

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ТОПЛИВОПОДАЧИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (материалы конгресса СИМАК 2013)

Вниманию читателей предлагаются два доклада из материалов конгресса СИМАК-2013, посвященные развитию систем топливоподачи.

В первом из них представлена топливная аппаратура фирмы «L'Orange», созданная специально для двигателей, выпускаемых в странах Азии, и в первую очередь — в Китае. Отмечается, что качественная топливная аппаратура является одним из ключевых условий создания экономичных и экологически безопасных двигателей. Необходимый уровень давления и требуемые характеристики впрыска обеспечены как традиционными механическими системами (ТНВД–форсунка), так и современными системами с электронным управлением типа common rail. Подробно описаны системы топливоподачи «L'Orange» для перспективных китайских двигателей JDEW 175 CR (для работы на дистиллятных топливах) и JDEC 260 CR (для работы на мазуте).

Доклад фирмы «Bosch» посвящен описанию системы электронного управления судовыми двигателями. Система создана на основе аппаратного и программного обеспечения автомобильного контроллера EDC17CV41 и адаптирована к условиям судовых силовых установок, что позволяет реализовать широкий спектр разнообразных функций регулирования, управления, защиты, мониторинга и технической диагностики судовых дизелей. Контроллер, датчики и исполнительные устройства объединены в сеть, работающую по протоколу CAN, которая может быть интегрирована в систему общесудовой автоматики. Рассмотрены несколько возможных бизнес-моделей дальнейшего развития программного обеспечения, в том числе с участием заказчика.

Перевод докладов выполнен к.т.н. Г. Мельником

СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ L'ORANGE ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ, ПРОИЗВОДИМЫХ В КИТАЕ И В СТРАНАХ АЗИИ. ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

*Marc-Tran Heller, L'Orange Fuel Injection Trading
(Suzhou) Co., Ltd., КНР
Tobias Stelzer, Mike Riegert,
L'Orange GmbH, Германия
Shusheng Li,
Jinan Diesel Engine Co., Ltd., КНР*

Реферат

В 2013 г. фирма «L'Orange GmbH» отметила свое 80-летие. За эти годы компанией накоплен обширный опыт в области создания систем топливоподачи для двигателей внутреннего сгорания, в первую очередь — для главных судовых дизелей, двигателей внедорожной техники, дизель-генераторов и специальных транспортных средств. Фирма «L'Orange» была основана в 1933 г. сыном одного из пионеров дизелестроения Проспера Леранжа (Prosper L'Orange) в Штутгарте (Германия). С первых дней своего существования «L'Orange» вошла в число лидеров технического прогресса в области создания систем топливоподачи для двигателей различного назначения. В последние годы «L'Orange» успешно разрабатывает и внедряет компоненты систем топливоподачи дизелей (работающих на дизельном топливе и мазуте), газовых двигателей и газодизелей, а также систем подачи воды и эмульсии, в том числе:

➤ механические системы топливоподачи типа «ТНВД–трубка–форсунка»;

➤ системы common rail с электронным управлением;

➤ системы common rail для газовых двигателей с пилотным впрыском отдельной мини-форсункой;

➤ системы common rail для пилотного впрыска запального топлива в сочетании с основным впрыском через двухигольную форсунку (газодизели);

➤ газовые форсунки для подачи газа под давлением, а также запального топлива.

В настоящем докладе дан обзор технологий «L'Orange», предназначенных для повышения надежности и снижения расхода топлива, обеспечения соответствия требованиям экологических стандартов и снижения общей стоимости жизненного цикла двигателей. Особое внимание уделено работам по созданию систем топливоподачи для Китая и стран Азии. Помимо развития традиционных механических систем, в том числе для двигателей большой размерности, испытывающих в настоящее время «второе рождение», в докладе подробно рассмотрены две системы common rail, созданные по заказу китайской двигателестроительной фирмы «Jinan Diesel Engine Co., Ltd.» (JDEC) для двигателя типа JDEW 175 CR, работающего на дистиллятном дизельном топливе, и двигателя типа JDEC 260 CR, работающего на мазуте.

Введение

За последние десятилетия двигателестроение в странах Азии добилось серьезных успехов в области повышения технического уровня и кон-

курентоспособности высоко- средне- и мало-оборотных дизелей большой размерности.

Сегодня здесь построены наиболее современные предприятия по производству двигателей новейших моделей и внедрены методы контроля качества двигателей, которые служат образцом для всего мира, о чем свидетельствует выбор Шанхая (Китай) в качестве места для проведения Конгресса СИМАК-2013.

Фирма «L'Orange GmbH» впервые вышла на китайский рынок в начале 1980-х годов с механическими системами топливоподачи для среднеоборотных дизелей и двигателей, работающих на тяжелом топливе. Позднее, помимо механических систем топливоподачи, в линейку продукции «L'Orange» вошли системы common rail с электронным управлением для четырехтактных высоко- и среднеоборотных дизелей, а также системы впрыска запального топлива с двухигольными форсунками для газодизелей и газовых двигателей. Системы common rail для первых двухтактных малооборотных двигателей, собранных в Азии, — были изделия «L'Orange».

Вступив с инициативным проектом D'BLUE совместно с фирмой «Hoerbiger», компания «L'Orange» обеспечила высокий спрос в будущем на все системы топливоподачи для дизелей, газодизелей и газовых двигателей.

Специализация компании «L'Orange»

Компания «L'Orange» специализируется на создании и выпуске систем common rail для четырехтактных двигателей с цилиндровой мощностью 90 кВт и выше, а также механических систем впрыска для четырехтактных двигателей с цилиндровой мощностью свыше 2000 кВт, работающих на мазуте.

Топливные насосы высокого давления, форсунки, топливные трубки высокого давления, предохранительные клапаны, а также комплектные

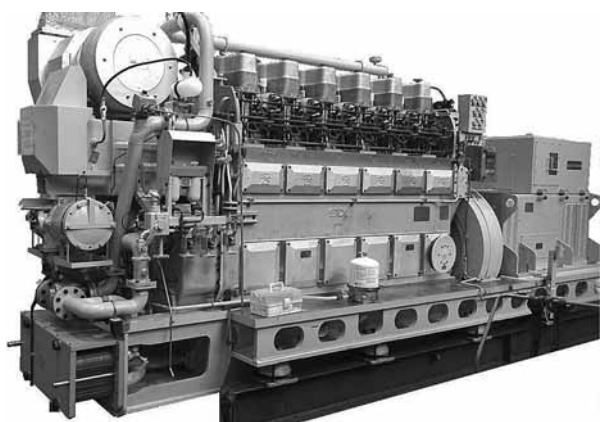


Рис. 1. Двигатель серии L23/30 компании «STX Heavy Industries Co., Ltd.» с механической системой впрыска L'Orange

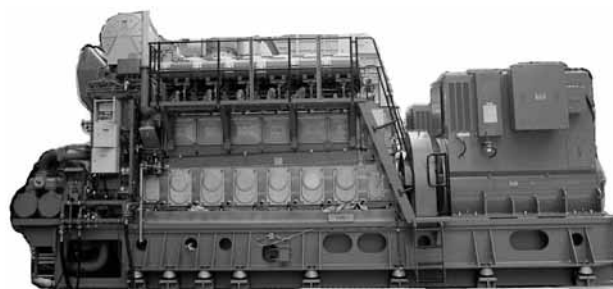


Рис. 2. Двигатель серии L32/40 компании «Doosan Engine Co., Ltd.» с механической системой впрыска L'Orange

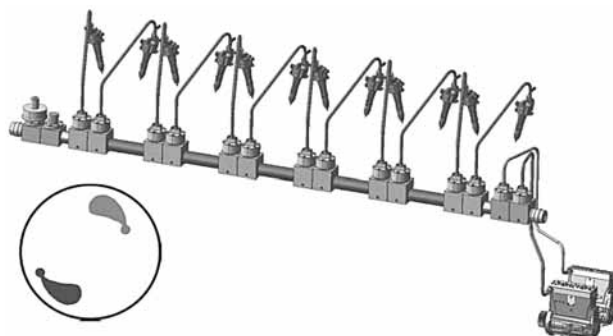
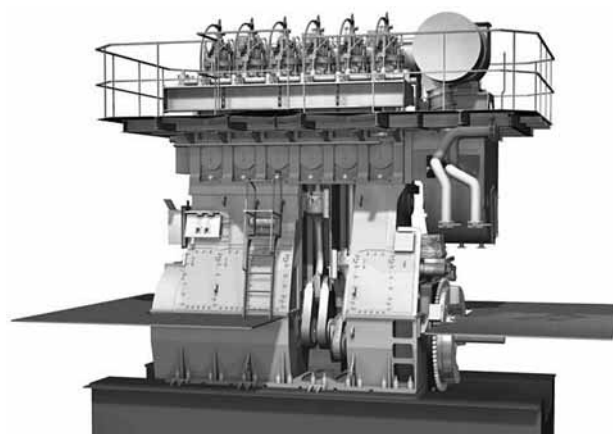


Рис. 3. Двухтактный двигатель Wartsila серии L7 WX40 производства «Yuchai Marine Power Co., Ltd.» с системой common rail фирмы «L'Orange»

системы топливоподачи L'Orange установлены на многих моделях двигателях большой размерности от самых разных производителей.

