

УДК 691.3

ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ОТСЕВАМИ КАМНЕДРОБЛЕНИЯ И СО СТРОИТЕЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

Л. И. Касторных, В. В. Косенко, М. А. Гикало

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Рециклинг строительных отходов в настоящее время становится обязательным условием функционирования предприятий по производству товарных бетонных смесей. Целью данной работы явилась оценка коммерческой эффективности инвестиций в строительство бетоносмесительных узлов с рециклингом строительных отходов. При подготовке исходных данных использован метод варьирования переменных. Предлагаемый методический подход позволяет установить предельные условия инвестиционной привлекательности проекта: объем капитальных вложений и величину прибыли, получаемой от реализации продукции.

Ключевые слова: бетонные смеси, отсева камнедробления, рециклинг строительных отходов, оценка эффективности инвестиций, инвестиционный риск, метод варьирования переменных

INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF THE PRODUCTION OF CONCRETE MIXES WITH STONE CRUSHING SCREENINGS AND CONSTRUCTION WASTE

Lyubov I. Kastornykh, Vera V. Kosenko, Maksim A. Gikalo

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Recycling of construction waste is now becoming a prerequisite for the functioning of enterprises producing ready mixed concretes. The work objective is to assess the commercial efficiency of investments in the construction of concrete mixing units with recycling of construction waste. When preparing the initial data, the method of variable variation was used. The proposed methodological approach makes it possible to establish the limiting conditions for the investment attractiveness of the project: the volume of capital investments and the amount of profit received from the sale of products.

Keywords: concrete mixes, stone crushing screenings, recycling of construction waste, investment efficiency assessment, investment risk, variable variation method

Введение. В отрасли строительных материалов товарный бетон относится к приоритетной группе продукции. Для реализации национальных проектов, а также крупных инфраструктурных программ ежегодный объем производства товарного бетона к 2035 году должен составлять не менее 49 млн м³ (распоряжение Правительства РФ от 06.06.2020 № 1512-р «Об утверждении Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года»). Увеличение объемов выпуска важнейшего строительного материала должно сопровождаться постоянным повышением его качества и конкурентоспособности [1, 2].

Развитие строительной отрасли в целом и увеличение производства товарного бетона в частности немислимо без внедрения инновационных технологий. Нововведения в строительное производство сопровождаются рисками, поэтому на предпроектной стадии необходимы глубокие и всесторонние исследования их технической, экологической и экономической эффективности [3].

Целью настоящей работы явилась разработка методического подхода к определению исходных данных для расчета критериев коммерческой эффективности инвестиций в строительство всепогодного БСУ.

Основная часть. Техническая эффективность инноваций из области строительной химии — применение высокоэффективных модификаторов бетона, позволяющих получать нерасплаивающиеся, высокоподвижные и самоуплотняющиеся смеси — подтверждена результатами ранее выполненных исследований [4, 5]. Экологическая эффективность инновационных технологий может достигаться при организации безотходного производства бетонных смесей с использованием строительных отходов и оборотной воды от системы рециклинга [6–8]. Рециклинг строительных отходов в ближайшей перспективе станет обязательным условием функционирования предприятий по производству товарного бетона. Поэтому для реализации этой задачи в состав бетоносмесительных узлов (БСУ) необходимо включать дробильно-сортировочные комплексы (рис. 1).

Подготовка минерального сырья (заполнителей из отсевов камнедробления, дробленого бетона) для бетонных смесей должна включать в себя дробление и фракционирование. После сортировки на отдельные фракции заполнители следует транспортировать в закрытые бункера для складирования. Чтобы обеспечить требуемые свойства бетонных смесей и показателей назначения бетона, дозирование заполнителей также должно быть пофракционным, как это традиционно используется в технологии сухих строительных смесей.

