

ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ В ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

Материал подготовил к.т.н. Г.В. Мельник

В предлагаемом обзоре представлены промышленные новинки в области двигателестроения, освещенные в последних специализированных зарубежных журналах. В их число входят разработки, либо уже внедренные в серию, либо находящиеся на стадии исследований. Большая их часть касается методов снижения вредных выбросов с отработавшими газами и/или повышения топливной экономичности, а также применения альтернативных топлив и источников возобновляемой энергии.

По мере ужесточения требований международных и национальных экологических стандартов усилия исследователей и конструкторов все в большей степени фокусируются на средствах снижения выбросов NO_x , в первую очередь — за счет совершенствования рабочего процесса. В качестве такого средства большую популярность приобрел цикл Миллера, который, в сочетании с высоким наддувом, позволяет найти разумный компромисс между выбросами NO_x и экономичностью. В обзоре также рассматриваются вопросы модернизации существующих силовых установок, проводимой, в частности, с целью улучшения их экологических показателей. Особый интерес представляет опыт создания электростанций на топливных элементах, работающих на биогазе очистных сооружений. Тем самым одновременно решаются задачи безопасной утилизации отходов, получения экологически чистой возобновляемой энергии и снижения эмиссии парниковых газов.

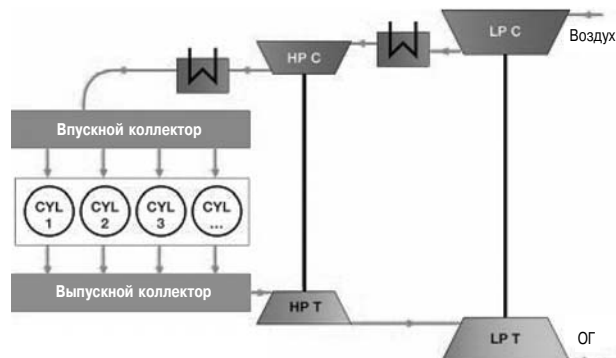
СИСТЕМА НАДДУВА АBB «POWER2»

Фирма «ABB Turbocharging» объявила о разработке новой технологии двухступенчатого наддува, названной «Power2».

Система двухступенчатого наддува «Power2» состоит из двух последовательно включенных турбокомпрессоров разной размерности с промежуточным охлаждением воздуха, в процессе которого объемный расход воздуха уменьшается, что позволяет использовать в качестве второй ступени более компактный турбокомпрессор.

С помощью системы «Power2» можно увеличить степень повышения давления до 8 и более, что дает возможность использовать ее для реализации усиленного цикла Миллера. Это открывает путь для существенного уменьшения выбросов NO_x , а также повышения удельной мощности дизельного двигателя и его КПД.

Испытания показали, что давление наддува, создаваемое системой «Power2», позволяет реализовать цикл Миллера с такими параметрами, которые обеспечивают снижение выбросов NO_x

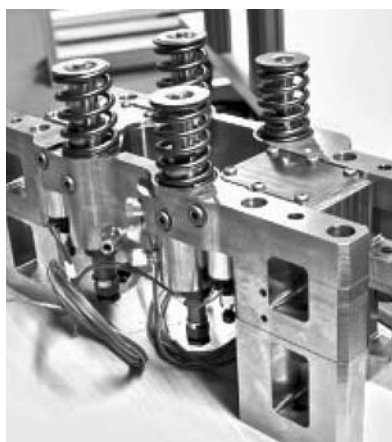


Принципиальная схема системы двухступенчатого наддува АBB Turbocharging's «Power2», состоящей из двух последовательно включенных турбокомпрессоров различной размерности:

HP C — компрессор высокого давления; LP C — компрессор низкого давления; HP T — турбина высокого давления; LP T — турбина низкого давления

в среднеоборотных четырехтактных двигателях более чем на 10 %. Как показали расчеты, выполненные с помощью детальной математической модели, при использовании системы «Power2» уже сегодня представляется реальным достижение уровня IMO Tier 3 (для судов, работающих в зонах контролируемых выбросов), который предполагает снижение допустимых выбросов NO_x на 80 % по сравнению с IMO Tier 1, введенном в 2005 г.

