

МОДЕЛЬНЫЙ РЯД ДВИГАТЕЛЕЙ ДВОЙНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

*В.С. Мурзин, главный конструктор; Б.А. Мурдасов, зам. главного конструктора;
В. И. Скориков, главный конструктор проекта
ООО ГСКБ «Трансдизель»*

В статье представлена информация о создании на ООО «ЧТЗ-Уралтрак» модельного ряда рядных и V-образных двигателей двойного применения. Представлены характеристики двигателей, их конструктивные особенности и процент межпроектной унификации, позволяющий оценить достоинства и недостатки этих двигателей.

Учитывая потребности рынка, конструкторские службы ООО «ЧТЗ-Уралтрак» выполняют опытно-конструкторские работы по созданию серии перспективных тракторов с тяговым усилием от 6 до 50 т, а также модернизацию серийного трактора типа Т-10.

На ФГУП «Уралвагонзавод» (г. Нижний Тагил), куда ЧТЗ поставляет двигатели, создан современный трактор типа РТ2-160, который является универсальной машиной, позволяющей увеличить энергонасыщенность сельскохозяйственного производства и ликвидировать дефицит в данном секторе рынка, образовавшийся в России с прекращением выпуска тракторов подобного класса.

Для решения задачи по оснащению парка дорожно-строительных и сельскохозяйственных машин, промышленных установок и агрегатов, которые позволят внедрить прогрессивные технологии и повысить производительность труда и тактико-технические показатели, на ООО «ЧТЗ-Уралтрак» разрабатывается новый модельный ряд дизельных двигателей с высоким уровнем межпроектной унификации. В него вошли 4-тактные дизельные двигатели 4- и 6-цилиндровые рядного исполнения и 6-, 8-, 12-цилин-



дровые V-образного исполнения. Двигатели народнохозяйственного назначения (Н) имеют диапазон мощностей от 90 до 750 л. с.; специального назначения (С) — от 240 до 1800 л. с. (176–1325 кВт). Основные рабочие параметры модельного ряда двигателей приведены в табл. 1.

Регулировочные параметры различных модификаций двигателей (мощность, частота вращения) компоновка навесных агрегатов, комплектация дополнительным оборудованием, габаритные размеры определяются техническими требованиями конкретных потребителей.

Для двух модификаций тракторных двигателей (4Т371.03.03 и 6Т370.02.03) разработана конструкторская документация, изготовлены демонстрационные (выставочные) и опытные образцы двигателей (см. 2 стр. обложки), которые проходят конструкторско-доводочные испытания в стендовых и ходовых условиях.

Принятая эксплуатационная мощность двигателей должна обеспечивать удельную мощность трактора 8,0–8,8 кВт/т (11–12 л. с./т). Этот уровень соответствует статистическим данным, полученным по результатам анализа характеристик 30-ти зарубежных и отечественных тракторов, находящихся в производстве (табл. 2).

Выбранный диапазон частоты вращения коленчатого вала двигателя (см. табл. 1) соответ-

Таблица 1

Параметры модельного ряда двигателей

Марка двигателя	4Т371	6Т370	8ТВ 372	12ТВ 373
Мощность народнохозяйственных модификаций, кВт (л. с.)	184 (250)	265 (360)	368 (500)	551 (750)
Мощность модификаций специального назначения, кВт (л. с.)	176–441 (240–600)	265–662 (360–900)	353–882 (480–1200)	529–1323 (720–1800)
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	1900–3000			
Запас крутящего момента, %	25–50			
Число и расположение цилиндров	4Р	6Р/6V	8V	12V
Диаметр/ход поршня, мм	130/150			
Рабочий объем, л	7,96	11,94	15,92	23,88
Масса, кг	800–1200	1100–800	1500–2400	2200–3600

