

## ОБЗОР ЖУРНАЛА DIESEL & GAS TURBINE WORLDWIDE ЗА 2014 ГОД

Материал подготовил Г.В. Мельник

Редакция предлагает читателям журнала обзор некоторых материалов, опубликованных в 2014 году в журнале Diesel & Gas Turbine Worldwide. Тематика обзора позволяет понять, какие проблемы больше всего интересуют специалистов отрасли двигателестроения за рубежом.

Это, прежде всего, вопросы топливной экономичности и экологической безопасности.

Следует отметить статью «IMO Tier 3 не за горами», где излагается точка зрения авторитетной организации «Euromot» на перспективы внедрения стандартов IMO Tier 3 и EPA Tier 4, и оцениваются способы достижения нормативных показателей выбросов NO<sub>x</sub>.

Значительное внимание уделяется также проблемам снижения расхода топлива, и использования альтернативных видов топлив, таких как сжиженный природный газ и биогаз. Показано, что для эффективного использования альтернативных газовых топлив необходимо развивать и внедрять методы точных измерений в режиме on-line таких величин, как расход среды и количество вредных выбросов.

### IMO TIER 3 НЕ ЗА ГОРАМИ

*Корреспондент D&GTW в беседе с Георгом Дидерихом (Georg Diderich) — президентом EURO-MOT (European Association of Internal Combustion Engine Manufacturers), первым вице-президентом Deutz и Петером Шермом (Peter Scherm) — генеральным директором EUROMOT — обсудили перспективы внедрения норм IMO Tier 3, ограничивающих выбросы NO<sub>x</sub> судовых дизелей.*

**D&GTW:** Каковы предельно допустимые значения выбросов NO<sub>x</sub> и требования, установленные стандартами IMO Tier 3, и когда эти стандарты вступают в силу?

**EUROMOT:** В апреле 2014 Комитет IMO по защите морской среды (MEPC) утвердил изменения правил Приложения VI к MARPOL (Международная конвенция по предотвращению загрязнения атмосферы с судов), согласно которым стандарт IMO Tier 3 для существующих зон контролируемых выбросов окислов азота (NECA\*) вводятся в действие с января 2016 г.

Приложение VI к MARPOL, впервые принятое в 1997 г., ограничивает выбросы основных загрязняющих веществ, содержащихся в отработавших газах двигателей, таких как окислы серы

(SO<sub>x</sub>) и окислы азота (NO<sub>x</sub>). Нормативы постепенно ужесточались, этот процесс продолжается и в настоящее время. Согласно изменениям Правила 14 Приложения VI к MARPOL, с января 2012 г. предельно допустимое общее содержание серы в топливе было снижено с 4,5 до 1,5 %. Планируется дальнейшее постепенное снижение этого параметра до 0,5 % (с января 2020 г.), однако ввод данного норматива в действие будет зависеть от результатов исследования возможности его реализации, которое должно быть завершено до конца 2018 г. Предельно допустимое содержание серы в топливе для зон ECA было снижено с 1,5 до 1,0 %, начиная с июля 2010 г., а с января 2015 г. должны быть снижены до 0,1 %.

Нормы допустимых выбросов NO<sub>x</sub> последовательно снижались до уровня IMO Tier 3 и должны применяться к новым двигателям, установленным на судах, плавающих в существующих на этот момент зонах NECA\*, начиная с января 2016 г.

Нормы допустимых выбросов NO<sub>x</sub> относятся к двигателям номинальной мощностью свыше 130 кВт; фактический уровень ограничения зависит от номинальной скорости двигателя (таблица).

Новые требования IMO Tier 3 по NO<sub>x</sub> не распространяются на супер-яхты (водоизмещением менее 454 брутто-тонн, длиной более 24 м, или суда, специально предназначенные и используемые исключительно для развлекательных целей), плавающие в объявленных морских зонах до января 2021 г.

Уровень (Tier)	Дата завершения постройки судна (начиная с ...)	Предельно допустимое средневзвешенное значение общих выбросов в испытательном цикле (г/кВт·ч)		
		$n < 130$	$n = 130 - 1999$	$n > 2000$
1	01.01.2000	17,0	$45 \cdot n^{-0,2}$ напр., 720 об/мин — 12,1	9,8
2	01.01.2011	14,4	$44 \cdot n^{-0,23}$ напр., 720 об/мин — 9,7	7,7
3	01.01.2016	3,4	$9 \cdot n^{-0,2}$ напр., 720 об/мин — 2,4	2,0

Предельно допустимый уровень вредных выбросов IMO Tier 3 для двигателей, устанавливаемых на судах, постройка которых завершена в январе 2016 г. или позже, если эти суда предназначены для плавания в зонах NECA, существующих на день завершения постройки судна

\* К существующим законам контроля выбросов NO<sub>x</sub> (NECA) относятся Атлантическое и Тихоокеанское побережье Северной Америки и Карибское море.

В перспективе новые требования IMO Tier 3 по NO<sub>x</sub> будут распространяться на дизели, установленные на судах, плавающих в зонах NECA, которые могут быть объявлены в будущем. Датой установления каждой новой зоны NECA будет считаться либо день принятия соответствующего решения комитетом МЕРС, либо более поздняя дата, установленная законодателем.

Устанавливая дату ввода в действие IMO Tier 3 NO<sub>x</sub> и законодательно закрепляя необходимость снижения выбросов NO<sub>x</sub> от новых судовых двигателей, комитет МЕРС IMO предпринял шаги, которые должны привести к существенному улучшению состояния атмосферы и здоровья людей, особенно тех, кто проживает в портовых городах и прибрежных районах.

*D&GTW*: Каковы результаты дискуссии в IMO? Все ли стороны приняли активное участие в обсуждении?

*EUROMOT*: Одними из важнейших достижений IMO на протяжении десятилетий являются четкость в определении сроков выполнения поставленных задач и безусловное их соблюдение. Организация мореплавания на основе международных принятых норм, предусматривающих установление разумной и эффективной длительности переходного периода для освоения новых технологий, является для мирового судоходства основным приоритетом. Все участники обсуждения осознавали, что на карту поставлена репутация IMO в данном вопросе.

Председатель МЕРС IMO Арсенио Домингес (Arsenio Dominguez), Панама, выслушал все доводы, высказанные национальными делегациями. Он пытался подвести участников обсуждения к компромиссу, который бы учитывал интересы каждой из сторон в том, что касается влияния стандартов IMO Tier 3 на бизнес-модели мировой экономики, инфраструктурные требования и используемые технологии, принимая во внимание очевидную необходимость дальнейшего улучшения качества работы морского транспорта и состояния атмосферы.

EUROMOT имеет статус аккредитованного наблюдателя при IMO. Мы видим свою роль в том, чтобы выступать перед членами МЕРС IMO в качестве компетентного технического консультанта и обладателя ноу-хау в области современных технологий, используемых в двигателях внутреннего сгорания. С нашей помощью законодатель получает возможность разрабатывать технически реализуемые и экономически целесообразные нормативы на основе имеющейся у нас технической информации и передовых инженерных решений. Мы принципиально не ставим перед собой никаких собственных целей в области технической политики.

*D&GTW*: Действительно ли отчет о доступности технологий, обеспечивающих достижение IMO Tier 3 NO<sub>x</sub>, который был подготовлен рабочей группой, сыграл решающую роль в установлении срока ввода в действие указанного стандарта с января 2016 года для существующих зон NECA?

*EUROMOT*: Изучение передовых существующих технологий и информирование о них широкой общественности — это стандартная практика при разработках европейских и международных законодательных нормативов. Термином «существующие» в данном контексте обозначены технологии, степень отработки которых обеспечивает техническую возможность и экономическую целесообразность их внедрения в соответствующей отрасли. Это означает, что при внедрении учитываются затраты и получаемые преимущества тех или иных технологий, но не предписывается использование какой-либо из них. Такая оценка лишь гарантирует, что рассматриваемые технологии уже в достаточной мере доступны для оператора. Вполне естественно, что в октябре 2010 г. комитет МЕРС учредил рабочую группу для оценки известных технологий, позволяющих обеспечить требования стандарта IMO Tier 3.

Состав рабочей группы обеспечил участие всех заинтересованных сторон, имеющих отношение к морским перевозкам. В нее, в частности, вошли представители правительств стран-членов IMO, Еврокомиссии, судовладельцы и представители экспертных организаций по судостроению, нефтегазовой промышленности, двигателям и производству систем очистки отработавших газов. Группу возглавляет представитель США.

