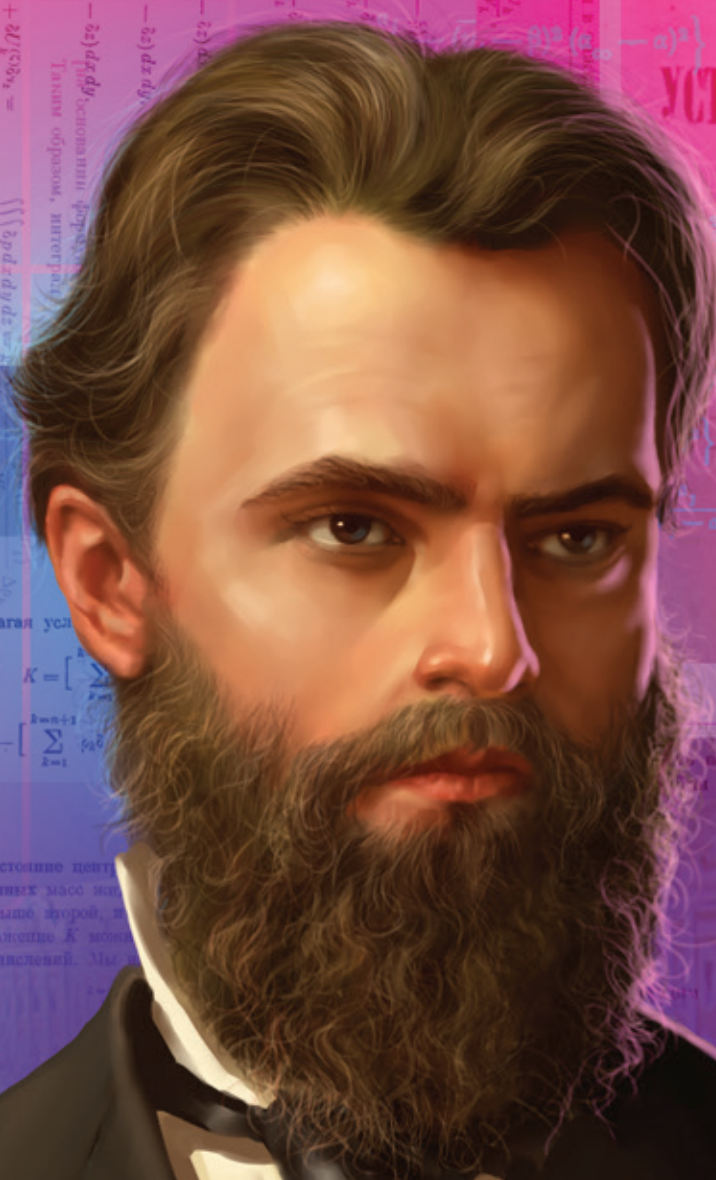


МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

Учёный

ежемесячный научный журнал



ОБЩАЯ ЗАДАЧА

УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ.

ОБ ОДНОМ ТРАНСЦЕНДЕНТНОМ УРАВНЕНИИ И О ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЯХ ВТОРОГО ПОРЯДКА С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Comptes rendus de l'Academie des sciences, Paris, 1899, t. CXXVIII, p. 1073-1076.
В моей предыдущей заметке (Comptes Rendus, 1899, 10 августа) я привела некоторые предложения о корнях уравнения

$$y'' + p_1 y' + p_2 y = q_1 \cos \omega t + q_2 \sin \omega t$$

и показала, что если p_1, p_2, q_1, q_2 — функции t с периодом ω , то уравнение имеет решение $y = Y \cos \omega t + Z \sin \omega t$, где Y, Z — функции t с периодом ω .

Эти предложения относятся к тому случаю, когда функции p_1, p_2, q_1, q_2 не меняют знака. Теперь я хочу сообщить некоторые предложения, относящиеся к более общему случаю, когда функции p_1, p_2, q_1, q_2 могут менять знак.

