

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУДОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

OPERATION OF SHIP POWER EQUIPMENT

УДК 621.43

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.192>

Обзор современных систем управления двигателями внутреннего сгорания

А.В. Соловьёв^{1,2}

Е.Н. Поселенов¹

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

²*Российский речной регистр, Верхне-волжский филиал, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. В статье проведен обзор современных микропроцессорных систем управления двигателями внутреннего сгорания, позволяющие улучшить весь комплекс конструктивных, технологических, экологических и эксплуатационных характеристик двигателей благодаря широким возможностям регулирования рабочего процесса в каждом цикле каждого цилиндра. Рассмотрены направления исследований и разработок по созданию адаптивных двигателей. Указано, что главной отличительной особенностью двигателей с изменяемым рабочим процессом любой конструктивной схемы состоит в том, что указанные свойства адаптивности достигаются увеличением числа управляемых элементов по сравнению с существующими двигателями. Приведен обзор управляемых элементов, реализованных в транспортных двигателях внутреннего сгорания и рассмотрены технические решения, которые применяются известными мировыми фирмами в области судовых средне- и высокооборотных двигателей. Описаны направления в области совершенствования компьютеров, управляющих двигателями.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, системы управления, адаптивный двигатель, регулирование рабочего процесса, управляемые элементы.

Overview of modern control systems for internal combustion engines

Alexey V. Soloviev^{1,2}

Evgeniy N. Poselenov¹

¹*Volga state University of water transport, Nizhny Novgorod, Russia*

²*Russian River Register, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. The article provides an overview of modern microprocessor control systems for internal combustion engines, which allow improving the entire complex of design, technological, environmental and operational characteristics of engines due to the wide possibilities of the working process regulations in each cycle of each cylinder. The directions of research and development on the creation of adaptive engines are considered. It is indicated that the main distinguishing feature of engines with a variable workflow of any design scheme is that these adaptability properties are achieved by increasing the number of controlled elements in comparison with existing engines. The article provides an overview of the controlled elements implemented in internal combustion transport engines and discusses the technical solutions that are used by well-known global companies in the field of marine

medium-and high-speed engines. The directions of improving computers that control engines are described.

Keywords: internal combustion engine, control systems, adaptive engine, workflow control, controlled elements.

Введение

Отличительной чертой современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является использование микропроцессорного (компьютерного) управления, позволяющего улучшить весь комплекс конструктивных, технологических, экологических и эксплуатационных характеристик двигателей благодаря широким возможностям регулирования рабочего процесса в каждом цикле каждого цилиндра [1]. Совершенствование рабочего процесса достигается автоматическим выбором и установлением совокупности значений параметров рабочего процесса в цилиндрах двигателя и алгоритмов управления, обеспечивающих наилучший результат по расходу топлива и качеству переходных процессов с учетом ограничений по экологическим и техническим параметрам.

Двигатели, характеризующиеся большим числом управляемых параметров и позволяющие осуществить настройку на каждый эксплуатационный режим, получили название двигателей с изменяемым рабочим процессом, или адаптивных двигателей [1-3].

Необходимость создания таких двигателей обусловлена, прежде всего, многорежимностью их функционирования в условиях эксплуатации.

Исследования и разработки по созданию адаптивных двигателей осуществляются в настоящее время в двух направлениях [1]:

- первое направление базируется на дальнейшем расширении возможностей ДВС традиционных конструктивных схем путем увеличения числа управляемых элементов. Конструктивные решения, направленные на улучшение какого-либо параметра, называют «элементами адаптации»;

- второе направление связано с разработкой двигателей, у которых в зависимости от условий рядовой эксплуатации происходит изменение (конвертирование) самой конструктивной схемы. Это направление требует глобального пересмотра существующих технологий проектирования двигателей.

На современном этапе технического прогресса существенное развитие получило первое направление. Во-первых, используются традиционные технологии проектирования двигателей. Во-вторых, мировое двигателестроение не готово к переходу на конвертирование самой конструктивной схемы двигателя в процессе эксплуатации.

Главная отличительная особенность двигателей с изменяемым рабочим процессом любой конструктивной схемы состоит в том, что указанные свойства адаптивности достигаются увеличением числа управляемых элементов по сравнению с существующими двигателями, что предопределяет применение для них систем автоматического управления нового типа [1-3].

