

*А.В.Тринёв, канд. техн. наук, Минак А.Ф., канд. техн. наук,
Коваленко В.Т., канд. техн. наук, А.Н. Авраменко, асп., Обозный С.В., инж.*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ВТУЛКИ ВЫПУСКНОГО КЛАПАНА ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Введение

В данной работе было проведено экспериментальное исследование теплового состояния втулки выпускного клапана тракторного дизеля СМД-17Н при работе дизеля по нагрузочной характеристике на основных эксплуатационных режимах.

В работе оценивается влияние материала направляющей втулки (бронза и серый чугун) на изменение теплового состояния втулки.

Основными требованиями, предъявляемыми к направляющим втулкам клапанов являются: минимальные перепады температур по высоте втулки; возможность длительное время работать в условиях граничного трения, с минимальным, стабильным по высоте втулки, зазором в сопряжении, исключаящим заклинивание клапана во втулке; высокие износостойкие характеристики, исключающие преждевременный износ и, соответственно, повышенный расход масла на угар через сопряжение стержень клапана – направляющая втулка.

Анализ публикаций

Изучению теплового состояния сопряжения клапан – направляющая втулка уделялось большое внимание в работах проф. Г.Б. Розенблита [1, 2], проф. Дьяченко Н.Х. [3], и ряда других авторов [4, 5].

Проф. Г.Б. Розенблит в своей работе [2], посвященной расчетно - экспериментальному анализу теплового состояния выпускного клапанного узла дизеля Д70, разработал схему теплового баланса клапана дизеля.

Предложенная методика расчета теплового баланса позволяет учитывать большинство влияющих факторов, таких как материал деталей, входящих в клапанный узел, величину зазора в сопряжении стержень клапана – направляющая втулка, шероховатость контактных поверхностей втулка – головка, величину посадочного натяга направляющей втулки, отсутствие или наличие в зазоре дымовых газов и масляной пленки.

В результате проведенной работы проф. Г.Б. Розенблит разработал схему задания граничных условий (ГУ) задачи теплопроводности для выпускного клапанного узла, а значения коэффициентов теплоотдачи α на участках теплообменной поверхности сопряжения клапан – втулка предложил задавать в пределах от 250 до 2000 Вт/м²К [2].

Такой разброс значений коэффициента теплоотдачи по высоте направляющей втулки клапана высотой 220 мм делает невозможным проведение уточненного математического анализа теплового и деформированного состояния направляющей втулки.

Возрастающие требования к точности и достоверности значений задаваемых ГУ 3^{го} рода по участкам теплообменной поверхности сопряжения стержень клапана – направляющая втулка [6, 7], приводят к необходимости экспериментального уточнения значений коэффициентов теплоотдачи α и температур по данному сопряжению.

Наличие достоверных значений ГУ задачи теплопроводности позволит с использованием математического моделирования [7], оценить для современных двигателей влияние уровня форсирования на тепловое и деформированное состояние деталей кла-

панного узла, оптимизировать зазор в сопряжении клапан – втулка и прогнозировать возникновение заклинивания клапана во втулке.

Проведенный литературный обзор позволяет сделать вывод об актуальности проводимого исследования.

Цель и постановка задачи

Целью данной работы было проведение экспериментального анализа условий работы направляющей втулки выпускного клапана.

В работе ставились задачи:

- определить температурное поле серийной направляющей втулки выполненной из серого чугуна;
- определить температурное поле втулки выполненной из бронзового сплава БрАЖ9-4;
- разработать рекомендации по повышению точности и достоверности значений ГУ 3^{го} рода по сопряжению, с использованием экспериментальных данных;
- сделать выводы о целесообразности использования бронзового сплава для производства втулок клапанов автотракторных дизелей.

Основные этапы и результаты моделирования

Объект исследования - направляющая втулка клапана тракторного дизеля СМД-17Н.

Направляющая втулка имеет высоту 80 мм, наружный диаметр 20 мм, диаметр отверстия во втулке 11 мм. Для проведенного экспериментального исследования диаметральный зазор в паре клапан – направляющая втулка для серийной втулки, был выбран в соответствии с чертежами завода - изготовителя (завод “Серп и Молот”, г. Харьков) равным 0.08 мм.

