

ПО СТРАНИЦАМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ЖУРНАЛОВ

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

**НОВЫЕ СИСТЕМЫ ТУРБОНАДУВА
ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

«Borg Warner Turbo Systems», немецкий филиал американской компании «Borg Warner Inc.», представил на рынке новую систему двухступенчатого турбонадува R2S для транспортных двигателей.

Эта система впервые была применена на автомобиле BMW 535d; в настоящее время прорабатываются варианты ее применения на грузовиках, фургонах и автобусах.

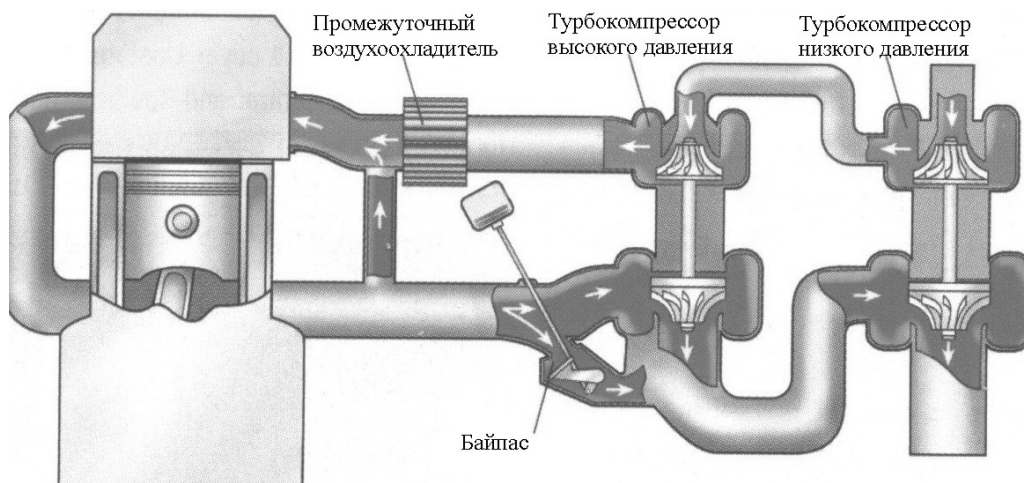
К транспортным двигателям предъявляется целый ряд специфических требований. Они должны обеспечивать большой момент на подъеме, в то же время они должны быть в состоянии развивать достаточную мощность даже на низких оборотах, чтобы сохранять приемлемый расход топлива при движении по шоссе. Перспективные системы турбонадува должны удовлетворять постоянно растущим требованиям обеспечения необходимых рабочих характеристик, топливной экономичности и экологии, особенно в свете новых стандартов ЕРА и Евро-4, вступающих в силу для транспортных двигателей в 2006–2007 годах.

В этой связи все большее распространение на пассажирских и грузовых автомобилях получают турбокомпрессоры с изменяемой геометрией. Вместе с тем отмечается, что возможности одноступенчатого наддува близки к своему пределу. Дальнейший рост мощности, как правило, ведет к относительному снижению пускового крутящего момента. Для повышения мощности двигателя

приходится увеличивать размеры турбокомпрессора. В то же время для повышения пускового крутящего момента нужно делать турбину и компрессор как можно меньше.

Система R2S позволяет решить одновременно обе задачи, и, по утверждению «Borg Warner Turbo Systems», дает неограниченные возможности адаптации турбины и компрессора в любой точке поля характеристик двигателя.

Система двухступенчатого турбонадува (см. рисунок) состоит из двух последовательно включенных турбокомпрессоров разной размерности, а именно — большого турбокомпрессора низкого давления и малого турбокомпрессора высокого давления. В отличие от пассажирских автомобилей, в системах двухступенчатого наддува двигателей грузовых автомобилей применяется только один байпасный клапан — на турбокомпрессоре высокого давления. При этом появляется возможность настроить оба турбокомпрессора так, чтобы каждый из них работал в любой точке поля характеристик двигателя, а давление наддува регулировалось внешним байпасом. Такая схема позволяет избежать падения давления наддува, характерного, в частности, для турбокомпрессоров с заслонкой.



Система R2S обеспечивает целый ряд преимуществ по сравнению с обычными системами. Она позволяет не только повысить мощность двигателя, но и снизить его минимальную скорость под нагрузкой. Повышение давления наддува и крутящего момента сопровождается улучшением динамики двигателя, в особенности — при больших нагрузках. По словам производителя системы R2S, улучшение воздухообмена двигателя за счет ее применения ведет к снижению выбросов NO_x.