Первым серийно выпускаемым крупным двигателем с системой двухступенчатого наддува «Power2» стал 24-цилиндровый газовый двигатель GE Jenbacher типа J624.



Опытная система управления клапанами АBB Turbocharging для изменения фаз газораспределения в четырехтактных двигателях

По данным изготовителя, применение системы Power2 на двигателе J624 позволило не только снизить уровень вредных выбросов, но и поднять номинальную мощность с 4 МВт (как у прототипа с обычной системой наддува) до 4,4 МВт, а также увеличить КПД на 2 %.

Высокое давление, создаваемое системой двухступенчатого наддува АВВ, позволяет поднять номинальную мощность двигателя при работе в условиях высокой температуры и влажности, а также на при работе на газовом топливе с меняющейся теплотворной способностью.

Технология «Power2», рассматриваемая АВВ как предпосылка для осуществления усиленного цикла Миллера, в ранних применениях была ориентирована в первую очередь на повышение удельной мощности и КПД.

В настоящее время ожидается, что система «Power2» как средство реализации усиленного цикла Миллера откроет путь к снижению выбросов NO_x без ухудшения КПД двигателя, обеспечивая идеальный компромисс между выбросами окислов азота и удельным расходом топлива.

Исследования, проведенные фирмой АВВ и ее партнерами, подтвердили, что в сочетании со значительным повышением давления наддува, регулированием фаз газораспределения, современной системой впрыска топлива (например, common rail) и электронным управлением применение усиленного цикла Миллера может сдвинуть точку упомянутого компромисса в зону более низких значений NO_x .

Дело в том, что цикл Миллера — это прежде всего средство снижения температуры воздуха в камере сгорания, приводящее к снижению пиковой температуры цикла, вызывающей образование NO_x .

Эффект охлаждения воздуха в четырехтактных двигателях достигается за счет сокращения периода открытия впускного клапана и, следовательно, уменьшения времени поступления воздуха в цилиндр на такте впуска.

Однако если не принять специальных мер, то уменьшение времени поступления воздуха будет означать уменьшение воздушного заряда, что вызовет снижение мощности и приемистости двигателя. Компенсировать уменьшение времени поступления воздуха можно за счет повышения давления наддува, что позволит сохранить или даже увеличить массу воздушного заряда, поступающего в цилиндр в течение укороченного периода впуска.

Усиленный цикл Миллера предполагает работу двигателя в точке поля характеристик, являющейся оптимальной в смысле мощности и/или расхода топлива и/или вредных выбросов. Однако во многих установках двигатель работает с переменной мощностью. При малых нагрузках сокращение времени впуска, связанное с реализацией цикла Миллера в четырехтактных двигателях, ведет к ухудшению приемистости и усилению дымления из-за снижения температуры сгорания. Следовательно, нужно найти способ

регулирования параметров цикла Миллера. Это значит, что нужно регулировать длительность периода открытия впускных клапанов, когда воздух может поступать в цилиндр, и тем самым оптимизировать интенсивность цикла Миллера, подстраивая ее к текущим значениям нагрузки и частоты вращения.

Такая подстройка осуществляется системой управления клапанами (VCM) «ABB Turbocharging», разрабатываемой совместно с фирмой «INA Schaeffler KG», специализирующейся в области вспомогательных систем двигателей.

В основу VCM положена разработанная INA система UniAir, предназначенная для автомобильных двигателей. Система VCM позволяет регулировать как время, так и амплитуду открытия клапанов в четырехтактных дизелях и газовых двигателях мощностью более 400 кВт. Прототип этой системы в настоящее время проходит интенсивные испытания

Для регулирования времени и амплитуды открытия клапанов используется гидроцилиндр с электромагнитным управлением, являющийся одним из звеньев механизма привода клапана.

Масло в гидроцилиндр поступает из системы двигателя, а высокое давление создается специальным насосом с приводом от кулачкового вала. Данная система позволяет отдельно регулировать моменты открытия и закрытия каждого клапана, а также величину его подъема. Над каждым клапаном расположено устройство гидравлического торможения, питаемое от того же насоса, которое ограничивает силу удара при посадке клапана на седло.