В качестве примеров некоторые модели дизелей, производимых в Азии и оборудованных механическими или электронными (common rail) системами L'Orange приведены на (рис. 1–4).

Ключевые технологии

В развитии дизелей большой размерности можно отметить следующие тенденции [1]:

- повышение средней скорости поршня;
- повышение среднего эффективного давления;
- повышение давления в конце такта расширения.

Рыночные цены, Роттердам (28.01.2013)

Топливо	Цена, \$/т
IFO 380 (RMH 35)	615
IFO 180 (RMH 25)	640
MGO	951

Источник: www.bunkerworld.com

В реализации отмеченных выше тенденций, направленных на повышение экономичности и снижение вредных выбросов двигателей, немалая роль отводится современным технологиям топливоподачи, способным обеспечить впрыск топлива в камеру сгорания при высоком давлении.

Системы обоих типов, выпускаемые «L'Orange» — как механические, так и common rail с электронным управлением — развивают давление впрыска, приближающееся к пределам физических возможностей материалов.

Индивидуальные механические топливные насосы (рис. 4) развивают давление, приближающееся к границе 2000 бар. Топливные насосы высокого давления (ТНВД) для систем common rail обеспечивают давление до 2200 бар при работе как на дистиллятных, так и на тяжелых топливах (рис. 5). Речь идет о так называемых системах common rail третьего поколения, серийно выпускаемых «L'Orange» с 2011 г.

В настоящее время идет подготовка к серийному производству систем четвертого поколения с давлением впрыска до 2500 бар.



Рис. 4. Механический индивидуальный топливный насос



Рис. 5. Топливный насос высокого давления и форсунка common rail

Помимо постоянно возрастающих технических требований, обеспечивающих качество рабочего процесса, новые системы должны обеспечивать высокие требования экономичности, надежности и ресурса. Условия жесткой конкуренции и стремление снизить эксплуатационные расходы побуждают конечных пользователей использовать более дешевые топлива (табл. 1). Аппаратура топливоподачи должна удовлетворять чрезвычайно жестким требованиям в части межремонтного срока службы, механической прочности, и, прежде всего, требованиям безопасности в условиях плавания (SOLAS). Для конструктивной и технологической адаптации систем топливоподачи (как традиционных механических, так и common rail) к применению дешевых топливосмазочных материалов необходимо:

- использовать защитные материалы и/или покрытия, контактирующие с агрессивными средами и обладающие высокой износостойкостью;
- применять жаростойкие стали и эластомеры;
- охлаждать наиболее чувствительные элементы аппаратуры топливоподачи (например, электромагниты и сопла распылителей);
- оптимизировать схемы охлаждения и состав теплоносителей;
- использовать модульные конструкции, облегчающие замену наиболее напряженных узлов и деталей;
- обеспечить герметичность линий возврата топлива высокого давления во избежание испарения летучих компонентов топлива.

Наряду с турбонаддувом, электроникой и технологиями очистки отработавших газов, аппаратура впрыска является одной из ключевых систем современных дизельных двигателей.

Примером успешного сотрудничества «L'Orange GmbH» с китайской двигателестроительной фирмой «Jinan Diesel Engine Co., Ltd.» может служить программа повышения технического уровня высоко- и среднеоборотных двигателей за счет установки систем common rail.

Система Common Rail

для двигателей JDEC серии 175

Двигатель JDEC серии 175 представляет новое семейство высокооборотных V-образных дизелей (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики двигателя JDEC серии 175

Диаметр цилиндра, мм	175
Ход поршня, мм	190
Номинальная мощность	V12: 1645 кВт при 1800 об/мин
Вид топлива	Дизельное (дистиллят)
Уровень вредных выбросов	US EPA Tier 4
Система топливоподачи	Common rail
Давление в системе топливоподачи, бар	1800 (номинал)

На рис. 6 показана система common rail для 12-цилиндрового V-образного двигателя (V12), состоящая из ТНВД, топливных трубок высокого давления, распределительного блока с датчиком давления и предохранительным клапаном, а также форсунок.

В системе использован двухплунжерный вариант насоса с производительностью до 15 л/мин для дизельного топлива (рис. 7), хорошо зарекомендовавший себя в эксплуатации.

Форсунка common rail (рис. 8) последней модификации обеспечивает многофазный впрыск и отличается пониженной механической напряженностью за счет применения общей аккумулялирующей полости, а также минимизации объема, занимаемого электромагнитом и гидроусилителем (рис. 9).

Конструкция аккумулятора обеспечивает минимальные утечку и пульсации давления, что, в свою очередь, гарантирует высокий ресурс деталей, прежде всего — распылителя и компонентов гидроусилителя. Кроме того, минимальное расстояние от общего аккумулятора до распылителей позволяет увеличить цикловую подачу и уменьшить ее неравномерность.

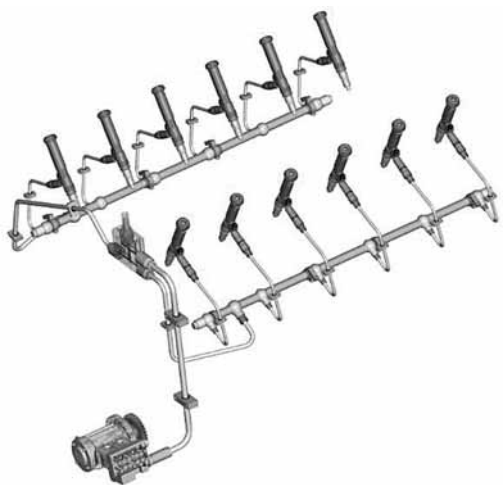


Рис. 6. Система Common Rail для 12-цилиндрового V-образного двигателя JDEC175 (дистиллянтное топливо)

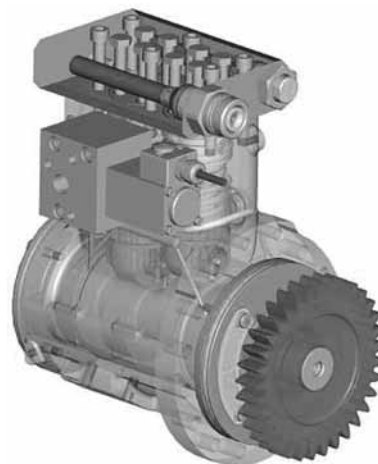


Рис. 7. ТНВД Common Rail (дизельное топливо)



Рис. 8. Форсунка Common Rail (дизельное топливо)

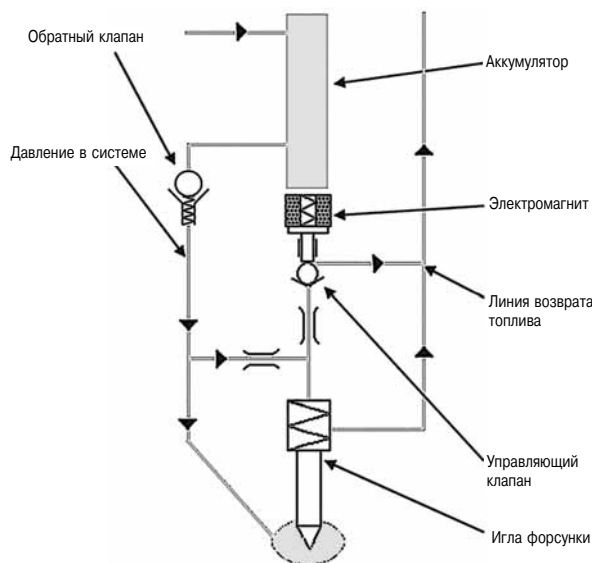


Рис. 9. Схема организации впрыска Common Rail для двигателя JDEC 175

Система common rail для двигателей JDEC типа 26/32

Для модификации двигателя JDEC типа 26/32, работающего на мазуте (HFO), была разработана новая версия системы common rail. Двигатель 26/32 HFO имеет технические характеристики, представленные в табл. 3.

Для двигателя 26/32 HFO была выбрана схема с двумя двухплунжерными ТНВД для того, чтобы

Таблица 3

Характеристики двигателя JDEC типа 26/32

Диаметр цилиндра, мм	260
Ход поршня, мм	320
Номинальная мощность	V12: 4170 кВт при 1000 об/мин
Вид топлива	MDO и HFO
Система топливоподачи	Common rail
Давление в системе топливоподачи, бар	1500 (номинал)

обеспечить требования безопасности основных классификационных обществ в части резервирования, основных систем, гарантирующих при аварии возврат судна в порт (рис. 10). Два ТНВД работают на один общий распределительный блок, включающий датчики давления, предохранительный клапан и выпускной клапан с пневмоуправлением.