Основные параметры тракторных двигателей

Параметры	Россия				Республика Беларусь		США		Япония		Германия			
	ООО «ЧТЗ-Уралтрак»		ОАО «Алтай-дизель» г. Барнаул		ПО «Минский моторный завод»		CATERPI-LAR		KOMATSU		DEUTZ			
Марка двигателя	6Т370		4Т371		Д-4601 Д-442-24		Д-260,4 Д-260,1		3306Т 3304Т		6D125-1 S6D125-1		1015 1015С	
Назначение двигателя	Н	С	Н	С										
Диаметр / ход поршня, мм	130/150				130/140		110/125		121/152		125/150		132/145	
Рабочий объем, л	12		8		11,15 7,43		7,11		10,5 7,0		11		11,9	
Число и расположение цилиндров	6P		4P		6P 4P		6P		6P 4P		6P		6V	
Мощность, л. с.	360	900	250	600	200	152	210	155	165–230	105–130	175	225	272	408
Частота вращения, об/мин	2000	3000	2000	3000	1700	1750	2100		2000–2200		2100		2100	
Запас по крутящему моменту, %	25–50				30	15	15		19		15		25	
Среднее эффективное давление, кг/см ²	13,5	22,5	14,0	22,5	9,5–12,3	10,5–12,0	12,7	9,3	6,42–9,85	6,1–8,3	6,8	8,7	9,8	14,7
Средняя скорость поршня, м/с	10	15	10	15	7,9	8,1	8,75		10,1–11,2		10,5		10,15	
Масса, кг	1100	1800	800	1200	1100	890	700	650	970	785	845	880	830	1060
Литровая мощность, л. с./л	30	75	31,25	75	17,9	23,8	29,5	21,8	15,7–21,9	15–18,6	15,9	20,5	22,8	34,3
Удельная масса, кг/л. с.	3,0	2,0	3,2	2,0	5,5	5,7	3,3	4,2	5,9–4,2	7,4–6,0	4,8	3,9	3,0	2,6
Удельный расход топлива, г/л. с. · ч	148				158		162		151		152		156	
Уровень вредных выбросов	Tier 4		— Tier 4		—		Евро 2		Евро 2		—		Евро 2	
Ресурс, ч	15 000	2000	15 000	2000	10 000		10 000		—		—		—	

ствуется диапазону современных тракторных двигателей, что позволяет обеспечивать взаимозаменяемость навесного и дополнительного оборудования. Диаметр и ход поршня выбраны из условия получения среднего эффективного давления и скорости поршня на уровне современных тракторных дизелей с учетом обеспечения требований по показателям надежности, а также возможности дальнейшего форсирования для применения этих двигателей в изделиях специального назначения.

Для обеспечения вышеуказанных требований в конструкцию двигателей были заложены следующие технические решения, направленные на повышение межпроектной унификации:

- *блок-картер* выполнен из высокопрочного чугуна ВЧН-50-10 и имеет разъем с поддоном ниже оси коленчатого вала, что повышает его жесткость;

- *коленчатый вал* штампованный из легированной стали 18Х2Н4МА, подвергнутый зака-

лке с последующей азотацией на глубину 0,25–0,6 мм;

- *шатуны* с прямым разъемом, штампованный из легированной стали 18Х2Н4МА;

- *поршень* изготовлен горячей штамповкой из высококремнистого сплава АК 12Д;

- *поршневые кольца* из высокопрочного чугуна: верхнее — компрессионное трапецеидальное с хромомолибденовым покрытием; второе — плоское, маслосъемное — коробчатого типа, в перспективе трехэлементное;

- *гильза* из специального чугуна, азотированная с плосковершинным хонингованием, посадкой по нижнему бурту, фиксацией поверху стальной прокладкой, что обеспечивает при монтаже минимальный изгибающий момент и минимальную овализацию;

- *головка цилиндров* индивидуальная из высокопрочного чугуна, четырехклапанная с центрально расположенной форсункой, профилированными впускными каналами для за-

крутки воздушного заряда, поступающего в цилиндр;