Адаптивные транспортные ДВС

Обзор управляемых элементов по первому направлению, реализованных в транспортных ДВС, приведен в Таблице 1.

Таблица 1

Управляемые элементы ДВС

Управляемый элемент	Название системы	Фирма разработчик	Краткое описание системы
---------------------	------------------	-------------------	--------------------------

Управляемый элемент	Название системы	Фирма разработчик	Краткое описание системы
Система изменения фаз газораспределения (Variable Valve Timing, VVT)	EVA	Aura Systems	Регулируемые параметры работы газораспределительного механизма: - момент открытия (закрытия) клапанов; - продолжительность открытия клапанов; - высота подъема клапанов. Используется два типа регулировки фаз газораспределения: 1. за счет поворота распределительного вала по ходу вращения, чем обеспечивается раннее открытие клапанов по сравнению с исходным положением; 2. с использованием кулачков различной формы, чем достигается ступенчатое изменение продолжительности открытия и высоты подъема клапанов [4].
	VVN	Meta Systems	
	VDO	Systems	
	Valvetronic и bi-VANOS	BMW	
	i-VTEC, VTC	Honda	
	VarioCAMPlus	Porsche	
	VVT – Variable Valve Timing	Mahl, Volkswagen	
	MIVEC, Mitsubishi Innovative Valve timing Electronic Control	Mitsubishi	
Valvelift System	Audi		
Система нейтрализации отработавших (выпускных) газов дизелей	–	Bosch	Электронный блок управляет фильтром твердых частиц и накопительным нейтрализатором окислов азота NO _x , достигая на каждом режиме работы двигателя наилучшей нейтрализации выпускных (отработавших) газов. Блок также управляет рециркуляцией газов, положением дроссельной заслонки и давлением наддува [1, 4].
Электрогидравлическая система привода клапанов	Valvetrain EHVS	AVL и Bosch	Обеспечивает любую характеристику подачи воздуха в цилиндры двигателя, независимо регулирует фазы газораспределения (открытие и закрытие), высоту подъема каждого в отдельности клапана, скорость, ускорение и перемещение клапана [1, 5].
		Yacobs Vehicle Systems	
Система отключения работы части цилиндров	–	Delphi – Automotive Systems, Chrysler, Honda	Осуществляет управление переходом на необходимое количество работающих цилиндров [6].

Управляемый элемент	Название системы	Фирма разработчик	Краткое описание системы
Турбокомпрессоры с изменяемым входным сечением турбины	VNT	Garrett	Обеспечивает изменение входного сечения турбины [7].
Аккумуляторная топливная система	Common Rail Common Rail	Denso Bosch Delphi	<p>Применяются управляемые электроникой электрогидравлические форсунки с электромагнитным или пьезоэлектрическим приводом управляющих клапанов, впрыскивают дизельное топливо под высоким давлением в цилиндры.</p> <p>Второе поколение системы Common Rail фирмы Bosch обеспечивает до пяти впрыскиваний топлива за один цикл. Для повышения точности процесса впрыскивания и повышения долговечности элементов системы на весь ресурс двигателя было разработано программное обеспечение, позволяющее управлять количеством впрыскиваемого топлива IQA (Injector Quantity Adjustment), регулировать электрическое напряжение в форсунке IVA (Injector Voltage Adjustment) и осуществлять коррекцию колебаний давления PWC (Pressure Wave Correction). Система предусматривает также управление количеством подаваемых доз топлива при предвпрыскивании. Кроме того, система регулирует соотношение полного количества подаваемого воздуха к вводимому топливу. Отметим, что ДВС с системой Common Rail оборудованы датчиками давления газов в цилиндрах и давления впрыска топлива.</p> <p>В ведущих фирмах мира, таких как Bosch, Siemens, Delphi, Denso и др., завершены разработки новых топливных систем Common Rail с пьезофорсунками. Пьезофорсунка практически не имеет «мертвого» времени, переключение происходит очень быстро и точно. В блоке управления запрограммированы характеристики двигателя и процесса впрыскивания, в него</p>

