

СНИЖЕНИЕ ШУМА ПРИ РАБОТЕ СВАЕБОЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. В статье на основе отечественного и зарубежного опыта освещены: проблема шума и её актуальность при работе сваебойного оборудования (дизель-молотов, копров, вибропогружателей, отбойных молотов и т.п.) при производстве свайных работ по многим направлениям технологическим, техническим, конструктивным и организационным. Предложены конкретные технические и технологические решения, новые способы и конструкции свай, позволяющие снизить уровень шума и звукового давления до предельно допустимых норм при устройстве свайных фундаментов.

Ключевые слова: проблема шума, актуальность, работа сваебойного оборудования, технические, технологические, конструктивные и организационные методы борьбы, технические решения, способы и конструкции свай, уровень шума, звуковое давление, предельно допустимые нормы, охрана окружающей среды – важнейшая проблема современности.

Охрана окружающей среды - важнейшая проблема современности. Неотъемлемой частью охраны окружающей среды является борьба с шумом на производстве и в быту. Как показали исследования [1], 78 % невралгических заболеваний в крупных городах связаны с повышенным уровнем шума, который достиг 95-98 дБ, а это превышает предельно допустимые нормы в 1,5...2 раза, и продолжает повышаться на 2 дБ в год, и это немало. По этой причине снижение уровня шума на производстве и в быту является важнейшей задачей современного мира.

Проблема шума и борьба с ним решаются по многим направлениям. Это комплекс технических, технологических, конструкторских и организационных мер, путей и решений. Рассмотрим некоторые из них, первоочередные.

Наиболее острая проблема борьбы с шумом - техническая, и она тесным образом связана с механизацией работ на строительной площадке, строящихся и реконструируемых предприятиях, вблизи существующей застройки, на территории больниц, гостиниц, поликлиник, торговых залов, магазинов и т.п. Допустимые уровни звука в подобных помещениях или на территориях объектов приведены в таблице 1.

Наибольший шум, как показала практика строительства, исходит от оборудования и инструментов ударного действия. Наиболее беспокойными по шуму, звуку и вибрации являются сваебойные средства, особенно дизель-молоты (штанговые и трубчатые), копры, вибромолоты, вибропогружатели, отбойные молотки. Так, при работе сваебойного копра с молотом на расстоянии 15 м от него максимальный уровень звукового давления достигает 100 дБ и больше, что вредно влияет на здоровье рабочих, повышает их утомляемость и, соответственно, снижает производительность труда.

Таблица 1.

Допустимые уровни звука согласно СН №3077-84, дБ

Назначение помещений или территорий	Время суток, часы	Среднегеометрической частоты активных полюс, Гц								Уровень звука, ДВА	Макс. уровень звука, дБ А
		63	126	250	500	1000	2000	4000	8000		
Палаты больниц и санаториев, кабинеты врача	7-23 23-7	50	48	40	34	30	27	25	23	35	50
		51	30	31	24	20	17	14	13	25	40
Жилые комнаты квартир, спальня помещения в детских учреждениях и школах-интернатах	7-23 23-7	63	52	40	39	35	32	30	28	40	55
		55	44	35	29	25	22	20	18	30	40
Номера гостиниц и жилые комнаты общежитий, территории больниц и санаториев	7-23 23-7	67	57	40	44	40	37	35	33	45	60
		59	48	40	24	30	27	25	23	35	50
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, домов отдыха, пансионатов, школ и других учебных заведений, библиотек	7-23 23-7	75	66	59	54	50	47	45	43	55	70
		67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
Торговые залы магазинов, пассажирские залы вокзалов и аэродромов, приемные пункты предприятий бытового обслуживания		79	70	63	58	55	52	50	40	60	75

Особый вред причиняет шум, возникающий при жилищном строительстве, так как оно ведется, как правило, в районах с высокой плотностью населения, это подтверждают данные, приведенные в [1]. Около 41 % жалоб населения на шум и вибрацию приходится на работу дизельных молотов, 12 % - на работу виброкопров, 17 % - на работу отбойных молотков, 7 % - на работу компрессоров, 23 % - на работу прочих строительных машин (экскаваторов, кранов и т.п.). Примерно 50 % жалоб населения на шум и вибрацию, возникающие при проведении строительных работ, обоснованы психологическими причинами - помехи сну, отдыху и проведению учебных занятий. Значительная часть жалоб населения (26 %) подана в суды на материальный ущерб, причиненный жилым зданиям, примыкающим к строительной площадке, а еще больше на моральный ущерб, причиненный здоровью. В основном это связано с вибрацией, сопутствующей устройству свайных фундаментов и работе сваебойного оборудования.

