	Повышение прочностных характеристик грунтового основания

При изготовлении модельной несущо-ограждающей конструкции типа «стена в грунте» с наружным гидроизоляционным экраном было установлено, что средние поперечные размеры тела фундамента на 5-15% больше поперечных размеров профилировочного элемента. Это обстоятельство позволило заключить, что в процессе виброуплотнения бетонной смеси возникает динамическое давление, которое создает дополнительное уплотнение грунта, что повышает несущую способность возводимой заглубленной гидроизолированной бетонной конструкции.

Результаты проведенной в натуральных условиях апробации показали, что разработанная технология позволяет возводить непрерывную неглубокого заложения гидроизолированную бетонную «стену в грунте», которая может служить несущо-ограждающей конструкцией малоэтажных зданий.

### Заключение

Использование разработанной технологии возведения подземной части малоэтажных зданий на основе использования вибрационной технологии с использованием современных гидроизоляционных материалов для образования наружного контура гидроизоляции или водонепроницаемых бетонов позволит эффективно решить задачу строительства доступного индивидуального малоэтажного жилья с подземной частью при использовании минимального комплекта машин и механизмов: стреловой самоходный кран и вибропогружатель.

### Список литературы

1. Верстов В.В., Белов Г.А., Исследования параметров и процессов возведения заглубленной части малоэтажных зданий по вибрационной технологии // Вестник гражданских инженеров. – 2004 - №1. - С. 6 —10. СПб.: СПбГАСУ
2. Верстов В.В., Белов Г.А., Латута В.В., Способ возведения в грунте несущо-ограждающих конструкций с наружной гидроизоляцией и устройство для его осуществления - Патент на изобретение №2295005, опубликован 10.03.2007.
3. Юдина А.Ф., Тилинин Ю.И. Возведение монолитных фундаментов. СПбГАСУ. – СПб., 2019. – 194 с.
4. Верстов В.В., Перлей Е.М., Гольденштейн И.В. Современные вибрационные технологии для устройства набивных свай и траншейных фундаментов с применением вибропогружателя В-402 // Монтажные и спец. работы в строительстве. — 2000. — № 9. — С. 2 — 7.
5. Верстов В.В., Даховски, Р.Э. Погружение опускных колодцев в условиях городской застройки. — Механизация строительства — 2004. - С. 12 —17.
6. Белов Г.Л. Вибрационная технология возведения заглубленной части малоэтажных зданий / Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. — СПб: СПбГАСУ, 2003.
7. Захаров И.Д., Макеев И.Н. К вопросу о применении гидроизоляционных материалов на минеральной основе. // Современные технологии строительного производства: статьи и тезисы докладов/ ВИТУ. – СПб., 2003. - С. 16.
8. Никольская Г.Н., Давыдова Т.Б. Исследования инъекционных растворов для устройства тонких противофильтрационных стенок-диафрагм. // Специальные строительные работы./ ВНИИГС. – Л.,1980. - С. 8 —14.
9. Верстов В.В., Белов Г.А., Фрейдман Б.Г. «Вибрационное устройство для возведения в грунте несущо-ограждающих конструкций». Патент РФ № 2235828, приоритет изобретения 08.01.2003 г. Бюллетень изобретений № 25, 2004 г.
10. Верстов В.В., Белов Г.А. Исследования параметров устройства фундаментов малоэтажных зданий по вибрационной технологии. // Современные технологии строительного производства: статьи и тезисы докладов/ ВИТУ. – СПб., 2003. - С. 24 —28.
11. Верстов В.В., Перлей Е.М., Гольденштейн И.В. Современные вибрационные технологии для устройства набивных свай и траншейных фундаментов с применением вибропогружателя В-402 // Монтажные и спец. работы в строительстве. — 2000. — № 9. — С. 2 — 7.

© В. В. Латута, Д. А. Животов

### Ссылка для цитирования:

В. В. Латута, Д. А. Животов. Исследование водонепроницаемости фундамента для малоэтажного здания изготовленного вибрационным методом// Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 42–45.