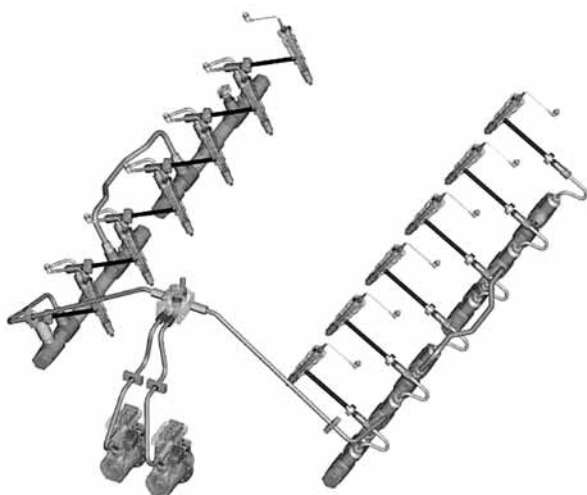


Рис. 10. Система common rail среднеоборотного двигателя V12 типа JDEC 26/32 (для работы на дистиллятных и тяжелых топливах)

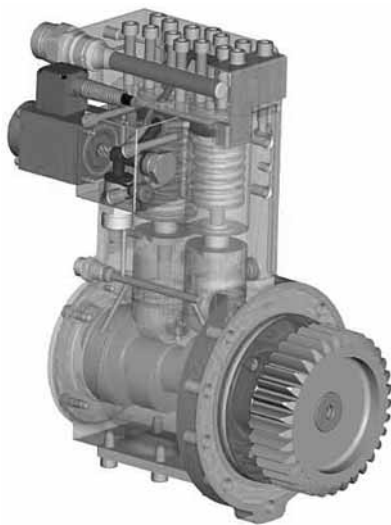


Рис. 11. ТНВД common rail для мазута

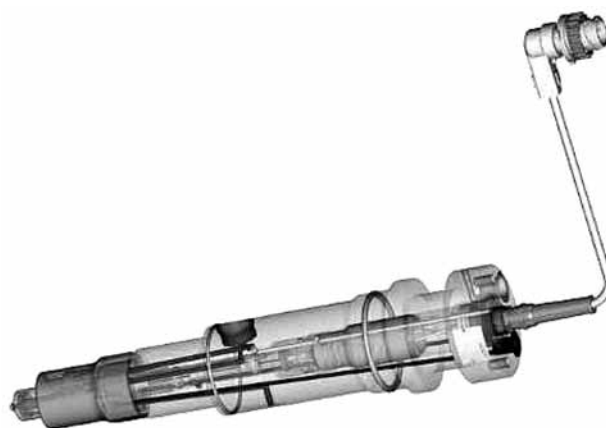


Рис. 12. Форсунка Common Rail для мазута

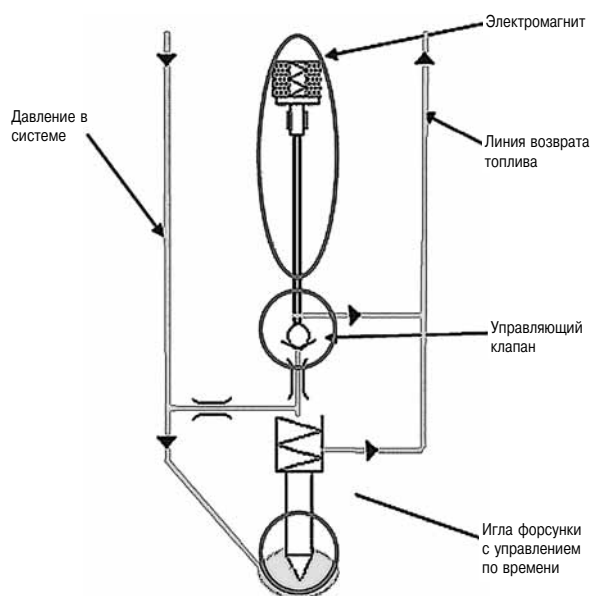


Рис. 13. Гидравлическая схема форсунки common rail двигателя JDEC 26/32 HFO

Двухступенчатый разгрузочный (предохранительный) клапан защищает систему от превышения давления и поддерживает давление на минимальном уровне, необходимом для продолжения работы двигателя в безопасном режиме.

Версия двухцилиндрового ТНВД для мазута была приспособлена к геометрии двигателя JDEC 26/32 HFO (рис. 11).

При этом сохраняется модульный принцип построения системы на базе семейства двух- и четырехцилиндровых топливных насосов common rail.

Конструкция форсунки была адаптирована к условиям размещения в головке цилиндра двигателя DEC 26/32 HFO (рис. 12). При этом основное внимание было уделено обеспечению жесткости, прочности и надежности узла при работе на мазуте.

Гидравлическая схема форсунки для двигателя 26/32 HFO common rail показана на рис. 13.

Аппаратура топливоподачи common rail для двигателя JDEC 26/32 HFO успешно прошла 1000-часовые ресурсные испытания и типовые квалификационные испытания. Первый серийный двигатель V12 был выпущен в 2013 г.

D'BLUE → программа комплексного развития систем топливоподачи для дизелей, газодизелей и газовых двигателей

Требования завтрашнего дня диктуют необходимость комплексного развития систем топливоподачи при одновременном и гармоничном развитии всех систем двигателя и оптимизации интерфейсов между ними.

Именно эту цель преследовала инициатива группы компаний — «L'Orange GmbH», «Hoerbiger Engine Solutions», «Hoerbiger Control Systems» и «Altronic» при разработке программы, получившей название D'BLUE.

Названные фирмы объединились в консорциум, который будет выступать в качестве единого поставщика комплексных систем. Его участники имеют многолетний опыт работы в смежных областях, в том числе таких как:

- механические системы впрыска топлива;
- регуляторы скорости и исполнительные устройства;
- системы впрыска common rail с электронным управлением;
- двигатели модульной конструкции и системы управления работой оборудования для очистки отработавших газов;
- электронные системы управления, включая все датчики для подсистем регулирования, контроля и технической диагностики;
- различные человеко-машинные интерфейсы для систем прямого или удаленного управления двигателем и/или интерактивного взаимодействия с ним;
- прикладное программное обеспечение;
- двухигольные форсунки и системы впрыска запального топлива common rail для газодизелей;
- системы впрыска запального топлива common rail для газовых двигателей;

➤ системы одновременного впрыска газа высокого давления и дизельного топлива для газодизелей;

➤ клапаны индивидуальной подачи газа по цилиндрам и во всасываемый воздух;

➤ электронные клапаны дозирования подачи газа в форкамеру;

➤ дозаторы газа и газовые смесители Вентури;

➤ устройства дозирования подачи мочевины в системах для селективного каталитического восстановления оксидов азота.

Первые проекты для конкретных заказчиков с использованием D'BLUE и первые двигатели, оборудованные системами D'BLUE, появятся уже в ближайшем будущем.

Заключение

«L'Orange» принадлежит ведущая роль в создании и совершенствовании современных систем топливоподачи, что обеспечило успешный выход на рынок двигателей большой размерности, строящихся в странах Азии.

Ключевые технологии включают в себя надежные, многократно испытанные и проверенные компоненты, такие как насосы высокого давления, клапаны впрыска и вспомогательные элементы, как для механических, так и для электронно-управляемых (common rail) систем впрыска, способные работать в самых тяжелых условиях, в частности, при использовании низкокачественных топлив и масел.

На примере двух инженерных разработок, выполненных для китайской двигателестроительной фирмы Jinan Diesel Engine Co., Ltd., показаны основные направления развития систем common rail для новых двигателей JDEC типа 175 и 26/32 HFO.

Новая инициатива «L'Orange»–«Hoerbiger» при создании программы D'BLUE иллюстрирует комплексный подход обеих фирм-участников к созданию высокотехнологичных и высокоточных продуктов для дизелей, газодизелей и газовых двигателей.

Литература

1. Schmidt R.M. and Schneider H. Fuel Injection Systems: Status Quo and Trends for the Future. Lecture Institute for Combustion Engines RWTH Aachen University. — 2012.

