

ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА (05.14.04)

УДК 674.083.3

DOI: 10.24160/1993-6982-2022-2-27-33

Использование отходов деревообрабатывающей промышленности в качестве топлива

А.К. Павлова, С.А. Лившиц, Н.А. Юдина, Р.В. Лебедев, Д.С. Бальзамов

Использование отходов, которое в настоящее время необходимо для снижения вредного воздействия на окружающую среду, дает экономическую выгоду предприятию — производителю отходов. По этой причине развитие подобного вида деятельности актуально сейчас и перспективно в обозримом будущем.

Цель настоящего исследования — экономическое обоснование целесообразности применения отходов на предприятиях. Доказана эффективность обработки и использования отходов деревообрабатывающей промышленности в качестве топлива и обоснована целесообразность переработки отходов в собственном подразделении предприятия. Области применения полученных результатов: получение тепловой энергии и возврат ее в технологический цикл, вторичное использование промышленных отходов, развитие технологии вторичной переработки, внедрение мало- и безотходных технологий, изучение сырьевого, энергетического потенциалов ликвидируемых материалов, получаемых на промышленных предприятиях. Сделан вывод о полезном эффекте реализации мероприятий по использованию отходов с экономической точки зрения, а также положительном влиянии использования технологий переработки на финансовые результаты компании.

Ключевые слова: отходы, энергия, топливо, теплотворная способность, деревообрабатывающая промышленность.

Для цитирования: Павлова А.К., Лившиц С.А., Юдина Н.А., Лебедев Р.В., Бальзамов Д.С. Использование отходов деревообрабатывающей промышленности в качестве топлива // Вестник МЭИ. 2022. № 2. С. 27—33. DOI: 10.24160/1993-6982-2022-2-27-33.

Use of Woodworking Industry Waste as Fuel

A.K. Pavlova, S.A. Livshits, N.A. Yudina, R.V. Lebedev, D.S. Balzamor

The use of waste, which is nowadays necessary for reducing its harmful impact on the environment, can also bring economic benefits to a waste-producing enterprise. For this reason, the development of this type of activity is relevant now and will hold promise in the foreseeable future. The aim of this study is to substantiate the economic feasibility of using waste at enterprises. The feasibility of processing and using woodworking industry waste as fuel is shown, and the efficiency of waste processing in the enterprise own division is substantiated. The obtained study results can be used in the following fields: obtaining of thermal energy and returning it to the process cycle, recycling of industrial waste, development of recycling technologies, introduction of low-and waste-free technologies, and studying the potential of wastes produced at industrial enterprises for using them as raw material and for energy generation purposes. A conclusion has been drawn about a useful economic effect from implementation of waste usage measures and about a positive effect from the use of recycling technologies on the company financial results.

Key words: waste, energy, fuel, calorific value, woodworking industry.

For citation: Pavlova A.K., Livshits S.A., Yudina N.A., Lebedev R.V., Balzamor D.S. Use of Woodworking Industry Waste as Fuel. Bulletin of MPEI. 2022;2:27—33. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2022-2-27-33.

Введение

Одно из перспективных направлений развития производства — переработка отходов производств и твердых коммунальных отходов и использование вторичных ресурсов. Эффективное применение отходов в современных условиях является необходимостью для

снижения их отрицательного воздействия на окружающую среду [1, с. 155].

Основная проблема области обращения с отходами в России — несовершенство действующей системы в правовой, информационной, организационной сферах. Экологическому состоянию страны наносится значительный ущерб в результате серьезных наруше-

ний законодательства в области обращения с отходами: зачастую происходит лишь захоронение на полигонах вместо должных утилизации и обезвреживания. Между промышленными предприятиями слабо развиты кооперационные связи по типу «промышленного симбиоза» (когда отходы одних производств становятся сырьем для других), слабо развиты предприятия по утилизации (использованию) отходов [2, с. 86].

Указанные проблемы требуют незамедлительного вмешательства со стороны как государственных органов, так и организаций и предприятий.

Цель настоящей работы — экономическое обоснование целесообразности применения отходов деревообрабатывающей промышленности на предприятиях данной отрасли.

Задачи: обоснования эффективности обработки и использования отходов деревообрабатывающей промышленности в качестве топлива и переработки отходов в собственном подразделении предприятия.