В ряде западноевропейских стран, например, Великобритании, производство свайных работ забивными и ударными способами запрещено в законодательном порядке в связи с недопустимым уровнем звукового давления при работе сваебойных машин, что побудило фирмы, выпускающие

сваебойное оборудование, перестроиться на совершенствование конструкций машин и улучшение их технических характеристик.

Так, например, большой интерес представляет дизель-молот модели HDM 3S фирмы «Krupp Stalhandel» (ФРГ) с телескопическим звукопоглощающим кожухом. При использовании этого кожуха время монтажа не увеличивается, а уровень звукового давления снижается с 105-110 до 82-87 дБ. Необходимо отметить, что внедрение звукопоглощающих кожухов ограничивается полезной длиной направляющих копра. На направляющих большой длины масса кожуха существенно снижает полезную грузоподъемность копра.

Фирма «Delmag» (ФРГ) выпускает дизель-молоты моделей D5, D12, D-22 и D30 со звукоизолирующими кожухами из листовой стали, покрытой внутри звукопоглощающими материалами. Канавная система управления молотом проходит через специальные отверстия в кожухе. На нижнем конце кожуха укреплен резиновая прокладка для звукоизоляции мест соударения ударных частей. Установка не снижает производительности молота.

Трубчатые дизель-молоты выпускают ФРГ, США, Англия, Швеция и Япония. Фирма «Delmag» (ФРГ) производит и экспортирует четыре типа-размера молотов. Молоты с аналогичной технической характеристикой выпускает по лицензии этой фирмы американская фирма «Феундейшн эквипмент Корпорейшн» (США). Другая американская фирма «Мак-Кернан-Терри» (сокращенно МКТ) по патентам фирмы «Delmag» изготавливает дизель-молоты DF-20, DF-30, D-40 и улучшенными техническими характеристиками. Также по лицензии фирмы «Delmag» выпускает и экспортирует трубчатые молоты японская фирма «Кобе Стил» трех модификаций К-13, К-22, и К-32. Вибропогружатели марок V-1, V-2, V-3, V-4, V-5 выпускает японская фирма «Mitsubishi». Фирма «Кубите» производит вибропогружатели KV-30, KV-60, фирма «Дайнатсу» - VFD-50 А и VFD-100А, а фирма «КСК»-8; марок вибропогружателей серии VPA и VPC в различных исполнениях с улучшенными звукоизолирующими характеристиками.

Фирмой «Atlas Copco» (Швеция) был предложен телескопический звукопоглощающий кожух, установленный на направляющих копра и опускающихся вместе с молотом по мере погружения сваи или шпунта. Телескопический кожух длиной 9,5 м имеет массу 6т и обладает необходимой жесткостью. По данным фирмы, уровень звукового давления при работе быстроходного паровоздушного молота двойного действия модели TEF-400 (масса ударной части молота 350 кг), при частоте ударов до 670 мин⁻¹ снижается на 20дБ (25 %), обеспечивая допустимое по нормам Швеции звуковое давление до 90 дБ. Одновременно фирма осуществила ряд мероприятий по снижению уровня звукового давления компрессора до 65дБ, так что при работе молота шума компрессора не слышно.

Фирма «Krucoo» (ФРГ) рекомендует применять для снижения шума на свайных работах вместо пневматических гидравлические, свайные молоты моделей HR-400, HR-600. Эти молоты производят при работе значительно

меньше шума в результате того, что между со ударяемыми частями молота находится масляная подушка. Кроме того, нижняя часть молота состоит из одного элемента, у которого отсутствует стык между ударной частью и наголовником, являющийся источником шума при работе паровоздушных молотов. Третий источник шума - вибрация шпунта в зажиме - также исключается из-за предварительного натяжения шпунта.

Для разработки мероприятий по снижению шума при работе сваебойных машин различные эксперименты проводили в Японии. Использование звукозащитных кожухов считается японскими специалистами менее эффективной мерой, чем разработка новых рациональных способов бесшумной работы. Так, разработана сваебойная установка с двумя рабочими органами - буровой штангой и дизельным молотом. Сначала при помощи буровой штанги бурят скважину, в которую вводят сваю, а затем сваю добивают дизель - молотом до проектной отметки. В результате дизель-молот работает короткое время последовательно, уменьшается и продолжительность шума. В России также используется способ забивки свай в предварительно пробуренные лидерные скважины малого диаметра, что позволяет тоже снижать время забивки свай и уровень шума по сравнению с забивным способом погружения.

