

кого гос. ун-та. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2012г., № 3, С.46 -51.

4. Плошкин В.В. Материаловедение: учеб. пособие /В.В., Плошкин – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 463 с.

**УДК 621.436**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА АВТОМОБИЛЬНОГО  
ДИЗЕЛЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СМЕСЕЙ БУТАНОЛА  
С ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ**

**Г.М. Кухаренок, д.т.н., профессор, зав. кафедрой,  
А.Н. Петрученко, к.т.н., доцент**

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Развитие транспортной системы заостряет проблему снабжения транспортных двигателей недорогим, удовлетворяющим экологическим нормам топливом. Возможности расширения производства таких топлив за счет традиционных источников ограничены. В дизельных двигателях широко применяются смеси дизельного топлива с метиловым эфиром жирных кислот рапсового масла. Перспективным считается применение смесей дизельного топлива с бутиловым спиртом, который по своим физико-химическим свойствам наиболее близким к дизельному топливу.

Изменения показателей рабочего цикла при работе на смесевом топливе определяют либо экспериментально, что требует значительных затрат времени и материальных ресурсов, либо с помощью математической модели адекватно, описывающей процессы протекающие в двигателе и обеспечивающий требуемый результат при минимальных затратах.

Исследования проводились для дизельного двигателя 4ЧН 11×12,5 [1], работающего на смесевом топливе с различным количеством бутанола. Применяемая в двигателе РОГ обеспечивает выбросы окислов азота не выше норм устанавливаемых Евро-5. Расчет проводился для тринадцати режимов работы дизеля, на которых проводятся испытания. Максимальное количество бутанола в смесевом топливе достигало 30%.

Для определения индикаторных и экологических показателей дизеля использовались зависимости, приведенные в работах [2, 3]. РОГ оказывает влияние на величины: температуры конца впуска и коэффициента молекулярного изменения. Температура конца впуска находится из выражения [1]:

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r + \frac{\rho_p}{1 - \rho_p} \cdot T_{\text{рец}}}{1 + \gamma_r + \frac{\rho_p}{1 - \rho_p}} \quad (1)$$

где  $T_o$ ,  $\Delta T$ ,  $T_r$ ,  $T_{\text{рец}}$  – соответственно температуры окружающей среды, подогрева свежего заряда во впускных каналах трактах, остаточных и рециркулируемых газов;  $\gamma_r$  – коэффициент остаточных газов;  $\rho_p$  – степень рециркуляции.

Действительный коэффициент молекулярного изменения определяется по формуле:

$$\mu = \frac{\mu_o + \gamma_r + \frac{\rho_p}{1 - \rho_p} \cdot \mu_i}{1 + \gamma_r + \frac{\rho_p}{1 - \rho_p} \cdot \mu_i} \quad (2)$$

где  $\mu_o$  – теоретический коэффициент молекулярного изменения.

Для учета изменения элементного состава топливной смеси, учитываемого при расчете окислов азота, отношение количества атомов углерода к количеству атомов водорода будет определяться массовыми долями этих элементов в топливе и их атомными массами:

$$\gamma = \frac{1}{12} \cdot \frac{(1 - q_d) \cdot g_C + q_d \cdot g_C'}{(1 - q_d) \cdot g_H + q_d \cdot g_H'} \quad (3)$$

где  $q_d$  – доля топливной добавки;  $g_H$  и  $g_C$  – массовые доли соответственно водорода и углерода в топливе;  $g_H'$  и  $g_C'$  – массовые доли соответственно водорода и углерода в топливе добавке.

Результаты исследований при неизменной цикловой подаче топлива показывают, что содержание в смеси 5% бутанола практически не вызывает снижения мощности двигателя (менее 1%), при дальнейшем увеличении концентрации бутанола снижение мощности двигателя достигает 5...7% при работе на 30% смеси.

Экономичность двигателя ухудшается по мере роста содержания бутанола в смеси и если увеличение удельного индикаторного расхода топлива ( $g_i$ ) при работе на 5% смеси составляет менее 1,5 г/(кВт·ч), то при работе на 30% смеси рост этого показателя составляет 4...10%. Эти изменения обусловлены снижением теплотворности топливной смеси. Повышение концентрации бутанола в смеси приводит в рассматриваемых случаях к росту коэффициента избытка воздуха в среднем на 8...10%.