➤ уплотнение газового стыка обеспечивается за счет установки биметаллической (сталь— томпак) прокладки и специальных уплотнительных рифтов на бурте гильзы и головке;

➤ в топливной аппаратуре использованы форсунки с распылителями Алтайского завода прецизионных изделий и топливный насос высокого давления (ТНВД) Ярославского завода топливной аппаратуры типа Компакт-40, обеспечивающий давление впрыска 120–150 МПа;

➤ агрегаты и их шестеренчатый привод выполнены со стороны отбора мощности, что дает компоновочные преимущества и позволяет избежать опасных крутильных колебаний в приводах (особенно в приводе ТНВД);

➤ система наддува включает турбокомпрессор ТКР 8,5С с турбиной постоянного давления (в перспективе с охлаждением наддувочного воздуха);

➤ система смазки с мокрым поддоном, охлаждением масла в жидкостно-масляном теплообменнике;

➤ электрооборудование включает зарядный генератор мощностью 2,0 кВт, с приводом от зубчатой передачи через упругую резиновую муфту и электростартер системы пуска.

Предварительный расчет показателей унификации показал, что коэффициент межпроектной унификации составляет:

➤ для двигателей 6Т370, 4Т371 — 73,7%;

➤ для двигателей 6Т370 и его модификаций — 80,7%;

➤ для двигателей 4Т371 и его модификации — 82,7%.

Это позволит снизить объем и трудоемкость опытно-конструкторских и доводочных работ за счет унификации технических решений. Организация производства унифицированного ряда двигателей потребует меньших объемов и затрат на подготовку производства, что обеспечит снижение себестоимости продукции.

В процессе стендовых испытаний опытных образцов нового модельного ряда двигателей были выполнены следующие доводочные работы.

➤ Проведены сравнительные испытания вариантов форсунок, по результатам которых выбраны: угол наклона осей распыливающих отверстий и их эффективное сечение; величина давления начала впрыскивания; вариант объединенного слива топлива.

➤ Выбран оптимальный угол опережения подачи топлива.

➤ Определена оптимальная величина момента закрутки воздушного потока, поступающего через впускные каналы различного профиля в головке цилиндров. Измерения момента закрутки

воздушного потока производились по методике ООО ГСКБ «Трансдизель» при помощи помещенной в воздушный канал головки цилиндра турбинки-крыльчатки, связанной рычагом с весами. В зависимости от величины напора воздушного потока крыльчатка поворачивается на определенный угол и рычаг давит на весы. Произведение силы давления на плечо рычага и дает искомую величину момента закрутки воздушного потока. По результатам измерений выполнена доработка каналов для получения требуемой величины закрутки потока и откорректирована литейная оснастка головки цилиндров.

➤ Проведены сравнительные испытания турбокомпрессоров ТКР-9-2С, ТКР-8,5С и К-27 (Чехия) на двигателе 6Т370, по результатам которых выбран ТКР-8,5С производства ООО «ЧТЗ-Уралтрак».

➤ Проведены сравнительные испытания вариантов уравнивающих механизмов на двигателе: цельновального с навесными грузами на подшипниках скольжения, а также двух вариантов разрезных валов—грузов на подшипниках качения и скольжения. Подтверждена необходимость установки такого механизма, а также выбран его оптимальный вариант.

По результатам испытаний в конструкцию и технологию изготовления узлов и деталей двигателя были внесены следующие изменения:

➤ применены толкатели механизма газораспределения с наплавкой из отбеленного чугуна;

➤ увеличена ширина кулачков распределительного вала для снижения контактных напряжений;

➤ уменьшено количество рифтов на головке цилиндров и гильзе в месте установки прокладки газового стыка, а также увеличена затяжка анкерных болтов за счет 2-кратного обжатия прокладки;

➤ коленчатый вал изготовлен с одинаковыми размерами коренных и шатунных шеек диаметром 95 мм с центробежной очисткой масла в шатунных шейках;

➤ лабиринтное уплотнение носка коленчатого вала заменено на уплотнение манжетой.

