



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЗДАНИЙ

**Ю. И. Тилинин, Д. А. Животов, М. В. Молодцов**

**Тилинин Юрий Иванович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: tilsp@inbox.ru;

**Животов Дмитрий Андреевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (921) 569-06-45; e-mail: d.zhivotov@mail.ru;

**Молодцов Максим Вилленинович**, кандидат технических наук, доцент кафедры организации строительства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: molodcovmv@mail.ru

В статье рассматривается проблема совершенствования монолитных технологий строительства портовых сооружений и зданий, как наиболее универсального способа строительства мола и причального фронта, а также административно-бытовых комплексов береговой инфраструктуры. Технологии рассматриваются на примере строительства морской базы в Новороссийске, где стройка обеспечивалась бетонной смесью растворобетонным узлом подрядчика с производительностью 60 м<sup>3</sup>/час бетонной смеси. В статье рассматривается строительство мола, бурение с эрлифтом, погружение обсадной трубы вибропогружателем, подаваемым плавающим краном. Для бетонирования полости одной сваи методом вертикально перемещаемой трубы потребовалось около 90 м<sup>3</sup> бетонной смеси марки В25 и В30 с пластифицирующими и замедляющими время схватывания добавками. Авторами предложена в качестве гипотезы монолитная технология возведения зданий с использованием бетононасоса, шахтного подъемника, распределительной стрелы, а также проведено сравнение способов подачи бетонной смеси в опалубку методом экспертной оценки.

**Ключевые слова:** строительство, монолитные технологии, портовые сооружения и здания, критерии, экспертная оценка, способы подачи бетонной смеси, причалы и набережные, строительство, бурение с эрлифтом, монолитные технологии, завод бетонной смеси.

## IMPROVEMENT OF MONOLITHIC TECHNOLOGIES FOR THE CONSTRUCTION OF PORT FACILITIES AND BUILDINGS

**Yu. I. Tilinin, D. A. Zhivotov, M. V. Molodtsov**

**Tilinin Yuriy Ivanovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Technology, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: tilsp@inbox.ru;

**Zhivotov Dmitriy Andreyevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Technology, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, tel.: + 7 (921) 569-06-45; e-mail: d.zhivotov@mail.ru;

**Molodtsov Maksim Villeninovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Organization, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: molodcovmv@mail.ru

The article deals with the problem of improving monolithic technologies for the construction of port facilities and buildings, as the most universal way of building a pier and a mooring front, as well as administrative and amenity complexes of coastal infrastructure. Technologies are considered on the example of the construction of a naval base in Novorossiysk, where the construction was provided with a concrete mix by a mortar concrete unit of the contractor with a capacity of 60 m<sup>3</sup> / hour of concrete mix. The article discusses the construction of a breakwater, drilling with an airlift, immersion of the casing pipe with a vibrator supplied by a floating crane. About 90 m<sup>3</sup> of B25 and B30 concrete mix with plasticizing and slowing down the setting time additives were required for concreting the cavity of one pile using the vertically moved pipe method. The authors proposed as a hypothesis a monolithic technology for the erection of buildings using a concrete pump, a mine hoist, a distribution boom, and also compared the methods of supplying the concrete mix to the formwork by the method of expert evaluation.

**Keywords:** construction, monolithic technologies, port facilities and buildings, criteria, expert assessment, methods of supplying concrete mix, berths and embankments, construction, airlift drilling, monolithic technologies, concrete mix plant.

Рассматривая в качестве объекта исследования монолитные технологии в строительстве как один из путей повышения эффективности строительного производства за счет применения универсальных материалов для возведения

различных конструкций зданий и сооружений (бетонной смеси и строительной арматуры). Применением этих материалов обеспечивается уменьшение материальных запасов, что влечет за собой снижение оборотных средств и рост

рентабельности. Помимо того, требуются меньшие размеры строительной площадки, чем при сборном строительстве. И главное преимущество монолитного строительства при больших объемах работ, например при строительстве морских терминалов и баз, это установка подрядчиком собственных заводов бетонной смеси на строительной площадке.

