

ПО СТРАНИЦАМ ЗАРУБЕЖНЫХ ЖУРНАЛОВ

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

ЕРА ВВОДИТ В ДЕЙСТВИЕ НОВЫЕ НОРМЫ ВЫБРОСОВ

Прошлым летом Агентство по охране окружающей среды (ЕРА) США опубликовало предельно допустимые нормы выбросов вредных веществ от стационарных дизелей.

Документ в окончательной редакции устанавливает постепенное снижение норм выбросов окислов азота (NO_x), твердых частиц, сернистого ангидрида (SO₂), окиси углерода (CO) и углеводородов (HC) на период с 2005 по 2015 г. При этом снижение норм по некоторым компонентам составляет 90 и более процентов (см. табл.).



Мощность P _e , л. с.	Мод. год	NMHC +NO _x	NMHC	NO _x	CO	PM
Менее 11	2007	5,6			6,0	0,60
	2008+					0,30
11–25	2007				4,9	0,60
	2008					0,30
25–50	2007	5,6			4,1	0,45
	2008–2012					0,22
	2013+	3,5				0,02
50–75	2007	5,6			3,7	0,30
	2008–2012	3,5		0,30		0,22
	2013+					0,02
75–100	2007	5,6			3,7	0,30
	2008–2011	3,5				
	2012–2013		0,14			0,01
	2014+					
100–175	2007–2011	3,0			3,7	0,22
	2012–2014+		0,14	0,30		0,01
175–750	2007–2010	3,0			2,6	0,15
	2011–2014		0,14	0,30		0,01
	2014+					
Более 750 кроме дизель- генераторов	2007–2010	4,8			2,6	0,15
	2011–2014		0,30	2,6		0,075
	2015+		0,14	2,6		0,02
Дизель- генераторы 750–1200	2007–2010	4,8			2,6	0,15
	2011–2014		0,30	2,6		0,075
	2015+		0,14	0,50		0,02
Дизель- генераторы. Более 1200	2007–2010	4,8		2,6		0,15
	2011–2014		0,30	0,50		0,075
	2015+		0,14			0,02

Принятые нормы относятся к новым двигателям, модернизированным или переоборудованным начиная с 2007 г., за исключением резервных двигателей, мощностью до 3000 л. с. включительно, с рабочим объемом цилиндра менее 10 л. При этом новыми считаются двигатели, спроектированные или заказанные после 11 июля 2005 г. (а также двигатели, модернизация которых началась после указанной даты), и двигатели, построенные после 1 апреля 2006 г. Начиная с 2011 г. действие новых норм будет распространено также на двигатели мощностью свыше 3000 л. с. Принятые нормы в основном совпадают с требованиями к дизелям внедорожного транспорта.

Кроме того, документ ограничивает содержание серы в топливе для перечисленных выше двигателей.

Указанные нормы будут вводиться в действие в три этапа. На первом (переходном) этапе они будут распространяться на дизели, построенные за время с момента опубликования проекта новых норм и до 2007 г. При этом продаваться могут только двигатели, соответствующие этим новым правилам.

При покупке нового стационарного двигателя соответствие его нормам должно подтверждаться наличием сертификата соответствия.

При покупке не сертифицированного двигателя его владелец должен будет доказать соответствие последнего нормативам, действовавшим до 2007 г., используя данные по составу выбросов, предоставленные изготовителем или результаты предыдущих испытаний аналога. В любом случае подтверждающие документы должны храниться на месте эксплуатации двигателя.

Начиная с 2007 г., изготовители двигателей должны подтверждать, что все их новые модернизированные или переоборудованные дизели удовлетворяют требованиям норм Tier-1–Tier-4, которые распространяются на двигатели

внедорожных машин соответствующей мощности. Стационарные аварийные двигатели должны быть сертифицированы по выбросам на соответствие требованиям Tier-3 или Tier-4.

По оценке ЕРА, к 2015 г. под действие данных правил будут подпадать 81 500 новых стационарных дизелей.

Diesel Progress North America, August 2006

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ «MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES»

«Mitsubishi Heavy Industries» относится к числу компаний, наиболее активно работающих в области создания экологически чистых источников энергии.

Основные направления этой деятельности кратко освещены в настоящем обзоре.