EUROMOT, как представитель сообщества мирового двигателестроения, куда входят аналогичные ассоциации США и Японии, внес существенный вклад в составление окончательного доклада, представленного на заседании МЕРС в феврале 2013 г. В частности, был определен ряд технологий, каждая из которых, по отдельности или в сочетании с другими, позволит снизить выбросы NO<sub>x</sub> до уровня IMO Tier 3, поэтапный ввод которых планируется начиная с 2016 г. К их числу относятся: селективное каталитическое восстановление (SCR); рециркуляция отработавших газов (EGR); применение сжиженного природного газа (LNG) либо в газодизеле (где он используется в качестве основного топлива, а дизельное — в качестве запального), либо в качестве единственного (альтернативного) топлива. Рассматривались и другие методы, например, прямой впрыск воды в цилиндры, увлажнение воздуха на всасывании (humid air motor — HAM), очистка газов в скрубберах с морской и опресненной водой, специальные рабочие циклы и регулировки двигателей, а также использование диметилэфира в качестве

альтернативного топлива. Однако на заседании МЕРС в апреле 2013 г. некоторые государства флага высказали сомнения в готовности для внедрения технологий, рекомендованных рабочей группой, а также озабоченность возможным снижением конкурентоспособности портов и морских перевозок в целом. EUROMOT направил ИМО «информационное письмо», в котором представлены дополнительные сведения, касающиеся текущего технического состояния SCR, EGR и LNG, а также соображения по некоторым критическим аспектам этих технологий. Мы можем с удовлетворением отметить, что некоторые члены ИМО подтвердили рекомендации рабочей группы.

Для нас важнее всего то, что EUROMOT подтвердил свою репутацию высококвалифицированного и надежного партнера для судоводных компаний, государств флага и рабочих органов ИМО. Компании — члены EUROMOT — предложили ряд технических решений, направленных на то, чтобы заказчики смогли добиться оптимального баланса их экономической эффективности и экологической безопасности. Что касается дальнейшего нормотворчества в рамках ИМО, EUROMOT готов провести консультации с представителями регионов, планирующих возможность установления новых зон NECA, и помочь им в эффективном освоении новых технологий, обеспечивающих выполнение требований стандарта ИМО Tier 3.

*D&GTW:* Что слышно о планируемых зонах NECA? Поступили ли заявки на создание таких зон в прибрежных районах Балтийского и Северного морей, Ла-Манша и др.?

*EUROMOT:* Процесс подготовки объявления очередной акватории зоной NECA занимает у ИМО от двух до трех лет. Что касается Балтийского моря, то соответствующее обращение готовится Комиссией по защите морской среды Балтийского моря (именуемой Helcom). Уже после проведения последнего заседания МЕРС г-жа Анна Петерсон (Anna Peterson), представитель Шведского Транспортного Агентства и председатель Helcom Maritime Group, заявила, что назначение сроков объявления очередных акваторий зонами NECA облегчило бы обсуждение заявки Helcom в ИМО об объявлении Балтийского моря зоной NECA.

*D&GTW:* Следует ли ожидать, что теперь, когда значения допустимых выбросов определены, вскоре будут объявлены новые зоны NECA?

*EUROMOT:* В настоящее время определены граничные условия и контрольные цифры предельно допустимых вредных выбросов для новых зон NECA, а существующие зоны NECA (побережье Северной Америки и Карибского моря) вскоре после января 2016 г. смогут продемонстрировать эффективность принимаемых ИМО реше-

ний. По нашему мнению, в Лондоне был достигнут настоящий прорыв, что стало возможным лишь потому, что ИМО решила не вводить жесткий график законодательного объявления новых зон NECA. Такое решение способствует более тщательному учету экологических и экономических факторов в каждом конкретном регионе и обеспечивает достаточный подготовительный период для урегулирования данных вопросов.

*D&GTW:* Принято решение ИМО о вводе в действие нормативов ИМО Tier 3 с января 2016 г. для существующих зон NECA. Как это решение повлияет на инфраструктуру портов, состояние систем бункеровки LNG и т. п.?

*EUROMOT:* Перспективы использования LNG как топлива для судовых двигателей давно привлекают внимание морских перевозчиков. Интенсивно исследуются возможности перевода двигателей на LNG прежде всего для удовлетворения требований стандарта ИМО Tier 3. Нашей нормативной базой являются правила ЕС. Комиссар ЕС по транспорту С. Каллас (S. Kallas) обнародовал документ, излагающий стратегию ЕС «Чистая энергия для транспорта», куда входит комплексный план мероприятий по внедрению LNG на морском транспорте. Ожидается, что к 2020 г. в крупнейших европейских портах будет обеспечена возможность заправки судов LNG. Ввод в действие нормативов ИМО по предельно допустимому общему содержанию серы в топливе ожидается в 2020 или в 2025 г., в зависимости от результатов изучения доступности малосернистого топлива, которые будут представлены в 2018 г.

LNG рассматривается как топливо будущего не только для дальнего, ближнего и каботажного морского судоходства, но и для речного судоходства по внутренним водным путям. Одним из важнейших проектов, направленных на расширение инфраструктуры поставок LNG, является генеральный план применения LNG на судах, плавающих по водной системе Рейн—Майн—Дунай. Этот план рассматривает навигацию на внутренних водоемах как первый опыт широко-масштабного применения сжиженного газа в качестве топлива для судовых двигателей, включая его транспортировку и хранение. Одним из аспектов упомянутого генерального плана состоит в том, что порты системы Рейн—Майн—Дунай могли бы стать центрами мелкооптовой дистрибуции LNG в примыкающих к ним регионах. Иначе говоря, внутренние порты системы Рейн—Майн—Дунай могли бы функционировать в качестве центров снабжения сжиженным газом других групп потребителей (таких как, например, общественный транспорт, включая автобусы).

Наличие программ межправительственных организаций, таких как ИМО или ЕС, стиму-

лирующих более широкое использование LNG, не обязательно означает, что их принятие с самого начала обернется для пользователя экономией и средств. Темпы внедрения LNG будут зависеть от сочетания таких факторов, как особенности местного ценообразования и региональные нормативы. Чрезвычайно важным для успеха полного или частичного перехода на LNG является гармоничное сочетание инвестиций в инфраструктуру терминалов, создание бункеровочных систем, а также строительство потребляющих или перевозящих LNG судов с продвинутыми инструментами финансирования при наличии конкурентоспособных бизнес-моделей.

Вместе с тем условием полноценного, безопасного и эффективного использования всех преимуществ газовых двигателей и газодизелей является создание всеобъемлющего, благоприятного и гармонизированного международного законодательства. И в этом деле наш опыт также может пригодиться. EUROMOT не занимается использованием рыночных инструментов с целью продвижения тех или иных альтернативных топлив или конкретных технологий снижения выбросов. Однако мы приняли участие в продолжающемся в настоящее время пересмотре Кодекса IMO IGF (Международный кодекс безопасности для судов, использующих газ или другие виды топлива с низкой температурой воспламенения) для проектирования и оснащения газозовов или судов, работающих на газе. Мы участвуем также в разработке единых технических требований к судам внутреннего плавания в Европе. Эта работа ведется совместно с Еврокомиссией и Центральной комиссией по навигации на Рейне и включает, в частности, регламент использования LNG в качестве топлива, который должен быть в максимально возможной степени унифицирован с Кодексом IMO IGF.

*D&GTW:* Насколько члены EUROMOT удовлетворены состоянием дел на сегодняшний день? Существуют ли аспекты имеющейся нормативной базы, которые нуждались бы в изменении или улучшении?

*EUROMOT:* Особенно приятно отметить, что организация IMO приняла четкий свод правил, исключающий отклонения от действующих международных нормативов в пользу региональных или отдельных национальных стандартов. Это позволит двигателестроителям расширить рынок, увеличить инвестиции в наши ОК и НИР и почувствовать экономический эффект от роста как морских, так и речных грузоперевозок.

Гармонизированное международное законодательство, предусматривающее установление разумной и эффективной длительности переходного периода для новых технологий, выгодно

также заказчикам, поскольку благодаря такому законодательству мы сможем обеспечить их высокоэффективными и экономичными технологиями по разумной цене, и что самое главное — своевременно.

*Here Comes IMO Tier 3  
July-August 2014 Diesel & Gas Turbine Worldwide*

### **ТОЧНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА БИОГАЗА — ПУТЬ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С НЕПОСТОЯНСТВОМ ЕГО СОСТАВА**

Задача повышения энергоэффективности и надежности энергоснабжения диктует необходимость поиска новых источников возобновляемой энергии. По данным Агентства по охране окружающей среды (EPA) в 2012 г. возобновляемая энергия составляла 13,2 % всего энергопотребления в США. Одним из источников возобновляемой энергии является биогаз, получаемый из органических отходов (LFG) или биогаз, генерируемый метантенком.

Выработка биогаза — анаэробный процесс, в ходе которого происходит разложение биodeградируемых материалов в отсутствие кислорода под действием микроорганизмов. Получаемый таким образом биогаз после соответствующей обработки используется в качестве топлива в установках когенерации или продается производителям электроэнергии.

Для достижения максимальной эффективности использования биогаза необходимо обеспечить точное измерение его выхода на каждой стадии процесса. Это достаточно сложная задача, учитывая низкое давление газа, изменение его состава во времени, а также наличие большого количества посторонних примесей и влаги. Создание точного расходомера, рассчитанного на работу в подобных условиях, позволит увеличить производство биогаза, подняв тем самым эффективность и прибыльность установки.