Уменьшение и рациональное использование отходов производств — приоритетные направления в обращении с отходами, поощряемые государством. Согласно Федеральному закону № 89-ФЗ от 24.06.1998 г. «Об отходах производства и потребления», одними из основных принципов государственной политики в области обращения с отходами являются научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов общества, комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов и использование методов экономического регулирования деятельности в области обращения с отходами в целях уменьшения количества отходов и вовлечения их в хозяйственный оборот [3].

Возможным направлением применения отходов является получение энергии [4, с. 479].

Большая часть деревообрабатывающих заводов по окончании реализации производственного цикла оставляют примерно от 25 до 40% неиспользуемого отходного сырья, [5, с. 52].

Остатки деревообрабатывающей отрасли делят на 4 категории.

Первая категория включает горбыли, хвосты и подгорбыльные доски. Горбыль — первая доска, получаемая в процессе распила бревен на доски. Она бывает пропилена только наполовину или вовсе не пропилена;

Во вторую категорию входят кусковые и продольные обрезки, торцы, куски сухих бревен, остатки деревянных деталей, кряжи фанерных листов.

К третьей категории относят остатки готовых материалов, например, ДВП, фанеры, шпона, ДСП и других материалов, произведенных из первичных или вторичных лесоматериалов. Чаще всего это отходы после ремонта, а также восстановления строений.

Четвёртая категория состоит из стружки, древесной пыли, опилок и коры (из этих отходов делают древесные плиты) [6, с. 90].

Кроме этого все отходы делят на деловые (к ним относят большие куски, к примеру, горбыли или кусковые обрезки, такое сырьё легко переработать и использовать для создания соответствующих материалов) и неделовые (более мелкая фракция, для переработки такого сырья нужны определенные условия и аппараты, эти отходы менее востребованы, потому что их переработка более затратна).

Отходы первой категории служат для изготовления громоздких или объёмных изделий, таких как щиты, паркет, бочки, поддоны, ящичная тара, а также мелких комплектующих деталей в мебельной индустрии. Кусковые отходы используют в качестве сырья для изготовления целлюлозно-бумажной продукции, а древесную стружку — в качестве фильтра на очистных сооружениях [7, с. 176].

Из отходов деревообрабатывающей промышленности возможно получение сырья для топлива, а именно топливных брикетов и топливных гранул (пеллет) [8, с. 6646 — 6647].

Топливные брикеты — форма подготовки различных прессованных отходов деревообработки (опилок, щепы, стружки и др.), торфа, древесного угля, сельскохозяйственных отходов (солоты, шелухи, кукурузы и др.) и др. для использования в качестве топлива.

Технология изготовления топливных брикетов заключается в процессе прессования отходов (шелухи подсолнечника, гречихи и т. п.) и мелко измельченных отходов древесины (опилок) под высоким давлением. Процесс производства также подразумевает нагрев сырья для получения конечного продукта, однако он может не понадобиться. Готовые топливные брикеты не содержат никаких связующих веществ в своем составе, исключение составляет лишь лигнин — натуральное вещество, содержащееся в растительных клетках.

Топливные брикеты требуются на тепловых электростанциях, котельных, промышленных топках, для железнодорожного транспорта и котлов малой производительности, также они востребованы у населения для отопления жилых помещений небольшой площади.

Пеллеты (топливные гранулы) — прессованное под высоким давлением натуральное сырьё растительного происхождения в форме цилиндрических гранул стандартного размера [9, с. 645].

Сырьем для их производства стали кора, опилки, щепы и другие отходы лесозаготовки, сельскохозяйственные отходы (лузга подсолнечника, солома, некондиционный лен и др.), а также органические упаковочные материалы, картонная тара и т. д. [10, с. 1060]

Процесс производства пеллет состоит из трех этапов. Первый этап — дробление. Его суть заключается в измельчении сырья до состояния муки. Второй этап — сушка (полученную массу необходимо тщательно высушить). Третий этап — грануляция. Для сжатия обработанного материала в гранулы стандартного размера

необходимо специальное оборудование — гранулятор. Он нагревает исходный материал, в результате чего измельченные частицы вещества плотно склеиваются между собой. Связующим веществом здесь, так же, как и в производстве топливных брикетов, выступает полимер лигнин, содержащийся в клетках растений, поэтому никакие другие химические связующие вещества не требуются. Функция гранулятора также заключается в придании пеллетам формы [11, с. 17—18].

