

УДК 331.43+504.05

<https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-3-54-60>

Повышение экологической и промышленной безопасности локомотивного депо

А. П. Тюрин

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (г. Ижевск, Российская Федерация)

Введение. Рассматривается совершенствование процесса утилизации отходов в локомотивном депо как фактора, влияющего на экологическую и промышленную безопасность. В частности, обсуждается вопрос регенерации обтирочного материала, загрязненного моторными маслами. Отходы масел возникают при замене отработанных масел на тепловозах.

Постановка задачи. Существует четыре причины для замены масла: разжижение, повышение вязкости и содержания воды, загрязнение механическими частицами. Замена масла производится сливанием. Остальная часть удаляется вручную с помощью ветоши. Масло, полученное сливанием, размещается в емкости для последующего сжигания в котельной депо. Масло, собранное ветошью, хранится в отдельных емкостях для последующей транспортировки на промышленный полигон. Такая промасленная ветошь нуждается в переработке. Один из ее способов предложен в данном исследовании.

Теоретическая часть. Раскрываются особенности проектирования патентоспособного устройства для отжима промасленной ветоши, внедрение которого обеспечит возможности увеличения выделенного в виде жидкости отработанного масла, пригодного для сжигания в топке, и вторичного использования ветоши.

Выводы. Основной экологический эффект от внедрения устройства по переработке промасленной ветоши заключается в уменьшении поступления отработанного масла в окружающую среду. Уменьшение ежегодного количества поступления отработанного масла в окружающую среду может составить порядка 26,5 т/год. Использование устройства позволит повысить безопасность труда работников при утилизации ветоши и будет способствовать снижению содержания вредных паров масла в воздухе рабочей зоны.

Ключевые слова: переработка масла, локомотивное депо, экологический эффект, устройство для отжима ветоши, расчет.

Для цитирования: Тюрин, А. П. Повышение экологической и промышленной безопасности локомотивного депо / А. П. Тюрин // Безопасность техногенных и природных систем. — 2020. — № 3. — С. 54–60. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-3-54-60>

Improving the environmental and industrial safety of the locomotive depot

A. P. Tyurin

Kalashnikov Izhevsk State Technical University (Izhevsk, Russian Federation)

Introduction. The article is devoted to improving the process of waste disposal in a locomotive depot as a factor for increasing its environmental and industrial safety. In particular, the issue of regeneration of wiping material contaminated with motor oils is considered. Oil waste occurs when replacing waste oils in diesel locomotives.

Problem Statement. There are four reasons for changing the oil: dilution, increased viscosity and water content, and contamination by mechanical particles. Oil is replaced by draining, the rest, which cannot be cleaned by this method, is removed manually with a rag. The oil obtained by draining is placed in a tank for subsequent combustion in a boiler depot, and the oil collected with rags is stored in separate containers for subsequent transportation to an industrial landfill. Such oiled rags have the potential for processing, the task of implementing the method of which is solved in this study.

Theoretical Part. The paper reveals the design features of a patentable device for pressing-out oiled rags, the introduction of which will provide the opportunity to increase the allocated waste oil in the form of a liquid suitable for burning in a furnace, and the possibility of recycling rags.

Conclusion. The main environmental effect of the introduction of a device for processing oiled rags is the reduction of the flow of waste oil into the environment. The decrease in the annual amount of waste oil entering the environment will be about 26.5 t/year. In addition, the use of the device will improve the safety of workers when disposing of rags due to its processing in a closed container and will reduce the content of harmful oil vapors in the air of the working area.

Keywords: oil processing, locomotive depot, environmental effect, rag pressing device, engineering.

