

5 Овчинников В. М., Халиманчик В. А., Скрежендевский В. В., Самодум Ю. Г. Методы снижения приземных концентраций вредных веществ при реостатных испытаниях тепловозов // Новые конкурентоспособные и прогрессивные технологии, машины и механизмы в условиях современного рынка: Тез. докл. науч.-техн. конф. Могилев, 18 – 19 мая 2000 г. / ММИ. – Могилев, 2000. – С. 442.

6 Скрежендевский В. В., Самодум Ю. Г., Ющенко А. С. Разработка устройства снижения приземных концентраций вредных веществ при реостатных испытаниях тепловозов // Проблемы безопасности на транспорте: Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. Гомель, 18 – 20 окт. 2000 г. / БелГУТ. – Гомель, 2000. – С. 145.

Получено 03.11.2000

V. M. Ovchinnikov, S. Ya. Frenkel, V. A. Khalimanchik, V. V. Skrahzandzewski, U. A. Samodum. The Land Concentration of Harmful Substances Reducing in Rheostat Tests of Diesel Locomotives.

As a result of the work fulfilled the emission dependences of oxide carbon, dioxide nitrogen, hydrocarbons and soot in different controller position of the diesel driver have been obtained. The diesel test mode, the most dangerous from the point of polluting, the atmosphere has been determined. The distribution of operation modes of diesel in time period has been defined at rheostat tests. The device for reducing land concentrations of harmful substances, ejected with the gases while rheostat tests has been suggested

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2001. № 1

УДК 502.3:656.2(476)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ УТИЛИЗАЦИИ ГОРЮЧИХ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В. М. ОВЧИННИКОВ, профессор, рук. НИЦ экобезопасности и энергосбережения на транспорте; С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, доцент кафедры «Тепловозы и тепловые двигатели», рук. НИЛ энергосбережения; В. А. ХАЛИМАНЧИК, зам.рук. НИЦ экобезопасности и энергосбережения на транспорте; Ю. Г. САМОДУМ, науч. сотр. НИЦ экобезопасности и энергосбережения на транспорте; В. В. СКРЕЖЕНДЕВСКИЙ, науч. сотр. НИЦ экобезопасности и энергосбережения на транспорте; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Приведены сведения об утилизации горючих отходов производства в мировой практике, проанализированы особенности решения этой проблемы для Белорусской железной дороги. Дана оценка экологической безопасности сжигания шпал и промасленной ветоши в топке паровозного котла и бытовой печи. Приведены экспериментально полученные коэффициенты эмиссии вредных веществ при сжигании шпал.

На предприятиях Белорусской железной дороги за год образуется около 11 тыс. тонн горючих отходов: это старогодные шпалы, нефтешлам, отходы деревообработки (обрезки, опилки, стружка), промасленная ветошь, отходы ГСМ. Часть горючих отходов передается другим предприятиям для использования в технологических процессах или утилизируется методом сжигания в котельных и бытовых печах. Технология и экологическая безопасность сжигания ГСМ и отходов деревообработки не отличаются от технологии и экологической безопасности сжигания традиционных видов топлива. Сложнее решается проблема утилизации бывших в употреблении деревянных шпал и промасленной ветоши, т. к. при сжигании шпал и ветоши в дымовых газах наблюдается повышенное содержание загрязняющих веществ.

Горючие органические отходы (обтирочные материалы, ветошь, остатки лакокрасочных материалов, загрязненные опилки, деревянная тара, подлежащие регенерации жидкие нефтепродукты

и т.п.) должны утилизироваться на специализированных полигонах. В мировой практике утилизации отходов на полигонах широко используют физико-химические методы, например, сжигание с утилизацией теплоты [1]. Существующие в настоящее время системы сжигания опасных отходов не только позволяют достичь высокой степени деструкции отходов, но и дают возможность использовать отходящую теплоту.

Чтобы избежать высокого загрязнения земной поверхности в зоне мусоросжигательных заводов, используют передвижные мусоросжигающие установки, смонтированные на автоприцепах или морских судах. Во многих странах промышленные отходы используют в качестве топлива на так называемых контейнерных теплоцентралях. При этом на автомобиле с прицепом монтируется передвижная теплоэлектростанция, которая в качестве топлива использует опилки, щепу и другие отходы, отапливая небольшие помещения – школы, больницы, фермы и т. п.

