

УДК 621.436-224.2.001.5 : 539.4 : 621.43.016.4 : 539.319

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГОЛОВОК ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЕЙ С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Прыгунов М.П.

ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет»,
Владимир, e-mail: prygunov33@yandex.ru

В данной работе был проведен статистический анализ конструктивных размеров головок цилиндров дизелей с воздушным охлаждением, выпускаемых в России и за рубежом. Обработка проводилась для головок цилиндров 19 двигателей. Для удобства анализа конструктивных размеров головок цилиндров независимо от размеров последних были введены безразмерные величины – относительные размеры, равные отношению основных размеров головок цилиндров к диаметру цилиндра двигателя D. По результатам математического анализа выборки, построены кривые плотности вероятности нормального распределения относительных размеров. В результате выполненной работы найдены функции распределения параметров головок цилиндров как случайных величин. Полученные данные позволяют определить в первом приближении основные размеры головок цилиндров на стадии проектирования двигателя и сопоставить разрабатываемую конструкцию с существующими аналогами.

Ключевые слова: головка цилиндра, теплонапряженность

THE ANALYSIS OF DESIGN DATA OF CYLINDERS HEADS OF DIESEL ENGINES WITH AIR COOLING

Prygunov M.P.

Vladimir State University, Vladimir, e-mail: prygunov33@yandex.ru

In this work was carried out statistical analysis of the structural size of cylinder heads of diesel engines with air cooling, produced in Russia and abroad. Processing was carried out for cylinder heads 19 engines. For convenience of handling the structural size of cylinder heads, regardless of the size of the latter were introduced dimensionless quantities – the relative sizes equal to the relation of the basic sizes of the cylinder head to the diameter of the cylinder of the engine D. On the results of mathematical analysis of the sample constructed curves of the probability density of the normal distribution of the relative sizes. As a result of the work performed found the functions of the distribution of parameters of cylinder heads as random variables. The data obtained allow to determine in the first approximation, the main dimensions of the cylinder heads on the stage of the design of the engine and compare the development of the design with the existing analogues.

Keywords: cylinder head, thermal stress

Головка цилиндра – одна из самых сложных в конструктивном отношении и наиболее нагруженных деталей дизеля. Во время работы двигателя на головку одновременно действуют температурные и механические напряжения. Температура огневого днища головки со стороны камеры сгорания может превышать 300°C, кроме того, огневое днище имеет неравномерное распределение температур по радиусу и толщине. Одним из основных эксплуатационных дефектов головок цилиндров двигателей является образование сквозных трещин в межклапанных перемычках, а также перемычках между отверстием под форсунку и впускным или выпускным каналами. Главным видом нагружения головки цилиндра являются температурные воздействия, возникающие из-за неравномерного нагрева днища в осевом и радиальном направлениях в условиях несвободного расширения его элементов при работе двигателя.

В общем случае в головках цилиндров возникают следующие напряжения:

– монтажные напряжения от затяжки шпилек крепления;

– переменные напряжения от сил давления газов;

– переменные высокочастотные температурные напряжения, возникающие из-за колебания температуры на огневой поверхности головки. Из-за высокой частоты изменения параметров газа в быстроходных дизелях и тепловой инерции металла колебание температуры огневой поверхности имеет незначительную амплитуду;

– переменные термические напряжения, возникающие вследствие неравномерности нагрева, охлаждения и стесненной деформации отдельных участков головки цилиндра. По общепринятому мнению определяющую роль в разрушении головок цилиндров играют именно переменные температурные низкочастотные напряжения [1, 3, 7 и др.];

При проектировании головок цилиндров автомобильных и тракторных дизелей необходимо стремиться к соблюдению следующих основных требований [4]:

– температура головки во время работы двигателя не должна превышать критических значений для металла головки;

– минимальный градиент температур между отдельными зонами головки;

– достаточная жесткость и прочность под воздействием давления газов в цилиндре;
 – интенсивный, равномерный теплоотвод от нагретых участков;

– технологичность конструкции головки.