#### **Источники биогаза**

Многие крупные очистные сооружения канализации имеют в своем составе метатенки, использующие в качестве биodeградируемого материала осадок сточных вод. В ходе процесса биологического разложения микроорганизмы, находящиеся в герметичном метатенке, превращают осадок в газовую смесь, состоящую преимущественно из метана (CH<sub>4</sub>) и двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>) и представляющую собой источник возобновляемой энергии. Эта смесь может быть использована для производства тепла, электричества, а также в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания.

Одним из наиболее перспективных источников биогаза являются установки для сбора мусорного газа. По оценке EPA, в США насчиты-

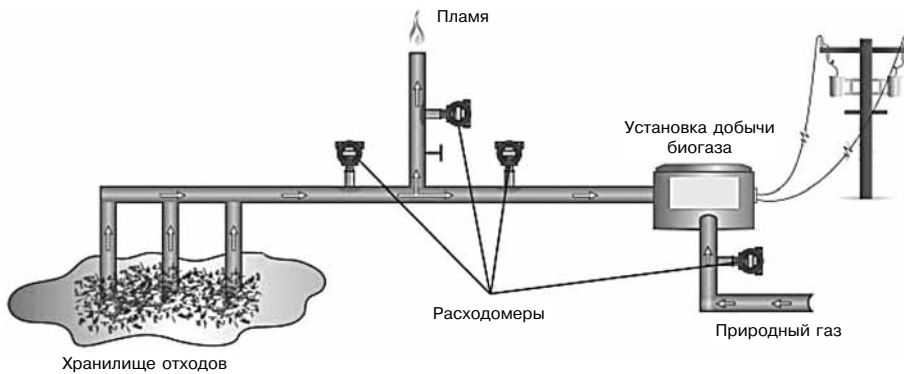


Рис. 1. Схема сбора и использования биогаза

вается около 6000 захоронений отходов, из которых можно извлекать порядка 18,4 миллиарда кубометров метана в год. Мусорный газ, состоящий преимущественно из  $CH_4$  и  $CO_2$ , образуется при разложении влажных органических отходов без доступа кислорода в условиях, когда эти отходы изолируются от атмосферы новыми слоями сгружаемого мусора и сжимаются под их тяжестью. Тем самым перекрывается доступ кислорода и создаются благоприятные условия для развития бактерий-анаэробов. Образующийся газ, преодолевая сопротивление вышележащих мусорных слоев, поднимается вверх и уходит в атмосферу (рис. 1).

На крупных мусорных полигонах, как и на очистных сооружениях канализации, широко практикуется сбор биогаза и его использование для производства электроэнергии. Теплотворная способность биогаза зависит от его состава и составляет в среднем порядка 21 Вт/л. В этом заключается основное отличие биогаза от природного газа, который состоит примерно на 80 % из метана и имеет теплотворную способность порядка 35 Вт/л. Теплотворная способность биогаза может быть повышена за счет его фильтрации или очистки, в ходе которой удаляется двуокись углерода ( $CO_2$ ) и другие посторонние примеси.

Как видно из рис. 1, теплотворная способность биогаза может быть увеличена также за счет добавки природного газа. При этом за счет точного измерения и дозирования расходов биогаза и природного газа можно оптимизировать количество тепловой и электрической энергии, производимой установкой добычи биогаза.

**Переменный состав биогаза**

Трудности измерения состава биогаза связаны с тем, что его состав сильно зависит от источника. Как правило, биогаз содержит от 55 до 65 % метана ( $CH_4$ ), от 30 до 35 % окиси углерода, а также некоторое количество водорода, азота и других примесей.

Однако, как показывает анализ (таблица), процентное содержание отдельных фракций мо-

жет колебаться в достаточно широких пределах ( $CH_4$  — 50–75 %,  $CO_2$  — 25–50 %). Состав биогаза может меняться со временем из-за меняющихся условий внутри мусорного захоронения или метатенки. Это обстоятельство существенно затрудняет точное измерение расхода биогаза.

Большинство расходомеров калибруются для одного определенного состава газа.

Для сохранения точности измерений при изменении состав газа такой расходомер необходимо возвращать изготовителю для перекалибровки.

Сбор и измерение количества биогаза, получаемого из мусорных захоронений и очистных сооружений, производится с целью его использования в качестве топлива для производства энергии либо для выполнения требований ЕРА, если газ сжигается в факеле.

В установках когенерации важно обеспечить точное измерение количества производимого биогаза даже в условиях, когда его состав подвержен колебаниям, с тем, чтобы точно знать, сколько природного газа нужно добавлять для получения расчетной теплотворной способности.

Теплотворная способность биогаза и, следовательно, состав топливного газа являются критичными для работы энергетической аппаратуры — котлов, турбин и топливных элементов, используемых для отопления зданий, нагрева воды, а также для абсорбционных холодильников и парогенераторов.

Состав газа, поступающего в газовые турбины и топливные элементы для выработки электроэнергии, самым непосредственным образом влияет на КПД данных устройств, и, следовательно, на прибыль от продажи энергии. Это в равной мере относится также к стационарным и передвижным установкам с двигателями внутреннего сгорания, в которых состав газа влияет на показатели мощности, эффективности когенерации и расход топлива. И наконец, если биогаз продается сетевым потребителям природ-

Типичный состав биогаза

Компонент	Химическая формула	Процентное содержание
Метан	$CH_4$	50–75
Двуокись углерода	$CO_2$	25–50
Азот	$N_2$	0–10
Водород	$H_2$	0–1
Сероводород	$H_2S$	0–3
Кислород	$O_2$	0

ного газа, его энергетическая ценность при покупке будет рассчитываться в зависимости от его состава.

#### **Измерение расхода биогаза и учет изменения его состава**

Итак, состав биогаза определяет его энергетическую ценность. Это диктует необходимость использовать наиболее совершенные измерительные технологии, способные учесть изменения в составе газа. Точное измерение расхода

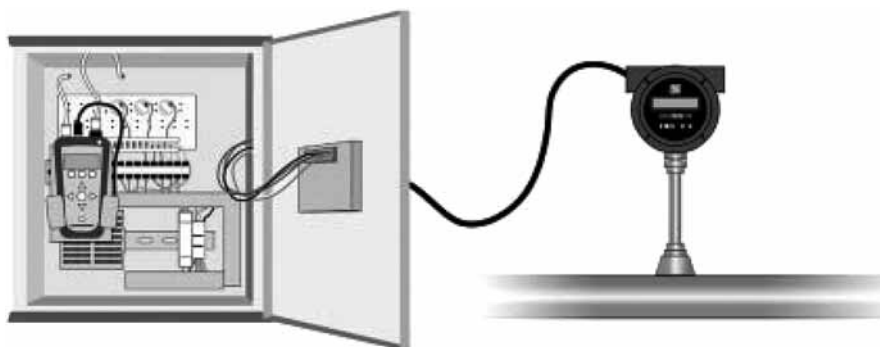
биогаза на выходе из мусорного захоронения или метатенка оказывается далеко не простой задачей. Во-первых, непостоянство состава газа (см. таблицу) серьезно затрудняет измерения, поскольку большинство расходомеров калиброваны только на один определенный газ или смесь газов. Во-вторых, при изменении состава газа точность измерения расхода снижается, следовательно, расходомер требует перекалибровки; при низких давлениях использование датчиков перепада давлений, таких, как, например, расходомерная диафрагма, становится невозможным, поскольку они могут работать только при достаточно больших перепадах. Наконец, биогаз обычно содержит большое количество твердых и жидких загрязнений, которые забивают мерные диафрагмы, а также засоряют турбинные расходомеры и тому подобные механические измерительные устройства.

Обычно для данной цели выбираются тепловые расходомеры, которые обеспечивают достаточно высокую точность измерений (2 % от показания прибора) при умеренной стоимости. Такой расходомер выполняется в виде радиальной вставки, которая легко вставляется в трубу и не вызывает потерь давления. Прибор не имеет движущихся частей, а его диапазон измерения достигает 100:1.

Единственный недостаток подобного прибора состоит в том, что он не способен учитывать изменения состава биогаза.

Один из возможных способов преодоления этого недостатка — использование объединенной с расходомером системы непрерывного пробоотбора в реальном времени. Таких систем на рынке пока немного и они находятся в процессе непрерывного совершенствования. Основным недостатком подобных систем — сложность установки и высокая стоимость в обслуживании.

Насколько сложна такая система, видно из рис. 2. Она осуществляет отбор пробы газа, с помощью электро-химического элемента определяет содержание  $\text{CO}_2$  в мусорном газе, после чего мини-



**Рис. 2. Схема непрерывного пробоотбора**

компьютер рассчитывает соответствующий коэффициент корректировки измеряемого расхода газа.

Состав биогаза со временем меняется, но эти изменения происходят относительно медленно. Согласно широко распространенной в настоящее время практике, состав биогаза рассчитывается на основании проб, отбираемых вручную из различных метатенков или различных точек полигона. Это позволяет отказаться от использования дорогостоящих систем, подобных той, что показана на рис. 2. В идеальном случае задача определения и управления расходом может решаться самим расходомером. Это стало возможным благодаря последним достижениям в области теплотехнических измерений.