Во всех развитых странах продолжается поиск и совершенствование способов утилизации городского мусора – твердых бытовых отходов (ТБО). Термический способ переработки отходов признается более экологичным, чем складирование их на свалках и полигонах [2]. Однако до настоящего времени магистральный путь решения проблемы утилизации ТБО так и не определен.

Республика Беларусь обеспечена собственными топливно-энергетическими ресурсами в объеме около 16 % от общей потребности. Практически все области хозяйства связаны с потреблением энергии, а следовательно, оказывают отрицательное воздействие на состояние окружающей среды. На этом фоне использование выделяющейся при утилизации горючих отходов производства теплоты представляется особенно ценным.

Из общего количества образующихся на Белорусской железной дороге горючих отходов более половины составляют шпалы и ветошь. В результате ремонта железнодорожных путей за год образуется около 6000 т шпал и 240 т промасленной ветоши, подлежащих утилизации, что составляет в сумме около 2,5 тыс. т условного топлива. При выборе способа утилизации старогодных шпал научно-исследовательским центром экологической безопасности и энергосбережения на транспорте БелГУТа принято во внимание следующее:

- применение шпал в производстве древесностружечных плит неприемлемо из-за летучих веществ антисептика, которым они пропитаны;

- современные мусоросжигающие установки рассчитаны на большое количество образующихся в течение года ТБО, и их строительство невозможно окупить за счет утилизации шпал и других горючих отходов Белорусской железной дороги. Возможности кооперации с предприятиями других отраслей могут рассматриваться только на перспективу;

- в поверхностном слое шпал летучие вещества антисептика отсутствуют, что не создает дополнительных проблем при их хранении в подсобных помещениях или на открытых складах;

- при накоплении шпал не требуется их сортировка и отделение от других видов отходов;

- старогодные шпалы являются хорошим горючим материалом. Сжигание не требует добавки высококачественного топлива. Зола утилизированных шпал не более опасна, чем зола дров, каменного угля, торфа и т.п.[9]. При сгорании шпал золы образуется не больше, чем при сжигании дров;

- процесс подготовки шпал к использованию в топливосжигающих установках не отличается большой трудоемкостью.

На основании анализа существующих технологий переработки ТБО и особенностей, которыми обладает проблема утилизации старогодных шпал, для дальнейшего исследования выбраны два вари-

анта сжигания шпал или промасленной ветоши. Они не требуют существенных материальных затрат и способствуют экономии топливно-энергетических ресурсов:

- 1) сжигание в топке паровозного котла, работающего на твердом топливе;

- 2) сжигание в бытовой печи (или котельной) линейного участка, обогревающей помещение в отопительный период года.

Для оценки экологической опасности утилизации горючих отходов выполнены экспериментальные исследования состава дымовых газов, отходящих при сжигании дров, старогодных шпал и промасленной ветоши, и проведены расчеты выброса вредных веществ в атмосферу при сжигании дров и каменного угля в тех же условиях.

Экологическая опасность утилизации шпал в топливосжигающих установках обусловлена, главным образом, наличием в древесине антисептика, которым пропитывают шпалы. Антисептик представляет собой смесь продуктов сухой перегонки каменного угля (каменноугольной смолы) и нефтяного разбавителя. Состав каменноугольной смолы чрезвычайно сложен. Она содержит около 120 различных химических продуктов преимущественно ароматического характера. В их числе 1 – 2 % легкокипящих ароматических углеводородов (бензол, толуол, ксилолы); 10 – 12 % гомологов и производных бензола с температурами кипения 180 – 230 °С (нафталин, пиридин, пиколин, хиполин, фенол, крезолы, ксиленолы); 8 – 10 % веществ с температурой кипения 230 – 270 °С (метилнафталин, бифенил, флуорен, нафтол); 18 – 25 % ароматических многоядерных веществ с конденсированными циклами (антрацен, фенантрен) с температурами кипения 270 – 360 °С. Остальные ингредиенты (около 55 %) – углеводороды и их производные с высокой молекулярной массой и температурой кипения более 360 °С.