Комбинированные системы

Исторически сложилось так, что мощные электроэнергетические установки чаще всего создаются на основе газовых турбин. Однако в будущем значительная часть этой ниши может быть занята твердооксидными топливными элементами (SOFC).

В SOFC используется диоксидциркониевая керамика. При высоких температурах этот материал становится проводником ионов кислорода, благодаря чему он нашел применение в газоанализаторах кислорода и окиси углерода.

Изначально в качестве возможной базы для систем когенерации, применяемых в транспортных средствах и для обслуживания зданий, внимание исследователей привлекли полимер-электролитические топливные элементы (PEFC), работающие при низких температурах. Однако PEFC могут работать только на водороде, поэтому для использования газа из городской магистрали необходим реформинг, преобразующий этот газ в водород.

Поскольку SOFC могут использовать промышленный газ непосредственно, их КПД оказывается примерно на 20% выше, чем у низкотемпературных PEFC.

В SOFC могут также использоваться продукты газификации угля и других твердых топлив. Таким образом, повышение КПД позволяет снизить уровень выбросов CO₂.

Японская компания Mitsubishi Heavy Industries (MHI) явилась одним из пионеров создания комбинированных систем, совмещающих обе технологии.

Подготовка к этому велась уже давно. В 1998 г. MHI выпустила модуль SOFC трубного типа мощностью 21 кВт, проработавший без остановки 7000 ч. В сотрудничестве с «Electric Power Development Co. Ltd.» (EPDC) был создан 10-киловаттный модуль (работающий под



давлением), в котором был применен метод внутреннего реформинга. В нем использовался топливный элемент, изготовленный методом спекания, проработавший непрерывно в течение 755 ч. На 2007 г. EPDC запланировала контрольные испытания атмосферной когенерационной системы мощностью 150 кВт на основе технологии SOFC, при этом в качестве поставщика модуля SOFC определена MHI. К данному проекту MHI приступила в 2004 г., чтобы за четыре года создать комбинированную установку по заказу «Организации по развитию новых энергетических и промышленных технологий» (NEDO). NEDO является крупнейшей научно-исследовательской организацией Японии, отвечающей за развитие передовых технологий в области промышленности, экологии, новых источников энергии, а также энергосбережения.

В рамках настоящего проекта MHI должна создать топливный элемент трубного типа, газовую микротурбину (MGT) с системой управления, отработать основные технологии комбинированного цикла, и, наконец, спроектировать и изготовить систему SOFC-MGT мощностью 200 кВт со сдачей ее в эксплуатацию в 2007 г.

SOFC трубного типа представляет собой топливный элемент, в котором топливный электрод, электролит и воздушный электрод выполнены в виде тонких пленок, наносимых на наружную поверхность прочного и жесткого носителя. Таким образом создается генерирующая секция, включаемая последовательно с другими аналогичными секциями. Разработанная MHI конструкция отличается от аналогов большей прочностью, более высоким напряжением и меньшим током.

В ходе работы над проектом NEDO MHI смогла повысить газопроницаемость слоя, разделяющего воздушный электрод и электролит, снизить его сопротивление, уменьшить сопротивление воздушного электрода в продольном направлении, а также подтвердить изначально заявленную мощность 143 Вт (максимальная мощность 151 Вт) при напряжении на клеммах ячейки 0,65 В. По сообщению представителя MHI,

после завершения термодинамического цикла никакого ухудшения параметров по сравнению с исходными не наблюдалось. Трубчатые топливные элементы длиной 550 мм испытывались в течение 1400 ч; все это время выходное напряжение оставалось на исходном уровне. Одновременно МНІ ведет работы над трубчатыми топливными элементами большей мощности в рамках других проектов NEDO.

Комбинированная установка МНІ

В комбинированном цикле МНІ горючий газ и воздух с выхода топливного элемента направляются в камеру сгорания газовой турбины. При этом отсутствует необходимость в прокладке жаропрочных труб, поэтому, по мнению МНІ, система будет более эффективной и дешевой по сравнению с существующими, в которых сжигание выхлопных газов осуществляется на выходе из SOFC. Поскольку большая часть химической энергии расходуется в SOFC, а топливо с низким энергетическим потенциалом направляется в камеру сгорания газовой турбины, возникает необходимость обеспечить стабильное горение низкокалорийного топлива в камере сгорания.