Процесс производства пеллет технологически сложнее производства топливных брикетов. Он требует тщательной предварительной обработки и высокого качества сырья, поскольку в дальнейшем это может сказаться на качестве самого продукта, возможностях транспортировки и хранения [12, с. 75].

По показателю теплотворной способности топливные брикеты и гранулы количественно превосходят переработанные отходы деревообработки [13, с. 209].

Сравнение теплотворной способности различных видов топлива приведено в табл. 1.

Таким образом, использование топливных брикетов или пеллет в качестве топлива по физическим параметрам более эффективно, чем просто сжигание необработанных остатков, полученных в результате деревообработки.

Рассмотрим целесообразность применения отходов деревообрабатывающей промышленности в качестве топлива на примере ООО «Кастамону Интегрейted Вуд Индастри», специализирующегося на производстве древесных плит МДФ, ДСП, ламинированных напольных покрытий, дверных накладок и мебельных панелей [14]. Предприятие имеет собственную систему энергообеспечения: две газотурбинные установки, а также энергоблоки, работающие на древесных отходах от производства. На территории предприятия планируется строительство комплекса переработки отходов производительностью 30000 т/г.

Согласно территориальной схеме в области обращения с отходами Республики Татарстан [15], в 2017 г. на предприятии было получено 9053,4 т промышленных отходов. Если считать, что при обработке дерева только 60% становятся сырьевой продукцией, а осталь-

ные 40% — это отходы, из которых 14% — горбыли, 12% — опилки, 9% — срезки и мелочи, а остальное кора и торцевые обрезки, то примерно около 3168,690 т отходов на данном предприятии — отходы первой категории (горбыли), 2716,020 т — опилки, 2037,015 т — срезки и мелочи и 1131,675 т — кора и торцевые обрезки.

Количество полученной от сжигания отходов энергии рассчитаем по формуле

$$Q = mq, \quad (1)$$

где Q — энергия топлива, МДж; m — масса топлива, кг; q — низшая теплота сгорания, МДж/кг [16, с. 428].

Эквивалентное количество природного газа, необходимого для получения такого же количества теплоты сгорания, выглядит следующим образом:

$$V = \frac{q_1 m_1}{q_2}, \quad (2)$$

где V — объем природного газа, м³; q_1 — низшая теплота сгорания топлива из отходов, МДж/кг; m_1 — масса топлива из отходов; q_2 — низшая теплота сгорания природного газа (см. табл. 1).

Для расчета годовой экономии от сжигания отходов производства вместо сжигания природного газа взято выражение

$$C = P_{\text{пр.газ}} V,$$

где C — стоимость природного газа, необходимого для получения энергии; $P_{\text{пр.газ}}$ — цена за 1 м³ природного газа [17, с. 68].

Таким образом, если все отходы, полученные на предприятии в течение года, использовать в энергоблоках, работающих на отходах данного промышленного предприятия, то их сжигание даст 101198905,2 МДж энергии, а при стоимости природного газа 6,07781 руб. за 1 м³ (цена на газ для юридических лиц и предпринимателей в Республике Татарстан, годовой лимит потребления газа которых составляет от 10 до 100 млн м³) экономия предприятия составит 18371198,27 руб. (табл. 2, при подсчете получаемой энергии из срезок и мелочей, а также коры и торцевых обрезков принята низшая теплота сгорания щепы из табл. 1).

Таблица 1

Сравнение теплотворной способности различных видов топлива

Вид топлива	Низшая теплота сгорания, МДж/(ед. топлива)	Эквивалент		
		Природный газ, м ³	Дизельное топливо, л	Мазут, л
Газ природный, м ³	33,50	—	0,777	0,825
Щепа, кг	10,93	0,326	0,253	0,269
Опилки, кг	8,370	0,250	0,194	0,206
Высушенная древесина ($W = 20\%$), кг	14,24	0,425	0,330	0,351
Топливные брикеты, кг	19,26...20,52	0,575...0,613	0,447...0,476	0,474...0,505
Пеллеты, кг	14,51...18,09	0,433...0,540	0,336...0,419	0,357...0,445