При сгорании шпал, по мере прогревания древесины до температуры воспламенения, фактически идет перегонка каменноугольной смолы. Вначале выделяется легкокипящая фракция, входящая в состав смолы и разбавителя. Количество ее очень незначительно, т.к. условия пропитки ($t \approx 200$ °С) обеспечивают практически полное ее удаление во время этой операции. Затем выделяются фракции с низкой и средней температурами кипения, которые воспламеняются и практически полностью сгорают с образованием углекислого газа и воды. Фракции с высокой температурой кипения также преимущественно сгорают, однако некоторая их часть может уноситься газовым потоком, не успев достигнуть температуры вспышки. Поэтому в составе газовых выбросов в первую очередь следует ожидать появления веществ типа антрацена, фенантрена, нафтацена.

Наиболее опасным из перечисленных ингредиентов является фенантрен с предельно допустимой концентрацией в рабочей зоне (ПДК_{ра}) 0,8 мг/м³ и ориентировочным безопасным уровнем воздействия (ОБУВ) 0,01 мг/м³. Поскольку экспериментальное определение количества этих веществ затруднено, на начальном этапе исследований сумма предельных углеводородов идентифицировалась с фенантrenom.

Экспериментальные исследования выброса вредных веществ выполнены для трех источников загрязнения атмосферы:

- паровоз, вырабатывающий пар для технологических нужд предприятия, при поочередном сжигании угля и смеси угля со шпалами;

- печь бытовая отопительная кирпичная при сжигании шпал;

- печь отопительная металлическая при поочередном сжигании шпал, промасленной ветоши и дров.

Определение и анализ выбросов загрязняющих веществ выполнены в соответствии с методикой определения предельно допустимых выбросов в атмосферу для промышленных предприятий [3 – 8].

Массовый (максимальный, г/с) выброс вредных веществ, используя результаты исследований, вычисляют по формуле

$$M = c_m V \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где c_m – максимальная концентрация загрязняющего вещества в дымовых газах при нормальных условиях (н. у.), мг/нм³; V – объем дымовых газов при н. у., нм³.

Коэффициент эмиссии, т/т, вредного вещества

$$k = (c_{cp} V \cdot 10^{-3}) / b, \quad (2)$$

где c_{cp} – средняя концентрация загрязняющего вещества в дымовых газах при н. у., мг/нм³; b – средний расход топлива сжигающей установкой, г/с.

Результаты расчета массовых выбросов и коэффициентов эмиссии вредных веществ приведены в таблице 1.

Промасленная ветошь на железнодорожных предприятиях может утилизироваться путем добавления в небольших количествах (до 5 %) к основному топливу – каменному углю, дровам и т.п. Результаты экспериментальных исследований показали, что состав дымовых газов при утилизации промасленной ветоши не отличается от состава дымовых газов при сжигании топлива без добавления ветоши.

Как показали исследования при поочередном сжигании дров и шпал в одинаковых условиях, процесс сгорания шпал идет менее интенсивно. Температура горения при этом ниже и, соответственно, значительно ниже образование оксидов азота: коэффициент эмиссии меньше в 2,4 раза, максимальный выброс – в 3 раза. Выброс загрязняю-

щих веществ значительно увеличивается в период загрузки новой порции топлива и ее разгорания (розжиг топлива) – углеводородов предельных C₁ – C₁₀ в 500 раз, сажи – в 14 раз и т. д.

Коэффициенты удельного выделения вредных веществ, определенные с учетом длительности розжига топлива (которая составляет не более 20 % общего времени горения), меньше расчетных коэффициентов, определенных по методике [7].

Результаты экспериментальных исследований выброса загрязняющих веществ при сжигании шпал представлены на рисунке 1.

Выброс вредных веществ в атмосферу при работе передвижных источников, к которым относится паровоз, принято оценивать по коэффициентам эмиссии, приведенным в методических указаниях [10]. В результате экспериментальных исследований установлено, что выделение вредных веществ при сжигании смеси угля со шпалами в топке паровоза не превышает выделения вредных веществ при сжигании других видов топлива передвижными источниками (рисунок 2). Длительность розжига топлива уменьшается при увеличении мощности топливосжигающей установки и температуры горения. Поэтому наиболее приемлемой по критерию вредного воздействия на атмосферу представляется технология утилизации шпал в топке паровоза. Для защиты воздушного бассейна содержание вредных веществ в газовых выбросах нормируется природоохранными стандартами ЕЭС в количествах, не более:

- пыль (взвешенные вещества) – 10 мг/м³;
- диоксид серы (SO₂) – 50 мг/м³;
- оксид углерода (CO) – 50 мг/м³;
- оксиды азота в пересчете на диоксид азота (NO_x) – 200 мг/м³.