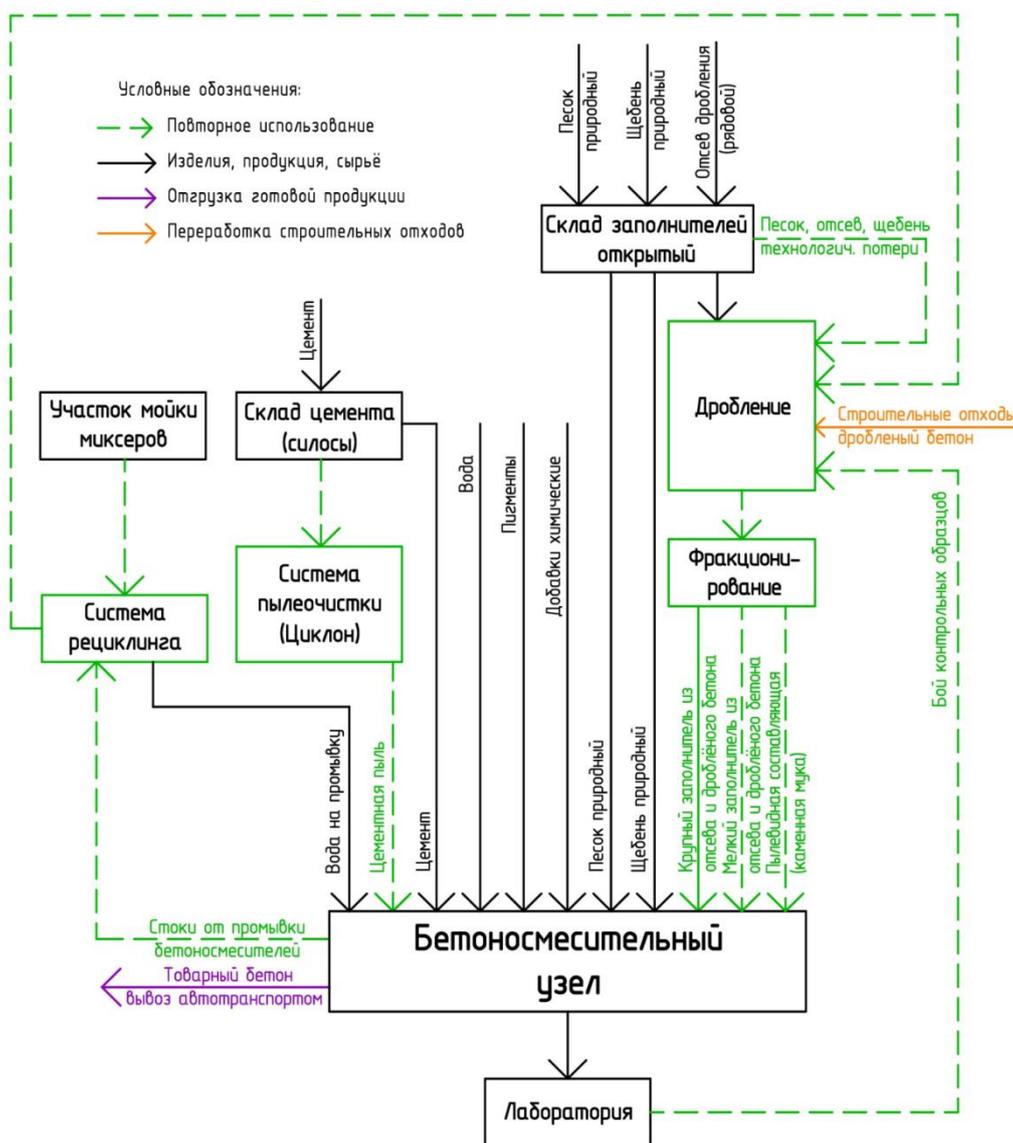


Рис. 1. Схема рециклинга и фракционирования строительных отходов на БСУ

Для динамичного развития строительного комплекса Ростовской области требуется большой объем инвестиций [9]. В современных условиях реализация строительных инвестиционных проектов сталкивается с рядом проблем, главными из которых являются ограниченность финансовых ресурсов и высокий инвестиционный риск, связанный с неопределенностью жизнеспособности объекта [10, 11]. Поиск механизмов и инструментов для привлечения инвестиций в производство товарного бетона с использованием строительных отходов становится актуальной задачей.

Подготовка исходных данных для оценки эффективности инвестиций. Для оценки эффективности инвестиций в строительство объектов промышленности строительных материалов сотрудниками кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» ДГТУ разрабатывается методический подход, применяемый при подготовке инвестиционных предложений, бизнес-планов и в выпускных квалификационных работах студентов [12, 13]. Этот подход базируется на методических рекомендациях и ориентирован на знания студентов, полученные в ходе обучения [14]. Основные его положения приведены в учебном пособии [15].