Указывается также, что в системе используются проверенные и серийно выпускаемые компоненты, и что есть заявки на поставку системы от целого ряда ведущих производителей двигателей для грузовиков.

Еще одной новинкой от «Borg Warner Turbo Systems» является система eBooster, в основе которой лежит турбокомпрессор с электроприводом, который может располагаться до или после основного турбокомпрессора, причем общая степень сжатия определяется как произведение степеней сжатия обоих устройств. Новая система позволяет устранить влияние инерционности турбонаддува на рабочий процесс и, как ожидается, существенно повысить удельную мощность двигателей различных применений.

Последнее означает, что двигатель с меньшим рабочим объемом должен развивать ту же мощность, что и его более крупный предшественник; это позволит снизить удельный расход топлива и выбросы. Как отмечает «BorgWarner Turbo Systems», само по себе повышение мощности за счет увеличения скорости или цикловой подачи топлива — задача относительно простая; гораздо сложнее сохранить идентичность характеристик обоих двигателей. Это прежде всего относится к работе на долевых скоростях, что ведет к снижению управляемости транспортных средств и приемистости стационарных агрегатов.

Целью создания системы eBooster является обеспечение возможности сохранения формы скоростных характеристик при переходе от большого двигателя к меньшему. Устройство состоит из центробежного турбокомпрессора, электродвигателя и корпуса с подшипниками. По желанию заказчика в комплект поставки может быть также включен блок питания и управления в целях улучшения электромагнитной совместимости.

Для системы eBooster, работающей последовательно с основным турбокомпрессором, характерны значительно меньшие тепловые и механические нагрузки на электрические и электронные компоненты по сравнению с электроприводным турбокомпрессором.

В настоящее время изделие находится в стадии подготовки серийного производства.

Одной из основных задач при этом является включение системы eBooster в общую структуру бортовой сети транспортного средства, в частности, питающейся от источника 12 В. Выход новой системы на рынок планируется на 2008–2009 годы.

Diesel Progress International Edition, May-June, 2005

Diesel Progress North American Edition September, 2005

ДВУХТОПЛИВНЫЙ ДИЗЕЛЬ ФИРМЫ «WARTSILA»

Недавно фирма Wartsila получила крупный заказ на изготовление 50 двухтопливных двигателей серии Wartsila 50DF для корейской компании «Samsung Heavy Industries Co. Ltd.» Они будут установлены в качестве главных двигателей на шести строящихся электроходах для перевозки сжиженного природного газа с объемом танков 155 000 м³ каждый.

Каждое из судов будет приводиться в движение тремя 12-цилиндровыми и одним 6-цилиндровым двигателем «Wartsila» 50DF общей мощностью 39,9 МВт. Поставка двигателей с завода Wartsila в Триесте начнется в январе 2007 года.

По словам представителя одного из двух будущих судовладельцев, японской фирмы «Kawasaki Kisen Kaisha Ltd.», силовая установка с двухтопливным двигателем и электродвижением значительно превосходит паротурбинную установку с точки зрения топливной экономичности и экологии.

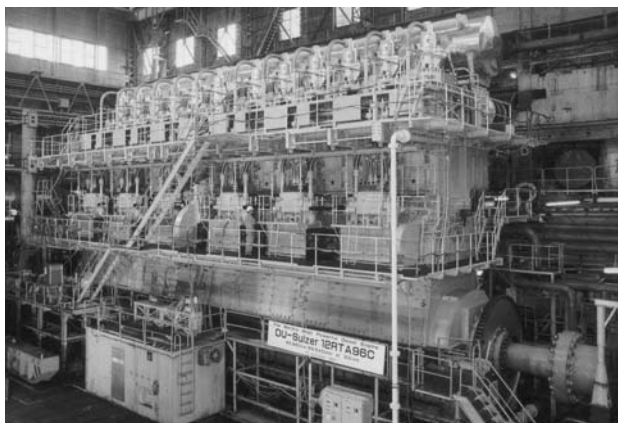
Размерность двигателя Wartsila 50DF — 50/58, цилиндровая мощность — 950 кВт при 514 об/мин. Он приводит во вращение генератор переменного тока частотой 60 Гц. Двигатели выпускаются в рядном (6, 8 и 9 цилиндров) и V-образном (12, 16 и 18 цилиндров) исполнении. Они могут автоматически переключаться с тяжелого топлива на газ и обратно при работе на полной мощности.

