

ДВИГАТЕЛЕ СТРОЕНИЕ

№ 1 (251)
январь–март 2013

Санкт-Петербург

РАСЧЕТЫ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ

ANALYSES, DEVELOPMENT AND CONSTRUCTION OF ENGINES

Сорокин В.А.
Разработка типоразмерных рядов судовых дизелей

3 *Sorokin V.A.*
Development of Marine Engine Ranges

Васильев А.В., Федоров Н.Н.
Совершенствование обобщенной математической
модели механизма газораспределения ДВС
на основе вариативного представления
клапанных пружин

Vasilyev A.V., Fedorov N.N.
9 Improvement in Generalized Mathematical Model
of Engine Valve Gear Based
on Alternative Representation of Valve Springs

*Белогуб А.В., Пылев В.А., Федоров А.Ю.,
Ночвин И.Л.*
Обеспечение заданного уровня теплонапряженности
поршня при форсировании тепловозного дизеля

Belogub A.V., Pylev V.A., Fedorov A.Yu., Nochvin I.L.
15 A Way to Raise Locomotive Engine Output Keeping
Thermal Stresses in Engine Piston
within Acceptable Limit

Лимонов А.К., Сеземин А.В.
Совершенствование рабочего процесса газового
двигателя с форкамерно-факельным зажиганием

Limonov A.K., Sezemin A.V.
20 Improvement in Combustion Characteristics
of Gas Engine with Pre-Chamber Flame Ignition

СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЕЙ. АГРЕГАТЫ

ENGINE SYSTEMS AND UNITS

*Шестаков Д.С., Плотников Л.В., Жилкин Б.П.,
Григорьев Н.И.*
Снижение пульсации потока во впускной системе
поршневого ДВС с наддувом

*Shestakov D.S., Plotnikov L.V., Zhilkin B.P.,
Grigoryev N.I.*
24 Mitigation of Air Flow Pulsation in Turbocharged
Engine Suction System

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ

AUTOMATION AND DIAGNOSTICS

Медведев В.А., Янчеленко В.А.
Ультразвуковая диагностика работы топливной
аппаратуры дизелей большегрузных
карьерных самосвалов

Medvedev V.A., Yanchelenko V.A.
28 Ultrasonic Monitoring of Fuel Injection System
Operation in Heavy Duty Rock Haulers

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

ENVIRONMENTAL ISSUES

*Гумеров И.Ф., Хафизов Р.Х., Борисенков Е.Р.,
Гатауллин Н.А., Румянцев В.В.*
Повышение экологических показателей качества
автомобильных дизелей КамАЗ — основное
направление их развития

*Gumerov I.F., Khafizov R.H., Borisenkov E.R., Gataullin
N.A., Rummyantsev V.V.*
31 Improvement of Environmental Performance
as a Core Line of KamAZ Engine Development

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ДВИГАТЕЛЕЙ

MAINTENANCE AND REPAIR ISSUES

Патрахальцев Н.Н., Мельник И.С., Петруня И.А.
Повышение экономичности режимов малых
нагрузок судового дизеля, работающего на винт
регулируемого шага

Patrakhaltsev N.N., Melnik I.S., Petroonya I.A.
38 Improvement in Fuel Economy of Marine Propulsion
Engine Driving Variable Pitch Propeller
During Low-Load Operation

НОВОСТИ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

ENGINE BUILDING NEWS

Ф. Милло, Г. Лаварино, А. Кафари
Детонация в газодизеле: сопоставление различных
методов обнаружения и контроля (материалы
конгресса CIMAC 2010)

Federico Millo, Gabriele Lavarino, Alberto Cafari.
42 Knock in Dual Fuel Engines: A Comparison Between
Different Techniques for Detection and Control.
CIMAC 2010

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Л.А. Новиков, главный редактор