Для втулки из бронзового сплава БрАЖ9-4 значения диаметрального зазора, обеспечивающего работу клапана без заклинивания, выбирались на основе предварительного математического анализа с использованием разработанной ранее методики [8] для экспериментального этапа равным 0.18 мм.

Материал серийной втулки – серый чугун. Для улучшения антифрикционных свойств и повышения износостойкости поверхность отверстия во втулке подвергается цементации на глубину 2 мм.

Для проведения термометрии направляющей втулки выпускного клапана использовались хромель – алюмелевые термопары, с диаметром провода 0.2 мм в оплетке. Диаметр шарика спая термопары равен 0.7 мм.

Эскиз дообработки направляющей втулки под установку термопар представлен на рис. 1, а схема заделки термопар во втулку на рис. 2.

По высоте направляющей втулки устанавливались 3 термопары, разнесенные по окружности под углом 90°, в трех поясах, как показано на рис. 1.

Шарик спая термопары зачеканивался в направляющую втулку и заливался расплавленным свинцом, выводы проводов изолировались и укладывались в вертикальный фрезерованный паз на боковой поверхности направляющей втулки (рис. 2).

Для вывода проводов за пределы клапанных пружин в колодце под пружины был выполнен фрезерованный паз.

Сигналы от термопар регистрировались прибором А 565 с диапазоном измерений от 0 до 1300 °С.

Термометрия направляющей втулки проводилась при работе дизеля по нагрузочной характеристике на 6 эксплуатационных режимах, от режима холостого хода до режима максимального крутящего момента при $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$.

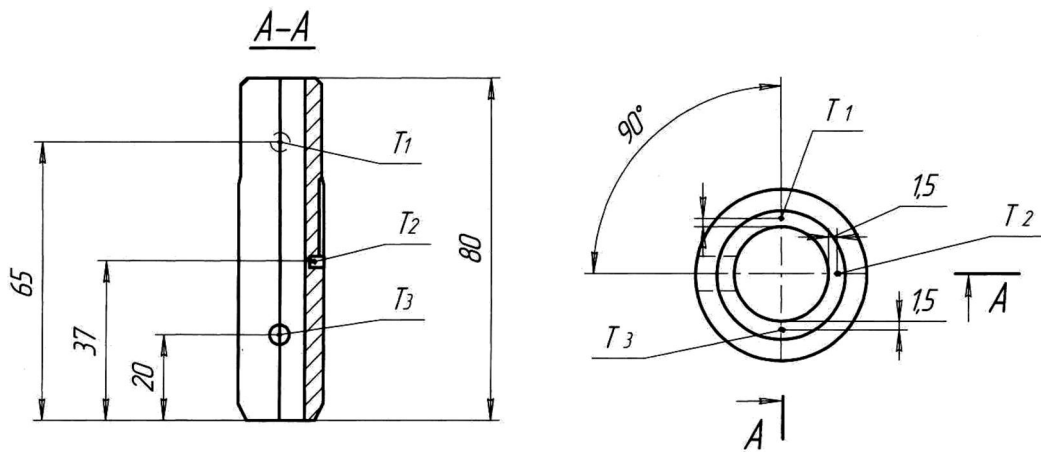


Рис. 1. Эскиз дообработки направляющей втулки под установку термопар T_1 , T_2 , T_3 – места установки термопар

На рис. 3. представлена оснащенная термопарами направляющая втулка, запрессованная в головку цилиндров.

Для определения статического давления отработавших газов в зазоре клапан – направляющая

втулка во втулке было выполнено сквозное отверстие диаметром 4 мм на высоте 20 мм от нижнего торца втулки. На боковой поверхности втулки был выполнен фрезерованный паз пересекающий это отверстие.

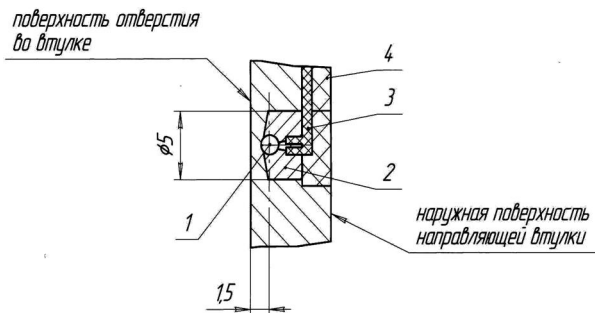


Рис. 2. Схема заделки термопар в направляющую втулку:

- 1 – горячий спай термопары;
- 2 – заливка свинцом;
- 3 – электроды;
- 4 – заливка компаундом

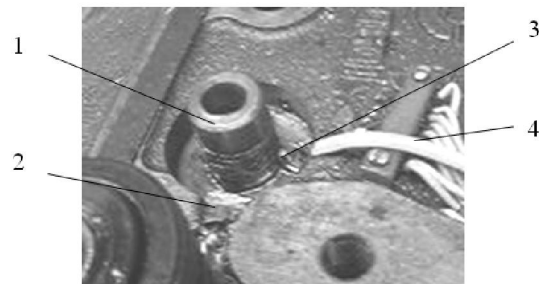


Рис. 3. Оснащенная термопарами втулка клапана:

- 1 – направляющая втулка;
- 2 – вывод проводов от термопар;
- 3 – паз в колодце под пружины клапана;
- 4 – фторопластовая трубка отбора отработавших газов из зазора

После запрессовки втулки в головку цилиндров, в канал, образованный вертикальным фрезерованным пазом и поверхностью колодца под направляющую втулку запрессовывалась стальная трубка диаметром 2.4 мм, которая верхней частью сообщалась с термостойкой фторопластовой трубкой диаметром 2.7 мм (рис. 3), которая выводилась за преде-

лы клапанной крышки и сообщалась с пружинным манометром.

Для определения статического давления отработавших газов в зазоре клапан – втулка использовался образцовый пружинный манометр с диапазоном измерений от - 1 до 1.5 кгс/см².

На рис. 4. представлена зависимость изменения температурного поля серийной направляющей втулки в 3^x контрольных точках в зависимости от режима работы дизеля.

Из рис. 4. видно, что температура серийной направляющей втулки изменяется по линейному закону, также как и температура отработавших газов (рис. 5.), и увеличивается с ростом нагрузки.

Максимальная температура, зарегистрированная термопарой, установленной у нижнего торца направляющей втулки достигает $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, а у верхнего торца температура не превышает $84\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Такой перепад температур по высоте направляющей втулки объясняется неравномерностью подвода и отвода теплоты по участкам теплообменной поверхности втулки.

Изменение температуры направляющей втулки из бронзового сплава БрАЖ9-4 в трех контрольных точках по высоте втулки представлено на рис. 6.

Из рисунка видно, что у направляющей втулки выполненной из бронзового сплава максимальная температура, зарегистрированная термопарой, установленной у нижнего торца втулки, не превышает $61\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.е. в 2.5 раза меньше чем у серийной втулки из серого чугуна. При этом минимальная температура у верхнего торца не превышает $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Такое значительное снижение температуры направляющей втулки, выполненной из бронзового сплава, по сравнению с серийной втулкой, объясняется более высокими значениями коэффициента теплопроводности бронзового сплава, который для сплава БрАЖ9-4 при рабочих температурах втулки равен $\lambda = 77\text{ Вт/мК}$ [9].

Зависимость изменения статического давления отработавших газов в зазоре клапан – направляющая втулка P_{oz} , для сопряжения серийный выпускной клапан – бронзовая втулка представлена на рис. 7.

Давление отработавших газов P_{oz} определялось, когда диаметральный зазор в сопряжении равен $0,18\text{ мм}$.

Из рис. 7. видно, что статическое давление отработавших газов в зазоре изменяется пропорционально давлению отработавших газов в выпускном коллекторе. Для режима холостого хода при $n = 1600\text{ мин}^{-1}$ величина давления составляет $0,01 - 0,012\text{ МПа}$, а на номинальном режиме не превышает $0,036\text{ МПа}$.

Бытующее мнение о том, что смазка из сопряжения клапан – направляющая втулка “выдувается” отработавшими газами, полностью опровергается исходя из результатов проведенного экспериментального исследования.