В качестве газового двигателя Wartsila 50DF работает по циклу Отто с «бедной смесью», а газ поступает в ресивер под давлением менее пяти бар. На ходе всасывания он попадает в цилиндры через индивидуальные впускные каналы, где смешивается с воздухом, образуя готовую «бедную смесь», заполняющую камеру сгорания. Надежное зажигание газозвушной смеси обеспечивается за счет впрыска непосредственно в камеру сгорания пилотного дизельного топлива, которое воспламеняется от сжатия и поджигает газозвушную смесь, причем на дизельное топливо приходится менее 1 % выделяющегося при сгорании тепла.

Применение двухтопливных двигатель-генераторов в качестве главных и вспомогательных агрегатов газозвозов обеспечивает значительные преимущества по сравнению с паротурбинными установками в отношении экономии топлива, снижения вредных выбросов и повышения надежности за счет резервирования.

Diesel & Gas Turbine Worldwide, July-August, 2003

ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ WARTSILA-ZULZER RT-FLEX



В конце 2004 года на верфи Куре был сдан Nedlloyd Mondriaan — самый большой контейнеровоз японской постройки. Его оператор — немецкая компания «Reederei Blue Star GmbH», финансируемая группой MPC Capital — заказала еще семь таких судов. Все они будут строиться также на верфи Куре. Контейнеровоз имеет следующие размеры: длина — 335 м, ширина — 82,5 м, дедвейт — 97 517 т, грузоподъемность — 8450 ДФЭ. Скорость судна — 24,5 узла при летней осадке 14,0 м. Оно способно взять на борт 701 изотермический контейнер, в том числе 189 контейнера в трюме и 512 — на палубе.

Двигатель Wartsila RT-flex 96С (12ДН 96 × 2500) — один из крупнейших в мире малооборотных двухтактных дизелей. Он был построен по лицензии «Wartsila» японской фирмой «Diesel United Ltd., Aioi». Всего фирма получила заказы на 83 машины данной размерности, более 40 из которых — 12-цилиндровые. На Mondriaan был установлен первый из этих двигателей мощностью 61 900 кВт при 94 об/мин.

Двигатель Wartsila Sulzer RT-flex не имеет кулачкового вала. Он оборудован системой *common rail*, работающей при давлении топлива 1000 бар, которое создается специальным насосом собственной разработки и изготовления, а для управления выпускным клапаном предусмотрена отдельная электрогидравлическая система, поддерживающая давление от 80 до 200 бар. Электронное управление обеими

системами обеспечивает гибкость, экономичность и отсутствие дыма за счет индивидуального регулирования длительности и давления впрыска, а также цикловой подачи по каждому цилиндру. Этому также способствует индивидуальное управление выпускным клапаном каждого цилиндра. Система *common rail* обеспечивает возможность работы на тяжелых топливах вязкостью до 730 сСт. Относительно большое число цилиндров и прецизионное управление впрыском позволяет двигателю работать при частоте вращения менее 10 % от номинала, сохраняя при этом бездымный выхлоп. Во время заводских испытаний была достигнута нижняя частота вращения 7 об/мин.

Еще одним преимуществом принятой концепции является поддержание минимальной температуры выхлопа при малых нагрузках на уровне 150 °С в целях предотвращения коррозии, что стало возможным благодаря гибкому управлению выпускными клапанами.

Diesel & Gas Turbine Worldwide, September, 2003

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА КОРАБЛЯХ И СУДАХ ВМФ

Энергетические установки с дизельными двигателями находят широкое применение в военных флотах всех стран мира. При этом тенденция совершенствования самих дизелей отчетливо просматривается как в настоящее время, так и в перспективе.

Для ЭУ подводных лодок с неатомной энергетикой в настоящее время характерны две тенденции развития. Первая — совершенствование традиционных дизель-электрических энергетических установок. В качестве привода генераторов могут использоваться форсированные высокооборотные дизели (ВОД) с частотой вращения от 1200 до 1800 об/мин и агрегатной мощностью от 700 до 1500 кВт, способные устойчиво работать при разрежении на всасывании и противодавлении на выпуске. Вторая тенденция — создание анаэробных энергетических установок (не зависящих от атмосферного или внутриотсечного воздуха). Они позволяют строить подводные лодки, по характеристикам сравнимые с атомными ПЛ. Прежде всего, это двигатели Стирлинга, позволяющие использовать этот малошумный двигатель с внешним подводом тепла в подводном положении как для привода движителя, так и подзарядки аккумуляторных батарей.