For citation: Tyurin A. P. Improving the environmental and industrial safety of the locomotive depot: Safety of Technogenic and Natural Systems. 2020;3: 54–60. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-3-54-60>

Введение. Анализ распределения отходов, полученных в ходе работы железнодорожного транспорта, показывает, что основными источниками загрязнения природных систем являются железнодорожные станции [1–3]. На железнодорожной станции одними из ключевых источников отходов являются локомотивные депо, в которых образуются отработанные материалы, замененные в ходе текущих, профилактических и капитальных ремонтов. Образующиеся при ремонте отходы представляют опасность, прежде всего, для работников депо, в которых осуществляется ремонт. Они создают угрозу как с точки зрения промышленной, так и экологической безопасности. Установлено, что негативное влияние загрязнений на окружающую среду распространяется не только в непосредственной близости к придорожной полосе, но и в радиусе до нескольких километров от железнодорожных путей [4]. Поэтому своевременная и наиболее полная утилизация образующихся отходов является одним из основных факторов безопасности труда.

В связи с этим возникает необходимость более широкого использования на предприятиях железнодорожного транспорта научно-технических достижений путем внедрения безотходных и малоотходных технологических схем переработки загрязняющих веществ в дополнение к уже имеющимся инновациям [5]. Статья посвящена совершенствованию процесса утилизации отходов в локомотивном депо как фактора, влияющего на экологическую и промышленную безопасность.

Постановка задачи. Локомотивные депо железных дорог для маневровой работы используют шести и восьмиосные тепловозы мощностью от 750 до 2000 кВт. Обустройство локомотивных депо служит для выполнения задач, стоящих перед ним. Это предполагает наличие следующих зданий и сооружений на его территории: склада топлива (для хранения запасов дизельного топлива, масел и смазок); поворотного круга или поворотного треугольника (для проведения периодического или технологического разворота локомотива); пункта экипировки локомотивов; пункта технического обслуживания локомотивов; цеха ремонта локомотивов; пункта реостатных испытаний (для проведения реостатных испытаний тепловозов и дизель-поездов); вспомогательных цехов (для выполнения ремонта отдельных узлов и агрегатов локомотива), административно-бытовых зданий и сооружений.

На предприятиях железнодорожного транспорта ежегодно образуется до 5 млн т производственных отходов, из которых до 70 % не утилизируются [6]. Производственные процессы отрасли характеризуются большим разнообразием, что и обуславливает широкий диапазон номенклатуры производственных отходов, изображенный на рис. 1.

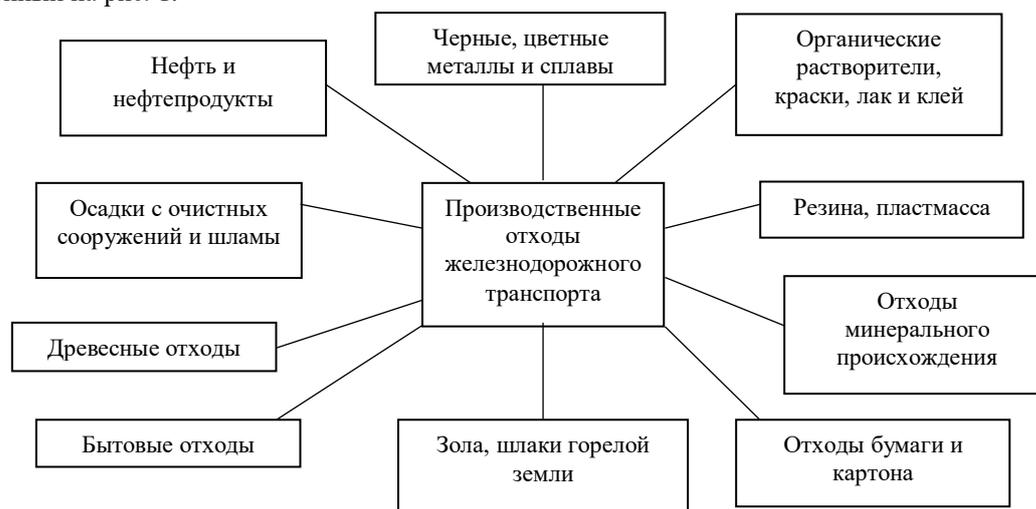


Рис. 1. Виды отходов железнодорожного транспорта

Несмотря на разнообразие видов отходов, указанных на рис. 1, в контексте данной статьи интерес представляют отходы минерального происхождения в виде отработанных минеральных моторных масел [7– 9].

