DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-3-16>
УДК 69.059.629:69.059.63:69.059.64

Ю.А. Бирюков

БИРЮКОВ ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ – к.т.н., докторант Военного института (инженерно-технического), SPIN: 7027-4388, e-mail: uabiryukov@mail.ru
Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева
Санкт-Петербург, Россия

Методика организации переработки отходов строительных материалов при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера

Аннотация: Рассмотрена методика организации переработки отходов строительных материалов после демонтажа и сноса восстанавливаемых объектов при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Представлен алгоритм методики. Приведено моделирование требующихся затрат на возведение и эксплуатацию необходимой для этого инфраструктуры стационарных и мобильных комплексов переработки отходов (вместо захоронения) с целью обеспечения вторичного использования материалов на поврежденных объектах.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, демонтаж, переработка отходов, комплексы переработки, вторичные материалы, утилизация, восстановление объектов.

Введение: постановка задачи

В настоящее время перерабатывается всего 10–20% отходов строительных материалов, которые составляют в среднем 15–20% от объема всех отходов в Российской Федерации [1, 6, 8]. В случае значительных разрушений на большой площади (город, регион) возникнет несколько взаимоувязанных вопросов: что делать с таким объемом отходов строительных материалов, как получить из них вторичные материалы, которые срочно нужны при восстановлении объектов региона, не говоря уже об угрозе экологической безопасности.

Существующие разработки этого плана направлены на решение частных вопросов, они не затрагивают задач ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера [1, 3, 7–10, 12–16, 20, 22, 23].

Предлагаемая нами методика формирует подход к организации переработки отходов строительных материалов от восстанавливаемых объектов при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера и расчете затрат на требующуюся для этого инфраструктуру.

Алгоритм методики включает следующие этапы.

1. В зависимости от исходных данных (степени разрушения объектов региона, способность производства и объемов работ, площадки застройки, имеющихся стационарных комплексов переработки отходов) определяется потребность в использовании мобильных и стационарных комплексов переработки отходов строительных материалов (далее – мобильных или стационарных комплексов) от демонтажа и сноса объектов. Алгоритм организации переработки таких отходов при демонтаже объекта представлен на рис. 1.

© Бирюков Ю.А., 2020

О статье: поступила: 23.04.2020; финансирование: Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.

Алгоритм организации переработки отходов строительных материалов, образованных при демонтаже (сносе) объекта. Рисунок автора.

2. В случае демонтажа проводится сортировка демонтируемых элементов на кондиционные и некондиционные. Кондиционные элементы отправляются на склад готовой продукции для последующей реализации.

3. Некондиционные элементы при наличии мобильного комплекса доизмельчаются. Производится ручной отбор посторонних включений. При необходимости после доизмельчения отходы строительных материалов отправляются на стационарный комплекс для последующей переработки. Материалы, полученные в мобильном комплексе и готовые к вторичному использованию, отправляются для реализации на склад готовой продукции [2, 15,

19, 20, 24]. Допускается, при необходимости, размещение мобильного комплекса переработки материалов на площадке стационарного комплекса.

4. На стационарном комплексе проводится переработка элементов и отходов строительных материалов от демонтажа (сноса) объектов инфраструктуры на вторичные материалы. Вторичные материалы (щебень бетона, кирпичный бой, полимеры, деревянные брикеты) складываются на складе готовой продукции для последующей реализации. Вторичные материалы, такие как сталь, складываются на складе временного хранения для последующей реализации.

5. Отходы, не подлежащие переработке, вывозятся на полигон отходов для захоронения. Этот вывоз может проверяться системами дистанционного контроля [4, 18].

6. По окончании переработки и вывоза отходов для захоронения проводится рекультивация и благоустройство земельного участка. В случае продолжения работ по реконструкции (новому строительству) рекультивация и благоустройство земельного участка проводятся после их окончания.