Управляемый элемент	Название системы	Фирма разработчик	Краткое описание системы
			поступают данные о положении коленчатого вала и распределительных валов. В последнее время ведутся интенсивные разработки по так называемым изменяемым распылителям форсунок с рядами малых и больших распыливающих отверстий [8, 9].
Топливная система с гидравлической насос-форсункой с электронным управлением	HEUI (Hydraulic Electronic Unit Injection)	Caterpillar совместно с Navistar	В топливных системах с насос-форсунками и индивидуальными топливными насосами используется принцип дозирования топлива с помощью встроенных электромагнитных клапанов управления подачи. Момент подачи пускового сигнала на электромагнитный клапан, то есть момент его закрытия, означает начало подачи топлива. Продолжительность периода подачи пускового сигнала
			определяет величину цикловой подачи. Момент и продолжительность пускового сигнала определяются электронным блоком управления в соответствии с программируемыми матрицами характеристик, учитывающими режим работы двигателя и условия окружающей среды [10].
Система изменения степени сжатия в двигателях		FEV Motorentechnik	Принцип работы заключается в следующем – эксцентрично расположенная ось коленчатого вала, позволяющая при повороте перемещать ось и тем самым изменять степень сжатия. Это позволяет уменьшать степень сжатия на больших нагрузках для получения недетонирующего процесса сгорания топлива на полной нагрузке и сохранять высокую компрессию на частичных режимах [11].

Управляемый элемент	Название системы	Фирма разработчик	Краткое описание системы
Механизм изменения степени сжатия	GoEngine	Gomecsys	В предложенной конструкции каждая кривошипная головка шатуна соединена с коленчатым валом через узел, который находится в зацеплении с эпициклической системой, позволяющей ей вращаться вокруг коленчатого вала. Управление осуществляется электронной системой [12].

Примеров адаптивности ДВС можно привести достаточно много, но, как указывалось выше, важнейшим фактором, определяющим качество микропроцессорного управления двигателем, является алгоритм управления. Применение «интеллектуальных» алгоритмов управления позволяет достигнуть предельно возможных наилучших показателей качества рабочего процесса. Это относится, прежде всего, к точности поддержания частоты вращения коленчатого вала двигателя при его работе в установившихся режимах нагружения, ограничению максимального отклонения параметров и длительности переходных процессов пуска, разгона, нагружения и отслеживания изменения нагрузки.

В комплекс алгоритмов управления в общем случае входят алгоритмы адаптивного управления опережением подачи топлива, давлением, числом стадий впрыска, формой характеристики впрыскивания топлива, ограничением подачи топлива, исключением подачи топлива при условиях, не обеспечивающих его воспламенение и эффективное сгорание, фазами газораспределения, давлением наддува и др. Важно, что для реализации алгоритмов управления осуществляется сбор и обработка информации, полученной от датчиков регулируемых параметров, которая позволяет также реализовывать алгоритмы безразборной автоматической технической диагностики.

На всех двигателях с электронными системами управления достигнуто существенное снижение эксплуатационного расхода топлива и вредных выбросов. Улучшены пусковые и тормозные характеристики, повышена надежность узлов и деталей двигателя.

Как уже указывалось, описанные выше «элементы адаптации» двигателей реализованы в основном в автомобилестроении. Однако накопленный в автомобилестроении опыт позволяет в ближайшем будущем перенести часть решений по элементам адаптации на судовые дизели.

Адаптивные судовые дизельные установки

В конце XX века мировое судовое дизелестроение вслед за автомобилестроением приступило к попыткам создания адаптивных судовых дизельных установок (СДУ).

Рассмотрим некоторые технические решения, которые применяются известными мировыми фирмами в области судовых средне- и высокооборотных двигателей (СОД и ВОД). Представляют также интерес технические решения, предложенные на заре разработок электронных систем управления судовыми двигателями, которые нашли применение в основном в малооборотных двигателях (МОД).

