

ЗАВИСИМОСТЬ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОТ ФОРСИРОВАНИЯ И ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ДВС

к.т.н. Коченов В.А.¹, к.т.н. Казаков С.С.², Грунин К.Е.²

¹Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, Нижний Новгород, Россия,

²Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Россия
konst.grunin2010@yandex.ru

Анализируется зависимость долговечности и износостойкости деталей от форсирования и технических возможностей производства ДВС. Развитие двигателестроения характеризует форсирование ДВС. Погрешности включают зазор и соответствие микро- и макрогеометрии трущихся поверхностей деталей своим оптимальным, приработанным параметрам. Для обеспечения работоспособности, сохранения и улучшения долговечности и износостойкости деталей при форсировании погрешности уменьшаются. Целью исследования является оценка долговечности и износостойкости деталей от технических возможностей двигателестроения, обусловливаемых погрешностями проектирования и производства и уровнем форсирования ДВС. Взаимосвязь форсирования, производства и надежности анализируется по динамике развития ДВС автомобилей, эмпирических и прогнозируемых данных долговечности и износостойкости кривошипно-шатунного механизма и цилиндропоршневой группы. Ведется расчет коэффициента пропорциональности и теоретической погрешности проектирования и производства ДВС для двигателей ГАЗ и ЗМЗ. С модернизацией производства и уменьшением погрешностей, техническая характеристика и двигателя и машины улучшается. Приводится связь двигателя с автомобилем. Выведены зависимости погрешностей проектирования и производства и интенсивности износа деталей кривошипно-шатунного механизма и цилиндропоршневой группы от форсирования ДВС. Определено, что с повышением степени сжатия и частоты вращения коленчатого вала интенсивность износа уменьшается быстрее погрешностей. Это объясняется влиянием погрешностей на свойства трибосопряжения, двигателя и автомобиля, согласованное развитие которых обеспечивает повышенный рост долговечности и износостойкости деталей.

Ключевые слова: погрешности проектирования и производства, интенсивность износа, степень сжатия, частота вращения коленчатого вала.

Введение

Развитие двигателестроения характеризует форсирование ДВС – степень сжатия ε и частота вращения коленчатого вала на режиме максимального крутящего момента n_M , погрешности проектирования и производства P . Погрешности включают зазор и соответствие микро- и макрогеометрии трущихся поверхностей деталей своим оптимальным, приработанным параметрам. Для обеспечения работоспособности, сохранения и улучшения долговечности и износостойкости деталей при форсировании погрешности уменьшаются. Теоретическая погрешность проектирования и производства определится:

$$P_T = \frac{K_P}{\varepsilon n_M},$$

где K_P – коэффициент пропорциональности.

Цель исследования

Целью исследования является оценка долговечности и износостойкости деталей от технических возможностей двигателестроения, обусловливаемых погрешностями проектирования и производства и уровнем форсирования ДВС. Взаимосвязь форсирования, производства и надежности анализируется по динамике развития ДВС автомобилей [1], эмпирических [2, 3] и прогнозируемых [4] данных долговечности и износостойкости кривошипно-шатунного механизма и цилиндропоршневой группы.

Результаты анализа

Используя технические характеристики двигателей, эмпирические данные погрешностей проектирования и производства P_T , рассчитываем коэффициент пропорциональности

$K_{II} = P_{\varepsilon} \varepsilon n_M$; теоретическую погрешность проектирования и производства P_T (табл. 1).

Считаем, что для исследования аналитического типа получено высокое соответствие теоретических и эмпирических, эксплуатационных данных.

Погрешности проектирования и производства трущихся поверхностей деталей отражают свойства трибосопряжений, непосредственно влияя на их долговечность и износостойкость. Кроме этого, влияние погрешностей на изнашивание выражается через технические возможности двигателя и машины. С модернизацией производства и уменьшением погрешностей техническая характеристика и двигателя и машины улучшается. Пример связи двигателя и автомобиля приводится в табл. 2.

Форсирование и повышение мощности двигателя, увеличивает энерговооруженность и передаточное отношение трансмиссии автомобиля, уменьшает вероятность езды на пониженных передачах, уменьшает путь трения деталей двигателя на 1 км пути, что увеличивает долговечность и износостойкость.

