

АНАЛИЗ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ФОРСУНОК

ANALYSIS OF THE THERMAL STATE OF SPRAY NOZZLES

Алтухов С.В. — кандидат техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис и общинженерные дисциплины»
Шуханов С.Н. — доктор техн. наук, профессор кафедры «Техническое обеспечение АПК»

Иркутский государственный аграрный университет
им. А.А. Ежевского (ИрГАУ)
664038, Россия, Иркутская обл., пос. Молодежный, 1
E-mail:shuhanov56@mail.ru

Дизельные двигатели широко используют на автотракторной технике сельскохозяйственного назначения. Форсунка является важнейшим устройством системы питания дизеля. Анализ теплового состояния распылителей форсунок позволяет получить информацию о процессе их функционирования. Это дает основу для совершенствования систем двигателя внутреннего сгорания. Тепловое состояние распылителей форсунок в значительной степени влияет на их работоспособность и надежность, его можно оценить экспериментальным или расчетно-теоретическим способом. В связи с унификацией штифтовых и многоструйных распылителей применительно к вихрекамерному дизелю был проведен анализ их теплового состояния. Расчет позволил установить распределение температуры топлива при прохождении распылителя на установившемся режиме работы при номинальной нагрузке. Наибольшая расчетная температура носика распылителя при нормальных условиях окружающей среды была получена в интервале от 192 до 220 °С. При этом увеличение давления начала впрыскивания топлива с 13 до 17 МПа снижает температуру на 15–19 °С (с 215 до 198 °С). Топливо с меньшей плотностью существенно снижает расчетную температуру по всей длине распылителя за счет увеличения отвода тепла от корпуса распылителя в топливо. Так при давлении начала впрыскивания 15 МПа расчетная температура носика распылителя получена 212 °С для топлива с плотностью 850 кг/м³, и 199 °С для топлива с плотностью 810 кг/м³.

Ключевые слова: форсунка, анализ, дизельный двигатель, агропромышленный комплекс.

Введение

Инновационное развитие сельскохозяйственного производства предполагает создание технических средств и технологий механизации агропромышленного комплекса, отвечающих современным требованиям [1–4]. Особое значение придается автотракторному сопровождению сельского хозяйства. Наибольшее распространение в качестве источника энергии на современных тракторах и автомобилях, используемых на селе, нашли дизельные двигатели, успешное функционирование которых во многом зависит от качественной работы системы питания. В дизельных двигателях применяют штифтовые или многоструйные распылители форсунок в зависимости от способа смесеобразования и конструкции камеры сгорания. Большинство дизельных двигателей имеют неразделенную камеру сгорания с многоструйными распылителями форсунок. Реже применяют дизельные двигатели с разделенными камерами сгорания (вихрекамерные и предкамерные) со штифтовыми распылителями.

Методы исследования

Для изучения состояния вопроса использовали методы литературного обзора, патентного поиска и анализа полученных данных.

Altukhov S.V. — Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Department of Technical Service and General Engineering disciplines

Shukhanov S.N. — Doctor of Engineering Sciences, Professor at the Department of Engineering Support of Agroindustrial Complex

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky
Molodezhnyi 1, Irkutsk region 664038 Russia
E-mail:shuhanov56@mail.ru

Diesel engines have been widely used for motor-and-tractor equipment. A nozzle is the most important device of the diesel power supply system. Analysis of the thermal state of spray nozzles provides the information on the operation process. It provides a basis for improving the internal combustion engine systems. The thermal state of spray nozzles has a significant impact on the efficiency and reliability, it can be estimated by an experimental or theoretical calculation method. In relation to the unification of pintle and multi-jet nozzles regarding a swirl-chamber diesel, the analysis of the thermal state was conducted. The calculation determined the distribution of the fuel temperature during the passage of the sprayer in a steady state mode at the nominal load. The highest design temperature of the spray nozzle was 192–220 °C. At the same time an increase in the pressure of fuel injection from 13 to 17 MPa reduced the temperature by 15–19 °C (from 215 to 198 °C). Low-density fuel significantly reduced the design temperature along the entire length of the sprayer by increasing heat dissipation from the nozzle to the fuel. So, the design temperature at the injection pressure of 15 MPa was 212 °C for the fuel with the density of 850 kg/m³ and 199 °C for the fuel with the density of 810 kg/m³.

Keywords: nozzle, analysis, diesel engine, agroindustrial complex.

Результаты исследования

Тепловое состояние распылителей форсунок в значительной степени влияет на их работоспособность и надежность. Тепловое состояние распылителей можно оценить экспериментальным или расчетно-теоретическим способом.

В связи с унификацией штифтовых и многоструйных распылителей применительно к вихрекамерному дизелю был проведен анализ их теплового состояния. Анализ позволяет оценить тепловое состояние распылителя, а также распределение и направление тепловых потоков в корпусе распылителя и на его поверхности.

Метод конечных элементов (МКЭ) успешно применяется в настоящее время для решения таких задач и позволяет достичь достаточной точности расчета при условии точного и обоснованного определения граничных условий теплообмена. Граничные условия описывают тепловое взаимодействие распылителя с окружающей средой. Различают граничные условия четырех родов [5]. Граничные условия 1-го рода задают температуру на поверхности тела (распылителя). Граничные условия 2-го рода задают тепловой поток на поверхности. Граничные условия 3-го рода задают закон теплообмена на поверхности с окружающей средой, то есть темпе-

ратуру среды и коэффициент теплоотдачи. Граничные условия 4-го рода задаются на границе раздела двух твердых тел в виде удельного теплового потока, либо с помощью контактного термического сопротивления, величины обратной по смыслу коэффициенту теплоотдачи.

Иногда на отдельных участках поверхности задают граничные условия различных родов. В этом случае граничные условия будут смешанными.