Первые разработки и применение технических решений с электронным управлением были представлены в 2001 году фирмой MAN B&W в МОД серии ME [1, 13, 14]. Разработка базировалась на двигателе серий MC или MC-C, т. е. основные конструктивные элементы двигателя (детали остова, коленчатый вал, цилиндрические втулки, крышки цилиндров и т. д.) не отличались от элементов двигателей MC (MC-C), отличие состояло только в конструкции и принципах управления топливной

аппаратурой и системой газораспределения. Одним из основных достоинств двигателей серии ME (буква «E» означает электронное управление) является более низкий расход топлива на эксплуатационных режимах работы в диапазоне мощности от 50 до 85 % от номинальной мощности. Минимальный расход топлива – 155 г/(кВт ч) – достигается тем, что число стадий и интенсивность впрыскивания топлива, а также фазы открытия и закрытия выпускных клапанов выбираются наиболее соответствующими качественному рабочему процессу на всех постоянных и переходных режимах работы. Система управления предусматривает также мониторинг процессов в цилиндрах двигателя и автоматическое поддержание одинаковой нагрузки по всем цилиндрам.

В конструкции двигателя в связи с отсутствием распределительного вала для обеспечения впрыскивания топлива и подъема выпускных клапанов используется гидравлический контур масла, находящийся под давлением 20 МПа. Контур содержит отфильтрованное масло из циркуляционной системы двигателя. Также применена система смазки типа Alpha, играющая большую роль в реализации задач экологической безопасности.

Двигатели серии ME могут настраиваться на различные «низкоэмиссионные режимы» путем гибкого регулирования топливной аппаратуры и системы газораспределения, при которых эмиссия NO_x существенно снижается по сравнению с другими режимами. Это особенно важно при эксплуатации судов в экологически чистых «зеленых» зонах. Как известно, на эмиссию частиц в значительной степени влияет расход цилиндрического масла. Испытания показывают, что при снижении расхода цилиндрического масла эмиссия частиц также снижается. Однако процесс износа цилиндрической втулки и поршневых колец также зависит от расхода цилиндрического масла. Необходимо выбирать и поддерживать наилучшую для каждого режима работы (включая переходные режимы) подачу масла, минимизирующую как эмиссию частиц, так и динамику износа цилиндрической группы. При выборе расхода масла также должно приниматься во внимание содержание серы в топливе. Эта функция в двигателях ME решается компьютером с использованием лубрикатора специальной конструкции типа Alpha.

Двигатели серии ME могут быть оснащены системой глубокой очистки выпускных (отработавших) газов от оксидов азота – SCR реактором (SCR – Selective Catalytic Reduction), использование которого обычно дает 90 %-ное и большее снижение содержания оксидов азота в выпускных газах. Все необходимые функции SCR хорошо интегрируются в компьютерную систему управления двигателем серии ME.

Двигатели серии ME с электронным управлением обеспечивают достаточно интенсивное впрыскивание топлива в цилиндр двигателя и стабильную регулировку цикловой подачи, независимо от скоростного режима работы двигателя. Благодаря этому двигатель устойчиво работает при частоте вращения коленчатого вала, которая составляет 10–12 % от номинальной частоты вращения.

Двигатели серии ME имеет значительно лучшую приемистость, чем их предшественники. Гибкое управление фазой открытия выпускных клапанов позволяет интенсивней разгонять ротор турбокомпрессора, тем самым повышая давление наддува. Это, в свою очередь, позволяет более динамично увеличивать подачу топлива в цилиндры двигателя. Возможность динамического нагружения двигателя важна при выполнении маневренных операций. Система электронного управления двигателями серии ME включает в себя систему предупреждения перегрузки двигателя.

Особое внимание к проблеме окружающей среды, вызванной выбросами NO_x , потребовало от дизелестроителей более тщательного изучения технологий снижения выбросов NO_x . Компания MAN B&W предложила технологию по снижению выбросов NO_x путем рециркуляции выпускных (отработавших) газов [1, 13]. При этом

система управления при реализации технологии рециркуляции выпускных газов (EGR – Exhaust Gas Recirculation) интегрирована в систему электронного управления двигателем. EGR-процесс основан на перепуске выпускных газов перед турбокомпрессором из выпускного ресивера в систему продувочного воздуха.

Конечный результат по снижению выбросов NO_x достигается благодаря замещению частиц кислорода углекислым газом, в результате чего вследствие замедления процесса сгорания снижается максимальный пик температуры.

Фирма Wartsila решает проблему снижения эмиссии NO_x следующим образом [1, 13]:

- электронные системы топливоподачи типа Common Rail, которыми оснащены двигатели Wartsila RT-flex, обеспечивают получение различных профилей подачи топлива одновременно с адаптируемыми фазами газораспределения;

- впрыскиванием воды в камеру сгорания.

