

Выбор метода погружения шпунта при берегоукреплении в условиях плотной городской застройки

Н.Л. Лукина

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург

Аннотация: Статья посвящена анализу методов погружения шпунта при возведении берегоукрепительного сооружения в условиях плотной городской застройки. В работе рассматриваются четыре метода: забивка, вибропогружение (при необходимости с применением лидерного бурения), вдавливание, виброударный. Приведены сравнительные характеристики вышеуказанных методов погружения. Делается заключение, что в условиях плотной городской застройки: а) наименее предпочтительным является метод забивки, вследствие сильного шумового загрязнения и негативно влияния на фундаменты вблизи места производства работ; б) при наличии плотных грунтов методы вдавливания или вибропогружения не подходят, а следует применять виброударное погружение; в) при наличии слабых грунтов возможно применение как метода вдавливания, так и вибропогружения; г) в условиях ограниченной строительной площадки, лучшим методом погружения может стать вибропогружение. Итогом работы является создание алгоритма выбора метода погружения шпунта для берегоукрепления с неоднородными грунтами.

Ключевые слова: погружение шпунта, методы погружения, лидерное бурение, берегоукрепление, плотная городская застройка.

Ряд российских городов, такие, как Санкт-Петербург, Москва, Нижний Новгород и др. имеют протяженную береговую линию вдоль рек. В то же время прослеживается высокая плотность застройки вдоль данных береговых линий, которые периодически необходимо укреплять для предотвращения обрушения. Одним из возможных элементов для осуществления берегоукрепительных работ является стальной шпунт [1,2]. Благодаря уникальной форме, его легко транспортировать, период возможной эксплуатации насчитывает десятки лет, существует большое количество механизмов и машин, применяемых для монтажа и др. Из отдельных шпунтин возможно формирование как ортогональных, так и криволинейных берегоукрепительных сооружений, шпунтовых ограждений, которые подходят как для формирования портовых, так и береговых зон, так как береговая линия редко бывает прямолинейной. Благодаря существующей

связи отдельных шпунтин, конструкция способна выдерживать значительные нагрузки и при этом оставаться надежным берегоукрепительным сооружением [3 – 5]. Высокая прочность и устойчивость позволяют монтировать шпунтовые ограждения на грунтах с высоким уровнем грунтовых вод и болотистых почвах.

В данной статье рассматриваются методы погружения шпунта корытного профиля Ларсен в условиях плотной городской застройки для берегоукрепления.

Целями работы являются:

1) Рассмотрение/сравнение возможных методов погружения шпунта корытного профиля в условиях плотной городской застройки;

2) Сравнение средств механизации, с помощью которых будет осуществляться погружение шпунта.

Для выполнения берегоукрепительных работ в плотных и слабых грунтах рассмотрены несколько методов погружения шпунта: забивка, вибропогружение (при необходимости с применением лидерного бурения), вдавливание, виброударный.

Забивка. Это самый доступный по цене и быстрый метод погружения шпунта. Технология представляет собой использование специальных молотов большой массы, где ударная часть перемещается по вертикали и передает кинетическую энергию шпунту через демпферные прокладки-амортизаторы. Под действием этих сил происходит погружение.

Существует три вариации молотов для забивки: механический, дизельный и гидравлический. Мы отдаем предпочтение гидравлическому молоту вследствие его высокой производительности, электронной регистрации технологических параметров и отсутствия вредных выбросов в процессе производства работ, а также возможности регулировки высоты подъема молота и частоты ударов.

Данный способ погружения имеет следующие ограничения:

- работа молотов сопровождается сильным шумом;
- возможен увод шпунта;
- большие эксплуатационные затраты при механических повреждениях молота [6].

Вибропогружение. Вибрационный метод характеризуется высокой производительностью и возможностью использования несложного комплекса средств механизации, включающего в себя гидравлические вибропогружатели, приводимые в действие автономными дизельными силовыми агрегатами, представленными на рис. 1, или гидравлическими системами экскаваторов, представленными на рис. 2. [7,8].