Способ погружения стальных шпунтовых свай разработан фирмой «Синнихон сэйтэцу» (Япония). Этот способ получил название «способ NISP». Оборудование для работ по этому способу состоит из трёх основных частей: свайного копра с земляным буром; стопорного устройства, установленного на буре; канатной системы, взаимосвязанной с приводом бура. Способ, благодаря стопорному устройству, позволяет передать энергию, расходуемую земляным буром на шпунтовую сваю. В Республике Беларусь такой способ погружения получил название вдавливающий и ударно-вдавливающий способы погружения свай.

Канатная система является двухступенчатой: пока сопротивление погружению шпунтовой сваи невелико, система работает благодаря энергии привода бура; как только сопротивление грунта усиливается и мощности привода для работы бура оказывается недостаточно, свая с помощью канатной системы принудительно погружается. При работе на твёрдом грунте принудительное погружение сваи может осуществляться с применением сжатого воздуха. При погружении свай по способу NISP не применяют такие устройства, как дизель-молот, вибромолот и т.п., поэтому практически не возникают шум и вибрация.

Роль стопорного устройства состоит не только в том, чтобы сообщить свае энергию для её погружения, но и в том, чтобы устранить изгиб сваи и штанги бура; не возникает разрушения, наклона и скручивания стальной сваи. Погружение шпунтовой сваи осуществляется равномерно и без рывков. Уровень звукового давления составляет менее 60 дБ.

2. Вторым направлением (технологическим) снижения шума при свайных работах является смазка погружаемого элемента при помощи смол, пай, глинистого раствора, воды и т.д. [2,3].

Известно, что доля сопротивления трению грунта со сваей может достигать 30...50 % от общего сопротивления погружению. Поэтому использование в целях снижения сопротивления трению грунта в качестве обмазок материалов, обладающих высокими антифрикционными свойствами, способностью к тиксотропным изменениям и низкими сопротивлениями сдвигу, может привести к ускорению процесса погружения свай [4] и сокращению времени вредного воздействия шума на здоровье работающих.

Практика показала, что использование обмазок повышает стоимость погружения сваи всего лишь 1+2 %, но при этом энергоёмкость погружения сваи может быть снижена до 30 %, что может дать значительный экономический эффект в размере 5... 10 % от стоимости погружения и на столько же процентов может быть повышена несущая способность сваи по грунту основания, уменьшено число деформируемых и поломанных свай.

В этом направлении авторами предложено устройство для ускорения погружения свай, защищенное патентом РФ на полезную модель № 8801, позволяющее производить смазку сваи реагентом, например, глинистым раствором, в процессе её погружения в грунт, а это приводит к снижению производственного шума на строительной площадке.

При проведении экспериментальных исследований в производственных условиях энергоёмкость погружения обмазанных свай сечением 300х300 мм и длиной 12 м всегда оказывается более низкой по сравнению с чистыми сваями (рис. 1).

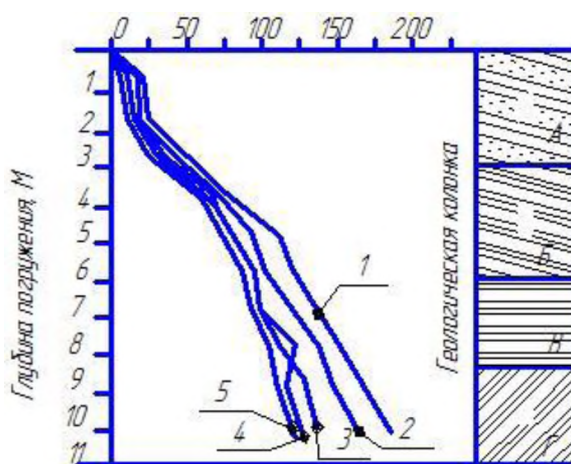


Рисунок 1. Данные по погружению длинных железобетонных свай. Усредненные графики погружения свай, обмазанных разными реагентами:

- 1 - не обмазанные контрольные сваи; 2 - сваи, обмазанные жидким стеклом;
- 3 - сваи, обмазанные 0,5 %-м раствором ПАА; 4 - сваи, обмазанные бентонитовой пастой; 5 - сваи, обмазанные эпоксидной смолой; А - насыпной грунт; Б - плотные супеси; В - мягко пластичные глины; Г - туго пластичный валунный суглинок