Датское подразделение MAN B&W разработало VTA технологию (Variable Turbine Area – изменяемое проходное сечение турбины), которая открывает новые адаптивные возможности. Гибкость управления расходом воздуха является ключевым фактором как для удовлетворения требований по вредным выбросам с выпускными газами двигателей, так и для улучшения характеристик расхода топлива. VTA-система позволяет установить оптимальное соотношение количества подаваемого воздуха и впрыскиваемого топлива в любой точке поля нагрузочных характеристик двигателя, а также улучшить динамические свойства системы двигатель-турбокомпрессор.

На речных судах и судах смешанного (река-море) плавания нашли применение в основном СОД и ВОД.

В современных конструкциях судовых средне- и высокооборотных дизелей в значительной степени реализован заимствованный более чем 20-летний опыт производителей дизелей дорожного транспорта в отношении применения новых технологий управления в системах топливоподачи, газообмена и др. Рассмотрим достижения в части разработки и применения электронных систем и средств управления применительно к судовым СОД и ВОД.

Мероприятия по управлению рабочим процессом дизеля в комплексе включают:

- 1) применение электронных систем управления топливными системами высокого давления типа Common Rail (CR), в том числе с мероприятиями, указанными в 2) и 3);
- 2) применение многостадийной подачи топлива;
- 3) управление углом опережения подачи топлива;
- 4) изменение фаз газораспределения;
- 5) рециркуляцию отработавших газов;
- 6) использование регулируемых турбокомпрессоров;
- 7) при набросах нагрузки в переходных процессах дизель-генераторов переменного тока применяется подача воздуха на колесо турбины или компрессора для разгона ротора турбокомпрессора и улучшения динамических показателей и др.

Все эти мероприятия направлены на адаптацию двигателя к меняющимся условиям эксплуатации. Набор этих мер по управлению рабочим процессом на каждом конкретном двигателе выбирается проектантом в зависимости от особенностей эксплуатации, а также для выполнения норм по экологическим показателям.

Отметим, что с момента появления первых двигателей и до настоящего времени осуществляется совершенствование компьютеров, управляющих двигателями (ECM). Так, первые компьютеры, которыми оснащались двигатели фирмы Caterpillar, имели 8-битовый процессор, затем 16-ти битовый. В настоящее время ECM ADEM-III (Advanced Diesel Engine Management) имеет 32-битовый процессор. Изменялось при этом и число входов/выходов ввиду необходимости увеличения числа датчиков и

управляемых величин для учета большого перечня рабочих параметров и внешних условий. Новейший ЕСМ АДЕМ-IV имеет 170 входов и линий связи с двигателем [1].

ЕСМ включает две основные части – управляющий компьютер и персональный модуль. Персональный модуль ЕСМ является перепрограммируемым и представляет собой микросхему энергонезависимой памяти, содержащей программное обеспечение компьютера, рабочие таблицы (алгоритмы), определяющие закон подачи топлива и закономерности функционирования в различных режимах, а также содержит информацию о конкретном применении двигателя. Таким образом, имеется возможность изменения программ управления.

Помимо основных задач управления рабочим процессом дизеля ЕСМ обеспечивает решение ряда других задач, в том числе:

- мониторинг показания датчиков с контролем их исправности;
- самодиагностика электронной системы управления с выводом активных кодов-извещений о неисправностях компонентов (модулей);
- сохранение в памяти кодов-извещений о неисправностях;
- сохранение в памяти имевших место выходов рабочих параметров за установленные пределы (перегрев, превышение установленных пределов частоты вращения, низкое давление масла и др.);
- выполнение тестов и калибровок некоторых элементов по командам от специальной программы.

Компьютерный блок управления двигателем, как правило, выполняет основные функции управления – регулирования частоты вращения, давления топлива в магистрали, количества впрыскиваемого топлива и времени впрыска, изменения фаз газораспределения, зависящих от режимов работы двигателя. Соответственно осуществляется управление секциями клапанов и электромагнитными форсунками в функции частоты вращения по сигналу от датчика частоты вращения коленчатого вала и датчика высокого давления. Кроме того, компьютер управляет регулированием температуры охлаждающей жидкости и выпускных газов, давления наддува и частоты вращения ротора турбокомпрессора.