Пусть ω — период функции $p(x)$, а α и β — два каких-либо числа и $\Phi(x, y, z)$ — решение уравнения (2), обращающееся в нуль при $x = \alpha$, но не равное нулю тождественно. Рассмотрим

$$\Phi(\beta, \alpha, \alpha) = \Phi(\alpha, \beta, \alpha) = \Phi(\alpha, \alpha, \beta) = 0$$

и рассмотрим Φ применительно к неизвестным y, z . Мы приходим к случаю, когда Φ — величина существенно положительная, каковы бы ни были значения y, z этого уравнения.

При единственном исключении, когда $\Phi(x)$ равна тождественно нулю на промежутке (a, b) , это уравнение допускает бесчисленное множество решений, и все они будут вещественными. Если $\Phi(x)$ не равна нулю тождественно на промежутке (a, b) , то уравнение допускает бесчисленное множество положительных и бесчисленное множество отрицательных решений. Последний случай обозначим через

$$\sum_{k=1}^{n-1} \frac{W_k}{W_k - a_k} a_k (y_k - \beta) \Delta \rho_k = 0$$

$$\sum_{k=1}^{n-1} \frac{W_k}{W_k - a_k} a_k (y_k - \beta) \Delta \rho_k = 0$$

$$\frac{\partial^2 W_{n+2}}{\partial x^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 W_{n+2}}{\partial y^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 W_{n+2}}{\partial z^2} = 0,$$

$$(n+1) \left(x \frac{\partial U_n}{\partial x} + A \frac{\partial U_n}{\partial A} \right) = 0,$$

$$(n+1) \left(y \frac{\partial U_n}{\partial y} + B \frac{\partial U_n}{\partial B} \right) = 0,$$

$$(n+1) \left(z \frac{\partial U_n}{\partial z} + C \frac{\partial U_n}{\partial C} \right) = 0,$$

$(\forall \epsilon > 0)(\forall t_0 \in I)(\exists \delta(t_0, \epsilon) > 0)(\forall x_0 \in B_{\delta(t_0, \epsilon)})(\forall t \geq t_0, t \in J^+) \Rightarrow (\|x(t, t_0, x_0)\| < \epsilon)$
 $(\exists \epsilon > 0)(\exists t_0 \in I)(\forall \delta > 0)(\exists x_0 \in B_{\delta})(\exists t_* \geq t_0, t_* \in J^+) \Rightarrow (\|x(t_*, t_0, x_0)\| \geq \epsilon)$

15
2015
Часть II

$$A \frac{\partial U_n}{\partial A} = U_n + \int \xi \frac{\partial r^{n-1}}{\partial \xi} d\xi = U_n + \int \xi r^{n-1} d\xi = x U_n$$
$$U_n^0 = \frac{2}{n-2} \int_0^{\pi} \int_0^{\pi} \int_0^{\pi} \sin^2 \theta \sin^2 \psi + \frac{\cos^2 \theta}{\beta^2}$$
$$p = \frac{\sin^2 \theta \cos^2 \psi}{r^3} + \frac{\sin^2 \theta \sin^2 \psi}{\beta^2} + \frac{\cos^2 \theta}{\beta^2}$$

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 15 (95) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Ахметова Галия Дуфаровна, *доктор филологических наук*

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Каленский Александр Васильевич, *доктор физико-математических наук*

Куташов Вячеслав Анатольевич, *доктор медицинских наук*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Сараева Надежда Михайловна, *доктор психологических наук*

Авдеюк Оксана Алексеевна, *кандидат технических наук*

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, *кандидат географических наук*

Алиева Тарана Ибрагим кызы, *кандидат химических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Брезгин Вячеслав Сергеевич, *кандидат экономических наук*

Данилов Олег Евгеньевич, *кандидат педагогических наук*

Дёмин Александр Викторович, *кандидат биологических наук*

Дядюн Кристина Владимировна, *кандидат юридических наук*

Желнова Кристина Владимировна, *кандидат экономических наук*

Жуйкова Тамара Павловна, *кандидат педагогических наук*

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, *кандидат педагогических наук*

Игнатова Мария Александровна, *кандидат искусствоведения*

Коварда Владимир Васильевич, *кандидат физико-математических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Кузьмина Виолетта Михайловна, *кандидат исторических наук, кандидат психологических наук*