Основным видом деятельности депо является обслуживание железнодорожного транспорта, которое реализуется в виде текущего, профилактического и капитального ремонтов. Количество и тип ремонтируемых тепловозов разнообразны, всего в год обслуживается порядка 550 машин. Депо обычно расположено на

площадке размерами около 800×900 м. Количество работников составляет порядка 250 человек. Схема депо с отображением источника и видов образующихся отходов представлена на рис. 2.

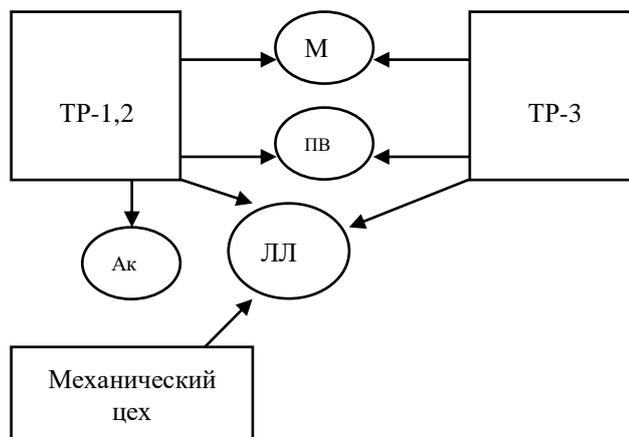


Рис. 2. Схема локомотивного депо: ТР-1,2 — цех капитального и профилактического ремонта; ТР-3 — цех текущего ремонта (Ак — отработанные аккумуляторы; ЛЛ — отработанные люминесцентные лампы; М — отработанное масло; ПВ — промасленная ветошь)

Все отходы, полученные в ходе работы локомотивного депо, распределяются на два вида:

1. Отходы, утилизируемые на самом предприятии.

2. Отходы, утилизируемые за пределами предприятия. Эти отходы утилизируются в различных специально предназначенных для этого местах, а локомотивное депо отвечает только за сбор и хранение до вывоза.

К отходам, утилизируемым за пределами предприятия, преимущественно относятся люминесцентные лампы, отработанные аккумуляторы, промасленная ветошь. Расход ламп составляет порядка 2500 шт./год. Лампы сортируются по типам и складываются в заводской упаковке (картонных ящиках) в неповрежденном состоянии. Передача ламп на демеркуризацию производится по договору со сторонним предприятием. Отработанные аккумуляторы и отработанный электролит по отдельности, в тех емкостях, в которых они хранятся, погружаются и вывозятся железнодорожным транспортом на переработку на специальные предприятия. Источник отработанного масла в виде промасленной ветоши вывозится на специальный полигон для промышленных отходов.

Из таблицы 1 видно, что количество отработанных моторных масел и содержащих их отходов представляет существенную величину. Видно, что обтирочный материал, загрязненный маслами, обезвреживается не полностью и потому является источником потенциального загрязнения.

Таблица 1

Количество образующего отработанного моторного масла на предприятии

Наименование видов отработанных масел	Образование отходов, т, в среднем за год	Использование отходов, т	Обезвреживание отходов	Количество отходов для потенциальной утилизации, т
Отработанные минеральные масла различных категорий в жидком виде	279,719	279,712	—	0,000
Обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15 % и более)	33,67	—	12,27	21,40
Обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел не более 15 %)	0,151	—	—	0,151

Отходы смазочных масел возникают при замене отработанных масел на тепловозах. Существует четыре причины для замены масла: разжижение, повышение вязкости и содержания воды, загрязнение механическими частицами (песок, грязь). Замена масла производится сливанием, а остатки удаляются вручную с помощью ветоши. В среднем за год приходится сливать до 50 000 кг масла вследствие его разжижения. Масло, полученное сливанием, размещается в емкости для последующего сжигания в котельной депо. Масло, собираемое ветошью, хранится в отдельных емкостях, которые вывозятся на полигон для захоронения. Такая промасленная ветошь нуждается в переработке. Задача заключается в разработке приемлемого способа ее экологически безопасной утилизации.

