

Расчетно-теоретический анализ изменения тепловых зазоров сопряжений «поршень-гильза» в процессе удаления нагара

А.А. Карташов, Р.Н. Москвин

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Аннотация: Нагарообразование в дизельных двигателях оказывает влияние на повышение температуры гильзы, уменьшение толщины масляной пленки, увеличение угара масла, что является причиной более интенсивного износа деталей цилиндра поршневой группы. Отложение нагара на днище поршня свидетельствуют о менее благоприятных условиях работы сопряжений «поршень-гильза» в связи с повышением динамических показателей цикла.

Ключевые слова: головка цилиндров, днище поршня, тепловой зазор, «поршень-гильза», отложение нагара.

Согласно теории теплообмена, тепловой поток от рабочего тела (продуктов сгорания) направлен перпендикулярно к поверхности днища поршня и пропорционален эквивалентной температуре $T_{эkv}$ к среднему за цикл коэффициенту теплоотдачи $\alpha_{г.ср}$ [1]. Теплота может подводиться и к боковой поверхности днища поршня, но так как величина теплового зазора между головкой поршня и цилиндром небольшая, то тепловой поток при этом незначителен.

Отложение нагара на днище поршня и головки цилиндров вызывает некоторое снижение его температуры, но при этом возрастает температура гильзы цилиндра, что вызывает изменение зазоров сопряжений «поршень-гильза» [2].

Экспериментальное определение зазоров сопряжений на работающем двигателе связано со значительными трудностями. Вследствие этого был произведен расчетно-теоретический анализ изменений величины тепловых зазоров при уменьшении толщины слоя нагара на днище поршня [3].

Для количественной оценки теплового изменения зазора он рассчитывался на основании формул линейного расширения тел при известных приращениях температур [4,5]:

$$\Delta S = D(\alpha_n \cdot \Delta t'_n - \alpha_y \cdot \Delta t'_y) \quad (1)$$

где D – диаметр головки поршня, мм;

α_n, α_y – коэффициент линейного расширения, соответственно материалов поршня и гильзы цилиндров, $\frac{\text{мм}}{\text{мм} \cdot ^\circ\text{C}}$;

$\Delta t'_n, \Delta t'_y$ – приращение температур поршня и гильзы от 20°C до температуры в рабочем состоянии в процессе удаления нагара с днища поршня, $^\circ\text{C}$.

Зазор между поршнем и гильзой у работающего двигателя:

$$S = \Delta - \Delta S \quad (2)$$

где Δ – зазор между поршнем и гильзой при 20°C (для дизеля Д-144 установочный зазор в зоне головки поршня 0,5 мм, в зоне юбки - 0,2 мм).

Расчет тепловых зазоров сопряжений «поршень-гильза» производился при положении поршня в ВНТ для двух поясов: на расстоянии 20 и 94 мм от верхней кромки гильзы цилиндра, соответственно, в зоне компрессионных колец и юбки поршня [6,7].

Результаты расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Изменение расчетных зазоров в сопряжении поршень-гильза при удалении нагара с деталей цилиндропоршневой группы на примере дизеля Д-144

Время удаления нагара, мин	0	5	10	15	20	25	30
1. На расстоянии 20 мм от верхней кромки гильзы $\Delta_1=0,50$ мм							
S_1 мм	0,318	0,298	0,83	0,277	0,269	0,258	0,250
ΔS_1 мм	0,182	0,202	0,212	0,223	0,231	0,242	0,250
2. На расстоянии 94 мм от верхней кромки гильзы $\Delta_2=0,20$ мм							
S_2 мм	0,031	0,074	0,067	0,061	0,056	0,047	0,045
ΔS_2 мм	0,119	0,126	0,33	0,139	0,146	0,153	0,155

Расчетно-теоретический анализ температурного режима деталей цилиндропоршневой группы на примере дизеля Д-144 в процессе удаления

нагара показал, что с уменьшением толщины слоя нагара на днище поршня (при $N_e = N_e^n, n = 1600 \text{ мин}^{-1}$) происходит увеличение температуры поршня на 10,6 % и уменьшение температуры гильзы цилиндра от 10% в нижней зоне до 12,5% в верхней. В связи с этим происходит уменьшение зазоров сопряжения поршень-гильза на 21,4% и 36% соответственно в зоне компрессионных колец и в зоне юбки поршня (табл.1).