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ BOSCH ДЛЯ СРЕДНЕ- И ВЫСОКООБОРОТНЫХ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Gerhard Rehbichler,
Christoph Kendlbacher,
Martin Bernhaupt,
Robert Bosch AG, Австрия

Реферат

BOSCH является ведущим в мире производителем электронных систем управления, аварийно-предупредительной сигнализации и защиты для автомобильных двигателей и двигателей внедорожной техники. Платформа ECU SW и HW для коммерческих транспортных средств включает блоки и датчики комплексного управления системами топливоподачи (в том числе в многотопливных двигателях), рециркуляции и очистки отработавших газов, давлением наддува, положением двигателя и т. д. Предусмотрена также функция работы с несколькими блоками управления ECU, включая систему автоматической диагностики, что составляет основу вновь разработанной платформы BOSCH для электронного управления судовыми установками. Гибкая модульная структура ECU SW и HW позволяет распространить эту платформу для применения на средне- и высокооборотных судовых двигателях. Уже выпускаются двухблочные системы ECU для дизелей с числом цилиндров до 16 (2 блока ECU), и готовится выпуск трехблочной системы (3 блока ECU). Прикладные программы общего типа для ECU могут быть адаптированы для конкретных случаев, например, для двигателей с двумя воздушными потоками (при наличии левого и правого блоков цилиндров). Концепция совместного использования ПО позволяет заказчику реализовать свои собственные программные функции на имеющемся у него программном и аппаратном обеспечении ECU. В настоящее время идет процесс сертификации ECU и группы датчиков общего назначения основными классификационными обществами. Совместно с BOSCH Rexroth разрабатывается интерфейс, позволяющий встраивать систему управления двигателями ECU в общесудовую систему автоматизации Rexroth. Таким образом, BOSCH становится поставщиком систем управления, автоматизации, аварийно-предупредительной сигнализации и защиты судовых дизелей. В настоящем докладе описаны компоненты системы электронного управления средне- и высокооборотными судовыми двигателями, созданной фирмой BOSCH.

Система электронного управления BOSCH для средне- и высокооборотных судовых двигателей

Компания BOSCH адаптировала для судовых двигателей аппаратное и программное обеспечение автомобильного контроллера EDC17CV41, в ре-

зультате чего были созданы системы и компоненты для всех видов судовых двигателей (рис. 1).

На двигателях промышленных и судовых установок, на которые не распространяются требования классификационных обществ, может быть применено стандартное аппаратное обеспечение автомобильного класса EDC17CV41. Сюда относятся, в частности, прогулочные суда, яхты, суда маломерного флота, суда каботажного плавания (плавающие на расстоянии не более 50 морских миль от берега) и т. п.

Модульный принцип построения обеспечивает конкурентоспособность систем с учетом всего разнообразия применений и исполнений судовых двигателей.

На базе системы EDC17CV41, включающей программное и аппаратное обеспечение, в том числе гидравлику, разрабатываются варианты системы для судовых установок, не требующих сертификации классификационными обществами на соответствие требованиям применения для определенного класса судов. Вместе с новым программным обеспечением, отражающим судовую специфику, указанная система станет базовой для всех видов судовых установок.

Для двигателей, имеющих сертификаты классификационных обществ, разработано программное и аппаратное обеспечение EDC17CV41 на платформе, адаптированной для судовых условий. Форсунки имеют дополнительные ограничители топливоподачи. Для более мощных двигателей созданы гидравлические компоненты большей размерности.

Для главных судовых двигателей разрабатывается система резервирования с дополнительным программным и аппаратным обеспечением (блок контроля и автоматизации ECU с возможностью автоматического перехода с основной системы на запасную, находящуюся в режиме горячего резерва).

Аппаратное обеспечение ECU для средне- и высокооборотных двигателей

Платформа контроллера EDC17CV41, разработанная для коммерческого автотранспорта

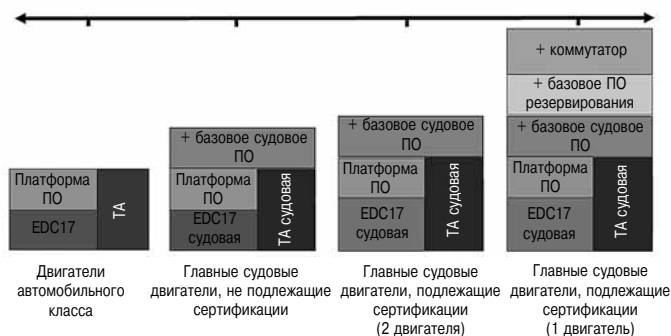


Рис. 1. Обзор электронных систем впрыска Bosch для судовых двигателей

и адаптированная для судовых двигателей в полной комплектации обладает следующими функциями и характеристиками:

- возможность установки прямо на двигатель;
- два разъема с 96 контактами;
- оконечный усилитель управления форсунками на 8 цилиндров с тремя магазинами драйверов;
- драйвер форсунки двигателя, управляющий электромагнитом типа DMV28;
- усовершенствованная схема охлаждения воздуха и жидкости (топливо, масло или охлаждающая среда);
- управление впрыском углеводородов (hydrocarbon injection — HCI) и управление системой очистки отработавших газов типа BOSCH DNOX2.2;
- возможность управления двигателем с числом цилиндров более 8 путем использования помощью нескольких систем по принципу «Master/Slave» (ведущий/ведомый);
- достаточное количество входов/выходов и их масштабируемость в широких пределах;
- увеличенный срок службы;
- класс защиты IPX4K, IPX6K, IPX9K;
- номинальное напряжение питания полнофункциональной системы ECU 9-32 В.

Контроллер EDC17CV41 и соответствующие датчики, предназначенные для судовых установок, подлежащих сертификации, проходят типовые испытания на соответствие требованиям основных классификационных обществ (а именно: GL, LR, BV, DNV, ABS, NKK, RINA). Испытания проводятся на контроллере EDC17CV41 со всеми подключенными датчиками (рис. 2), при этом выходные нагрузки имитируются с помощью магазина сопротивлений.

Перечень датчиков Bosch, испытанных совместно с контроллером EDC17CV41, приведен на рис. 3.

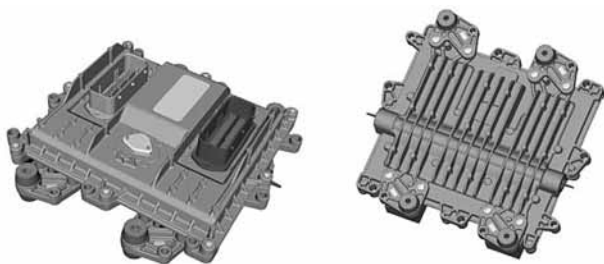


Рис. 2. Общий вид блока EDC17CV41



Рис. 3. Датчики Bosch для средне- и высокооборотных двигателей



Рис. 4. Защитные устройства для разъемов контроллера EDC17CV41

- PG3.8: Кодовый индикатор положения кулачкового вала с датчиком Холла (0–4500 об/мин).
- DG6: Кодовый индикатор положения коленчатого вала с индуктивным датчиком (~20–700 об/мин).
- RPS4-18/22: Датчик давления в топливном аккумуляторе (0–2000/2200 бар).
- TF-W: Датчик температуры среды (охлаждающая жидкость, топливо, масло) (–40–150 °C)
- DS-M1: Датчик давления топлива и масла (0–16 бар).
- DS-S3-TF: Датчик давления и температуры наддувочного воздуха (0–4 бар).
- DS-K-TF: Датчик давления и температуры масла и топлива (0,05–10 бар).

Чтобы выполнить требования защиты от возгорания, были разработаны специальные защитные устройства для разъемов контроллера EDC17CV41 (рис. 4).

Программное обеспечение для применения на средне- и высокооборотных двигателях

Для судовых двигателей используются следующие программы, разработанные для коммерческого автотранспорта, с поправками на специфику судового применения:

- операционная система ERCOSEK;
 - программное обеспечение для измерения крутящего момента;
 - защита двигателя (по крутящему моменту, перегреву, превышению скорости, параметрам турбонаддува);
 - задание скорости с помощью одиночного или двойного потенциометра либо CAN J1939;
 - программное обеспечение для системы регулирования скорости (высокие обороты, низкие обороты, управляемость, работоспособность, диагностика, задание скорости);
 - учет положения двигателя;
 - управление впрыском (распределение по времени, расчет количества впрыскиваемого топлива на каждый цикл и число впрысков за цикл от одного до пяти);
 - управление системой воздухообеспечения (включая EGR);
 - управление пуском;
 - система мониторинга ECU;
 - сообщения по сети CAN J1939;
 - функции диагностики по ИСО 14229;
 - функции дистанционного управления;
 - функция шунтирования (быстрое макетирование);
 - программируемый символ «End of line (EOL)» с 4 зонами данных и прав доступа;
 - функция D-SERAP (калибровка ECU в замкнутой системе с использованием протокола CAN CCP);
 - факультативно: функции управления процессом газоочистки (алгоритм и управление процессом впрыска AD-BLUE, контроль состояния фильтра частиц, катализатора-окислителя и температуры отработавших газов).
- Дополнительные функции программного обеспечения для судовых применений:
- отключение аварийно-предупредительных сигналов (ограничений);
 - местное или дистанционное управление скоростью двигателя;
 - контроль работоспособности датчиков с выдачей предупредительных сигналов;
 - резервирование (для главных двигателей);
 - аппаратный и CAN-интерфейс с системой Bosch Rexroth MAREX;
 - система с несколькими ECU для двигателей с числом цилиндров до 16 (Master/Slave1), разрабатывается вариант для двигателей с числом цилиндров до 24 (Master/Slave2) — см. рис. 5;