Кучерявенко Светлана Алексеевна, *кандидат экономических наук*

Лескова Екатерина Викторовна, *кандидат физико-математических наук*

Макеева Ирина Александровна, *кандидат педагогических наук*

Матроскина Татьяна Викторовна, *кандидат экономических наук*

Матусевич Марина Степановна, *кандидат педагогических наук*

Мусаева Ума Алиевна, *кандидат технических наук*

Насимов Мурат Орленбаевич, *кандидат политических наук*

Прончев Геннадий Борисович, *кандидат физико-математических наук*

Семахин Андрей Михайлович, *кандидат технических наук*

Сенцов Аркадий Эдуардович, *кандидат политических наук*

Сенюшкин Николай Сергеевич, *кандидат технических наук*

Титова Елена Ивановна, *кандидат педагогических наук*

Ткаченко Ирина Георгиевна, *кандидат филологических наук*

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, *кандидат химических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

Ячинова Светлана Николаевна, *кандидат педагогических наук*

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231. E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 26.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

Ответственные редакторы:

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)

Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)

Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)

Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)

Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)

Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)

Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)

Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)

Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)

Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмуратович, кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)

Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)

Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)

Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)

Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)

Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)

Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Узаков Гулом Норбоевич, кандидат технических наук, доцент (Узбекистан)

Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)

Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)

Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Бурьянов Павел Яковлевич

На обложке изображен Александр Михайлович Ляпунов (1857–1918) — русский математик и механик, академик Петербургской Академии наук.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Лопатин О. П.**
Эффективные нагрузочные характеристики газодизеля при работе с рециркуляцией на номинальном режиме 125
- Лопатин О. П.**
Влияние степени рециркуляции на показатели процесса сгорания тракторного дизеля 128
- Лопатин О. П.**
Оценка эффективности применения регулируемой рециркуляции в газодизеле 131
- Мокроусов В. И.**
Формовка плоской стальной заготовки на трубном прессе 133
- Огнева О. А., Пономаренко Л. В., Коваленко М. П.**
Исследование функциональной активности фруктового и овощного сырья в качестве компонентов комбинированных продуктов 137
- Огнева О. А., Пономаренко Л. В., Коваленко М. П.**
Мембранные методы переработки молочной сыворотки 140
- Огнева О. А., Пономаренко Л. В., Коваленко М. П.**
Пектин как полифункциональная добавка при производстве молочных продуктов 144
- Панов Д. К., Патиева С. В.**
Накопление биогенных аминов при производстве сырокопченых и сыровяленых колбас 147
- Поезжаева Е. В., Юртаев Р. И., Чудинов В. А.**
Идентификация геометрических параметров роботов 150
- Россохин А. В.**
Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ 152
- Россохин А. В.**
Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от установочного УОВТ 154
- Россохин А. В.**
Результаты исследований влияния применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от установочного УОВТ 157
- Россохин А. В.**
Влияние применения этанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от установочного УОВТ 159
- Россохин А. В.**
Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала 163
- Россохин А. В.**
Влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки 165
- Россохин А. В.**
Показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на дизельном топливе и этанола-топливной эмульсии в зависимости от угла поворота коленчатого вала 168

Россохин А. В. Результаты исследований влияния применения этанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и сажевого содержания в цилиндре и отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки 171	Темников А. В., Коваленко М. П. Оценка свекловичного пектина в качестве студнеобразователя 192
Скрябин М. Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на номинальной частоте вращения..... 174	Ульянов А. В. Камера соляного тумана для испытания лакокрасочных материалов (ЛКМ) 196
Скрябин М. Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на частоте вращения максимального крутящего момента..... 177	Чувашев А. Н. Мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения 199
Скрябин М. Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при работе на номинальной частоте вращения..... 179	Чувашев А. Н. Мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на режиме максимального крутящего момента..... 202
Скрябин М. Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при работе на частоте вращения максимального крутящего момента..... 182	Чувашев А. Н. Мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения 205
Скрябин М. Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 23^\circ$ 185	Чувашев А. Н. Экологические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки..... 208
Скрябин М. Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 26^\circ$ 188	Чувашев А. Н. Экологические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на режиме максимального крутящего момента..... 211
Сурков В. О. Анализ методов диагностирования, используемых в навигационных системах подвижных объектов 190	Чувашев А. Н. Экологические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения 214
	Чувашев А. Н. Выводы и рекомендации по поводу использования метанола с ДСТ в качестве моторного топлива в дизеле 2Ч 10,5/12,0 217
	Чувашев А. Н. Методика исследования рабочего процесса дизеля воздушного охлаждения при работе на метаноле с использованием ДСТ..... 219
	Шинкин В. Н. Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном несплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб ... 222