Таблица 2

Количество полученной энергии и экономия в результате сжигания отходов предприятия

Состав отходов	Низшая теплота сгорания q , МДж/кг	Количество отходов (масса топлива) m , кг	Количество полученной энергии Q , МДж	Эквивалентное количество природного газа V , м ³	Экономия от сжигания вида отходов вместо природного газа C , тыс. руб.
Отходы деревообработки первой категории	14,24	3168690	45122145,6	1328805,48	8076,23
Опилки	8,37	2716020	22733087,4	671703,87	4082,49
Срезки, мелочи, кора и торцевые обрезы	10,93	3168690	34633781,7	1022158,07	6212,48
Всего	-	9053400	28110807	3022667,42	18371,20

Если предположить, что в новом комплексе переработки отходов будут производиться топливные гранулы, и оптовая цена продажи составит 5000 руб. за тонну, то от производства пеллет из одних только отходов выручка будет равна около 45 млн руб. в год:

$$I = P_{\text{пелл}} \cdot m,$$

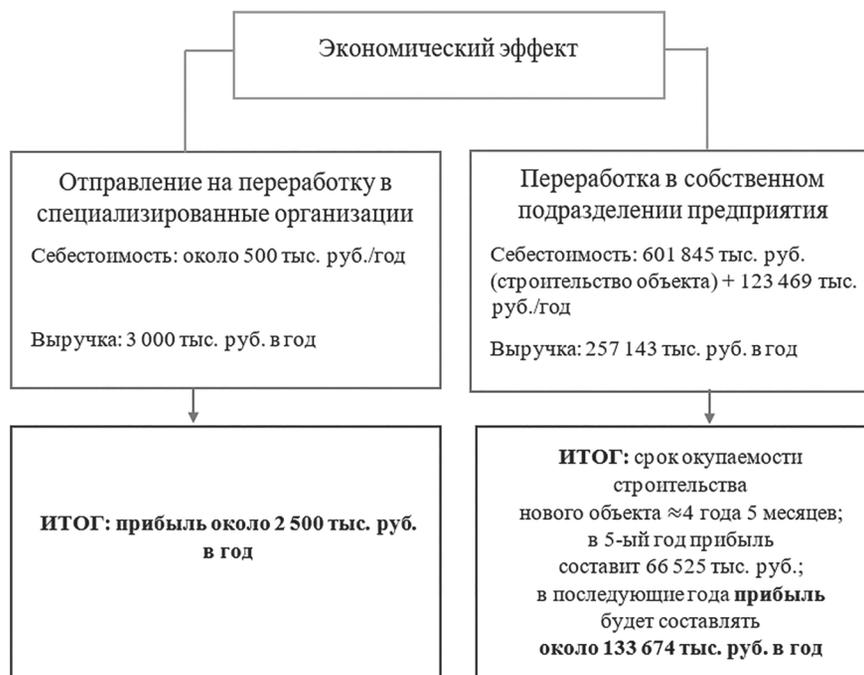
где I — выручка; $P_{\text{пелл}}$ — цена продажи 1 т пеллет; m — полезная масса сырья из отходов, полученных на предприятии [18, с. 16].

Способствовать быстрой окупаемости и рентабельности данного комплекса будет тот факт, что на нем планируется обработка не только собственных отходов, но и иных, образованных вне предприятия (заложенная производительность комплекса — 30000 т/г). Пеллеты более удобны в обращении по сравнению с переработанными отходами. Энергия, полученная в

результате сжигания пеллет (по (1) возьмем низшую теплоту сгорания, равную 16,3 МДж/кг, а полезную массу сырья для производства пеллет — 9053,4 т), составляет 147570420 МДж, что эквивалентно 4380 677,42 м³ природного газа (расчет по (2)).

Предположим, что на новом заводе будут перерабатывать не только отходы от обработки дерева, но и полиэтилен, пластик, бумага, картон. В 2017 г. компания «Кастамону» отправила более 350 т отходов на переработку в сторонние специализированные организации, получив от этого дополнительную прибыль в размере более 2,5 млн руб.

