

Экологическая безопасность железнодорожного транспорта и «зеленые» тепловозы



В. Я. Бершадский,
канд. техн. наук,
доцент Уральского
государственного
университета путей
сообщения

Перевод тепловозного парка ОАО «РЖД» на сжиженный природный газ (СПГ) ввиду незначительности фактора воздействия тепловозов на окружающую среду, с учетом масштабности, сложности и капиталоемкости проекта, не внесет существенного вклада в решение задачи по повышению экологической безопасности железнодорожного транспорта. Однако именно использование СПГ в качестве моторного топлива в транспортных средствах при соответствующей государственной поддержке становится наиболее интересным экологическим инновационным бизнес-проектом, перспективным и для развития научных исследований, и инжиниринга.

Экологическое нормирование воздействия на окружающую среду может перейти на принципы внедрения наилучших доступных технологий (НДТ). Такая перспектива изменения российского природоохранного законодательства актуализирует работу по выбору НДТ на основе сравнения эколого-экономических показателей альтернативных вариантов технологий, используемых в различных отраслях, а также по формированию информационно-технических справочников, содержащих сведения об НДТ [1]. В целях совершенствования экологической безопасности железнодорожного транспорта, определения направлений технического развития средств подвижного состава представляет определенный интерес проведение такой работы в отношении тепловозов.

Экологическая стратегия ОАО «РЖД»

Хозяйственный комплекс крупнейшей национальной транспортной корпорации — ОАО «РЖД» (свыше 80 % грузооборота и 40 % перевозок пассажиров) — не оказывает существенного влияния на загрязнение окружающей среды России. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух передвижными источниками, принадле-

жащими компании, в 2007 г. составили только 1,7 % от валового выброса в 16,2 млн т всеми транспортными средствами страны. Демонстрируя свою социальную ответственность, холдинг развивает деятельность по обеспечению экологической безопасности. Модернизация подвижного состава, реконструкция транспортной инфраструктуры, экономия топлива способствуют постоянному уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

Экологическая стратегия ОАО «РЖД» [2] к 2015 г. предусматривает снижение вредных выбросов от передвижных источников, из которых 76,5 % составляют магистральные и маневровые тепловозы, на 30 % по сравнению с базовым 2007 г. Выбросы отработавших газов тепловозов, таким образом, должны сократиться на 63,7 тыс. т. Отметим, что эта величина не превысит 15 % суммарного валового выброса холдинга (табл. 1) и практически не повлияет на оздоровление окружающей среды в стране [2, 3].

Предполагается, что задача может быть решена за счет модернизации тепловозного парка страны, использования современных тепловозов с улучшенными экологическими характеристиками («зеленых» тепловозов). Пути решения задачи:

Таблица 1. Количество и состав выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по ОАО «РЖД» (данные инвентаризации 2007 г.), тыс. т

Источники	Всего	В том числе					
		CO	C _n H _m	NO _x	SO ₂	Сажа	Твердые вещества
Стационарные	148,1	50,6	1,4	12,6	34,4	-	38,6
Передвижные	277,3	52,7	24,9	188,6	-	11,1	-

Таблица 2. Состав отходящих газов транспортных двигательных установок, % от объема

Тип двигателя, условия испытаний	Компоненты отработавших газов											Литература
	N ₂	O ₂	H ₂ O	CO ₂	CO*	NO _x	C _n H _m *	Альдегиды*	Бенз[а]-пирен**	SO ₂ *	Сажа,** г/м ³ , или дымность	
Бензиновый (карбюраторный)	74–77	0,3–8,0	3,0–5,5	5,0–12,0	0,1–5,0	0,0–0,8	0,2–3,0	0,0–0,3	(10–20) 10 ⁻⁶	0,0–0,01	0,0–0,04	[4]
Дизель	74–78	2,0–18,0	0,5–4,0	1,0–12,0	0,01–0,8	0,0–0,5	0,09–0,5	0,0–0,01	10×10 ⁻⁶	0,0–0,02	0,01–1,1	[4]
Тепловозный дизель, стендовые испытания, транспортный режим, норматив ПДВ:												[5]
выпуск до 2001 г.	-	-	-	-	0,175	0,270	0,06	-	-	-	20	
с 2006 г.	-	-	-	-	0,055	0,190	0,025	-	-	-	12	
с 2011 г.	-	-	-	-	0,065	0,140	0,013	-	-	-	10	
Дизель СПС, транспортный режим, норматив ПДВ:												[6]
выпуск до 2012 г.	-	-	-	-	0,210	0,310	0,07	-	-	-	55	
с 2012 г.	-	-	-	-	0,120	0,120	0,035	-	-	-	15	