В качестве предмета исследования рассматриваются способы производства работ при возведении монолитных конструкций зданий и сооружений. В качестве задач при этом можно рассматривать поиск рациональных областей применения способов подачи бетонной смеси и уточнение перспектив развития способов производства работ при возведении конструкций зданий и сооружений из монолитного железобетона.

В связи с выше сказанным весьма интересен опыт возведения монолитных конструкций зданий и портовых сооружений в Новороссийске. Причалы и набережные Новороссийской морской базы устраивались путем возведения буронабивных свай и монолитных надводных конструкций в следующей последовательности:

- погружение обсадной трубы при помощи вибропогружателя через илистые отложения до скальной породы (рис. 1);
- крепление буровой установки на оголовки погруженной обсадной трубы и опускание внутрь обсадной трубы буровой колонны;
- в скальном основании, выбуривание полости глубиной 12 м с извлечением буровой мелочи при помощи эрлифта;
- дополнительное погружение на 4 м обсадной трубы в пробуренную в скальной породе скважину;
- в погруженную обсадную трубу после извлечения из нее грунта устанавливается арматурный каркас длиной до 50 м, а массой до 20 т.



Рис. 1. Погружение обсадной трубы вибропогружателем, подаваемым плавучим краном (<http://www.rla.com.ua/upload/catalog/5be44b37594006f131f58836366902be.pdf> (20.06.2023 г.))

По завершении погружения стальной обсадной трубы вибропогружатель на ее оголовке заменяется на монтируемую буровую установку, внутрь трубы опускается буровая колонна, при помощи которой пробуривается скважина в скальном флише глубиной 12 м. Одновременно с бурением осуществляется эрлифт разбуренного грунта (рис. 2).



Рис. 2. Установка BUMA для бурения с эрлифтом в погруженной обсадной трубе (<https://koper.pro/drilling-rig-rcd/> (20.07.2023 г.))

После окончательного погружения обсадной трубы приступают к монолитным железобетонным работам, выполняемым при устройстве буронабивных свай в не извлекаемой обсадной трубе.

Вначале в полость скважины устанавливается арматурный каркас, который в зависимости от места погружения может в проектном положении составлять до 50 м.

Для бетонирования полости одной сваи методом вертикально перемещаемой трубы потребовалось около 90 м<sup>3</sup> бетонной смеси марки В25 и В30 с пластифицирующими и замедляющими время схватывания добавками.

Строительство мола и причального фронта, а также жилых и общественных зданий береговой инфраструктуры порта обеспечивалось растворобетонным узлом с производительностью 60 м<sup>3</sup>/ час бетонной смеси.

При устройстве монолитных свай в Цемесской бухте осуществлялись следующие технологические процессы переработки бетонной смеси:

- доставка бетонной смеси;
- подача смеси к устью скважины;
- укладка смеси в обсадную трубу сваи по вертикально перемещаемой бетонолитной трубе;
- уплотнение бетонной смеси.

Подача бетонной смеси в обсадную трубу может осуществляться автобетононасосом, непосредственно из автобетоносмесителя, а также бункером (бадьей) при помощи стрелового крана.

Из монолитного железобетона выполняется и надводная часть мола с использованием сборно-разборной инвентарной щитовой опалубки, которая применяется и при строительстве жилых зданий. При сборке щитовой опалубки применяются строительный кран и выполняются следующие технологические операции:

- строповка и подача опалубочных щитов краном;
- установка щитов опалубки с частичным креплением;
- выверка опалубки;
- расстроповка опалубки;
- крепление опалубки распорками и подкосами.

При разборке щитовой опалубки работы выполняются в следующей технологической последовательности:

- строповка опалубочных щитов;
- демонтаж креплений опалубки;
- отделение щитов опалубки от бетонной поверхности возводимой конструкции;
- складирование опалубочных щитов с расстроповкой.

В среднем на сборку и разборку 1 м<sup>2</sup> опалубки затрачивается ручного труда около 0,5 чел.-час. и времени работы крана около 0,26 маш.- час. [1–4].

Главные проблемы повышения эффективности монолитного строительства заключаются в сокращении трудоемкости бетонных работ и в снижении затрат на производство и доставку бетонной смеси на строительную площадку.

Предлагается уменьшить трудоемкость бетонных работ путем совершенствования способа подачи бетонной смеси в опалубку при возведении монолитных конструкций [1, 2].

