

ПРОФИЛИРОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ ПОРШНЕЙ С ТРИБОЛОГИЧЕСКИМ ПРОФИЛЕМ

*А.П. Маслов, к.т.н., вед. конструктор; В.С. Мурзин, главный конструктор
ООО ГСКБ «Трансдизель»*

В статье приведена схема профилирования образующей юбки поршня на основе учета его теплового состояния, динамики и гидродинамики смазочного слоя в сопряжении поршень–смазочный слой–цилиндр. На примере дизеля 2В-06 показано влияние профиля поршня на протекание трибомеханических процессов в сопряжении и пути повышения технико-экономических показателей дизеля.

Повышение технического уровня дизелей является постоянной технико-экономической задачей, стоящей перед двигателестроителями. Особенно это актуально в современных условиях, когда двигателестроение находится на достаточно высоком уровне развития и дальнейшее совершенствование показателей двигателей возможно только при доскональном изучении причин и характера происходящих в исследуемом узле процессов.

Детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ), и в особенности поршень, относятся к наиболее нагруженным деталям двигателя и поэтому определяют не только его надежность и ресурс, но и уровень эффективных показателей, таких как расход смазочного масла, топлива, механический и общий КПД кривошипно-шатунного механизма.

Состояние поверхностей трения юбки поршня является важным комплексным параметром, характеризующим протекание трибомеханических процессов, происходящих в двигателе во время его пуска, работы на режимах с нагрузкой и останова. Принято считать, что наибольший износ деталей ЦПГ двигателя происходит во время его запуска. Действительно в этот период в паре трения поршень–цилиндр возникают участки, где создание условий для возникновения масляного голодания наиболее вероятно, в результате чего на поверхности юбки поршня образуются следы натирания и даже задиров.

Однако задиры на поверхности поршня, особенно в зоне поршневых колец, появляются значительно чаще при работе двигателя на режимах с высокой нагрузкой и перегрузкой, в результате чего увеличивается диаметр верхней части поршня вследствие температурного расши-

рения материала, вызванного его перегревом. По этой причине температурная составляющая при профилировании геометрии поршня, по-видимому, имеет решающее значение.

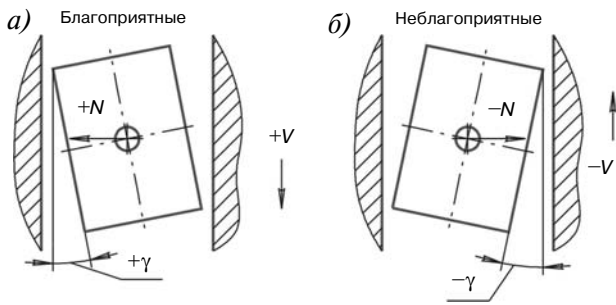
Поршень с трибологическим профилем образующей поверхности был разработан на основании анализа результатов экспериментальных и теоретических исследований его теплового состояния, динамики в пределах теплового зазора и трибомеханических процессов, происходящих в сопряжении поршень–смазочный слой–цилиндр [1].

Анализ характера движения поршня показывает, что симметричный профиль его образующей поверхности (применяемый в большинстве конструкций поршней) не соответствует асимметричному закону нагружения поршня нормальной (боковой) силой. Следовательно, учет влияния этого фактора при профилировании поршней может стать одним из резервов повышения технико-экономических показателей двигателя.

Основной принцип, положенный в основу профилирования, заключается в создании благоприятных условий для возникновения жидкостного режима трения с учетом температуры поршня, его динамики и других действующих факторов. Эти условия обеспечивались с учетом того, что при движении поршня от ВМТ или от НМТ его нагруженная поверхность (на которую действует нормальная сила M) с поверхностью цилиндра должны образовывать диффузор, раскрытие которого направлено в сторону движения поршня. Более наглядно благоприятные и неблагоприятные условия для возникновения жидкостного режима трения по совокупности влияющих параметров представлены на рис. 1, где за положительные значения принимались:

- направление действия нормальной силы на поверхность цилиндра;
- направление движения V поршня от ВМТ к НМТ;
- направление угла наклона γ между поверхностью поршня и поверхностью цилиндра, при котором они образуют диффузор, раскрытие которого направлено в сторону движения поршня.

Анализ совокупности изменений принятых во внимание параметров показал, что при положительном значении их произведений условия для



Параметры			Произведение N, V, γ	Условия
N	V	γ		
+	+	+	+	Благоприятные
+	-	-	+	Благоприятные
-	-	+	+	Благоприятные
-	+	-	+	Благоприятные
-	-	-	-	Неблагоприятные
+	+	-	-	Неблагоприятные
-	+	+	-	Неблагоприятные
+	-	+	-	Неблагоприятные

Рис. 1. Благоприятные (а) и неблагоприятные (б) соотношения параметров для возникновения жидкостного режима трения

возникновения жидкостного режима трения будут благоприятные, а при отрицательных — неблагоприятные.

