

УДК 621.43

Зависимость длины юбки поршня от скоростного режима работы двигателя

Агеев А.Г.

*Магистрант, кафедра «Поршневые двигатели» МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Москва, Россия*

*Научный руководитель: Путинцев С.В., д.т.н.,
профессор кафедры «Поршневые двигатели» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана

snaker-tema@mail.ru

Из распределения механических потерь по агрегатам и узлам большого количества быстроходных ДВС следует, что, несмотря на очевидное совершенствование конструкции, затраты индикаторной мощности на преодоление трения поршня до сих пор составляют наибольшую долю общих механических потерь двигателя на номинальном режиме его работы. Это свидетельствует о существовании потенциала для снижения механических потерь за счет внедрения научно обоснованных методов минимизации трения [1]. Наиболее общим конструктивным и технологическим направлением при разработке поршней современных двигателей является уменьшение высоты юбки поршня и, как следствие, снижение веса. Очевидно, что снижение массы вращающихся и поступательно движущихся деталей, может уменьшить силы инерции и связанную с ним силу давления юбки на стенку цилиндра. Это особенно важно для современных высокооборотных двигателей. К тому же поршни с увеличенной длиной юбки имеют большую контактную поверхность, износу подвержена большая площадь.

Исходя из этого целью данной работы является выявление оптимальной длины юбки поршня с точки зрения минимизации мощности механических потерь в паре трения «поршень-цилиндр», мощности потерь на удар, средней силы трения, среднего коэффи-

ента трения и максимального износа юбки поршня для выбранных значений частоты вращения коленчатого вала $n_{к.в.}=(3600; 4000; 4400; 4800; 5200)$ мин⁻¹. Интервал длины юбки поршня $L_{юб.}=30...50$ мм.

Расчеты выполнены для ЦПГ быстроходного малоразмерного дизеля 1Ч 8,5/8,0 (ТМЗ-450Д), развивающего на номинальном режиме работы мощность 8 кВт при частоте вращения 3600 мин⁻¹, с применением программы PISTON-DHT [2].

В настоящее время у поршня дизеля ТМЗ-450Д стандартная длина юбки поршня $L_{юб.ст.}=50$ мм. При этом мощность механических потерь в паре трения «поршень-цилиндр» составляет 592,67 Вт, мощность потерь на удар – 0,04 Вт, а максимальный износ юбки поршня после наработки 1000 ч – 1,173 мкм.

Полученные результаты расчетного моделирования приведены на рис.1-5.

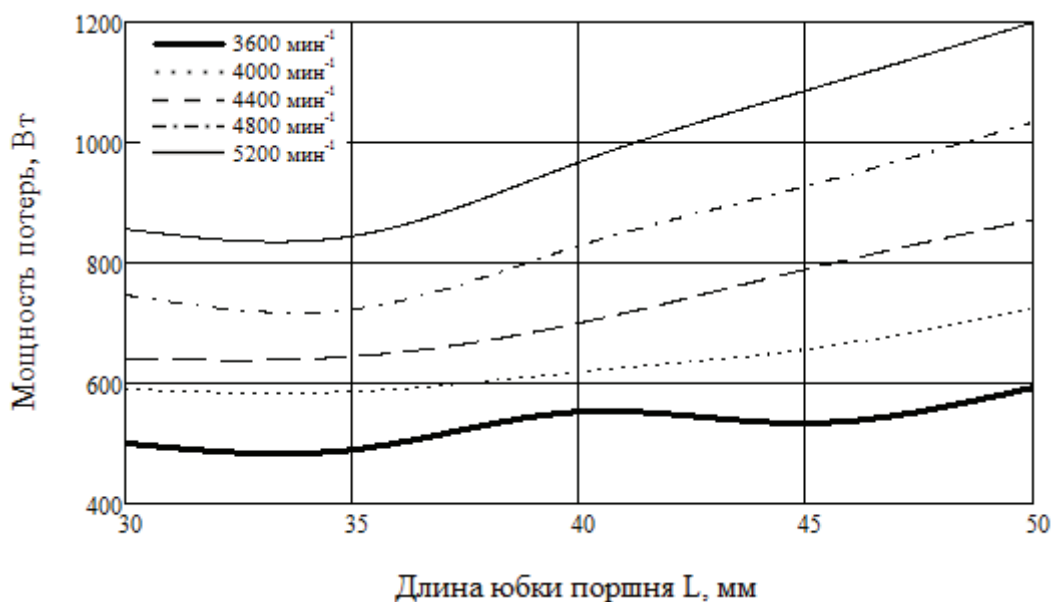


Рис. 1. Влияние длины юбки поршня на мощность механических потерь в паре трения «поршень-цилиндр» для различных значений частоты вращения коленчатого вала