Выводы

В результате проведенного экспериментального исследования можно отметить:

– полученные экспериментальные данные о тепловом состоянии втулки выпускного клапана, а также значения статического давления отработавших в зазоре, позволят уточнить значения ГУ задачи теплопроводности по участкам теплообменной поверхности сопряжения клапан- втулка, и, соответственно, позволят повысить точность результатов математического моделирования полей температур и деформаций деталей клапанного узла;

– применение бронзового сплава БрАЖ9-4 для производства направляющих втулок клапанов для тракторных дизелей, обладающего высокими антифрикционными характеристиками и существенно большим коэффициентом теплопроводности, по сравнению с серым чугуном, позволит существенно улучшить условия работы сопряжения клапан – направляющая втулка: существенно уменьшить максимальную температуру втулки, стабилизировать зазор в сопряжении по высоте направляющей втулки и возможно снизить расход масла на угар в клапанном механизме;

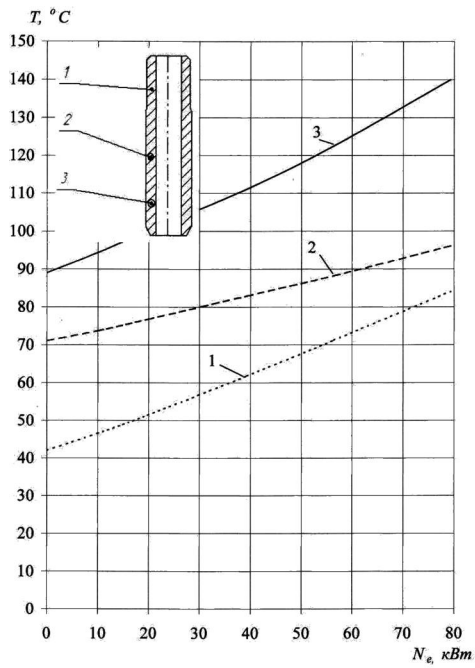


Рис. 4. Изменение температуры контрольных точек серийной втулки

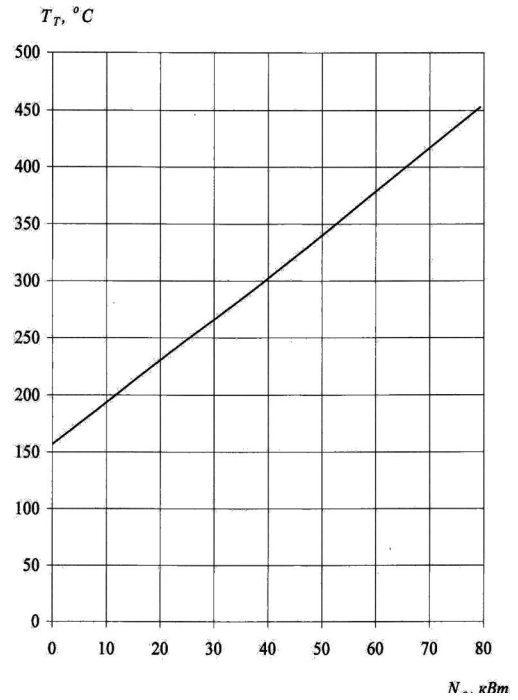


Рис. 5. Изменение температуры отработавших газов

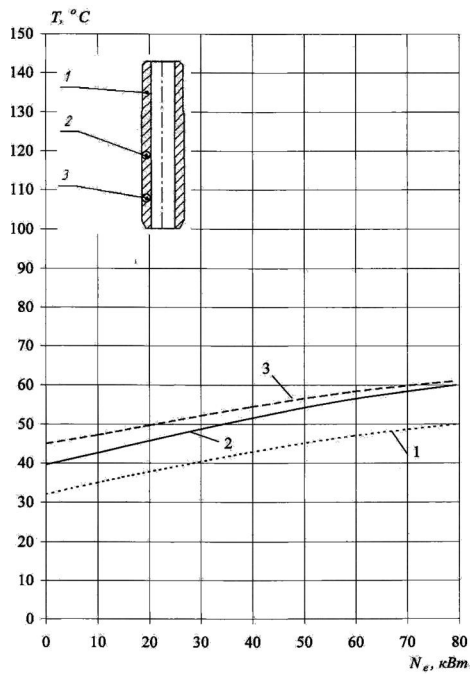


Рис. 6. Изменение температуры втулки из бронзового сплава БрАЖ9-4

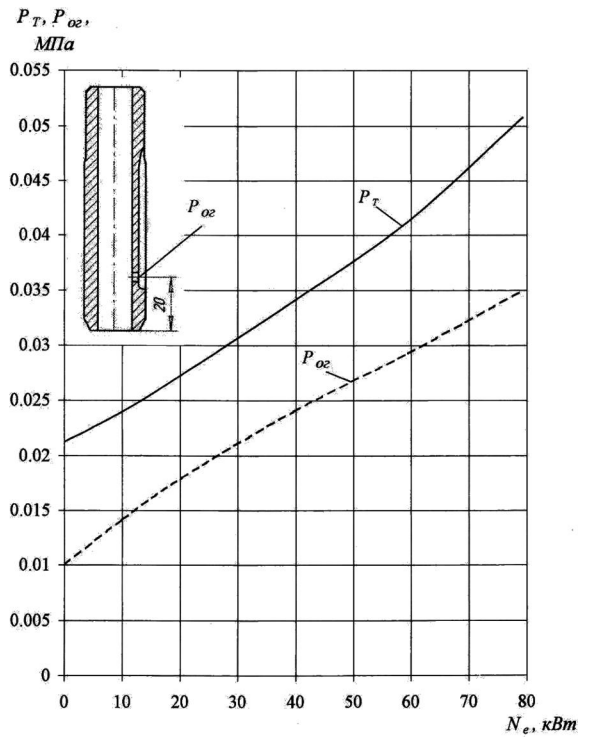


Рис. 7. Изменение давления отработавших газов в выпускном коллекторе P_T и зазоре клапан – втулка P_{oz} : диаметральный зазор $\delta = 0,18$ мм

– неизученным остается вопрос износостойкости втулок из бронзовых сплавов, но опыт применения бронзовых сплавов для производства втулок клапанов отечественными (КП Завод им. Малышева, ХКБД – дизели семейства ДТ) и зарубежными моторостроительными компаниями, например такими как Volkswagen и BMW дает основания сделать вывод о целесообразности замены серого чугуна на бронзовые сплавы.

Список литературы:

1. Розенблит Г.Б. Теплопередача в дизелях. – М.: Машиностроение, 1977. – 216 с.
