

РАЗВИТИЕ ДИЗЕЛЕЙ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА ОАО «ВЛАДИМИРСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ ЗАВОД»

*А.Р. Кульчицкий, к.т.н., начальник «Центра испытаний двигателей»,
С.Ю. Руссинковский, к.т.н., главный конструктор, ОАО ВМТЗ*

Основной продукцией предприятия в настоящее время является семейство двух-, трех- и четырехцилиндровых дизелей воздушного охлаждения сельскохозяйственного, строительного-дорожного и коммунального применения: для тракторов, дорожных катков, автобетоновозов, автопогрузчиков, компрессорных станций, сварочных агрегатов.

Главным критерием для повышения конкурентоспособности продукции предприятие считает улучшение природоохранных показателей. Идеология предприятия базируется на уровне действующих и перспективных норм.

Исходя из этого, в ближайшей перспективе основное внимание будет уделено совершенствованию рабочего процесса дизелей, очистке отработавших газов и исследованиям по обеспечению контроля и управления работой двигателей.

ОАО «Владимирский тракторный завод» (ныне ОАО «Владимирский моторо-тракторный завод») был построен в 1945 г. За прошедшие 60 лет выпущены миллионы двигателей и тракторов, которые эксплуатируются в самых разных климатических зонах более чем 30 стран мира. Популярность дизели ОАО ВТЗ–ВМТЗ завоевали благодаря простоте конструкции и высокой надежности. В последнее время к этим показателям добавляется и экологическая безопасность.

В настоящее время завод выпускает семейство двух-, трех- и четырехцилиндровых дизелей воздушного охлаждения сельскохозяйственного, строительного-дорожного и коммунального применения: для тракторов, дорожных катков, автобетоновозов, автопогрузчиков, компрессорных станций, сварочных агрегатов и т. д. Ранее также выпускались шестицилиндровые рядные и восьмицилиндровые V-образные двигатели; кроме того, была создана конструкция четырехцилиндрового V-образного дизеля размерностью $D/S = 88/88$ мм с турбонаддувом. Выпускаемые двигатели отличаются различным уровнем форсирования по эксплуатационной мощности и номинальным значениям частоты вращения коленчатого вала и коэффициента запаса крутящего момента (табл. 1).

Расширение номенклатуры дизелей позволяет повышать их конкурентоспособность на внутреннем и внешних рынках.

Основными критериями, по которым можно оценить конкурентоспособность двигателей, являются:

- стоимость,
- выбросы вредных веществ в атмосферу,
- расход топлива,
- мощностные характеристики.

В зависимости от сферы применения превалировать может любой из указанных критериев. Однако, учитывая введение в большинстве развитых стран мира стандартов, ограничивающих выбросы вредных веществ (ВВ) в атмосферу с отработавшими газами (ОГ) двигателей, следует признать за этим критерием первоочередность. При этом необходимо сознавать, что уровень токсичности ОГ двигателей является составной частью более широкой проблемы — экологической безопасности полного жизненного цикла объекта, которая определяется требованиями таких международных стандартов, как ISO 14000 — система экологического управления и директивой Европейского союза ЕС 97/с337/02 «Транспортные средства, вышедшие из эксплуатации». Эти документы направлены на совершенствование этапов проектирования (в том числе исследований и доводки), производства, эксплуатации и утилизации продукции.

В части утилизации двигатели воздушного охлаждения являются более совершенными благодаря их высокой ремонтпригодности (вплоть до замены вышедшего из строя отдельного цилиндра, что невозможно для двигателей жидкостного охлаждения в случае разрушения блока цилиндров). Эксплуатация двигателей воздушного охлаждения в регионах с высоким уровнем загрязнения окружающей среды (пыль, остатки растений и т. д.) также проще, поскольку нет проблемы загрязнения водяного радиатора. Также нет проблем с охлаждающей жидкостью, поскольку в странах с жарким климатом ее не надо запасать, а в странах с холодным климатом применять дорогостоящие и токсичные антифризы. Производство таких двигателей дешевле,

Основные показатели двигателей ОАО «Владимирский тракторный завод»