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Эффективные нагрузочные характеристики газодизеля при работе с рециркуляцией на номинальном режиме

Лопатин Олег Петрович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

Зависимости эффективных показателей работы газодизеля 4Ч 11,0/12,5 по дизельному, газодизельному и газодизельному с рециркуляцией отработавших газов (РОГ) процессам на углах опережения впрыскивания топлива (УОВТ) 23 (оптимальном для газодизельного процесса) и 26 (оптимальном для дизельного процесса) градусов в зависимости от изменения нагрузки представлены на рис. 1 [1–9].

Применение РОГ на газодизельном процессе приводит к росту удельного эффективного расхода топлива [10–14]. Причем, при малом эффективном давлении в диапазоне изменения нагрузки от 0,13 до 0,26 МПа удельный эффективный расхода топлива, например, при работе с 20%-ной

РОГ, возрастает на 2,3%, тогда как при номинальной нагрузке g_e выше на 6,6% газодизельного процесса, но ниже на 10,1% дизельного процесса. Применение 40%-ной РОГ в диапазоне изменения нагрузки от 0,13 до 0,26 МПа приводит к росту g_e на 3,5%. Снижение же степени рециркуляции до 10% на номинальном режиме приводит к росту g_e всего на 2,8% относительно газодизельного процесса, что на 13,5% ниже дизельного процесса [15–20]. Эффективный кпд при работе на газе с 40%-ной РОГ в диапазоне изменения нагрузки от 0,13 до 0,26 МПа снижается на 3,0...3,5% относительно чисто газодизельного процесса. При работе на номинальной нагрузке с 20%-ной РОГ η_e ниже на 6,6%. Снижение же степени рецирку-