В нашем расчетно-теоретическом анализе в основном используются граничные условия 3-го рода.

В связи с тем, что процессы теплообмена в ДВС являются периодическими, однако продолжительность периода невелика и тепловая инерционность деталей камеры сгорания значительна, принято для практических расчетов теплового потока и температурного состояния деталей камеры сгорания не учитывать внутрицикловые колебания температуры [6]. В этом случае тепловое состояние деталей на установившемся режиме работы можно считать квазистационарным [6].

На поверхности распылителя обращенной к камере сгорания задаются граничные условия 3-го рода. На внутренней поверхности распылителя, соприкасающейся с топливом, задаются граничные условия также 3-го рода. При этом на части внутренней поверхности долю времени цикла происходит контактный теплообмен между иглой и корпусом распылителя, а во время впрыскивания конвективный теплообмен между топливом и корпусом распылителя. Поэтому в целом граничные условия теплоотдачи будут смешанными. Существенное значение имеет теплообмен на поверхностях контакта корпуса распылителя с корпусом форсунки и крепежной гайкой. В этом случае можно задать граничные условия 1-го рода по величине экспериментально замеренной температуры.

■ ЛИТЕРАТУРА

1. Дондоков Д.Д. Элементы принципа системной дифференциации знаний [Текст] / Д.Д. Дондоков, С.Н. Шуханов // Вестник Бурятского университета. — 2003. — Серия 9, Физика и техника. — Вып. 2. — С.208–211.
2. Ханхасаев Г.Ф. Конструирование и расчет технологических и транспортирующих машин [Текст]: учебное пособие / Г.Ф. Ханхасаев, С.Н. Шуханов. — Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2007. — 187 с.
3. Арданов Ч.Е. Система электронного управления двигателя [Текст]: учебное пособие / Ч.Е. Арданов, С.Н. Шуханов. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2008. — 54 с.
4. Болоев П.А. Разработка ресурсосберегающих технологий эксплуатации и диагностики транспортных машин в условиях Восточной Сибири [Текст]: монография / П.А. Болоев, С.Н. Шуханов. Иркутск: Изд-во Иркутского национального исследовательского технического университета, 2016. — 148 с.
5. Костин А.К., Ларионов В.В., Михайлов Л.И. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания [Текст]: справочное пособие / А.К. Костин, В.В. Ларионов, Л.И. Михайлов. Л.: Машиностроение, 1979. — 224 с.
6. Розенблит Г.Б. Теплопередача в дизелях [Текст] / Г.Б. Розенблит. — Москва: Машиностроение, 1977. — 216 с.

Расчет позволил установить распределение температуры топлива при прохождении распылителя на установившемся режиме работы при номинальной нагрузке. Так при температуре топлива на входе в распылитель 82 °С температура топлива перед распыливающими отверстиями составила 99–105 °С. Подогрев топлива в распылителе составил 17–23 °С, при этом топливо с меньшей плотностью нагревается сильнее.

Наибольшая расчетная температура носика распылителя при нормальных условиях окружающей среды зависит от плотности топлива, давления начала впрыскивания и была получена в интервале от 192 °С до 220 °С. При этом увеличение давления начала впрыскивания топлива с 13 до 17 МПа снижает температуру на 15...19 °С (с 215 °С до 198 °С). Топливо с меньшей плотностью существенно снижает расчетную температуру по всей длине распылителя за счет увеличения отвода тепла от корпуса распылителя в топливо. Так при давлении начала впрыскивания 15 МПа расчетная температура носика распылителя получена 212 °С для топлива с плотностью 850 кг/м³, и 199 °С для топлива с плотностью 810 кг/м³.

Выводы

Наибольшая расчетная температура носика распылителя при нормальных условиях окружающей среды была получена в интервале от 192 °С до 220 °С. При этом увеличение давления начала впрыскивания топлива с 13 до 17 МПа снижает температуру на 15...19 °С (с 215 °С до 198 °С). Топливо с меньшей плотностью существенно снижает расчетную температуру по всей длине распылителя за счет увеличения отвода тепла от корпуса распылителя в топливо. Так при давлении начала впрыскивания 15 МПа расчетная температура носика распылителя получена 212 °С для топлива с плотностью 850 кг/м³, и 199 °С для топлива с плотностью 810 кг/м³.

■ REFERENCES

1. Dondokov D.D. Elements of the principle of systemic differentiation of knowledge [Text] / D.D. Dondokov, S.N. Shukhanov // Bulletin of the Buryat University. — 2003. — Series 9, Physics and Engineering. Vol. 2. P. 208–211.
2. Khanhasayev G.F. Designing and calculation of technological and transporting machines [Text]: textbook / G.F. Khankhasayev, S.N. Shukhanov. Ulan-Ude: Publishing house of the Buryat State University, 2007. 187 p.
3. Ardanov Ch.E. Electronic engine management system [Text]: a training manual / C.E. Ardanov, S.N. Shukhanov. Ulan-Ude: Publishing house of the Buryat State University, 2008. 54 p.
4. Boloev P.A. Development of resource-saving technologies for operation and diagnostics of transport vehicles in Eastern Siberia [Text]: monograph / P.A. Boloev, S.N. Shukhanov. Irkutsk: Publishing house of Irkutsk National Research Technical University, 2016. 148 p.
5. Kostin AK, Larionov VV, Mikhailov LI Heat stress of internal combustion engines [Text]: reference book / AK. Kostin, V.V. Larionov, LI Mikhailov. L.: Mechanical Engineering, 1979. 224 p.
6. Rosenblit G.B. Heat transfer in diesel engines [Text] / G.B. Rosenblit. — Moscow: Mechanical Engineering, 1977. 216 p.