

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

А.М. Ларцев, к.т.н., доцент
Волгоградский государственный технический университет

Рассмотрены особенности производства двигателя воздушного охлаждения на Волгоградском моторном заводе, этапы форсирования дизеля, стоявшие перед конструкторами задачи и пути их решения. Приведены примеры вариантов сборки систем, узлов и агрегатов двигателя комплектующими различного технического уровня.

Двигателестроение в РФ переживает не лучшие времена. Среди причин такого положения называют неконкурентоспособность отечественных двигателей из-за их низкого качества. Определенные основания для такого утверждения есть, но, вместе с тем, хотелось бы на примере производства дизелей 8ЧВН15/16 на Волгоградском моторном заводе (ВгМЗ) показать, что невысокое качество многих двигателей было обусловлено несоблюдением технологии, плохим качеством комплектующих, в то время как с точки зрения конструкции и совершенства рабочего процесса выпускаемые двигатели находились на уровне зарубежных образцов. Пример производства двигателей на заводе интересен и тем, что, с одной стороны, в мировой практике до этого не было дизелей с воздушным охлаждением такой большой размерности, а с другой — на предприятии и в целом в стране отсутствовал опыт производства дизелей воздушного охлаждения большой мощности. Учитывая большой объем выполненных исследовательских работ при доводке модификаций дизеля, накопленный за годы производства двигателей опыт представляет интерес не только в практическом, но и в научном плане.

Преимущества и недостатки двигателей воздушного охлаждения хорошо известны [2, 3]. При выборе двигателя для легких транспортных средств, переносного мотоинструмента отсутствие системы жидкостного охлаждения оказывается решающим обстоятельством, в силу которого предпочтение в большинстве случаев отдается двигателям с воздушным охлаждением. На тяжелой транспортной и строительной технике в на-

стоящее время преимущественно устанавливают двигатели жидкостного охлаждения.

Считается, что двигатель жидкостного охлаждения, допускающий в силу меньшей теплонпряженности более высокий уровень форсирования по среднему индикаторному давлению и обладающий, как правило, большей жесткостью конструкции, имеет преимущество по удельным показателям, надежности и долговечности. Такое мнение в большинстве случаев оправдано, однако для техники, работающей в районах с экстремально холодным климатом, двигатели с воздушным охлаждением становятся серьезной альтернативой двигателям жидкостного охлаждения. Отсутствие относительно сложной системы жидкостного охлаждения, в которой всегда существует некоторая вероятность отказов, становится в указанных условиях важным преимуществом. Подтверждением последнему служит то, что в России в районах Крайнего Севера и Восточной Сибири значительная часть используемой тяжелой автотракторной техники имеет дизельные двигатели воздушного охлаждения: грузовые автомобили «Tatra», «Magirus-Deutz», тракторы Т-330.

К современной моторной технике предъявляются, как правило, высокие требования по удельной мощности и топливной экономичности. Эти требования в полной мере относятся и к машинам с двигателями воздушного охлаждения. Вместе с тем известно, что двигатели воздушного охлаждения в силу конструктивных особенностей имеют более низкие значения среднего эффективного давления, чем двигатели такой же размерности с жидкостным охлаждением. В связи с этим весьма важной задачей является форсирование двигателей воздушного охлаждения при условии сохранения нормативной надежности и ресурса.

Существо проблем, которые возникают при форсировании двигателей воздушного охлаждения, и возможные пути их решения можно рассмотреть на примере развития семейства дизельных двигателей для развития семейства дизельных тракторов, выпускавшихся на Волгоградском моторном заводе с 1968 по 2006 г.