Теоретическая часть

Разработка устройства отжима промасленной ветоши

Патентоспособное устройство для отжима промасленной ветоши предназначено для работы в цехе текущего ремонта — ТР-3 (рис. 2). Схема такого устройства изображена на рис. 3.

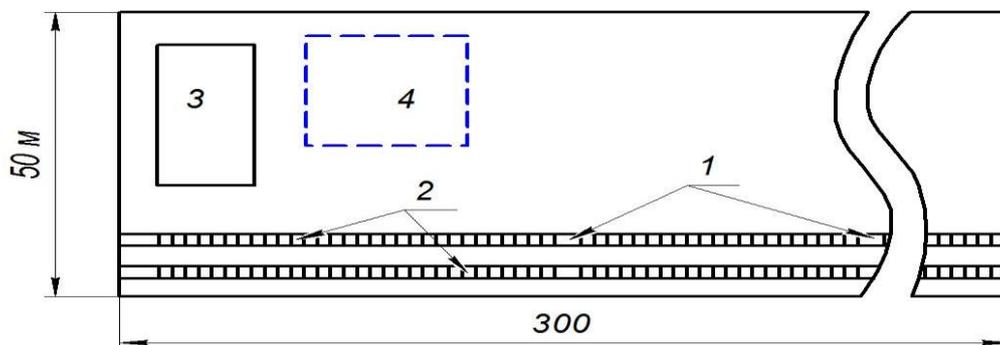


Рис. 3. Схема расположения устройства для отжима промасленной ветоши:
1 — служебные проходы; 2 — смотровые ямы; 3 — моечная машина;
4 — место расположения агрегата

Цех представляет собой прямоугольное здание размерами 300×50×4 м. Основным местом работы являются смотровые ямы, проложенные под путями, и моечная машина. На смотровых ямах производится осмотр, необходимая проверка колесных пар, слив отработанного масла, остальная часть масла собирается ветошью.

Целями разработки устройства, в основе работы которого лежит техническое решение, описанное в патенте [10], являются:

- возможность увеличения выделенного отработанного масла в виде жидкости, пригодной для сжигания в котельной депо;
- возможность вторичного использования ветоши, с помощью которой собирают масло.

Принцип, на котором основана работа данного устройства: промасленная отработанная ветошь, содержащая до 1,5 кг масла на 1 кг ветоши, закладывается в емкость, в которой находится поршень. Далее поршень с помощью винтовой передачи сдвигается, в результате чего масло отжимается, а в емкости остается полусухая ветошь, пригодная для дальнейшего использования. Закладка промасленной ветоши и уборка полусухой ветоши производится вручную, а движение поршня реализуется с помощью винтовой передачи и электродвигателя. Отжатое масло удаляется в отдельную емкость для дальнейшей переработки.

Структура устройства для отжима промасленной ветоши изображена на рис. 4. Примерный перечень основных узлов агрегата и их размеры указаны в таблице 2.

Таблица 2

Основные узлы устройства и их габариты

№ п/п	Основные узлы	Количество, шт	Габариты, мм			Толщина стенки, мм
			Длина	Ширина (диаметр)	Высота	
1	Электродвигатель (4А132S6У3)	1				
2	Редуктор (1ЦЗу-355-50-22м)	1	150	250	400	
3	Цилиндр (труба ГОСТ 8732-78)	1	800	402		16
4	Шток	1	24	380		
5	Винт	1	1600	40		
6	Защитный кожух винта (труба ГОСТ 8734-75)	1	800	48		1,0
7	Упор (двугавр)	1	790			–
8	Емкость для сбора масла	1	400	400	400	2
9	Кирпичи	146	250	120	65	–

