

## МАТЕРИАЛЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ДВИГАТЕЛЬ-2017»

УДК 621.431

### К 110-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ» МГТУ им. Н.Э. БАУМАНА

*В.А. Рыжов, заслуженный конструктор Российской Федерации,  
лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники,  
лауреат премии АССАД имени А. Швецова,  
к.т.н., ОАО «Коломенский завод»*



На протяжении многих десятилетий кафедра «Поршневые двигатели» МГТУ им. Н.Э. Баумана и Коломенский завод проводят совместную комплексную научно-исследовательскую работу с непосредственным участием ученых кафедры и

специалистов завода в создании современных комбинированных двигателей для таких стратегически важных отраслей, как железнодорожный транспорт, кораблестроение, атомная энергетика. Сотрудничество кафедры и завода проходило как в форме выполнения кафедрой хозяйственных работ по заданию завода, так и в форме подготовки инженерных и научно-инженерных кадров для завода, в том числе через аспирантуру в МГТУ.

Выпускников МВТУ всегда отличала хорошая теоретическая подготовка, что позволяло им быстро адаптироваться в условиях производства и конструкторских бюро и стать ведущими специалистами не только завода, но двигателестроения.

В частности, руководителями завода, его производственных и конструкторских подразделений в разные годы были выпускники МВТУ: В.М. Пятов, В.А. Ильяшевич, С.И. Коганицкий, В.М. Ширяев, С.Ф. Северов, А.И. Меден, Л.Д. Юз, Г.И. Иванов, М.А. Салтыков, А.Ф. Поляков. Сегодня лидирующее положение в КБ завода занимают выпускники МВТУ, в том числе и аспирантуры: В.В. Кондратюк, В.В. Печенин, М.Е. Калугин, А.В. Перфилов, М.И. Раенко, В.А. Рыжов, М.А. Сальников, Е.Б. Зигельман, А.Б. Матисен.

Многие ведущие специалисты завода защитили кандидатские и докторские диссертации в МГТУ. Следует назвать д.т.н. М.А. Салтыкова, к.т.н.

П.М. Мерлиса, А.И. Медена, В.И. Каплана, В.М. Ширяева, В.А. Рыжова, В.Г. Быкова, Л.Д. Котельникова, А.М. Казанскую, В.П. Кужелева, М.А. Сальникова, М.И. Раенко, В.В. Печенина, Е.Б. Зигельмана, А.Б. Матисена и других, успешно сочетавших инженерный труд в условиях завода с научной работой в аспирантуре при кафедре поршневые двигатели. Связь КБ завода с кафедрой за многие годы практически не прерывалась, существует она и сегодня.

В области рабочих процессов исследования касались выбора основных термодинамических параметров рабочего цикла (Д.Н. Вырубов, Г.Н. Мизернюк, Н.А. Иващенко, А.С. Кулешов), процессов топливоподачи (С.Г. Роганов, Л.В. Грехов), совместной работы поршневой и лопаточной частей комбинированного двигателя (Г.Н. Мизернюк, Н.Д. Чайнов), газодинамических процессов в проточной части двигателя (М.Г. Круглов, Ю.А. Гришин, В.А. Зенкин).

В области моделирования теплового, напряженно-деформированного состояния и оценки прочности базовых деталей на кафедре были выполнены работы, посвященные совершенствованию деталей ЦПГ (поршень, втулка, шатун, коленчатый вал, крышка) (Н.Д. Чайнов, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков, Н.С. Маластовский, Ю. Трифонов).

Полученные результаты отражены в совместных публикациях сотрудников кафедры и завода в периодической печати (журнал «Двигателестроение»; «Известия вузов. Машиностроение»; «Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Машиностроение»), в сборниках научных трудов «Проблемы развития комбинированных ДВС», 1968; «Развитие комбинированных ДВС», 1974), монографии «Прочность теплонапряженных базовых деталей среднеоборотных двигателей внутреннего сгорания», 2015.