#### **Учет непостоянства состава газа с помощью встроенных компонентов**

Технологии измерения, применяемые в настоящее время, переходят к использованию четырех (вместо двух, как раньше) датчиков (рис. 3), что позволяет уменьшить погрешность измерений с 2,0 до  $\pm 0,75$  % от измеряемой величины. На этом принципе основана система QuadraTherm фирмы «Sierra Instruments», обеспечивающая измерение и управление расходом биогаза переменного состава.

Вместо традиционных схем аналогового измерения здесь используются микропроцессоры, реализующие алгоритмы вычисления расхода среды. С помощью этих фирменных алгоритмов, представляющих собой «мозг» расходомера, решаются уравнения первого закона термодинамики для датчиков, работающих в газовом потоке. Такой подход позволяет точно рассчитать количество тепла, уносимого газовым потоком, и таким образом реализовать измерение мгновенного значения расхода в доли секунды. При этом отпадает необходимость в перекалибровке расходомера каждый раз, когда меняется состав газа. Сочетание технологии четырех датчиков с фирменными вычислительными алгоритмами позволяет работать с различными газами переменного состава без потери точности. Расходомер может

обрабатывать данные по четырем видам газовых смесей, определяемых заказчиком, составы которых сохраняются в «библиотеке» газов, доступной с помощью программного обеспечения заказчика. В этой библиотеке хранятся все свойства газов, необходимые для расчетов по программным алгоритмам.

Когда состав биогаза определен, оператор может с помощью имеющихся программных инструментов создать биогаз нужного состава и присвоить ему имя. Информация о свойствах новой газовой смеси через интернет загружается в память процессора расходомера, установленного на объекте. Это позволяет операторам и инженерам использовать один расходомер с одной калибровкой для различных составов газа, что оказывается значительно дешевле, нежели дорогостоящий непрерывный пробоотбор.

**Принцип четырех датчиков**

Расходомер QuadraTherm с четырьмя датчиками (рис. 4) улавливает изменения состава газа, его массового расхода, температуры и давления, температуры окружающего воздуха, состояния труб (эффективного диаметра и гидравлического сопротивления), а также профиля потока. Все изменения указанных параметров регистрируются с высокой точностью. За время службы прибора образуется существенная экономия за счет снижения расходов, связанных со стоимостью калибровки, простоями и уменьшением продажной цены газа из-за потери точности измерений.

Рост популярности биотоплив стал причиной повышения спроса на системы точного измерения расхода газа переменного состава. Выбор лучшей технологии измерений — важнейшее

условие оптимизации энергоэффективности выработки биогаза. В условиях меняющегося состава биогаза технология QuadraTherm с четырьмя датчиками обеспечивает лучшую точность и расширение области применения расходомеров.

*Precise Biogas Flow Measurement  
January–February 2014  
Diesel & Gas Turbine  
Worldwide*

**ВОЗДУХ НАД МОРЕМ  
СТАНЕТ ЧИЩЕ**

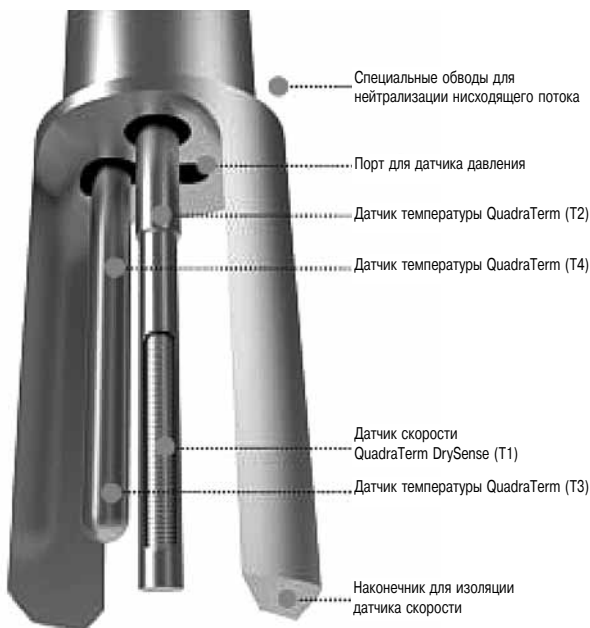
*Гибридная баржа с LNG, строящаяся для порта в Гамбурге, устранит необходимость в буровой станции*

Большие круизные лайнеры, предлагающие комфортные условия туристам, в то же время обладают одним существенным недостатком: они потребляют огромное количество электроэнергии как во время рейса, так и на стоянке. Для выработки электроэнергии на борту обычно используются дизель-генераторы, создающие опасное загрязнение атмосферы вредными выбросами. Особенно остро эта проблема ощущается в акватории порта. Вот почему круизные лайнеры являются идеальными потребителями для применения системы «cold-ironing», т. е. организации энергоснабжения судна от береговых источников, являющихся, как правило, экологически более чистыми.

Одно из возможных решений было предложено компанией «Hybrid Port Energy (HPE) GmbH», филиалом «Becker Marine Systems GmbH & Co. KG, совместно с «AIDA Cruise Co.», которые предложили использовать для этой цели «гибридную» баржу с LNG.



**Рис. 4. Массовый расходомер QuadraTherm фирмы «Sierra Instruments» с погружным пробоотборником**



**Рис. 3. Пробоотборник QuadraTerm фирмы «Sierra Instruments» с четырьмя датчиками**



Такая баржа длиной 74 м строится в настоящее время на судовой верфи «Комарно» (Словакия). На барже будет установлено пять генераторов производства «Zeppelin Power Systems», вырабатывающих в общей сложности 7,5 МВт электроэнергии при частоте 50/60 Гц для питания находящихся в порту круизных лайнеров.

Для привода генераторов используются 16-цилиндровые двигатели Caterpillar C3516 G номинальной мощностью 1672 кВт каждый, сертифицированные исключительно для работы на экологически чистом сжиженном природном газе (LNG).

В этом проекте «Chart Ferox» является поставщиком оборудования для хранения и перекачки сжиженного газа. Система LNG состоит из двух интермодальных контейнеров ISO длиной 12,1 м, агрегата обработки газа (gas processing unit — GPU), трубопроводов, фитингов, устройств управления и защиты. Когда запас газа в контейнере LNG заканчивается, он заменяется на новый. Тем самым устраняется необходимость в бункеровочной станции. Термин «гибридная» в данном случае подразумевает различие между летним и зимним режимами работы установки. Летом система производит электроэнергию напряжением 11 кВ при 60 Гц, а зимой — электроэнергию напряжением 10 кВ при 50 Гц плюс тепло.

Первая гибридная баржа LNG будет поставлена на дежурство на причале Hafencity Grasbrook Гамбургского морского порта. Пуск первой гибридной баржи LNG в эксплуатацию состоится в третьем квартале 2014 г. При этом Гамбург будет первым европейским портом, где круизные лайнеры получают питание по принципу «cold-ironing».

По расчетам компании перевод двигателей с дизельного топлива на LNG позволит полностью исключить выбросы окислов серы ( $SO_x$ ) и частиц (PE), а также обеспечить снижение выбросов окислов азота на величину до 80 %, а двуокиси углерода — до 30 %.

Компанией «Becker Marine Systems» строится еще одно судно, где используется гибридная система LNG. Это всепогодный гибридный паром типа Wadden Sea Ferry, предназначенный для перевозок в Национальном Парке Wadden Sea близ Гамбурга, который имеет статус особо охраняемой природной зоны с очень чувствительной экологией, а также в мелководных прибрежных зонах, окружающих Европу морей.

Паром длиной 71 м и шириной 14 м сможет перевозить 250 пассажиров и 50 автомобилей с эксплуатационной скоростью 11 узлов. На пароме будет установлено три генератора, оснащенных 8-цилиндровыми двигателями Scania 16M мощ-

ностью 300 кВт каждый, и батарея литий-ионных аккумуляторов, обеспечивающая мощность до 2 МВт. Электроэнергия поступает на два пропульсивных агрегата с индивидуальными гребными валами мощностью по 630 кВт каждый. Сжиженный природный газ доставляется в цистернах-полуприцепах в расположенный на палубе гараж. Одной такой цистерны хватает на 3–4 дня работы парома.

По мнению «Becker Marine Systems», отсутствие выбросов частиц и окислов серы является важнейшим фактором, определяющим возможность работы парома в условиях столь чувствительной экологии. Переход на LNG позволяет снизить выбросы  $CO_2$  на 40 %, а окислов азота ( $NO_x$ ) — почти на 90 %. Создание гибридной пропульсивной системы на экологически чистом топливе LNG стало ответом «Becker Marine Systems» на последние директивы ЕС о снижении выбросов  $SO_x$  в зонах контролируемых выбросов окислов серы (SECA) Северного и Балтийского морей. Соответствующие нормативы вступают в силу в 2015 г.

*A Cleaner Way Through The Sea  
April 2014 Diesel & Gas Turbine Worldwide*

#### **ПРЯМОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ**

*Датчик Danfoss поможет операторам выполнять нормативные требования по выбросам.*

Фирма «Danfoss IXA» представила датчик контроля выбросов для судовых дизелей, измеряющий содержание окиси азота (NO), двуокиси азота ( $NO_2$ ), двуокиси серы ( $SO_2$ ) и аммиака ( $NH_3$ ) в выпускном тракте судового двигателя.