*Токсичные соединения. Оксиды азота NO_x в 10 раз опаснее угарного газа CO. Непредельные углеводороды C_nH_m, сравнимые по опасности с CO, в присутствии диоксида азота фотохимически окисляются, образуя ядовитые кислородсодержащие соединения – составляющие смогов.

**Канцерогены.

• совершенствование тепловозных дизелей, соблюдение требований технических регламентов по эксплуатации локомотивов, в том числе контроля выбросов отработавших газов (вариант 1);

• разработка и оснащение дизелей устройствами по подавлению токсичных веществ в отработавших газах (нейтрализаторы, сажевые фильтры) (вариант 2);

• разработка и внедрение тепловозов, использующих в качестве моторного топлива природный газ (вариант 3).

Какое направление выбрать приоритетным с учетом основных критериев оценки: экономичности, экологичности, безопасности в эксплуатации? Какая технология использования передвижного состава может быть отнесена к НДТ?

Выбросы отработавших газов двигателей и методы их снижения

В табл. 2–4 приведена известная информация об экологических показателях двигательных установок транспортных средств [4–10].

Сравнение данных (табл. 2–4) по показателям выбросов «новых» и «старых» (по году выпуска) тепловозов позволяет заключить, что замена локомоти-

вов более совершенными, безупречное выполнение регламентных ремонтных работ и систематический контроль за качеством отработавших газов приводят к снижению выбросов основных токсичных веществ CO, C_nH_m, NO_x в 2–3 раза. Для решения поставленной задачи к 2015 г. потребуется обновление тепловозного парка на 10–15 %. Отметим при этом, что ежегодное приобретение новых современных локомотивов ОАО «РЖД» после 2000 г. (в 1990-х гг. парк практически не обновлялся) не превышает 100–150 единиц при локомотивном парке в 8500 тепловозов.

Известные данные об использовании в дизельных двигателях систем обезвреживания отработавших газов (применение на тепловозе ТЭП-70 нейтрализатора с каталитическим дожиганием [11] обеспечило снижение выбросов CO и C_nH_m на 60–70 %, NO_x – на 40 %, сажи – на 50–60 %, а фильтр-нейтрализатор [12] позволил уменьшить выбросы CO и C_nH_m на 80–90 %, оксидов азота – до 40 %, твердых частиц – на 80–90 % при стоимости оборудования 10 долларов США на 1 кВт мощности) говорят об эффективности технологии

при сравнительно небольших затратах. Принимая степень очистки отработавших газов подобными устройствами 60 %, можно прийти к заключению, что для решения вышеозначенной задачи потребуется переоснастить половину тепловозного парка страны.

Стратегическим направлением модернизации транспортного комплекса России, возведенным в ранг государственной политики, признано использование в качестве энергоресурса природного газа. Это, безусловно, связано с тем, что наша страна производит пятую часть товарного природного газа в мире и обладает четвертью его разведанных запасов. Широкомасштабный переход транспортных средств на газовое топливо позволяет одновременно решить ряд важнейших глобальных задач:

• снижение вредного воздействия транспорта на окружающую среду и здоровье населения;

• обеспечение ресурсо- и энергосбережения нефти как сырья для производства необходимых человечеству продуктов;

• снижение эксплуатационных затрат на транспортные перевозки.