Отдельные расчеты, ранее выполняемые при подготовке исходных данных, основаны на использовании укрупненных нормативов стоимости производственных зданий и спецсооружений, установленных по состоянию на 01.01.2000, с последующим переводом полученных результатов в текущие цены с помощью общих индексов изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ (СМР), ежеквартально утверждаемых Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Использование одного усредненного индекса изменения сметной стоимости объекта (ко всем статьям затрат одновременно) в настоящее время невозможно. Это связано с изменением формата представления индексов изменения стоимости СМР — не в целом по сметной стоимости, а по отдельным статьям затрат (оплата труда, эксплуатация машин и механизмов, материалы, изделия и конструкции). Это требует корректировки некоторых положений методики оценки эффективности инвестиций, используемой в учебном процессе. Эффективным решением было бы использование укрупненных нормативов цены строительства производственных объектов промышленности строительных материалов. Но такие нормативы разработаны и утверждены Минстроем РФ только для объектов капитального строительства непромышленного назначения и инженерной инфраструктуры.

Исходя из вышеизложенного, на стадии формирования инвестиционного замысла или завершения научно-исследовательских работ предложено осуществлять подготовку исходных данных и оценку эффективности инвестиций с использованием метода варьирования параметров. Метод позволяет оценивать влияние изменений значений отдельных параметров на выходные показатели проекта. Целесообразность такого метода отмечена авторами [16, 17]. В данной статье приведены результаты апробации некоторых расчетов, выполненных по новым правилам.

Технико-экономические расчеты эффективности инвестиционного проекта строительства БСУ. В качестве примера рассмотрена оценка эффективности инвестиций в строительство всесезонного БСУ проектной мощностью 100 тыс. м³ с дробильно-сортировочным комплексом для подготовки минерального сырья, в т. ч. отсевов камнедробления и строительных отходов. Производство бетонных смесей предусмотрено в закрытом отапливаемом корпусе размерами в плане 24×48 м с каркасом из металлических конструкций. БСУ запроектирован с тремя бетоносмесителями для изготовления тяжелых, мелкозернистых и растворных смесей, включая декоративные, для монолитного строительства и производства сборного железобетона. Оборудование дробильно-сортировочного комплекса размещено на открытой площадке. Подача

заполнителей предусмотрена ленточным конвейером в закрытой наклонной галерее. Пылевидная составляющая продуктов фракционирования (каменная мука — инертная минеральная добавка) собирается в мягкий контейнер, а затем после растаривания пневмотранспортом подается в бетоносмеситель. Применение при производстве бетонных смесей высокоэффективных добавок, которые отличаются высокой стоимостью, приводит к значительному их удорожанию. Для компенсации этого предусмотрено использование недорогого минерального сырья из строительных отходов и отсевов камнедробления [7].

Расчеты показателей эффективности инвестиций выполнены без привязки к конкретным производственным условиям. Часть исходных данных, необходимых для расчета показателей эффективности инвестиций, получена на основе анализа доступной информации, размещенной на официальных сайтах заводов-изготовителей товарной бетонной смеси и технологического оборудования, а также российских банков.

Цена товарной бетонной смеси принята равной стоимости смеси марки БСТ В30 ПЗ W6 ГОСТ 7473-2010, выпускаемой ООО «КСМ-14» г. Ростова-на-Дону. Она зафиксирована 30.09.2022 на уровне 520 руб/м³ с НДС (4333 руб/м³ без НДС) и во всех выполненных расчетах сохранялась неизменной.

Стоимость технологического оборудования БСУ установлена по прайс-листам, размещенным на сайте завода-изготовителя «Златоустовский завод бетоносмесительного оборудования». Она составляет ~ 205 млн руб.

Стоимость производственного корпуса определена с использованием калькулятора расчета стоимости зданий из металлоконструкций и сэндвич-панелей онлайн и составляет ~ 45 млн руб. [18]. Рассчитанная стоимость здания не учитывает его проектных особенностей и не включает в себя стоимость спецсооружений (открытого склада заполнителей, галереи подачи заполнителей, системы рециклинга и др.) и инженерных коммуникаций. Поэтому она увеличена до 100 млн руб.

При установленной потребности в капитальных вложениях на технологическое оборудование, производственное здание и спецсооружения с учетом затрат на создание запаса оборотных средств в размере 45 млн руб. необходимый объем инвестиций составит 350 млн руб. В расчетах объем оборотных средств не изменялся.