Рассмотрим оба варианта: отправлять отходы на переработку в сторонние организации, либо осуществлять переработку в одном из собственных подразделений. Сравним экономическую эффективность каждого из них (рисунок):



Оценка экономической эффективности

При расчете прибыль равна

$$Pr = I - Cost,$$

где Pr — прибыль; $Cost$ — себестоимость [19, с. 26].

Срок окупаемости строительства нового объекта:

$$T_{ок} = TIC/NCF,$$

где $T_{ок}$ — срок окупаемости; TIC — полные инвестиционные затраты; NCF — чистый денежный поток за один интервал планирования [20, с. 64—65].

Таким образом, из результатов оценки экономической эффективности, представленных на рисунке,

Литература

1. **Жуков Е.Б. и др.** Комплексное использование отходов деревообрабатывающей и сельскохозяйственной промышленности в энергетике Сибири // Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов: Сб. статей XIX Междунар. науч.-практ. конф. Чита, 2019. С. 155—169.

2. **Советов П.М., Советова Н.П.** Методические основы оценки конкурентоспособности предприятия деревообрабатывающей промышленности на отраслевом рынке // Вестник Тихоокеанского гос. ун-та. 2020. № 3(58). С. 85—96.

3. **Федеральный закон № 89-ФЗ от 24.06.1998 г.** (ред. от 07.04.2020) «Об отходах производства и потребления».

4. **Русляков Д.В., Алиева Н.З., Морозова Н.И.** Развитие цифровизации в деревообрабатывающей промышленности // Modern Sci. 2021. № 1—2. С. 479—482.

5. **Апокина Л.Ю., Лежнева М.Ю.** Изучение рациональной технологии получения биологически активных веществ из отходов деревообрабатывающей промышленности (коры березы) // Актуальные проблемы естественных наук: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Петропавловск, 2021. С. 52—55.

6. **Шувалова Е.А., Нуридинов К.Х., Овакмян С.С.** Строительные материалы на основе отходов деревообрабатывающей промышленности // Наука России: цели и задачи: Сб. науч. трудов по материалам XV Междунар. науч. конф. Екатеринбург, 2019. С. 88—91.

7. **Шварцкопф В.В., Пантюшина Л.Н., Вербицкая Е.В.** Возможности использования отходов деревообрабатывающей промышленности для изготовления плит покрытия // Ползуновский альманах. 2021. № 1. С. 176—178.

8. **Bortoluz J., Bonetto L.R., Da Silva Crespo J., Giovanela M., Ferrarini F.** Use of Low-cost Natural Waste from the Furniture Industry for the Removal of Methylene Blue by Adsorption: Isotherms, Kinetics and Thermodynamics // Cellulose. 2020. V. 27. No. 11. Pp. 6445—6466.

9. **Wachter I., Martinka J., Rantuch P., Horvath J., Balog K.** Determination of the Heat Generation of Wood

видно, что строительство комплекса по переработке отходов окупится меньше чем за 5 лет, и переработка в объемах, обусловленных мощностью комплекса, начнет приносить прибыль предприятию.

Заключение

Реализация мероприятий по эффективному использованию отходов положительно сказывается не только на экологических показателях, но и на экономической результативности предприятий, а эффективное использование технологий переработки положительно влияет на финансовую составляющую компании.

References

1. **Zhukov E.B. i dr.** Kompleksnoe Ispol'zovanie Otkhodov Derevoobrabatyvayushchey i Sel'skokhozyaystvennoy Promyshlennosti v Energetike Sibiri. Kulaginskie Chteniya: Tekhnika i Tekhnologii Proizvodstvennykh Protsessov: Sb. Statey XIX Mezhdunar. Nauch.-prakt. Konf. Chita, 2019:155—169. (in Russian).

2. **Sovetov P.M., Sovetova N.P.** Metodicheskie Osnovy Otsenki Konkurentosposobnosti Predpriyatiya Derevoobrabatyvayushchey Promyshlennosti na Otraselevom Rynke. Vestnik Tikhookeanskogo Gos. Un-ta. 2020; 3(58):85—96. (in Russian).

3. **Federal'nyy Zakon № 89-FZ ot 24.06.1998 g.** (red. ot 07.04.2020) «Ob Otkhodakh Proizvodstva i potrebleniya». (in Russian).