В камере сгорания газовой турбины МНІ применяется технология сжигания низкокалорийного газа (типа топочных газов), используемая в промышленных газовых турбинах. МНІ создала камеру сгорания для низкокалорийного газа и испытала ее при работе на топливе и воздухе, которые по своим характеристикам соответствовали продуктам работы SOFC; при этом обеспечивалось устойчивое горение. Испытания показали, что КПД процесса сгорания при высшей теплотворной способности газа 700 ккал/нм³ составил свыше 98 %, что соответствовало техническому заданию.

Пуск установки происходил на газе из городской магистрали, после чего происходило плавное переключение на низкокалорийный газ специального состава; при этом обеспечивалось устойчивое горение при наличии колебаний давления газа в пределах допуска.

В комбинированных системах очень важно обеспечить поддержание нужного перепада давлений между топливом и воздухом. В ходе испытаний проверялась управляемость газовой турбины при работе в паре с отдельным модулем, имитирующим объем SOFC. Испытания велись как в установившемся, так и в переходном режиме; в последнем случае возмущениями являлись пуск воздухоподогревателя, переключение питания с городской магистрали на низкокалорийный газ, а также сброс нагрузки. Была подтверждена работоспособность турбины при колебаниях в заданных пределах давления газа и скорости вала.

Летом 2006 г. были успешно проведены контрольные испытания SOFC модуля мощностью 40 кВт совместно с газовой турбиной комбинированного цикла.

Система развила общую мощность 75 кВт и подтвердила свою работоспособность при наличии колебаний скорости, вызванных переключением питания, колебаний давления газа, перепада давлений между топливом и воздухом как в установившихся, так и в переходных режимах.

Успех испытаний позволил приступить к разработке системы мощностью 200 кВт.

Таким образом, система показала свою эффективность в качестве будущей альтернативы традиционным крупным тепловым станциям; при этом в состав комбинированных систем могут входить SOFC, газовые и паровые турбины. Однако, учитывая требования массового выпуска и необходимость других компонентов, нужных для организации производства на начальной стадии, МНІ планирует начать с продаж систем малой и средней мощности.

Ожидается, что комбинированные системы мощностью в несколько сотен киловатт с SOFC, газовыми и паровыми турбинами будут превышать 70 %, а сокращение удельных выбросов CO₂ по сравнению с ТЭЦ составит 20 % и более.

Кроме того, подобные системы могут включать в себя также газификаторы угля. КПД таких систем будет не менее 60 %. В перспективных планах МНІ — разработка эффективной методики систематизации комбинированных технологий на ранней стадии разработки в целях ускорения выпуска коммерческого продукта.

Солнечные батареи

Известны солнечные батареи на основе композитных и кремниевых полупроводников. Последние делятся на кристаллические (микрорекристаллические и поликристаллические) и аморфные.

Фирма МНІ разработала и внедрила в производство фотогальванические «двухслойные» модули на основе аморфной и микрорекристаллической форм кремния (a-Si / μ c-Si). Эта технология позволила увеличить повысить единичную мощность модуля до 150 Вт, что на 50% превышает мощность выпускаемых ныне a-Si модулей традиционного типа.

Для изготовления тонкопленочных модулей на заводе МНІ в Нагасаки создано новое производство. Его производительность составит порядка 270000 модулей в год, что соответствует пиковой электрической мощности 40 МВт. Первые партии микрорекристаллических модулей были выпущены в апреле 2007 г.

Фирма МНІ совместно с NEDO работала над созданием новой технологии начиная с

2000 г. Двухслойные фотогальванические модули представляют собой новое поколение тонкопленочных модулей. Каждый такой модуль имеет слой аморфного кремния, на который сверху наносится слой микрокристаллического кремния, причем оба слоя обладают фотогальваническими свойствами. Более эффективное, по сравнению с обычными a-Si фотоэлементами, преобразование энергии в двухслойных фотоэлементах объясняется расширением спектра поглощаемых ими солнечных лучей (от ультрафиолетовых до инфракрасных).