На основании данных прогнозируемого предельного износа $I_{2T} = K_{II} / \varepsilon n_M$ и ресурса $\tau_{2T} = K_{\tau} \varepsilon n_M$ деталей [4] определим интенсивность износа:

$$u_T = I_{2T} / \tau_{2T} = K_u / \varepsilon^2 n_M^2,$$

где $K_u = K_{II} / K_{\tau}$ – коэффициент пропорциональности.

Таблица 1

Прогнозирование предельного износа и ресурса деталей двигателей

Марка двигателя	ГАЗ-51	ГАЗ-69	ЗМЗ-21	ЗМЗ-53	ЗМЗ-24	ЗМЗ-402	ЗМЗ-406	Среднее значение
Год производства	1945	1947	1960	1963	1970	1982	1996	
ε	6,2	6,7	7,15	7,6	8,2	8,2	9	
$n_M, \text{мин}^{-1}$	1500	2000	2100	2200	2400	2600	4000	
Коренные шейки коленчатого вала								
$P_{\varepsilon}, \text{мкм}$	20	45,7	55	32	28,8	12,5	18,8	
K_{II}	$19 \cdot 10^4$	$61 \cdot 10^4$	$83 \cdot 10^4$	$54 \cdot 10^4$	$57 \cdot 10^4$	$27 \cdot 10^4$	$68 \cdot 10^4$	$52 \cdot 10^4$
$P_T, \text{мкм}$	56	39	35	31	26	24	14	
Шатунные шейки коленчатого вала								
$P_{\varepsilon}, \text{мкм}$	46,7	46,7	0	21,7	7,25	3,33	5	
K_{II}	$43 \cdot 10^4$	$63 \cdot 10^4$	0	$36 \cdot 10^4$	$14 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^4$	$18 \cdot 10^4$	$26 \cdot 10^4$
$P_T, \text{мкм}$	28	19	17	16	13	12	7	
Цилиндры								
$P_{\varepsilon}, \text{мкм}$	55	60	42	80	58	64	67	
K_{II}	$51 \cdot 10^4$	$80 \cdot 10^4$	$63 \cdot 10^4$	$133 \cdot 10^4$	$114 \cdot 10^4$	$136 \cdot 10^4$	$241 \cdot 10^4$	$117 \cdot 10^4$
$P_T, \text{мкм}$	126	87	78	70	59	55	33	
Тепловой зазор в замке первого компрессионного кольца								
$P_{\varepsilon}, \text{мм}$		0,25	0,06	0,15	0,11	0,05	0,04	
K_{II}		3350	901	2508	2164	1066	1440	1905
$P_T, \text{мм}$		0,14	0,127	0,11	0,10	0,09	0,05	

Величины, характеризующие связь двигателя с автомобилем

	Модель автомобиля		
	ГАЗ-51А	ГАЗ-53А	ГАЗ-66
Тип двигателя	Р-6	V-8	V-8
Ход поршня, мм	110	80	80
Радиус качения колеса, мм	440	463	507
Передаточное отношение заднего моста	6,67	6,83	6,83
Число оборотов колеса на 1 км пути	362	344	314
Число оборотов двигателя на 1 км пути	2415	2350	2145
Путь поршня на 1 км пути автомобиля на прямой передаче, м	531	376	343
Мощность на 1 т полной массы автомобиля, кВт/ч	9,9	11,7	15,4

На рис. 1 и 2 представлены зависимости погрешностей проектирования и производства и интенсивности износа деталей кривошипно-

шатунного механизма и цилиндропоршневой группы от форсирования ДВС.