Параметр	Марки двигателей													
	Д120		Д130		Д144			Д130Т*		Д145Т*				
Эксплуатационная мощность, кВт (л.с.)	22 (30)	18,4 (25)	15,4 (21)	33,1 (45)	29,4 (40)	44,1 (60)	36,8 (50)	29,4 (40)	27,2 (37)	47,8 (65)	44,1 (60)	35 (48)	55,1 (75)	41,9 (57)
Номинальная частота вращения коленчатого вала, об/мин	2000	1800	1500	2000	1800	2000	1800	1600	1500	2200	2000	2000	2000	1500
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	105/120		105/120		105/120			105/120		105/120		105/120		105/120
Число и расположение цилиндров	2Р		3Р		4Р			3Р		4Р		4Р		4Р
Рабочий объем цилиндров, л	2,08		3,12		4,16			3,12		4,16		4,16		4,16
Максимальный крутящий момент, Нм	113	103	104	177	175	221	205	184	192	218	221	196	284	268
Удельный расход топлива на режиме эксплуатации мощности, г/кВт·ч (г/л.с.·ч)	245 (180)	241 (177)	240 (176)	241 (177)	237 (174)	242 (178)	241 (177)	239 (176)	239 (176)	235 (173)	230 (169)	238 (175)	235 (173)	232 (171)
Относительный расход масла на угар, % от расхода топлива	0,3–0,5		0,3–0,5		0,3–0,5			0,3–0,5		0,3–0,5		0,3–0,5		0,3–0,5
Масса сухого дизеля в комплектации поставки, кг	264–292		323–340		375–390			330–347		400–420		400–420		400–420
Габаритные размеры, мм	689		772		919			801		1045		1045		1045
– длина	628		672		741			672		728		728		728
– ширина	865		860		848			846		846		846		846
– высота														

Примечания: * двигатели с турбонаддувом; цветом выделены двигатели, выполняющие требования первого (Д145Т) и второго этапа Правил № 96-01 ЕЭК ООН.

т. к. нет надобности в агрегатах системы охлаждения: радиаторах, водяных насосов, соединительных элементах.

Что касается конструкции двигателей, то основным направлением ее совершенствования является обеспечение снижения загрязнения окружающей среды в соответствии с требованиями Директивы 97/68/ЕС (и аналогичными ей Правилами № 96-01 ЕЭК ООН и ГОСТ Р41.96-99). Указанные документы регламентируют содержание ВВ в отработавших газах дизелей, предназначенных для сельскохозяйственных и лесных тракторов, а также внедорожной самоходной техники (строительно-дорожной и коммунальной) (табл. 2).

Идеология обеспечения требований стандартов, регламентирующих природоохранные показатели, базируется на уровне норм как действующих, так и перспективных. Во-первых,

начиная со второго этапа введения норм, разрешается применение средств дополнительной очистки ОГ, что указывает на приближение к пределу совершенствования рабочего процесса традиционными методами и на необходимость разработки специальных мероприятий (например, рециркуляция ОГ) и применения нейтрализаторов и сажевых фильтров.

Во-вторых, применение электронных средств управления процессами топливоподачи и газообмена целесообразно при уровне норм, соответствующих, ориентировочно, суммарному выбросу оксидов азота и углеводородов менее 6,0 г/(кВт·ч). Таким образом, данный метод будет востребован для тракторных и внедорожных двигателей мощностью свыше 375 кВт после 2007 г., а для дизелей мощностью 19–37 кВт, скорее всего, после 2010 г.

Таблица 2

Нормы удельных выбросов вредных веществ с ОГ дизелей, предназначенных для установки на внедорожный транспорт и тракторы, г/(кВт·ч)*

Нормируемый параметр	Этап I	Этап II	Этап III А	Этап III В***	
Диапазон мощности 19–37 кВт (Д120, Д130, Д130Т)					
Год введения в действие: <i>Европа / Россия</i>	—	2001 / 2008	2007/	—	
Оксиды азота	—	8,0	7,5**	—	
Оксид углерода	—	5,5	5,5	—	
Суммарные углеводороды	—	1,5	-	—	
Дисперсные частицы	—	0,8	0,6	—	
Диапазон мощности 37–75 кВт (Д130Т, Д144, Д145Т)					
Год введения в действие: <i>Европа / Россия</i>	1999 / 2000	2004 / 2008	2008 /	2013 / (37–56 кВт)	2012 / (56–75 кВт)
Оксиды азота	9,2	7,0	4,7**	4,7**	3,3
Оксид углерода	6,5	5,0	5,0	5,0	5,0
Суммарные углеводороды	1,3	1,3	*	*	0,19
Дисперсные частицы	0,85	0,4	0,4	0,025	0,025
Диапазон мощности 75–130 кВт (Д145Т)					
Год введения в действие: <i>Европа / Россия</i>	1999 / 2000	2003 / 2008	2007 /	2012 /	
Оксиды азота	9,2	6,0	4,0**	4,0**	
Оксид углерода	5,0	5,0	5,0	5,0	