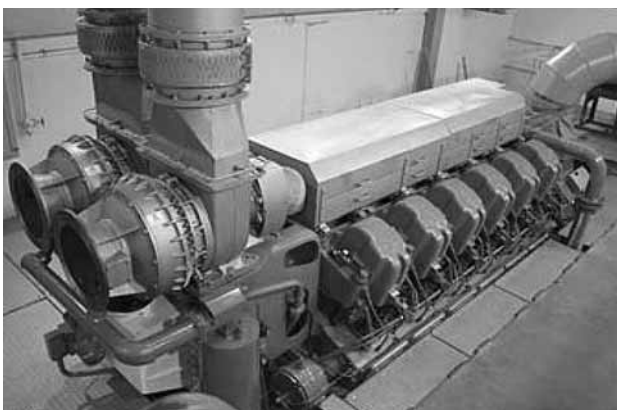
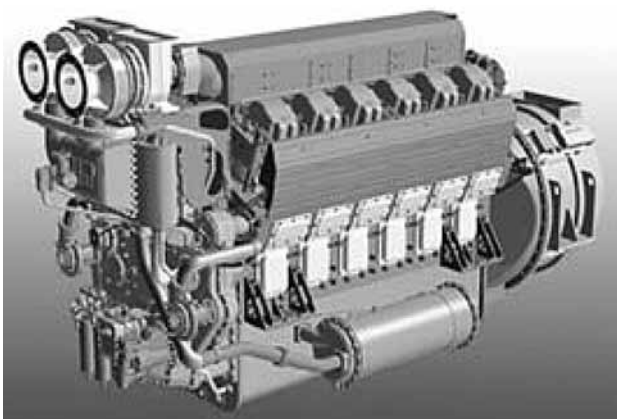
Эти работы безусловно обладают научной и практической ценностью, которая заключается в развитии конструкторской школы, что позволяет сократить время проектирования и доводки

двигателей, улучшить качество проектов, в целом уменьшить сроки постановки новых двигателей на производство и свести к минимуму привлечение зарубежных специалистов.

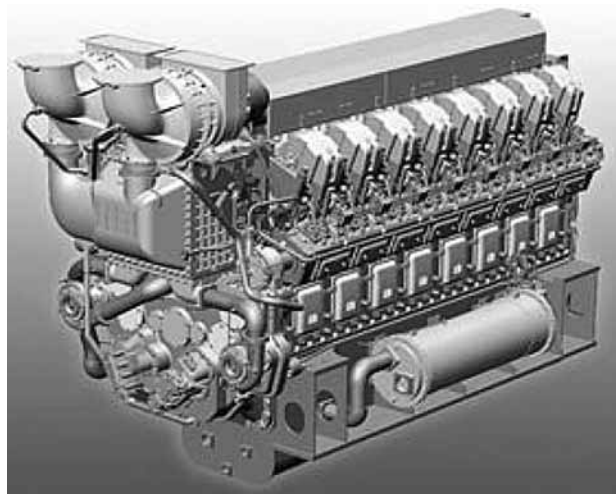
Благодаря развитию методологии проектирования в последние годы значительно усовершенствована конструкция двигателей ряда Д49, что позволило увеличить их форсировку до  $p_{me} = 2,4$  МПа при одновременном увеличении ресурсных показателей в два раза. Выбросы вредных веществ снижены на 50 %, получен европейский экологический сертификат на тепловозный дизель 12Д49М по нормам EU Stage 3A. Сравнительные натурные испытания продемонстрировали преимущество двигателей завода в климатических условиях России над продукцией фирм MAK, Caterpillar, GE.

Разработка и постановка на производство дизель-генераторов 30ДГ и дизель-дизельных агрегатов ДДА12000, соответственно для НАПЛ проекта 636 и корвета проекта 20380, отмечены Государственными наградами.

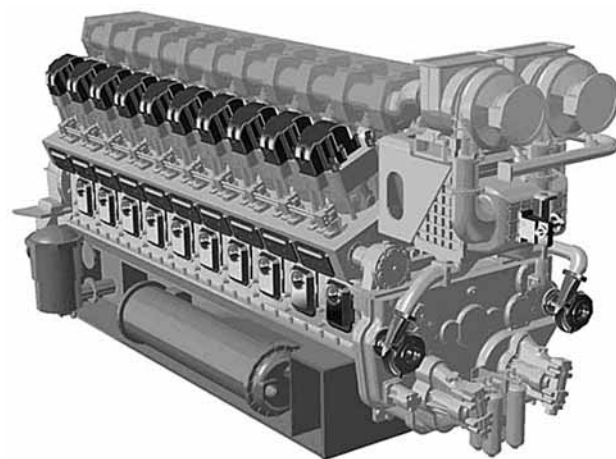
Всего за четыре года спроектированы и изготовлены головные опытные образцы двигателей



**Рис. 1. Дизель-генератор 12СДГ500 (12ЧН26,5/31)** предназначен для работы в составе главной энергетической установки на кораблях с электродвижением, а также в составе вспомогательной установки для выработки электроэнергии. Полная мощность 4412 кВт при 1000 об/мин



**Рис. 2. Дизель 16СД 500 (16ЧН26,5/31)** предназначен для работы на гребной винт в составе дизель-редукторных и комбинированных газотурбинных энергетических установок, а также для работы в составе дизель-генераторных установок на кораблях с электродвижением. Полная мощность 5882 кВт при 1000 мин



**Рис. 3 Дизель 20СД500 (20ЧН 26,5/31)** предназначен для работы на гребной винт в составе дизель-редукторных и комбинированных газотурбинных энергетических установок, а также для работы в составе дизель-генераторных установок судов и кораблей с электродвижением. Полная мощность 7500 кВт при 1000 об/мин

новых типоразмерных рядов Д300 и Д500. Проведены их доводочные испытания. Новый типоразмерный ряд Д500 охватывает мощностной диапазон 3500–7500 кВт и уже востребован структурами ВМФ и РОСАТОМ. Внешний вид различного применения дизелей типа Д500 представлены на рис. 1–3.