Двухслойные a-Si/ μ c-Si фотоэлементы имеют более высокий электрический КПД благодаря особому методу светопреобразования, позволяющему более эффективно использовать солнечный свет. Одновременно повышается производительность процесса изготовления за счет новой технологии скоростного нанесения качественного тонкопленочного μ c-Si покрытия. Для этого МНН использовала имеющийся у нее богатый опыт проектирования и изготовления специального оборудования для химического осаждения из паровой или газовой среды, положенного в основу нового производства, а также свои ноу-хау в области производства a-Si модулей. По результатам испытаний, подтвердивших достижение расчетных значений КПД преобразования энергии и производительности на прототипах, выполненных в натуральную величину (1,4 × 1,1 м), было принято решение о массовом производстве двухслойных модулей.

Поскольку производство энергии с помощью солнечных батарей не создает атмосферных выбросов CO₂, оно рассматривается как одно из важнейших направлений в деле предотвращения глобального потепления. Ежегодный рост рынка сбыта солнечных батарей в мире составил за последние годы порядка 30 %. Фирма МНН, начавшая производство тонкопленочных a-Si модулей в 2002 г., успешно продает их в целом ряде стран, в первую очередь — в Германии и других странах ЕС. Растущий спрос привел к тому, что возможности существующих производственных мощностей фирмы оказались исчерпанными.

Следует сказать и о том, что одно из преимуществ тонкопленочной технологии заключается в отсутствии ограничений на выбор сырья, в то время как существующие процессы основаны на использовании поликристаллического или монокристаллического кремния, ставших в последнее время большим дефицитом. Таким образом, возможности выпуска новых модулей ограничены только производительностью предприятия, что в значительной мере способствует стабилизации цен и надежности поставок.

Именно поэтому было решено создать специализированное производство двухслойных модулей. Общая годовая производительность

завода (с учетом действующего производства) составит порядка 50 МВт, а объем продаж фотогальванических модулей в 2008 г. должен достичь 15 млрд иен.

Ветрогенераторы

Одним из распространенных источников экологически чистой энергии являются ветрогенераторы.

Концерн «Mitsubishi» производит ветрогенераторы начиная с 1980 г. С тех пор был налажен выпуск асинхронных ветрогенераторов и ветрогенераторов с переменной частотой вращения мощностью от 250 до 100 кВт. На сегодняшний день в общей сложности выпущено более 1700 ветрогенераторов, работающих в разных странах мира.

В декабре 2006 г. в США вступили в строй две ветровые электростанции — «Buena Vista» и «Aragon Mesa». Первая из них состоит из 38, а вторая — из 90 ветрогенераторов «Mitsubishi» мощностью по 1000 кВт. Их сооружение заняло около года. Фирма МНН изготовила для них мотогондолы с турбинами и втулки винтов, а лопасти приобретены у мексиканской фирмы Vien-Tek.

В конце прошлого года МНН получила от PPM Energy, Inc. (США) заказ на 42 агрегата типа MWT92/2,4 мощностью по 2,4 МВт каждый. Это первый зарубежный заказ на MWT92/2,4, самые мощные из ветрогенераторов, когда-либо производимых японскими компаниями.

Ветрогенератор типа MWT92/2,4, крупнейший из японских ветрогенераторов как по диаметру винта, так и по мощности, с самого начала создавался для экспорта.

Высота оси пропеллера составляет 70 м, а диаметр винта — 92 м; таким образом, высшая точка агрегата находится на высоте 116 м. Длина лопасти равна 44,7 м, что является рекордом для данного класса изделий. MWT92/2,4 способен работать с высоким КПД даже при относительно небольшой скорости ветра (порядка 8,5 м/с).

В то же время фирменная технология МНН «Smart Yaw» обеспечивает устойчивость к штормовому и даже ураганному ветру, со скоростью до 70 м/с.

Diesel & Gas Turbine Worldwide, December 2006
<http://www.mhi.co.jp/power>

Новости экологической энергетики в США

Логистическая компания «CaseStack Inc» из Лос-Анжелеса предлагает скидку тем водителям грузовиков, перевозящих ее грузы, которые заправляют баки своих машин биотопливом. Скидка составляет 10 центов за галлон любого биотоплива на общую сумму до \$50 для каждого водителя в течение двухмесячного срока действия программы.