Кроме того, механизм VCM дает возможность тонкой настройки параметров двигателя в зависимости от рабочего профиля нагрузки для каждого конкретного применения.

ABB holds the Power2 turbocharging Diesel & Gas Turbine Worldwide March 2011

БЕЗОПАСНЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ТОПЛИВА

Ужесточение экологических требований, в частности, со стороны Международной морской организации (ИМО), вынуждает судовладельцев и операторов при работе в зонах контролируемых выбросов переводить двухтактные двигатели MAN B&W на питание топливом со сверхмалым содержанием серы.

На практике это означает необходимость более частых переключений между различными видами топлива при движении судна. Поэтому возникла потребность в специальном устройстве, обеспечивающем безопасное переключение питания двигателя.

К зонам контролируемых выбросов относится, в частности, прибрежная зона Калифорнии,

где, согласно распоряжению Калифорнийского управления по охране воздушных ресурсов (CARB), с 1 июля 2009 г. разрешена работа судовых двигателей только на дизельном топливе (MDO) или газойле (MGO). С 2010 г. аналогичное правило действует и в европейских портах.

Переключение на другой вид топлива при входе в зону контролируемых выбросов и при выходе из нее означает необходимость перехода с подогреваемого мазута на холодные MDO или MGO, и наоборот. Такой переход может стать причиной зависания прецизионных пар трения топливных насосов при резкой смене температуры. Эту проблему должен решить переключатель топлива PrimeServ Diesel Switch, разработанный MAN Diesel & Turbo. В основу системы положено запатентованное фирменное решение, обеспечивающее контролируемое переключение с одного вида топлива на другой, не влекущее за собой резких изменений температуры металла. Тем самым устраняется опасность зависания плунжеров насосов.

Проблемы, в частности, могут возникать при переходе с мазута на дистиллятное топливо. Этот процесс требует высокой степени автоматизации во избежание нежелательных последствий. Именно для этого и был создан переключатель PrimeServ Diesel Switch.

В настоящее время MAN Diesel & Turbo рекомендует судоводителям перед сменой топлива снижать нагрузку двигателя на величину от 25 до 40 %.



PrimeServ Diesel Switch позволяет переходить на другой вид топлива при любой нагрузке. Система ведет постоянный контроль температуры топлива. Если скорость изменения температуры топлива на входе превысит 2 °С/мин, система формирует аварийно-предупредительный сигнал и блокирует процесс переключения. Устройство выпускается в двух вариантах — для установки на новые двигатели и для модернизации существующих.

Устройство контролируется с помощью сенсорного пульта управления. В его функции входит также управление температурой MGO с помощью зашитой в него программы. Переключающий золотник управляется магнитом. Он не имеет механических уплотнений и является абсолютно герметичным. В состав устройства входят концевые выключатели и датчик текущего положения. Предусмотрена также возможность ручного переключения на случай отказа автоматики.

Еще одна функция Diesel Switch — автоматическая регистрация всех переключений, распечатка которой в случае необходимости может быть предъявлена надзорным инстанциям.

*Diesel switch offers safe fuel chengeover
Diesel & Gas Turbine Worldwide March 2011*

ТОПЛИВО ИЗ ЛЕСА

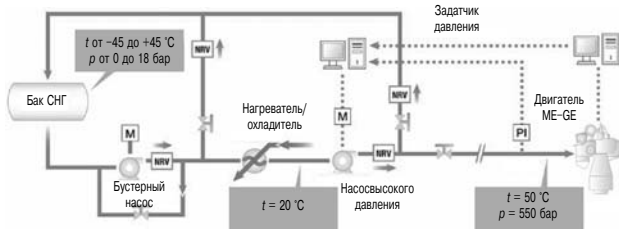
Шведская энергетическая компания «Goeteborg Energi AB» работает над созданием возобновляемого топлива в виде биогаза, который производится из биомассы и по качеству соответствует природному газу. Задавшись целью построить станцию по производству биогаза из древесных отходов с эквивалентной мощностью 100 МВт, компания решила начать с создания установки газификации мощностью 20 МВт в качестве пилотного проекта.