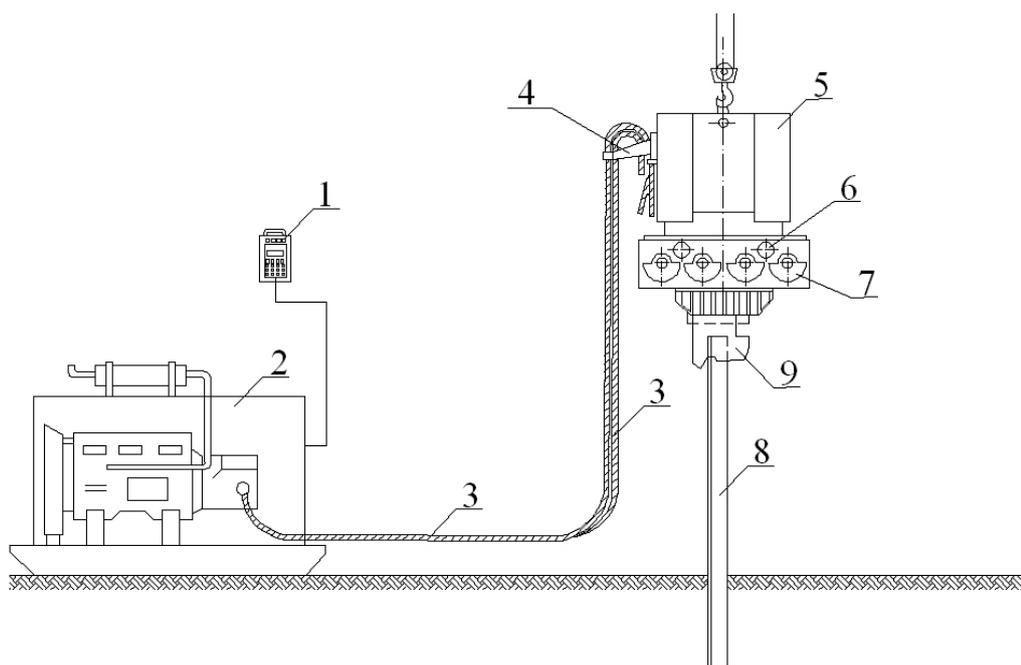


Рис. 1. – Принципиальная схема компоновки комплекта оборудования для работы гидравлического вибропогружателя: 1 – пульт дистанционного управления; 2 – дизельный агрегат; 3 – гидравлические масляные шланги; 4 – эластичная подвесная опора шлангов; 5 – амортизатор; 6 – гидравлический двигатель; 7 – дебаланс; 8 – погружаемый элемент; 9 – гидравлический наголовник (зажим) [7].



Рис. 2. – Вибропогружатель Movaх SG-75 [9]

Применение вибрационного метода в процессе погружения шпунта в грунт способствует получению наибольшей производительности при падающем динамическом воздействии.

Использование гидравлических вибропогружателей, смонтированных на экскаваторах с гидравлическим приводом (рис. 2.), продемонстрировало их высокую эффективность и отсутствие необходимости в отдельно стоящей автономной дизельной силовой машине, так как гидравлическая система вибропогружателя может быть соединена с гидравлической системой экскаватора.

Если в ходе геологических изысканий выявлено наличие слабых грунтов, то шпунт погружают без дополнительных манипуляций. При проведении работ по погружению шпунта в плотные грунты важно отметить необходимость дополнительного применения лидерного бурения. Однако при наличии высокотвердых грунтов и почв с включением каменистых вкраплений устраивают лидерные скважины диаметром от 250 до 600 мм [2].

Для проведения лидерного бурения под шпунт используют мобильные буровые установки (МБУ), представляющие собой самоходную технику на

гусеничном ходу (тракторы, экскаваторы, краны). В процессе выполнения работ осуществляется предварительная разработка скважин, в которые шпунт монтируется вибропогрузателями.