Анализируя графики, можно отметить, что сваи с обмазки погружаются быстрее чистых, с меньшими затратами энергии, что заметно как по отдельным отказам, так и по общему количеству ударов, затраченных на их забивку. При этом оказалось, что энергоёмкость (работа) погружения свай, обмазанных жидким стеклом, уменьшилась на 18 %, раствором ПАА - до

27 %, бентонитовой пастой - до 32 % и эпоксидной смолой - на 35 %. Через шесть суток оказалось, что при обмазке стеклом несущая способность свай не повысилась, в то время как обмазка бентонитовой пастой, раствором ПАА и ЭС обусловили ее увеличение соответственно на 24,8 %; 27,4 % и 23,7 %.

Аналогичные данные, но с большим техническим эффектом, получены в бывшей ГДР, где глинистые суспензии и цементный раствор подавались в зазор между свай, имеющей выступ по боковой поверхности ствола, и грунтом. В результате энергоёмкость снизилась в 3...4 раза, хотя в этом случае уменьшилась несущая способность обмазанных свай на 33...44 %. Очевидно, что свою роль в этом случае оказывает наличие выступов по боковой поверхности ствола, которые при погружении сваи с обмазкой в грунт снижают сопротивление сдвигу на 30...40 %, а в процессе работы в грунте на ту же величину уменьшают несущую способность сваи по грунту основания.

Использование обмазок из синтетических смол и глинистых паст для погружения сваи требует определенных, хотя и небольших, денежных и материальных затрат на производство работ. По этой причине в некоторых случаях (при погружении в лидерные скважины, водонасыщенные и болотистые грунты) может оказаться более целесообразным применение самосмазывающихся конструкции забивной сваи заводской готовности (а.с. СССР № 1138543, разработка авторов), позволяющих, кроме снижения энергоёмкости погружения, в определенных условиях (при погружении в лидерные скважины) дополнительно закреплять грунт специальными растворами.

При проведении экспериментальных работ в производственных условиях уровень звукового давления при погружении обмазанных свай сечением 300х300 мм и длиной 12 м всегда оказывался более низким по сравнению с чистыми сваями. Средние уровни звукового давления составили на свайных работах 114 дБ, при использовании обмазок с учётом общей продолжительности работ на объектах, а, следовательно, и продолжительности воздействия шума, этот показатель снижается до 98 дБ.

Позволяет снизить уровень звукового давления при свайных работах погружение сваи в предварительно пробуренную лидерную скважину. При производстве работ сваю погружают в скважину, заполненную на 1/2...2/3 высоты закрепляющим грунт раствором, например, жидким стеклом, или забивают непосредственно в грунт. За счёт возможности прохождения раствора или грунта по пазам происходит смазка боковой поверхности ствола раствором, т.к. в этом случае свая обладает меньшим коэффициентом трения о грунт и испытывает меньшее сопротивление погружению, что облегчает забивку, в результате чего дизель-молот работает лишь короткое время, и, следовательно, уменьшаются продолжительность и интенсивность шума при погружении сваи. Отмечено снижение уровня звукового давления до 96 дБ.

3. Третьим направлением борьбы с шумом является использование под-

мыва грунта водой при погружении свай. С целью облегчения погружения свай, свай-оболочек, особенно больших размеров (поперечного сечения и длины), в несвязные (песчаные) и мало связные (суглинистые и глинистые) грунты, а также при большой глубине погружения и недостаточной погружающей способности (мощности) сваебойного или вибропогружающего механизма применяют подмыв грунта водой под сваями высоконапорными насосами. Способ применим в том случае, если это не может вызвать просадки расположенных по соседству зданий и строений [3, 4]. Конструкция гидropодмывной сваи показана на рис. 2. Аналогичные конструкции свай и способы гидравлического погружения защищены, а.с. СССР №779507, 779508, 881201 и др.; патентами РБ на изобретение № 10518 и др.; полезные модели №1682, 3603, 6882, 7573, 9781 и др.