На долю рассматриваемого производства товарных бетонных смесей отнесены $\frac{1}{3}$ стоимости технологического оборудования (68,3 млн руб.), $\frac{1}{3}$ стоимости производственных зданий и спецсооружений (33,3 млн руб.), $\frac{1}{3}$ объема оборотных средств (15 млн руб.).

Чтобы учесть допущенную неточность в подготовленных исходных данных и возможность изменения стоимости технологического оборудования и строительно-монтажных работ, а также исключить возможность формулирования некорректного вывода, объем инвестиций в расчетах варьировался в интервале от 350 до 472 млн руб. Для этого первоначально установленная стоимость технологического оборудования, производственного корпуса и спецсооружений увеличивалась на 20 и 40 %.

Расчетная себестоимость 1 м³ бетонной смеси детально не определялась. Ее величина установлена при различной норме прибыли (10, 15 и 20 %) исходя из принятого ограничения: отпускная цена 4333 руб/м³ (без НДС). Это обеспечивало сопоставимость результатов расчетов, т. к. все они выполнялись при постоянном размере выручки от реализации продукции. Увеличение доли прибыли в составе себестоимости осуществлялось за счет уменьшения суммы затрат на переработку и непроизводственных расходов. В составе себестоимости 1 м³ бетонной смеси

большая часть затрат приходится на стоимость исходных материалов (цемент, мелкий и крупный заполнители, химические и минеральные добавки). Эти затраты составили 2850 руб/м³. При таких условиях и максимальной норме прибыли (20 %) суммарно на долю остальных статей затрат приходится 761 руб/м³. В настоящий момент не представляется возможным сделать заключение о ее достаточности.

Использование метода варьирования переменных (значений исходных данных) позволяет не только учесть неопределенность, но и установить предельные условия, при которых реализацию предложенного технического решения можно считать экономически целесообразной. Коммерческая норма дисконта, при которой выполнена оценка эффективности инвестиций, принята равной 10 %. Это соответствует доходности по долгосрочным (10 лет) государственным облигациям по состоянию на 30.09.2022 [19].

В современных условиях политической и экономической нестабильности необходимо учитывать риск неполучения предусмотренных проектом доходов. Поэтому к принятой коммерческой норме дисконта добавлена поправка на риск в размере 15 и 20 % соответственно при высоком и очень высоком риске (рекомендации по стандартизации Р 50.1.103-2015 Менеджмент риска. Управление инвестиционным риском).

Исходные данные для расчета критериев эффективности инвестиционного проекта строительства БСУ с рециклингом строительных отходов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета критериев эффективности инвестиционного проекта

Номер варианта	Норма прибыли, %	Норма дисконта, E, %	Капитальные вложения, млн руб.		
			всего	технологическое оборудование	здания, спецсооружения
1	20	25	101,6	68,3	33,3
2	15				
3	10				
4	20				
5	15				
6	10				
7	20				
8	15				
9	20	30	101,6	68,3	33,3
10	15				
11	10				
12	20				
13	15				
14	20				
15	15				

Рассчитаны: чистый доход (ЧД), чистый дисконтированный доход (ЧДД), индексы доходности дисконтированных затрат (И), доходности дисконтированных инвестиций (ИДД) и срок окупаемости. Инвестиционный проект считают эффективным, если чистый доход (ЧД) и чистый дисконтированный доход (ЧДД) положительны, а значения индексов (И и ИДД) не меньше единицы.

Результаты технико-экономических расчетов, выполненных при норме дисконта $E = 25\%$ и $E = 30\%$, приведены в таблице 2. Горизонт расчета — 15 лет. В первый, второй и все последующие годы операционной деятельности объем выпускаемой продукции принят равным соответственно 50, 80 и 100 % проектной мощности.