Таблица 3. Удельные средневзвешенные выбросы загрязняющих веществ, г/кВт·ч

Тип двигателя, топливо, режим работы	Компоненты отработавших газов				Литература
	CO	C _n H _m	NO _x	Сажа	
Дизель новый тепловоза на дизельном топливе, стендовые испытания при полной нагрузке, норматив ПДВ	3,0	1,0	12	0,15	[7]
Дизель на дизельном топливе, стендовые испытания при полной нагрузке	1,5–2,0	1,5–8,0	10–30	0,25–2,0	[4]
Дизель на сжиженном природном газе, норматив ПДВ	3,0	1,0	9,8–17,0	-	[8]
Дизель на дизельном топливе тепловоза, норматив ЕРА, США	2,0	0,4	7,4	0,27	[4]
Дизель тепловоза, норматив ПДВ согласно Директиве ЕС97/68	3,5	0,4–0,5	6,0–7,4	-	[4]
Дизель тепловоза на дизельном топливе, норматив ПДВ EURO-2	4,0	1,1	7,0	0,15	[4]

Таблица 4. Удельные выбросы вредных веществ транспортными средствами при расходе 1 кг топлива, г

Сжигаемое топливо, транспортное средство	Вредное вещество					Литература
	CO	C _n H _m	NO _x	SO ₂	Сажа	
Дизельное топливо, тепловоз (Германия)	10	1,4	44	-	1,8	[9]
Дизельное топливо, новый тепловоз (Россия)	5,85	-	10,87	-	1,0	[4]
Дизельное топливо, тепловоз в эксплуатации (Россия)	15,50	-	29,0	-	2,7	
Бензин, автомобиль массой более 3500 кг	260–360	2,4–39	5,8–30	0,54	-	[10]
Дизельное топливо, автомобиль массой более 3500 кг	8,6	4,3	25	1,6	1,4	
Компримированный природный газ, автомобиль массой более 3500 кг	175	17,5	31,25	0,1	-	

По поручению Президента РФ [13] разрабатывается комплексный план расширения использования природного газа на транспорте. Отметим, что развитие транспорта в этом направлении позволяет создать материальную базу (наука, техника, инфраструктура) для перехода к водородной энергетике, альтернативы которой в обозримом будущем не существует.

Выгоды от использования природного газа в качестве моторного топлива общеизвестны, научно обоснованы и подтверждены многолетней эксплуатацией. К преимуществам моторного топлива на основе метана относятся:

- экономия за счет уменьшения эксплуатационных затрат двигательных установок, главным образом, вследствие более низкой цены природного газа по сравнению с ценой нефтяного топлива, обусловленной возможностью его применения без химической переработки;
- снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. При полном сгорании на единицу теплоты сгорания метан образует диоксида углерода в 1,22 раза меньше, чем бензин, и в 1,34 раза меньше, чем дизельное топливо. Утверждается, что при использовании природного газа вместо нефтяного топлива выброс токсичных веществ в окружающую среду по оксиду углерода снижается приблизительно в 2–3 раза,

по оксидам азота – в 2 раза, по углеводам – в 3 раза, по задымленности – в 9 раз, а образование сажи, свойственное дизельным двигателям, отсутствует. В отходящих газах практически отсутствуют канцерогены [14];

- более высокий уровень пожаро-взрывобезопасности при эксплуатации транспортных средств. Показатели, характеризующие пожароопасные свойства моторных топлив свидетельствуют, что наименее опасное топливо – природный газ, наиболее – бензин (температура вспышки метана при атмосферном давлении, 640–680 °С, в то время как бензина – 270–330 °С; пределы воспламенения стехиометрической смеси метана с воздухом: нижний – 5,0 %, верхний – 14,0 %; соответственно, бензина – 1,5 % и 6,0 %). Природный газ почти в 2 раза легче воздуха и при утечке стремится вверх, быстро разбавляясь в атмосфере. Нефтяное топливо в случае разгерметизации емкости разливается по земле с образованием в воздухе при испарении взрывоопасных смесей, что при соответствующих условиях приводит к взрыву.