4. **Ruslyakov D.V., Alieva N.Z., Morozova N.I.** Razvitie Tsifrovizatsii v Derevoobrabatyvayushchey Promyshlennosti. Modern Sci. 2021;1—2:479—482. (in Russian).

5. **Apokina L.Yu., Lezhneva M.Yu.** Izuchenie Ratsional'noy Tekhnologii Polucheniya Biologicheskii Aktivnykh Veshchestv iz Otkhodov Derevoobrabatyvayushchey Promyshlennosti (Kory Berezy). Aktual'nye Problemy Estestvennykh Nauk: Materialy Mezhdunar. Nauch.-prakt. Konf. Petropavlovsk, 2021:52—55. (in Russian).

6. **Shuvalova E.A., Nuriddinov K.Kh., Ovaki-myan S.S.** Stroitel'nye Materialy na Osnove Otkhodov Derevoobrabatyvayushchey Promyshlennosti. Nauka Rossii: Tseli i Zadachi: Sb. Nauch. Trudov po Materialam XV Mezhdunar. Nauch. Konf. Ekaterinburg, 2019:88—91. (in Russian).

7. **Shvartskopf V.V., Pantyushina L.N., Verbitskaya E.V.** Vozmozhnosti Ispol'zovaniya Otkhodov Derevoobrabatyvayushchey Promyshlennosti dlya Izgotovleniya Plit Pokrytiya. Polzunovskiy Al'manakh. 2021; 1:176—178. (in Russian).

8. **Bortoluz J., Bonetto L.R., Da Silva Crespo J., Giovanela M., Ferrarini F.** Use of Low-cost Natural Waste from the Furniture Industry for the Removal of Methylene Blue by Adsorption: Isotherms, Kinetics and Thermodynamics. Cellulose. 2020;27; 11:6445—6466.

9. **Wachter I., Martinka J., Rantuch P., Horvath J., Balog K.** Determination of the Heat Generation of Wood

Pellets During Flame and Flameless Combustion // Proc. 17th Intern. Multidisciplinary Sci. Conf., 2017. Pp. 643—650.

10. **Ferronato N., Torretta V.** Waste Mismanagement in Developing Countries: a Review of Global Issues // Intern. J. Environmental Research and Public Health. 2019. V. 16. No. 6. Pp. 1060—1088.

11. **Логвинёнок В.С.** Развитие деревообрабатывающей промышленности // Научно-исследовательский центр «Technical Innovations». 2021. № 4. С. 14—19.

12. **Гордеев А.С.** Энергетический менеджмент в сельском хозяйстве. СПб.: Лань, 2018.

13. **Назаренко М.Ю., Глуз К.О., Салтыкова С.Н.** Изучение брикетированности отходов деревообрабатывающей промышленности // Современные тенденции развития науки и производства: Сб. материалов III Международ. науч.-практ. конф. Кемерово, 2016. С. 208—210.

14. **ООО «Кастамону Интегрейтед Вуд Индастри»** [Офиц. сайт] www.kastamonu.ru/ru/news/kastamonu-has-put-into-operation-the-second-gas-turbine-installation-as-part-of-the-plant-s-thermal-power-station (дата обращения 05.10.2020).

15. **Постановление** Кабинета Министров Республики Татарстан № 149 от 13 марта 2018 г. «Об утверждении Территориальной схемы в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, Республики Татарстан».

16. **Ивлиев А.Д.** Физика. СПб.: Лань, 2021.

17. **Загидуллина Л.И.** Экономика и организация в лесном комплексе. СПб.: Лань, 2020.

18. **Ильин В.А.** Введение в экономику лесного хозяйства. СПб.: Изд-во СПбГЛТУ, 2017.

19. **Дорожкина Е.Г., Баканова Е.П.** «Зеленая энергетика» как фактор ресурсосбережения в деревообрабатывающей промышленности России: опыт зарубежных стран // Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества. М., 2016. С. 25—28.

20. **Ледницкий А.В., Саков А.В.** Экономическая эффективность деятельности предприятий деревообрабатывающей промышленности: факторы и оценка // Труды БГТУ. Серия 5 «Экономика и управление». 2019. № 2(226). С. 61—66.

Pellets During Flame and Flameless Combustion. Proc. 17th Intern. Multidisciplinary Sci. Conf., 2017:643—650.