Электродвигатель 1 через редуктор 2 вращает винт 3, который упирается в опору 13. За счет движения винта начинает двигаться поршень, шток 5 внутри емкости 4. В ходе движения объем, занятый ветошью, непрерывно уменьшается, за счет чего из ветоши начинает выдавливаться масло, которое через кран 7 начинает выливаться из емкости 4 в емкость 8. После того, как ветошь отдаст большую часть масла, кран 7 закрывают и запускают электродвигатель 1 в обратную сторону. После того, как шток 5 достигнет до упора, электродвигатель останавливают, после этого полусухую ветошь вручную достают из емкости 4.

Когда в емкости 8 набирается достаточное количество масла, его с помощью крана 10 переливают в емкость 11 для дальнейшей переработки. Водомерная трубка 10 служит для определения наличия и количества воды в смеси с маслом. При наличии воды ее спускают, контролируя расход по водомерной трубке 10 до полного ее истечения.

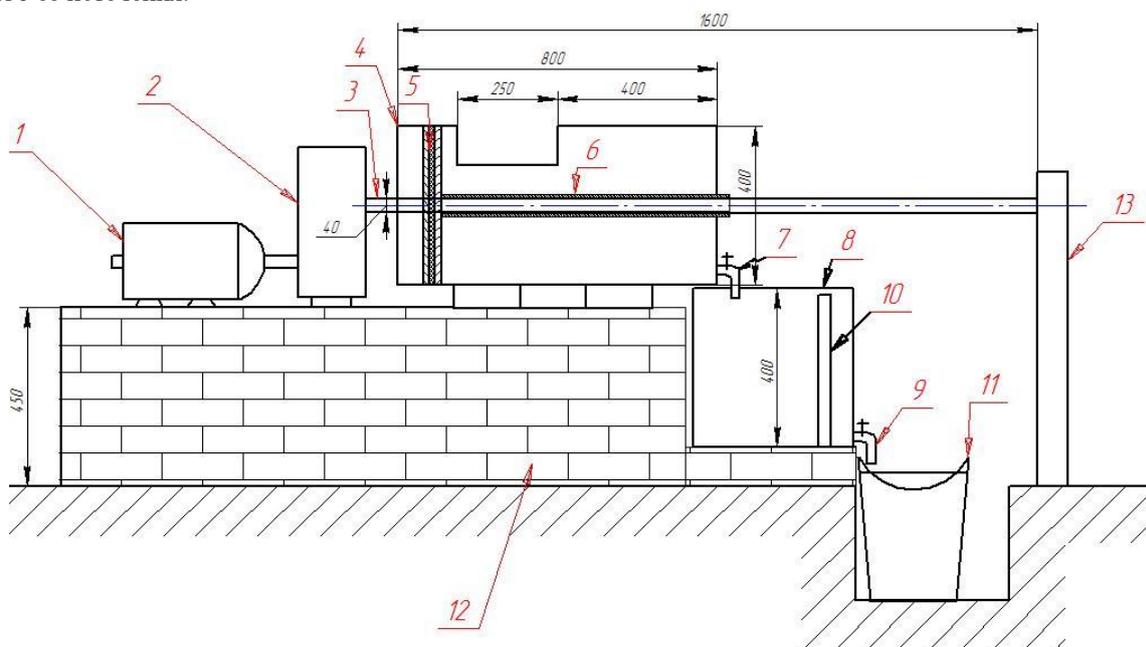


Рис. 4. Общий вид установки: 1 — электродвигатель; 2 — редуктор; 3 — винт; 4 — емкость; 5 — шток; 6 — труба, присоединенная к штоку; 7 — кран для масла из емкости 4; 8 — емкость под масло; 9 — кран для масла из емкости 8; 10 — водомерная трубка; 11 — ведро; 12 — фундамент; 13 — упор для винта

Режим работы устройства определяется количеством промасленной ветоши, получаемой в течение смены. Это количество составляет в среднем 35–40 кг, увеличиваясь до 60 кг при капитальном ремонте. Следовательно, устройство должно перерабатывать такое количество промасленной ветоши за 1 смену. Учитывая прерывистый и неравномерный характер поступления промасленной ветоши, который обусловлен разной скоростью сбора масла в различных местах цеха и при ремонтах разных моделей тепловозов, предполагается загружать полученную промасленную ветошь по мере ее поступления в одну емкость.

