

# Экономичные и экологичные дизельные двигатели

**Ужесточение требований, предъявляемых к качеству выхлопных газов транспортных средств и стационарных установок, оснащенных дизельными двигателями, ставит сложные задачи как перед конструкторами, так и перед пользователями. Оптимизация характеристик дизелей по выхлопным газам зачастую связана с заметным увеличением расхода топлива и повышением расходов на техническую эксплуатацию.**

Разрешение противоречий, возникающих между необходимостью охраны окружающей среды и экономической эффективностью, может быть достигнуто с помощью современных дизельных двигателей, которые не только соответствуют всем современным техническим требованиям, но также отличаются высокой мощностью, надежностью и долговечностью.

## Дизельные двигатели компании MTU

Являясь лидером среди изготовителей и поставщиков дизельных двигателей средней и большой мощности, компания MTU Friedrichshafen уже в течение многих лет направляет свои усилия на уменьшение содержания вредных веществ в выхлопных газах. В первую очередь речь идет о дизелях для железных дорог, так как требования по допустимому качеству выбросов категории 3В, вводимые Европейским союзом для железнодорожного подвижного состава, очень строгие. До сих пор основной упор делался на совершенствование процессов, протекающих внутри самого двигателя, с целью недопущения образования вредных веществ. Однако компания работает также и над технологиями обработки выхлопных газов на выходе из двигателя, в частности, с фильтрами для отделения твердых частиц.

В том, что относится к совершенствованию происходящих

внутри дизельных двигателей процессов в целях сокращения выбросов вредных веществ, компания MTU занимает лидирующие позиции. Основное внимание при этом уделяется ключевым технологиям, касающимся наддува, впрыска и электронного управления данными процессами, применение которых в значительной степени способствовало тому, что определенные параметры выделения вредных веществ уже сейчас ниже предельно допустимых действующими в настоящее

время нормами и соответствуют находящимся в стадии разработки нормам, которые будут введены в 2009 г. (уровень 3А). Это относится как к европейским, так и к американским нормам для локомотивов, дизель-поездов, рельсовых автобусов, путевых машин и т. п. Вместе с тем дизели MTU характеризуются широким диапазоном мощности и низким расходом топлива.

## Тепловозные дизельные двигатели серии 4000

Благодаря усовершенствованной системе впрыска и высокоэффективной электронной системе управления и контроля дизели MTU серии 4000 (рис. 1) являются одними из самых лучших в сво-



Рис. 1. Дизельный двигатель серии 4000 типа 8V 4000

ем типоряде на современном мировом рынке. Эти двигатели, выпускаемые по желанию заказчиков в 8-, 12-, 16- и 20-цилиндровом исполнении, охватывают широкий диапазон мощности от 1000 до 3000 кВт (на перспективу планируется дальнейшее повышение мощности).

Они хорошо зарекомендовали себя как на новом подвижном составе, так и при ремоторизации промышленных, маневровых и магистральных тепловозов. С момента их появления на рынке они сразу были оснащены системой впрыска типа Common Rail, которая регулирует все важные параметры работы с помощью электронной системы управления независимо от частоты вращения, что проявляется в оптимальном сочетании расхода топлива, мощности и качества выхлопных газов. Эта система взаимодействует с микропроцессорной системой управления работой двигателя MTU Diesel Engine Control (MDEC), адаптированной к условиям эксплуатации на железнодорожном подвижном составе, и с системой наддува, также разработанной компанией MTU.

Сочетание всех этих систем позволяет повысить мощность дизелей с одновременным сокращением выделения вредных веществ, причем это относится не к отдельным режимам работы дизеля, а к всему диапазону мощности. Еще одним

преимуществом новых систем перед традиционными является снижение уровня шума и вибраций.

Типичным примером дизельных двигателей данной серии является оптимизированная версия дизельного двигателя типа 8V 4000 мощностью 1000 кВт, у которого выделение оксидов азота удалось довести до менее чем 8 г/кВт·ч (что соответствует требованиям стандарта ISO 8178-4, цикл F). Кроме того, выделение углеводородов, монооксидов углерода и твердых частиц также ниже норм, установленных директивными документами. Дизелями типа 8V 4000, в частности, оснащаются в ходе ремоторизации четырехосные маневровые тепловозы серии 294 железных дорог Германии (рис. 2), которые планируют ремоторизовать в общей сложности 400 таких тепловозов.

Решающим фактором внедрения на дизелях прогрессивных систем наддува, впрыска и электронного управления является возможность самостоятельной разработки этих технологий компанией MTU без привлечения сторонних организаций. Системы, приобретенные у третьих сторон, не позволили бы добиться полученных компанией результатов. Налицо также резервы многообещающего дальнейшего развития.

В отношении впрыска можно назвать, например, дальней-

шее повышение давления, которое в настоящее время уже составляет 1400 бар, а также улучшение характеристик впрыска и всего процесса сгорания топлива.

Меры по совершенствованию системы наддува направлены на увеличение эффективности и повышение давления наддувочного воздуха.

Что касается электронной системы регулирования работы двигателя, здесь предпринимаемые меры направлены прежде всего на оптимизацию семейства рабочих характеристик и повышение гибкости воздействия на процесс горения.

### **Силовые агрегаты PowerPack для моторвагонного подвижного состава**

Для применения на дизель-поездах и рельсовых автобусах компания MTU разработала компактные силовые агрегаты семейства PowerPack, представляющие собой надежную основу для мощного и экономичного тягового привода. Такие агрегаты, изготавливаемые в модульном исполнении, состоят из дизельного двигателя, вспомогательного оборудования (систем охлаждения и других периферийных устройств), аппаратуры систем управления, генератора для выработки электроэнергии, необходимой для питания бортовых потребителей (в случае надобности) и тяговой передачи, как правило, гидравлической. Все это скомпоновано на общей раме и оснащено приспособлениями для гашения вибраций.

