

Ужесточение требований к выбросам

В январе 2011 г. в Европе вступили в силу нормы уровня Euro IIIВ, регламентирующие выбросы дизельных двигателей мощностью до 560 кВт. Нормы для двигателей большей мощности появятся в 2012 г. Тем временем Агентство по охране окружающей среды США (EPA) уже начинает применять к локомотивам нормы уровня Tier 3, а следующий уровень будет введен в 2015 г.

Компания — оператор грузовых перевозок железных дорог Германии DB Schenker Rail в конце декабря 2010 г. подтвердила, что вводит в эксплуатацию первый из 130 новых маневровых тепловозов, которые закупаются по программе снижения вредных выбросов. Контракт стоимостью 250 млн евро выполняет компания Voith Turbo Lokomotivtechnik. Тепловозы типа Gravita 10ВВ заменят эксплуатируемые серий 291 и 295. Четырехосный тепловоз Gravita 10ВВ с 8-цилиндровым двигателем типа MTU 4000 мощностью 1000 кВт выбрасывает на 40% меньше углекислого газа и на 20% меньше твердых частиц, чем заменяемые им локомотивы. По оценке специалистов DB, дополнительные фильтры снижают выбросы твердых частиц почти на 97%.

Внедрение тепловозов Gravita является одним из примеров реализации инвестиционных проектов, которые осуществляют европейские железные дороги, с тем чтобы объем вредных выбросов дизельных двигателей соответствовал ужесточающимся нормам ЕС. В США подобные нормы, касающиеся всех североамериканских железных дорог, вводит Агентство по охране окружающей среды (EPA). Фактически EPA было первым ведомством, которое в 1996 г. выпустило

нормы Tier 1, регулировавшие выбросы дизельных двигателей, используемых помимо автомобильного транспорта. В Европе это начинание было поддержано спустя 3 года введением норм Stage I. С тех пор оба ведомства работают над тем, чтобы сократить разрыв между ограничениями по объему вредных выбросов, распространяющимися на транспортные средства автомобильного и других видов транспорта.

Нормы в основном ограничивают содержание в выбросах твердых частиц и оксидов азота. Выбросы оксидов углерода CO и CO₂ тоже регулируются данными нормами, но содержание этих газов в выхлопах дизельных двигателей и так достаточно низкое. Нормы, которые появятся в 2014–2015 гг. в США (Tier 4), Европе (Stage IV) и Японии, требуют снижения содержания оксидов азота от текущего уровня более чем на 90% для большинства градаций мощности дизелей.

Учитывая заинтересованность компаний — изготовителей подвижного состава и двигателей, продукция которых широко представлена на мировых рынках, в четкой выраженной нормативной базе причастные ведомства США, Японии и ЕС работают над гармонизацией норм. Это позволит

компаниям-изготовителям самим организовывать выпуск двигателей и проводить сертификацию разных их типов в соответствии с требованиями разных рынков. Теоретически нормы ЕС уровней Stage III и IV на три четверти соответствуют нормам EPA уровней Tier 3/4, но на практике сохраняются различия, например, по способам измерения и анализа выхлопных газов во время пуска двигателя. Требования по сертификации и маркировке также отличаются, но все же нормы достаточно схожи, чтобы разрешить использование двигателей одинаковых типов на всех трех рынках — Европы, США и Японии.

Европа

В Европе требования к дизельным двигателям для железных дорог регламентируются директивой ЕС 97/68. Вторая директива, определяющая нормы уровней Stage III и Stage IV по выбросам для двигателей, устанавливаемых на технические средства железнодорожного транспорта, была принята в апреле 2004 г. Третья директива, принятая в июле 2010 г., оговаривает процедуры испытаний двигателей на соответствие нормам Stage IIIВ и Stage IV. Данные нормы применяются как к двигателям тяговых единиц новой разработки, так и к двигателям, заменяющим ранее установленные на эксплуатируемых локомотивах, моторвагонных поездах и судах, используемых на внутренних водных путях.

Нормы уровня Stage III, разделенные на Stage IIIА и Stage IIIВ (табл. 1), вводятся поэтапно с 2006 по 2013 г. Для двигателей в диапазоне мощности от 37 до 560 кВт нормы Stage IIIА действуют с 1 января 2006 г., нормы Stage IIIВ — с 1 января 2011 г. Для двигателей мощностью более 560 кВт, которые обычно для большинства локомотивов и некоторых типов дизель-поездов, нормы Stage IIIА были введены с 1

Таблица 1

Европейские нормы уровней Stage IIIA и Stage IIIB для тепловозов

Категория дизеля	Мощность, кВт	Дата market placement	CO, г/кВт·ч	HC, г/кВт·ч	HC + NO _x , г/кВт·ч	NO _x , г/кВт·ч	Твердые частицы, г/кВт·ч
RC A	> 130	01.01.2006	3,5	—	4,0	—	0,2
RL A	130–560	01.01.2007	3,5	—	4,0	—	0,2
RH A	> 560	01.01.2009	3,5	0,5 ¹	—	6,0*	0,2
RC B	> 130	01.01.2012	3,5	0,19	—	2,0	0,025
R B	> 130	01.01.2012	3,5	—	4,0	—	0,025

*HC = 0,4 г/кВт·ч и NO_x = 7,4 г/кВт·ч для дизелей мощностью менее 2000 кВт и объемом более 5 л на цилиндр.