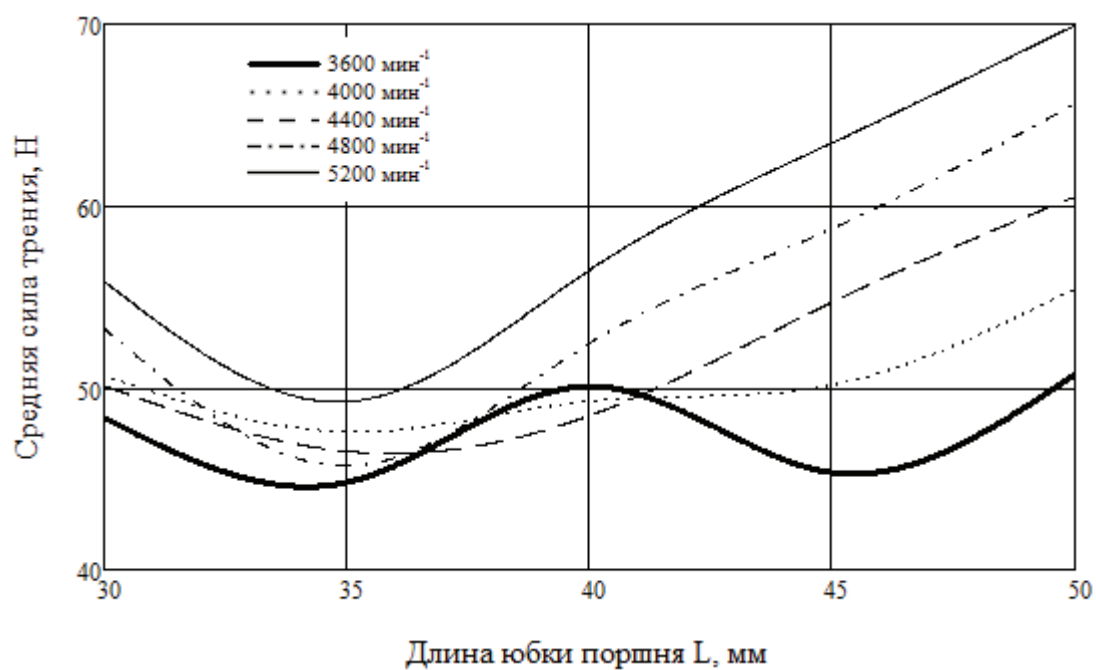


Рис. 2. Влияние длины юбки поршня на среднюю силу трения для различных значений частоты вращения коленчатого вала