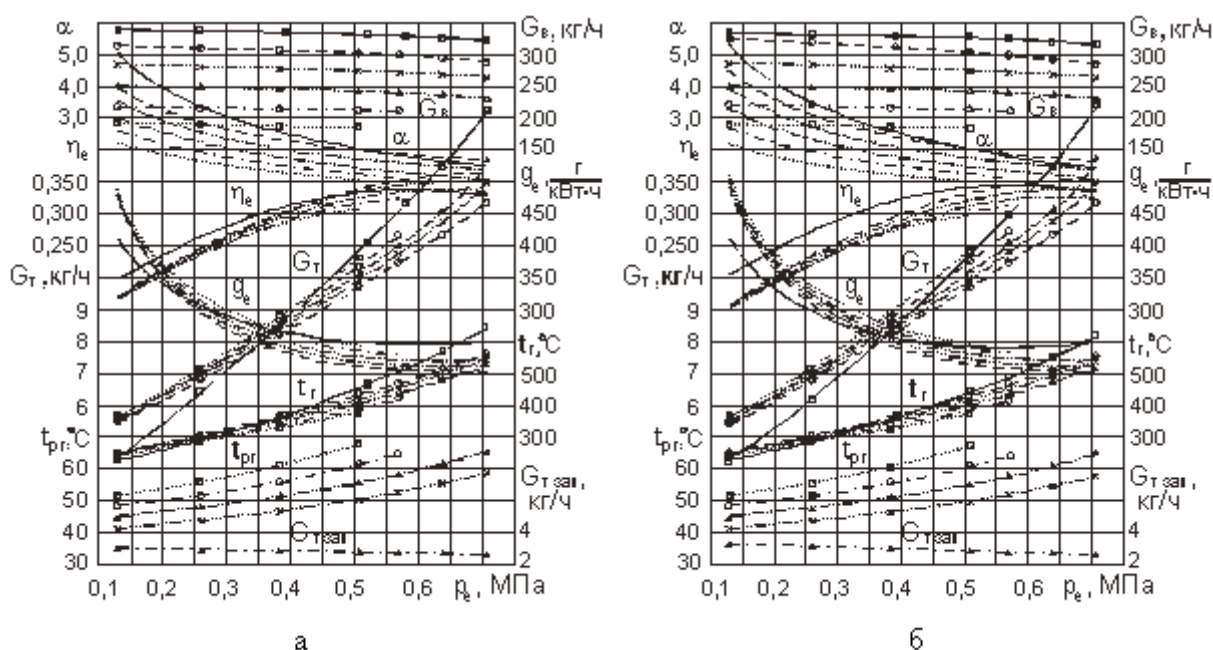


Рис. 1. Влияние применения природного газа и РОГ на эффективные показатели работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$: а — $\Theta_{впр} = 23^\circ$; б — $\Theta_{впр} = 26^\circ$; \square — дизельный процесс; \circ — газодизельный процесс; \times — рециркуляция 10%; Δ — рециркуляция 20%; \circ — рециркуляция 30%; \square — рециркуляция 40%; Δ — расход запального ДТ

ляции до 10% на номинальном режиме приводит к снижению ϵ на 3,0% относительно газодизельного процесса, что на 4,2% выше дизельного процесса [21–29]. Часовой расход топлива на номинальном режиме при работе на газе с 20%-ной РОГ увеличивается на 6,4%, при работе с 10%-ной РОГ увеличивается на 2,7%, что ниже на 12,5% дизельного процесса [30–36].

Температура ОГ при работе с РОГ снижается незначительно на больших нагрузках с увеличением степени РОГ. Расход воздуха снижается пропорционально количеству

присаженных во впускной коллектор ОГ. Температура рециркулируемых ОГ увеличивается с увеличением степени рециркуляции и во всём диапазоне изменения нагрузок при степени рециркуляции $\rho = 40\%$ не превышает 68°C. Рост удельного эффективного расхода топлива и снижение эффективного КПД при работе на газодизельном процессе с РОГ относительно чисто газодизельного процесса связаны с ухудшением процесса сгорания в результате ограниченности необходимого количества воздуха для окисления топлива [37–40].

Литература:

1. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–229.
2. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–232.
3. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–235.
4. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–238.
5. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–241.
6. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 117–120.
7. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 120–123.
8. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.
9. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 125–128.
10. Анфилатов, А. А. Индексирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 128–131.
11. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 134–136.
12. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 136–139.
13. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 73–76.
14. Анфилатов, А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 76–79.
15. Анфилатов, А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 79–82.
16. Анфилатов, А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 82–85.
17. Анфилатов, А. А. Мощностные и экономические показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 85–87.
18. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
19. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.
20. Скрябин, М. Л. Разработка программы стендовых исследований газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 53–55.

21. Скрябин, М.Л. Особенности горения капли дизельного топлива в турбулентном потоке метано-воздушной смеси в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 56–59.
22. Скрябин, М.Л. Исследование мощностных и экономических показателей газодизеля с промежуточным охлаждением надувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 59–62.
23. Скрябин, М.Л. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на экологические показатели газодизеля с промежуточным охлаждением надувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 62–65.
24. Скрябин, М.Л. Снижение дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 430–433.
25. Скрябин, М.Л. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 433–436.
26. Скрябин, М.Л. Влияние установочного угла опережения впрыскивания топлива на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 436–439.
27. Скрябин, М.Л. Влияние применения метано-топливной эмульсии на содержание оксидов азота в отработавших газах 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 439–442.
28. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола на дымность отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 445–448.
29. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажеобразования // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 442–445.
30. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на общую токсичность дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 323–326.
31. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на частоте вращения максимального крутящего момента // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 312–314.
32. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 320–323.
33. Скрябин, М.Л. Особенности расчета констант скорости реакций термической диссоциации в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 303–306.
34. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/Санкт-Петербург, 1999.
35. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Киров, 1999.
36. Лиханов, В.А., Фоминых А.В., Копчиков В.Н. Работа дизеля на метаноле и рапсовом масле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 1. с. 3–5.
37. Лиханов, В.А., Копчиков В.Н., Фоминых А.В. Влияние углов опережения метанола и метилового эфира рапсового масла на образование оксидов азота в цилиндре дизеля // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 3 (45). с. 51–54.
38. Лиханов, В.А., Полевщиков А.С. Определение оптимальных углов опережения впрыскивания топлив при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 5 (41). с. 62–64.
39. Лиханов, В.А., Полевщиков А.С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.
40. Исследование рабочих процессов в цилиндре газодизеля 4Ч 11,0/12,5. Монография/В.А. Лиханов [и др.]; под общ. ред. В.А. Лиханова. Киров, 2004.