ПРЕДПРИЯТИЯ

В.А. Шелеметьев	<i>техн. директор</i>	<i>ОАО «Коломенский завод», г. Коломна</i>
В.А. Рыжов	<i>гл. конструктор</i>	<i>ОАО «Коломенский завод», г. Коломна</i>
Е.С. Васюков	<i>техн. директор</i>	<i>ЗАО УК БМЗ, г. Брянск</i>
В.А. Егоров	<i>ген. директор</i>	<i>ОАО РУМО, Н. Новгород</i>
А.К. Лимонов	<i>гл. конструктор</i>	<i>ОАО РУМО, Н. Новгород</i>
М.В. Бояркин	<i>гл. конструктор</i>	<i>ОАО ХК «Барнаултрансмаш», г. Барнаул</i>
В.М. Гребнев	<i>техн. директор</i>	<i>ОАО «Волжский дизель им. Маминых», г. Балаково</i>
Р.Х. Хафизов	<i>зам. гл. констр. по двиг.</i>	<i>ОАО КамАЗ, г. Набережные Челны</i>
А.А. Матюшин	<i>генеральный директор</i>	<i>ОАО ЗМЗ, г. Заволжье</i>
В.И. Федышин	<i>директор</i>	<i>МАН Ферросталь, Санкт-Петербургский филиал</i>
В.В. Коновалов	<i>1-й зам. ген.директора</i>	<i>ОАО «Звезда», Санкт-Петербург</i>
В.С. Мурзин	<i>дир.-гл. конструктор</i>	<i>ООО ГСКБ «Трансдизель», г. Челябинск</i>
А.П. Маслов	<i>вед. инж.-конструктор</i>	<i>ООО ГСКБ «Трансдизель», г. Челябинск</i>
А.С. Калюнов	<i>начальник ИКЦ</i>	<i>ООО НЗТА, г. Ногинск</i>

НИИ

В.С. Папонов	<i>ген. директор</i>	<i>ОАО НИКТИД, г. Владимир</i>
Д.П. Ильющенко-Крылов	<i>гл. инженер</i>	<i>ЗАО ЦНИИМФ, Санкт-Петербург</i>
В.А. Сорокин	<i>зав. отделом</i>	<i>ЗАО ЦНИИМФ, Санкт-Петербург</i>
В.И. Ерофеев	<i>нач. отдела</i>	<i>1 ЦНИИ МО РФ, Санкт-Петербург</i>
В.В. Альт	<i>директор</i>	<i>ГНУ СибФТИ, г. Новосибирск</i>
Ю.А. Микутенко	<i>президент</i>	<i>ООО НПХЦ «Миакрон-Нортон»</i>
Б.А. Зеленев	<i>директор</i>	<i>НТЦ ПМТ ФГУП ЦНИИМ, Санкт-Петербург</i>
А.М. Махмудов	<i>с.н.с.</i>	<i>ФГУП ГНЦ РФ «ЦНИИ им. А.Н. Крылова», Санкт-Петербург</i>

ВУЗЫ

Ю.В. Галышев	<i>зав. кафедрой ДВС</i>	<i>СПбГПУ, Санкт-Петербург</i>
Н.Д. Чайнов	<i>проф. кафедры Э-2</i>	<i>МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва</i>
О.К. Безюков	<i>зав. кафедрой ТК СДВС</i>	<i>ФГОУ ВПО СПГУВК, Санкт-Петербург</i>
А.А. Иванченко	<i>зав. кафедрой СЭУ</i>	<i>ФГОУ ВПО СПГУВК, Санкт-Петербург</i>
Л.В. Тузов	<i>проф. кафедры ТК СДВС</i>	<i>ФГОУ ВПО СПГУВК, Санкт-Петербург</i>
А.С. Рунда	<i>проф. кафедры ДВС</i>	<i>ФГОУ ВПО ГМА им. С.О. Макарова, Санкт-Петербург</i>
В.К. Румб	<i>проф. кафедры ДВС и АСЭУ</i>	<i>ГМТУ, Санкт-Петербург</i>
А.В. Смирнов	<i>нач. кафедры Д и ТУ</i>	<i>ФГОУ ВПО ВИТИ, Санкт-Петербург</i>
В.О. Сайданов	<i>проф. кафедры Д и ТУ</i>	<i>ФГОУ ВПО ВИТИ, Санкт-Петербург</i>
А.А. Обозов	<i>профессор кафедры ТД</i>	<i>ФГБОУ ВПО БГТУ, г. Брянск</i>
С.П. Косырев	<i>профессор кафедры ТАМ</i>	<i>БИТТУ фил. ГОУ ВПО СГТУ г. Балаково</i>
А.В. Разуваев	<i>профессор кафедры ТАМ</i>	<i>БИТТУ фил. ГОУ ВПО СГТУ г. Балаково</i>

Издатель журнала — ООО «ЦНИДИ-Экосервис», Санкт-Петербург.

Журнал издается при поддержке ФГОУ ВПО «Военный инженерно-технический институт» (ВИТИ), филиал академии тыла и транспорта, Санкт-Петербург.

Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата технических наук (www.vak.ed.gov.ru).