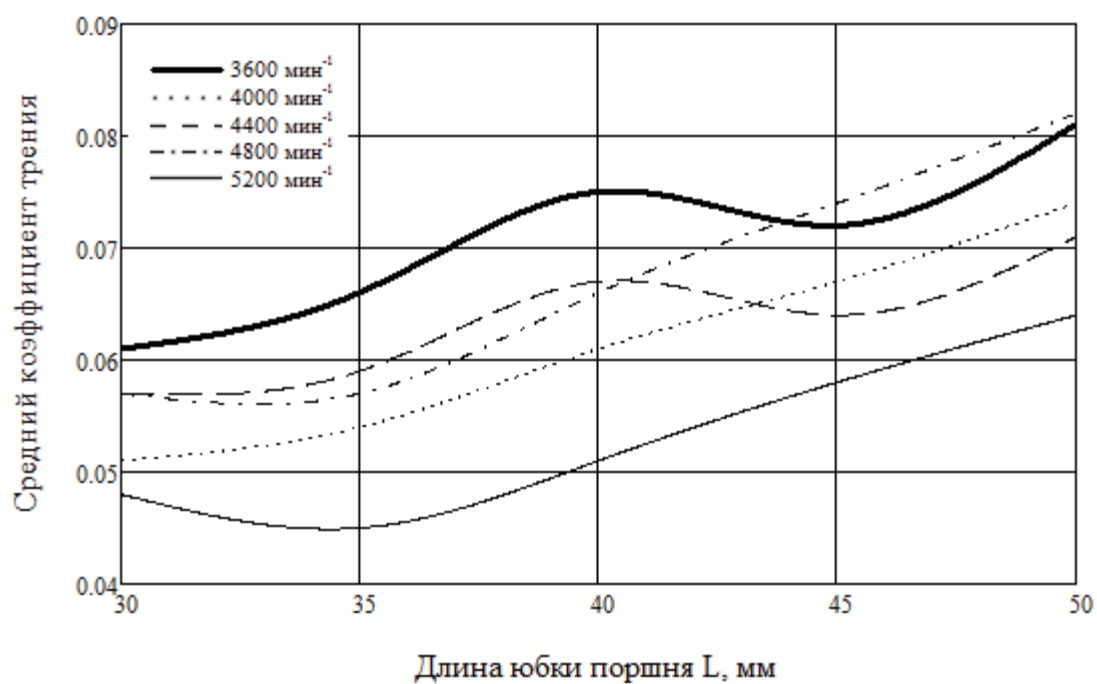


Рис. 3. Влияние длины юбки поршня на средний коэффициент трения для различных значений частоты вращения коленчатого вала

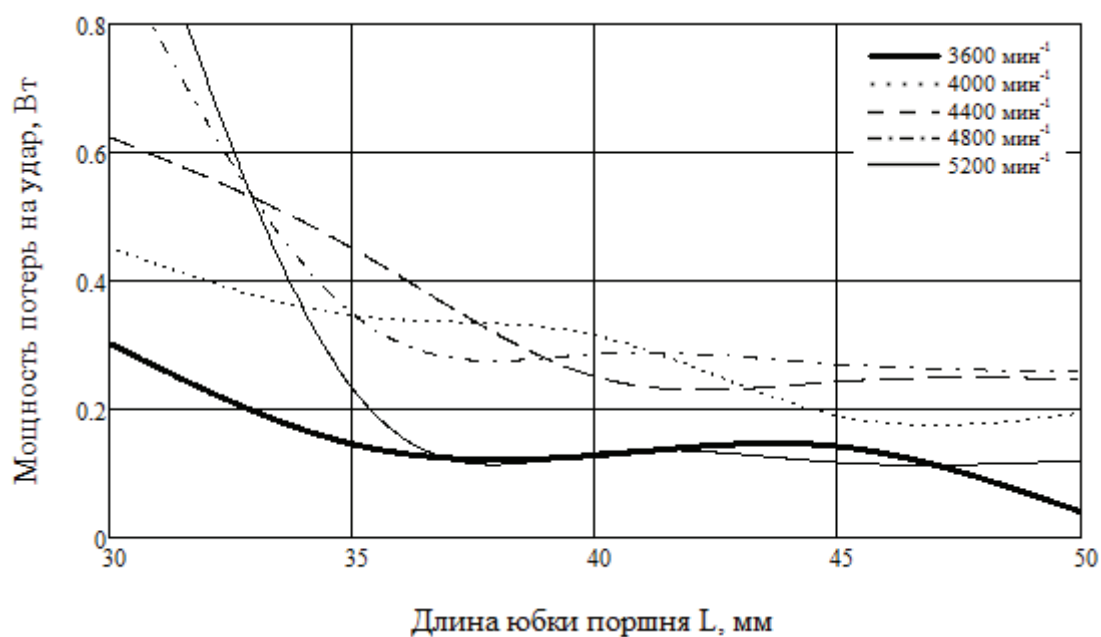


Рис. 4. Влияние длины юбки поршня на мощность потерь на удар для различных значений частоты вращения коленчатого вала