Одним из немаловажных вопросов методики является обоснование затрат на требуемую инфраструктуру стационарных и мобильных комплексов переработки строительных отходов от восстанавливаемых объектов при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Моделирование требуемой инфраструктуры

При необходимости создания, модернизации или переоборудовании объектов по переработке строительных отходов, образуемых при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в случае отсутствия в регионе действующих стационарных комплексов необходимо оценить предстоящие общие затраты $C_{\text{стац.компл}}$ на их строительство (реконструкцию) по проекту или объекту-аналогу [11, 12]:

$$C_{\text{стац.компл}} = C_{\text{смр}} + C_{\text{оборудов}} + C_{\text{автомат}} + C_{\text{проч}}, \quad (1)$$

где стоимость (расходы), тыс. руб.: $C_{\text{смр.}}$ – строительства (реконструкции) всех необходимых объектов стационарного комплекса; $C_{\text{оборудов}}$ – необходимого для переработки отходов оборудования; $C_{\text{автомат}}$ – автоматизации переработки строительных отходов; $C_{\text{проч}}$ – прочие непредвиденные расходы.

Для мобильных комплексов затраты $C_{\text{моб.компл}}$ следующие:

$$C_{\text{моб.компл.}} = C_{\text{подготов}} + C_{\text{оборудов}} + C_{\text{автомат}} + C_{\text{проч}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{подготов}}$ – стоимость необходимых подготовительных работ на площадке, тыс. руб.

Количество строительных отходов $Q_{\text{стр.отх}}$ рассчитывается по формуле (3)

$$Q_{\text{стр.отх}} = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{k=1}^{k=n} Q_{ik}, \quad (3)$$

где Q_{ik} – количество строительных отходов i -го вида с k -го объекта, образуемых в результате демонтажных работ в регионе при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера, единицы меры.

Продолжительность работ по переработке i -го вида строительных отходов определяется исходя из уравнения, сутки:

$$T_{ik} = \sum_{k=1}^{k=n} \sum \frac{Q_i}{V_{\text{co},i}}, \quad (4)$$

где $V_{\text{co},i}$ – объем i -го вида строительных отходов, перерабатываемый комплексом, м³/день.

Тогда максимальная мощность переработки при равномерной загруженности комплекса будет рассчитываться как

$$W_{\text{комплекса}} = \frac{V_{\text{co},i}}{\sum N_{\text{перераб},i} \times n_{\text{оборудов},i}}, \quad (5)$$

где $N_{\text{перераб},i}$ – норма переработки строительных отходов i -го вида, единицы меры; $n_{\text{оборудов},i}$ – количество оборудования по переработке i -го вида строительных отходов.

Расчет строительных отходов производится по каждому виду, а итоговые значения суммируются.

Стоимость строительства (реконструкции) всех необходимых зданий и сооружений стационарного комплекса переработки строительных отходов рассчитывается по формуле

$$C_{\text{смп}} = C_{\text{зд}} + C_{\text{площ.склад}}, \quad (6)$$

где $C_{\text{зд}}$ – стоимость строительства всех необходимых объектов переработки, тыс. руб.; $C_{\text{площ.склад}}$ – стоимость строительства площадок складирования, тыс. руб.

Стоимость необходимых подготовительных работ для мобильных комплексов переработки строительных отходов рассчитывается по формуле

$$C_{\text{подготов}} = C_{\text{основ}} + C_{\text{площ.склад}}, \quad (7)$$

где $C_{\text{основ}}$ – стоимость подготовки основания под комплекс, тыс. руб.

Далее определяется предварительная стоимость строительства новых объектов по переработке:

$$C_{\text{зд}} = \sum_{j=1}^{j=n} \frac{n_i \times N_{i,j}}{f_i} \times C_i \times k_{\text{инд}} \times k_{\text{удор}} \times k_{\text{непр}}, \quad (8)$$

где n – количество требуемых производственных зданий для переработки; n_i – норма производственной мощности (отходы i -й категории); $N_{i,j}$ – показатель требуемой производственной мощности (отходы i -й категории), на которой предусматривается возведение зданий (сооружений) j -го типа; f_i – норма единиц площади или объема на единицу производственной мощности (отходы i -й категории); C_i – стоимость единицы площади или объема объектов i -го типа, тыс. руб.; $k_{\text{инд}}$ – коэффициент изменения стоимости объектов i -го типа; $k_{\text{удор}}$ – коэффициент удорожания при изменении климатического и географического района от базового; $k_{\text{непр}}$ – коэффициент непредвиденных расходов.