Электронные версии журнала (2005–2013 гг.) размещены на сайте «Научная электронная библиотека» (www.elibrary.ru) и включены в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Выпускающий редактор Н.А. Вольская
Редактор инф. отдела Г.В. Мельник
Ст. редактор О.Д. Камнева
Верстка — А.В. Вольский

Сдано в набор 03.03.132
Подписано в печать 20.03.13
Формат бумаги 60 × 90 1/8

Бумага типографская.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 7
Зак. 100. Тираж 1000 экз.
Цена договорная

Почтовый адрес редакции журнала:
ООО «ЦНИДИ-Экосервис», 191123, Санкт-Петербург, а/я 65

Тел.: (812) 719-73-30
Факс: (812) 719-73-16

E-mail: ecology@rdiesel.ru
www.rdiesel.ru

**ДВИГАТЕЛЕ
СТРОЕНИЕ**

Типография «СВЕТЛИЦА»
Лиц. ПД № 2-69-618, 196158,
Санкт-Петербург, Московское шоссе, 25, 215

© Журнал «Двигателестроение». 2013. № 1 (251)

РАЗРАБОТКА ТИПОРАЗМЕРНЫХ РЯДОВ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

В.А. Сорокин, к.т.н, доц.,

ЗАО «Центральный научно-исследовательский институт морского флота»

Выполнен анализ и обоснована целесообразность разработки перспективных типажей судовых дизелей. Показано, что типоразмерные ряды составляют основу комплексного развития отрасли и играют существенную роль в развитии отечественного дизелестроения.

Сформулированы основные принципы создания типоразмерных рядов судовых дизелей, рассмотрены задачи по повышению технико-эксплуатационных характеристик и конкурентоспособности современных дизелей. Предложена методика расчета типоразмерных рядов судовых среднеоборотных дизелей и на ее основе выполнен вариантный расчет типажа.

Развитие судового дизелестроения не может успешно осуществляться без учета развития смежных отраслей, в том числе потребляющих дизельные установки. Основой комплексного развития отрасли дизелестроения является создание перспективных типажей дизелей, на базе освоенных в производстве, перспективных планов развития смежных отраслей, требований потребителей с учетом совершенствования технико-эксплуатационных характеристик судов, развития производственной базы двигателестроения и т. д.

В каждый период времени разработка типажа дизелей имела свои специфические особенности, однако на всех этапах ставилась задача создания такого типажа, который позволял удовлетворять нужды потребителей минимальным количеством модификаций с целью получения наибольшей экономии при проектировании, производстве, эксплуатации и ремонте.

Ранее выполненные разработки типажей дизелей [1, 2] сыграли положительную роль в развитии отечественного дизелестроения. В результате большого объема научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ были упорядочены мощностные ряды, спроектированы новые конструкции и налажено их производство, реконструированы дизелестроительные заводы.

Практика дизелестроения показывает, что отсутствие перспективного типажа дизелей отрицательно сказывалась на развитии отрасли.

Некоторые разработки выполнялись на ряде заводов параллельно, некоторые опытные разработки не доводились до производства. В то же время отсутствие перспективного типажа затрудняло как развитие заводов отрасли, так и вопросов их специализации.

Необходимо отметить, что разработка и постановка на производство полного типоразмерного ряда — это чрезвычайно дорогостоящий и требующий значительного времени процесс. Даже ведущие мировые дизелестроительные концерны, располагая многолетним опытом проектирования и необходимой производственной базой, не позволяют себе предлагать полностью развернутые по числу цилиндров ряды, часто прибегая к созданию модификаций, освоенных в производстве дизелей с изменением значений базовых параметров (с учетом эксплуатационных требований). Учитывается также прогноз изменения спроса на те, или иные типоразмеры дизелей. В 60–70-е гг. прошлого столетия в нашей стране широко обсуждались и разрабатывались проекты типоразмерных рядов судовых дизелей. Однако даже в условиях централизованного государственного планирования и финансирования ни один из представленных проектов не был полностью осуществлен, а в производстве были освоены только отдельные модели двигателей. Связано это, в первую очередь, со слабым развитием гражданского отечественного судостроения. Так, в 60–70-е годы в связи с бумом строительства крупных морских судов и востребованностью мощных малооборотных дизелей (МОД) на Брянском машиностроительном заводе (БМЗ) было в относительно короткие сроки освоено производство типоразмерного ряда малооборотных дизелей по лицензии фирмы MAN B&W. Завод полностью обеспечил потребность в МОД для судов отечественной постройки.