Снижение затрат на производство и доставку бетонной смеси на строительную площадку предлагается достигать рациональным размещением на обширной территории стройки бетонно-растворных узлов различной мощности, учитывая при этом размеры строительных объектов, дорожные условия и расстояния между объектами.

Совершенствование способа подачи бетонной смеси в опалубку при возведении монолитных конструкций, по мнению авторов, одно из перспективных направлений совершенствования технологии бетонных работ. При современном многообразии способов возведения монолитных конструкций в качестве гипотезы рассматривается применение шахтного подъемника, оборудованного подъемной головкой с закрепленной к ней распределительной стрелой на рамной опоре, к которой от стационарного бетононасоса проложен бетоновод [3–5].

Предлагаемый способ заключается в следующем. В процессе работы для подъема на очередной этаж наращивается сборная решетчатая многоклеточная шахта. В одной из клеток шахты устраивается пассажирская клетка, а в другой грузовой клетка для малогабаритных грузов, в третьей прокладывается вертикально бетоновод, по которому поступает бетонная смесь от бетононасоса к распределительной стреле. При строительстве зданий шахтный подъемник следует устанавливать в специально оставляемых проемах в междуэтажных перекрытиях или в лифтовой шахте строящегося здания (рис. 3.).

Предлагаемый новый способ строительства монолитных зданий основан на использовании шахтного подъемника, оборудованного распределительной стрелой, который предназначен для

возведения монолитных железобетонных дымовых труб. Предложенный способ эффективен для строительства 25-этажных зданий и выше в I–IV климатических районах, как в обычных условиях, так и в условиях повышенной сейсмической активности до восьми баллов. Возможно, так же строительство зданий высотой до 16 этажей и в районах с сейсмичностью до девяти баллов [6–8].

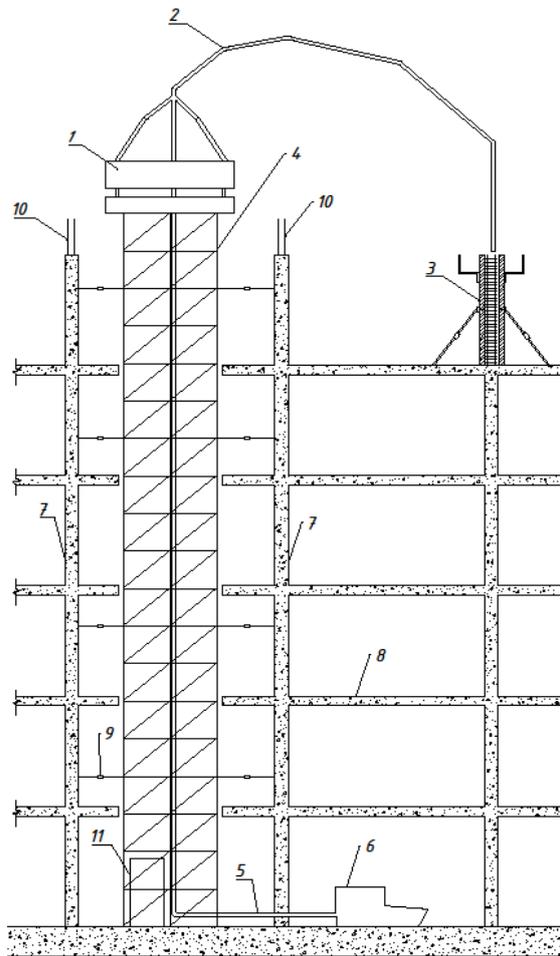


Рис. 3. Шахтный подъемник с самоподъемной головкой и распределительной стрелой

при возведении монолитного высотного здания:

- 1 – самоподъемная головка; 2 – распределительная стрела;
- 3 – сборно-разборная щитовая опалубка стен;
- 4 – собираемый из трубчатых элементов многоклеточный шахтный подъемник; 5 – бетоновод; 6 – бетононасос;
- 7 – железобетонная монолитная стена; 8 – железобетонное монолитное перекрытие; 9 – натяжная муфта центровочного троса; 10 – стержни вертикальной арматуры стен; 11 – клетка подъема людей и грузов

Наращивание шахтного подъемника выполняется путем монтажа стоек, ригелей, раскосов и направляющих для движения клетей с выверкой смонтированной части шахтного подъемника и окончатальной затяжкой болтовых соединений. Внутри ячейки шахтного подъемника устанавливаются переходные площадки и навешиваются лестницы. Работа выполняется звеном трубокладов (бетонщиков) пятого разряда два человека и четвертого разряда – один человек. С учетом подачи сборных элементов к

месту монтажа на сборку одного яруса шахтного подъемника затрачивается не более двух часов.