К конструкции головки двигателя с воздушным охлаждением предъявляют дополнительные требования, обусловленные спецификой воздушного охлаждения:

– соответствие поверхности охлаждающих ребер количеству отводимой теплоты при заданном расходе охлаждающего воздуха;

– обеспечение высоких аэродинамических качеств обрешенных поверхностей.

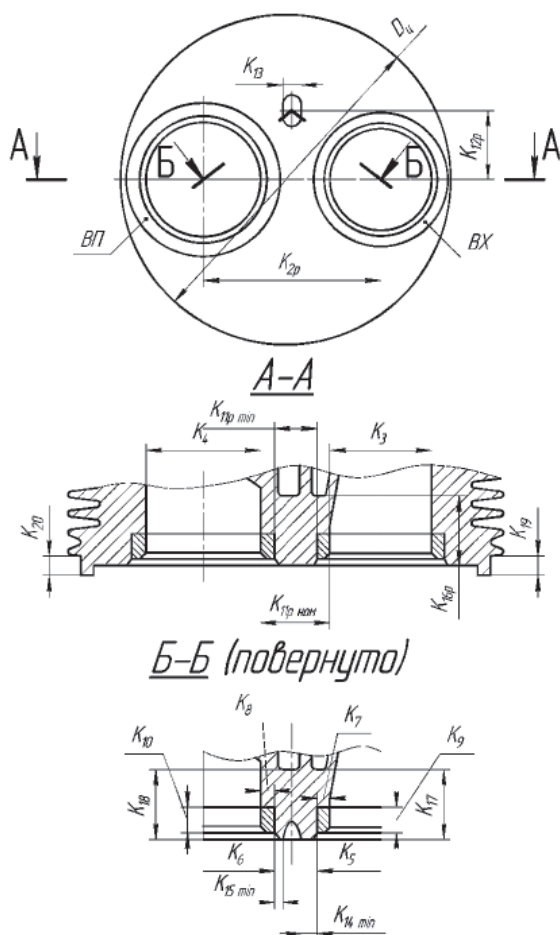


Рис. 1. Пояснительная схема к анализу конструктивных параметров головок цилиндров

С целью систематизации и обобщения информации о выборе конструктивных размеров головок цилиндров дизелей с воздушным охлаждением, выпускаемых в России и за рубежом, был проведен статистический

анализ. Для удобства обработки конструктивных размеров головок цилиндров двигателей (рис. 1) независимо от размеров последних введем безразмерные величины – относительные размеры, равные отношению основных размеров головок цилиндров к диаметру цилиндра двигателя D , т.е.: K_1/D , K_2/D , K_3/D , K_4/D , $K_{11p,ном}/D$, K_{14}/D , K_{15}/D , K_{16p}/D , K_{17}/D и K_{18}/D . Здесь K_1 – высота головки; K_{2p} – расстояние между осями клапанов; K_3 и K_4 – диаметр горловины газового канала выпускного и впускного соответственно; $K_{11p,ном}$ – номинальная ширина перемычки между клапанными отверстиями; K_{14} – ширина перемычки между форсуночным и выпускным отверстиями; K_{15} – ширина перемычки между форсуночным и впускным отверстиями; K_{16p} – толщина межклапанной перемычки; K_{17} – толщина перемычки между форсуночным и выпускным отверстием; K_{18} – толщина перемычки между форсуночным и впускным отверстием.

Обработка проводилась для головок цилиндров 19 двигателей отечественных и зарубежных производителей. В выборку записывались интересующие параметры головок цилиндров. По результатам математической обработки этих выборок на рис. 2 построены кривые плотности вероятности нормального распределения указанных выше относительных размеров.

В таблице приведены результаты статистической обработки величин безразмерных параметров головок цилиндров: размах варьирования соответствующей характеристики R , выборочное среднее значение с 80%-м доверительным интервалом, стандартное отклонение σ , критерий Пирсона χ^2 и коэффициент вариации v . Выбранный нами 80% доверительный интервал используется при расчете надежности двигателей. По коэффициенту вариации можно признать, что распределение основных величин является нормальным.