Основные принципы создания типоразмерных рядов дизелей заключаются в определении востребованности отдельных типов дизелей с учетом требований заказчиков (потребителей), тенденций развития дизелестроения, составлении шкалы мощностей и параметров двигателей перспективных моделей.

Развитие отрасли двигателестроения регламентируется требованиями потребителя в отношении

роста агрегатных мощностей, улучшения ресурсных показателей повышения экономичности, снижения вредных выбросов, снижения весогабаритных показателей и т. д.

Разбивка дизелей на группы в типоразмерном ряду, как правило, выполняется по следующим параметрам: цилиндровой (агрегатной) мощности, частоте вращения, среднему эффективному давлению, диаметру и ходу поршня, удельной массе.

Типаж должен предусматривать значительное расширение границ агрегатных мощностей за счет форсирования по p_{me} изменения числа цилиндров и частоты вращения. В перспективном типаже должны всегда сохраняться серийные двигатели, имеющие большие возможности по форсировке наддувом и более высокие эксплуатационные показатели. Для дизелей каждого типа должны предусматриваться модификации по назначению и конструктивному исполнению.

Перспективный типаж судовых дизелей должен разрабатываться с участием всех заинтересованных сторон, как производителей, так и потребителей, предусматривать основные группы дизелей с учетом их назначения, мощности, частоты вращения, экономичности, удельной массы, конструктивных особенностей и других параметров.

В настоящее время типоразмерный ряд отечественных судовых дизелей отсутствует.

С учетом сложившейся ситуации в отечественном дизелестроении на ближайшее время типаж судовых дизелей различного назначения целесообразно разработать с учетом как выпускаемых в настоящее время отечественными заводами двигателей, так и зарубежных двигателей, производимых на лицензионной основе и на базе совместных инжиниринговых компаний. Выпуск дизелей, устаревших по своим технико-эксплуатационным характеристикам (за исключением МОД), большое количество дизелей иностранных марок, установленных на отечественных судах, недостаточное количество дизелей с малой цилиндровой мощностью и другие проблемы сдерживают развитие дизелестроения, создают трудности в сбыте, эксплуатации, поставках запасных частей и т. п.

Создание новых моделей требует значительных финансовых капиталовложений (сотни миллионов долларов США) и продолжительного времени (4–6 лет). В связи с отставанием по технико-эксплуатационным характеристикам отечественных двигателей от зарубежных аналогов задача разработки и производства новых моделей двигателей в настоящее время для большинства отечественных заводов является трудноразрешимой либо непосильной. Для частных инвесторов такая задача является малоперспективной, так как создание новых моделей требует значительных капиталов-

ложений с длительным сроком их окупаемости, что связано с определенными рисками.

Создание новых типов современных дизелей является ответственной, трудоемкой затратной работой. Помимо чисто технических, организационных, экономических и других проблем, должны быть увязаны вопросы со смежными отраслями — потребителями судовых дизелей, гарантирующими востребованность продукции (в первую очередь — это судостроение и водный транспорт).

Здесь уместно вспомнить историю создания собственной конструкции малооборотного дизеля 6ДКРН75/160 на БМЗ в 70-е годы прошлого столетия. В конструкцию дизеля были заложены самые современные решения на момент создания дизеля. Однако в процессе производства и длительной доводки дизеля (в течение 7 лет) он по своим технико-эксплуатационным характеристикам стал уступать новым моделям МОД, разработанным к этому времени фирмами MAN B&W и «Sulzer». Двигатель был изготовлен в единственном экземпляре, установлен на танкере и эксплуатировался несколько десятилетий.

Характерно, что после первого не очень удачного опыта создания отечественного МОД БМЗ прекратил работы по совершенствованию собственной конструкции.

Очевидно, что подобная ситуация может быть исключена в случае государственной целевой поддержки производителей дизелей (заводов, конструкторских бюро, НИИ и др.).

Концепция создания нового семейства дизелей должна учитывать следующие положения и требования:

- создание современных конкурентоспособных моделей судовых дизелей, отвечающих по своим технико-эксплуатационным и экологическим характеристикам мировому техническому уровню с учетом перспектив развития;

- организацию современного уровня производства с учетом технологического оснащения, новых материалов, конструктивных решений, инноваций и т. п.;

- сокращение закупок судовых дизелей по импорту;

- соответствие мощностного ряда производимых отечественных дизелей запросам рынка с учетом перспективы и возможности их дальнейшей форсировки;

- востребованность новых моделей типоразмерного ряда с обеспечением их широкого использования на флоте;

- расширение сферы применения вновь разрабатываемого семейства дизелей.