Хотя остается еще девять лет до того дня, когда план ЕС, известный как «20/20/20», приобретет статус обязательного документа, он уже сегодня служит ориентиром для промышленности и побуждает производителей искать средства для реализации этого плана, который предусматривает, во-первых, снижение выброса парниковых газов на территории ЕС, как минимум, на 20 % по сравнению с уровнем 1990 г., во-вторых, повышение доли возобновляемой энергии в общем балансе энергопотребления не менее чем на 20 %, и, в-третьих, снижение потребления первичных энергоресурсов по сравнению с проектным, как минимум, на 20 % за счет более эффективного их использования.

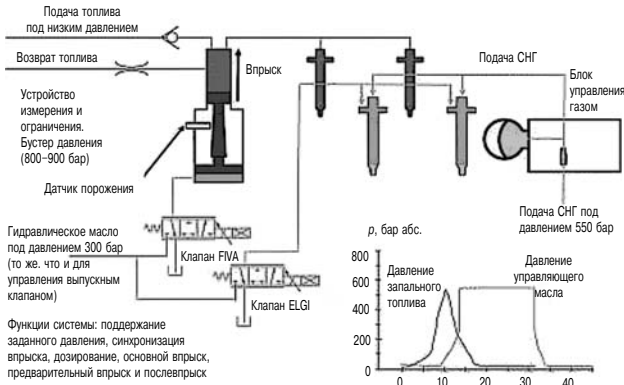
Установка газификации древесины GoBiGas 20MW будет построена компанией «Metso», Гетеборг, Швеция, что позволит поставщику энергии работать с местной фирмой. Система газификации Metso основана на лицензионной технологии непрямо́й газификации, разработанной австрийской компанией «Repotec». В качестве основного первичного топлива в процессе используются древесные отходы и пеллеты (древесные гранулы), а на выходе установки получается биометан, который подается в существующую газопроводную сеть.

Первое время установка будет работ на пеллетах, но затем, когда начнут поступать древесные отходы в расчетном объеме порядка 8900 кг/ч биомассы, ее производительность по биометану достигнет эквивалента теплотворной способности 20 МВт.

Сначала первичное топливо проходит процесс газификации, который начинается в сушилке. Из сушилки биомасса поступает в газификатор, где происходит непрямо́й газификация с помощью пара. Необходимое для этого тепло вырабатывается в процессе сгорания. Процесс очистки на-



Принципиальная схема системы топливоподачи



Принципиальная схема системы впрыска. ELGI — электромагнитный отсечной клапан в линии подачи СНГ

очередь должны были выявить возможность выполнения требований Tier 2 средствами ME-GI. Затем нужно было убедиться в том, что в сочетании с недавно разработанной системой MAN EGR можно достичь уровня IMO-Tier 3. Эти испытания запланированы на середину 2012 г. К этому времени должен быть готов двигатель, способный обеспечить уровень IMO-Tier 3 при работе как на газе, так и на мазуте.

За это время будут проведены и другие доводочные испытания двигателя ME-GI. Для того, чтобы двигатель был конкурентоспособным, он должен работать на газе во всем диапазоне нагрузок, при этом количество запального топлива должно быть минимальным. При испытаниях, в частности, будет проверено, способен ли двигатель работать на ДМЭ без запального топлива. Что касается работы на СНГ, то запальное топливо потребуется, по крайней мере, на малых нагрузках. Как дело будет обстоять на более высоких нагрузках, покажут испытания.

Предварительные испытания подтвердили возможность работы с минимальным количеством запального топлива. В настоящее время проводятся испытания для выяснения того, можно ли, не увеличивая долю запального топлива, обеспечить полную мощность при работе на мазуте, поскольку для впрыска запального топлива и мазута используется одна и та же форсунка. Этот простейший вариант топливной системы будет сохранен, если ее работоспособность подтвердится при испытаниях.

Перевод части двигателей на газ позволит, кроме прочего, обеспечить их лучшую управляемость и упростит их адаптацию к требованиям конкретного применения, в особенности, для судовых установок.