Алгоритм построения асимметричного профиля поршня заключается в последовательности следующих действий:

- определяется первоначальная величина монтажного зазора исходя из расчетных данных о деформации поршня и цилиндра вследствие его теплового состояния (на режиме номинальной мощности);

- рассчитываются геометрические параметры образующей поверхности поршня в холодном состоянии исходя из того, что на режиме номинальной мощности (в горячем состоянии) она принимала бы цилиндрическую форму;

- на полученный профиль накладывается соответствующий динамический параметр профиля (учитывающий динамическую составляющую радиального движения поршня) центральная ось которого располагается под некоторым углом относительно вертикальной оси поршня. Этот угол направлен в противоположную сторону вращения коленчатого вала двигателя, а тангенс этого угла есть отношение величины зазора между поршнем и цилиндром к длине юбки поршня;

- в верхнем левом и нижнем правом участках профиля поршня выполняются сходы для обеспечения благоприятных условий возникновения жидкостного режима трения на тактах впуска и выпуска.

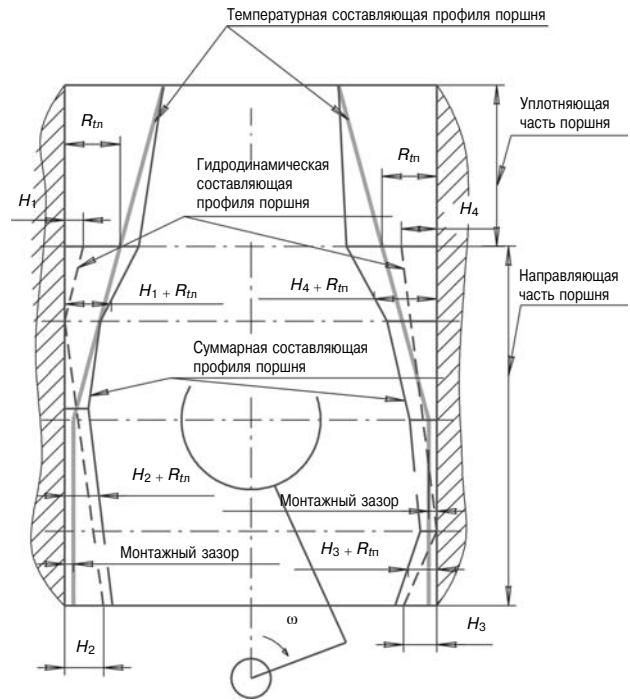


Рис. 2. Схема построения профиля поршня в плоскости, перпендикулярной оси пальца:

R_{tn} , R_{tn} — величина температурной составляющей профиля поршня, исходящая из того, что на режиме номинальной мощности этот профиль принимает цилиндрическую форму; H_1 – H_4 — величина соответствующих гидродинамических параметров профиля, учитывающих его динамику и гидродинамику смазочного слоя; ω — направление вращения коленчатого вала двигателя

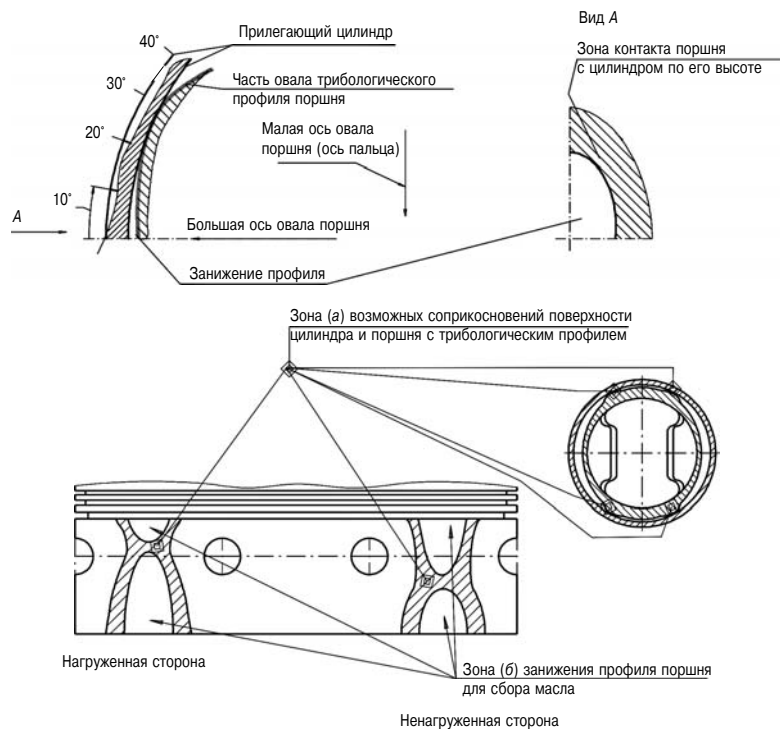


Рис. 3. Схемы расположения зон подъема и занижения профиля на юбке поршня

Схема построения трибологического профиля поршня представлена на рис. 2 [2].