Практически все судовые дизели, выпускаемые в настоящее время отечественными предприя-

тиями, были разработаны в 60–80 гг. и к настоящему времени по всем параметрам не соответствуют современным требованиям, не имеют достаточного потенциала модернизации и по основным технико-эксплуатационным характеристикам уступают западным аналогам.

Несмотря на отмеченные обстоятельства, отечественные двигатели реализуются преимущественно на внутреннем рынке, в том числе на судах, находящихся в эксплуатации (при замене ГД и ВДГ), а также на вновь строящихся судах. Востребованность отечественных двигателей на внутреннем рынке определяется их меньшей стоимостью, положительным опытом эксплуатации, наличием запчастей, баз технического обслуживания, поддержкой отечественных производителей и др.

Для создания новой модели дизеля требуются значительные капиталовложения и время, а помимо этого — гарантированный рынок сбыта. Без выхода на внешний рынок создавать новые отечественные модели в большинстве случаев нецелесообразно ввиду ограниченного их спроса внутри страны.

Анализ типажа производимых в стране дизелей показал, что ряд устаревших модификаций требуют прекращения их производства и замены новыми моделями с улучшенными современными параметрами. Целесообразность разработки новых моделей, обладающих существенно лучшими показателями (степенью форсировки (P_e), расходом топлива, ресурсом, надежностью и др.) возможна при достаточно весомых обоснованиях. Вопрос разработки и использования новых моделей судовых дизелей должен решаться совместно с рассмотрением вопросов закупки лицензионной документации у ведущих зарубежных фирм, включая организацию совместных предприятий на изготовление аналогичных дизелей с учетом экономической целесообразности.

В общей массе судовых дизелей обычно различают два основных класса, имеющих приоритетное использование в судовых дизельных энергетических установках (ДЭУ):

- малооборотные двухтактные крейцкопфные однорядные дизели, предназначенные для пропульсивных установок с непосредственной передачей крутящего момента на гребной винт;

- среднеоборотные дизели, предназначенные для пропульсивных установок с передачей крутящего момента на винт через механический или иной редуктор частоты вращения, а также для привода главных и вспомогательных электрогенераторов и других вспомогательных устройств. В настоящее время это, как правило, четырехтактные тронковые двигатели, которые производятся в рядном (L) или V-образном исполнении.

При создании нового типоразмерного семейства двигателей должны решаться задачи по повышению КПД, достижению прогрессивных экономических показателей в рамках простой и надежной конструкции, использования газодизельного цикла, применения цикла Миллера–Аткинсона, использование топливной системы впрыска высокого давления (типа common rail), высоконапорных турбокомпрессоров с КПД выше 70 %, применения инновационных технологий и конструктивных решений, обеспечивающих достижение рекордных показателей топливной экономичности. Двигатели должны иметь максимальную взаимозаменяемость деталей и узлов для различных компоновок, оснащаться современной микропроцессорной системой управления, контроля основных рабочих параметров и защиты, адаптированы к различным условиям применения с обеспечением послепродажного технического обслуживания при эксплуатации и др.

Конструкция двигателя по возможности должна обеспечивать универсальность его применения — в качестве главного судового для пропульсивного комплекса и вспомогательного в качестве дизель-генератора для различных компонентов ДЭУ.

Необходимо отметить, что в судостроении, в отличие от автомобилестроения, практически отсутствует крупносерийное, а тем более массовое производство: серии судов более 20 единиц встречаются крайне редко. Морской флот чрезвычайно разнообразен по типам, размерам и водоизмещению судов, их назначению, району плавания, скорости хода: от сравнительно небольших портовых буксиров и других вспомогательных судов до ледоколов, газозовов, контейнеровозов, супертанкеров, навалочников и др. Это многообразие диктует необходимость организации производства сравнительно небольших партий дизелей, значительно отличающихся по размерам, мощности и частоте вращения. Учитывая, что современный судовый дизель является дорогим и сложным техническим изделием, крупные производители судовых дизелей идут по пути создания модификаций на базе разработанной базовой модели. Это достигается за счет разветвления дизелей определенной размерности в ряды по числу цилиндров (4–12 цилиндров для рядных двигателей и до 18–20 цилиндров для V-образных дизелей), а также за счет дефорсировки двигателя при возможном сохранении номинального крутящего момента (среднего эффективного давления). Такой подход обеспечивает судостроителю возможность выбора оптимального по мощности и частоте вращения двигателя при проектировании конкретного судна. Для производителя дизелей это влечет за собой увеличение

рынка сбыта при минимальных затратах на разработку и организацию производства.