В Республике Беларусь экологическая опасность источника загрязнения атмосферы оценивается по приземным концентрациям загрязняющих веществ, создаваемым в результате действия источника. Приземные концентрации рассчитывают с учетом фонового загрязнения атмосферы населенного пункта [11].

Анализ результатов расчета приземных концентраций вредных веществ с учетом фонового загрязнения показал, что рассмотренные источники выброса не оказывают существенного влияния на воздушный бассейн прилегающих территорий. При этом во внимание принимались:

- максимально возможные концентрации вредных веществ C_m , создающиеся при неблагоприятном сочетании направления и скорости ветра;
- доля фонового загрязнения атмосферы C_f в точке с максимально возможной концентрацией C_m ;
- расстояние X_m от источника загрязнения до точки с максимально возможной концентрацией C_m ;

▪ скорость ветра u_m , при которой создается концентрация C_m ; концентрация вредного вещества $C_{сз}$ на расстоянии 100 м от источника загрязнения*;

▪ радиус R зоны загрязнения, образующейся вокруг источника загрязнения атмосферы.

Максимальная концентрация C_m углеводородов и диоксида серы составила менее 0,1 ПДК**, выполнение расчета приземных концентраций оказалось нецелесообразным. Другие результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты расчета массовых выбросов и коэффициентов эмиссии вредных веществ на основании экспериментальных данных

Источник выделения	b , г/с	V , м ³ /с	Загрязняющее вещество	$C_{ср}$	C_m	M , г/с	k , т/т
				мг/м ³			
Паровоз ЭР (уголь и шпалы в пропорции 1:5)	125	2,34	Взвешенные вещества	253	265	0,621	0,0047
			Азота диоксид	219	244	0,642	0,0046
			Углерода оксид	519	5920	13,7	0,0962
			Углеводороды пр. C_1-C_{10}	972	2140	5,63	0,0205
			Серы диоксид	29,9	31,9	0,084	0,0006
Печь кирпичная (розжиг)	4,5	0,047	Сажа	1380	1490	0,070	0,0144
			Азота диоксид	156	177	0,008	0,0016
			Углерода оксид	16700	17800	0,838	0,175
			Углеводороды пр. C_1-C_{10}	11300	11900	0,559	0,118
Печь кирпичная (горение)	4,5	0,049	Сажа	98,5	118	0,006	0,0011
			Азота диоксид	120	143	0,007	0,0013
			Углерода оксид	1180	131	0,064	0,0129
			Углеводороды пр. C_1-C_{10}	20,7	25,6	0,001	0,0002

Таблица 2 – Результаты расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

Источник загрязнения	Загрязняющее вещество	C_m , ПДК	$C_{ср}$, %	X_m , м	u_m , м/с	$C_{сз}$, ПДК	R , м
Печь бытовая	Азота диоксид	0,35	46	25	1,1	0,28	–
	Сажа	4,5	–	8,3	1,1	0,64	76
	Углерода оксид	0,66	20	25	1,1	0,47	–
Паровоз	Азота диоксид	0,45	22	131	5,9	0,36	–
	Сажа	0,22	–	44	5,9	0,18	–
	Углерода оксид	0,58	36	131	5,9	0,47	–
	Твердые (сумма пыли)	0,9	44	64	5,9	0,86	–
	Суммирование SO_2 и NO_2	0,53	25	131	5,9	0,42	–

Таким образом, при сжигании шпал на исследованных объектах концентрация загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы при любых неблагоприятных сочетаниях направления и скорости ветра находится в допустимых пределах и не представляет опасности для населения городов с фоновым загрязнением, сопоставимым с загрязнением г. Гомеля.

Только при сжигании шпал в бытовой печи с высотой устья дымовой трубы не более 4 м могут

создаваться концентрации сажи, превышающие ПДК, на расстоянии до 80 м при малых скоростях ветра (1 – 1,5 м/с). При увеличении скорости ветра до 2,5 м/с образование зоны загрязнения вокруг источника прекращается.

* 100 м – минимальный размер санитарно-защитной зоны для предприятий 4-го класса опасности, наиболее распространенного среди железнодорожных предприятий.

** ПДК (здесь и далее) – максимальная разовая предельно допустимая концентрация или ориентировочный безопасный уровень воздействия.