Влияние степени рециркуляции на показатели процесса сгорания тракторного дизеля

Лопатин Олег Петрович, кандидат технических наук, доцент
 Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

Показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 на установочных углах опережения впрыскивания топлива 23 и 26 градусов и частоте вращения 2200 мин⁻¹ в зависимости от изменения степени рециркуляции отра-

ботавших газов (РОГ) представлены на рис. 1 [1–9].

Из графиков видно, что с увеличением степени РОГ происходит снижение максимальной температуры цикла, максимального давления газов, степени повышения давления, степени повышения давления, степени повышения давления,

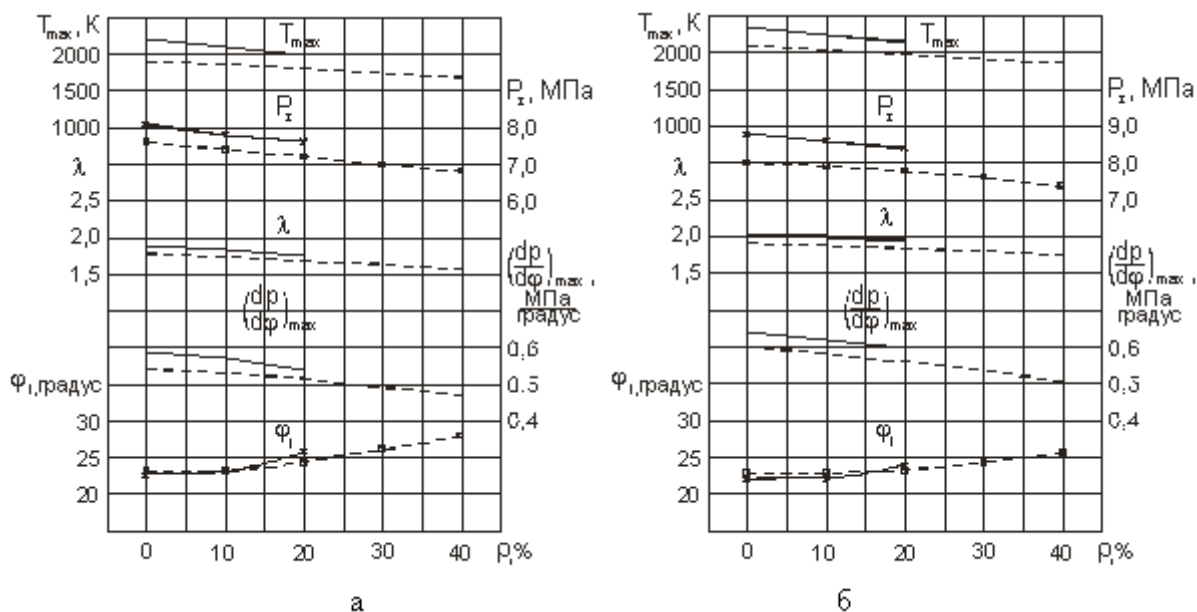


Рис. 1. Показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения степени РОГ при n = 2200 мин⁻¹: а — $\Theta_{впр} = 23$ градуса; б — $\Theta_{впр} = 26$ градусов; \times — $p_e = 0,63$ МПа; \square — $p_e = 0,51$ МПа