Вдавливание. Погружение шпунта данным методом может выполняться с помощью установки, перемещающейся по шпунтовому ряду и с помощью вдавливающих агрегатов [10].

При таком методе погружения шпунтины шпунтового ряда используется в качестве анкеров для передачи реактивных усилий при вдавливании. Установка является самопередвигающейся по ранее погруженной шпунтовой стенке.

Установка передает выдергивающие усилия на грунт при вдавливании в следующем порядке: а) с бетонной подмости, используемой в качестве анкера, вдавливается первый элемент; б) разжимаются гидроцилиндры анкерных зажимных блоков; в) установка подтягивается к погружаемому элементу; г) анкерные крепления переносятся на шпунтовый ряд и шпунт додавливается до проектной отметки. Установка вдавливания может поворачиваться в плане вокруг своей оси на 180° , что позволяет погружать шпунтовые стенки криволинейного очертания в плане [2] (рис. 3).

В некоторых случаях, первый ряд шпунтин может быть погружен вибрационным погрузателем.

Виброударный. Виброударный метод погружения подразумевает передачу как вибрационных, так и ударных импульсов шпунту. Таким образом шпунт относительно быстро и легко может преодолевать плотные грунты, где иные методы погружения могут быть не столь результативными [11].

Установка для виброударного погружения представляет собой две рамы: на одной располагается электрогенераторный ударный аппарат, на

другой – стрела с вибропогружателем, который соединяется с шпунтиной при помощи наголовника.

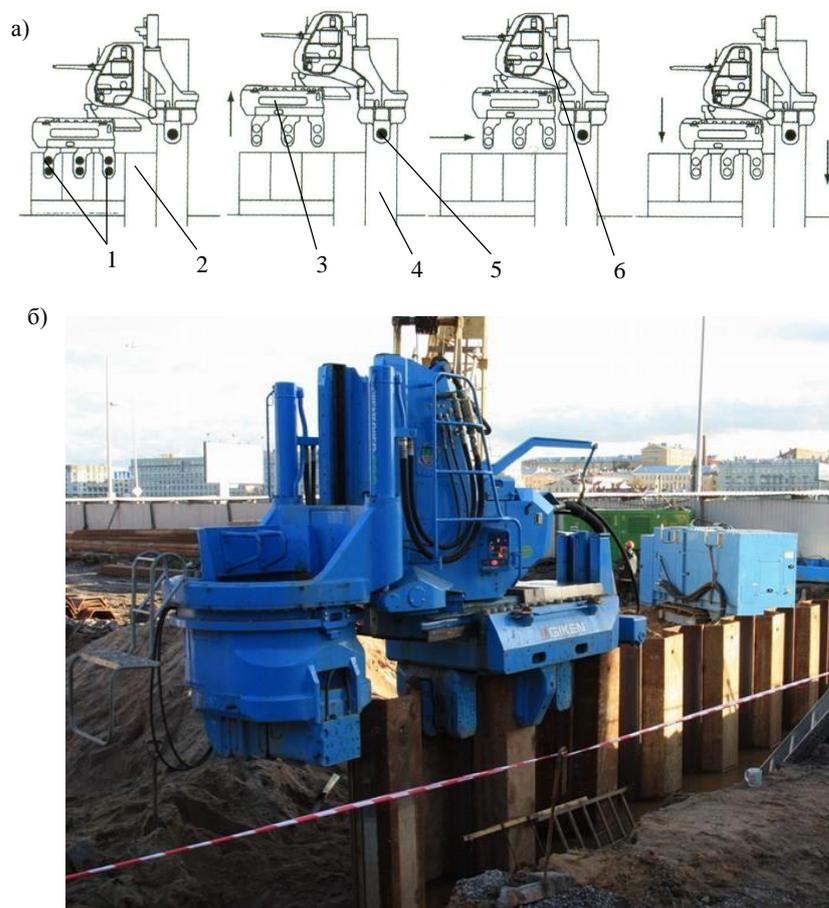


Рис. 3. – Установка вдавливания шпунта системы Still Worker: а – схема перемещения по шпунтовому ряду; б – внешний вид установок; 1 – анкерные зажимные блоки; 2 – анкерные шпунтины; 3 – гидроцилиндр горизонтального перемещения; 4 – погружаемый шпунт; 5 – зажимные блоки вдавливающей головки; 6 – гидроцилиндры вдавливания [7].