Исходя из наличия ежесменного поступления ветоши в количестве 35–40 кг и, учитывая ее физические свойства, необходимо иметь емкость в 2–2,5 раза больше по объему, занимаемую этой ветошью. Оптимальным объемом можно считать 100 л.

Для емкости 4 наиболее удобной формой является цилиндрическая. Тогда объем емкости вычисляется как:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H, \quad (1)$$

где V — объем емкости, л; R — радиус емкости 4; H — общая длина емкости 4 ($H=0,8$ м).

Основным параметром, принятым за расчет работы данного агрегата, является скорость истечения масла из емкости 4 в емкость 8 через кран 7. Учитывая вязкость масла во избежание разбрызгивания, скорость протекания масла составляет величину не более 20 л/мин. Отсюда следует, что объем вытесняемого масла равен

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot h, \quad (2)$$

где V — объем вытесняемого масла, R — радиус цилиндра, h — длина, которую проходит шток в течение минуты.

Из формулы 2 получаем значение h , равное 0,08 м.

При использовании винтового движителя для перемещения штока, его скорость можно рассчитать по формуле:

$$h = \omega \cdot t, \quad (3)$$

где ω — число оборотов винта за 1 минуту, t — шаг винта.

В данном случае при расчете за основу принято значение ω , которое выдает электродвигатель 1 через редуктор 2. Имеющийся редуктор имеет значение ω , равное 18 об/мин. Отсюда следует, что шаг винта должен составлять 0,45 см или 4,5 мм. Передаточное число $Z=55,5$.

Из имеющихся в наличии электродвигателей был выбран электродвигатель 4A132S6Y3 мощностью 5,5 кВт с частотой вращения 1000 об/мин. Обоснованием выбора электродвигателя является число оборотов, обеспечиваемое в паре с редуктором.

Расчет емкости для сбора масла 8 исходит из того, что в нее должно помещаться все масло, которое вытекает из емкости 4. Исходя из объема ежедневного поступления промасленной ветоши, и с учетом содержания в ней масла, за смену образуется до 20–25 л масла. Учитывая те же критерии, что и для расчета емкости 4, необходимо иметь объем в 2–2,5 раза больше объема масла. Для удобства изготовления принят куб с размерами 40×40×40 см.

Основной экологический эффект от внедрения устройства по переработке промасленной ветоши заключается в уменьшении поступления нефтепродукта (отработанного масла) в окружающую среду. Это связано с тем, что основное количество масла будет выделяться в чистом виде и утилизироваться путем сжигания в котельной на территории депо. Уменьшение ежегодного количества поступления отработанного масла в окружающую среду составит порядка 26,5 т/год. Экономический эффект от внедрения устройства обуславливается быстротой его окупаемости. При этом необходимо учитывать затраты на изготовление устройства, его эксплуатацию, а также снижение расходов на вывоз отработанного масла/ветоши.

Выводы. Вопросы повышения промышленной и экологической безопасности локомотивных депо могут быть решены последовательно на основе анализа источников загрязнения. Локомотивное депо является источником отходов разных классов опасности, начиная от первого и заканчивая последним: лом черных и цветных металлов, люминесцентные лампы, аккумуляторы и проч.. Часть отходов утилизируются за пределами предприятия и потому не представляют опасности для окружающей природной среды. Так, применительно к данному исследованию, утилизация отработанной ветоши происходит за пределами депо путем захоронения на специальном полигоне. Утилизация отработанного масла производится путем сжигания в котельной депо, кроме того количества масла, которое собирают ветошью. При этом данная ветошь содержит большое количество масла — до 1,5 кг на 1 кг сухой ветоши. В связи с этим для более рационального использования промасленной