При возведении очередного этажа здания предусматривается следующая последовательность работ:

- наращивание шахтного подъемника на высоту яруса, равного высоте этажа;
- перемещение по шахтному подъемнику самоподъемной головки на высоту этажа;
- наращивание вертикального бетоновода;
- подача бетонной смеси распределительной стрелой в установленную ранее опалубку междуэтажного перекрытия;
- технологический перерыв, уход за твердеющим бетоном;
- установка арматуры и опалубки стен;
- подача бетонной смеси в опалубку стен распределительной стрелой;
- технологический перерыв, уход за твердеющим бетоном.

При наращивании многоклеточного шахтного подъемника производится его центровка по специальному отвесу при помощи толстых тросов и натяжных муфт. Тонкий трос отвеса закреплен в центре верхней части шахтного подъемника. В плите фундамента забетонирован вертикальный стальной стержень для наведения на него отвеса. Вместо отвеса может применяться лазерный прибор.

Наиболее приемлем в монолитном строительстве зданий шахтный подъемник с ячейкой 900 мм. Стойки изготавливаются из труб диаметром 60 мм с толщиной стенки 5,5 мм, ригели и раскосы шахтного подъемника изготавливают из труб диаметром 40 мм с толщиной стенки 4 мм.

Ориентируясь на технические характеристики имеющихся на рынке бетононасосов и распреде-

лительных стрел, авторы планируют достичь фактической сменной производительности по бетону не менее 800 м<sup>3</sup> при горизонтальной подаче на расстояние не менее 50 м. Диаметр бетоновода предлагается стандартный 125 мм.

В отличие от предложенного способа подача бетонной смеси башенным краном с помощью бадьи или неповоротного бункера имеет низкую интенсивность бетонирования, составляющую около 27 м<sup>3</sup> бетонной смеси в смену [9].

Для интенсификации процесса монолитного строительства не высотных зданий особенно в условиях стесненной строительной площадки применяют стационарные бетононасосы и устанавливаемые на различных опорах распределительные стрелы:

- на рамной опоре;
- на башенной трубчатой опоре;
- на башенной решетчатой опоре;
- на башенной решетчатой опоре с одной или двумя консолями [9].

При решении проблемы создания строительного крана, оборудованного бетоноводом целесообразно принять во внимание наработки в области создания бетоноводов строительных принтеров [13, 14]. Эти наработки уже на современном этапе могут быть внедрены машиностроителями при создании многофункционального подъемного крана с элементами роботизации.

С целью совершенствования технологического процесса вертикального транспортирования и распределения бетонной смеси в процессе подачи ее в опалубку авторами проведена многокритериальная экспертная оценка применения различных технических средств перекачки и подачи бадьями бетонной смеси при бетонировании. Результаты экспертной оценки приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Результаты экспертной оценки подачи бетонной смеси строительным краном в бадье и распределительной стрелой на различных видах опор**

Критерий сравнительной оценки	Экспертная оценка критерия по шкале десять баллов							
	Кран строительный		Распределительная стрела с различными видами опор					
	стреловой	башенный	автомобиль	рамная опора	башенная трубчатая опора	башенная решетчатая опора	башенная решетчатая опора с одной или двумя консолями	усовершенствованный кран с бетоноводом
Устойчивость к ветровой нагрузке и опрокидыванию	6	9	10	6	8	8	9	9
Мобильность (транспортабельность)	8	4	10	6	5	4	4	4
Высота подачи бетонной смеси	7	10	5	7	6	7	8	8
Самоподъемная функция опоры стрелы	7	10	7	4	7	7	8	8
Максимальный вылет удерживаемой стрелы	7	10	7	6	7	7	7	8