Кроме того, расчеты и испытания опытных образцов двигателей показали, что без снижения надежности конструкции можно отказаться от следующих узлов:

➤ демпфера крутильных колебаний;

➤ противовесов на коленчатом валу двигателя 6Т370;

➤ центробежной муфты изменения угла опережения впрыскивания топлива;

➤ дополнительного крепления крышек коренных подшипников в горизонтальном направлении.

Как видно из табл. 2, основные геометрические и мощностные параметры тракторных двигателей нового модельного ряда и двигателей зарубежного производства достаточно близки. Однако можно отметить, что по удельным и экологическим показателям двигателя зарубежного производства превосходят 6Т370 и 4Т371. Это прежде всего связано отставанием отечественного двигателестроения в разработке современных систем топливоподачи и агрегатов воздухо-снабжения. Новейшие системы электронного управления подачи топлива и воздухо-снабжения позволили иностранным фирмам значительно поднять технический уровень своих двигателей.

В настоящее время на заводе ведутся исследовательские работы в целях повышения технического уровня выпускаемой продукции и достижения норм выбросов вредных веществ с отработавшими газами по ГОСТ Р 41.96-2005 ($NO_x/HC/CO/PM = 6,0/1,0/3,5/0,2$ г/кВт·ч) для серийной продукции и норм выбросов вредных веществ по стандартам Tier 3 EPA США и Stage III A EC для перспективных двигателей. Эти

работы проводятся по следующим основным направлениям:

- применение электронно-управляемых систем топливоподачи (с механическим приводом плунжера, гидроприводными насос-форсунками или аккумуляторные системы топливоподачи);
- оптимизация процессов смесеобразования за счет ориентации сопловых отверстий распылителя, выбора их диаметра и количества;
- оптимизации формы и размеров камеры сгорания и выбор оптимальных параметров завихрения потока впускного воздуха;
- снижение расхода масла на угар в элементах цилиндропоршневой группы;
- совершенствование системы наддува за счет использования ТКР с улучшенным КПД, перепуска воздуха и промежуточного охлаждения наддувочного воздуха;
- применение систем рециркуляции отработавших газов и нейтрализации выбросов вредных веществ с отработавшими газами;
- использование дизельного топлива с пониженным до 0,05–0,0015 % содержанием серы.

УДК 621.431.7:63

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА ООО ГСКБ «ТРАНСДИЗЕЛЬ»

*В.В. Щеголев, начальник испытательного центра;
Ю.Д. Кузнецов главный специалист
ООО ГСКБ «Трансдизель»*

Создание высококачественных дизельных двигателей невозможно без экспериментальной базы, где проводятся широкомасштабные исследования и испытания. Экспериментальная база ООО ГСКБ «Трансдизель» объединяет несколько специализированных исследовательских лабораторий и насчитывает более двадцати моторных и безмоторных стендов. Они предназначены для проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также самых разнообразных испытаний всех выпускаемых заводом двигателей, их систем и агрегатов.

Моторные стенды ООО ГСКБ «Трансдизель» являются сложными техническими объектами, требующими квалифицированного обслуживания и ремонта. Они соответствуют всем современным строительным нормам, требованиям техники безопасности и промышленной санитарии, а также требованиям пожарной безопасности. Эти стенды используются для проведения следующих видов испытаний дизелей:



- конструкторско-доводочных;
- исследовательских;
- на надежность и ресурс;
- специальные (на соответствие требованиям по живучести и стойкости к внешним воздействующим факторам);
- предварительных;
- межведомственных;
- типовых.

Для испытания дизельных V-образных двигателей В-84, В-92, В-93 и В-99 предназначены три стенда с гидротормозом SCHENCK, которые позволяют нагружать двигатели мощностью до 1900 кВт (2584 л. с.) с частотой вращения вала