На рис. 1 показан характер изменения тепловых зазоров сопряжений поршень-гильза цилиндра в зависимости от времени удаления нагара

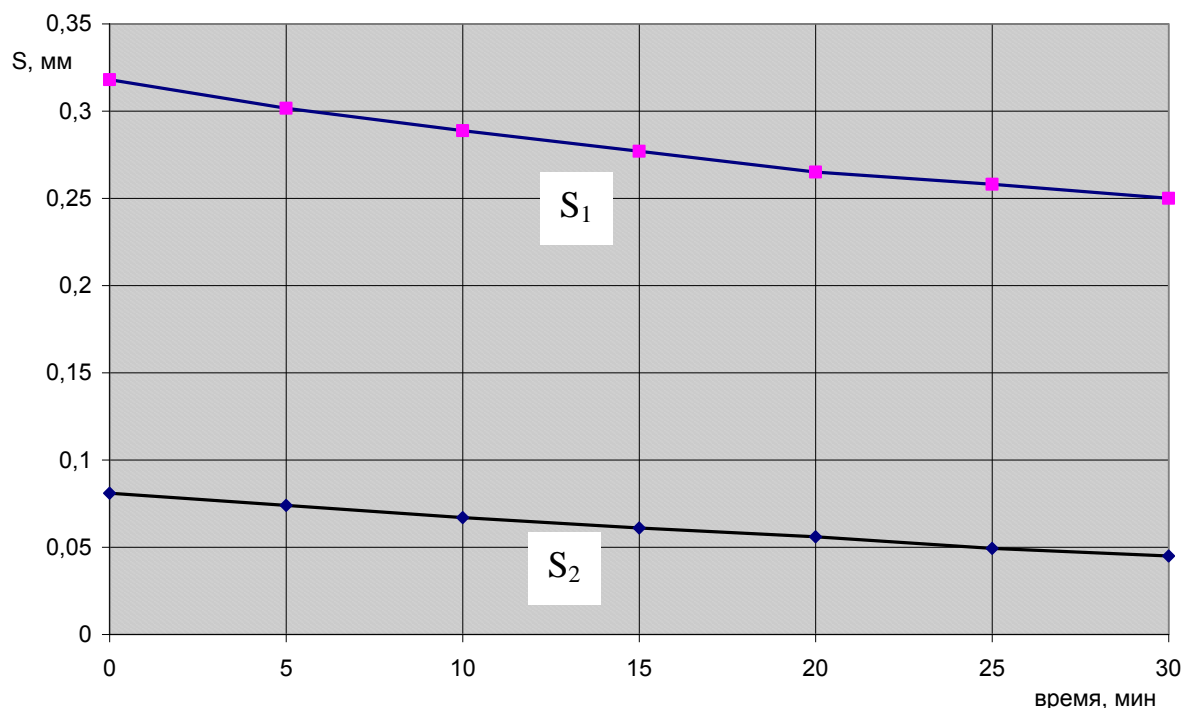


Рис. 1 - Изменение зазоров в сопряжении поршень-гильза в процессе удаления нагара с днища поршня на примере дизеля Д-144

S_1 – зазор между головкой поршня и гильзой цилиндра;
 S_2 – зазор между юбкой поршня и гильзой цилиндра

Следовательно, полученные расчетным путем температуры гильзы и поршня свидетельствуют о влиянии нагароотложения на их значения. Так, при удалении нагара с днища поршня от исходного значения 0,8 мм до полной очистки температура гильзы уменьшается от 177 °С до 157°С (на

11,3%) в зоне на расстоянии 20 мм от верхней кромки гильзы цилиндра. При этом температура поршня в зоне его головки увеличивается с 212⁰С до 235⁰С (на 10,8%).

Уменьшение толщины слоя нагара на днище поршня ведет к уменьшению степени сжатия и температуры цикла, что в свою очередь оказывает влияние на изменение показателей рабочего цикла [8,9].

Расчетно-теоретическим анализом установлено влияние нагароотложений на днище поршня и на показатели теплообмена в цилиндре двигателя. При этом снижение температуры за отдельные такты и цикл в процессе удаления нагара объясняется уменьшением степени сжатия, а увеличение коэффициента теплоотдачи – возрастанием степени сжатия предварительного расширения.