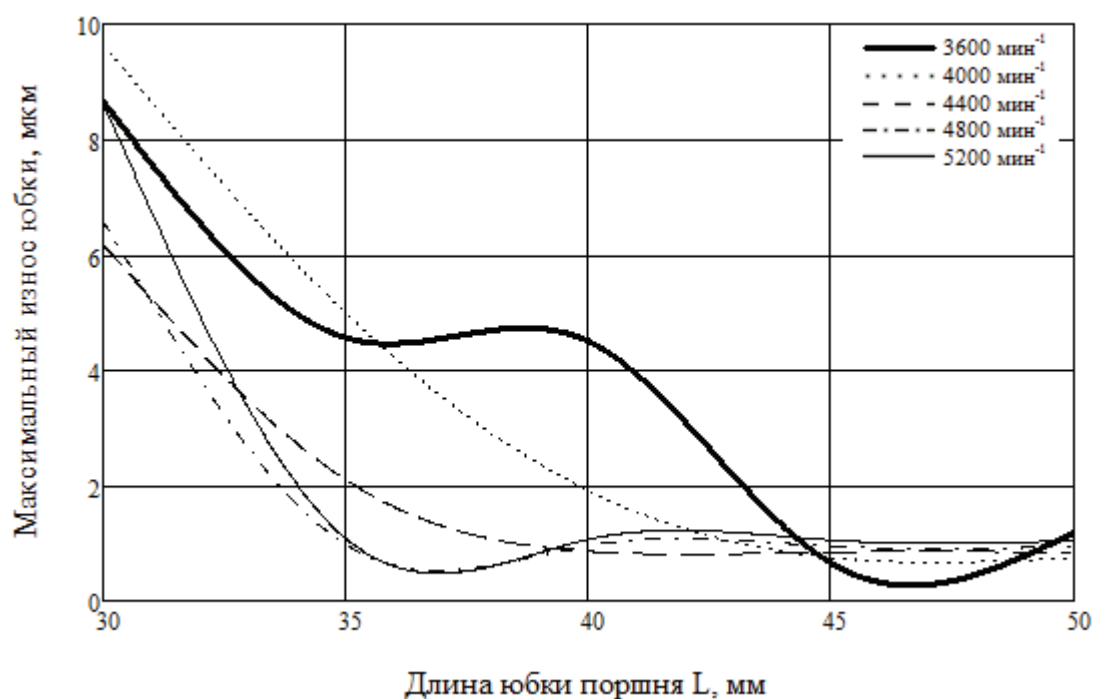


Рис. 5. Влияние длины юбки поршня на ее максимальный износ для различных значений частоты вращения коленчатого вала

Ввиду наличия большого количества обрабатываемых величин, необходимо задачу многоцелевой оптимизации свести к поиску оптимального значения одноцелевой функ-

ции. Для этого введем безразмерный комплекс (1), условно названный Ag , объединяющий влияние трех наиболее важных параметров: мощности механических потерь в паре трения «поршень-цилиндр» $N_{мех}$, максимального износа юбки поршня h_{max} и мощности потерь на удар $N_{y\partial}$. Влияние средней силы трения и среднего коэффициента трения можно не включать, т. к. оно будет учтено через мощность механических потерь, которую они и характеризуют.

$$Ag = C_1 \frac{N_{мех}}{(N_{мех})_{min}} + C_2 \frac{h_{max}}{(h_{max})_{min}} + C_3 \frac{N_{y\partial}}{(N_{y\partial})_{min}}, \quad (1)$$

- где C_1, C_2, C_3 — весовые коэффициенты, определяющие важность соответствующего параметра в безразмерном комплексе.

В рамках поставленной задачи примем следующие значения весовых коэффициентов: $C_1=1; C_2=1; C_3=0,35$.

Величина длины юбки поршня, при которой достигается минимальное значение безразмерного комплекса Ag (рис.6), и будет оптимальной с точки зрения минимизации мощности механических потерь в паре трения «поршень-цилиндр», максимального износа юбки поршня и мощности потерь на удар.