Заключение. Рассмотрев вышеизложенные методы погружения шпунта, можно отметить, что наименее предпочтительным, в условиях плотной городской застройки, является метод забивки, вследствие сильного шумового загрязнения и негативно влияния на фундаменты вблизи места производства работ [12].

Если по факту проведения инженерных изысканий прослеживается наличие плотных грунтов, то методы вдавливания и вибропогружения не подходят и следует применять виброударное погружение.

Если строительная площадка представлена слабыми грунтами, то возможно применение как метода вдавливания, так и вибропогружения. В условиях ограниченной строительной площадки, лучшим методом погружения может стать вибропогружение. Его достоинства: высокая производительность и возможность применения несложного и недорогостоящего комплекса технических средств, состоящего из вибропогружателя и машины для его базирования. Это позволяет уменьшить количество механизмов, находящихся на строительной площадке, её общую площадь, а также логистическую доступность вследствие отсутствия крупного дизель-генератора, что актуально для условий плотной городской застройки. При этом возможно значительное уменьшение суммарного времени динамического воздействия на окружающую среду в связи с высокой скоростью погружения монтируемых элементов в грунт. Однако следует учитывать наличие добавочного трения от вибрации.

Исходя из вышесказанного, сформирован алгоритм (рис. 4) выбора метода погружения шпунта для берегоукрепления с неоднородными грунтами.

При выполнении сравнительного анализа методов погружения шпунта в грунт, была сформирована сводная таблица № 1.

Из данных таблицы можно видеть, что все методы погружения хорошо справляются с прохождением слоя песка, однако отмечено, что при использовании метода вибропогружения при встрече с водоупорным слоем (суглинок) уменьшается максимальная глубина погружения, что способствует снижению эффективности его использования. Однако это не вызывает проблем, если данный слой находится на максимальной проектной

глубине погружения. При нахождении слоя суглинка близко к поверхности, для его прохождения можно привлекать лидерное бурение, что позволит продолжить погружение.

