

### Литература

1. Фирсов, И.П. Технология производства продукции растениеводства / Фирсов И.П. и др. – М.: Агропромиздат, 1989. – 432 с.

2. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат : пат. 15953 Респ. Беларусь, МПК А 01В 49/02 А 01В 63/114 / И.С. Крук и др.; заявитель Белорусск. гос. аграрн. техн. ун-т. - № а20100320 ; заявл. 05.03.2010 ; опубл. 30.10.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлект. уласцівасці. – 2011.– № 5.

### Abstract

*The efficiency of the use of additional devices in tillage arable units. The mechanism of fixing consoles on the frames energy facilities and plow, which allows you to change the magnitude of the impact of tillage on soil working bodies layers and provide the required quality of the process*

УДК 621. 435.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Н.А. Поздняков<sup>1</sup>, зав сектором, Т.А. Варфоломеева<sup>2</sup>, ст. преподаватель,  
<sup>1</sup>ОИМ НАН Беларуси, <sup>2</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

*Рассмотрены механизмы образования компонентов отработавших газов дизельных двигателей, описана модель рабочего процесса и образования вредных веществ в отработавших газах двигателя с системой их рециркуляции. Приведены результаты расчетных исследований и обоснованы оптимальные значения степени рециркуляции.*

### Введение

Современные тракторные дизели, оснащенные эффективными системами управления и регулирования параметров рабочего процесса имеют высокие массогабаритные показатели, показатели топливной экономичности, низкий уровень шума и вибрации. Учитывая, что на долю дизелей приходится более 30% суммарной установленной мощности транспортных и тяговых энергетических установок и более 25% их токсичных выбросов [5], применение дизелей в районах возделывания сельскохозяйственных культур оказывает отрицательное воздействие на экологическую обстановку, приводит к снижению урожайности культур и продуктивности сельскохозяйственных животных, ухудшению качества кормов.

### Основная часть

Перспективные экологические требования к дизельным двигателям грузовых автомобилей и внедорожной техники (Euro 4 и Euro 5), а так же тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин (Tier 3A, и в перспективе Tier 3B) предусматривают значительное снижение эмиссии оксидов азота ( $NO_x$ ) и твердых частиц (ТЧ). Например, стандарты по экологической безопасности Euro 5 предусматривают снижение выбросов  $NO_x$  примерно на 30%, а ТЧ – на 80% по сравнению с требованиями Euro 4.

С целью выполнения требований экологических стандартов производители дизельных двигателей вынуждены проводить исследования эффективности применения различных устройств, снижающих содержание оксидов азота в отработавших газах дизелей.

Наиболее широкое применение в настоящее время получили несколько видов устройств, снижающих эмиссию  $NO_x$ . Их можно разделить на три основные группы.

1. Использование каталитических нейтрализаторов вредных веществ в отработавших газах. Они устанавливаются в выпускной системе дизеля (перед глушителем). Нейтрализация вредных веществ происходит под действием катализатора (палладий, родий, платина). При этом оксиды азота восстанавливаются на безвредные азот и кислород. В большинстве случаев нейтрализаторы оказывают тройное действие (кроме восстановления  $NO_x$  каталитическое вещество способствует доокислению  $CO$  и  $CH$ ).

Недостатком такого способа снижения эмиссии является необходимость использования редкоземельных металлов. На долю каталитических нейтрализаторов приходится 35% мирового потребления платины, 45% палладия и 90% родия.

2. Система SCR (Selective Catalytic Reduction, что можно перевести как «селективный каталитический преобразователь»). Принцип действия системы SCR заключается в химической реакции аммиака (или чаще – мочевины) с окисью азота выхлопных газов, в результате которой образуются безвредные азот и водяной пар. Реагент, из-за своего синего цвета получивший название AdBlue, впрыскивается в выхлопную систему и смешивается с отработавшими газами.

Главный недостаток SCR – необходимость периодической заправки AdBlue. Бака на 10 л. хватает среднетоннажному автомобилю на 400...500 км.

3. Наиболее эффективной для использования в тракторных дизелях является система EGR (Exhaust-Gas Recirculation) – рециркуляции отработавших газов (рис. 1). Приведенная схема носит общепринятый характер и используется в настоящее время большинством производителей двигателей, и может отличаться конструкцией отдельных устройств.

Процесс рециркуляции представляет собой перепуск части (5...25%) охлажденных отработавших газов (ОГ) мимо турбины во впускной коллектор (после компрессора). Смешивание охлажденных отработавших газов с впускаемым воздухом снижает содержание кислорода в горючей смеси. В результате этого снижается температура сгорания, которая, в свою очередь, снижает образование окислов азота, уже во время процесса сгорания.