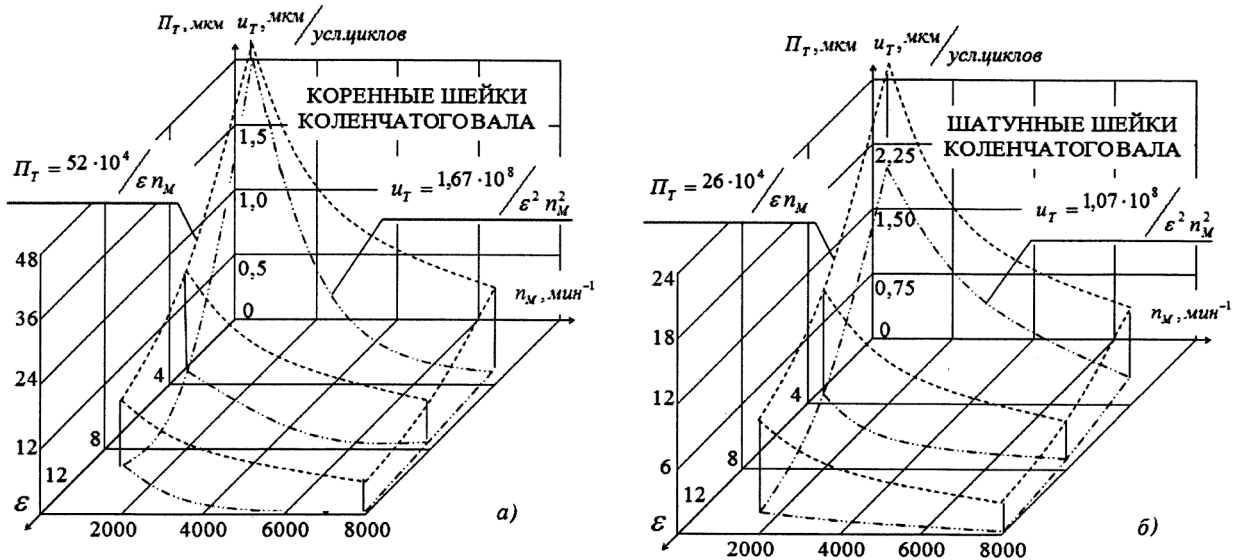


Рис. 1. Зависимость погрешностей проектирования, производства и интенсивности износа коренных а и шатунных б шеек коленчатого вала

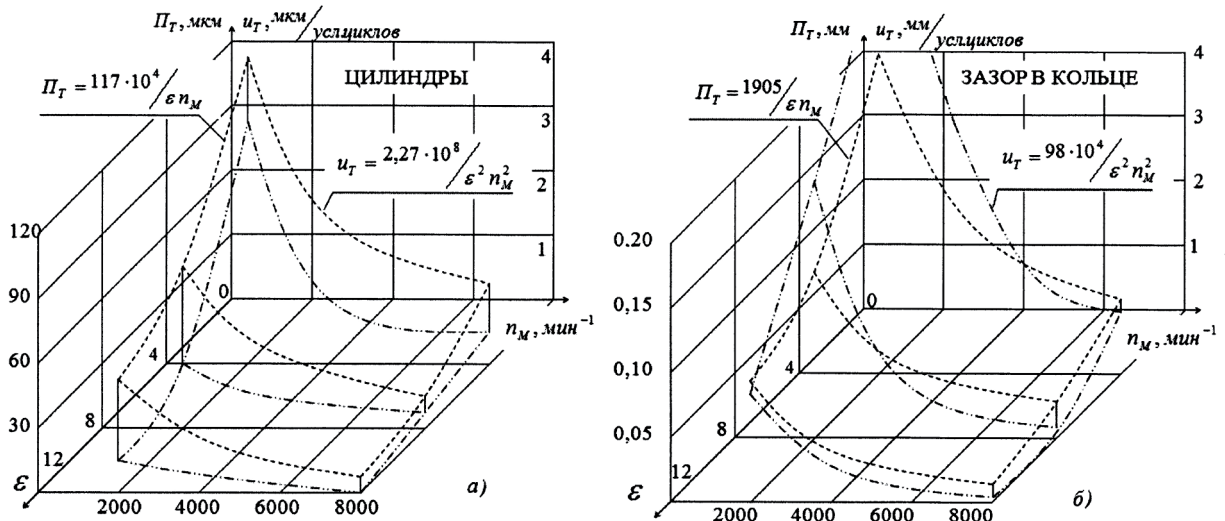


Рис. 2. Зависимость погрешностей проектирования, производства и интенсивности износа цилиндров а и поршневых колец б

Заклучение

С повышением степени сжатия и частоты вращения коленчатого вала интенсивность износа уменьшается быстрее погрешностей. Это объясняется влиянием погрешностей на свойства трибосопряжения, двигателя и автомобиля, согласованное развитие которых обеспечивает повышенный рост долговечности и износостойкости деталей.