Особенность выполнения профиля поршня с трибологическим профилем заключалась в том, что в плоскости качания шатуна симметрично большой оси профиля поршня (в зоне овала) выполнялись участки, имеющие подъем профиля для снижения торцевых утечек масла по овалу поршня, чем обеспечивалось более полное наполнение зоны трения смазочным маслом [3]. Схематично зона подъема профиля (обозначена штриховкой) представлена на рис. 3. Незаштрихованная область, в которой скапливается масло, служит дополнительным источником смазки для улучшения маслоснабжения зоны трения. Подковообразная форма этой области способствует улучшению условий маслоснабжения зоны трения для повышения несущей способности сопряжения в целом.

Результаты наблюдения за поршнями двигателей 2В-06-2 показали, что расположение и характер натира образующей поверхности серийного поршня двигателя не в полной мере соответствует условиям беззадирной работы сопряжения поршень–смазочный слой–цилиндр. На нагруженной стороне юбки поршня (рис. 4, а)

зафиксировано четко выраженное пятно контакта шириной около 55 мм и высотой 50 мм с центром, расположенным выше оси поршневого пальца примерно на 5–7 мм. С ненагруженной стороны (рис. 4, б) пятно контакта располагается на дуге примерно 55 мм и по всей высоте юбки поршня около 70 мм.

На рис. 5 представлены результаты наблюдения за поршнем с трибологическим профилем с нагруженной и ненагруженной стороны юбки. Как видно на снимках, характер и площадь натира на образующей поверхности юбки выражен в меньшей степени, что говорит о лучших условиях для обеспечения жидкостного режима трения в сопряжении у поршня с трибологическим профилем по сравнению с серийным.

На нагруженной стороне юбки поршня имеется слабо выраженное пятно контакта подковообразной формы с вершиной, расположенной выше оси поршневого пальца примерно на 5 мм. Места натира также незначительны и расположены в верхней части юбки симметрично плоскости, проходящей вдоль большой оси овала профиля поршня на расстоянии примерно 25–30 мм и перпендикулярной оси поршневого пальца. На ненагруженной стороне (рис. 5) пятно контакта

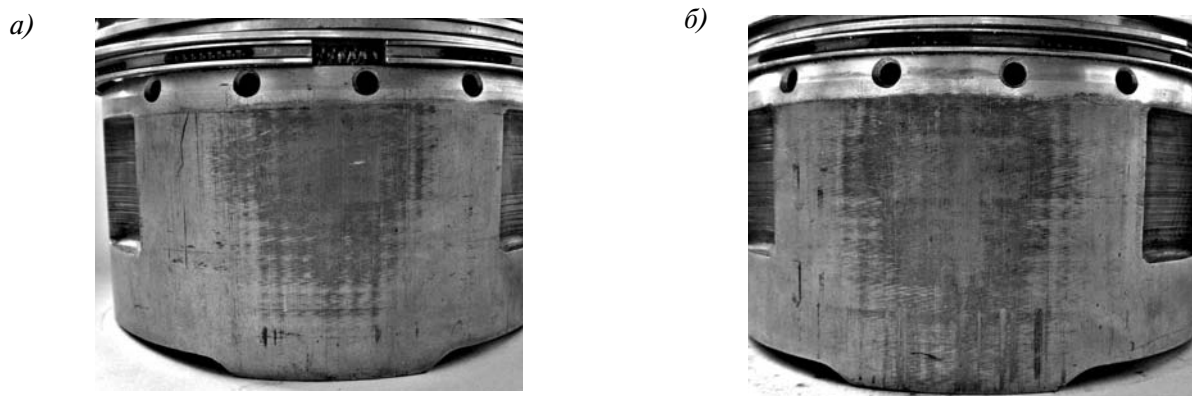


Рис. 4. Состояние поверхности нагруженной (а) и ненагруженной (б) сторон образующей юбки поршня с серийным профилем двигателя 2В-06-2 № 300