Действуя при поддержке пограничников и таможи, агентство ЕРА за 9 месяцев 2006 г. задержало свыше 11 000 единиц различных машин и оборудования с дизельными и бензиновыми двигателями, незаконно ввезенных в США. Помимо штрафов, взимаемых таможней, и платы за хранение, импортерам придется заплатить в общей сложности \$798 000 штрафов, наложенных судом за нарушение экологического законодательства. Дело в том, что теперь покупатели подобной техники обязаны проверять наличие маркировки, удостоверяющей ее соответствие требованиям охраны окружающей среды. Отсутствие такой маркировки является признаком нелегального импорта. О продавцах немаркированного оборудования предлагается сообщать ЕРА через сайт агентства.

Канадский филиал фирмы «Hydrogen Engine Center Inc.» получил заказ на сумму \$161 211 на изготовление комбинированной генераторной установки мощностью 250 кВт. В ней используется новая фирменная технология «4+1» — пять ДВС с объемом цилиндров 4,9, работающих на водороде. При этом четыре двигателя являются рабочими, а один — резервным. Наличие резервного агрегата повышает надежность и облегчает ремонт установки. Заказчиком является «Агентство по охране природных ресурсов Канады», которое намерено использовать установку в проекте, включающем использование ветра и воды для производства электроэнергии на острове Ратема (Ньюфаундленд). Согласно этому проекту, ветряки производят электричество и водород, который в периоды штиля используется в качестве топлива для производства электроэнергии.

Фирма «Modine Manufacturing Co.» обнародовала информацию о своей новой разработке — системе на топливных элементах, применение которой на транспорте обеспечивает снижение вредных выбросов и эксплуатационных расходов. В системе применены углекислотные топливные элементы. Она может быть использована как для обогрева, так и для охлаждения кабины водителя. Система отопления и кондиционирования воздуха разработана фирмой «Modine» с использованием топливных элементов «General Hydrogen Corp.», в которых топливом является водород, а единственным продуктом реакции — чистая вода. Система создавалась в качестве вспомогательного источника электроэнергии для грузовиков со сроком непрерывной работы более 10 ч.

Фирма «City Engines Inc.» принимает участие в полуторагодичной программе снижения выбросов от междугородных автобусов, финанси-

руемой властями Лос-Анджелеса и штата Калифорния.

По этой программе на четыре опытных междугородных автобуса ставятся экспериментальные двигатели, два из которых используют в качестве топлива сжатый природный газ (CNG), а два других — смесь, состоящую из 70 % природного газа и 30 % водорода (HCNG). На всех четырех двигателях применена запатентованная 13 лет назад технология фирмы «Collier Technologies», обеспечивающая сжигание обедненной смеси с водородом и (или) природным газом с минимальным содержанием вредных выбросов.

«City Engines» является исключительным лицензиатом технологии Collier. Новый двигатель «City Engine» с рабочим объемом 11 л для сжигания HCNG представляет собой версию серийного дизеля типа Doosan Infracore с модифицированной головкой блока.

Фирма «FuelCell Energy Inc.» объявила о создании экономичной системы выделения из газовой смеси чистого водорода, который может продаваться в качестве топлива для транспортных и стационарных двигателей. Министерство обороны США выделило «FuelCell Energy» \$1 360 000 на разработку электрохимического сепаратора водорода (EHS) для использования в энергоустановках типа Direct FuelCell (DFC). Ожидается, что данная технология позволит вдвое снизить удельные энергозатраты на производство водорода по сравнению с обычными методами, основанными на сжатии газа. Действующий макет установки в настоящее время работает во Всемирном центре топливных элементов при университете штата Коннектикут. Он производит 1200 л чистого водорода в час. По договору с Министерством обороны будет создан полномасштабный образец с 25-кратной (по сравнению с прототипом) производительностью, который будет проходить опытную эксплуатацию в составе DFC станции мощностью около 1 МВт.

«Telefonica Mobiles», один из двух крупнейших провайдеров беспроводной связи в Южной Америке, начинает создание сети установок резервного питания в Венесуэле на основе топливных элементов GenCore фирмы «Plug Power Inc.». На первом этапе будет создано девять установок резервного питания. Они будут размещаться вблизи антенных мачт в районе большого Каракаса, где резервирование особенно актуально. Решение об этом было принято после успешных 8-месячных испытаний системы на одной из мачт Telefonica Mobiles за пределами Каракаса.

Diesel Progress North America, August 2006