Добавление двигателя ME-GI к типу двигателей «MAN Diesel & Turbo» означает, что теперь продукция фирмы будет включать всю гамму двухтактных дизелей с диаметром цилиндра до 98 см.

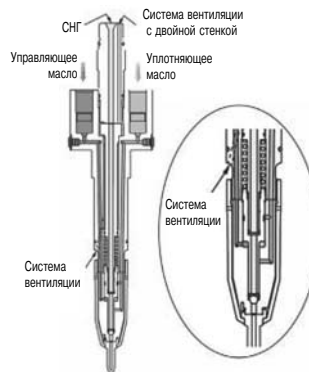
Система ME-GI может также использоваться для модернизации дизелей MAN-B&W меньшей размерности, устанавливаемых на небольших танкерах, сухогрузах, контейнеровозах и судах типа «го-го». Ожидается, что двигатели ME-GI в ближайшем будущем окажут заметное влияние на развитие данного сектора рынка.

В мире наблюдается существенный рост производства сжиженных газов, в результате чего усиливается интерес к использованию как СПГ, так и СНГ в качестве топлива для судовых двигателей, поскольку газ еще долго будут оставаться самым дешевым топливом, особенно в сравнении с другими видами малосернистых топлив.

Сейчас лишь немногие страны, например Норвегия, имеют необходимую инфраструктуру для заправки судов СПГ, поэтому перспектива широкого применения СПГ на флоте представляется достаточно отдаленной. В то же время в мире существует хорошо развитая сеть снабжения СНГ, к тому же не требующая таких дорогих терминалов и столь жестких мер безопасности, как в случае СПГ.

СНГ является побочным продуктом производства СПГ. Следовательно, чем больше будет производиться СПГ, тем больше СНГ появится на рынке. Это приведет к снижению цен на СНГ, повышая его конкурентоспособность по отношению к судовому дизельному топливу (MDO) и судовому газовому топливу (MGO). Использование СНГ, возможно, позволит решить проблемы логистики, препятствующие широкому внедрению СПГ. По словам представителя фирмы,

СНГ сейчас доступен практически во всех точках земного шара, и уже есть несколько интересных проектов на эту тему, в том числе связанных с постройкой новых сухогрузов, по которым MAN подписал с судовладельцами протоколы о намерениях. Этим судам потребуется двигатели мощностью до 6 МВт.



Клапан впрыска газа для работы на СНГ

Их проектированием займется ФКАВ, крупнейшее судостроительное КБ Швеции.

MAN Diesel & Turbo Targets LPG Sector Diesel & Gas Turbine Worldwide March 2011

СУДОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ MTU, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ТРЕБОВАНИЯМ IMO-TIER 2

Фирма MTU объявила о соответствии ее судовых двигателей требованиям IMO-Tier 2, что достигнуто исключительно «внутренними» средствами, т. е. без использования систем внешней газоочистки.

По заявлению представителей «MTU Friedrichshafen», судовые дизели серии 1163 по выбросам NO_x доведены до уровня требований IMO-Tier 2 и IMO-Tier 3.

В семейство двигателей 1163 (рабочий объем цилиндра 11,63 л) входят V-образные модели 12-, 16- и 20-цилиндрового исполнения мощностью от 4440 до 7400 кВт при 1300 об/мин.

В конструкцию этих двигателей был внесен ряд принципиальных усовершенствований по сравнению с их предшественниками. В частности, была существенно повышена удельная мощность, улучшены динамика двигателя и его взаимодействие с судовыми системами. Такие усовершенствования, как виброгасящие опоры и звукоизолирующий кожух, в дальнейшем будут использованы и на других двигателях MTU.

Ряд изменений был внесен в конструкцию системы двухступенчатого наддува. В новых двигателях применены система common rail, создающая давление впрыска 1800 бар, электронная система управления ADEC, уже использовавшаяся на двигателях серий 2000 и 4000, а также новый процесс сгорания. Требования IMO-Tier 2 по вредным выбросам, вступившие в действие в этом году, будут выполнены исключительно за счет совершенствования рабочего процесса, без использования внешних средств газоочистки.