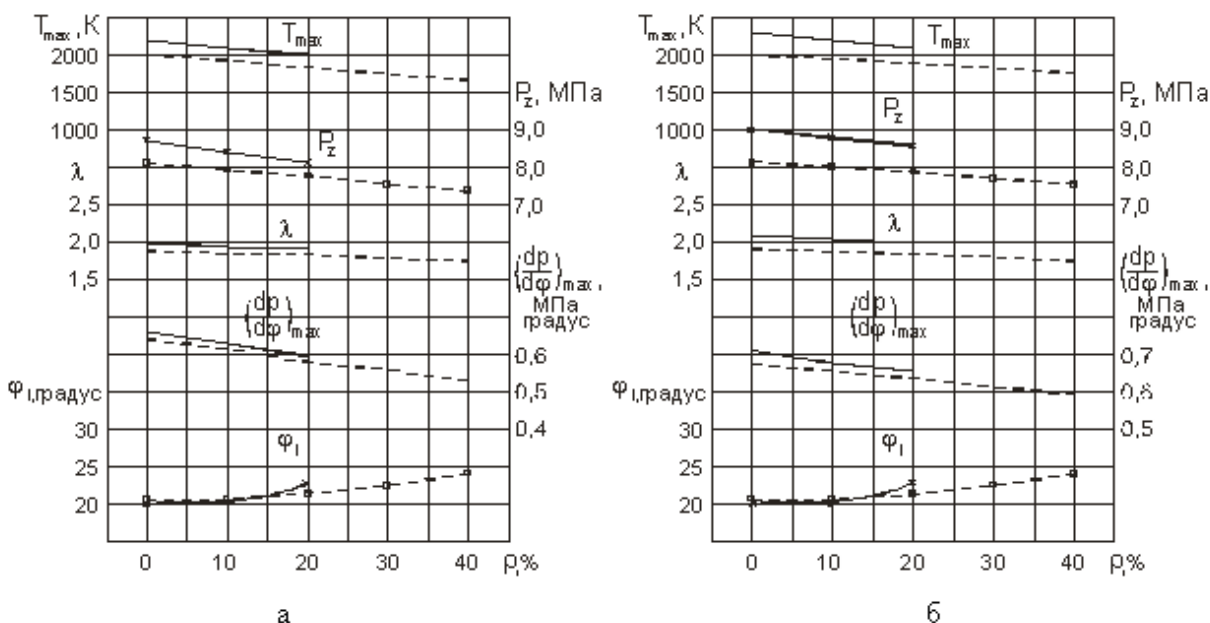


Рис. 2. Показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения степени РОГ при n = 1700 мин⁻¹: а — $\Theta_{впр} = 23$ градуса; б — $\Theta_{впр} = 26$ градусов; \times — $p_e = 0,69$ МПа; \square — $p_e = 0,51$ МПа

жесткости процесса сгорания и повышение угла, соответствующего периоду задержки воспламенения [10–17]. Так, применение 40%-ной РОГ при $\Theta_{\text{впр}} = 23$ градуса и $p_e = 0,51$ МПа приводит к снижению максимальной температуры цикла на 200°C , максимального давления газов и степени повышения давления на $9,2\%$, жесткости процесса сгорания на 13% и повышение периода задержки воспламенения на 5 градусов поворота коленчатого вала [18–25].

Показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 на установочных углах опережения впрыскивания топлива

23 и 26 градусов и частоте вращения 1700 мин^{-1} в зависимости от изменения степени РОГ представлены на рис. 2 [26–32].

Из графиков видно, что закономерности изменения кривых показателей процесса сгорания при частоте вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ аналогичны закономерностям при $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ [33–40].

Представленные кривые положительно характеризуют процесс сгорания в дизеле 4Ч 11,0/12,5 при работе его с РОГ.