Перспективные нормы ИМО, выбросов  $NO_x$  настолько жесткие, что для их выполнения требуется применение очистки отработавших газов, а соответствие этим нормам должно быть документально подтверждено. Для снижения вредных выбросов применяются системы рециркуляции отработавших газов (EGR), скрубберы и системы селективной каталитической очистки (SCR).

Датчик Danfoss предназначен для непосредственного измерения содержания вредных выбросов и может сыграть ключевую роль в определении эффективности этих систем. В некоторых случаях измерения проводятся перед системой очистки газов, чтобы оценить ее необходимость.

Датчик, предназначенный для судовых двигателей, выдерживает температуру до 500 °С. Измерение ведется непрерывно в режиме реального времени. По данным фирмы-изготовителя, интервал обновления показаний составляет 1 секунду, а погрешность не превышает  $\pm 1$  %.

По мнению Петера Хансена, директора по продажам «Danfoss IXA A/S» (Дания), точное изме-





**Рис. 1. Danfoss IXA датчик эвбросов для судовых дизелей**

рение выбросов NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub> абсолютно необходимо для выполнения требований законодательства.

Это поможет выбрать оптимальную систему очистки газов в дополнение (при необходимости) к «внутренним» средствам снижения выбросов. Судовладельцы обязаны знать, в какой степени их двигатели удовлетворяют требованиям ИМО.

Датчик IXA использует принцип ультрафиолетовой (UV) спектроскопии и современные алгоритмы аппроксимации для измерения содержания вредных выбросов. Чувствительный элемент помещают внутри выпускного тракта, в потоке отработавших газов, которые содержат твердые и жидкие загрязнения. Ультрафиолетовое излучение проходит сквозь поток газов и попадает на светоприемник — современный спектрометр, корпус которого находится снаружи выпускной системы.

Каждый из газовых компонентов поглощает ультрафиолетовое излучение определенной длины волны, что позволяет получить характерный для данной концентрации газа «отпечаток». Концентрация каждого газа в потоке рассчиты-

вается путем сравнения «отпечатка» выбросов с эталонными отпечатками из базы данных, хранящейся в датчике. Возможности технологии оперативного измерения выбросов позволяют быстро обновлять данные и повышать эффективность измерений.

По словам Хансена, пока неясно, как надзорные органы собираются контролировать соблюдение новых нормативов, поэтому многие судовладельцы обращаются к «Danfoss» с просьбами поделиться своими прогнозами. Аналогичный интерес проявляют портовые власти, которые планируют получать от судовладельцев документы, подтверждающие соответствие выбросов действующим нормативам. Предлагаемый датчик контроля вредных выбросов для судовых двигателей позволит судовладельцам представить надзорным органам точные данные по всем выбросам на любой момент времени.

В конструкции измерительной системы предусмотрена возможность подключения датчика к внешним системам через Ethernet, CAN, аналоговый выход (4–20 мА), а также цифровые входы и выходы. Это значит, что датчик легко может быть интегрирован в любую внешнюю систему. Единственным расходным элементом датчика является источник ультрафиолетового излучения, требующий замены через каждые 6–12 месяцев или реже, в зависимости от частоты обновления данных. При этом все работы по техобслуживанию и замене расходных элементов могут проводиться силами судовой команды, не имеющей специальной подготовки.

*Direct Emissions Measurement  
November 2014 Diesel & Gas Turbine Worldwide*

### **ВРЕДНЫЕ ВЫБРОСЫ ПОД КОНТРОЛЕМ**

*Прибор для точного определения расхода газа с учетом колебаний температуры и давления разработан для поршневых двигателей и турбин мощностью от 75 до 7457 кВт.*

Фирма «Continental Controls Corp.» (CCC) сообщила о создании газового расходомера типа FM50, который может найти применение в поршневых двигателях практически любой размерности, а также в газовых турбинах малых и средних размеров.



**Рис. 2. Danfoss IXA облучает ультрафиолетовым излучением поток отработавших газов и принимает отраженный сигнал при помощи спектрометра, размещенного в защитном кожухе вне системы выпуска**

Появление расходомера на рынке практически совпало с публикации предложения ЕРА (Агентство США по охране окружающей среды) о разработке стандартов, регламентирующих выбросы двуокси углерода существующими и вновь создаваемыми электростанциями. Сообщение ЕРА было опубликовано 20 сентября 2013 г., согласно которому выброс  $\text{CO}_2$  в атмосферу от вновь строящихся крупных газовых турбин, работающих на природном газе, не должен превышать 454 кг/МВт·ч, а для малых турбин — 499 кг/МВт·ч. Для новых угольных агрегатов также установлен лимит на выбросы  $\text{CO}_2$  в количестве 499 кг/МВт·ч, причем по выбору оператора может быть задан лимит на усредненное значение выбросов за несколько лет, однако в этом случае предельный уровень будет более жестким.

ЕРА разрабатывает также стандарты, нормы и рекомендации, касающиеся выбросов углерода существующими электростанциями. Согласно президентскому меморандуму от 25 июня, стандарты, относящиеся к существующим электростанциям, должны быть выпущены 1 июня 2014 г.

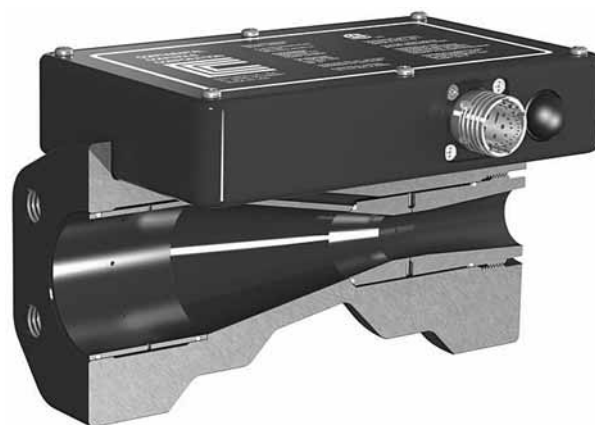
FM50 обеспечивает практически мгновенное измерение расхода, а также расчет усредненного значения расхода за определенный период времени (т. е. за несколько часов, дней или месяцев). Измерение в потоке осуществляется при помощи Вентури, а расход вычисляется с поправками на колебания температуры и давления газа. При этом погрешность не превышает 3 % от показания прибора или 0,5 % от полного значения шкалы прибора.

Прибор FM50 может ставиться на поршневые двигатели и газовые турбины мощностью от 75 до 7457 кВт. При этом его конструкция принципиально не меняется, он может быть приспособлен к двигателю любой мощности в указанном диапазоне.

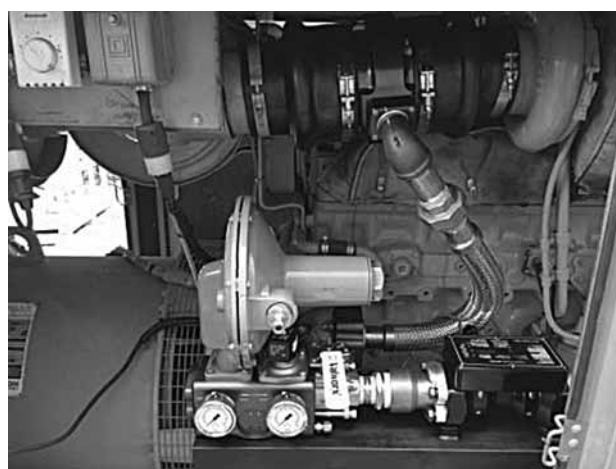
Основные технические характеристики расходомера: перепад давления 0,14 бар, время реакции менее 10 мс, относительный диапазон измерения до 20:1. Блок управления выполняет также калибровку счетчика, автоматически обнуляя показания при каждом его выключении.

Устройство длиной всего 20,3 см можно непосредственно присоединить к всасывающей трубе диаметром всего 5 см, что значительно проще, чем соединять ее со счетчиком большего размера, установленным где-то в стороне.

FM50 имеет встроенный дисплей с подогревом и задней подсветкой, что позволяет устрой-



**Рис. 1. Расходомер FM50  
фирмы «Continental Controls Corp.»**



**Рис. 2. Установка расходомера FM50  
на газовом двигателе**

ству работать при крайне низких температурах окружающей среды. Данные измерений сохраняются на флэш-накопителе или могут быть переданы дистанционно через CAN J-1939, Modbus, Ethernet, модем спутниковой или сотовой связи, либо через беспроводной радиоканал на частоте 2,6 ГГц.

FM50 полезен не только для проверки соблюдения экологических нормативов. Он может пригодиться также в компрессорных и буровых установках с газодизелями (gas substitution system — GSS). В последнем случае FM50 измеряет расходы и вычисляет оптимальное соотношение расходов обоих видов топлива. В газовых турбинах FM50 может измерять расходы газа на каждую секцию камеры сгорания и посылать их в систему управления турбиной для определения КПД установки.