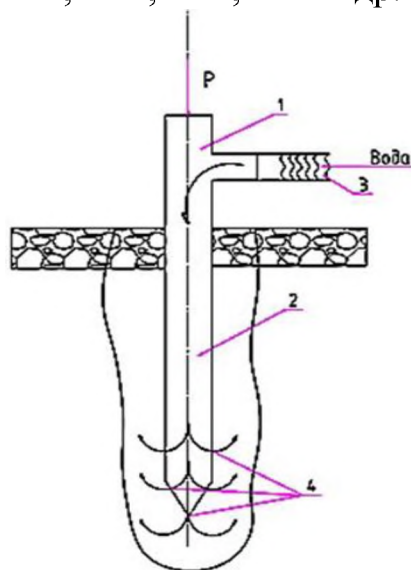


Рисунок 2. Конструкция гидropодмывной сваи:

1 - ствол; 2 - центральный канал; 3 - патрубок для подачи воды; 4 - выходные каналы; 5 - разжиженный грунт; Р - усилие забивки (пригрузки)

Сущность подмыва заключается в том, что к острию сваи подводят воду, размывают грунт, и свая под действием собственного веса и веса установленного на ней молота или пригрузки погружается в грунт. На последнем метре погружения сваи подмыв прекращают и сваю добивают обычным образом. Висячие сваи способом гидropодмыва следует погружать осторожно, так как при этом нарушается сцепление боковой поверхности сваи с грунтом. Эффект гидropодмыва заключается в том, что под действием воды, направленной под напором из одной или нескольких труб, лобовое сопротивление грунта снижается. Кроме того, поток воды, поднимаясь вдоль боковой поверхности сваи, размывает грунт и взвешивает его частицы. Вследствие этого уменьшается сопротивление грунта и снижается требуемое усилие погружения сваи.

В процессе погружения свай малого диаметра (до 1,2 м) применяется центральный подмыв одной трубкой, установленной по оси сваи, а при большом диаметре - двумя или несколькими трубками, расположенными снаружи. Боковой подмыв свай и опор применяли в г. Бресте при строи-

тельстве моста через р. Мухавец по ул. Пионерской. Напор и расход воды, число и диаметр подмывных труб зависит от вида грунта, размеров поперечного сечения сваи и глубины погружения. Давление и расход воды, подаваемой и размываемой грунт, зависит от глубины погружения свай и характера грунтов.

Используют низкое, среднее и высокое рабочее давление воды для подмыва свай (до 1,5 мПа; 1,5...5,0 мПа; более 5,0 мПа). Диаметр насадок подмывных труб составляет 25...130 мм. Расход воды колеблется от 2 до 12 м³ на 1 м погружаемой сваи в зависимости от вида грунта и давления воды. После прекращения подачи воды грунт уплотняется и крепко обжимает сваю. Подмыв грунта несколько снижает несущую способность сваи F_d , и при расчете это следует учитывать поправочным коэффициентом K (в формуле (5.8) к определению несущей способности сваи F_d СНБ 5.01.01-99 и формуле (8) СНиП 2.02.03-85 применяется понижающий коэффициент $\gamma_{cf} = 0,9$ вместо 1,0). Трубки в полых сваях следует располагать на 0,5...0,75 м выше конца сваи во избежание намыва грунта в полость сваи. Подачу воды ведут непрерывно.

Иногда применяют, комбинированную схему-подмыв с забивкой, с промежуточным нагнетанием воздуха в зону подмыва по трубкам.

Одним из недостатков, наряду со снижением несущей способности, сваи является возможность закупорки грунтом отверстий водоподающих трубок. Для устранения этого недостатка рекомендуется для свай малых размеров поперечного сечения воду подавать по центральному каналу с измененными выходами на наружную боковую поверхность наконечника, а для свай и свай-оболочек больших размеров подачу воды вести по водоподающим трубкам, снабженным специальными насадками с каплевидными отверстиями для вытекания воды, исключаящими их закупорку грунтом. Использование эффекта смазки водой наконечника и боковой поверхности сваи в процессе погружения за счет снижения лобового сопротивления и сопротивления сдвигу по боковой поверхности ствола представляет собой достаточно простой, реальный и перспективный путь снижения энергоемкости и повышения эффективности погружения свай на массивных конструкциях, следовательно, и уменьшению шума.

4. Конструктивным приемом снижения шума в процессе погружения свай является разработка и использование высокоэффективных конструкций свай и фундаментов, обладающих низкой энергоемкостью погружения в грунт и высокой эффективностью работы [5]. К ним можно отнести разработанные в БрГТУ забивные сваи: с двойным наконечником и с пазами на наконечнике.