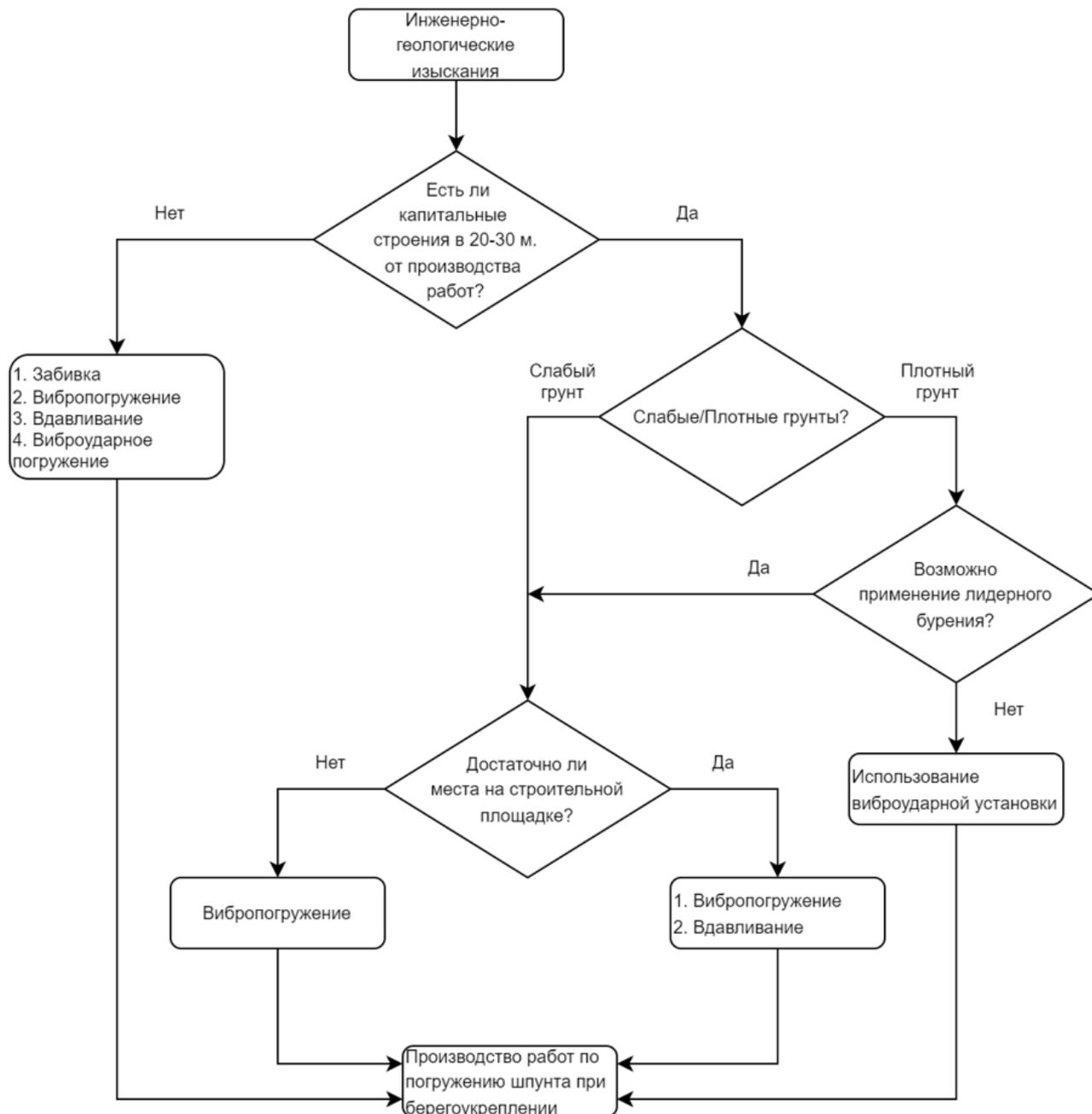


Рис. 4. – Алгоритм выбора метода погружения шпунта для берегоукрепления с неоднородными грунтами

Таблица № 1

Сводная таблица характеристик погружения шпунта

Наименование показателя	Методы погружения шпунта			
	Забивка гидравлическим молотом	Вдавливание установкой Still Worker	Вибропогружение установкой Movax SG-75	Виброударное погружение установкой ВП-1
Максимальная глубина погружения в слой песка, м.	7,5	6	7	7
Максимальная глубина погружения в слой суглинка, м.	4,5	4	1	4
Скорость погружения шпунта без дефектов, м/мин.	0,17-0,2	2,25	3-6	0,1

Выводы:

1. Исходя из результатов анализа приведенных методов погружения шпунта, наиболее перспективным из них для берегоукрепительных работ в условиях плотной городской застройки является вибропогружение, достоинствами которого можно считать высокую производительность и возможность применения недорогостоящего комплекса технических средств.

2. Использование вибропогружателя с гидравлической системой, совместимой с экскаватором, позволяет сократить количество механизмов, находящихся на строительной площадке и адаптировать её логистическую доступность.

3. При наличии в точке погружения шпунта плотных грунтов эффективность вибропогружения может несколько снизиться, однако данную проблему можно решить при привлечении лидерного бурения.

Литература

1. Лукин С.А. К вопросу совершенствования технологии погружения в грунт стального шпунта // Технологии и организация строительства: материалы I Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 80-летию основания кафедры «Строительное производство». 2020. С. 243-250.

2. Лукин С.А. Анализ способов крепления шпунтовых ограждений в условиях слабых водонасыщенных грунтов // Серия «Строительство»: сборник статей магистрантов и аспирантов. Выпуск 4. В 2 томах. Том 2. 2021. С. 203–207.