Таблица 2

Показатели коммерческой эффективности инвестиционного проекта

Номер варианта	ЧД, млн руб.	ЧДД, млн руб.	И	ИДД	Срок окупаемости, лет	Результат расчета
1	708,1	74,2	1,054	1,636	2,8	Эффективно
2	528,6	32,4	1,023	1,278	3,3	
3	332,8	- 13,2	0,991	0,887	-	Неэффективно
4	687,6	53,6	1,039	1,391	3,1	Эффективно
5	508,1	11,8	1,008	1,086	3,8	
6	312,3	- 33,8	0,977	0,753	-	Неэффективно
7	667,1	33,0	1,023	1,210	3,5	Эффективно
8	487,6	- 8,8	0,994	0,944	-	Неэффективно
9	708,1	41,6	1,036	1,357	2,8	Эффективно
10	528,6	6,9	1,006	1,059	3,3	
11	332,8	- 31,0	0,975	0,735	-	Неэффективно
12	687,6	21,0	1,018	1,153	3,1	Эффективно
13	508,1	- 13,7	0,989	0,900	-	Неэффективно
14	667,1	0,4	1,000	1,002	3,5	Эффективно
15	487,6	- 8,8	0,994	0,944	-	Неэффективно

На основе анализа представленных результатов расчета сделаны следующие выводы:

- подтверждены известные зависимости: с увеличением нормы прибыли эффективность инвестиций возрастает, с увеличением объема капитальных вложений эффективность инвестиций снижается;

- при норме прибыли 10 % во всех рассмотренных случаях инвестиции в техническое предложение неэффективны, а проект убыточен;

- при высоком инвестиционном риске ($E=25\%$) и объеме капитальных вложений до 122 млн руб. инвестиции эффективны при норме прибыли 15 % и выше, при объеме капитальных вложений 142 млн руб. — только при норме прибыли 20 %;

- при очень высоком риске неполучения предусмотренных проектом доходов ($E=30\%$) инвестиции эффективны только при норме прибыли 15–20 % и объеме капитальных вложений 102 млн руб. С увеличением объема капитальных вложений на 40 % даже при самом высоком значении нормы прибыли (20 %) инвестиции практически неэффективны (значение чистого дисконтированного дохода (ЧДД) очень низкое, а индекс доходности дисконтированных затрат (И) не превышает единицу).

Заключение. Выполненные расчеты показали экономическую привлекательность инвестиционных проектов строительства БСУ с рециклингом строительных отходов. Использование дешевого минерального сырья из строительных отходов и отсевов камнедробления компенсирует применение дорогих высокоэффективных добавок, обеспечивающих требуемые показатели качества бетонных смесей и бетона.

Оценка эффективности инвестиций с использованием метода варьирования исходных данных позволяет устанавливать предельные условия реализуемости проекта: объем капитальных вложений и величину прибыли, получаемой от реализации продукции. Предлагаемый подход можно считать приемлемым для использования при разработке инвестиционных предложений, бизнес-планов, в заключительном разделе выпускных квалификационных работ студентов.

Библиографический список

1. Быков, Д. Н. Рынок строительных материалов в условиях конкуренции / Д. Н. Быков, Г. В. Хомкалов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость : [сайт]. — 2018. — Т. 8, № 3. — С. 26–31. — URL: <http://dx.doi.org/10.21285/2227-2917-2018-3-26-31> (дата обращения: 09.11.2022).
2. Безуглова, М. Н. Стратегия развития промышленности строительных материалов в России / М. Н. Безуглова, А. С. Барышев, А. С. Зозуля // Вектор экономики. — 2020. — № 1 (43). — С. 77.
3. Побегайлов, О. А. Инновационное развитие строительного производства и его риски / О. А. Побегайлов, Е. Ю. Голотайстрова // Инженерный вестник Дона: [сайт]. — 2013. — № 2. — С. 109. — URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1684> (дата обращения: 09.11.2022).
4. Особенности состава бетонных смесей для бетононасосной технологии / Л. И. Касторных, А. В. Каклюгин, М. А. Гикало, И. В. Трищенко // Строительные материалы : [сайт]. — 2020. — № 3. — С. 4–11. — URL: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-779-3-4-11> (дата обращения: 09.11.2022).
5. Касторных, Л. И. Влияние суперпластифицирующей добавки MasterPolyNeed на основные свойства тяжелого и мелкозернистого бетона / Л. И. Касторных, В. В. Хартанович, Д. Р. Шершень // Молодой исследователь Дона : [сайт]. — 2020. — № 4 (25). — С. 46–55. — URL: http://mid-journal.ru/upload/iblock/fcf/9_1157-Kastornykh_46_55.pdf (дата обращения: 09.11.2022).
6. Лазуткин, А. В. Использование отсевов дробления — важный фактор экономического роста предприятий нерудной промышленности / А. В. Лазуткин, В. И. Эйрих, В. П. Жуков // Строительные материалы. — 2003. — № 11. — С. 6–7.
7. Касторных, Л. И. Комплексное использование отсевов дробления при производстве сборных железобетонных изделий / Л. И. Касторных, П. С. Крюков // Молодой исследователь Дона : [сайт]. — 2021. — № 5 (32). — С. 44–51. — URL: https://mid-journal.ru/upload/iblock/3ff/9_1446-Kastornykh_44_51.pdf (дата обращения: 09.11.2022).
8. Касторных, Л. И. Эффективность системы рециклинга на заводах товарного бетона и сборного железобетона / Л. И. Касторных, И. В. Трищенко, М. А. Гикало // Строительные материалы. — 2016. — № 3. — С. 36–39.
9. Толстых, Т. В. Перспективы развития строительного комплекса Ростовской области / Т. В. Толстых, Э. А. Туманян, С. Г. Шеина // Инженерный вестник Дона : [сайт]. — 2020. — № 12. — С. 488–497. — URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6732> (дата обращения: 09.11.2022).
10. Техничко-экономическое обоснование инфраструктурных проектов в производстве строительных материалов / В. А. Кудяков, Н. Н. Минаев, Н. О. Копаница, Е. А. Жарова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2015. — № 1 (48). — С. 202–209.