Несколько слов о серийном производстве моторного завода. Завод имел уникальное спе-

специализированное механообрабатывающее оборудование, опытное производство, исследовательские лаборатории, оснащенные по последнему слову техники. Сертифицированная испытательная станция могла проводить все виды стендовых испытаний. Одно перечисление фирм, поставивших исследовательское оборудование, дает представление об уровне опытного производства: AVL (испытательные стенды, одноцилиндровые установки), SHENK (тормозные стенды), ELIN (балансирные машины), BOSH (стенды для исследования топливной аппаратуры), HORIBA (газовые анализаторы), HARTRIDGE (дымомеры), OLIVETTI (специализированная вычислительная и управляющая техника), SHINKEN (вибростенды), BRUEL&KJER (виброакустическая аппаратура), TELEFUNKEN (телеметрия температур), DANTEK и ELVIN (аэродинамическая аппаратура), SACK (балансирные машины) и т. д.

Первоначальный вариант двигателя, известного под маркой 8ДВТ-330 [1], имел номинальную мощность 270 кВт при частоте вращения 1700 об/мин. Указанной мощности соответствовало среднее эффективное давление $p_e = 0,85$ МПа. В процессе совершенствования двигателя его рабочий объем оставался неизменным (22,6 дм³), а мощность последовательно увеличивалась и была доведена до 375 кВт при $n = 1800$ об/мин. Среднее эффективное давление выросло до 1,11 МПа. На каждом этапе форсирования экспериментальным цехом завода выполнялся большой объем научно-исследовательских работ по доводке конструкции систем, узлов и агрегатов двигателя. Изменение основных показателей дизелей по мере завершения каждого из последовательных этапов представлено в табл. 1.

Какие же основные проблемы пришлось преодолеть при форсировании дизелей, и существуют ли резервы для дальнейшего повышения мощности?

Первая и главная проблема форсирования двигателей воздушного охлаждения, в особенности дизельных, заключается в обеспечении допустимого уровня тепловой напряженности элементов

конструкции цилиндропоршневой группы и головки цилиндров. Сложности решения этой проблемы связаны не только с тем, что теплоотдача в поток воздуха значительно меньше теплоотдачи в жидкость, но и с тем, что крайне трудно обеспечить целенаправленный подвод воздуха в наиболее критичные зоны головки цилиндров. Повышение интенсивности теплоотвода за счет увеличения расхода и, соответственно, скорости движения охлаждающего воздуха приводит к нежелательному росту затрат работы на привод вентилятора, порождает новую проблему большой шумности работы двигателя и без изменения конструкции оребренных деталей часто не приводит к необходимому результату. Следует также подчеркнуть, что сложность задачи поддержания приемлемой тепловой напряженности деталей дизеля возрастает по мере повышения степени наддува.

В ходе работ по форсированию дизелей на ВгМЗ был осуществлен ряд мероприятий, направленных на решение проблемы тепловой напряженности конструкции. Это, в первую очередь, выбор конструкции и параметров оребрения цилиндра и головки цилиндра. Особое внимание было уделено оребрению наиболее теплонапряженных зон головки цилиндров, в частности зоны расположения форсунки. За счет выбора параметров оребрения и отливки в кокиль удалось существенно улучшить равномерность температурного поля в головках цилиндров и условия работы форсунок. Была проведена настройка системы воздушного охлаждения двигателя в целом, начиная от направляющего аппарата и заканчивая системой дефлектирования. Значительный объем исследовательских и опытно-конструкторских работ был направлен на совершенствование системы смазки с целью повышения ее вклада в стабилизацию температурных полей двигателя.

Вторая основная проблема, возникающая при повышении мощности двигателя воздушного охлаждения, связана с меньшей, чем у двигателей жидкостного охлаждения, жесткостью конструкции. Отсутствие единого блока цилиндров приводит к тому, что по мере повышения мощности и нагрузки на основные детали двигателя заметно возрастают деформации картера и коленчатого вала и, как следствие, ухудшаются условия работы коренных опор. Для решения этой проблемы проводились работы по оценке деформации картера, зеркала цилиндра двигателя в зависимости от уровня силового нагружения. Оценивался уровень крутильных колебаний коленчатого вала. В результате для рассматриваемых двигателей удалось избежать крайне нежелательных с точки зрения производства изменений в конструкции картера и увеличения диаметра коренных

Таблица 1

Этапы последовательного форсирования дизелей с воздушным охлаждением производства ВгМЗ

Модификация двигателя	n , об/мин	P_e , кВт	M_k , Н·м	b_e , г/кВт·ч	p_z , МПа	p_e , МПа
8ДВТ-330	1700	272	1910	211	9,5	0,85
В-400	1700	305	2081	211	10,4	0,95
В-450	1750	335	1829	215	10,5	1,02
В-470	1750	345	1883	217	11,2	1,05
В-500	1800	375	1990	219	11,5	1,11

шеек коленчатого вала и обеспечить требуемую работоспособность коренных подшипников только за счет увеличения несущей способности вкладышей коленчатого вала.