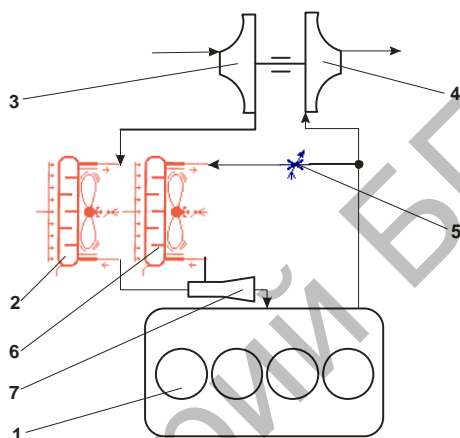


Рисунок 1 - Схема системы рециркуляции отработавших газов:

1 – двигатель; 2 – охладитель надувочного воздуха; 3 – компрессор; 4 – турбина; 5 – регулятор рециркуляции ОГ; 6 – охладитель рециркулирующих ОГ; 7 – сопло Вентури.

Оптимальное значение доли рециркулирующего газа (степени рециркуляции) зависит от режима работы двигателя, поэтому в системе предусмотрен регулятор 5. Смешивание ОГ и сжатого воздуха происходит в сопле Вентури 7. Иногда используются схемы отбора рециркулирующих ОГ после турбины, и смешивание их с воздухом перед компрессором

При моделировании образования оксидов, предполагается, что цилиндр разделен на две зоны: зону свежего заряда и зону сгоревшего газа. Зона свежего заряда состоит из воздуха, топлива и остаточных газов. Во время сгорания объем зоны сгоревших газов увеличивается. При расчете сгорания предполагается, что локальное значение коэффициента избытка воздуха линейно меняется от начального значения  $\alpha_0 < 1$  до 1. Текущее значение коэффициента избытка воздуха при сгорании  $\alpha$ , является функцией угла поворота коленчатого вала  $\varphi$ .

$$\alpha_i = \alpha_0 + \frac{1 - \alpha_0}{\varphi_z} \varphi,$$

где:  $\varphi_z$  – продолжительность сгорания по углу поворота коленчатого вала.

Возможности используемой методики:

- пошаговое вычисление равновесной концентрации компонентов продуктов сгорания для 18 компонентов в зоне сгоревших газов [1];
- кинетический способ расчета «термических» оксидов азота по цепному механизму Зельдовича [3].

В качестве объекта моделирования принят перспективный дизельный автомобильный двигатель мощностью 140 кВт производства Минского моторного завода. Технические параметры двигателя представлены в табл. 1.

Таблица 1. Технические данные двигателя

Наименование показателя	Значение
Расположение цилиндров	4L
Рабочий объем, л	4,75
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	110/125
Степень сжатия	17,5
Удельный расход топлива, г/кВт ч (г/л.с. ч)	210 (154)
Мощность, кВт (л.с.)	140 (190)
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	2300
Максимальный крутящий момент, Нм	681
Частота вращения при максимальном крутящем моменте, мин <sup>-1</sup>	1600
Масса, кг	500...540

Целью моделирования является определение уровня эмиссии вредных веществ и значений основных показателей двигателя при различных значениях степени рециркуляции отработавших газов на режимах работы, соответствующих внешней скоростной характеристике.

На двигателе используется аккумуляторная топливная система типа Common Rail с однофазным впрыском. Характеристика впрыска топлива, использованная при моделировании, представлена параметрически (рис. 2), и подбиралась, исходя из условия не превышения давления впрыска 180 МПа (1800 бар). Таким образом, требуемая цикловая доза топлива на каждом из скоростных режимов устанавливалась путем расчета продолжительности впрыска при заданной пропускной способности распылителя с учетом коэффициента расхода сопел.

В модели системы турбонаддува использовалась таблично заданная характеристика нерегулируемого турбокомпрессора CZ. Охлаждение наддувочного воздуха и перепускаемых газов осуществляется при помощи воз-

духо-воздушных охладителей с температурой охлаждающего воздуха, равной температуре окружающей среды. Термическая эффективность охладителей принята равной 0,75, потери давления в охладителе надувочного воздуха – 0,005 МПа, а в охладителе перепускаемых газов – 0,002 МПа.

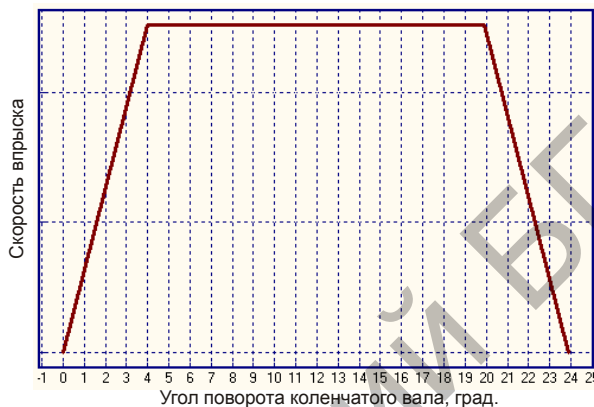


Рисунок 2 - Дифференциальная характеристика впрыска топлива.

Процессы расчета смесеобразования и сгорания в цилиндре выполнялись с использованием методики и моделей А.С. Кулешова и Л.В. Грехова [3].