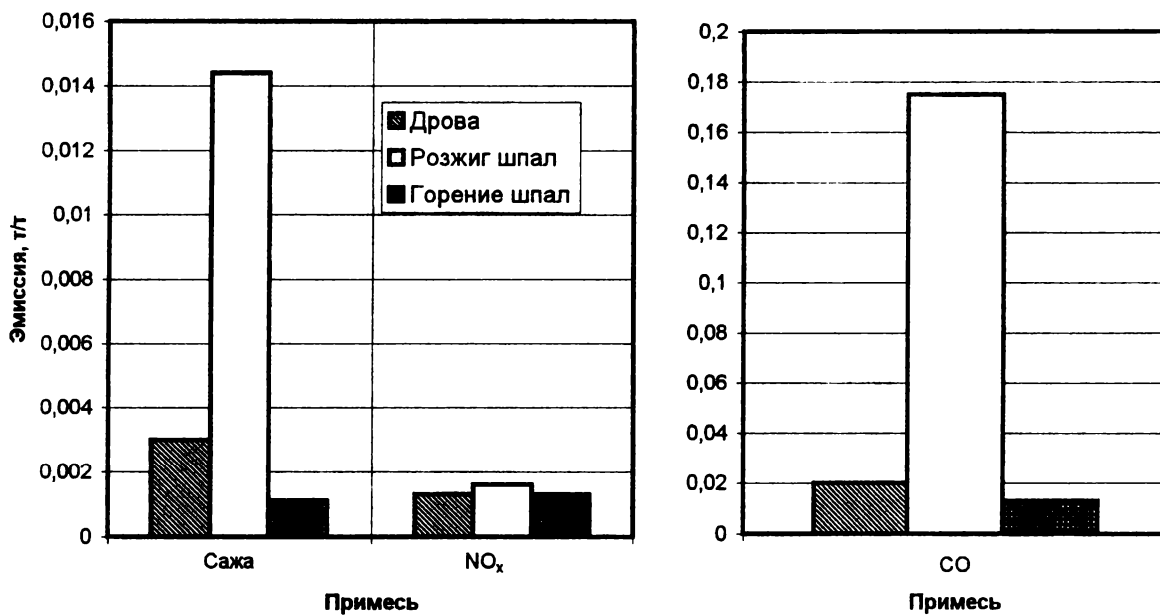


Рисунок 1 – Удельный выброс загрязняющих веществ (эмиссия, т/т) при сжигании дров и шпал в бытовой печи

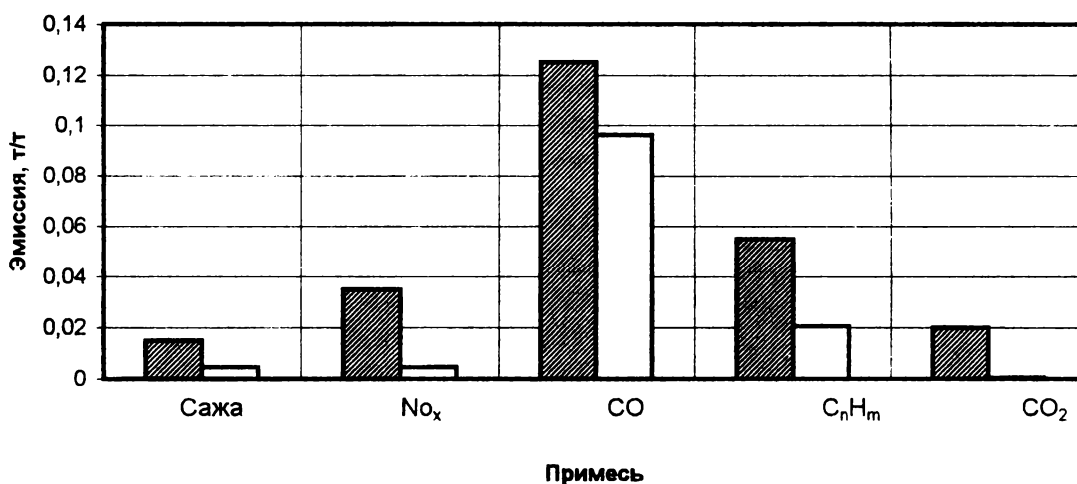


Рисунок 2 – Удельный выброс загрязняющих веществ (эмиссия, т/т) при работе передвижных источников

Дополнительно к расчету рассеивания загрязняющих веществ уточнены размеры санитарно-защитной зоны (СЗЗ) источников загрязнения с учетом местной розы ветров в соответствии с [12] для условий г. Гомеля.