11. Побегайлов, О. А. Инвестиции в условиях риска и неопределенности / О. А. Побегайлов // Инженерный вестник Дона : [сайт]. — 2013, — № 3. — С. 130. — URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1895/> (дата обращения: 09.11.2022).

12. Трищенко, И. В. Об оценке эффективности инвестиций в инновационные направления развития промышленности строительных материалов / И. В. Трищенко, А. В. Каклюгин // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. — 2018. — Т. 8, № 2 (25). — С. 73–83. [10.1051/e3sconf/202127306003](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127306003)

13. Трищенко, И. В. Об оценке эффективности инвестиций на стадии внедрения результатов научно-исследовательских работ / И. В. Трищенко, А. В. Каклюгин, Л. И. Касторных // Инженерный вестник Дона : [сайт]. — 2019. — № 2 (53). — С. 71. — URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5745> (дата обращения: 09.11.2022).

14. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов : утверждено Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике 21.06.1999 № ВК477. — Москва : Экономика. — 2000. — 421 с.

15. Касторных, Л. И. Эффективность проектных решений : учебное пособие / Л. И. Касторных, И. В. Трищенко. — Ростов-на-Дону : Рост. гос. строит. ун-т, 2011. — 126 с.

16. Кузнецов, С. М. Техничко-экономическая оценка эффективности инвестиций при неполных данных о проекте / С. М. Кузнецов, Н. А. Сироткин, О. А. Легостаева // Известия вузов. Строительство. — 2005. — № 5 (557). — С. 60–68.

17. Оценка эффективности инвестиционного проекта реконструкции предприятий крупнопанельного домостроения / И. В. Трищенко, Л. И. Касторных, Ю. С. Фоминых, М. А. Гикало // Жилищное строительство. — 2018. — № 10. — С. 39–43.

18. Расчет стоимости быстровозводимого здания / Панель.ру : [сайт]. — URL: <https://panel.ru/calc/building> (дата обращения: 30.09.2022).

19. Россия — Государственные облигации / Investing.com : [сайт]. — URL: <https://ru.investing.com/rates-bonds/russia-government-bonds> (дата обращения: 30.09.2022).

Об авторах:

Касторных Любовь Ивановна, доцент кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, [ORCID](https://orcid.org/0009-0001-9142-1000), likas9@mail.ru

Косенко Вера Викторовна, доцент кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, [ORCID](https://orcid.org/0009-0001-9142-1000), kosenko_verav@mail.ru

Гикало Максим Алексеевич, магистрант кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, gikalo_max@mail.ru

*About the Authors:*

Kastornykh, Lyubov I., Associate Professor, Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, [ORCID](#), likas9@mail.ru

Kosenko, Vera V., Associate Professor, Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, [ORCID](#), kosenko_verav@mail.ru

Gikalo, Maksim A., Master's degree student, Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), gikalo_max@mail.ru