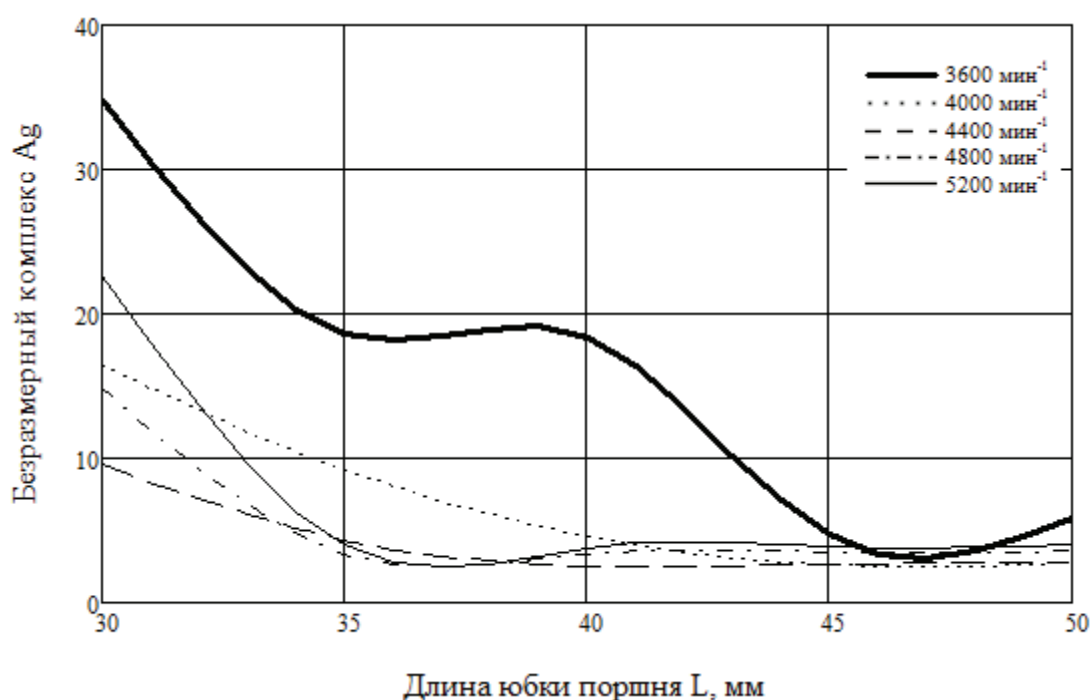


Рис. 6. Зависимость безразмерного комплекса Ag от длины юбки поршня для различных значений частоты вращения коленчатого вала

Как видно из приведенного рис.6 и представленной ниже таблицы 1, при повышении скоростного режима двигателя необходимо уменьшать длину юбки поршня, с целью обеспечения оптимальных значений трех параметров входящих в безразмерный комплекс Ag . Из таблицы 2 следует, что если при возрастании частоты вращения коленчатого вала двигателя использовать стандартный поршень с длиной юбки равной 50 мм, то это может привести к повышению мощности механических потерь в паре трения «поршень-цилиндр» до 39,37 % и увеличению износа юбки поршня в несколько раз. Кроме того очевидно, что с понижением $n_{к.в.}$ происходит заметное уменьшение $\Delta N_{мех.}$.

Таблица 1

Результаты численного эксперимента для различных значений частоты вращения коленчатого вала

Частота вращения коленчатого вала $n_{к.в.}, \text{ мин}^{-1}$	Оптимизированная длина юбки поршня $L_{юб.оптим.}, \text{ мм}$	Мощность механических потерь $N_{мех.}, \text{ Вт}$	Мощность потерь на удар $N_{уд}, \text{ Вт}$	Максимальный износ юбки поршня $h_{max}, \text{ мкм}$
3600	47	546,48	0,113	0,279
4000	46	667,40	0,179	0,688
4400	41	716,44	0,235	0,818
4800	37	755,20	0,280	0,524
5200	36	860,42	0,158	0,597

Таблица 2

Сравнение основных параметров, входящих в безразмерный комплекс, для поршня со стандартной длиной юбки и оптимизированной

Частота вращения коленчатого вала $n_{к.в.}, \text{ мин}^{-1}$	Мощность механических потерь $N_{мех.}, \text{ Вт}$		$\Delta N_{мех.}, \%$	Максимальный износ юбки поршня $h_{max}, \text{ мкм}$	
	$L_{юб.ст.}$	$L_{юб.оптим.}$		$L_{юб.ст.}$	$L_{юб.оптим.}$
3600	592,67	546,48	8,45	1,173	0,279

4000	724,25	667,40	8,52	0,740	0,688
4400	871,93	716,44	21,70	0,838	0,818
4800	1033,66	755,20	36,87	0,939	0,524
5200	1199,19	860,42	39,37	1,042	0,597

Заключение. Путем расчетного моделирования получены оптимальные значения $L_{\text{юб.}}=(36, 37, 41, 46, 47)$ мм дизеля ТМЗ-450Д для $n_{\text{к.в.}}=(5200, 4800, 4400, 4000, 3600)$ мин⁻¹ соответственно, показавшие необходимость уменьшения длины юбки поршня с увеличением частоты вращения коленчатого вала, что соответствует общепринятым тенденциям конструирования современных и перспективных моделей быстроходных двигателей.

Список литературы

1. Путинцев С.В. Механические потери в поршневых двигателях: специальные главы конструирования, расчета, испытаний: Уч. пособие.-М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.-288с.
2. Путинцев С.В., Аникин С.А., Иванов О.В. Программа PISTON-DHT для расчета параметров динамики, гидродинамики и трибологии поршня ДВС // Двигатель-2007: Тез. докл. Междунар. конф. М., 2007. С. 235-241.