ветоши предложено и конструктивно разработано специальное патентоспособное устройство для отжима масла из отработанной ветоши с целью ее повторного использования, как минимум дважды. Экологический эффект от использования устройства будет достигнут за счет уменьшения количества вывозимой промасленной ветоши (с 50 до 10,5 т/год) и за счет уменьшения ее маслянистости (с 1,5 до 0,5 кг масла на кг ветоши). Это позволит уменьшить поступление масла в окружающую среду с 30 до 3,5 т/год.

Кроме того, использование устройства позволит повысить безопасность труда работников при утилизации промасленной ветоши за счет ее обработки в закрытой емкости и будет способствовать снижению содержания вредных паров масла в воздухе рабочей зоны.

Библиографический список

1. Дарулис, П. В. Отходы областного города. Сбор и утилизация / П. В. Дарулис. — Смоленск : Смядынь, 2000. — 520 с.
2. Delogu, M., Del Pero, F., Berzi, L., Pierini, M., & Bonaffini, D. End-of-Life in the railway sector: Analysis of recyclability and recoverability for different vehicle case studies // Waste Management, vol. 60, 2017. – pp. 439–450. doi: 10.1016/j.wasman.2016.09.034.
3. Merksiz-Guranowska, A., Merksiz, J., Jacyna, M., Pyza, D. & Stawecka H. Rail vehicles recycling // WIT Transactions on The Built Environment – vol. 135, 2014. – pp. 425-436. doi: 10.2495/CR140351.
4. Зубрев, Н. И. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте : учебное пособие / Н. И. Зубрев, Т. М. Байгулова, В. И. Бекасов — Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 1999. — 592 с.
5. Деятельность по обращению с отходами производства и охране территорий от загрязнений [сайт]. // Инновационный дайджест ОАО «РЖД»: [сайт]. — URL :http://www.rzd-expo.ru/innovation/environmental_protection/activities_on_waste_production_and_protection_of_areas_of_contamination/ (дата обращения : 15.04.2020).
6. Калачева, О. А. Экологические проблемы обезвреживания, переработки и утилизации отходов на предприятиях железнодорожного транспорта / О. А. Калачева // Транспорт : наука, образование, производство («Транспорт-2019») : сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. — Воронеж : 2019. — С. 45–47.
7. Самофалова, А. С. Проблемы отходов на железнодорожном транспорте / А. С. Самофалова, А. В. Звягинцева // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций : сб. матер. конф. — Воронеж : 2016. — 1–2(7), — С. 333–336.
8. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления : учебное пособие / В. И. Сметанин. — Москва : Колос. — 2000. — 232 с.
9. Han, I., Wee, G. N., No, J. H., & Lee, T. K. Pollution level and reusability of the waste soil generated from demolition of a rural railway // Environmental Pollution, vol. 240, 2018. — pp. 867–874. doi: 10.1016/j.envpol.2018.05.025
10. Способ отжима масла из маслосодержащих материалов и устройство для его осуществления : патент 2278153 Рос. Федерация : С11В 1/00 (2006.01) / О. Г. Давыденко, С. Н. Канджа, В. Е. Перельман. — № 2004124904/13 ; заявл. 17.08.2004 ; опубл. 20.06.2006, Бюл. № 17. — 16 с.

Сдана в редакцию 18.05.2020

Запланирована в номер 06.07.2020

Об авторах:

Тюрин Александр Павлович, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова (426069, РФ, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3898-0804>, asd1978@mail.ru

Author:

Tyurin, Aleksandr P., Associate professor, Department of Technosphere Safety, Kalashnikov Izhevsk State Technical University (7, Studencheskaya st., Izhevsk, 426069, RF), Dr. Sci., Associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3898-0804>, asd1978@mail.ru