При расчете параметров дизелей нового типоразмерного ряда рекомендуется использовать известное аналитическое выражение, устанавливающее связь между мощностью P и геометрическими размерениями цилиндра, а также средним эффективным давлением и частотой вращения коленчатого вала:

для цилиндровой мощности:

$$P = (13,1 \cdot D^2 \cdot S \cdot P_e \cdot n) / z, \text{ кВт/цил}; \quad (1)$$

для агрегатной мощности

$$P = (13,1 \cdot D^2 \cdot S \cdot P_e \cdot i) / z, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где D и S — диаметр цилиндра и ход поршня, м; z — коэффициент тактности дизеля ($z = 1$ для двухтактных и $z = 2$ для четырехтактных дизелей); P_e — среднее эффективное давление, МПа; n — частота вращения дизеля, об/мин; i — число цилиндров двигателя.

Для перспективных моделей дизелей типоразмерного ряда значения параметров, входящих в формулы 1 и 2 для МОД и СОД могут быть определены по данным табл. 1 и 2, а их предельные значения — экстраполяцией показателей за рассматриваемый период времени.

По указанной методике был рассчитан ряд параметров дизелей предлагаемого ниже модельного ряда, при этом в расчетах p_e для перспективных моделей СОД принято равным 2,80 МПа.

Создание новых моделей судовых дизелей целесообразно выполнять с учетом разработки уникальных типоразмерных рядов в широком диапазоне мощности. При этом должна быть реализована концепция выпуска дизелей одновременно всего типоразмерного ряда путем агрегатирования двигателей за счет унифицированных модульных элементов.

Преимущества такого подхода доказаны практикой. Наличие типоразмерных рядов дает возможность резкого снижения номенклатуры специального технологического оборудования, организации производства, сборки и испытаний отдельных модулей, достижение высокой унификации деталей и узлов внутри типоразмерного ряда. Это позволяет производителю оперативно проводить модернизацию выпускаемых двигателей с применением последних достижений в области дизелестроения. Технический уровень параметров современных дизелей инициирует спрос и расширение области их применения.

Обеспечение устойчивого спроса на дизели в условиях жесткой конкурентной борьбы возможно только при непрерывном их совершенствовании, улучшении технико-экономических и экологических показателей.

Таблица 1

Конструктивные параметры современных судовых дизелей

Наименование	Рекомендуемый диапазон	
	СОД	МОД
Диаметр цилиндра D , мм	100–600	260–1000
Ход поршня S , мм	100–900	900–3600
Отношение S/D	1,5–1,0	2,3–4,5
Средняя скорость поршня C_m , м/с	7–11,5	6,5–10
Число цилиндров для рядных машин i	2–8	4–12
Число цилиндров для V-образных машин i	8–20	—
Удельный вес G/P_e , кг/кВт	10–16	19–33
Моторесурс M , тыс.ч	90	более 120
Тактность Z	4-такт.	2-такт.

Таблица 2

Рабочие параметры современных и перспективных судовых дизелей

Наименование	Рекомендуемый диапазон		Предельная величина СОД/МОД
	СОД	МОД	
Среднее эффективное давление p_e , МПа	2,3–3,0	1,8–2,0	3,5/2,4
Максимальное давление цикла p_{max} , МПа	14–22	15–22	25/25
Давление наддува p_k , МПа	0,3–0,5	0,3–0,5	0,6/0,6
Давление сжатия p_{com} , МПа	8–13	8–13	15/15
Частота вращения коленчатого вала n , об/мин	350–1500	60–250	350/50
Температура газов за цилиндром t_t , °С	400–480	350/450	550/550
Температура газов перед турбиной t'_t , °С	500–560	450/500	550/550
Удельный расход топлива (ИСО 3046) g_e , г/кВт·ч	165–180	160–165	190/180
Удельный расход масла g_m , г/кВт·ч	0,7–1,1	0,5–0,9	1,2/1,0

К определяющим принципам, заложенным в формирование концепции создания новых типоразмерных рядов, относятся:

➤ мощностной ряд для СОД выбран с учетом показателей зарубежных аналогов ведущих фирм-производителей;

➤ типоразмерные мощностные ряды дизелей различных моделей незначительно перекрываются по мощности, что обеспечивает выбор оптимальной модели в необходимом заказчику диапазоне мощности;