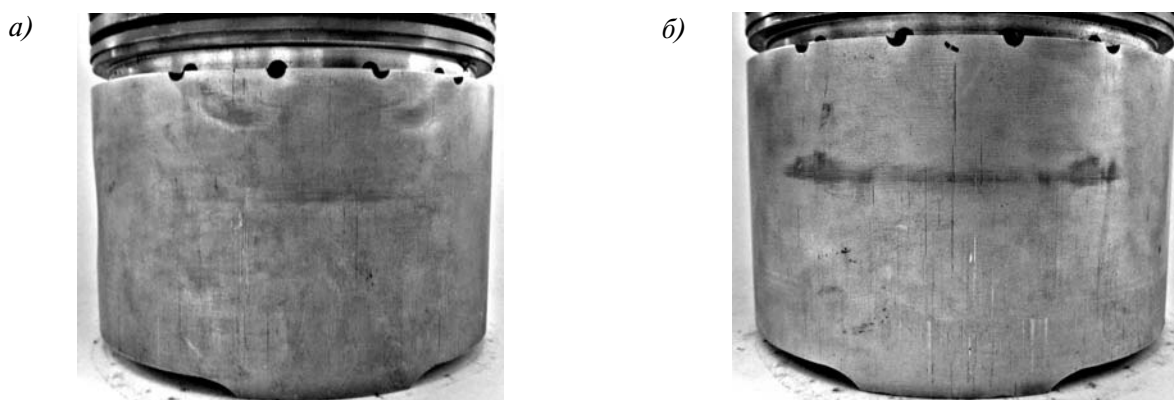


Рис. 5. Состояние нагруженной (а) и ненагруженной (б) сторон образующей поверхности юбки поршня с трибологическим профилем двигателя 2В-06-2 № 300

расположено на дуге длиной примерно 90 мм и высотой всего 5–7 мм.

Однако характер и место расположения натира на ненагруженной стороне поршня (рис. 5, б) не в полной мере соответствуют концепции бесконтактного профиля, так как в плоскости оси поршневого пальца имеется широкая по овалу и узкая по высоте полоса натира. В связи с этим необходимо выполнить корректировку профиля по высоте поршня на ненагруженной стороне для повышения плавности перехода профиля в зоне натира. Это будет способствовать улучшению режима трения и повышению несущей способности смазочного слоя.

Сравнение расположения, размеров и характера натиров на серийном (см. рис. 4) и трибологическом (см. рис. 5) профилями показывает, что даже незначительное изменение геометрических размеров профиля существенно влияет на протекание трибомеханических процессов в сопряжении поршень–смазочный слой–цилиндр, а следовательно, и на технико-экономические показатели двигателя в целом. Поэтому использование в проектировании и доводке конструкции поршней методов многопараметрической оптимизации их профиля позволит существенно улучшить режим трения в сопряжении поршень–цилиндр, что будет способствовать повышению надежности двигателя в целом.

В одной из своих работ, посвященной рассматриваемой проблеме, известный ученый М. Такэо [4] утверждает, что причиной износа и задиров двигателей является недостаток смазки

между трущимися поверхностями. Автор отмечает, что для установления такой простой истины исследователям потребовалось более десяти лет, так как особенность задачи заключалась в том, что износ и задиры поршней проявляются не во всех цилиндрах двигателя одновременно.

На основании результатов исследования условий работы поршней, выполненного на ЧТЗ, можно сделать вывод о том, что при профилировании образующей поверхности поршня недостаточно учитывать только его тепловую составляющую. Для достижения полного отсутствия контакта поверхности юбки поршня с гильзой в современных высокофорсированных двигателях необходимо развивать методы многопараметрической оптимизации, учитывающие влияние всех факторов на работу сопряжения поршень–цилиндр.

Литература

1. Суркин В.И., Маслов А.П. Анализ работы поршня с асимметричным профилем юбки // Вестник ЧГАУ. — Челябинск : 1996. — 14. — С. 63–68.
2. Маслов А.П. Повышение технического уровня дизеля оптимизацией геометрических параметров поршней: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Челябинск : ЮУрГУ, 1999. — 18 с.
3. Рождественский Ю.В., Маслов А.П. Методика анализа динамики поршня // Автомобильная техника. Силовые установки: Сб. науч. тр. — Челябинск : ЧВВАИУ, 1996. — Вып. 6. — С. 103–113.
4. Такэо М. All of the scuffinds in low speed 4 stroke-cycle engines. — Nation nikan, t. 12,—№ 8, 1973. — P. 41–46.

ПРЕДЛАГАЕМ РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ Ориентировочные тарифы на 2 полугодие 2008 г. Скидки постоянным клиентам

Первая страница обложки	Полноцветная	24 000 руб
Вторая и третья страницы обложки	Полноцветная	20 000 руб
Четвертая страница обложки	Полноцветная	22 000 руб
Внутри журнала из расчета одна страница формата А4	Полноцветная	20 000 руб
	Черно-белая	18 000 руб