

РАЗРАБОТКА ДИЗЕЛЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА КОЛОМЕНСКОМ ЗАВОДЕ

*В.А. Рыжов, к.т.н., главный конструктор по дизелестроению,
заслуженный конструктор Российской Федерации
ОАО «Коломенский завод»*

Технико-экономические и экологические показатели серийных тепловозных двигателей третьего поколения 1А26ДТ-01 соответствуют уровню, достигнутому в мировом двигателестроении, а по некоторым параметрам превосходят зарубежные аналоги. Их технический уровень официально подтвержден сертификатом TUF NORD. На основании результатов выполненных НИОКР завершен первый этап проектирования перспективного ряда двигателей Д500 (12ЧН26,5/31) с диапазоном мощности до 7360 кВт. Проектные показатели рабочего процесса с циклом Миллера и регистровой системой наддува соответствуют уровню среднего эффективного давления 27 бар и максимальному давлению в цилиндре 220 бар.

Основным типом дизелей, разработанных и выпускаемых в настоящее время ОАО «Коломенский завод», являются современные четырехтактные с газотурбинным наддувом дизели типа Д49 (ЧН26/26). Мощностный ряд дизелей этого типа охватывает диапазон от 500 до 4400 кВт при частотах вращения 750–1100 об/мин.

В процессе развития типоразмерного ряда дизелей Д49 создано свыше 60 дизельных, газодизельных и газовых модификаций различного назначения для военно-морского и гражданского флота, буровых установок, объектов малой энергетики, атомных станций, локомотивов и автомобилей большой грузоподъемности.

По основным параметрам: ресурсу, расходам топлива и масла, экологическим показателям, дизели Д49 не уступают зарубежным аналогам, а по некоторым параметрам превосходят их.

Например, сравнительные эксплуатационные испытания на Северной железной дороге, а затем и реостатные испытания на экспериментальном кольце ВНИИЖТ дизелей 1А-9ДГ исполнения 3 (16ЧН26/26) и дизелей 7FDL (12ЧН22,9/26,8) фирмы «General Electric» убедительно доказали превосходство Коломенских двигателей над американскими. Так, например, по среднеэксплуатационному расходу топлива американский дизель уступил ~10 г/кВт·ч, по удельному расходу на номинальной мощности ~4,5 г/кВт·ч, а по эксплуатационному расходу масла на угар ~25 %.



Полученный результат является следствием постоянного совершенствования дизелей ряда Д49 с учетом результатов эксплуатации во всех указанных областях применения. Общая принципиальная компоновка, в основу которой положен блочно-модульный принцип, не изменилась, однако в конструкцию базовых узлов и технологию их изготовления были внесены существенные изменения.

Главными изменениями конструкции являются:

- замковое соединение с плоским стыком опор коленчатого вала; разгруженный от центробежных сил стальной коленчатый вал, изготавливаемый методом гибки с высадкой, шейками с упрочнением методом пластического деформирования и комбинированным антивибрационным агрегатом; биметаллические подшипники вала с многокомпонентным гальваническим покрытием;
- кривошипная головка шатуна увеличенной жесткости с упрочняющей раскаткой резьбовых отверстий для стяжки разъема;
- овально-бочкообразные поршни с упрочненными тронками за счет использования нового материала и специального профиля опорной поверхности отверстия под поршневой палец;
- стальные рубашки втулок цилиндров с газовым стыком замкового типа;
- азотированные втулки цилиндров из высокопрочного чугуна;
- крышка цилиндра из высокопрочного чугуна, легированного молибденом, никелем и имеющая специальный профиль огневой поверхности со стороны камеры сгорания;

- распределительный вал повышенной жесткости с оптимизированными безударными кулаками газораспределения и специальными профилями топливных кулаков;
- турбокомпрессор с высоким КПД (до 65 %) достигнут за счет оптимизации реактивных колес компрессора и турбины и повышенным ресурсом за счет гидродемпфирования подшипников ротора;
- новая форма камеры сгорания в сочетании с увеличенным давлением впрыска топлива за счет модернизации распредвала и топливной аппаратуры;
- система автоматического регулирования разрежения в картере, терморегулятор в системе смазки электронный цифровой регулятор частоты вращения и мощности с обеспечением гибкой связи параметров топливоподачи и воздухообеспечения;
- двухступенчатая очистка воздуха;
- самоочищающийся фильтр тонкой очистки масла и т. д.