➤ малооборотные дизели, выпускаемые ЗАО «УК «БМЗ» по лицензии фирм «MAN Diesel & Turbo» и «Wartsila Corporation», по своим технико-эксплуатационным характеристикам соответству-

ют современным требованиям и по условиям лицензионного соглашения завод может производить вновь разработанные новые модели МОД указанных фирм*;

➤ производство современных и перспективных конкурентоспособных МОД в России гарантировано техническим уровнем продукции ведущих мировых лидеров по разработке и выпуску МОД — фирмами «MAN Diesel & Turbo» и «Wartsila Corporation» их авторитетом, статусом, техническими возможностями, технико-эксплуатационными параметрами, и спросом на продукцию [3].

Исследования и анализ технического уровня продукции ведущих производителей СОД — фирм «Wartsila Corporation», «MAN Diesel», «Roll-Royce», «Caterpillar», «Hyundai», «MTU», «Cummins» и др. показал, что все фирмы имеют отдельные модели или типоразмерные ряды двигателей, очень близкие по своим выходным параметрам. Вследствие этого предложенный типоразмерный ряд СОД соответствует показателям продукции указанных ведущих фирм-производителей.

Проектирование и изготовление новых моделей перспективных отечественных СОД весьма проблематично и не всегда целесообразно:

➤ предложенный подход при создании типоразмерного ряда СОД позволяет избежать больших материальных и временных затрат, связанных с проектированием, разработкой, исследованиями, решением сложных технических проблем, развитием кооперации и др. и открывает возможность производства в России усовершенствованных моделей судовых дизелей с участием совместных инжиниринговых компаний и зарубежных фирм;

➤ представленные типоразмерные ряды могут быть широко развернуты по числу цилиндров, частоте вращения, степени форсировки, что дает возможность проектанту (заказчику) делать выбор оптимального варианта дизельной энергетической установки проектируемого судна;

➤ принятая концепция при создании предложений по типоразмерным рядам судовых дизелей позволяет перекрыть весь заявленный мощностной ряд за счет минимального количества моделей — 4–5 типоразмеров (см. табл. 3).

Идеальный типоразмерный ряд среднеоборотных судовых дизелей должен охватывать диапазон мощности от 400 до примерно 20 000 кВт,

* **Примечание редакции.** Производство судовых дизелей на БМЗ остановлено по решению собственника в 2009 году.

обеспечивая возможность выбора мощности, оптимальной для конкретного проектируемого судна, габаритов, массы и ресурса энергетической установки.

Учитывая сложность рассматриваемого вопроса, главным образом связанную с необходимостью учета состояния производственной базы дизелестроительных предприятий, а также отсутствием достоверной информации по перспективному строительству и пополнению флота на отечественных верфях, представленные предложения по типоразмерному ряду среднеоборотных дизелей могут рассматриваться как один из возможных вариантов.

Основными моделями новых дизельных двигателей, предлагаемых для типоразмерного ряда и перекрывающих мощностной диапазон в соответствии с современными требованиями, являются следующие группы: дизели судовые главные; дизель-генераторы судовые главные; дизель-генераторы судовые вспомогательные и аварийные (дизель-электрические агрегаты); дизели для судовых вспомогательных установок.

В начале расчета устанавливается желаемый ряд по частоте вращения с учетом возможности работы на пропульсивный комплекс или электрогенератор с частотой 50 Гц, а затем, принимая характерные для современных и перспективных дизелей значения параметров форсировки, задаются размеры цилиндра и рассчитывается цилиндровая мощность.

Если в качестве исходных параметров форсировки принять значения, соответствующие или превышающие современные средние уровни для рассматриваемого класса дизелей, то рассчитанный по формулам (1) и (2) типоразмерный ряд для СОД можно представить в следующем виде (табл. 3).

Полученные расчетом значения цилиндровой мощности, а также размеры цилиндров достаточно хорошо коррелируются с соответствующими значениями размерных рядов дизелей ведущих зарубежных фирм, производящих СОД.