Продолжение таблицы 1

Критерий сравнительной оценки	Экспертная оценка критерия по шкале десять баллов							
	Кран строительный		Распределительная стрела с различными видами опор					
	стреловой	башенный	автомобиль	рамная опора	башенная трубчатая опора	башенная решетчатая опора	башенная решетчатая опора с одной или двумя консолями	усовершенствованный кран с бетоноводом
Выполнение смежной (грузоподъемной) функции с учетом высоты подъема груза	8	10	1	1	1	1	3	7
Наличие холостого хода	1	1	10	10	10	10	10	8
Необходимость перестановки краном	10	10	10	1	7	7	7	10
Итого (универсальность)	54	64	60	41	51	51	56	62

Проводя анализ результатов экспертной оценки, авторы определили область применения способов подачи бетона в опалубку.

Технология подачи бетонной смеси в опалубку при помощи строительного крана наиболее приемлема при бетонировании стен, с малыми объемами бетонной смеси, потому что малая скорость около 20 м в минуту и наличие холостого хода крюка крана снижает его производительность при подаче бетонной смеси на высоту более 40 м и соответственно снижается интенсивность бетонирования.

Транспортировка бетонной смеси автобетононасосами, оборудованными распределительной стрелой, наиболее эффективна при высоте подачи до 40 м. Для подачи бетонной смеси на высоту более 40 м применяется стационарный бетононасос и распределительная стела с опорой в виде рамы, переставляемая башенным краном.

Выбор способа подачи бетонной смеси в реальных условиях строительства зависит от характеристик строительного объекта и строительной площадки [10, 11].

При выборе бетононасоса часто пользуются приблизительными расчетами, заключающимися в приведении всех вертикальных перемещений смеси к горизонтальному эквиваленту путем трехкратного увеличения суммы всех вертикальных участков бетоновода и прибавления к ним длин горизонтальных бетоноводов. Затем выбирается бетононасос с дальностью горизонтальной перекачки не ниже расчетной. По производительности бетононасос выбирают, ориентируясь на объем бетонирования, так при объеме бетонирования до 1500 м<sup>3</sup> выбирают насос с производительностью не менее 10 м<sup>3</sup>/час, при объеме от 1600 до 4000 м<sup>3</sup> – не менее 20 м<sup>3</sup>/час, а при объеме 10 000 м<sup>3</sup> – не менее 40 м<sup>3</sup>/час [12–15]. Современные бетононасосы имеют в технических характеристиках производительность 40–200 м<sup>3</sup>/час.

Если увеличение срока строительства не приводит к существенному росту накладных расходов и укладывается в сроки контракта, то рекомендуется выбирать бетононасос со средними параметрами, руководствуясь более низкой ценой аренды.

Таким образом в настоящей работе выполнено сравнение методом экспертных оценок способов подачи бетонной смеси в опалубку и установлено:

- при строительстве монолитных зданий средней и повышенной этажности наиболее экономичны башенные краны, которые применяют для бетонирования стен;
- бетонирование фундаментных плит и перекрытий до девятого этажа лучше производить автобетононасосом, большие автобетононасосы подают бетон до 15 этажа;
- при подаче бетонной смеси на высоту до пяти этажей в стесненных условиях эффективен способ с использованием распределительных стрел, установленных на вертикальных опорах-вышках;
- для высотного строительства применяются стационарные бетононасосы с распределительными стрелами на рамной опоре, переставляемыми башенными кранами;
- универсальных башенных кранов, оборудованных бетоноводами пока в строительстве нет;
- предложенная технология возведения зданий с использованием бетононасоса, шахтного подъемника и распределительной стрелы рассматривается как гипотеза и подлежит дальнейшему исследованию.

В результате исследования можно так же утверждать, что при строительстве портовых сооружений и административно-бытовых комплексов на территории порта наиболее эффективна монолитная технология строительства с установкой на строительной площадке завода бетонной смеси, такой подход применим и при

массовом жилищном строительстве, где нет или недостаточно домостроительных комбинатов, но в качестве местных материалов имеются в необходимом количестве песок, щебень и цемент.