Проведенный анализ позволяет найти пределы изменений K_1 , K_{2p} , K_3 , K_4 , $K_{11p,ном}$, K_{14} , K_{15} , K_{16p} , K_{17} и K_{18} в зависимости от диаметра цилиндра D для дизелей с воздушным охлаждением. Полученные данные позволяют определить в первом приближении основные размеры головок цилиндров на стадии проектирования двигателя и сопоставить разрабатываемую конструкцию с существующими аналогами.

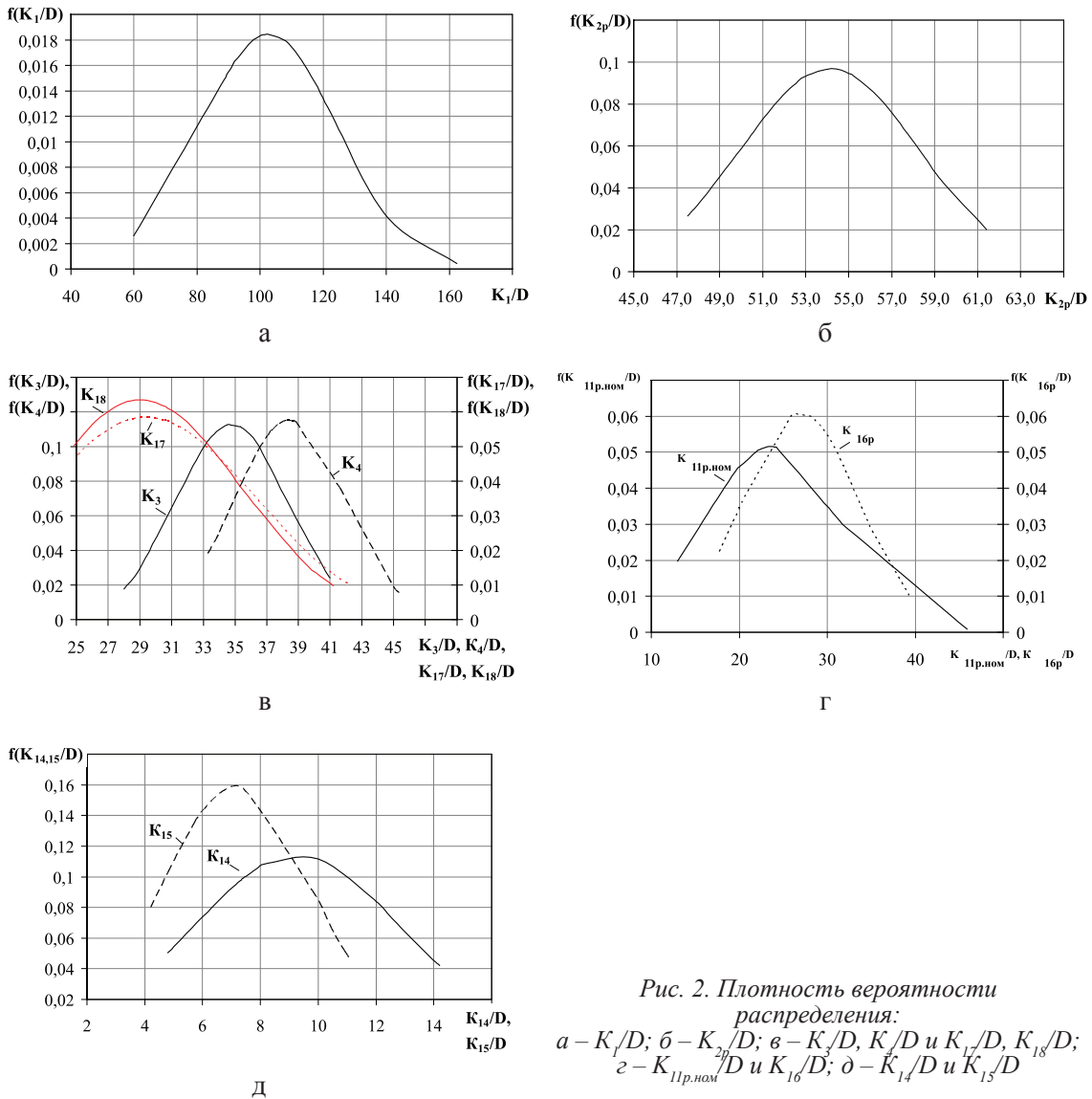


Рис. 2. Плотность вероятности распределения:
 а – K_1/D ; б – K_{2p}/D ; в – K_3/D , K_4/D и K_{17}/D , K_{18}/D ;
 г – $K_{11p.ном}/D$ и K_{16}/D ; д – K_{14}/D и K_{15}/D

Статистическая обработка относительных размеров головок цилиндров

Относительные размеры*	Размах	Среднее значение и 80%-й доверительный интервал	Стандартное отклонение	Критерий Пирсона	Коэффициент вариации
K_1/D	60...162,4	$102,7 \pm 1,3$	21,6	0,17	0,210
K_{2p}/D	47,5...81,7	$55,5 \pm 0,5$	8,1	0,41	0,146
K_3/D	28...41	$34,8 \pm 0,2$	3,5	0,00	0,102
K_4/D	33,3...45,5	$38,5 \pm 0,2$	3,5	0,15	0,090
$K_{11p.ном}/D$	13...45,9	$23,7 \pm 0,5$	7,7	0,19	0,326
K_{14}/D	4,8...14,2	$9,3 \pm 0,2$	3,5	0,07	0,377
K_{15}/D	4,2...11,1	$7,1 \pm 0,2$	2,5	0,36	0,353
K_{16p}/D	17,7...39,3	$27,0 \pm 0,4$	6,5	0,01	0,242
K_{17}/D	16,4...51,1	$29,9 \pm 0,5$	8,0	0,05	0,266
K_{18}/D	16,4...41,2	$29,1 \pm 0,4$	6,3	0,00	0,216

Примечание. * – линейные размеры, отнесенные к диаметру цилиндра и умноженные на 10^2 .

Список литературы