*Keeping Watch On Emissions  
March 2014 Diesel & Gas Turbine Worldwide*



## СОСТОЯЛАСЬ ПЕРВАЯ ПУБЛИЧНАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ РАБОТЫ НОВОГО РОССИЙСКОГО ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

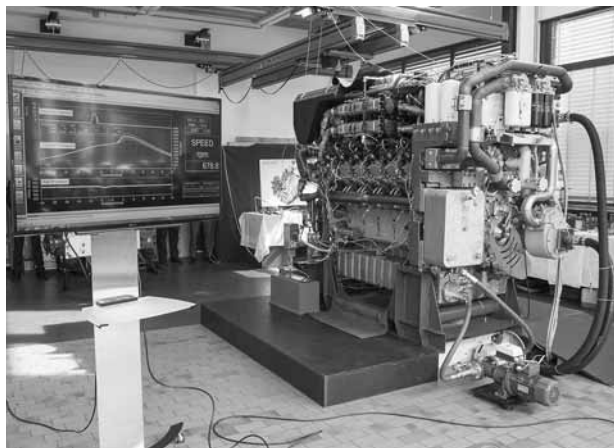
17 марта 2015 г. состоялась торжественная церемония первого публичного запуска дизельного двигателя M150 (рабочее наименование «Пульсар»), созданного совместно российским дизелестроительным предприятием ОАО «Звезда» и австрийской инжиниринговой компанией «AVL List GmbH» по контракту с Министерством промышленности и торговли Российской Федерации в рамках ФЦП «Национальная технологическая база».

Опытный 12-цилиндровый дизельный двигатель мощностью 1440 кВт при 2100 об/мин представляет новое семейство высокооборотных дизельных двигателей многоцелевого назначения в мощностном диапазоне от 400 до 1700 кВт, предназначенных для скоростных и рабочих судов внутреннего и прибрежного плавания, дизель-генераторных установок, карьерной и строительной техники, а также для самоходного подвижного состава железнодорожного транспорта.

Семейство «Пульсар» открывает новый этап в развитии российского дизелестроения. Это самые современные двигатели, созданные в России за последние десятилетия, которым предстоит конкурировать с лучшими зарубежными аналогами за возвращение российского и зарубежного рынков.

Новое семейство российских дизельных двигателей отличается от действующих аналогов экономичностью (расход топлива 195 г/кВт), экологическими показателями, соответствующими требованиям стандартов IMO Tier 3, EC Stage 3b, EPA Tier 4 Interim и высокими ресурсными показателями. В их конструкции воплощены все передовые технические решения мировой инженерной мысли: топливная система Common rail с давлением впрыска до 2500 бар, двухступенчатый турбонаддув с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха, система рециркуляции отработавших газов, система автоматического управления, контроля самодиагностики и защиты.

На испытательном стенде AVL List GmbH команда разработчиков продемонстрировала работу опытного образца двигателя приглашенным представителям проектных организаций, судостроительных и машиностроительных предприя-



тий, а также ключевым партнерам по поставкам оборудования. После завершения цикла всех необходимых испытаний будет организована опытно-промышленная эксплуатация нового двигателя и одновременно продолжится работа по изготовлению следующих образцов семейства.

ОАО «Звезда» подготовило необходимые документы для реализации масштабного комплексного инвестиционного проекта по строительству и пуску в эксплуатацию на своей площадке нового производства для серийного выпуска двигателей нового семейства.

Учитывая безусловную значимость появления в российском двигателестроении собственных технологий современного уровня, необходимых для обеспечения экологической безопасности, и обладающих потенциалом импортозамещения, проект получил поддержку на региональном и федеральном уровнях. На Петербургском международном экономическом форуме в 2014 г. при участии Правительства Санкт-Петербурга было подписано соглашение с Внешэкономбанком о финансировании строительства нового завода.

*ОАО «Звезда» — ведущий российский разработчик и производитель многоцелевых высокооборотных дизельных двигателей мощностью от 500 до 7400 кВт и тяжелых реверс-редукторных передач мощностью до 40 000 кВт для главных судовых энергетических установок. Предприятие основано в 1932 году.*

## РАЗВИТИЕ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ В РОССИИ

Под этой рубрикой в каждом из номеров журнала за 2012 г. редакция подробно информировала читателей о формировании и результатах реализации подпрограммы «Создание и организация производства в Российской Федерации в 2011–2015 годах дизельных двигателей и их компонентов нового поколения» в составе (ФЦП) «Национальная технологическая база». Перечень НИОКР, вошедших в подпрограмму, был разделен на пять основных разделов и первоначально содержал 46 проектов из которых 13 не были реализованы.

Проекты НИОКР, посвященные созданию головных образцов двигателей нового поколения, должны быть завершены в этом 2015 г., со следующими основными результатами.

ОАО «Пензадизельмаш» — создание рядных дизельных двигателей многоцелевого назначения (судовых, тепловозных и промышленных) в мощностном диапазоне 500–1500 кВт; V-образных дизельных двигателей для специальных проектов резервных стационарных энергетических установок атомной энергетики в мощностном диапазоне не менее 3000 кВт; V-образных среднеоборотных дизельных двигателей для магистральных грузовых и пассажирских локомотивов в мощностном диапазоне 2000–4500 кВт.

ООО УДМЗ — создание V-образных дизельных двигателей многоцелевого назначения в мощностном диапазоне 1000–3000 кВт.

ОАО «Звезда» — создание V-образных высокооборотных дизельных двигателей многоцелевого назначения в мощностном диапазоне 400–1700 кВт.

ОАО «Волжский дизель им. Маминых» — создание среднеоборотных дизельных двигателей для маневровых тепловозов, путевых машин и внедорожной строительной техники в мощностном диапазоне 1500–3000 кВт; V-образных среднеоборотных дизельных двигателей для пропульсивных комплексов судов и кораблей Военно-морского флота в мощностном диапазоне 4500–7500 кВт.

В связи с отсутствием на заводах-исполнителях конструкторских и экспериментально-исследовательских подразделений, обеспечивающих развитие новой техники, для выполнения заданий подпрограммы были сформированы следующие альянсы соисполнителей: ОАО «Пензадизельмаш»–ОАО «Коломенский завод»; ООО УДМЗ–FEV GmbH (Германия); ОАО ВДМ–FEV GmbH (Германия); ОАО «Звезда»–AVL List GmbH (Австрия).

В результате сотрудничества сложившихся альянсов головные образцы двигателей нового поколения были созданы в беспрецедентно короткие сроки, но практически полностью (за исключением пары ОАО «Пензадизельмаш»–ОАО

«Коломенский завод») построены из импортных компонентов, изготовленных в странах Европейского союза. Удивительно при этом, что создаваемые в рамках этой же подпрограммы образцы отечественных компонентов нового поколения (турбокомпрессоры, топливные системы, поршни, подшипники и прочие) не нашли применения в новых отечественных двигателях.

Безусловно, интеграция отечественных дизельстроительных заводов в мировую систему кооперации с целью преодоления многолетнего технологического отставания и достижения современного технического уровня конечной продукции — это объективная неизбежность. Однако в условиях введенных в отношении РФ странами ЕС и США экономических и секторальных санкций, постановка на производство созданных образцов новой техники превратилась в серьезную, трудноразрешимую проблему.

На создавшуюся ситуацию Государственный заказчик проектов НИОКР (Минпромторг РФ) отреагировал достаточно предсказуемо. В конце 2014 г. (когда работы по проектам в основном были завершены и деньги, предназначенные для их реализации уже потрачены) под председательством Заместителя Министра А.В. Дутова был создан «Координационный совет по развитию поршневого двигателестроения в России». Рабочее совещание Координационного совета, прошедшее в декабре 2014 г. содержало следующие поручения:

- создать рабочую группу для разработки проекта центра компетенции по судовым силовым установкам и компонентам;

- назначить ответственными за создание рабочей группы ФГУП «Крыловский государственный научный центр» (Санкт-Петербург) совместно с другими заинтересованными предприятиями;

- разработать государственную программу поддержки модернизации производства или создания новых производителей компонентов силовых установок в срок до 30.04.2015 г.;

- назначить ответственными за разработку государственной программы МГТУ им. Н.Э.Баумана совместно с департаментом транспортного и специального машиностроения и департаментом судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга РФ.

Достаточно ли этих, несколько запоздавших и финансово не обеспеченных мероприятий, для выхода из кризисной ситуации покажет ближайшее будущее.

Редакция журнала предлагает всем заинтересованным читателям, направить в редакцию свои предложения по обеспечению импортозамещения в новых проектах двигателей, для их обобщения и опубликования.