**Список литературы:**

1. Евтюков С.А., Тилинин Ю.И., Щербаков А.П. К вопросу автоматизации процессов монолитного домостроения с учетом исследования конструкционных сталей в строительной робототехнике // Вестник гражданских инженеров. – 3 (74). – С 72-79.
2. Бирюков А.Н. Новые быстротвердеющие цементные составы для проведения текущего, капитального ремонта и ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах Министерства Обороны Российской Федерации // Бирюков А.Н., Дудурич Б.Б., Бирюков Ю.А. Военный инженер. 2018. № 1 (7). С. 37-45.
3. Животов Д.А., Тилинин Ю.И. Перспективные технологии аддитивного производства стеновой опалубки из углепластика // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2022. № 2 (40). С. 32-36.
4. Тилинин Ю.И., Животов Д.А. Технологии строительства зданий в городских условиях // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2023. № 1 (43). С. 32-37.
5. Predictive and analytical assessment of structural and operational solutions of concrete mixing complexes for the construction of special facilities / Kravchenko I., Biryukov A., Biryukov Y., Biryukov D., Fedorov A., Klyuchev A. В сборнике: Proceedings of EECSE 2020. Energy, Environmental and Construction Engineering. Cham, 2021. С. 369-378.
6. Тилинин Ю.И., Юдина А.Ф. Влияние технологии устройства дренажных систем на консолидацию намытого песчаного массива // Вестник гражданских инженеров, – 2018 – 6 (71). – С. 62-67
7. Гайдо А. Н., Верстов В. В. К вопросу определения технологических параметров производства свайных работ в стесненных условиях // Вестник гражданских инженеров, - 2017-3 (62). С. 84-94.
8. Гайдо А.Н. Пути совершенствования технологических решений устройства свайных фундаментов жилых зданий в условиях городской застройки // Жилищное строительство. 2015. № 9. С.12-15
9. Тилинин Ю.И., Бахтинов С.А. Развитие организации и технологии крупнопанельного домостроения в условиях городского строительства. В сборнике: Организация строительного производства. Материалы II Всероссийской научной конференции. 2020. С. 85-93.
10. Judina, A. (2020) Non-reagent methods for the activation of concrete mix raw components in the construction industry, Architecture and Engineering, 5 (1), pp. 30-35, DOI: 10.23968/2500-0055-2020-5-1-30-35.
11. Kadyrov A.S., Kurmasheva B.K., Georgiadi I.V. Economic-mathematical modeling of foundation construction technology by the "wall in the ground" method. The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2018;15(2):179-188.
12. Рыбнов Е.И., Егоров А.Н., Горовая Н.С. Развитие технологии контурного строительства // Вестник гражданских инженеров. № 2 (67). С. 135-140. СПб.: СПбГАСУ, 2018.
13. Колчеданцев Л.М., Васин А.П., Осипенкова И.Г., Ступакова О.Г. Технологические основы монолитного бетона. Зимнее бетонирование: Монография / Под ред. Л.М. Колчеданцева. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 280 с.
14. Тилинин Ю.И., Щербаков А.П. Механизация и автоматизация процессов монолитного домостроения с учетом проблем строительной робототехники. В сборнике: Технология и организация строительства. Материалы I Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 80-летию основания кафедры "Строительное производство". Под общей редакцией А.Н. Гайдо. 2020. С. 407-417.
15. Домостроительные технологии в системе сохранения и развития архитектурно-планировочной структуры исторических российских городов: монография / Ю. И. Тилинин, О. А. Пастух (гл. 1), Д. А. Животов, А. Н. Панин; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. – 239 с.

© Ю. И. Тилинин, Д. А. Животов, М. В. Молодцов

**Ссылка для цитирования:**

Тилинин Ю. И., Животов Д. А., Молодцов М. В. Совершенствование монолитных технологий строительства портовых сооружений и зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 3 (45). С. 38-43.

УДК 636.087  
DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-3-43-48

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЛИЯНИЮ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**К. С. Штенске, О. Н. Парамонова**

**Штенске Ксения Сергеевна**, специалист по учебно-методической работе, Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, тел.: +7 (918) 539-14-30; e-mail: miss.shtenske@yandex.ru;

**Парамонова Оксана Николаевна**, кандидат технических н., доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды, Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, тел.: +7 (904) 445-52-39; e-mail: paramonova\_oh@mail.ru