1. Вознесенский Н.П., Логвиненко А.Я. О причинах разрушения и выборе материала головок цилиндров дизелей // Тракторы и сельхозмашины. – 1971. – №2. – С. 13–14.
2. Математическая статистика: учеб. для вузов / В.Б. Горяинов, И.В. Павлов, Г.М. Цветкова и др.; Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 424 с. (Сер. Математика в техническом университете; Вып. XVII).
3. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния крышки цилиндра форсированного дизеля / Н.Д. Чайнов [и др.] // Грузовик &. – 2008. – №3. – С. 32–35.
4. Поспелов Д.Р. Двигатели внутреннего сгорания с воздушным охлаждением. – Л.: Машиностроение, 1961. – 556 с.
5. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с., ил.
6. Тракторные дизели: Справочник / Б.А. Взорв, А.В. Адамович, А.Г. Арабян и др.; Под общ. ред. Б.А. Взорва. – М.: Машиностроение, 1981. – 535 с., ил.
7. Чайнов Н.Д., Салтыков М.А., Раенко М.И., Мягков С.П. Особенности математического моделирования напряженно-деформированного состояния крышки цилиндра форсированного среднеоборотного дизеля // Двигателестроение. – 2006. – №4. – С. 8–11.

Рецензенты:

Кульчицкий А.Р., д.т.н., профессор, зам. главного конструктора по испытаниям ООО «Владимирский моторно-тракторный завод» г. Владимир;

Гоц А.Н., д.т.н., профессор кафедры тепловых двигателей и энергетических установок Владимирского государственного университета им. А. Г. и Н. Г. Столетовых Министерства образования и науки, г. Владимир.

Работа поступила в редакцию 07.07.2011.