Примечания:

* — для двигателей, работающих на постоянном скоростном режиме, нормы этапа III А вводятся с 2012 г. (для мощности 37–75 кВт) и с 2011 г. (для остальных);

** — нормированию подлежит сумма удельных выбросов оксидов азота (в пересчете на диоксид азота NO₂) и суммарных углеводородов (в пересчете на условный состав топлива C₁H_{1,85});

*** — при испытаниях по этапу III В оценка выбросов дисперсных частиц будет проводиться по новому циклу NRTC, отличающемуся от используемого при испытаниях по этапам I, II и III А цикла NRSC наличием переходных режимов;

— цветом отмечены этапы для выполнения норм, по которым могут применяться средства дополнительной обработки ОГ (нейтрализаторы, фильтры дисперсных частиц);

— содержание серы в топливе при испытаниях по этапам I, II, III А и III В должно находиться в пределах 0,1–0,2 % (по массе).

В третьих, следует осторожно относиться к такому мероприятию, как обеспечение высоких (более 100 МПа) и сверхвысоких (более 200 МПа) давлений впрыска топлива. Достаточный для качественного семесеобразования уровень этого параметра является функцией частоты вращения коленчатого вала двигателя и величины цикловой подачи топлива (т. е. форсирования по среднему эффективному давлению). Если для автомобильных двигателей характерным является скоростной режим 4000–5000 об/мин, то для тракторных и внедорожных дизелей — 1800–2400 об/мин. Соответственно время, отводимое на впрыск топлива в цилиндр, на его макро- и микроперемешивание с воздухом, воспламенение и сгорание существенно больше. Все это указывает на возможность работы с менее интенсивным впрыском топлива при более низких значениях давления впрыска. Применительно к дизелям ОАО ВТЗ–ВМТЗ, учитывая также и их относительно небольшой рабочий объем, предельным значением давления впрыскивания топлива на период до 2010 г. можно считать 80 МПа. Такой уровень впрыскивания вполне обеспечивается обычными топливными насосами рядного и распределительного типа с механическим регулятором.

В связи с изложенным, в ближайшей перспективе первоочередной задачей по развитию дизелей ОАО ВТЗ–ВМТЗ является повышение качества рабочего процесса за счет следующих мероприятий:

- совершенствования системы газообмена за счет снижения сопротивления впускного и выпускного трактов, перехода на трех- и четырехклапанные головки цилиндров, согласования вихревого движения заряда с характеристиками топливopодачи и геометрией камеры сгорания;

- оптимизации характеристик системы турбонаддува, в том числе за счет обеспечения регулируемого наддува и применения охлаждения наддувочного воздуха;

- модернизации системы топливopодачи за счет регулирования угла опережения впрыска топлива, повышения интенсивности подачи и максимальных значений впрыскивания топлива, а также увеличения количества сопловых отверстий распылителя;

- перехода на камеру сгорания открытого типа;

- применения регулируемой по нагрузке и скоростному режиму рециркуляции ОГ с обеспечением охлаждения и очистки выпускаемых газов.

Здесь необходимо отметить, что ряд мероприятий, направленных на сокращение выбросов

ВВ с отработавшими газами (например, регулирование угла опережения впрыска топлива и рециркуляция ОГ), также позволяют снизить уровень шума от рабочего процесса двигателя — основного недостатка всех двигателей воздушного охлаждения.

Одновременно необходимо начинать работы по очистке ОГ за счет применения каталитических нейтрализаторов и сажевых фильтров. При этом потребуются обеспечить не только функциональные характеристики устройств (такие как активность и селективность), но и ресурс: 5000 моточасов для двигателей мощностью менее 37 кВт и 8000 моточасов для остальных двигателей. Сложность указанных работ определяется наличием химического, термического и механического воздействий на катализатор со стороны ОГ, а также негативным воздействием на мощностно-экономические характеристики двигателя за счет избыточного повышения сопротивления потоку ОГ по мере накопления отложений на поверхности активных элементов нейтрализаторов и фильтров.

Также необходимы исследования по обеспечению контроля и управления работой двигателей в реальном масштабе времени (бортовая диагностика), что реализуется за счет применения встроенных датчиков:

- расхода топлива и воздуха;
- температуры масла, воздуха, ОГ, топлива, деталей;
- давления воздушного заряда в системе впуска и ОГ в системе выпуска, в системе смазки;
- скоростного режима.