10. **Ferronato N., Torretta V.** Waste Mismanagement in Developing Countries: a Review of Global Issues. Intern. J. Environmental Research and Public Health. 2019;16;6:1060—1088.

11. **Logvinenok V.S.** Razvitie Derevoobrabatyvayushchey Promyshlennosti. Nauchno-issledovatel'skiy Tsentr «Technical Innovations». 2021;4:14—19. (in Russian).

12. **Gordeev A.S.** Energeticheskiy Menedzhment v Sel'skom Khozyaystve. SPb.: Lan', 2018. (in Russian).

13. **Nazarenko M.Yu., Gluz K.O., Saltykova S.N.** Izuchenie Briketiruemosti Otkhodov Derevoobrabatyvayushchey Promyshlennosti. Sovremennye Tendentsii Razvitiya Nauki i Proizvodstva: Sb. Materialov III Mezhdunar. Nauch.-prakt. Konf. Kemerovo, 2016:208—210. (in Russian).

14. **ООО «Kastamonu Integreyted Vud Industri»** [Ofits. Sayt] www.kastamonu.ru/ru/news/kastamonu-has-put-into-operation-the-second-gas-turbine-installation-as-part-of-the-plant-s-thermal-power-station (Data Obrashcheniya 05.10.2020). (in Russian).

15. **Postanovlenie** Kabineta Ministrov Respubliki Tatarstan № 149 ot 13 Marta 2018 g. «Ob Utverzhdenii Territorial'noy Skhemy v Oblasti Obrashcheniya s Otkhodami, v Tom Chisle s Tverdymi Kommunal'nymi Otkhodami, Respubliki Tatarstan». (in Russian).

16. **Ivliev A.D.** Fizika. SPb.: Lan', 2021. (in Russian).

17. **Zagidullina L.I.** Ekonomika i Organizatsiya v Lesnom Komplekse. SPb.: Lan', 2020. (in Russian).

18. **I'in V.A.** Vvedenie V Ekonomiku Lesnogo Khozyaystva. SPb.: Izd-vo SPbGLTU, 2017. (in Russian).

19. **Dorozhkina E.G., Bakanova E.P.** «Zelenaya Energetika» kak Faktor Resursoberezheniya v Derevoobrabatyvayushchey Promyshlennosti Rossii: Opyt Zaru-bezhnykh Stran. Problemy Razvitiya Predpriyatiy Energeticheskoy Otrasy v Usloviyakh Modernizatsii Rossiyskoy Ekonomiki i Obshchestva. M., 2016:25—28. (in Russian).

20. **Lednitskiy A.V., Sakov A.V.** Ekonomicheskaya Effektivnost' Deyatel'nosti Predpriyatiy Derevoobrabatyvayushchey Promyshlennosti: Faktory i Otsenka. Trudy BGTU. Seriya 5 «Ekonomika i Upravlenie». 2019;2(226): 61—66. (in Russian).

Сведения об авторах:

Павлова Анастасия Константиновна — магистрант первого года обучения Казанского государственного энергетического университета

Лившиц Семен Александрович — кандидат технических наук, доцент Казанского государственного энергетического университета, e-mail: semen19772_004@mail.ru

Юдина Наталья Анатольевна — кандидат химических наук, доцент Казанского государственного энергетического университета

Лебедев Руслан Владимирович — кандидат технических наук, и. о. ученого секретаря, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Москва, e-mail: rus.lebedev.84@list.ru

Бальзамов Денис Сергеевич — кандидат технических наук, доцент Казанского государственного энергетического университета

Information about authors:

Pavlova Anastasiya K. — First-year master's Student of Kazan State Power Engineering University

Livshits Semen A. — Ph.D. (Techn.), Assistant Professor of Kazan State Power Engineering University, e-mail: semen19772004@mail.ru

Yudina Nataliya A. — Ph.D. (Chem.), Assistant Professor of Kazan State Power Engineering University

Lebedev Ruslan V. — Ph.D. (Techn.), Acting Scientific Secretary, Gazprom VNIIGAZ LLC, Moscow, e-mail: rus.lebedev.84@list.ru

Balzamov Denis S. — Ph.D. (Chem.), Assistant Professor of Kazan State Power Engineering University

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Статья поступила в редакцию: 23.09.2021

The article received to the editor: 23.09.2021