Железнодорожный транспорт является одним из крупнейших внутренних потребителей моторного топлива. Потребление дизельного топлива ОАО «РЖД» составляет ежегодно 2,6–3,2 млн т, эксплуатационные затраты локомотивного хозяйства на топливо – до 15 % с темпом

роста на 10–20 % в связи с ростом цен. Научно-исследовательские и проектные работы по применению природного газа на железнодорожном транспорте начались в 80-х гг. прошлого столетия с целью энерго- и ресурсосбережения.

Сегодня решение проблемы возможно в двух вариантах. Первый состоит в переводе дизельных двигателей тепловозов на газодизельный режим с применением природного газа. При этом 25–35 % дизельного топлива используется в качестве запального средства, а остальные 75–65 % номинального расхода топлива замещаются природным газом. При испытаниях тепловозов ТЭМ 18Г на Московской и Свердловской железных дорогах достигнуто снижение выбросов токсичных продуктов в 2 раза. Целесообразно применение газа на маневровых тепловозах.

Второй вариант предполагает использование природного газа на новом типе газовых локомотивов – газотурбовозах (силовая установка – газовая турбина). В России ОАО «ВНИКТИ» разработан самый мощный в мире (8300 кВт) магистральный газотурбовоз ГТ-1, работающий на сжиженном природном газе, в 2010 г. впервые в мире он провел грузовой состав весом 15 тыс. т (159 вагонов). Сейчас такой локомотив проходит промышленные испытания на Свердловской железной дороге. Пред-

полагается, что транспортный холдинг «Синара» для Свердловской и Северной железных дорог произведет к 2020 г. 40 подобных машин. Серийный выпуск локомотива может начаться в этом году. Экологической стратегией ОАО «РЖД» поставлена задача к 2030 г. заместить природным газом до 30 % расходуемого автономными локомотивами дизельного топлива. К этому периоду объемы использования СПГ в ОАО «РЖД» достигнут 250 тыс. т, а потребление дизтоплива сократится с 350 тыс. т до 160 тыс. т.

Вместе с тем следует отметить некоторые существенные моменты, не позволяющие слишком оптимистично судить об эффективности перевода тепловозов на природный газ.

Не обсуждая вопросов технической эксплуатации таких двигательных установок, заметим, что экономия в результате замены дизельного топлива природным газом базируется на разнице цен на топливо, регулируемой государством. Отсутствие гарантий в форме законодательного закрепления (федерального закона) величины этой разницы создает неопределенность в принятии долговременных решений по инвестированию соответствующего проекта. При этом понятно, что переоборудование техники, сооружение сети газозаправочных станций, создание газомоторной инфраструктуры требуют больших капитальных вложений.

Говоря о безопасности газомоторного хозяйства, следует учитывать, что это современное высокотехнологичное и сложное производство, требующее высокой технической культуры и квалификации персонала. Необходима разработка нормативных документов, регулирующих вопросы безопасности и обучение специалистов.

Не однозначны заключения о большом экологическом эффекте использования природного газа в тепловозах. Действительно, по сравнению с бензином при сжигании метана в двигателе внутреннего сгорания образуется на 13% меньше CO₂, не образуются альдегиды и бенз(а)пирен (обусловлено химическим составом углеводородов топлива), меньше выход оксидов азота и продуктов неполного окисления (более низкая температура сгорания, относительно бедные смеси). Однако по сравнению с дизельным топливом этот эффект менее выражен.

Сведения, приведенные в табл. 3, показывают, что в составе отработанных

газов двигателей, работающих на природном газе, присутствуют оксиды углерода, непредельные углеводороды, окислы азота в количествах, существенно не отличающихся от соответствующих показателей дизельного двигателя на нефтяном топливе. К сожалению, отсутствуют экспериментально обоснованные удельные показатели выбросов индивидуальных компонент углеводородов при эксплуатации газомоторных двигателей, работающих на природном газе.