3. Тютюрев, В. В, Рубцов В. Ю. Шпунт корытного типа с повышенными инерционными характеристиками // Строительство и реконструкция. 2021. № 4(96). С. 16-22.

4. Nazarova E. V., Nazarova S. V., Zolotozubov D. G. Journal of Physics: Conference Series: 2, Perm, 26–28 may 2021. Perm, 2021. P. 012049.

5. Stuart D. M. Practice periodical on structural design and construction. 2004. Т.9. №. 4. pp. 194-201.

6. Боярцев А.В., Зайцев М.А., Зуев И.Н., Мангушев Р.А. Полуниин В. М. Влияние вибропогружения шпунта на ранее выполненные буронабивные сваи // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2021. № 5. С. 14-21.

7. Верстов В.В., Гайдо А.Н., Иванов Я.В. Технология устройства ограждений котлованов в условиях городской застройки и акваторий. СПб.: СПбГАСУ, 2014. 368 с.

8. Верстов В.В., Гайдо А.Н., Иванов Я.В. Технология и комплексная механизация шпунтовых и свайных работ. СПб.: Лань, 2012. 288 с.

9. Установка вибропогружения MOVAX SG-75. URL: movax.net/piledrivers (дата обращения 06.11.2022)
10. Верстов В.В., Гайдо А.Н. Исследование сравнительной эффективности заглубления стального шпунта в плотный грунт различными погружающими машинами // Механизация строительства. 2013. № 2. С. 44-49.
11. Акопян В.Ф., Акопян А.Ф., Панасюк Л. Н., Чантха Х. Новые виды свай // Инженерный вестник Дона. 2011. № 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1241
12. Кузнецов М.В. Проектирование ограждения котлована жилого дома в условиях плотной городской застройки в г. Ростове-на-Дону // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4933

References

1. Lukin S.A. Tekhnologii i organizaciya stroitel'stva: materialy I Vserossijskoj mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh, posvyashchennoj 80-letiyu osnovaniya kafedry «Stroitel'noe proizvodstvo». 2020. pp. 243-250.
 2. Lukin S.A. Seriya «Stroitel'stvo»: sbornik statej magistrantov i aspirantov. Vypusk 4. V 2 tomah. Tom 2. 2021. pp. 203–207.
 3. Tyuterev, V. V, Rubczov V. Yu. Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2021. №4 (96). pp. 16-22.
 4. Nazarova E. V., Nazarova S. V., Zolotozubov D. G. Journal of Physics: Conference Series: 2, Perm, 26–28 May 2021. Perm, 2021. P. 012049.
 5. Stuart D. M. Practice periodical on structural design and construction. 2004. T.9. No.4. pp. 194-201.
 6. Boyarcev A.V., Zajcev M.A., Zuev I.N., Mangushev R.A. Polunin V. M. Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov. 2021. №5. pp. 14-21.
-



7. Verstov V.V., Gajdo A.N., Ivanov Ya.V. Texnologiya ustrojstva ograzhdenij kotlovanov v usloviyax gorodskoj zastrojki i akvatorij. [Technology for pit fencing in urban areas and water areas]. St. Petersburg: SPbGASU, 2014. 368 p.

8. Verstov V.V., Gajdo A.N., Ivanov Ya.V. Texnologiya i kompleksnaya mexanizaciya shpuntovy`x i svajny`x rabot Verstov V.V., Gaido A.N., Ivanov Ya.V. [Technology and complex mechanization of sheet piling and pile work]. St. Petersburg: Lan, 2012. 288 p.

9. Ustanovka vibropogruzheniya MOVAX SG-75. [Vibration immersion installation MOVAX SG-75]. URL: movax.net/piledrivers.

10. Verstov V.V., Gajdo Mekhanizaciya stroitel'stva. 2013. № 2. pp. 44-49.

11. Akopyan V.F., Akopyan A.F., Panasyuk L.N., Chantha H. Inzhenernyj vestnik Dona. 2011. № 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1241

12. Kuznetsov M.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4933