Таблица 3

Типоразмерный ряд судовых среднеоборотных дизелей

Частота вращения, об/мин	1500	1500	1000	750	500
Диаметр цилиндра/Ход поршня, см	11/15	15/20	23/31	32/40	46/62
Среднее эффективное давление, МПа	При расчете принято равным 2,80 для всех моделей				
Цилиндровая мощность, кВт	50	125	300	560	1200
Агрегатная мощность, кВт	200–300	500–1500	1200–2400	2250–9000	7200–19 000

Необходимо отметить следующий принципиальный момент. Учитывая постоянное развитие и совершенствование конструкции и технологии производства, базовые параметры перспективных дизелей меняются достаточно быстро. Так, за полвека для дизелей с повышенной форсировкой среднее эффективное давление удалось повысить в 4–5 раз, среднюю скорость поршня — почти вдвое. Это влечет за собой необходимость достаточно частой корректировки размерности двигателей для заданной цилиндровой мощности и частоты вращения, а значит и корректировки всего типоразмерного ряда.

В случае успешной реализации программы развития отечественного гражданского судостроения спрос на судовые среднеоборотные двухтопливные дизели должен возрасти, так как они используются в качестве главных и вспомогательных двигателей не только на судах морского флота, но и на речных, рыбопромысловых судах и судах смешанного плавания. С учетом состояния отечественного судового дизелестроения постановка на производство новых моделей дизелей отечественной конструкции должна выполняться с учетом экономической целесообразности организации про-

изводства дизелей на основе лицензионных или инжиниринговых соглашений с ведущими дизелестроительными корпорациями. Такое решение позволит в приемлемые сроки обеспечить строящиеся суда типажом необходимых двигателей и существенно сократит долгосрочные финансовые затраты на проектирование и доводку дизелей. Дополнительным преимуществом лицензионных двигателей является их продвинутость на мировом рынке, в то время как выход на внешний рынок новых моделей отечественных дизелей в условиях жесточайшей конкуренции весьма проблематичен.

Литература

1. Вопросы типажа двигателей // Двигателестроение. — 1999. — № 3. — С. 40–46.
2. Дугов И.К. и др. Материалы юбилейной конференции, посвященной 100-летию Российского дизелестроения // Двигателестроение. — 2000. — № 3. — С. 6–12.
3. Сорокин В.А. Анализ производства современных судовых малооборотных дизелей // Сб. научн. трудов ЗАО «ЦНИИМФ» — Техническая эксплуатация морского флота. — СПб., 2012. — С. 84–94.

ЮБИЛЕЙ!

Геннадью Петровичу Киче

75 лет

*9 апреля 2013 г. исполняется 75 лет д.т.н., профессору
Геннадью Петровичу Киче, заслуженному деятелю науки и техники РФ,
заслуженному изобретателю РФ, начальнику кафедры «Судовые ДВС»
ФБОУ ВПО МГТУ им. адм. Г.И. Невельского.*

Г.П. Кича окончил Одесский институт инженеров морского флота по специальности «Судовые машины и механизмы» в 1961 г. После окончания института до 1964 г. работал в должности конструктора на Луганском тепловозостроительном заводе (Украина). С 1964 по 1967 г. преподавал в Дальневосточном высшем инженерном морском училище им. адм. Г.И. Невельского. В 1970 г. закончил аспирантуру при Центральном научно-исследовательском дизельном институте и в 1971 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию в Ленинградском кораблестроительном институте.

С 1971 г. в Дальневосточном высшем инженерном морском училище им. адм. Г.И. Невельского Геннадий Петрович возглавляет научную школу «Химмотология судовых моторных масел и топлив». Наиболее весомый вклад специалисты школы внесли в разработку смазочных систем повышенной эффективности при конвертировании судовых форсированных дизелей на тяжелые высоковязкие топлива.

За создание высокоэффективных технологий очистки моторных масел на судах Геннадий Петрович награжден девятью (золотой, двумя серебряными и шестью бронзовыми) медалями ВДНХ СССР.

Г.П. Кича — автор 48 изобретений по разделению сложных многофазных (гетерогенных) систем, очистке ГСМ при их использовании в технике. Опубликовал более 160 статей в журналах «Двигателестроение», «Судостроение», «Энергомашиностроение», «Химия и технология топлив и масел», «Судостроение за рубежом», «Трение и износ» и др. Список его научных трудов включает 270 наименований.

После защиты докторской диссертации Г.П. Кича возглавил в 1994 г. кафедру «Судовые двигатели внутреннего сгорания». Под его руководством защищено 24 кандидатских и 4 докторских диссертаций. Член редколлегии журнала «Проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока»

*Коллектив ФБОУ ВПО «Морского государственного университета им. адм. Г.И. Невельского»
и редакция журнала «Двигателестроение» поздравляют Геннадия Петровича с юбилеем
и желают ему здоровья и благополучия,
новых успехов в научной и педагогической деятельности.*