января 2009 г., а нормы Stage IIIB вступят в силу в январе 2012 г. Нормы уровня Stage IV, которые будут распространяться на двигатели всех категорий, планируется ввести с 1 января 2014 г.

Фактически в ЕС существуют две даты ввода в действие норм на выбросы вредных веществ для двигателей, используемых вне автомобильного транспорта. Первая дата (type approval) устанавливает срок, после которого все выпускаемые двигатели новой, получившей одобрение разработки должны соответствовать принятым нормам. Вторая (market placement) задает срок, после которого все новые двигатели, появляющиеся на рынке, должны соответствовать принятым нормам. Обычно разрыв между двумя датами, важными как для поставщиков, так и для потребителей, приближается к одному году.

По данным статистических источников ЕС, на дизельный подвижной состав всех видов транспорта, помимо автомобильного, приходится четверть выбросов оксида азота и треть твердых частиц диаметром менее 2,5 мкм. Европейские органы намереваются ввести минимальные нормативы. По оценкам железнодорожного сектора, эти нормы слишком жесткие, а временные рамки реорганизации производства ограничены.

Предлагая некоторые рекомендации с целью сглаживания негативных моментов при переходе на новые нормы, Союз европейской

железнодорожной промышленности (UNIFE) пытается одновременно отодвинуть конечный срок их принятия на том основании, что 3 лет между принятием норм Stage IIIA и Stage IIIB для изготовителей и операторов недостаточно, чтобы модернизировать эксплуатируемые парки подвижного состава. Компании — операторы грузовых перевозок в качестве аргумента выдвигают существование значительных различий между железнодорожным тяговым подвижным составом и такими техническими средствами, как краны, гидроциклы и т. д., которые должным образом не отражены в данных стандартах.

Между тем UNIFE является одним из 26 партнеров, участвующих в исследовательском проекте «чистый дизель для железных дорог Европы» (CleanER-D), направленном на создание новых дизельных двигателей и видов топлива, соответствующих ужесточающимся нормам. Начатый в 2009 г. и рассчитанный на 4 года исследовательский проект CleanER-D стоимостью 13,6 млн евро частично финансируется в рамках 7-й исследовательской программы ЕС.

Северная Америка

Временные нормы EPA уровня Tier 4 для применения вне автомобильного транспорта были введены в январе 2011 г. и распространяются на двигатели мощностью 130 кВт и более. Подобные же стандарты

войдут в силу в Японии в октябре 2011 г. Эти нормы в основном применимы к вспомогательным тяговым средствам и путевым машинам с двигателями мощностью до 560 кВт, для которых нормы Tier 3 действуют с 2005 г. Нормы Tier 4 для таких двигателей оговаривают снижение содержания в выхлопных газах твердых частиц на 90%, оксидов азота — на 45%.

Временные нормы Tier 4 будут действовать 4 года, пока в январе 2014 г. не примут основной вариант. Тем временем EPA ввело переходную программу, позволяющую изготовителям продолжать выпуск двигателей, отвечающих нормам Tier 2, пока промышленность развивает технологии производства двигателей и систем контроля выбросов, нужных для соответствия окончательному варианту Tier 4.

Нормы EPA для применения вне автомобильного транспорта не распространяются на локомотивы, для которых существуют отдельные требования. Это относится как к новым, так и к переоснащаемым локомотивам и двигателям. Нормы уровней Tier 0 — Tier 2, принятые в декабре 1997 г. и вступившие в силу в 2000 г., распространялись на все тепловозы, построенные и ремоторизованные после 1973 г.

Второе предписание, вышедшее в 2008 г., ввело более строгие требования к выбросам для норм уровней Tier 0 — Tier 2. Оно также регламентирует стандарты Tier 3 и Tier 4, вступающие в силу в 2011–2012 и 2015 гг.

соответственно (табл. 2). Если выполнения норм Tier 0 – Tier 2 можно добиться путем внесения изменений в конструкцию дизелей, то, чтобы соответствовать требованиям Tier 4, потребуются средства дополнительной очистки выхлопных газов, такие, как фильтры для улавливания твердых частиц и селективные катализаторы для снижения выбросов оксидов азота. В соответствии с нормами Tier 3 и Tier 4 должна контролироваться также прозрачность выхлопных газов.