Еще один тип анаэробной ЭУ для ПЛ — дизельные установки замкнутого типа. Если топливные элементы и двигатель Стирлинга могут

лишь частично решить проблему увеличения длительности непрерывного плавания под водой, то дизель, работающий по замкнутому циклу, способен обеспечить подводный ход в пределах полной автономности ПЛ.

После 2030 г. вторая тенденция (анаэробные ЭУ) будет доминирующей на всех флотах мира. До этого времени будут интенсивно развиваться так называемые «гибридные» ЭУ, включающие в свой состав традиционную дизель-электрическую и анаэробную ЭУ.

Для кораблей противоминной обороны нет альтернативы применению дизельного двигателя. Только дизель способен обеспечить наибольшую дальность плавания кораблей небольшого водоизмещения, высокую надежность, приемистость и готовность.

Для боевых катеров и кораблей малого и среднего водоизмещения (фрегатов, корветов) необходимость обеспечения больших дальностей плавания диктует использование дизелей. Однако необходимость иметь высокую скорость при жестких требованиях к массогабаритным характеристикам в целом ряде случаев требует применения газотурбинных двигателей (ГТД). Поэтому в перспективе до 2030 г. здесь будут применяться либо дизельные, либо комбинированные дизель-газотурбинные ЭУ.

Десантные и вспомогательные корабли и суда — спасательные суда, плавбазы, танкеры, буксиры и т. п. — в подавляющем большинстве будут использовать в качестве главных двигателей мощные СОД (от 5 до 20 МВт). При недостатке агрегатной мощности на эти корабли и суда будут устанавливаться многомашинные ЭУ (как правило, двухмашинные). Таким образом, проблема разработки, создания, производства и эффективной эксплуатации современных корабельных и судовых высокооборотных и среднеоборотных дизельных двигателей остается актуальнейшей.

В настоящее время мировая тенденция совершенствования корабельных СОД и ВОД идет в направлении повышения агрегатной мощности за счет роста среднего эффективного давления, снижения расхода топлива, увеличения технического ресурса. Вместе с тем резервы улучшения показателей существующих отечественных ВОД практически исчерпаны.

Для ВМФ осталась проблема — отсутствие современного отечественного серийного СОД, способного обеспечить мощностной ряд от 2000 до 8000 кВт для использования в качестве главных и вспомогательных корабельных и судовых двигателей.

Высокооборотные дизели ОАО «Звезда» до настоящего времени широко используются как

главные и вспомогательные в составе дизельных и дизель-газотурбинных ЭУ. В настоящее время ведется работа по улучшению их технических показателей, в том числе ремонтпригодности, что позволит использовать эти двигатели на кораблях перспективных проектов. Развернуты работы по производству дизеля размерностью 21/21 на ООО «УДМЗ» (г. Екатеринбург), что не в полном объеме компенсирует отсутствие современного серийного ВОД для ВМФ.

Таким образом, разработка требований, научное и опытно-конструкторское сопровождение и создание новых современных дизельных двигателей для ВМФ РФ на базе отечественных машиностроительных заводов являются актуальнейшей задачей.

Мощностные ряды от 2 до 8 тыс. кВт на базе СОД и от 500 до 7 тыс. кВт на основе ВОД должны обеспечиваться унифицированными конструкциями двигателей, допускающими получение требуемой мощности за счет изменения как числа цилиндров от 4 до 20 в одном агрегате, так и объема самих цилиндров (изменения диаметра поршня). Высокий наддув при наличии топливной аппаратуры с электронным управлением и давлением впрыска более 200 МПа обеспечит необходимый уровень форсировки при высокой топливной экономичности этих двигателей. Полная контролепригодность на основе использования комплексной системы диагностирования позволят эксплуатировать новое поколение дизелей по их техническому состоянию. Бесшумность, антимагнитные свойства и малые массогабаритные показатели будут обеспечиваться за счет применения композиционных материалов при изготовлении как несущих деталей двигателя, так и деталей движения.

Разработка и создание ЭУ с дизелями, работающими по замкнутому циклу, а также работа над созданием ЭУ с двигателем Стирлинга дадут возможность продвинуть проекты перспективных неатомных подводных лодок, а продолжение работ по созданию маломощных с низкими виброактивностью и тепловой заметностью ВОД для кораблей ПМО и снижение уровней шума, вибрации, теплового поля дизельных энергетических установок сыграют благотворную роль в развитии кораблей и судов других классов.