Двигатели с такими улучшениями получили название — третье поколение дизелей Д49.

Вместе с тем постоянно проводимые НИОКР позволили выявить резервы рабочего процесса двигателя, которые реализованы с помощью электронных систем управления топливоподачей и воздухообеспечением.

Электронная система топливоподачи обеспечивает снижение расхода топлива на долевых эксплуатационных режимах и улучшение экологических показателей за счет гибкого управления углом опережения подачи топлива и соотношения топливо–воздух. Кроме того, она обеспечивает стабильность характеристик во времени из-за устранения механической связи между системой управления и топливной аппаратурой. Система позволяет отключать цилиндры в любой комбинации и последовательности.

Система управления перепуском части воздуха из компрессора в турбину позволяет улучшить динамические характеристики дизеля за счет использования энергии сжатого воздуха в турбине. Это позволяет существенно снизить дымность и выбросы вредных веществ с отработавшими газами на переходных режимах работы.

Указанные системы в сочетании с перечисленными выше мероприятиями внедрены на дизеле 12ЧН26/26 (рис. 1) (заводская марка дизель-генератора 21-26ДГ-01) мощностью 2500 кВт при 1000 об/мин, установленном на первом отечественном магистральном локомотиве 2ТЭ25А с силовой передачей переменного-переменного тока, который создан и построен коллективами Брянского и Коломенского заводов, а также ВНИКТИ.

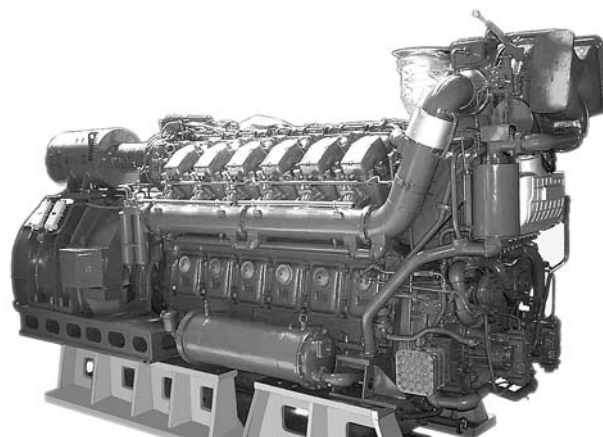


Рис. 1. Дизель 12ЧН26/26 (21-26ДГ)

Электронная система управления топливоподачей, кроме отмеченных, выполняет ряд дополнительных функций: контроль состояния датчиков системы; управление нагрузкой; перевод в аварийный режим работы при обнаруженной в результате самотестирования неисправности, обмен информацией по CAN-шине с микропроцессорной системой управления тепловозом, выдачу CAN-протоколов с необходимой информацией; измерение и индикация основных измеряемых параметров двигателя; выдача сигналов предупреждения и тревоги и т. д. Входы и выходы системы могут быть конфигурированы в зависимости от требований заказчика. Параметры настройки по каналу регулирования могут быть изменены непосредственно на работающем двигателе.

Заводские доводочные и прямо-сдаточные испытания дизель-генератора завершены успешно. В процессе испытаний в результате варьирования параметрами топливоподачи и воздухообеспечения в камере сгорания измененной конфигура-

Удельные средневзвешенные выбросы	Результаты испытаний (цикл F ИСО 8178/4)	Норма по директивам ЕС 97/68/EG, 2004/26/EG	Норма по требованиям TUV NORD
г/кВт·ч			
NO _x (по NO ₂)	6,93	7,4	7,05
CO	0,87	3,5	3,18
CH (по CH _{1,85})	0,23	0,4	0,38
Частицы	0,178	0,2	0,18

ции удалось достигнуть компромиссного решения, обеспечивающего экологические показатели, соответствующие требованиям Европейского стандарта UIC 624 ч II при заданном уровне расхода топлива (198 г/кВт·ч).