Заключение

Перечисленные выше достижения, применяемые в системах электронного управления двигателями, позволяют сделать выводы об отсутствии сдерживающих факторов по интеграции ДВС в единую целеориентированную систему управления СЭУ [15], позволяющую реализовывать сценарии управления в зависимости от внешних условий эксплуатации судна. При этом отметим, что изготовителями судовых ДВС уделяется внимание вопросам повышения экологических, экономических и динамических характеристик, а также вопросам повышения надежности, но при разработке систем управления идеология управления не выходит за рамки функций конкретного двигателя, который будет работать в составе СЭУ и взаимодействовать со сложным комплексом функционально взаимосвязанных элементов СЭУ.

Список литературы

1. Лашко В. А. Перспективы развития интеллектуальных поршневых ДВС / В. А. Лашко // Ученые заметки ТОГУ. – 2014. – Т. 5. – № 1. – С. 260–287.
2. Лашко, В. А. Изменение степени сжатия – один из элементов создания адаптивного поршневого двигателя / В. А. Лашко, А. И. Поспелов // Ученые заметки ТОГУ. – 2014. – Т. 5. – № 1. – С. 307–310.
3. Конск Г. А. Перспективные тенденции развития поршневых ДВС и агрегатов на их базе на современном этапе / Г. А. Конск, В. А. Лашко // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2005. – № 1. – С. 127–140.

4. Дмитриевский А. В. / Автомобильные бензиновые двигатели // А. В. Дмитриевский // М.: Астрель, 2003. – 128 с.
5. New technology / Jacobs Vicle Systems [Электронный ресурс]. URL: <https://www.jacobsvehiclessystems.com/products/variable-valve-actuation/> (дата обращения: 13.02.2018).
6. Современная техника и технологии. 2012. № 12 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2012/12/1426> (дата обращения: 13.02.2018).
7. Garrett Turbochargers // [Электронный ресурс]. URL: http://www.industrialgroup.com.ua/files/tkr_s_vnt.pdf дата обращения 13.02.2018).
8. Компоненты системы commonrail // [Электронный ресурс]. URL: <http://www.denso-am.ru/produkty/zapasnye-chasti/dizel-nye-komponenty/komponenty-sistemy-common-rail/> (дата обращения: 13.02.2018).
9. Großmotoren-Technikmit Common-Rail-Systemen // Bosch [Электронныйресурс]. URL: www.bosch-mobility-solutions.com/media/global/products-and-services/off-highway-and-large-engines/powertrain-solutions/modular-common-rail-system/systemmappe_grossmotoren_technik.pdf (дата обращения 13.02.2018).
10. Системы подачи топлива с насос-форсунками // СТЭЛ [Электронный ресурс]. URL: <http://steldiesel.ru/files/sistemapodachi-s-nasosfors.pdf> (дата обращения 13.02.2018).
11. Изменение неизменяемого. Продолжение // [Электронный ресурс] URL: <http://www.abs-magazine.ru/article/izmenenie-neizmennogo-prodolzhenie-nachalo-v-112017> (дата обращения 13.02.2018).
12. Степень свободы // [Электронный ресурс]. URL://<http://www.abs-magazine.ru/article/stepenj-svobod/> (дата обращения 13.02.2018).
13. Service Experience 2007, MAN B&W Engines The ME/ME-C and MC/MC-C Series // [Электронный ресурс] URL: http://marengine.com/ufiles/MAN-Service_Experience_2007.pdf (дата обращения 13.02.2018).
14. Петров, А. П. Развитие электронных систем управления судовыми двигателями внутреннего сгорания / А. П. Петров, Г. Е. Живлюк // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2015. – № 5 (33). – С. 152–169.
15. Соловьёв А.В. Концепция единого целеориентированного управления судовой энергетической установкой / А.В. Соловьёв // Вестник государственного университета морского и речного транспорта имени адмирала С.О. Макарова, 2017. – Т 9. – № 5 – 1027 - 1039.