Судостроение № 5, 2005 (Перепечатка статьи из «Военно-Промышленного Курьера» № 5 (72) от 9–15 февраля 2005)

СУДОВОЙ МАЛОБОРОТНЫЙ ДИЗЕЛЬ ТИПА 7S50MC-C БРЯНСКОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

В августе 2004 г. ЗАО УК «Брянский машиностроительный завод» (БМЗ) получил заказ на изготовление семи судовых малооборотных дизелей типа 7S50MC-C (Mark 7), предназначенных для установки на танкеры-химовозы. Контракт был подписан с фирмой-лицензиаром MAN — B&W Diesel A/S. Постройка танкеров будет осуществляться южнокорейской верфью Hyundai Mipo Dockyard Co., Ltd. для одной из европейских судоходных компаний. Суда будут иметь гребные винты фиксированного шага.

Производственный цикл головного образца двигателя занял около 7 мес., и уже в апреле 2005 г. двигатель успешно прошел приемочные испытания под наблюдением представителя норвежского классификационного общества Det Norske Veritas. Результаты испытаний полностью соответствуют спецификациям, заявленным фирмой-лицензиаром В период приемочных испытаний были проверены пускоревверсивные свойства двигателя, работа регулятора частоты вращения, функционирование системы защиты двигателя, работа детектора масляного тумана, замерены уровни шума и вибрации, а также выполнен ряд других штатных проверок в соответствии с программой испытаний.

Двигатель устойчиво работал на режиме минимально устойчивой частоты вращения коленчатого вала и режиме заднего хода.

Приемочные испытания двигателя совмещались с экологическими сертификационными испытаниями, проводимыми в соответствии с требованиями международной конвенции MARPOL 73/78 (Приложение VI, Правило 13). В период испытаний концентрация компонентов вредных выбросов с отработавшими газами измерялась фирмой ООО НПФ «Экология» (Санкт-Петербург), аккредитованной Российским морским регистром судоходства.

Для снижения уровня выбросов окислов азота, выбросов частиц, окиси углерода и углеводородов фирма-лицензиар в течение последних лет поэтапно проводила модернизацию топливных форсунок. На заключительном этапе она ввела в качестве стандартных форсунки золотникового типа. Конструктивные особенности данного типа форсунок состоят в том, что отверстия сопла распылителя открываются не конусной иглой, а золотником. Открытие отверстий происходит только в момент впрыскивания топлива. Все остальное время отсутствует связь между камерой сгорания и какими-либо «паразитными» полостями (мешочками) форсунки с остатками

топлива. Число отверстий сопла, через которые происходит распыливание топлива, их диаметр и направление оптимизированы под геометрическую форму камеры сгорания цилиндра дизеля. Тем самым предотвращается появление локальных высокотемпературных зон в камере сгорания, влияющих на уровень эмиссии NO_x.

Форсунки золотникового типа дают очень малую эмиссию частиц.

Дизель оснащен турбокомпрессором марки TPL80-B1 1 швейцарской фирмы ABB, имеющим гарантированный общий КПД 68%. Значение выброса окислов азота составило 12,8 г/(кВт·ч), что существенно ниже предельно допустимого уровня (17 г/(кВт·ч)). В результате двигатель был признан удовлетворяющим требованиям конвенции MARPOL 73/78 (в части выбросов NO_x), и уже получен экологический сертификат на двигатель от норвежского классификационного общества DNV. Следует отметить, что головной двигатель был выбран в качестве базового двигателя группы (в соответствии с положениями Технического кодекса к MARPOL 73/78 была использована «концепция группы»), и все последующие двигатели данного типа производственной программы БМЗ будут сертифицированы как члены группы, т. е. без проведения дополнительных экологических испытаний.

К моменту опубликования данной статьи ЗАО УК БМЗ изготовил и испытал еще один головной образец двигателя типа 7S50MC-C, отличающийся от описанного в статье повышенной степенью форсировки — Mark 8 (СМДМ = 11 620 кВт при 127 об/мин, среднее эффективное давление $P_{me} = 20$ бар). В отличие от предшественника, двигатель предназначен для работы на гребной винт регулируемого шага, имеет систему супер-VIT регулировки угла опережения подачи топлива в цилиндры и меньший удельный расход топлива.

Судостроение № 5, 2005