*Главный редактор Л.А. Новиков*

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
**НОВЫЕ ГОРЮЧИЕ И СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ПРИСАДКАМИ**



Санкт-Петербургский  
научный центр РАН



**14–17 сентября 2015 г.  
в Санкт-Петербурге  
в здании Академии наук будет проходить  
VIII Международная научно-практическая  
конференция «Новые горючие и смазочные  
материалы с присадками»**

На конференции будут обсуждены практические вопросы переработки нефти, производства новых и альтернативных топлив и смазочных материалов, совершенствования технологий нефтепереработки с использованием инновационных решений и новых катализаторов, технологии переработки тяжелых нефтяных остатков, кислых гудронов и отработавших горюче-смазочных материалов, производства и применения присадок и их влияния на экологию ГСМ и состав отработавших газов энергетических установок внутреннего и внешнего сгорания, а также улучшения экологического состояния мегаполисов, в том числе Санкт-Петербурга.

Особое внимание будет уделено проблемам импортозамещения в нефтеперерабатывающей отрасли и двигателестроении. Будут рассмотрены вопросы импортозамещения присадок к горючим и смазочным материалам, катализаторов глубокой переработки нефти, оборудования и аппаратуры для переработки нефти и нефтяных остатков.

Приоритет отдается докладам практической направленности, связанным с импортозамещением, новыми прорывными технологиями и инновационными решениями в области нефтепереработки и нефтехимии, повышением уровня и глубины переработки нефти и качества ГСМ.

Цель конференции — ознакомление с инновационными разработками ученых в области нефтепереработки, усиление взаимодействия производства с отечественной наукой в области технологических инноваций, информирование работников нефтеперерабатывающей, нефтехимической и двигателестроительных отраслей о новых инновационных разработках.

*Санкт-Петербургский Научный Центр РАН; Северо-Западное отделение Научного Совета РАН по горению и взрыву; ВНИИ НП; ВНИПИНефть; Совет главных механиков предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности; РНЦ «Прикладная химия»; НАМИ-ХИМ; НАТИ; Журнал «Двигателестроение»; НПФ «Экология»; НХПЦ «Нортон»; СПбГАУ; Международная Академия Прикладных Исследований.*

На форуме с докладами выступят ведущие ученые ВНИИ НП, ВНИПИНефть, НИАТ, НАМИ-ХИМ, РНЦ «Прикладная химия», РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, СПбГАУ, ЦНИДИ-Экосервис и многие другие.

Подробная информация и приглашение на сайте [WWW.APRIS.RU](http://WWW.APRIS.RU)



УДК 621.443

Тузов Л.В., Ганин Н.Б., Пряхин А.С. Идеальный термодинамический цикл ДВС с изохорным и изотермическим способами подвода теплоты // Двигателестроение. — 2015. — № 1. — С. 3–6.

**Ключевые слова:** идеальный термодинамический цикл, изотермический и изохорный способы подвода теплоты, интегральные и дифференциальные характеристики цикла.

Предлагается идеальный термодинамический цикл с изохорным и изотермическим способами подвода теплоты, обеспечивающий постоянство максимальной температуры цикла в период изотермического расширения. Показано, что для обеспечения постоянной максимальной температуры цикла необходима постоянная скорость подвода теплоты. Предлагаемый цикл может стать основой для создания рабочего процесса дизеля с низкими выбросами окислов азота. Табл. 1. Ил. 5. Библ. 7.

УДК 621.431.73

Гусаров В.В., Автаев Ф.В. Уравновешивание двигателей типа W8 // Двигателестроение. — 2015. — № 1. — С. 7–13.

**Ключевые слова:** двигатель типа W8, варианты углов заклинки кривошипов, силы и моменты инерции, способы уравновешивания.

Предложены варианты углов заклинки кривошипов коленчатых валов двигателей типа W8, обеспечивающие равномерное чередование рабочих ходов при различных углах развала цилиндров. Выполнена количественная оценка возмущающего действия неуравновешенных сил и моментов инерции от возвратно-поступательно движущихся масс и предложены способы их уравновешивания. Табл. 3. Ил. 4. Библ. 4.

УДК 621.43.038-047.37

Коньков А.Ю., Яранцев М.В. Способ диагностирования плунжерных пар топливного насоса высокого давления // Двигателестроение. — 2015. — № 1. — С. 14–18.

**Ключевые слова:** дизельный двигатель, топливная аппаратура, топливный насос высокого давления, плунжерная пара, износ, диагностика.

Предложен способ диагностирования плунжерной пары без разборки топливного насоса высокого давления и его демонтажа с дизеля, обеспечивающий обнаружение износа прецизионных поверхностей на ранних стадиях развития. Приведены результаты расчетных и экспериментальных исследований. Ил. 5. Библ. 11.

УДК 621.43.068.8

Пушнин В.П. Строение сферических наноразмерных частиц дизельной сажи // Двигателестроение. — 2015. — № 1. — С. 19–25.

**Ключевые слова:** дизельная сажа, условия образования первичной частицы, плотность сфероидальных агрегатов, строение частицы.

Рассмотрены гипотезы о форме и строении первичной частицы дизельной сажи. Показано, что исходя из условий образования дизельной сажи наиболее вероятно образование кристаллитов. Экспериментально определены плотность и электрическое сопротивление сфероидальных агрегатов сажи при горении дизельного и тяжелого топлива. Установлено, что плотность частиц неоднородна по глубине. При этом плотная оболочка частицы может состоять из ориентированных по поверхности кристаллитов, а снижение плотности ядра определяется наличием минеральных составляющих. Табл. 2. Ил. 6. Библ. 27.

УДК 621.436.001

Патрахальцев Н.Н., Аношина Т.С., Камышников Р.О. Снижение расхода топлива и вредных выбросов дизеля на режимах малых нагрузок методом изменения рабочего объема // Двигателестроение. — 2015. — № 1. — С. 26–29.

**Ключевые слова:** дизель, режимы малых нагрузок, экономичность, снижение вредных выбросов, отключение цилиндров.

Приводятся результаты анализа возможности снижения расхода топлива и вредных выбросов дизеля на режимах малых нагрузок за счет отключения части цилиндров или циклов. Анализ эффективности метода выполнен на основе экспериментальных универсальных характеристик дизеля КамАЗ-7456. Ил. 7. Библ. 5.

УДК 62-932.2

Живлюк Г.Е., Петров А.П. Анализ возможностей снижения выбросов вредных веществ эксплуатируемых СДЭУ // Двигателестроение. — 2015. — № 1. — С. 30–34.

**Ключевые слова:** судовые дизельные энергетические установки, условия эксплуатации, топливная аппаратура, снижение выбросов вредных веществ.

Проанализирована целесообразность применения существующих технологий для снижения вредных выбросов судовыми дизелями, установленными на действующих судах. Показано, что нормализация выбросов NO<sub>x</sub> может быть обеспечена за счет организации двухступенчатого впрыска топлива форсунками механического типа, установленными вместо штатных. Повышение экологического эффекта достигается за счет каталитической обработки топлива в корпусе распылителя оригинальной конструкции. Ил. 3. Библ. 7.

УДК 669.13:621.787.4

Марукович Е.И., Бевза В.Ф., Груша В.П., Красный В.А. Повышение качества деталей из чугунов путем совершенствования процесса структурообразования // Двигателестроение. — 2015. — № 1. — С. 35–40.

**Ключевые слова:** направленное затвердевание, дислокации, термическая обработка, макро- и микродефекты, микроструктура чугуна.

Рассмотрено влияние различных факторов формирования заготовок из серого низколегированного чугуна с пластинчатым графитом на структуру, свойства и ресурс работы деталей ДВС ответственного назначения. Показана возможность повышения ресурса работы деталей за счет применения метода направленного затвердевания отливки. Табл. 2. Ил. 5. Библ. 10.

УДК 621.43

Мельник Г.В. Обзор публикаций журнала Diesel & Gas Turbine Worldwide за 2014 год // Двигателестроение. — 2015. — № 1. — С. 41–50.

**Ключевые слова:** журнал Diesel & Gas Turbine Worldwide, альтернативные газовые топлива, методы и средства измерения расходов среды, выбросы вредных веществ.

Выполнен обзор публикаций в журнале Diesel & Gas Turbine Worldwide за 2014 год, посвященных проблемам улучшения топливной экономичности и экологической безопасности двигателей за счет применения газообразных топлив. Показано, что для эффективного использования альтернативных газовых топлив необходимо развивать и внедрять методы точных измерений таких величин, как расход среды и количество вредных выбросов. Табл. 2. Ил. 9.

УДК 621.443

**Tuzov L.V., Ganin N.B., Pryakhin A.S. Ideal Thermodynamic Cycle for Reciprocating Engine with Isochoric and Isothermal Heat Supply // Dvigatelistroyeniye. — 2015. — № 1. — P. 3–6.**

**Keywords:** ideal thermodynamic cycle, isochoric and isothermal heat supply, integral and differential characteristics of cycle.

The authors offer ideal thermodynamic cycle for reciprocating engine with isochoric and isothermal heat supply, which ensures constancy of maximum cycle temperature in isothermal expansion phase. Constant heat supply rate is shown to be a prerequisite for constant maximum cycle temperature. The cycle may be used as a basis for combustion technology to be implemented in new low-NO<sub>x</sub> diesel engines.

1 tables, 5 ill., 7 ref.