Реализация программы совершенствования двигателей приведет к изменению их конструкции с учетом различного класса мощности, назначения и других особенностей.

В целях совершенствования экологических показателей дизелей воздушного охлаждения, в 2003–2004 гг. на заводе был завершен цикл доводочных исследований по обеспечению на четырехцилиндровом дизеле Д145Т требований первого этапа, а на трехцилиндровом Д130Т и двухцилиндровом Д120 — требований второго этапа Правил № 96-01 ЕЭК ООН. Указанный уровень был подтвержден при испытаниях в аккредитованном испытательном центре ФГУП НИЦИАМТ (г. Дмитров, Московская обл.). В настоящее время Ассоциация технических инспекций TUV (Германия) проводит сертификацию трактора ВТЗ-2048А с двигателем Д130Т (рис.).

Сегодня на заводе продолжают работы по повышению технического уровня выпускаемой продукции — двух-, трех- и четырехцилиндровых



двигателей различного уровня мощности, скоростного режима и запаса крутящего момента, использующих как традиционное (дизельное) топливо, так и альтернативное (в первую очередь — газообразное). И основной девиз всех работ — это:

*ПРОСТОТА конструкции,
НАДЕЖНОСТЬ в эксплуатации и
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
полного жизненного цикла двигателей.*

Рис. Трактор ВТЗ-2048А

ОАО ВМТЗ НА АГРОПРОМЫШЛЕННОЙ ВЫСТАВКЕ «ЗОЛОТАЯ ОСЕНЬ» — 2005

С 7 по 11 октября 2005 г. в Москве проходила 7-я Российская агропромышленная выставка «Золотая осень», организованная в рамках Российской агропромышленной недели Министерством сельского хозяйства РФ, Правительством Москвы, Российской академией сельскохозяйственных наук и ОАО ГАО «Всероссийский выставочный центр». Владимирский мотор-тракторный завод (ОАО ВМТЗ) представил на выставку образцы своей продукции: тракторы ВТЗ 2048А, ВТЗ 2032 МКУ 2000, ВТЗ-2032-10, Т-85 и Т-50, самоходные шасси ВТЗ 30 СШ-ГМ и ВТЗ 30 СШ-СП, а также ряд двигателей собственного производства. По итогам выставки ОАО ВМТЗ награжден дипломом за участие в ней, а также серебряной медалью и дипломом II степени «За разработку и внедрение нового универсального трактора Т-85».

Трактор Т-85, оборудованный двигателем жидкостного охлаждения, — это новое слово в отечественном тракторостроении. Дело в том, что до сих пор ни ОАО ВМТЗ, ни иные российские тракторные заводы не выпускали тракторы класса 1,4 (тяговое усилие не менее 1,4 т) мощностью 85 л.с. Это было прерогативой Минского тракторного завода. ВМТЗ (ранее ВТЗ) всегда специализировался на выпуске тракторов меньшей мощности — 30–45 л.с., класса 0,9, и на производстве двигателей воздушного охлаждения. Эти тракторы и двигатели пользуются большим спросом как в сельском, так и

коммунальном хозяйстве, и их серийное производство завод не намерен сворачивать. Но у сельчан есть потребность и в более мощных машинах отечественного производства, оборудованных как двигателями воздушного, так и двигателями жидкостного охлаждения.

По основным технико-экономическим характеристикам трактор Т-85 близок к наиболее распространенным в России аналогам производства стран СНГ, но имеет ряд важных положительных отличий: коробка передач трактора синхронизирована, трактор оборудован гидронавесной системой повышенной грузоподъемности, имеет дополнительный привод для агрегатирования с современными навесными орудиями, тормоза дисковые, с жидкостным охлаждением, с гидроприводом, максимальная грузоподъемность передних навесок не менее 1500 кг, отличается наличием большего числа передач — 24 вперед и 24 назад (как следствие — большой диапазон возможных скоростей — от 0,56 до 38,71 км/ч).

Т-85 может быть оборудован дизельными двигателями как жидкостного (Д145-ТВ), так и воздушного охлаждения производства ВМТЗ, причем дизель Д130Т-10 воздушного охлаждения с турбонаддувом соответствует требованиям второго уровня международного стандарта — Правилам № 96-01 ЕЭК ООН — по удельному выбросу вредных веществ с отработавшими газами.