Затем определяется стоимость строительства новых объектов для хранения отходов $C_{\text{площ.склад}}$:

$$C_{\text{площ.склад}} = \sum_{j=1}^{j=n} \frac{n_i \times N(q)_{i,j}}{f_i} \times C_{\text{площ},i} \times k_{\text{инд}} \times k_{\text{удор}} \times k_{\text{непр}}, \quad (9)$$

где n – количество требуемых площадок складирования; n_i – норма содержания запасов i -го вида строительных отходов; $N(q)_{i,j}$ – количество i -го вида строительных отходов, под которые предусматривается строительство площадок складирования j -го типа; f_i – норма единиц площади или объема на единицу строительных отходов i -го вида; $C_{\text{площ},i}$ – стоимость единицы площади или объема площадок складирования i -го типа тыс. руб.

Затраты на закупку технических средств переработки отходов определяются по формуле

$$C_{\text{оборудов}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{оборудов},i} \times N_{\text{оборудов},i}, \quad (10)$$

где $C_{\text{оборудов},i}$ – стоимость необходимого для переработки строительных отходов оборудования i -го типа, тыс. руб.; $N_{\text{оборудов},i}$ – количество требуемого к приобретению оборудования i -го типа.

В последующем определяются затраты на автоматизацию переработки $C_{\text{автомат}}$:

$$C_{\text{автомат}} = C_{\text{проект}} + C_{\text{пр.обес}} + C_{\text{тех.об.}} + C_{\text{т.о.}} + C_{\text{внедр}}, \quad (11)$$

где стоимость, тыс. руб.: $C_{\text{проект}}$ – проекта автоматизации.; $C_{\text{пр.обес}}$ – необходимого для автоматизации программного обеспечения; $C_{\text{тех.об.}}$ – технического обеспечения системы автоматизации комплекса переработки строительных отходов; $C_{\text{т.о.}}$ – технического обслу-

живания; $C_{внедр}$ – внедрения системы автоматизации включая перенос базы данных, развертывание, интеграцию, тестирование оборудования, обучение персонала и т.д.

Затраты на эксплуатацию включают затраты на переработку, хранение и транспортирование строительных отходов.

Затраты на переработку строительных отходов $C_{пер}$, образующихся в результате демонтажа (сноса) объектов инфраструктуры, можно рассчитать по формуле

$$C_{пер} = C_{пер,i} N_{перераб,i}, \quad (12)$$

где $C_{пер,i}$ – стоимость переработки 1 т строительных отходов i -го вида, тыс. руб.; $N_{перераб,i}$ – количество перерабатываемых строительных отходов i -го вида, т.

Стоимость хранения строительных отходов $C_{хран}$, подлежащих переработке, определяется по формуле (13)

$$C_{хран} = C_{аморт} + C_{ком.затр} + C_{перс}, \quad (13)$$

где $C_{аморт}$ – стоимость амортизации складских площадок, тыс. руб.; $C_{ком.затр}$ – стоимость коммунальных затрат на складские площади, тыс. руб.; $C_{перс}$ – затраты на оплату труда и обучения работников, тыс. руб.

В расчетах также должны учитываться транспортные расходы от объекта восстановления до комплекса переработки и хранения [1, 5, 17].

Транспортные расходы при автомобильных перевозках $C_{тран}$ определяются по формуле (14)

$$C_{тран} = (C_{погр} + C_{выгр}) k_{попр} + T_{ап} k_{надб} k_{экз} k_{безд}, \quad (14)$$

где $C_{погр}$, $C_{выгр}$ – расходы на погрузку и выгрузку соответственно, тыс. руб.; $k_{попр}$ – поправочный коэффициент к стоимости погрузочно-выгрузочных работ; $T_{ап}$ – тариф на перевозку автомобильным транспортом, тыс. руб.; $k_{надб}$, $k_{экз}$, $k_{безд}$ – коэффициенты, учитывающие надбавку к тарифу, экспозиционные операции и бездорожье.

Заключение

Таким образом, разработанная нами методика впервые систематизирует организацию переработки отходов строительных материалов и представляет обоснование затрат на инфраструктуру стационарных и мобильных комплексов переработки с целью обеспечения экологической безопасности и вторичного использования материалов на объектах при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера. В конечном итоге методика повышает эффективность принятия управленческих и организационных решений при их восстановлении.

Разработанная методика применима при восстановлении объектов на всех стадиях жизненного цикла от проектируемых и строящихся до находящихся в эксплуатации, вне зависимости от их категории, степени долговечности, территориальной и ведомственной принадлежности.