Расчетно-теоретический анализ величин тепловых зазоров сопряжений «поршень-гильза» цилиндра показал, что в результате удаления нагара происходит тепловое расширение этих деталей, т.е. уменьшение величины зазора в сопряжении. Так, при уменьшении толщины нагара на днище поршня от 0,8 мм до полного его удаления зазор при положении поршня в ВНТ, в зоне головки поршня уменьшается от 0,316 мм до 0,25 мм (на 21,4%), в зоне юбки уменьшается от 0,061 мм до 0,045 мм (на 36%).

Полученные в результате расчетно-теоретического анализа количественные характеристики показателей рабочего цикла температуры поршня и гильзы цилиндров дизеля при отложении нагара на днище поршня свидетельствуют о менее благоприятных условиях работы сопряжений «поршень-гильза» в связи с повышением динамических показателей цикла, температуры гильзы и увеличением зазоров в сопряжении, что повышает угар картерного масла [10].

Литература

1. Дьяченко Н.Х., Дашков С.И., Костин А.К., Бурин М.М. Теплообмен в двигателях и теплонапряженность их деталей. – М.: Машиностроение, 1969, с. 248.
2. Костин А.К., Ларионов В.В., Михайлов Л.И. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания. – Л.: Машиностроение. – 1979. – 60с.
3. Khairy A.H. Kobbacy, D.N. Prabhakar Murthy Complex System Maintenance Handbook. - (Springer series in reliability engineering). Springer-Verlag London Limited, 2008, p.648.
4. Ленин И.М., Костров А.В. Исследование теплоотдачи в стенке в двигателях внутреннего сгорания. – Автомобильная промышленность. – 1983г. – №6. – с. 32-38.
5. Михайлов Н.С. Исследование влияния тепловой изоляции поршня на его температурное состояние и рабочие процессы при высоком поддуве. – Труды ЦНИДИ, вып. 37. – 1981г. – с. 24-26.
6. Розенблид Г.Б. Теплопередачи в дизелях. – М.: Машиностроение. – 1997г. – 215 с.
7. Катаев Ю. В., Вялых Д. Г. Исследование механизма образования нагароотложений в двигателе // Сельский механизатор. – 2015. – № 11. – С. 38-40.
8. Захаров Ю.А., Ремзин Е. В., Мусатов Г. А. Основные дефекты корпусных деталей автомобилей и способы их устранения, применяемые в авторемонтном производстве // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2584/.
9. Мукутадзе М.А., Флек Б.М., Задорожная Н.С. Расчетная модель гидродинамической смазки неоднородного пористого подшипника конечной длины, работающего в устойчивом нестационарном режиме трения при наличии принудительной подачи смазки // Инженерный



ВЕСТНИК Дона. – 2013. – № 3. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2324/.

10. Nakagawa T. Maintenance theory of reliability. (Springer series in reliability engineering). Springer-Verlag London Limited. 2005, p.274.

References

1. D'jachenko N.H., Dashkov S.I., Kostin A.K., Burin M.M. Teploobmen v dvigateljah i teplonaprjazhennost' ih detalej [Heat transfer in engines and heat stress of their parts]. M.: Mashinostroenie, 1969, p.248.
2. Kostin A.K., Larionov V.V., Mihajlov L.I. Teplonaprjazhennost' dvigatelej vnutrennego sgoranija. [Heat stress of internal combustion engines]. L.: Mashinostroenie. 1979. p.60.
3. Khairy A.H. Kobbacy, D.N. Prabhakar Murthy Complex System Maintenance Handbook. (Springer series in reliability engineering). Springer-Verlag London Limited, 2008, p.648.
4. Lenin I.M., Kostrov A.V. Avtomobil'naja promyshlennost'. 1983. №6. pp. 32-38.
5. Mihajlov N.S. Issledovanie vlijanija teplovoj izoljicii porshnja na ego temperaturnoe sostojanie i rabochie processy pri vysokom podduve. Trudy CNIDI, vyp. 37. 1981. pp. 24-26.
6. Rozenblid G.B. Teploperedachi v dizeljah. [Heat transfer in diesel engines]. M.: Mashinostroenie. 1997. p.215.
7. Kataev Ju. V., Vjalyh D. G. Sel'skij mehanizator. 2015. № 11. pp. 38-40.
8. Zaharov Ju.A., Remzin E. V., Musatov G. A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. № 4-1.URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2584/.
9. Mukutadze M.A., Flek B.M., Zadorozhnaja N.S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. № 3.URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2324/.



10. Nakagawa T. Maintenance theory of reliability. (Springer series in reliability engineering). Springer-Verlag London Limited. 2005, p.274.