Технические требования ЕРА распространяются на локомотивы с двигателями мощностью более 750 кВт. Выделяются две группы: маневровые (до 2300 л. с.) и магистральные (2300 л. с. и более) тепловозы. Нормы уровня Tier 3 для новых маневровых тепловозов введены в 2011 г., магистральные тепловозы подпадут под их действие с 2012 г. Локомотивы этих двух групп требуют испытаний разных видов, отражающих разные требования к их эксплуатации. Нормы Tier 4 для обеих групп вступят в силу в 2015 г.

Эти нормы распространяются на определенный срок эксплуатации локомотива независимо от того, когда прошла первая модернизация.

Минимальная наработка, определяемая в мегаватт-часах, назначается путем умножения мощности в л. с. на коэффициент 7,5, но не превышает 10 лет. Для локомотивов постройки до 2000 г., не оборудованных измерительными приборами, минимальный срок эксплуатации устанавливается равным пробегу 1,2 млн км, или 10 годам.

Дополнительная обработка

В то время как большинство изготовителей дизельных двигателей смогли обеспечить соответствие нормам уровней Stage IIIA и Tier 2 благодаря таким конструкционным усовершенствованиям, как замедление впрыска топлива, выполнить требования уровней Stage IIIB и Tier 4 труднее. Наряду с установкой фильтров для удаления твердых частиц из выхлопных газов двигателей разработчики рассматривают такие технологии, как рециркуляция выхлопных газов с целью снижения температуры возгорания топлива для уменьшения образования оксидов азота и углеводородов.

Альтернативой является использование постобработки выхлопных газов с применением

присадок, например мочевины, для удаления вредных газов из выхлопов дизелей. Однако этот путь сопряжен с существенными дополнительными затратами, и не столько из-за удорожания химикатов, сколько (и намного заметнее) из-за расходов на сопутствующую инфраструктуру и системы управления ею. Поэтому большинство поставщиков двигателей ищут способы, позволяющие избежать использования присадок.

Специалисты компании Electro-Motive Diesel (EMD, США) рассчитывают, что дизельные двигатели семейства 710, устанавливаемые на тепловозы для железных дорог Европы, будут соответствовать нормам уровня Stage IIIB без дополнительной обработки выхлопных газов. Традиционный двухтактный двигатель отличается рядом неотъемлемых преимуществ, например использует меньше топлива за один такт, что уменьшает температуру его воспламенения.

EMD продолжает работы по усовершенствованию двигателей семейства 710, которых изготовлено уже более 7500 ед. Дизели серий 12-710G3B-T2 и 16-710G3B-T2 прошли испытания на соответствие нормам Tier 2 и получили type approval по нормам Stage IIIA. Испытания данных двигателей на соответствие нормам Stage IIIB по выбросам оксидов азота планировали закончить к концу 2010 г.

Компания Cummins (США) предлагает на рынке дизель-поездов дизельные двигатели типа QSK19R (рис. 1). Соответствие нормам Stage IIIB компания, полагаясь на свой опыт изготовления дизелей для автомобилестроения, намерена обеспечить за счет применения специально разработанных систем впрыска топлива и нейтрализации отработанных газов, а также фильтров для улавливания твердых частиц. Двигатели типа QSK60, выпускаемые этой компанией для тепловозов, уже соответствуют нормам

Таблица 2

Нормы ЕРА для тепловозов

Уровень	Годы выпуска	Год ввода в действие	НС, г/кВт·ч	СО, г/кВт·ч	NO _x , г/кВт·ч	Твердые частицы, г/кВт·ч
<i>Магистральные тепловозы</i>						
Tier 0	1973–1992	2010	0,75	3,73	5,96	0,16
Tier 1	1993–2004	2010	0,41	1,64	5,52	0,16
Tier 2	2005–2011	2010	0,22	1,12	4,10	0,075
Tier 3	2012–2014	2012	0,22	1,12	4,10	0,075
Tier 4	2015	2015	0,10	1,12	0,96	0,022
<i>Маневровые тепловозы</i>						
Tier 0	1973–2001	2010	1,57	5,96	8,80	0,19
Tier 1	2002–2004	2010	0,89	1,86	8,20	0,19
Tier 2	2005–2010	2010	0,44	1,79	6,04	0,097
Tier 3	2011–2013	2011	0,44	1,79	3,73	0,075
Tier 4	2015	2015	0,10	1,79	0,97	0,022