Размеры СЗЗ рассчитаны для объектов утилизации по загрязняющим веществам, которые создают наибольшие концентрации $c_{\text{к}}$. Максимальные санитарные разрывы от источника загрязнения атмосферы до жилого массива составили не более 29 м (бытовая печь) и не вышли за пределы зоны загрязнения, определенной расчетом рассеивания вредных веществ.

Анализ результатов выполненных исследований влияния сжигания старогодных шпал и про-

масленной ветоши на окружающую среду показал следующее:

1) наиболее значительное воздействие при сжигании старогодных шпал оказывается на атмосферу. Шпалы по характеристикам сгорания в наибольшей степени соответствуют дровам, сжигаемым в котлах малой мощности;

2) старогодные шпалы целесообразнее сжигать в топке паровоза, т.к. в приземном слое атмосферы не образуется зона загрязнения и трудоемкость подготовки шпал к утилизации меньше, чем при сжигании их в других установках;

3) для оценки экологического ущерба, наносимого окружающей среде, могут быть использованы действующие указания о порядке исчисления

и уплаты в бюджет налога за пользование природными ресурсами [10] с применением экспериментальных коэффициентов эмиссии (таблица 3);

4) результаты экспериментальных исследований показывают, что можно применять традиционную методику расчета валового и массового выбросов сажи с дымовыми газами, принимая коэффициент зольности шпал $A^r = 0,8$;

5) при утилизации промасленной ветоши путем добавления ее в небольшом количестве (до 5 %) к основному топливу можно пренебрегать изменением выброса вредных веществ в атмосферу.

Таблица 3 – Коэффициенты эмиссии загрязняющих веществ при сжигании шпал в топке паровоза

Загрязняющее вещество	k, т/т
Оксид углерода	0,1
Углеводороды	0,021
Диоксид азота	0,005
Сажа	0,005

Список литературы

1 Утилизация твердых отходов и очистка сточных вод. Организация-разработчик: "Институт катализа им. Г. К. Борескова" – http://www.extech.ru/src/src_rus/technol/tech.htm/tr087860.htm, 2000.

2 Кимбара К. Утилизация промышленных отходов // Железные дороги мира. № 2. 1999. <http://www.css-mps.ru/zdm/02-1999/8409.htm>

3 ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. 01.01.80.–М.: Издательство стандартов, 1979. – 14 с.

4 Технический справочник железнодорожника. Т. VI / Рудой Е. Ф. (гл. ред.) и др. – М.: Государственное транспортное железнодорожное издательство, 1952.–955 с.

5 Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986.–183 с.

6 Роддатис К. Ф., Полтарецкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. –М.: Энергоатомиздат, 1989.–487 с.

7 Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. –Л.: Гидрометеоиздат, 1987.–270 с.

8 Инструкция по контролю установленных величин ПДВ(ВСВ), инвентаризации источников выбросов в атмосферу и паспортизации газопылеулавливающих установок на предприятиях легкой промышленности СССР (общая часть). – М.: ЦНИИ информационных и технико-экономических исследований легкой промышленности, 1985. – 142 с.

9 Классификатор промышленных отходов предприятий железнодорожного транспорта. –М.: ВНИИЖТ, 1994. –45 с.

10 Методические указания о порядке исчисления и уплаты в бюджет налога за пользование природными ресурсами (экологического налога). Утверждены приказом ГНК РБ №41 от 05.05.98 г. – Мн.: ЭКП «Светоч», 1998. – 48 с.

11 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86.–Л.: Гидрометеоиздат, 1987.–93 с.

12 Руководство по проектированию санитарно-защитных зон промышленных предприятий. –М.: Стройиздат, 1984.–37 с.

Получено 27.09.2000

V. M. Ovchinnikov, S. Ya. Frenkel, V. A. Khalimanchik, U. A. Samodum, V. V. Srezhendevsky. Ecological Safety of Power Saving Utilization of Combustible Waste on Belarusian Railway Plants.

The information on utilizing the combustible production waste in the world practice is given. The peculiarities of solving this problem for Belarusian Railway are analyzed. The estimation of ecological security of burning the sleepers and oiled cleaning cloth in the furnace of the locomotive boiler and stores is given. The coefficients of emission of harmful substances, which are experimentally obtained while burning sleepers, are given.