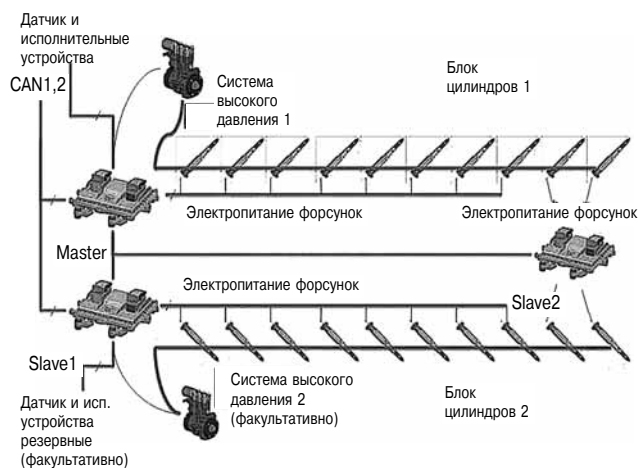


Рис. 5. Система с несколькими ECU на основе EDC17CV41 для двигателей с числом цилиндров до 24

- система управления контуром высокого давления топлива — один или два (на каждый блок цилиндров);
- система управления трактом воздухообеспечения — один или два (на каждый блок цилиндров).

Характеристики многоблочной системы ECU

- Все блоки, входящие в многоблочную систему ECU, одинаковы:
 - программное обеспечение, основанное на серийном ECU Bosch, унифицировано;
 - общее программное обеспечение ECU с индивидуальными функциями для конфигураций ECU Master/Slave1/Slave2 (Ведущий/Ведомый1/Ведомый2);
 - автоматическое переключение наборов данных (профилей) для соответствующих рабочих режимов (управление выбором конфигурации).
- Расчет основных функций ECU выполняется в ведущем (Master) ECU:
 - в ведомых (Slave1/Slave2) ECU рассчитываются только функции, относящиеся к впрыску топлива;
 - расчет дополнительных функций может производиться в ECU Slave1.
- Общий интерфейс CAN:
 - общий интерфейс CAN для flash-памяти, диагностики и межсистемного взаимодействия (Master/Slave1/Slave2).
- Идентификация автономного ECU:
 - идентификация ECU Master/Slave1/Slave2 аппаратными средствами.
- Резервирование ECU:
 - возможность работы «половины» двигателя на случай аппаратного отказа одного из ECU
- Дублирование систем топливоподачи (common rail) и подачи воздуха:
 - вторая система топливоподачи высокого давления, управляемая ведомым ECU Slave1;

- вторая система подачи воздуха, управляемая ведомым ECU Slave1;
- подключение датчиков второй системы подачи топлива и воздуха.

- Избыточность ресурсов аппаратной части:
 - в аппаратной части ECU Slave1 предусмотрены свободные ресурсы, которые могут быть использованы для дальнейшего функционального развития системы в будущем;
 - избыточные (распределенные) ресурсы программного обеспечения, которые могут быть использованы при создании комплексной системы управления двигателем в будущем.

Модели совместной разработки программного обеспечения

Основная идея совместной разработки программного обеспечения состоит в участии заказчика в разработке специфичных для данного заказчика функций. В зависимости от глубины разработки могут быть использованы различные модели кооперации (рис. 6).

В большинстве проектов, касающихся крупных двигателей, используется бизнес-модель «Full service» (полнофункциональная поставка). Однако для подобных проектов вполне подходит также бизнес-модель «Joint Base-Line-SW» (совместная разработка базового программного обеспечения).

Аппаратное обеспечение поставляется в базовой комплектации, при этом программный интерфейс коллективного разработчика (software sharing interface) допускает возможность дальнейшего наращивания функций по мере изменения потребностей заказчика (рис. 7).

Функции, реализуемые на программном уровне (n1, n2, ...), могут быть встроены в автономное окружение разработки (SAME — stand-alone development environment). После этого версия программного обеспечения, генерирующая окончательные программные решения, может быть разработана самим заказчиком.

При отсутствии возможности использования программного интерфейса для совместной раз-

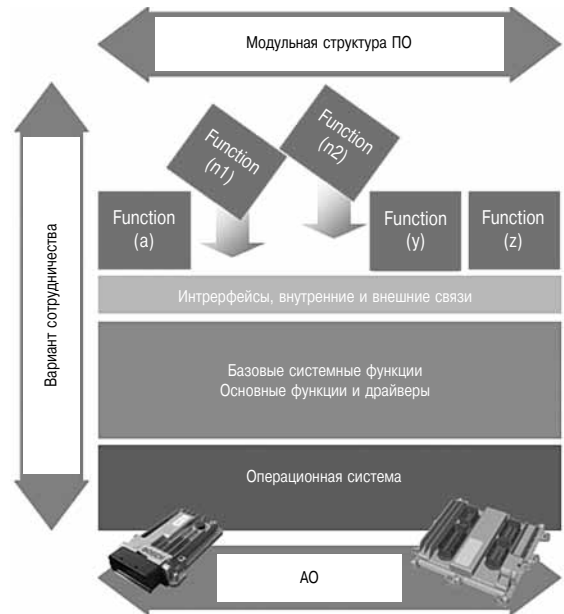


Рис. 7. Модульный принцип построения программного обеспечения

работки заказчик может воспользоваться функционалом ETAS Easy Hooks (EHOOKS), входящим в состав программной платформы EDC17CV41 для коммерческого транспорта.

Быстрое макетирование

EHOOKS — это утилита, позволяющая быстро создавать точки входа в программном обеспечении ECU. С ее помощью пользователь может создавать точки для обхода непосредственно в файлах *.HEX и *.A21 (рис. 8).

EHOOKS обладает свойством масштабируемости, что позволяет создавать точки входа различного типа (рис. 10), в том числе:

- замена переменных ECU постоянными значениями;
- замена переменных ECU калибровочными параметрами, меняющимися во время исполнения программы;
- замена переменных ECU результатами расчета для новой функции, реализуемой на аппаратном макете (внешний байпас), рис. 10;

➤ замена переменных ECU результатами расчета для новой функции, реализуемой с помощью EHOOKS непосредственно в аппаратной части ECU.

➤ замена переменных ECU результатами расчета для новой функции, реализуемой с помощью EHOOKS непосредственно в аппаратной части ECU.

Применение систем управления Bosch Electronic на судовых дизелях
Многодвигательная силовая установка и вспомогательные двигатели

При наличии многодвигательной силовой установки

Бизнес-модели		Максимальная	Базовое ПО общего типа	Базовое ПО общего типа + АО	Только АО	По специальным требованиям
ECU	ПО					
	Для транспортного средства					
	Для двигателя					
	Для топливной аппаратуры					
	Специфичное для АО					
	Операционная система					
АО						
АО на платформе Bosch						По техзаданию заказчика

Рис. 6. Бизнес-модели

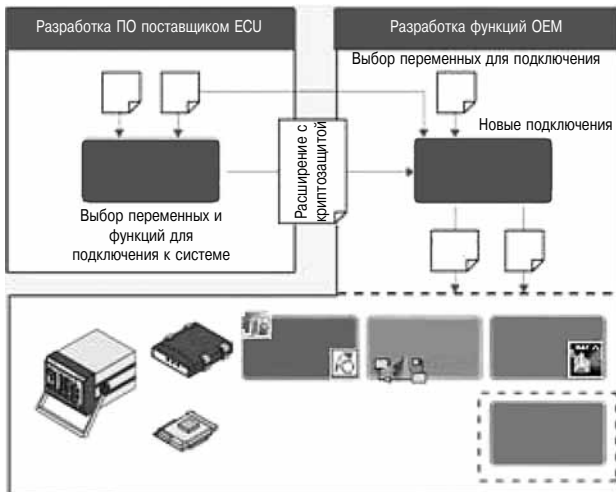


Рис. 8. Инструменты и продукты EHOOKS — обзор

каких-либо специальных требований к резервированию электронных систем управления не выдвигается. Остановка одного из двигателей не ведет к полной остановке судна.

В этом случае применяется стандартная типовая система EDC17CV41 в сочетании с независимыми системами дистанционного управления, аварийно-предупредительной сигнализации и защиты.