Очевидно, для более обоснованного вывода об их экологической безопасности, а также технического регулирования воздействия на окружающую среду требуется проведение соответствующих испытаний и разработка технического норматива выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух. Этот норматив устанавливается для передвижного источника выбросов и отражает максимально допустимую массу выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух в расчете на единицу мощности двигателя, пробега транспортного средства или производственного показателя (грузо-оборот, пассажирооборот) локомотива.

Из изложенных выше суждений можно сделать вывод, что перевод тепловозов на сжиженный природный газ, если учитывать масштабность, сложность и капиталоемкость проекта, не обладает существенными экологическими преимуществами перед вышеуказанными альтернативами. Однако именно этот вариант становится наиболее интересным для бизнеса и перспективным для развития научных исследований и инжиниринга при соответствующей государственной поддержке.

Результаты проведенной оценки альтернативных направлений модернизации тепловозного парка с целью достижения наилучших эколого-экономических характеристик «зеленых» тепловозов показывают, что решение задачи по снижению токсичности выбросов отработавших газов требует значительных инвестиционных вложений, не сопоставимых по величине с наносимым ущербом окружающей среде.

Представляется, что наиболее перспективной из перечисленных технологий является перевод тепловозов на сжиженный природный газ. Требуется проведение испытаний и разработка норматива технического выброса такого тепловоза.

Принимая во внимание вышесказанное, а также тот факт, что выбросы

в атмосферу железнодорожным транспортом ввиду их незначительности практически не сказываются на загрязнении окружающей среды, учитывая значимость других экологических аспектов деятельности компании, следует считать это направление обеспечения экологической безопасности ОАО «РЖД» не приоритетным. Т

Литература

1. Проект федерального закона №584587-5 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ в части совершенствования нормирования в области охраны окружающей среды и введения мер экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших технологий». URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?eq=doc;base=PRJ> (дата обращения 11.03.2014).
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году» // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1392> (дата обращения 11.03.2014).
3. Экологическая стратегия ОАО «РЖД» на период до 2015 года и перспективу до 2030 года: изд. офиц.: [распоряжение ОАО «РЖД» от 13.02.2009 № 293р.]. М.: Техинформ, 2009. С. 4–21.
4. Булаев В. Г. Экологическая безопасность тягового подвижного состава. Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2010. 164 с.
5. ГОСТ Р 50953-2008. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы определения. М.: Стандартинформ, 2009.
6. ГОСТ Р 54129-2010. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов специального железнодорожного транспорта. Нормы и методы определения. М.: Стандартинформ, 2011.
7. ГОСТ Р 51249-99. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения. М.: Стандартинформ, 2000.
8. Chander K., Norton P., Clark N., Dallas Area Rapid Transits (DART) LNG bus flut: Final Results. CO.: US Department of Energy national laboratory, 2000.
9. Эльвангер Г. Роль железных дорог в защите окружающей среды // Железные дороги мира. 1990. №8. С. 3–35.
10. Расчетная методика (инструкция) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территориях крупнейших городов. М.: Минтранс РФ, 2008.
11. Гигина О. С. Методы и технические средства защиты атмосферного воздуха от загрязнения и очистки отходящих газов. Уфа, 2010. 78 с.
12. Саморегулирующиеся каталитические фильтры-нейтрализаторы для отходящих газов дизельных двигателей. Передовые технологии России. URL: http://www.ptechology.ru/Main/Part/Engine/Engine_6.html (дата обращения 11.03.2014).
13. Перечень поручений Президента РФ по итогам совещания о перспективах использования газомоторного топлива Пр-1298 от 14 мая 2013 года. URL: <http://www.kremlin.ru> (дата обращения 11.03.2014).
14. Природный газ – экологичное моторное топливо. URL: <http://www.gazprom.ru/about/subsidiaries/list-items/gazprom-gazomotornoye-toplivo/> (дата обращения 11.03.2014).