Типичным примером таких силовых агрегатов является агрегат типа PowerPack 6N-1800 (рис. 3), массогабаритные параметры которого оптимальны для установки под кузовом моторных вагонов. Этот агрегат комплектуется шестицилиндровым рядным дизельным двигателем мощностью 390 кВт при частоте вращения 1800 об./мин и по экологическим характеристикам соответствует предельно допустимым нормам категории 3А.



Рис. 2. Тепловоз серии 294 железных дорог Германии на сортировочной станции Нюрнберг (фото: DBAG, Вебер)

Для дизелей, входящих в состав силовых агрегатов, также характерно применение новых систем впрыска в сочетании с электронными системами управления, которые обеспечивают достижение оптимальных параметров по мощности, расходу топлива и выбросу вредных веществ.

К настоящему времени в разные страны мира поставлено примерно 2500 агрегатов семейства PowerPack и имеются заказы еще на 400 ед.

### Фильтры для отделения твердых частиц

Ужесточение нормативных требований по предельно допустимому содержанию вредных веществ в выхлопных газах приводит к тому, что мер, предпринимаемых для совершенствования процессов внутри двигателя, постепенно становится недостаточно и приходится дополнять их мерами на выходе из двигателя, в том числе дополнительной обработкой выхлопных газов. Разработки компании MTU в этой области направлены на снижение содержания в выхлопных газах оксидов азота и углерода, углеводородов и твердых частиц. При этом MTU тесно сотрудничает с компаниями — изготовителями фильтров для отделения твердых частиц, образующихся при сгорании дизельного топлива, с целью уменьшения выбросов сажи.

Предположительно с 2012 г. законодательством будет установлено требование об обязательном применении фильтров для отделения твердых частиц на всех дизельных двигателях любого железнодорожного подвижного состава. С этого времени технологии дополнительной обработки выхлопных газов будут официально утверждены. Это, естественно, касается и дизелей компании MTU.

Использование фильтров для отделения твердых частиц не является для компании чем-то совершенно новым, так как их возрастающее значение признается уже в течение нескольких лет. В сотруд-

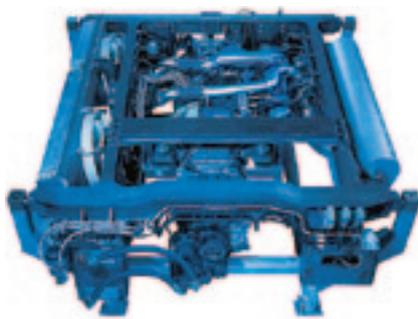


Рис. 3. Силовой агрегат типа PowerPack 6N-1800

ничестве с разработчиками и эксплуатационниками MTU занимается такими фильтрами для подвижного состава. С 1999 г. администрация городского транспорта Берлина эксплуатирует три маневровых тепловоза серии 183 с сажевыми фильтрами. В Швейцарии работают две путевые машины компании Scheuchzer с дизелями MTU типа 12V 4000, а также несколько единиц дизельного подвижного состава с дизелями типов 12V 183 и 8V 396; все эти двигатели также оснащены подобными фильтрами.

Самым последним примером является новый магистральный тепловоз MaK 2000BB компании Vossloh Locomotives с дизельным двигателем типа 20V 4000 мощностью 2700 кВт и гидравлической передачей, который является самым мощным в мире четырехосным тепловозом. В отличие от служебного тепловоза Ameise железных дорог Швейцарии, в процессе модернизации которого дополнительный сажевый фильтр был в целях экономии места установлен на крыше, тепловоз MaK 2000BB изначально был оснащен таким фильтром, встроенным в конструкцию рамы. Фильтры на основе карбида кремния отделяют более 95 % твердых частиц, содержащихся в выхлопных газах. Такие фильтры, помимо улучшения состава выхлопных газов, выполняют также функции глушителей, для чего их соответствующим образом рассчитывают; благодаря наличию сажевых фильтров необходимость в глушителях отпадает.

Несмотря на то что фильтры непосредственно компанией MTU не

разрабатываются, а поставляются со стороны, в конструкторском бюро MTU создана специальная группа, которая в сотрудничестве со специалистами компаний-изготовителей занимается адаптацией фильтров к системам дизельных двигателей применительно к железнодорожному подвижному составу. Основными целями этих работ является согласование характеристик фильтров со всеми режимами работы дизелей в условиях разных по величине и продолжительности нагрузок, а также оптимизация технологии регенерации фильтров.

Еще одной важной задачей является уменьшение габаритных размеров оборудования в связи с ограниченностью свободного места. Именно исходя из этих соображений была получена возможность замены комплекта фильтр — глушитель одним фильтром, сочетающим в себе оба устройства. Кроме того, предпринимаются попытки устранить необходимость в наличии регенерационной горелки за счет выжигания частиц сажи горячими выхлопными газами.

На силовом агрегате PowerPack испытывался фильтр с каталитической регенерацией, также позволяющей обойтись без горелки. В ходе стендовых испытаний проверяли производительность фильтра по отделению твердых частиц и его эффективность по регенерации и снижению уровня шума, а также совместимость с дизелем силового агрегата. Предусмотрено продолжение испытания в условиях реальной эксплуатации.

Конечной целью разработок является обеспечение в возможно более короткие сроки заказчиков, для которых проблемы охраны окружающей среды особенно важны, оптимальными решениями по обработке выхлопных газов. В результате, как полагают, пользователи получат от одного поставщика полностью укомплектованную систему, включающую и силовой агрегат, и фильтр.