Главный судовой двигатель

Единственное специальное требование к электронной системе управления главным судовым двигателем, выдвигаемое, например, Германским Ллойдом, формулируется следующим образом:

➤ единичный отказ электронной системы управления главным судовым двигателем не должен приводить к полной потере или к резкому изменению мощности, используемой для движения судна.

Для обеспечения непрерывности управления скоростью двигателя Bosch разработал систему резервирования EDC17CV41.

Функциональное описание:

➤ Система состоит из двух одинаковых контроллеров EDC17CV41 и функционального блока выбора/мониторинга MSU (Monitoring and Select Unit). Блок MSU включает в себя функцию резервирования.

➤ Главный блок ECU всегда включен и управляет двигателем, если только не произошел критический отказ аппаратной части.

➤ При обнаружении отказа главный блок ECU дает сигнал перехода на резервное управление.

➤ Главный блок ECU осуществляет постоянный мониторинг состояния аппаратной части, и в случае выявления серьезного отказа переводит двигатель на управление от резервного блока ECU.

➤ Переход на управление от резервного блока ECU является необратимым в том смысле, что

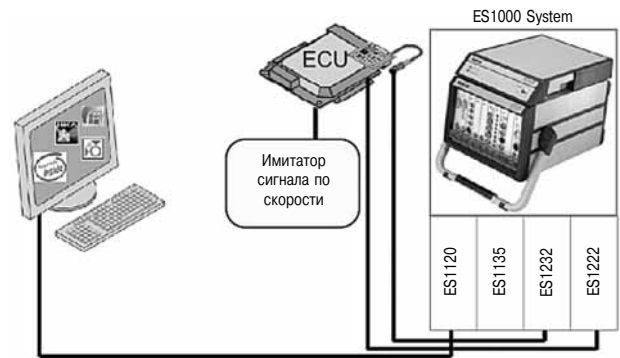


Рис. 9. Пример конфигурации аппаратной части EHOOKS

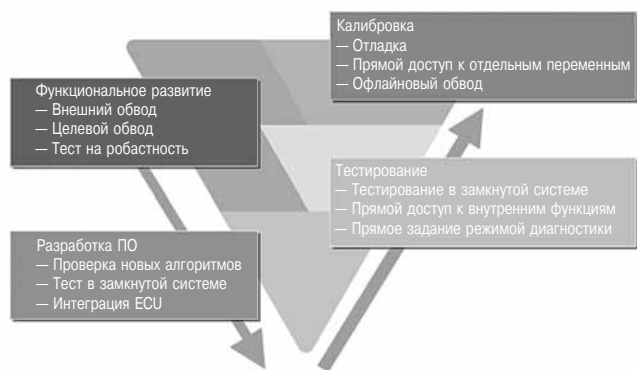


Рис. 10. Варианты использования EHOOKS

вернуться к управлению от главного блока ECU можно будет только после снятия и повторного включения питания.

➤ MSU отслеживает сигнал об исправном состоянии ECU, и при обнаружении какой-либо аномалии автоматически переводит систему на управление от резервного ECU. Последний может быть настроен на работу в режиме останова или горячего резерва.

➤ На судовом пульте управления имеется специальная кнопка для периодического переключения на резервный ECU для проверки его готовности.

Система Bosch управления судовыми двигателями

Результатом совместной работы Bosch Rexroth и Bosch Diesel Systems стал законченный ряд программных и аппаратных продуктов для систем управления главными судовыми двигателями (рис. 11), в том числе:

➤ система дистанционного управления MAREX OS II;

➤ блоки дистанционного и местного управления;

➤ система аварийно-предупредительной сигнализации и защиты;

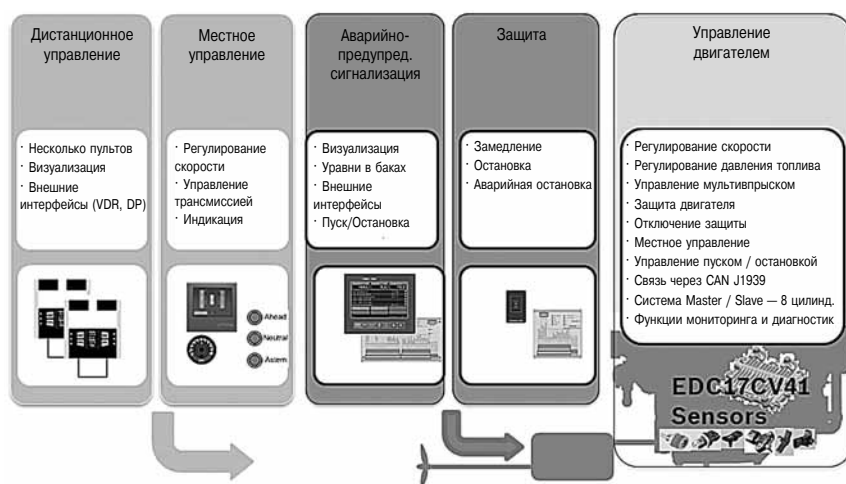


Рис. 11. Система Bosch управления судовыми двигателями

- блок управления системой защиты;
- система управления скоростью двигателя EDC17CV41.

Интерфейс связи судовой системы автоматизации Rexroth и контроллера двигателя Bosch EDC17CV41

В режиме дистанционного управления все уставки управления двигателем приходят на контроллер EDC17CV41 через линию связи CANJ1939.

Для связи с системой аварийно-предупредительной сигнализации и защиты используется отдельный канал CAN. Сигналы параметров двигателя, получаемые от датчиков блока EDC17CV41, могут быть одновременно использованы системой аварийно-предупредительной сигнализации и защиты, что позволяет уменьшить число необходимых датчиков.

При подключении местного пульта управления задание скорости переключается с главного управляющего входа ECU (например, от сети CAN или ее аналога) на вспомогательный вход ECU.

Сигналы параметров двигателя через CAN поступают на местный пульт управления, где используются для целей контроля и диагностики двигателя.

Интерфейс программного обеспечения и аппаратной части EDC17CV41 и MAREX OS II га-

рантирует беспроблемную стыковку компонентов системы.

Выводы

Результат объединения усилий Bosch Rexroth и Bosch Diesel Systems позволил заказчикам перейти на работу с единым поставщиком всех компонентов системы управления главным судовым дизелем с гарантией совместимости компонентов, получаемых от различных поставщиков.

Учитывая возможности совместного использования ПО, заказчик может реализовать свои собственные программные функции на имеющемся у него

ПО и АО ECU. Кроме того, возможность быстрого макетирования существенно ускоряет разработку специальных опций для отдельных заказчиков.

Использованные обозначения и сокращения:

- EDC17CV41: блок управления Bosch для дизеля;
- ECU: Electronic Control Unit (электронный блок управления);
- MAREX OS II: Система дистанционного управления судовым дизелем;
- MAREX AMC: Система аварийно-предупредительной сигнализации и защиты Rexroth;
- SAME: Standalone Make Environment;
- MSU: Monitoring and Switch Unit (блок контроля и коммутации);
- ERCOSEK: Встроенная операционная система реального времени, соответствующая стандартам OSEK;
- CCP: CAN Calibration Protocol (протокол калибровки CAN);
- ПО: Программное обеспечение;
- АО: Аппаратное обеспечение.

Литература

1. Rexroth Marine Products <http://www.boschrexroth.com/marine>
2. ETAS Products http://www.etas.com/en/products/product_search.php

УДК 621.431

Румб В.К. *Переход от расчетов прочности к расчету долговечности — задача современного проектирования деталей ДВС // Двигателестроение. — 2014. — № 4. — С. 3–9.*

Ключевые слова: детали ДВС, циклические нагружения, усталостная долговечность, запас прочности, методика прогнозирования.

В науке о прочности материалов при их циклических нагружениях появляются методы расчетов деталей ДВС на заданный ресурс. Предлагается методика прогнозирования усталостной долговечности деталей с учетом фактического запаса прочности при заданной вероятности отсутствия усталостного разрушения. Табл. 5. Ил. 4. Библ. 5.

УДК 621.436.12

Иванченко А.А., Щенников И.А. *Методика определения и оценки технического облика судового высокооборотного дизеля // Двигателестроение. — 2014. — № 4. — С. 10–15.*

Ключевые слова: судовый высокооборотный дизель, комплексный показатель качества, функция Харрингтона, математическое моделирование, перспективная размерность.

Рассматривается метод определения технического облика судового дизеля на раннем этапе проектирования на основе определения комплексного показателя качества с использованием функции Харрингтона. Выполнено математическое моделирование различных вариантов конструкций высокооборотного дизеля цилиндровой мощностью 140 кВт. Проведена комплексная оценка качества трех вариантов конструкции с определением перспективной размерности дизеля. Табл. 4. Ил. 6. Библ. 12.