References

1. Lashko, V. A. Perspektivy razvitiy intellektualnyh porshnevyyh DVS / V. A. Lashko // Uchenye zametki TOGU. – 2014. – Т. 5. – № 1. – С. 260–287.
2. Lashko, V. A. Izmenenie stepeni szatia – odin iz elementov adaptivnogo porshnevnogo dvigatelja / V. A. Lashko, A. I. Pospelov // Uchenye zametki TOGU. – 2014. – Т. 5. – № 1. – С. 307–310.
3. Konsk, G. A. Perspektivnye tendeciy razvitiya porshnevyyh DVS I agregatov na ih baze na sovremennom etape / G. A. Konsk, V. A. Lashko // Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universitet. – 2005. – № 1. – С. 127–140.
4. Dmitrievskiy, A. B. / Avtomobilnye benzinovye dvigateky // А. В. Dmitrievskiy // М.: Astrel, 2003. – 128 с.
5. New technology / Jacobs Vicle Systems [electronniy resurs]. URL: <https://www.jacobsvehiclessystems.com/products/variable-valve-actuation/> (data obrashenia: 13.02.2018).
6. Sovremennay tehnika I tehnologiy. 2012. № 12 [electronniy resurs]. URL: <http://technology.snauka.ru/2012/12/1426> (data obrashenia: 13.02.2018).
7. Garrett Turbochargers // [electronniy resurs]. URL: http://www.industrialgroup.com.ua/files/tkr_s_vnt.pdf data obrashenia 13.02.2018).
8. Komponenty sistemy commonrail // [electronniy resurs]. URL: <http://www.denso-am.ru/produkty/zapasnye-chasti/dizel-nye-komponenty/komponenty-sistemy-common-rail/> (data obrashenia: 13.02.2018).
9. Großmotoren-Technikmit Common-Rail-Systemen // Bosch [electronniy resurs]. URL: www.bosch-mobility-solutions.com/media/global/products-and-services/off-highway-and-large-engines/powertrain-solutions/modular-common-rail-system/systemmappe_grossmotoren_technik.pdf (data obrashenia 13.02.2018).

10. Sistemy podachi topliva s nasos-forsunkami // СТЭЛ [electronniy resurs]. URL: <http://steldiesel.ru/files/sistemapodachi-s-nasosfors.pdf> (data obrasheniya 13.02.2018).
11. Izmenenie neizmennogo. Prodolgenie // [electronniy resurs] URL: <http://www.abs-magazine.ru/article/izmenenie-neizmennogo-prodolzhenie-nachalo-v-112017> (data obrasheniya 13.02.2018).
12. Stepen svobody // [electronniy resurs]. URL://<http://www.abs-magazine.ru/article/stepenj-svobody> (data obrasheniya 13.02.2018).
13. Service Experience 2007, MAN B&W Engines The ME/ME-C and MC/MC-C Series // [electronniy resurs] URL: http://marengine.com/ufiles/MAN-Service_Experience_2007.pdf (data obrasheniya 13.02.2018).
14. Petrov, A. P. Development of electronic control systems of internal combustion engines/ A. P. Petrov, G. E. Zhivlyuk // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo transporta imeni admirala S.O. Makarova. – 2015. – № 5 (33). – С. 152–169.
15. Soloviev A.V. The concept of a unified goal directed management of marine power plant / A.V. Soloviev // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo transporta imeni admirala S.O. Makarova, 2017. – Т 9. – № 5 – 1027 - 1039.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Соловьёв Алексей Валерьевич, д.т.н.,
доцент кафедры систем информационной
безопасности, управления и
телекоммуникаций Волжский
государственный университет водного
транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), ФАУ
Российский речной регистр, 603951, г.
Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail:
solovev@rivregnn.ru

Alexey V. Soloviev, D. Sc. in technical science,
Volga State University of Water Transport, 5,
Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail:
solovev@rivregnn.ru

Поселенов Евгений Николаевич, к.т.н.,
доцент кафедры систем информационной
безопасности, управления и
телекоммуникаций Волжский
государственный университет водного
транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г.
Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail:
epos.aqua@gmail.com

Evgeniy N. Poselenov, PhD in technical science,
Volga State University of Water Transport, 5,
Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail:
epos.aqua@gmail.com

Статья поступила в редакцию 05.05.2021; опубликована онлайн 15.06.2021
Received 05.05.2021; published online 15.06.2021