В свете изложенного перед сотрудниками ВГМЗ стояла сложная задача: создание тяжелого тракторного двигателя с различными уровнями форсирования, предназначенного для эксплуатации в экстремальных условиях и обладающего приемлемой ценой для отечественного потребителя. Решение ее потребовало проведения большого объема опытно-конструкторских работ, которые позволили создать несколько модификаций двигателя 8ЧВН15/16, имеющего широкий диапазон вариантов комплектации деталями, узлами и агрегатами как импортных, так и отечественных производителей. Соответственно и качество конечной продукции имело различный уровень. В табл. 2 показаны варианты комплектации двигателя 8ЧВН15/16 деталями и узлами, определяющими технический уровень двигателя, от различных производителей.

Серийно на предприятии выпускались две модификации дизеля 8ЧВН 15/16: 8ДВТ-330 и В-400 (см. табл. 1), предназначенные для установки на промышленные трактора. Фактически в зависимости от комплектации (см. табл. 2) заводом под одной и той же маркой производились разные по своему техническому уровню двигатели. Также они отличались по показателям надежности, долговечности и, естественно, ценой. Важно отметить, что при оснащении дизеля высококачественными деталями, узлами, агрегатами, а также при соответствующем качестве изготовления заводских позиций, двигатель 8ЧВН15/16 находился на уровне зарубежных образцов.

В целом проведенные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы позволили увеличить мощность дизеля почти на 40 % и на 30 % повысить значение среднего эффективного давления. При этом нет оснований считать, что достигнутый уровень форсирования является предельным и ресурсы двигателя полностью исчерпаны. Результаты ряда предварительных экспериментов показывают, что дизели воздушного охлаждения данной размерности могут работать

Варианты комплектации двигателя 8ЧВН15/16

Узел, деталь	Производитель	
Топливный насос высокого давления	«Bosh», Германия «Motorpal», Чехия	Завод ЯЗТА, Россия
Топливные форсунки	«Bosh», Германия	Завод «Чугуевская топливная аппаратура», Украина.
Агрегаты наддува	«Holset», Англия «Schwitzer», Германия	«Дергачевский завод турбокомпрессоров», Украина
Поршневые кольца	TPR, Япония	«Ставропольский завод поршневых колец», Россия
Вкладыши коренных и шатунных опор коленчатого вала	«Glico», Германия	«Завод подшипников скольжения», Тамбов, Россия
Головка цилиндров	«Fata Aluminium SPA»*, Италия	—
Поршень	«Fata Aluminium SPA»*, Италия	—

* Оборудование для изготовления отливок

при $p_e = 1,3$ МПа, однако практическое достижение такого уровня форсирования при условии обеспечения приемлемых показателей по топливной экономичности и нормативных надежности и ресурса, требует как дальнейших исследований, так и комплексной оптимизации существующих технических решений.

Литература

1. *Меньшенин Г.Г.* Динамика развития дизелей Волгоградского моторного завода в первой трети XXI века // Двигателестроение. — 2002. — № 1. — С. 3–5.
2. *Ларцев А.М.* Перспективы совершенствования дизелей воздушного охлаждения большой мощности / А.М. Ларцев, Е.А. Федянов // Известия ВолГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 12 / ВолГТУ. — Волгоград, 2012. (Серия «Процессы преобразования энергии и энергетические установки»; вып. 4). — С. 41–43.
3. *Поспелов Д.Р.* Конструкция двигателей воздушного охлаждения. — М. : Машиностроение, 1973. — 352 с.