Основные параметры и константы используемой модели представлены в табл. 2. Мощностные и экономические показатели двигателя, а так же показатели рабочего процесса на моделируемых скоростных режимах без перепуска ОГ представлены в табл. 3.

Таблица 2. Параметры моделирования рабочего процесса

Параметры	Скоростные режимы, мин <sup>-1</sup>				
	2300	2200	2000	1800	1600
Давление впрыска, МПа	180				
Цикловая доза топлива, г	0,1011	0,1048	0,1094	0,1094	0,1121
Продолжительность впрыска, град. п.к.в.	24	23,8	22,8	20,7	19,6
Угол начала опережения впрыска, град. до ВМТ	10	9	9	8	8
Степень повышения давления в компрессоре	2,35	2,45	2,45	2,5	2,6
КПД турбокомпрессора	0,555	0,552	0,554	0,550	0,642

Таблица 3. Расчетные показатели двигателя

Параметры	Скоростные режимы, мин <sup>-1</sup>				
	2300	2200	2000	1800	1600
Эффективная мощность, кВт	139,0	138,8	133,1	120,3	114,1
Удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч)	200,8	199,3	197,3	196,3	199,2
Среднее индикаторное давление, Мпа	1,763	1,817	1,891	1,887	1,910
Давление наддува (перед впускным коллектором), Мпа	0,225	0,231	0,235	0,240	0,251
Коэффициент избытка воздуха	1,90	1,84	1,82	1,85	1,84
Коэффициент наполнения	0,96	0,96	0,96	0,96	0,94
Коэффициент остаточных газов	0,028	0,027	0,027	0,028	0,031
Максимальное давление цикла, МПа	17,5	17,3	18,5	18,8	19,2
Эмиссия NO <sub>x</sub> (приведенная к NO <sub>2</sub> ), г/(кВт·ч)	11,1	10,7	11,87	12,52	14,4
Эмиссия твердых частиц, г/(кВт·ч)	0,50·10 <sup>-3</sup>	0,66·10 <sup>-3</sup>	0,74·10 <sup>-3</sup>	0,75·10 <sup>-3</sup>	0,81·10 <sup>-3</sup>
Дымность (по шкале Bosch)	0,0074	0,0098	0,0108	0,0144	0,0155

### Заключение

Моделирование рабочего процесса дизельного двигателя с учетом описания механизма образования оксидов азота позволяет с достаточной степенью точности оценить выбросы вредных веществ на стадии предварительного проектирования. Рециркуляция отработавших газов позволяет в значительной степени снизить концентрацию оксидов азота в отработавших газах. Оптимальное значение степени рециркуляции отработавших газов для четырехцилиндрового двигателя производства ММЗ мощностью 140 кВт для выполнения экологических норм Евро-4 составляет 9,5...11,4% в зависимости от скоростного режима работы, а для норм Евро-5 – соответственно 13...14,7%.

### Литература

1. Разлейцев Н.Ф. Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях. -Харьков: Вища школа, 1980. -169 с.
2. Звонов В.А.Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1973, 200 с.
3. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Наука, 1966, 686 с.

4. Кулешов А.С., Грехов Л.В. Математическое моделирование и компьютерная оптимизация топливоподачи и рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания. М.: МГТУ, 2000. - 64 с.

5. Alkidas A.C. Relationship between smoke measurements and particulate measurements. // SAE Techn. Pap. Ser., 1984, N 840412, 9p.

6. Muntean G.G. A theoretical model for the correlation of smoke number to dry particulate concentration in diesel exhaust // SAE paper. – 1999. - No 1999-01-0515. – 9 p.

#### **Abstract**

*The mechanisms of the components of exhaust gases of diesel engines, work-flow model is described and the formation of harmful substances in the exhaust gases of the engine system with recycling. The results of computational studies and proved the optimal values of the recycling.*

УДК 631.53.02:633.15

### **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАБОТЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ИНКРУСТИРУЮЩЕГО РАСТВОРА НА СЕМЕННОЙ МАТЕРИАЛ**

**Н.Н. Романюк<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Б.М. Астрахан<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Т.М. Шмат<sup>2</sup>, ассистент**

<sup>1</sup> УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, <sup>2</sup> УО «Мозырский государственный педагогический университет им. И.П.Шамякина», г. Мозырь, Республика Беларусь

*Несоблюдение технологии протравливания семян приводит к значительным потерям урожая и снижению качества зерна. Предлагаемое дозирующее устройство позволяет обрабатывать семена кукурузы инкрустирующими растворами. Обеспечивает равномерное распределение обрабатываемого семенного материала по периферии распределителя и однородность кольцевого потока семян, сходящих с распределителя.*

#### **Введение**

Современные тенденции развития сельского хозяйства показывают, что все большую значимость в получении высоких урожаев занимают комплексные мероприятия по интегрированной защите растений от вредителей, болезней и сорняков. Среди них особое место занимают мероприятия по протравливанию семян, которые обеспечивают повышение урожайно-