Научная составляющая во всех проектах очень высока. Для создания современного двигателя класса Д500 с  $p_{me} \geq 2,7$  МПа использованы 138 вычислительных программ, составляющих основу комплекса взаимосвязанных расчетов в общей САПР ДВС, созданной в Коломенском КБ на основе корпоративной компьютерной сети. В этот

Основные технико-экономические показатели двигателей Д500

Показатель	Перспективные западные конструкции*	Предлагаемая конструкция ЧН26,5/31	Прогнозируемый показатель к 2018 г.
Агрегатная мощность, кВт (л. с.):			
– локомотивный	4412 (6000)	≤ 4412 (6000)	≤ 4412 (6000)
– судовой (ВМФ)	7200 (9792)	≤ 7352 (10 000)	7352 (10 000)
– атомная станция	6200 (8432)	≤ 6200 (8432)	6200 (8432)
Частота вращения, об/мин	900–1000	900–1000	900–1000
Степень форсирования по $\rho_{me}$ , МПа	2,08–2,65	2,58	2,70
Удельный расход топлива по ISO 3046-1, г/кВт·ч	185–191	184–185	184–185
	195–198 <sup>(1)</sup>	—	—
	200–203 <sup>(2)</sup>	199–202 <sup>(2)</sup>	199–202 <sup>(2)</sup>
Удельный расход масла на угар, г/кВт·ч	0,45–0,60	0,35–0,40	0,35–0,40
Удельная масса кг/кВт	5,20–5,95	5,00–5,50	5,00–5,50
Ресурс до капитального ремонта, тыс. ч	24–50	60	60

\* Осредненные показатели современных двигателей фирм GE, MAN, «Wartsila», «Deutz», MTU.

комплекс включены и управляющие программы автоматизированной системы измерений.

Вклад ученых МВТУ в создание методической научной основы САПР весьма высок. В ней с успехом использованы разработки докторов наук Н.Д. Чайнова, Ю.А. Гришина, Л.В. Грехова, А.С. Кулешова и других сотрудников, ученых кафедр.

В таблице представлены параметры новых двигателей нового типоразмерного ряда Д500.

Удельные расходы топлива (1) и (2) приведены при соответствии нормам вредных выбросов различного уровня.

Главными задачами заводского КБ являются: создание научно-технического задела, создание образцов новой техники и сопровождение серийного производства.

Для успешного решения этих задач необходимы: сильная конструкторская школа, кадровый потенциал, хорошо оснащенная экспериментальная база, необходимый набор компонентов САПР (технический, математический, программный, лингвистический, информационный, методический).

Сегодня одной из главных задач Коломенского завода становится сквозная интеграция всех приложений CAD, CAM, CAE, систем управления проектами PDM (Product Data Management), систем промышленной автоматизации, мониторинга и управления технологическими процессами, в том числе создания цифрового макета, параллельного проектирования в распределенных КБ, взаимодействия с цепочкой поставщиков и ERP систем (Enterprise Resource Planting — управление ресурсами предприятия).

Для обеспечения согласованной работы всех участников проекта, реализации и эксплуатации сложной техники необходимо обеспечить инфор-

мационную поддержку всех этапов жизненного цикла изделия, т. е. использовать PLM (Product Lif Management) систему и в конечном итоге создать единое информационное пространство, объединяющее CAD, CAM, CAE, PDM и ERP комплексы.

Несмотря на мощные вычислительные ресурсы, перечисленные расчетные программные комплексы, практически являющиеся универсальными инструментами, не могут обеспечить весь объем моделирования процессов и систем двигателя из-за специфических граничных условий этих процессов, что вызывает необходимость разработки специализированных программ, обеспечивающих приемлемую точность результатов вычислений.

В современных САПР, обеспечивающих весь комплекс CAD/CAM/ CAE технологий, конкретная комбинация программных средств зависит от традиций конструкторской школы и требований заказчиков двигателей, для чего необходимо обеспечить совместимость виртуальных моделей двигателя и объекта, на котором он установлен. К сожалению, все перечисленные программные комплексы базируются в основном на западных программных продуктах.

Справедливости ради следует отметить, что в последние годы на рынке программных продуктов стали появляться разработки российских специалистов. Некоторые из них завод использует, однако полностью исключить применение зарубежных программных продуктов пока невозможно.

Конструкторская школа Коломенского завода выражает надежду, что вклад ученых МГТУ им. Н.Э. Баумана в решение указанных задач может быть весьма существенным. Это, прежде всего, создание элементов мощных САПР и конечно же подготовка квалифицированных кадров.