Дальнейшее исследование планируется в направлении повышения процента переработки отходов строительных материалов, снижения затрат на ее организацию и разработки стационарных и мобильных комплексов переработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акри Е.П., Пташинский Д.Г. Современные методы утилизации и переработки строительного мусора // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 60 (1). С. 76–78.
2. Арсентьева В.А., Добромислов Д.Д., Мармандян В.З. Современные технологические линии для строительного рециклинга // Строительные материалы. 2006. № 8. С. 62–66. URL: http://www.reuse.spb.ru/novosti/pressa_o_nas/stroyretsikling (дата обращения: 11.02.2020).

3. Башевая Т.С., Шейх А.А., Гаркушина М.П. Анализ и оценка существующих методов обращения со строительными отходами // Инновации в строительстве. 2017. С. 37–43. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32688630> (дата обращения: 11.02.2020).
4. Бирюков А.Н., Добрышкин Е.О., Кравченко И.Н. Планирование восстановления объектов жилищного фонда на основе вариантного проектирования // Системные технологии. 2019. № 1 (30). С. 63–70. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=40460323> (дата обращения: 11.02.2020).
5. Бирюков А.Н., Добрышкин Е.О. Совершенствование логистики процесса поставок материальных ресурсов автомобильным транспортом на объекты Военно-строительного комплекса // Военный инженер. 2019. № 1 (11). С. 13–20. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37037730> (дата обращения: 11.02.2020).
6. Веснеболоцкий К.И., Маслобоев Д.С. Утилизация отходов. СПб.: Изд-во Балт. гос. техн. ун-та, 2012. 92 с.
7. Губанов Л.Н., Зверева В.И., Зверева А.Ю. Переработка, утилизация и рациональное использование строительных отходов // Приволжский научный журнал. 2013. № 2(26). С. 94–98. URL: <https://e.lanbook.com/reader/journalArticle/95660/#1> (дата обращения: 17.03.2020).
8. Кондращенко Е.В., Качура А.А. О проблеме городов по использованию строительных отходов от сноса зданий и сооружений // Коммунальное хозяйство городов. Харьков. 2012. № 107. С. 150–155. URL: <https://clck.ru/Qfvm3> (дата обращения: 11.02.2020).
9. Костецкий Н.Ф., Лунев Г.Г. Организационно-технологические проблемы использования вторичных строительных ресурсов при реконструкции объектов недвижимости // Экономика строительства. 2005. № 4. С. 2–12.
10. Кравцова М.В., Васильев А.В., Кравцов А.В., Носарев Н.С. Анализ методов утилизации отходов строительства с последующим вовлечением их во вторичный оборот // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17, № 4(4). С. 804–809. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27035395> (дата обращения: 11.02.2020).
11. Кравченко И.Н., Бирюков А.Н., Тростин В.П., Федоров А.О. Модернизация технологического оборудования по обогащению местных строительных материалов и утилизации разрушенных конструкций // Строительные и дорожные машины. 2019. № 12. С. 44–51.
12. Курбанов Т.Х. Методика эколого-экономического обоснования создания современной системы переработки отходов на стационарных складских объектах военной организации государства // Управленческое консультирование. 2017. № 4(100). С. 108–120. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29312150> (дата обращения: 17.03.2020).
13. Лунев Г.Г. Анализ экономической эффективности цикла переработки вторичных строительных ресурсов // Вестник ЮРГТУ (НПИ). 2014. № 1. С. 127–137. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21830640> (дата обращения: 17.03.2020).
14. Мобильный комплекс переработки полимерных отходов: пат. 195999 Российская Федерация: МПК В29В 17/00, В29В 11/10, В29В 13/02 / М.Ю. Гляков, Р.О. Гольцин, Ю.А. Бирюков, А.Н. Бирюков, М.С. Шкиря; Санкт-Петербург: Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва. № 2019117343; заявл. 04.06.19; опубл. 12.02.20, Бюл. № 5. 3 с.
15. Олейник С.П. Единая система переработки строительных отходов // СвР-АРГУС. М., 2006. 336 с.
16. Прохоцкий Ю.М., Лунев Г.Г. Организационные и экономические проблемы использования вторичных строительных ресурсов при реконструкции объектов недвижимости // Инноватика и экспертиза. 2010. Вып. 1(4). С. 81–94. URL: http://inno-exp.ru/archive/04/innov_4_2010_81-94.pdf (дата обращения: 17.03.2020).
17. Серебряков Д.В. Современные проблемы железнодорожных станций и узлов // Специальная техника и технологии транспорта. Санкт-Петербург; Петергоф, 2019. С. 72–76. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41115192> (дата обращения: 11.02.2020).
18. Система дистанционного контроля за транспортировкой высокотехнологичных строительных модулей: пат. 2699451 Российская Федерация: МПК G07C 5/00 / Ю.А. Бирюков, Д.В. Бирюков, А.Н. Бирюков, А.П. Лебедкин, В.И. Дикарев, Н.А. Савчук, С.А. Баранов; Санкт-Петербург: Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулёва. № 2018126534; заявл. 18.07.18; опубл. 05.09.19, Бюл. № 25. 3 с.
19. Скорик Ю.И., Венцюлис Л.С., Тисленко Е.В. Нормативная база обращения с отходами строительства и сноса в Российской Федерации // Региональная экология. 2010. № 4(30). С. 63–66. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23593628> (дата обращения: 17.03.2020).
20. Скочихина Т.В. Динамика переработки строительных отходов, образующихся на территории Санкт-Петербурга // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. Экономика и экологический менеджмент. 2015. № 1. С. 228–238. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23216645> (дата обращения: 17.03.2020).