Новые двигатели соответствуют также последним требованиям классификационных обществ, в частности, по уровню шума, вибростойкости и электромагнитной совместимости.

Выполнение требований IMO-Tier 3, которые должны вступить в силу в 2016 г., будет, скорее всего, обеспечено за счет использования системы каталитической очистки газов от окислов азота.

Это позволит двигателям работать в так называемых зонах контролируемых выбросов (ECA — Emission Control Areas).

Двигатели серии 1163 находят применение как в гражданской, так и в военной технике, от паромов-катамаранов до судов береговой охраны.

MTU Meets IMO-Tier 2 Diesel & Gas Turbine Worldwide March 2011

НОВАЯ ЖИЗНЬ СТАРЫХ ТЕПЛОВОЗОВ

Новая разработка компаний «Progress Rail Services» и «Norfolk Southern» еще раз подтвердила, что есть много способов уменьшить загрязнение окружающей среды вредными выбросами тепловозных двигателей. Совместными усилиями обеих компаний был создан новый тепловоз типа PR43C. Три тепловоза этого типа уже эксплуатируются, а недавно компания «Norfolk Southern» получила в свое распоряжение четвертый.

Новая машина была создана на базе известного тепловоза «General Motors» типа SD50, на котором были заменены тележки, рама, тяговые электродвигатели, радиатор и капот. Главное же состояло в том, что вместо устаревшего двухтактного дизеля серии EMD 645 на тепловоз были поставлены два современных высокооборотных двигателя фирмы «Caterpillar» — C-175 мощностью 2700 кВт и C-18 мощностью 522 кВт соответственно. Разработка нового тепловоза была начата в 2008 г.

Целью разработки было повышение топливной экономичности и снижение вредных выбросов, а также продление ресурса локомотивов, уже отслуживших по 20 лет, еще на такой же срок. Фактически предстояло создать новую надежную модель тепловоза.

Был выбран вариант с двумя двигателями, один из которых (C-175) является основным, а другой (C-18) — вспомогательным. Оба двигателя в сумме развивают мощность 3222 кВт.

Четырехтактный двигатель C-175 размерностью 16ЧН17,5/22 имеет рабочий объем 84,7 л. Размерность двигателя C-18 — 16ЧН14,5/18,3, а его рабочий объем составляет 18,1 л.

Оба дизеля соответствуют требованиям стандарта EPA-Tier 2 (США) по уровню вредных выбросов, что достигнуто за счет установки новых форсунок, системы турбонаддува с промежуточным охлаждением воздуха, а также за счет тщательной отработки процесса сгорания. Совершенствование рабочего процесса включало оптимизацию степени сжатия, давления и угла впрыска топлива, а также фаз газораспределения, что позволило обеспечить соответствие уровню вредных выбросов EPA-Tier 2 без использования внешних средств газоочистки.

Уникальность концепции PR43C заключается в применении двух двигателей вместо одного. Оба двигателя могут работать как по отдельности, так и совместно, обеспечивая нужную мощность в зависимости от того, используется ли тепловоз в качестве магистрального или маневрового, поддерживая минимальный расход топлива и минимальный уровень выбросов на каждом режиме.

Например, для работы по перемещению нескольких вагонов достаточно одного двигателя С-18, но когда нужно вести тяжелый состав, используется более мощный двигатель С-175 или оба двигателя одновременно.

Каждый дизель работает на свой тяговый генератор и имеет свои собственные системы топлива, масла, охлаждения и фильтрации. Оба генератора, оборудованные современными микропроцессорными системами управления, питают модернизированные тяговые электродвигатели типа EMD.

Установка двух двигателей со своими системами на тепловоз, изначально спроектированный под один двигатель, оказалась достаточно сложной инженерной задачей.

Как заметил вице президент «Norfolk Southern», во всем мире вряд ли найдется другой тепловоз, у которого было бы так же плотно скомпановано все подкапотное пространство.

Прежде всего конструкторам предстояло выбрать двигатели. Выбор высокооборотных дизелей «Caterpillar» был обусловлен, в первую очередь, их относительно большой агрегатной мощностью, а следовательно, компактностью.