Литература

1. Минсев А.М. Двигатели Заволжского моторного завода. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, 1998. 256 с.
2. Коченов В.А., Гоева В.В., Гришин Н.Е., Казаков С.С., Жамалов Р.Р., Грунин К.Е. Унификация исследований надежности ДВС // Сельский механизатор. 2016. № 1. С. 30–32.
3. Коченов В.А., Сахаров А.Н., Гоева В.В., Гришин Н.Е., Казаков С.С., Жамалов Р.Р., Грунин К.Е. Оценка проектирования и производства ДВС // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 7. С. 43–46.
4. Коченов В.А., Сахаров А.Н., Гоева В.В., Гришин Н.Е., Казаков С.С., Жамалов Р.Р., Грунин К.Е. Прогнозирование надежности ДВС // Сельский механизатор. 2016. № 2. С. 32–33.

5. Доронкин В.Г., Петин Ю.П., Колачева Н.В. Диагностика автомобилей и теория распознавания образов // Вестник НГИЭИ. 2016. № 4(59). С. 87–93.

References

1. Mineev A.M. i dr. *Dvigateli Zavolzhsкого motorного zavoda* [Engines of Zavolzhsy motor plant]. Nizhniy Novgorod: Izdatel'stvo Nizhegorodskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo Publ., 1998. 256 p.
2. Kochenov V.A., Goeva V.V., Grishin N.E., Kazakov S.S., Zhamalov R.R., Grunin K.E. Unification of reliability studies of ICE. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016. No 1, pp. 30–32 (in Russ.).
3. Kochenov V.A., Sakharov A.N., Goeva V.V., Grishin N.E., Kazakov S.S., Zhamalov R.R., Grunin K.E. Evaluation of design and production of ICE. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2017. No 7, pp. 43–46 (in Russ.).
4. Kochenov V.A., Sakharov A.N., Goeva V.V., Grishin N.E., Kazakov S.S., Zhamalov R.R., Grunin K.E. Forecasting of reliability of ICE. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016. No 2, pp. 32–33 (in Russ.).
5. Doronkin V.G., Petin Yu.P., Kolacheva N.V. Diagnosis of cars and theory of pattern recognition. *Vestnik NGIEI*. 2016. No 4(59), pp. 87–93 (in Russ.).

DEPENDENCE OF DURABILITY AND WEAR RESISTANCE ON FORCING AND INACCURACIES IN ICE PRODUCTION

Ph.D. V.A. Kochenov¹, Ph.D. S.S. Kazakov², K.E. Grunin²

¹Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia,

²Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Knyaginino, Russia,
konst.grunin2010@yandex.ru

In this paper, the dependence of durability and wear resistance of parts on forcing and technical capabilities of the ICE production is analyzed. The development of engine building characterizes acceleration of ICE. Errors include a gap and correspondence of micro- and macrogeometry of the friction surfaces of the parts to their optimal, attained parameters. To ensure the operability, preservation and improvement of durability and wear resistance of parts, when forcing, the errors decrease. The purpose of the study is to evaluate the durability and wear resistance of parts from the technical capabilities of engine building, caused by design and production errors and the level of ICE forcing. The relationship between forcing, production and reliability is analyzed by the dynamics of development of automotive ICEs, empirical and predicted durability data and wear resistance of the crank mechanism and cylinder-piston group. The proportionality coefficient and the theoretical error of design and production of internal combustion engine for GAZ and ZMZ engines are being calculated. With modernization of production and reduction of errors, the technical characteristics of both an engine and a vehicle are improving. The connection between the engine and the car is given. Dependences of design and production errors and wear rates of the details of the crank mechanism and the cylinder-piston group on the forced internal combustion engine are derived. It is determined that with increase in compression ratio and the speed of a crankshaft, the wear rate decreases faster than the errors. This is due to the influence of errors on the properties of tribo-coupling, motor and car, the coordinated development of which provides increased growth of durability and wear resistance of parts.

Keywords: design and production errors, wear rate, compression ratio, crankshaft speed.