Специально проведенная оптимизация рабочего процесса позволила обеспечить экологиче-



Рис. 2. Схема аналитических моделей, входящих в систему проектно-конструкторских расчетов двигателей

ские требования международной директивы ЕС 2004/26 EG с 2009 г., однако при этом расход топлива на номинальном и близком к нему режимах превысил требование генерального заказчика ОАО РЖД и составил 212 г/кВт·ч, что, по нашему мнению, соответствует международному уровню с учетом перспективных требований экологии. Этот результат позволил получить Европейский экологический сертификат уже в 2007 г.

Указанные работы по модернизации двигателей Д49 были выполнены с применением метода параллельно-последовательного проектирования, в ходе которого была создана система проектно-конструкторских расчетов (рис. 2), представляющая собой комбинацию усовершенствованных математических моделей среднего и высокого уровней. Эффективность использования моделей обеспечена за счет модернизации аппаратных средств и внедрения современных программных комплексов, таких как «Компас», UNIGRAPHICS, SOLID EDGE, NASTRAN, PATRAN, ADAMS, MARC и др., совокупность которых фактически

определила состав САПР, интегрированной в единую корпоративную вычислительную сеть. Параллельно создана локальная вычислительная сеть, объединяющая электронные цифровые системы измерений экспериментальных стендов, обеспечивающих контроль всех необходимых параметров двигателя, включая экологические тесты, в том числе контроль выбросов вредных веществ и твердых частиц.

Обновление расчетных программных и аппаратных средств, а также полученные новые результаты экспериментальных исследований позволили КБ ОАО «Коломенский завод» приступить к разработке двигателя нового поколения. Виртуальная трехмерная твердотельная модель базового варианта двигателя представлена на рис. 3. Модель двигателя, включая рабочие чертежи и комплекс необходимых расчетов, была создана за последние 2 года.

Это многоцелевой комбинированный двигатель 12ЧН26,5/31 (заводская марка Д500) V-образной конструкции, на базе которого предполагается развить новый типоразмерный ряд с мощностным диапазоном до 10 000 л. с. при 1000 об/мин.

Основными особенностями новой конструкции являются: степень форсировки по среднему эффективному давлению до 27 бар, реализация рабочего цикла Миллера с максимальным давлением в цилиндре до 220 бар, регистрационная система турбонаддува со степенью повышения давления воздуха в компрессоре до 5,5, электронные системы управления топливоподачей, перепуском воздуха и газа и др.

Разработана также конструкция одноцилиндровой установки для проведения экспериментальных исследований, необходимых для получения проектных показателей.

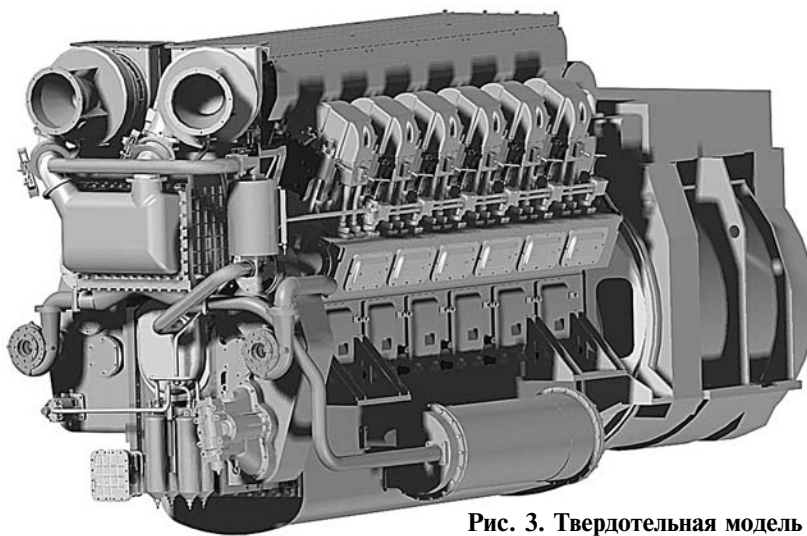


Рис. 3. Твердотельная модель базового варианта двигателя Д500