21. Стальная М.И. Технологическая переработка отходов пластмасс в строительный материал // Актуальные проблемы развития науки и образования: сб. науч. тр. М., 2014. С. 141–143.
22. Шацкий В.П., Титова И.В. Технология переработки строительных отходов полимеров и анализ измельчающего оборудования // Известия вузов. Строительство. 2013. № 2(3). С. 48–53. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19432113> (дата обращения: 17.03.2020).
23. Щукина Е.Г., Джорухян Г.С., Азутов К.А. Отходы строительного комплекса, как сырье для изготовления строительных материалов // Эффективные строительные композиты. Белгород, 2015. С. 756–761. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23901247&> (дата обращения: 17.03.2020).
24. Dobryshkin E.O., Birjukov A.N., Birjukov Yu.A., Tishchenko V.A. Complex approach to organizations' capital assets reproduction. E3S Web of Conferences 157, 04026 (2020) KTTI-2019. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015704026> (дата обращения: 17.03.2020).

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2020. N 3/44

Ecological Safety of Construction and Municipal Economy

www.dvfu.ru/en/vestnikis

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-3-16>

Biryukov Yu.

YURIY BIRYUKOV, Candidate of Engineering Sciences, Doctoral Student,
Military Institute (Engineering and Technical), e-mail: uabiryukov@mail.ru
Military Academy of Material and Technical Support
named after General of the Army A.V. Khrulev
St. Petersburg, Russia

The methodology for processing waste building materials in the aftermath of emergency

Abstract: The methodology of arrangement of processing waste building materials after dismantling and demolition of engineering facilities during liquidation of consequences of a technological emergency is considered herein. The algorithm of the technique is presented. Appropriate modeling of the required costs for construction and operation of the necessary infrastructure for stationary and mobile waste processing facilities (instead of disposal) in order to ensure secondary use of materials at damaged facilities is also given.

Keywords: emergency, dismantling, waste processing, mobile processing complex, recycled materials, disposal.

REFERENCES

1. Akri E.P., Ptashinsky D.G. Modern methods of disposal and recycling of construction waste. Trends in the Development of Science and Education. 2020(60):76–78.
2. Arsenteva V.A., Dobromyslov D.D., Marmandyan V.Z. Modern technological lines for building recycling. Building Materials. 2006(8):62–66. URL: http://www.reuse.spb.ru/novosti/pressa_o_nas/stroyretsikling – 11.02.2020.
3. Bashovaya T.S., Sheikh A.A., Garkushina M.P. Analysis and evaluation of existing methods for managing construction waste. Building Innovation. 2017:37–43. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32688630> – 11.02.2020.
4. Biryukov A.N., Dobryshkin Ye.O., Kravchenko I.N. Planning for restoration of housing facilities based on variant design. System Technology. 2019(30):63–70. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=40460323> – 11.02.2020.
5. Biryukov A.N., Dobryshkin Ye.O. Improving the logistics of the process of supplying material resources by road to the military construction complex. Military Engineer. 2019(11): 13–20. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37037730> – 11.02.2020.