Динамические параметры процесса сгорания меняются незначительно (примерно на 2...4% для 30% смеси), для режимов В75, В50 13-ти ступенчатого экологического цикла ESC изменение максимального давления цикла менее 1%. Несмотря на незначительное изменение максимальных давления и температуры цикла выбросы окислов азота меняются в пределах 13...40% (большие значения для режима В75). Это обусловлено как снижением максимальных давления и температуры, так и изменением соотношения между количеством атомов углерода и водорода участвующих в реакциях горения.

На втором этапе исследований количество подаваемого топлива было переменным для достижения среднего индикаторного давления величины, соответствующей работе дизеля без бутанола.

По мере увеличения концентрации бутанола в смеси для поддержания заданного режима работы двигателя требуется повышать расхода топлива. Рост расхода топлива ведет к уменьшению коэффициента избытка воздуха. При выравнивании  $P_i$  коэффициент избытка воздуха становится практически равным коэффициенту при работе на дизельном топливе. В результате значения максимальных давления и температуры цикла практически не изменяются.

Увеличение расхода топлива для поддержания заданного нагрузочного режима ведет к снижению экономичности двигателя по мере роста содержания бутанола в смеси. Удельный индикаторный расход топлива для 30% смеси увеличивается на 7...9%.

Неоднозначно сказывается присутствие бутанола в смеси на выход окислов азота. При невысоких нагрузках (до 50% полной нагрузки) рост концентрации бутанола ведет к незначительному снижению окислов азота в отработавших газах для всех рассмотренных режимов и наоборот более высокие нагрузки ведут росту выбросов окислов азота. Несмотря на такое различие в выходах окислов азота средний интегральный показатель выхода этого токсичного компонента, определенный для 13-ти ступенчатого экологического цикла, увеличивается (примерно 1...1,5% на каждые 5% увеличения бутанола в смеси).

### **Выводы**

1. Усовершенствована математическая модель рабочего цикла, отличающаяся методикой определения температуры конца впуска, действительного коэффициента молекулярного изменения и отношения количества атомов углерода и водорода, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях, что дает возможность оценить влияние РОГ и элементного состава топлива на экономические, экологические и мощностные показатели дизеля.

2. Определены мощностные, экономические и экологические показатели дизеля, работающего по 13-ти ступенчатому циклу при применении

бутанола и смесевого топлива с различным содержанием бутанола, в результате установлено:

- по мере роста содержания бутанола в смеси мощность двигателя снижается, для поддержания работы дизеля на заданном нагрузочном режиме требуется увеличивать цикловую подачу топлива;
- расход топлива возрастает по мере увеличения концентрации бутанола;
- содержание окислов азота снижается на малых нагрузках, а при высоких – возрастает;
- интегральный показатель выхода окислов азота увеличивается на 1...1,5% на каждые 5% увеличения бутанола в смеси.

### Литература

1. Выполнить анализ и подготовить рекомендации по выбору регулируемой системы рециркуляции отработавших газов дизеля [электронный ресурс]: отчет о НИР (заключ.) / БНТУ; рук. Кухаренок Г.М.; исполн. Петрученко А.Н. - Мн., 2011. - 80 с. - Библиогр.: с. 78-80.

2. Кухарёнок, Г.М. Пусковые качества дизелей с аккумуляторной системой топливоподачи / Г.М. Кухарёнок, А.Н. Марчук, А.Н. Петрученко. – Минск: БНТУ, 2012. – 173 с.

3. Звонов, В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания [Текст]: В. А. Звонов. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.

УДК 624.138.2.678.063

## НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГРУНТА ПОД СЛЕДОМ КОЛЕСА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

**М.Я. Довжик, к.т.н., доцент, Б.Я. Татьянченко, к.т.н., доцент,  
А.А. Соларёв, аспирант**

*Сумский национальный аграрный университет, Украина*

Одной из современных проблем сельскохозяйственного производства является защита почвы от переуплотнения колёсами работающих на полях машин. Давление колес и гусениц уменьшает пористость земли, приводит к неравномерному распределению влаги, изменяет теплопроводность и в результате ухудшает ее плодородие. Поэтому изучение механических явлений в грунте, протекающих под тяжестью технических средств обработки, имеет большое практическое значение.

В данной работе сделана попытка решить задачу о распределении напряжений и изменении плотности грунта под колесами или гусеницами машин при допущении линейной зависимости между усилиями и деформациями.