Первая из них (а.с. СССР №1278403, рис. 3а) снабжена «двойным» наконечником в нижней части ствола и продольными углублениями (пазами) на боковой поверхности наконечника. Свая характеризуется пониженной на 15...25 % энергоемкостью установки в грунт и повышенной на 10...15 % несущей способностью по грунту основания по сравнению с типовыми призматическими сваями. Вторая конструкция сваи (а.с. СССР

№1135843, рис 36) обеспечивает снижение энергоемкости погружения до 20 % по сравнению с призматическими сваями при равной с последующими несущей способности.

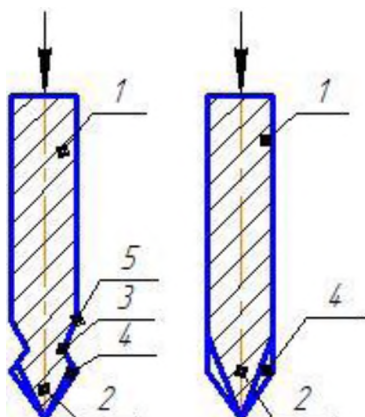


Рисунок 3. Конструкции забивных свай с "двойным" наконечником (а) и пазами на наконечнике (б): 1 - ствол; 2 - наконечник; 3 - углубления; 4,5 – пазы

Эффективность применения данных свай обеспечивается за счет возможности перетекания грунта по пазам из-под острия (зоны повышенного давления грунта) к углублениям в стволе или к боковой поверхности (в зону пониженного давления) в процессе погружения свай. Увеличения несущей способности свай с двойным наконечником достигается за счет возможности работы свай в двух уровнях основания, вовлечение большего объема грунта в работу и наличие пирамидальных (как более эффективных) граней. Несущая способность свай с пазами практически, как показали статические испытания в г. Пинске, не отличается от несущей способности известных призматических свай. Помимо понижающей жесткости установки в грунт, обе свай характеризуются примерно на 8-10 % меньшим количеством ударов при их погружении по сравнению со стандартными сваями за счет уменьшения сопротивления грунта внедрению свай, а также меньшим числом поломанных и деформированных свай.

Улучшение работы сваебойного оборудования в сторону уменьшения шума, упрощение технологии производства работ, использование обмазок, воды и эффективных конструкций свай и других мероприятий в направлении снижения звукового давления на человека позволяют добиться уменьшения шума при работе сваебойной техники без коренной реконструкции машин и механизмов и уровня звукового давления на 10... 15 дБ (и больше) при максимально допустимом уровне звука 50...75 дБ согласно СН № 3077-84 в зависимости от назначения помещений и территорий.

Одним из возможных приемов снижения уровня шума представляется использование в производстве работ «бесшумных» технологических процессов, например, опускных, буро опускных, буро забивных способов устройства свай, использование электроосмотического или электрогидравлического погружения свай и других эффективных способов.

Однако наиболее эффективным направлением в снижении уровня шума представляется использование в производстве работ "бесшумных" техно-

логических процессов, например, опускные, буро опускные или буро забивные способы устройства свай, использование электроскопического или электрогидравлического погружения свай и других эффективных способов, что разрешено в Англии законом.

Использование описанных выше способов погружения свай, конструктивных решений и разработок в направлении снижения шума и звукового давления (технических, технологических, конструкторских и организационных) позволяет в определенной степени снизить уровень шума при работе сваебойного оборудования на 10...25 % (или на 10... 15 дБ) и для дальнейшего снижения звукового давления следует применять "бесшумные" технологии производства свайных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мероприятия по снижению уровня шума от строительных машин. - М.; ЦИНИС Госстроя СССР, 1989. - 48 с.
2. *Чернюк В.П.* Расчет, проектирование и устройство свайных фундаментов / В.П. Чернюк, П.С. Пойта. - Брест: Облтипография, 1998. -216 с.
3. *Чернюк В.П.* Технология строительства в особых условиях: курс лекций / В.П. Чернюк, В.А. Пчелин, Н.А. Сташевская. - Брест: БГТУ, 2005-132 с.
4. *Кречин Д.С.* Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках-/ А.С. Кречин, В.П. Чернюк, П.В. Шведовский, А.Т. Мальцев, Н.А. Мальцева. - Кишинев: Карта Молдовеняска, 1990 - 247 с.
5. *Чернюк, В.П.* Рациональные конструкции, свай и эффективные способы их погружения / В.П. Чернюк, В.Н. Пчелин, П.П. Ивасюк, Ю.П. Ивасюк II Вестник БГТУ. Строительство и архитектура. - 2001. - №1 - С. 50-51.