УДК 621.437

Федянов Е.А., Левин Ю.В., Захаров Е.А., Иткис Е.М. *Теоретическое исследование процесса сгорания в роторно-поршневых двигателях Ванкеля с добавками водорода // Двигателестроение. — 2014. — № 4. — С. 16–18.*

Ключевые слова: роторно-поршневой двигатель Ванкеля, добавка водорода, математическое моделирование, полнота сгорания бензовоздушной смеси.

Выполнено математическое моделирование процесса распространения пламени в камере сгорания роторно-поршневого двигателя Ванкеля. Проведено теоретическое исследование влияния добавок водорода на процесс сгорания топлива в двигателе ВАЗ-311. Показана возможность повышения полноты сгорания бензовоздушной смеси в РПД Ванкеля за счет добавок водорода. Ил. 4. Библ. 8.

УДК 621.43.052

Ципленкин Г.Е., Иовлев В.И. *Улучшение топливной экономичности двигателей за счет оптимизации систем наддува // Двигателестроение. — 2014. — № 4. — С. 19–28.*

Ключевые слова: ДВС, турбокомпаундные системы, силовые и паровые турбины, гибридные турбокомпрессоры, высокооборотные генераторы.

Выполнен обзор и анализ конструкций различных турбокомпаундных систем с силовой и паровой турбинами, гидравлическими моторами и гибридными турбокомпрессорами с высокоскоростными генераторами. Показано, что эффективность применения различных видов турбокомпаундных систем эквивалентна увеличению мощности или снижению расхода топлива на 3–10 %. Ил. 30. Библ. 25.

УДК 621.436

Дмитриевский Е.В. *Улучшение качества переходных процессов малооборотных дизельных двигателей // Двигателестроение. — 2014. — № 4. — С. 29–32.*

Ключевые слова: малооборотный дизель, переходный процесс, разгон под нагрузкой, система разгона ротора ТК.

Для улучшения качества переходных процессов малооборотного двигателя при пуске и разгоне под нагрузкой разработана система разгона ротора ТК от источника сжатого воздуха. Экспериментально показано, что малооборотный двига-

тель с системой разгона ротора ТК может быть использован на АЭС в качестве аварийного источника питания. Табл. 1. Ил. 2. Библ. 4.

УДК 622.684;621.436

Янчеленко В.А., Медведев В.А. *Ультразвуковая диагностика коренных подшипников дизелей карьерных автосамосвалов в эксплуатации // Двигателестроение. — 2014. — № 4. — С. 33–36.*

Ключевые слова: дизели, карьерные самосвалы, коренные подшипники, ультразвуковая диагностика, экспертная система.

Разработана система бортовой ультразвуковой диагностики коренных подшипников дизельных двигателей большегрузных карьерных автосамосвалов. Выполнена проверка работы системы в условиях эксплуатации. Разработана экспертная система подготовки автосамосвалов к эксплуатации на базе данных бортовой диагностики автосамосвалов. Ил. 3. Библ. 6.

УДК 665.6.7.001.89

Шаталов К.В., Яковлев А.В., Шишаев С.В. *Методы оценки эксплуатационных свойств моторных масел для тяжелонагруженных дизельных двигателей // Двигателестроение. — 2014. — № 4. — С. 37–42.*

Ключевые слова: моторное масло, моторные методы испытаний, нормативная база.

Выполнен анализ состояния отечественной и зарубежной нормативной базы для оценки эксплуатационных свойств моторных масел для дизельных двигателей. Приведено описание моторных методов испытаний масел для дизельных двигателей, применяемых за рубежом. Обоснована необходимость разработки отечественных моторных методов испытаний эксплуатационных свойств масел для дизельных двигателей классов Евро-4 и Евро-5.

Табл. 4. Библ. 4.

УДК 621.4

Колунин А.В., Белокопытов С.В., Марков А.А., Субботин О.В. *Влияние температурного режима работы двигателя КамАЗ-740 на влагосодержание масла при прогреве в условиях низких температур // Двигателестроение. — 2014. — № 4. — С. 43–45.*

Ключевые слова: моторное масло, низкая температура, режимы прогрева, влагосодержание, температура точки росы.

Выполнен анализ причин накопления воды в системе смазки при пуске и прогреве двигателя в условиях низких температур. Приводятся результаты эксперимента по определению концентрации воды в моторном масле двигателя КамАЗ-740 в процессе его прогрева. Определено значение температуры точки росы в объеме картерного пространства. Ил. 4. Библ. 4.

УДК 621.43

Развитие систем топливоподачи дизельных двигателей (материалы конгресса СИМАС 2013) // Двигателестроение. — 2014. — № 4. — С. 46–57.

Ключевые слова: судовые дизели, топливная аппаратура, механические системы. Системы common rail, аппаратное и программное обеспечение, фирма «L'Orange», фирма «Bosch».

Представлены технические характеристики топливной аппаратуры фирмы «L'Orange», созданной для двигателей, выпускаемых в странах Азии. Показано, что необходимый уровень давления и требуемые характеристики впрыска могут быть обеспечены как традиционными механическими системами (ТНВД–форсунка), так и современными системами с электронным управлением типа common rail. Приведено описание систем электронного управления судовыми двигателями фирмы «Bosch». Рассмотрены основные элементы аппаратного и программного обеспечения контроллера EDC17CV41, адаптированного к условиям судовых силовых установок. Показана возможность интегрирования контроллера, датчиков и исполнительных устройств, работающих по протоколу CAN в систему общесудовой автоматики. Перевод докладов выполнен к.т.н. Г. Мельником

Табл. 2. Ил. 24. Библ. 3.

UDC 621.431

Rumb V.K. Life Prediction Rather Than Strength Analysis: Modern Approach to the Designing of Engine Parts // *Dvigatelistroyeniye*. — 2014. — № 4. — P. 3–9.

Keywords: engine parts, cyclic loading, fatigue life, safety margin, prediction methods.

Lately fatigue life prediction methods are becoming a considerable part of cyclic strength analysis science. Fatigue life prediction method in question takes account of actual safety margin and is based on postulated probability of fatigue breakdown avoidance. 5 tables, 4 ill., 5 ref.

UDC 621.436.12

Ivanchenko A.A. and Schennikov I.A. Selection and Evaluation of High-Speed Marine Engine Configuration // *Dvigatelistroyeniye*. — 2014. — № 4. — P. 10–15.

Keywords: high-speed marine engine, performance criterion, Harrington function, mathematical modeling, prospective engine cylinder dimensions.

The method in question enables marine engine shaping at early design stage based on integral performance criterion making use of Harrington function. The work included mathematical modeling of high-speed marine engine rated at 140 kW in several alternative versions. Integral performance criterion has been applied to three design versions in order to select the most promising engine cylinder dimensions. 4 table, 6 ill., 12 ref.

UDC 621.437

Fedyanov E.A., Levin Yu.V., Zakharov E.A. and Itkis E.M. Basic Research of Combustion in Wankel Engine with Hydrogen Injection // *Dvigatelistroyeniye*. — 2014. — № 4. — P. 16–18.

Keywords: Wankel rotary engine, hydrogen injection, mathematical modeling, completeness of air/gasoline mixture combustion.

The research included mathematical modeling of flame propagation in Wankel engine combustion chamber. In particular, subject of investigated was influence of hydrogen injection on combustion in Wankel engine type VAZ-311. The authors demonstrated hydrogen injection as a means to enhance completeness of air/gasoline mixture combustion. 4 ill., 8 ref.

UDC 621.43.052

Tsyplenkin G.E. and Iovlev V.I. Turbocharging System Optimization as a Means to Improve Engine Fuel Efficiency // *Dvigatelistroyeniye*. — 2014. — № 4. — P. 19–28.

Keywords: internal combustion engine, turbo-compound systems, power and steam turbines, hybrid turbochargers, high-speed generators.

The article offers survey and analysis of various turbo-compound systems that encompass power and steam turbines, hydraulic motors and hybrid turbochargers coupled with high-speed generators. It is shown that, in terms of efficiency, use of various turbo-compound systems is equivalent to increase in power or decrease in fuel consumption by 3 to 10%. 30 ill., 25 ref.

UDC 621.436

Dmitrievsky E.V. Improvement of Low-Speed Diesel Engine Transient Characteristics // *Dvigatelistroyeniye*. — 2014. — № 4. — P. 29–32.

Keywords: Low-speed engine, transient, acceleration under load, turbocharger rotor boost.

The article discusses a system of turbocharger rotor boost with compressed air, designed to improve engine transient char-

acteristics during start and acceleration under load. Experiments demonstrated that low-speed engine featuring turbocharger rotor boost system may be used (in conjunction with alternator) as NPP emergency power supply. 1 table, 2 ill., 4 ref.