6. Vesnebolotsky K.I. Masloboev D.S. Recycling. Publishing House of Baltic State Technical University. 2012, 92 p.
7. Gubanov L.N., Zvereva V.I., Zvereva A.Yu. Recycling, disposal and rational use of construction waste. *Volga Scientific Journal*. 2013(2):94–98.
URL: <https://e.lanbook.com/reader/journalArticle/95660/#1> – 17.03.2020.
8. Kondrashchenko E.V., Kachura A.A. About the problem of cities on the use of construction waste from the demolition of buildings and structures. *Municipal Services in Cities*. 2012(107): 150–155.
URL: <https://clck.ru/Qfvm3> – 11.02.2020.
9. Kostetsky N.F., Lunev G.G. Organizational and technological problems of the use of secondary building resources in the reconstruction of real estate. *Construction Economics*. 2005(4):2–12.
10. Kravtsova M.V., Vasiliev A.V., Kravtsov A.V., Nosarev N.S. Analysis of construction waste disposal methods with their subsequent recycling. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2015(17):804–809.
URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27035395> – 11.02.2020.
11. Kravchenko I.N., Biryukov A.N., Trostin V.P., Fedorov A.O. Modernization of technological equipment for the enrichment of local building materials and the disposal of destroyed structures. *Construction and Road Cars*. 2019(12):44–51.
12. Kurbanov T. Methods of Eco-Economic Feasibility Study of Modern Waste-Treatment System on the Stationary Storage Facilities of the Military Organization of the State. *Management Consultation*. 2017(100): 108–120.
URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29312150> – 17.03.2020.
13. Lunev G.G. Analysis of the economic efficiency of the recycling cycle of secondary construction resources. *Bulletin of SRSTU*. 2014(1):127–137. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21830640> – 17.03.2020.
14. Pat. 195999 Russian Federation, MPK B29B 17/00, B29B 11/10, B29B 13/02 / M.Yu. Glyakov, R.O. Goltsin, Yu.A. Biryukov, A.N. Biryukov, M.S. Shkirya. St. Petersburg. Military Academy of Logistics named Army General A.V. Chrulev. N 2019117343; declared 04.06.19; publ. 12.02.20, Bull. N 5. 3 p.
15. Oleynik S.P. Unified system for processing construction waste. *SvR-ARGUS*. M., 2006, 336 p.
16. Prokhotsky Yu.M., Lunev G.G. Organizational and economic problems of using secondary building resources during the reconstruction of real estate. *Innovation and Expertise*. 2010(1): 81–94. URL: http://inno-exp.ru/archive/04/innov_4_2010_81-94.pdf – 17.03.2020.
17. Serebryakov D.V. Modern problems of railway stations and junctions. *Special Vehicles and Technology*. 2019:72–76. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41115192> – 11.02.2020.
18. Pat. 2699451 Russian Federation, MPK G07C 5/00 / Yu.A. Biryukov, D.V. Biryukov, A.N. Biryukov, A.P. Lebedkin, V.I. Dikarev, N.A. Savchuk, S.A. Baranov. St. Petersburg. Military Academy of Logistics named Army General A.V. Chrulev. N 2018126534; declared 18.07.18; publ. 05.09.19, Bull. N 25. 3 p.
19. Skorik Yu.I., Ventsyulis L.S., Tislenko Ye.V. The regulatory framework for the management of construction and demolition waste in the Russian Federation. *Regional Ecology*. 2010(30):63–66. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23593628> – 17.03.2020.
20. Skochikhina T.V. The dynamics of the processing of construction waste generated in St. Petersburg. *Science Magazine NIU ITMO. Series: Economics and Environmental Management*, 2015(1):228–238. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23216645> – 17.03.2020.
21. Stal'naya M.I. Technological processing of plastic waste into building material. *Actual Problems of the Development of Science and Education, Proceedings*. M., 2014, 141–143 p.
22. Shatsky V.P., Titova I.V. Technology for processing building polymer wastes and analysis of grinding equipment. *News of Universities. Building*. 2013(2):48–53.
URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19432113> – 17.03.2020.
23. Shukina E.G., Dzhoruhyan G.S., Azutov K.A. Wastes of the building complex as raw materials for the manufacture of building materials. *Effective Building Composites, Proceedings*. Belgorod, 2015, p. 756–761. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23901247&> – 17.03.2020.
24. Dobryshkin E.O., Birjukov A.N., Birjukov Yu.A., Tishchenko V.A. Complex approach to organizations' capital assets reproduction. *E3S Web of Conferences* 157, 04026 (2020) KTTI-2019. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015704026>.