2. Розенблит Г.Б. Особенности расчета и задания граничных условий при моделировании температурных полей в клапане и крышке цилиндра дизеля. / Двигателестроение. – 1982. – Вып. 9. – С. 21-24.
3. Дьяченко Н.Х. Теория двигателей внутреннего сгорания. – Л., 1974. – 552 с.
4. Юркевич В.В. Исследование условий работы пары клапан – направляющая втулка дизеля / Тракторы и сельхозмашины. – 1976. – Вып. 4. – С. 15-16.
5. Allan Mason-Jones. Design and Life Performance of Valve Stem Seals / SAE Techn. Pap. Ser. - 1999. - № 1999-01-0883.
6. Яманин А.И., Голубев Ю.В., Шилов С.М., Болдырев С.Н. Обеспечение достоверности и информативности расчетов напряженно-деформированного состояния деталей транспортных поршневых двигателей / Двигателестроение. – 2003.- Вып. 3. – С. 22-24.
7. Тринёв А.В., Авраменко А.Н. Актуальность исследования теплообменных процессов в сопряжении стержень клапана – направляющая втулка для быстроходных форсированных дизелей. //Вестник науки и техники / НТУ “ХПИ”, ООО “ХДНТ”. – Харьков: ООО “ХДНТ”, 2005. № 4 (23) С. 4 – 10.
8. Тринёв А.В., Косулин А.Г., Авраменко А.Н. Использование локального воздушного охлаждения клапанного узла для форсированных автотракторных дизелей. / Двигатели Внутреннего Сгорания. 2005. № 1. с. 75-80.
9. Григорьев И.С. Физические величины. Справочник. – М.: Энергоатомиздат., 1991. – 730 с.

УДК 621.43

А.П. Марченко, д-р техн. наук, А.А. Прохоренко, канд. техн. наук, Д.В. Мешков, инж.

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПЫТНОЙ ТОПЛИВНОЙ ФОРСУНКИ ТИПА COMMON RAIL БЫСТРОХОДНОГО ДИЗЕЛЯ

Введение

Введение с 1 января 2007 года на территории Украины современных экологических норм ЕВРО–II заставляет по иному взглянуть на процесс проектирования, изготовления и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Основным требованием данных норм является значительное снижение

выбросов вредных веществ с отработавшими газами (ОГ) ДВС.

В такой ситуации отечественный производитель должен особое внимание уделить вопросам электронного регулирования рабочего процесса дизелей. В настоящее время практически все ведущие мировые фирмы, которые специализируются на вы-