UDC 622.684;621.436

Yanchelenko V.A. and Medvedev V.A. Onboard Ultrasound Diagnostics of Open-Pit Dump Truck Engine Journal Bearings // *Dvigatelistroyeniye*. — 2014. — № 4. — P. 33–36.

Keywords: diesel engines, open-pit dump trucks, journal bearings, ultrasound diagnostics, expert system.

A system is developed for onboard ultrasound diagnostics of open-pit dump truck engine journal bearings. The system passed in-service field test. An expert system is developed for truck preparation for service based on onboard ultrasound diagnostics data. 5 tables, 4 ill., 5 ref.

UDC 665.6.7.001.89

Shatalov K.V., Yakovlev A.V. and Shishaev S.V. Lube Oil for Heavy-Duty Diesel Engines: Performance Evaluation // *Dvigatelistroyeniye*. — 2014. — № 4. — P. 37–42.

Keywords: lube oil, motor test methods, regulatory framework.

The article contains survey of national and international regulatory framework for engine lube oil performance evaluation. A description is given of motor oil test methods used in international practice. According to the authors, national methods to test motor oil performance shall be developed as applied to Euro-4 and Euro-5 diesel engines. 4 tables, 4 ref.

UDC 621.4

Kolunin A.V., Belokopytov S.V., Markov A.A. and Subbotin O.V. Humidity Content in KAMAZ-740 Lube Oil vs Oil Temperature During Engine Warm-up in Cold Season // *Dvigatelistroyeniye*. — 2014. — № 4. — P. 43–45.

Keywords: lube oil, low temperature, warm-up conditions, humidity content, dew-point temperature.

The article considers the reasons of water accumulation in engine lube oil system during engine warm-up in cold season. Presented are the results of experiments targeted at determination of humidity content in KAMAZ-740 lube oil during engine warm-up. Dew-point temperature in crankcase volume was determined. 4 ill., 4 ref.

UDC 621.43

Development of Fuel Injection Systems for Diesel Engines (based on CIMAC 2013 papers) // *Dvigatelistroyeniye*. — 2014. — № 4. — P. 46–57.

Keywords: marine engines, fuel injection equipment, mechanical systems, common rail systems, hardware and software, L'Orange, Bosch.

One of the papers referred presents L'Orange fuel injection systems for Asian and Chinese markets. In addition to the significant further development of traditional mechanical fuel injection systems, which experience a continuing qualification for future tasks and a renaissance for large-bore engines, this paper describes in detail the development of two custom-made Common Rail fuel injection systems. Another presentation describes the Bosch electronic diesel control system for medium and high speed engines. Presented are principal features of R.Bosch EDC17CV41 controller hard- and software adapted to marine engine applications. The CAN-compatible controller, sensors and actuators may be seamlessly integrated into an upper-level ship automation system. The papers were translated into Russian by G.Melnik, PhD. 2 tables, 24 ill., 3 ref.

140 ЛЕТ ОАО «РУМО»

1. Лимонов А.К. ОАО «РУМО» — путь в 140 лет (№ 1. С. 3–11).

**РАСЧЕТЫ. КОНСТРУИРОВАНИЕ.
ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ**

1. Рыжов В.А., Печенин В.В. Совершенствование дизелей 16Д49 дизель-дизельных агрегатов 1ДДА12000 кораблей корвет проекта 20380 (№ 1. С. 12–19).
2. Румб В.К. Аналитическое определение минимально доступного коэффициента запаса прочности при расчете деталей ДВС на выносливость (№ 1. С. 20–25).
3. Ларцев А.М. Оценка эффективных показателей двигателя воздушного охлаждения В-400 при его форсировании (№ 1. С. 26–29).
4. Чайнов Н.Д., Руссинковский С.Ю. Расчет согласованных стационарных полей температур узла крышка цилиндра-клапаны двигателя внутреннего сгорания (№ 2. С. 3–7).
5. Абызов О.В., Гальшев Ю.В., Шабанов А.Ю. Численное исследование гидродинамики и теплообмена в полости охлаждения головки цилиндра дизеля (№ 2. С. 8–10).
6. Путинцев С.В., Кулешов А.С., Агеев А.Г. Эмпирическая зависимость для исследования механических потерь в четырехтактных дизелях (№ 3. С. 3–7).
7. Плотников Л.В., Мажейко Н.А., Бусов К.А. Совершенствование процесса распыливания топлива в поршневых ДВС (№ 3. С. 8–11).
8. Юр Г.С. Технология интенсификации процесса сгорания тяжелого топлива в дизелях (№ 3. С. 12–15).
9. Румб В.К. Переход от расчетов прочности к расчету долговечности — задача современного проектирования деталей ДВС (№ 4. С. 3–9).
10. Иванченко А.А., Щенников И.А. Методика определения и оценки технического облика судового высокооборотного дизеля (№ 4. С. 10–15).
11. Федянов Е.А., Левин Ю.В., Захаров Е.А., Иткис Е.М. Теоретическое исследование процесса сгорания в роторно-поршневых двигателях Ванкеля с добавками водорода (№ 4. С. 16–18).

СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЕЙ. АГРЕГАТЫ

1. Тер-Мкртчян Г.Г., Мазинг М.В. Современное состояние и перспективы развития топливной аппаратуры автотракторных дизелей (№ 1. С. 30–35).
2. Тер-Мкртчян Г.Г., Мазинг М.В. Особенности аккумуляторных топливных систем дизелей большой цилиндровой мощности (№ 2. С. 11–15).
3. Ципленкин Г.Е., Иовлев В.И. Улучшение топливной экономичности двигателей за счет оптимизации систем наддува (№ 2. С. 16–22, № 3. С. 16–22, № 4. С. 19–28).
4. Смирнов А.В. Перспективный тип опор турбокомпрессоров ДВС (№ 2. С. 23–25).
5. Смирнов А.В. Бесконтактные опоры турбокомпрессоров ДВС (№ 3. С. 23–28).
6. Чернейко С.В., Ципенюк А.М. Экспериментальная оценка характеристик упорного гидродинамического подшипника с параллельными поверхностями (№ 3. С. 29–32).

7. Дмитриевский Е.В. Улучшение качества переходных процессов малооборотных дизельных двигателей (№ 4. С. 29–32).

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ

1. Савченко О.Ф., Альт В.В., Добролюбов И.П., Ольшевский С.Н. Развитие средств автоматизации измерений и анализа рабочих процессов при испытаниях ДВС (№ 2. С. 26–31).
2. Янчеленко В.А., Медведев В.А. Ультразвуковая диагностика коренных подшипников дизелей карьерных автосамосвалов в эксплуатации (№ 4. С. 33–36).

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Марукович Е.И., Бевза В.Ф., Груша В.П., Красный В.А. Формирование отливок из высокохромистого чугуна в металлической высокоохлаждаемой форме (№ 1. С. 41–45).
2. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Обработка пульсирующим газовым потоком высокопрочных и пружинных сталей (№ 3. С. 34–36).

ИПИ-ТЕХНОЛОГИИ

1. Задорожная Е.А., Маслов А.П. Разработка элементов дизельного двигателя повышенной мощности на основе применения системы виртуальных испытаний (№ 1. С. 36–40).

ТОПЛИВО. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Остриков В.В., Зимин А.Г., Попов С.Ю., Сафонов В.В. Многофункциональная добавка к моторным маслам (№ 2. С. 32–34).
2. Красножон П.А., Янчеленко В.А. Оценка влияния экологически безопасных охлаждающих жидкостей на надежность автомобильных двигателей (№ 2. С. 35–37).
3. Шаталов К.В., Яковлев А.В., Шишаев С.В. Методы оценки эксплуатационных свойств моторных масел для тяжело нагруженных дизельных двигателей (№ 4. С. 37–42).

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ДВИГАТЕЛЕЙ

1. Дунаев А.В. Особенности восстановления изношенных двигателей внутреннего сгорания серпентиновыми трибосоставами (№ 3. С. 37–39).
2. Суранов Г.И., Ворков А.А., Попов В.С. Совершенствование систем смазки автомобильных двигателей (№ 3. С. 40–43).
3. Колунин А.В., Белокопытов С.В., Марков А.А., Субботин О.В. Влияние температурного режима работы двигателя КАМАЗ-740 на влагосодержание масла при прогреве в условиях низких температур (№ 4. С. 43–45).

НОВОСТИ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

1. Комплексная технология очистки выбросов судового дизеля с использованием холодной плазмы (материалы конгресса СИМАС 2013) (№ 1. С. 46–56).
2. Перспективные технологии снижения выбросов NO_x судовых дизелей (материалы конгресса СИМАС 2013) (№ 2. С. 38–54).
3. Перспективные системы впрыска топлива для снижения выбросов NO_x судовых двигателей (по материалам конгресса СИМАС 2013) (№ 3. С. 44–56).
4. Развитие систем топливоподачи дизельных двигателей