UDC. 621.431.73

**Gusarov V.V., Avtayev F.V. Balancing W8 Engines // Dvigatelistroyeniye. — 2015. — № 1. — P. 7–13.**

**Keywords:** W8 engine, crank throw arrangement versions, forces and moments of inertia.

The article discusses crank throw arrangement versions for W8 engine, which ensure equal time period between successive firing strokes at various V-angles. Quantitative assessment of impact from unbalanced forces and moments of reciprocating masses' inertia is carried out. Methods are put forward to offset such disturbances.

3 tables, 4 ill., 4 ref.

UDC 621.43.038-047.37

**Konkov A.Yu., Yarantsev M.V. Assessment of Wear in HP Fuel Pump Plunger Pairs at an Early Stage // Dvigatelistroyeniye. — 2015. — № 1. — P. 14–18.**

**Keywords:** diesel engine, HP fuel pump, fuel supply system, plunger pair, wear, diagnostics.

The authors offer a method of early detection of surface wear in HP fuel pump plunger pairs. The method does not involve removal or dismantling of fuel pump. Results of analyses and tests are presented.

5 ill., 11 ref.

UDC 621.43.068.8

**Pushnin V.P. Structure of Nanoscale Spherical Soot Particles // Dvigatelistroyeniye. — 2015. — № 1. — P. 19–25.**

**Keywords:** soot in diesel engine, conditions of primary particle generation, globular aggregate density, particle structure.

Hypotheses of primary soot particle shape and structure are considered. Taking account of primary particle generation conditions, its most likely shape is crystal grain. Experiments had been carried out that enabled determination of density and electric resistance of globular soot aggregates generated during combustion of diesel and heavy oil. The aggregates were found to be inhomogeneous in depth. High-density shell of a particle may consist of surface-oriented crystals, while its nucleus density is relatively lower due to presence of mineral components.

2 tables, 6 ill., 27 ref.

UDC 621.436.001

**Patrakhaltsev N.N., Anoshina T.S., Kamyshnikov R.O. Improvement in Engine Fuel Efficiency and Emission Performance at Low Loads by means of Displacement Control // Dvigatelistroyeniye. — 2015. — № 1. — P. 26–29.**

**Keywords:** diesel engine, low load operation, fuel efficiency, emission performance, displacement control.

The article discusses a way to improve engine fuel efficiency and emission performance at low loads through displacement control by means of cutting fuel to part of cylinders or controllable combustion miss. Efficiency of the method was evaluated based on universal characteristics of diesel engine type KAMAZ-7456 determined experimentally.

7 ill., 5 ref.

UDC 62-932.2

**Jivlyuk G.E., Petrov A.P. Reserves of Improvement in Emission Performance of Marine Diesel Engines // Dvigatelistroyeniye. — 2015. — № 1. — P. 30–34.**

**Keywords:** marine diesel power units, operation conditions, fuel delivery equipment, emission performance.

Known technologies enhancing engine emission performance were examined for applicability to existing marine diesel power units in operation. In particular, said goal may be achieved through replacement of existing conventional fuel atomizers with innovative mechanical ones featuring two-phase injection. Better emission performance may be achieved by using catalyst installed in specially shaped atomizer casing.

3 ill., 7 ref.

UDC 669.13:621.787.4

**Marukovich E.I., Bevza V.F., Grusha V.P., Krasny V.A. Improvement in Structure Formation Technologies as a Means to Enhance Cast Iron Parts Quality // Dvigatelistroyeniye. — 2015. — № 1. — P. 35–40.**

**Keywords:** directional solidification, dislocation, thermal treatment, macro- and micro-flaws, cast iron microstructure.

A variety of factors affecting formation of low-alloy flaked graphite grey iron blanks are shown to influence structure, life span and performance of diesel engine principal parts. It is demonstrated that directional solidification method may considerably extend service life of engine parts.

2 tables, 5 ill., 10 ref.

UDC 621.43

**Melnik G.V. Review of Diesel & Gas Turbine Worldwide 2014 Publications // Dvigatelistroyeniye. — 2015. — № 1. — P. 41–50.**

**Keywords:** Diesel & Gas Turbine Worldwide, alternative gaseous fuels, flow-metering technologies and instrumentation, noxious emissions.

Reviewed are Diesel & Gas Turbine Worldwide 2014 publications, with focus on fuel efficiency and environmental safety improvement through more extensive use of gaseous fuels.

It is emphasized that more efficient use of alternative gaseous fuels requires new measurement methods, primarily, media flow and emission sensors.

2 tables, 9 ill.

## Вниманию авторов

Редакция обращает внимание авторов на тематическую направленность принимаемых к рассмотрению рукописей и необходимость выполнения требований по их оформлению.

Журнал «Двигателестроение» является ежеквартальным научно-техническим изданием, посвященным проблемам развития, проектирования, изготовления и эксплуатации поршневых двигателей.

Тематика публикаций определила следующие основные рубрики журнала:

- расчеты, конструирование, исследования двигателей;
- системы и агрегаты двигателей;
- конструкционные материалы;
- топливо и смазочные материалы, присадки;
- ресурсосбережение;
- эксплуатация и ремонт двигателей;
- автоматизация и диагностирование;
- проблемы экологии;
- гипотезы и дискуссии;
- история развития конструкций (проектов), предприятий и науки о двигателях;
- обзорная и справочная информация.

Текст рукописи должен быть представлен в двух экземплярах на бумаге формата А4, гарнитура Times New Roman 12, через полтора интервала, с обязательным приложением электронной версии на CD (в формате Microsoft Word 2000/2003), полностью соответствующей оригиналу на бумаге. Формулы в электронной версии должны быть набраны с использованием редактора формул Microsoft Equation 3.0. За достоверность набора формул несет ответственность автор. При использовании в наборе специальных шрифтов последние прилагаются в электронном виде. Электронные копии иллюстраций представляются отдельными файлами в форматах: TIF, JPG (не менее 300 dpi, черно-белые полутоновые изображения).

Представляя рукопись статьи в редакцию, автор должен сообщить о ее предыдущих публикациях.

Рукопись статьи должна иметь рекомендацию к публикации в журнале (направление) от организации, где выполнялась работа, а также акт экспертной комиссии с указанием того, что рукопись не содержит сведений, запрещенных к публикации в открытой печати.

Заглавие статьи должно быть кратким (не более 120 знаков), точно отражающим ее содержание.

Для оперативного решения вопросов, связанных с подготовкой рукописи к публикации, а также для размещения электронной версии журнала в НЭБ должны быть представлены сведения об авторах:

- фамилия, имя, отчество (полностью);
- ученая степень и звание;
- полное наименование места работы;
- полный почтовый адрес;
- действующие контактные телефоны, e-mail).

Для представления авторов читателям желательно присылать цветные или черно-белые фотографии авторов размером не менее чем 3×4 см. Допускаются электронные копии в форматах TIF или JPG.

Обязательными приложениями к рукописи являются: реферат, в котором четко и сжато изложены основные цели и результаты работы объемом от 700 до 1200 знаков; код УДК; ключевые слова.

Заглавие статьи, название организаций, ФИО авторов, ключевые слова и реферат необходимо присылать на русском и английском языках.

Объем статьи не должен превышать 25 тыс. знаков, включая таблицы и список литературы. Иллюстрации в виде графиков, диаграмм, схем и фотографий оформляются в виде приложений к тексту рукописи. Все приложения к тексту рукописи представляются на отдельных листах, а в электронной копии — в виде отдельных файлов. Формулы, иллюстрации и таблицы должны быть пронумерованы в порядке упоминания и снабжены поясняющими (подрисовочными) подписями. Все обозначения на иллюстрациях должны быть объяснены (расшифрованы) в тексте или в подрисовочных подписях и соответствовать обозначениям в тексте.

Даже если все иллюстрации заверстаны автором в текст электронной копии рукописи, то их представление в виде отдельных файлов и распечаток на отдельном листе обязательно.

В статьях желательно приводить только те математические формулы, которые необходимы для понимания существа вопроса, исключая их подробные выводы.

Все обозначения, встречающиеся в формулах, должны быть объяснены.

При написании формул необходимо использовать общепринятые обозначения физических величин по Международной системе единиц (ГОСТ 8.417–2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин). Ссылки на цитируемые источники необходимо оформлять в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 05–2008.

Если представленные в редакцию рукописи не удовлетворяют перечисленным требованиям, то они могут быть доработаны по согласованию с автором сотрудниками редакции. Услуги редакции по доработке рукописей статей платные.

Рукописи статей, поступившие в редакцию, рецензируются специалистами. Если у рецензента имеются обоснованные критические замечания, статья возвращается автору на доработку.

Редакция оставляет за собой право внесения в текст редакторских изменений, не искажающих смысла авторского текста. При поступлении в редакцию обоснованных критических замечаний, касающихся размещенного в журнале материала, редакция оставляет за собой право на их публикацию в порядке дискуссии.

Авторское право на конкретную статью принадлежит авторам. Ответственность за содержание статьи несет также автор. При перепечатке статьи или ее части ссылка на журнал обязательна.

Публикация в журнале учитывается ВАК в качестве печатного научного труда.

Рукописи, направленные в редакцию, авторам не возвращаются.

*Редакция журнала*