Конструкторам пришлось немало поломать голову над тем, чтобы втиснуть в ограниченные габариты тепловоза два двигателя вместо одного, включая все системы и дополнительные холодильники. Кроме того, вместо традиционного привода компрессора от вала отбора мощности, был применен компактный винтовой компрессор с электроприводом от силового генератора.

Новый тепловоз прошел серию интенсивных стендовых и эксплуатационных испытаний, по результатам которых в конструкцию был внесен ряд изменений, коснувшихся, в частности, систем управления, электродвижения, а также кабины машиниста.

*New life for old locomotives
Diesel & Gas Turbine Worldwide March 2011*

МОДЕРНИЗАЦИЯ НОРВЕЖСКОГО ПАРОМА ДЛЯ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ИМО-TIER 2

В ходе капитального ремонта норвежского парома M/F Geisnes была выполнена модернизация его силовой установки, позволившая, в частности, снизить уровень выбросов NO_x на 30 %. Модернизация в значительной степени коснулась главного двигателя типа MAN 6L23/30 и была направлена на достижение требования ИМО-Tier 2.

Установленный на пароме главный двигатель MAN 6L23/30 был построен в 1988 г. на заводе в г. Frederikshavn, Дания. Его наработка со дня сдачи парома в эксплуатацию (в 1989 г.) составила 96 842 моточаса. Судовладелец — норвежская компания «Namsos Trafikselskab» решил совместить

капитальный ремонт судна с модернизацией главного двигателя, чтобы обеспечить выполнение требований ИМО-Tier 2 по выбросам NO_x.

M/F Geisnes — это автомобильно-пассажирский паром длиной 47 м. Его главный двигатель MAN 6L23/30 мощностью 566 кВт при 740 об/мин работает через редуктор на винт постоянного шага типа MAN Alpha.

В ходе модернизации крышки цилиндров были заменены на новые, с улучшенными аэродинамическими характеристиками. Были установлены новые поршни с улучшенным охлаждением, новые усовершенствованные поршневые кольца, а также новые цилиндрические втулки с пламегасителями. Помимо этого, в «пакет обновления» вошел новый распределительный вал, в котором были оптимизированы углы заклинки и профили кулаков, а степень сжатия увеличена с 12,6 до 13,1.

Кроме того, были установлены новые топливные насосы высокого давления с повышенным давлением впрыска и уменьшенным углом опережения подачи топлива.

Для дизелей, введенных в эксплуатацию до 1 января 2000 г., требование о представлении технического файла не обязательно. Однако в данном случае, поскольку судоходная компания решила модернизировать двигатель с целью снижения выбросов NO_x, норвежское классификационное общество DNV (Det Norske Veritas) потребовало, чтобы были выполнены измерения уровня выбросов до и после модернизации.

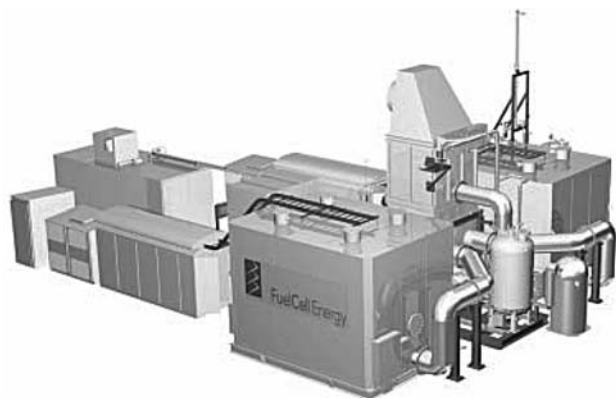
Испытания двигателя были проведены по циклу E3 для силовых установок, работающих на винт постоянного шага. Обработка результатов измерений и соответствующие расчеты проводились совместно с классификационным обществом DNV.

Как показали расчеты, содержание NO_x в отработавших газах после модернизации двигателя снизилось с 12,3 до 8,6 г/кВт·ч, т. е. примерно на 30 %.