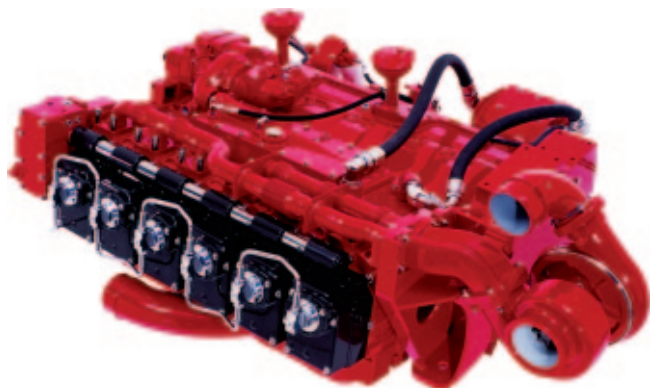


Рис. 1. Дизельный двигатель типа QSK19R компании Cummins для дизель-поездов

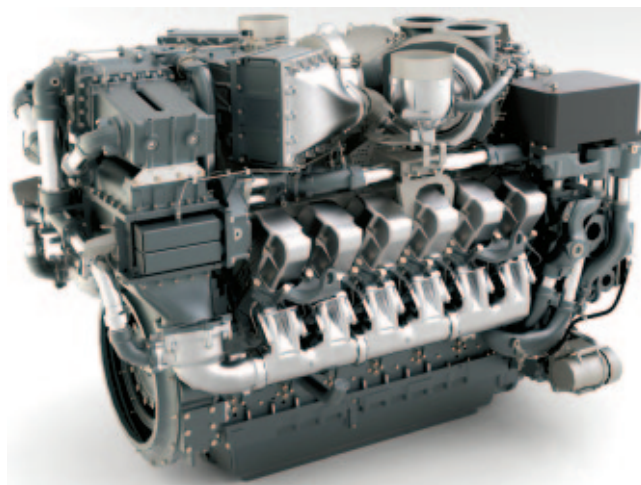


Рис. 2. Тепловозный дизельный двигатель семейства MTU 4000 компании Tognum

Stage IIIA без постобработки. Специалисты компании обсуждают с покупателями и изготовителями подвижного состава оптимальные способы приведения двигателей данного семейства к нормам Tier 4 и Stage IIIB.

Для приведения в соответствие с нормами Stage IIIB двигателей в диапазоне мощности от 130 до 560 кВт, используемых в путевых машинах и вспомогательных силовых установках, специалисты Cummins решили применить фильтры, улавливающие твердые частицы, и систему рециркуляции выхлопных газов. Такие двигатели также будут соответствовать требованиям временных норм Tier 4. Компания обсуждает с заказчиками способы удовлетворения требований окончательного варианта норм Tier 4. Очевидно, потребуются новые системы дополнительной обработки.

Компания Voith Turbo (Германия), учитывая вероятность нехватки на рынке дизелей мощностью до 500 кВт, соответствующих нормам Stage IIIB, начала совместно с компанией MAN (Германия) разработку двигателя нового типа

для дизель-поездов, чтобы приспособить двигатели, выпускаемые для грузовых автомобилей, для использования на железнодорожном транспорте. В 2010 г. начат выпуск 8-цилиндрового двигателя типа V2868, прошедшего сертификацию для использования на железной дороге. Принятое компаниями соглашение предусматривает в зависимости от потенциала спроса расширение модельного ряда за счет дизелей разной мощности.

Компания Tognum (Германия) выпускает дизельные двигатели под брендом MTU. В настоящее время разрабатывается семейство дизелей MTU 4000 нового поколения (рис. 2), соответствующих требованиям норм Stage IIIB. В рамках проекта CleanER-D двигатель серии 4000 R84 мощностью 2400 кВт установлен на опытный тепловоз Vectron DE компании Siemens, а модифицированный двигатель серии 4000 R43 мощностью 1000 кВт — на тепловоз серии 225 компании-оператора DB Schenker Rail.

Двигатель R43 отвечает требованиям норм Stage IIIA, но для соответствия нормам Stage IIIB компания применила двухступенчатую

систему турбонаддува с промежуточным охладителем и рециркуляционную систему выпуска выхлопных газов, понижающие максимальную температуру воспламенения топлива. Эти конструктивные доработки вместе с новой системой впрыска должны снизить содержание оксидов азота в выбросах до уровня, исключающего необходимость в установке каталитического конвертера.

MTU и железные дороги Германии в рамках проекта Losex испытывают новый фильтр для очистки выхлопных газов от твердых частиц. Фильтр заменит существующий глушитель и будет, таким образом, решать обе задачи. Чтобы решить проблему с отложениями сажи на фильтре, компания испытывает комбинированный окисляющий каталитический конвертер с системой регулирования температуры выхлопа и каталитический фильтрующий элемент, чтобы окислять сажу и несгоревшие углеводороды.

C. Jackson. Railway Gazette International, 2011, № 2, p. 35–37; материалы проекта CleanER-D (<http://www.cleaner-d.eu>).