*Norwegian Ferry Retrofitted To Tier 2
Diesel & Gas Turbine Worldwide March 2011*

ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ТОПЛИВНЫХ ЯЧЕЙКАХ, РАБОТАЮЩИХ НА БИОГАЗЕ

Электростанция DFC3000 компании «FuelCell Energy Inc.» является крупнейшей станцией, использующей технологию DFC. Ее номинальная мощность — 2800 кВт при КПД 47 %. Компания «Inland Empire Utilities Agency» (IEUA), поставщик услуг по водоснабжению и канализации в г. Chino, Калифорния, США, подписала контракт с фирмой «UTS BioEnergy», которая должна построить электростанцию на топливных ячейках мощностью 2800 кВт и в течение 20 лет осу-



ществлять ее эксплуатацию и техобслуживание. Эта электростанция должна обеспечить электрической и тепловой энергией крупнейшие очистные сооружения IEUA в г. Онтарио, Калифорния.

Принципиальное решение об использовании энергии топливных ячеек было принято еще в 2001 г., когда в Калифорнии начались массовые веерные отключения из-за дефицита энергии и перебоев в электроснабжении.

Именно тогда руководство IEUA всерьез задумалось о том, как покончить с зависимостью от внешней сети и одновременно расширить свою топливную базу.

Еще одним весомым аргументом послужили ограничения вредных выбросов, установленные Калифорнийским управлением по охране воздушных ресурсов (CARB). Дело в том, что топливные ячейки практически не дают выбросов NO_x , SO_x и твердых частиц.

Согласно новому законодательству максимально допустимый процент природного газа, добавляемого к биогазу, был снижен с 60 до 10 %. Кроме того, к июлю 2012 г., когда вступит в силу вторая стадия новых экологических нормативов, все установленные двигатели генераторов IEUA должны были быть оборудованы новыми средствами снижения вредных выбросов.

Руководство IEUA рассматривало несколько возможностей решения возникшей проблемы, в том числе модернизацию существующих двигателей, их консервацию и покупку энергии у местных сетей, а также использование топливных ячеек, и по результатам проведенного экономического анализа, в основу которого был положен требуемый 20-летний срок службы установки, выбрало последний вариант.

Электростанция мощностью 2800 кВт, которая должна быть поставлена фирмой «FuelCell Energy Inc.», Данбери, Коннектикут, США, работает на топливе, как минимум на 75 % состоящем из биогаза, поступающего с местных очистных сооружений канализации. Если биогаза не хватает, дефицит покрывается за счет природного газа.

Количество добавляемого природного газа регулируется компьютерной системой управления станцией.

Выходное напряжение станции — 13 800 В при частоте 60 Гц. Диапазон регулирования напряжения переменного тока составляет от 4160 до 12 700 В, а его частота может быть снижена до 50 Гц.

КПД станции составляет 47 %. Для ее выхода на полную мощность после холодного пуска требуется около 90 ч. Электростанция будет покрывать примерно 60 % потребности очистных сооружений в электроэнергии. Ее тепловая энергия будет использоваться для подогрева септиктанков городских очистных сооружений, в которых вырабатывается биогаз. Температура отходящих газов составит 371°C , и это тепло будет утилизировано в газожидкостном теплообменнике. В нем температура газов понижается до 133°C . Полученное тепло в количестве примерно 4,4 миллиона ВТУ в час используется для подогрева септиктанков.

Газ из септиктанков проходит через систему очистки, где из него удаляются частицы, влага, летучие органические соединения серы и сил-оксаны. На вход топливной ячейки поступает очищенный биогаз из септиктанков, и если его не хватает для обеспечения нужной электрической мощности, к нему добавляется природный газ. В объем поставки «FuelCell Energy» входит система газоочистки и средства управления. При этом обеспечена возможность дистанционного управления всеми процессами.

Весь энергоагрегат, состоящий из шести одинаковых модулей, имеет 6,4 м в высоту, 12,5 м в ширину и 23,8 м в длину.

IEUA будет покупать энергию работающей на топливных ячейках электростанции, которая должна вступить в строй к концу 2012 г., в течение 20 лет по твердой цене.

*Recycling wastewater with biogas fuel cells
Diesel & Gas Turbine Worldwide January-
February 2011*