Литература:

1. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–229.
2. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–232.
3. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–235.
4. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–238.
5. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–241.
6. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 117–120.
7. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 120–123.
8. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.
9. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 125–128.
10. Анфилатов, А. А. Индексирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 128–131.
11. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 134–136.
12. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 136–139.
13. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 73–76.
14. Анфилатов, А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 76–79.
15. Анфилатов, А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 79–82.
16. Анфилатов, А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 82–85.
17. Анфилатов, А. А. Мощностные и экономические показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 85–87.
18. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
19. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.
20. Скрябин, М. Л. Разработка программы стендовых исследований газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 53–55.

21. Скрябин, М.Л. Особенности горения капли дизельного топлива в турбулентном потоке метано-воздушной смеси в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 56–59.
22. Скрябин, М.Л. Исследование мощностных и экономических показателей газодизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 59–62.
23. Скрябин, М.Л. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на экологические показатели газодизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 62–65.
24. Скрябин, М.Л. Снижение дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 430–433.
25. Скрябин, М.Л. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 433–436.
26. Скрябин, М.Л. Влияние установочного угла опережения впрыскивания топлива на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 436–439.
27. Скрябин, М.Л. Влияние применения метано-топливной эмульсии на содержание оксидов азота в отработавших газах 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 439–442.
28. Скрябин, М.Л. Влияние применение метанола на дымность отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 445–448.
29. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажеосодержания // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 442–445.
30. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на общую токсичность дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 323–326.
31. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на частоте вращения максимального крутящего момента // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 312–314.
32. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 320–323.
33. Скрябин, М.Л. Особенности расчета констант скорости реакций термической диссоциации в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 303–306.
34. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/Санкт-Петербург, 1999.
35. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Киров, 1999.
36. Лиханов, В.А., Фоминых А.В., Копчиков В.Н. Работа дизеля на метаноле и рапсовом масле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 1. с. 3–5.
37. Лиханов, В.А., Копчиков В.Н., Фоминых А.В. Влияние углов опережения метанола и метилового эфира рапсового масла на образование оксидов азота в цилиндре дизеля // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 3 (45). с. 51–54.
38. Лиханов, В.А., Полевщиков А.С. Определение оптимальных углов опережения впрыскивания топлив при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 5 (41). с. 62–64.
39. Лиханов, В.А., Полевщиков А.С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.
40. Исследование рабочих процессов в цилиндре газодизеля 4Ч 11,0/12,5. Монография/В.А. Лиханов [и др.]; под общ. ред. В.А. Лиханова. Киров, 2004.

Оценка эффективности применения регулируемой рециркуляции в газодизеле

Лопатин Олег Петрович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской государственной сельскохозяйственной академии осуществлена разработка модификации дизеля 4Ч 11,0/12,5 для работы на природном газе с рециркуляцией отработавших газов (РОГ). Разработка модификации дизеля предусматривала в первую очередь снижение токсичности ОГ и улучшение эффективных при сохранении мощностных показателей работы двигателя [1–9].

Влияние применения природного газа и регулируемой РОГ на мощностные и экономические показатели, показатели токсичности и дымности ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{\text{впр}} = 23$ градуса представлено на рис. 1 [10–17].

Значения эффективного коэффициента полезного действия при работе по газодизельному с РОГ процессу (рис. 1, а) выше во всем диапазоне изменения частоты вращения коленчатого вала на 1,0...2,0% дизель-

ного процесса [18–26]. Из графиков (рис. 1, б) следует, что на всех скоростных режимах при работе по газодизельному с регулируемой РОГ процессу происходит снижение оксида, диоксида углерода и дымности ОГ. Результаты экспериментальных исследований доведены до создания макетного образца трактора МТЗ-80 с системой питания, модернизированной для работы на природном газе с системой РОГ. Система питания на природном газе позволяет замещать на номинальном режиме работы до 80% дизельного топлива и уменьшает суммарный расход топлива до 14%, снижает дымность ОГ и содержание оксида и диоксида углерода [27–33]. Система регулируемой РОГ позволяет снизить содержание, возросших при переходе на газодизельный режим, оксидов азота до уровня дизельного процесса и суммарных углеводородов [34–37].

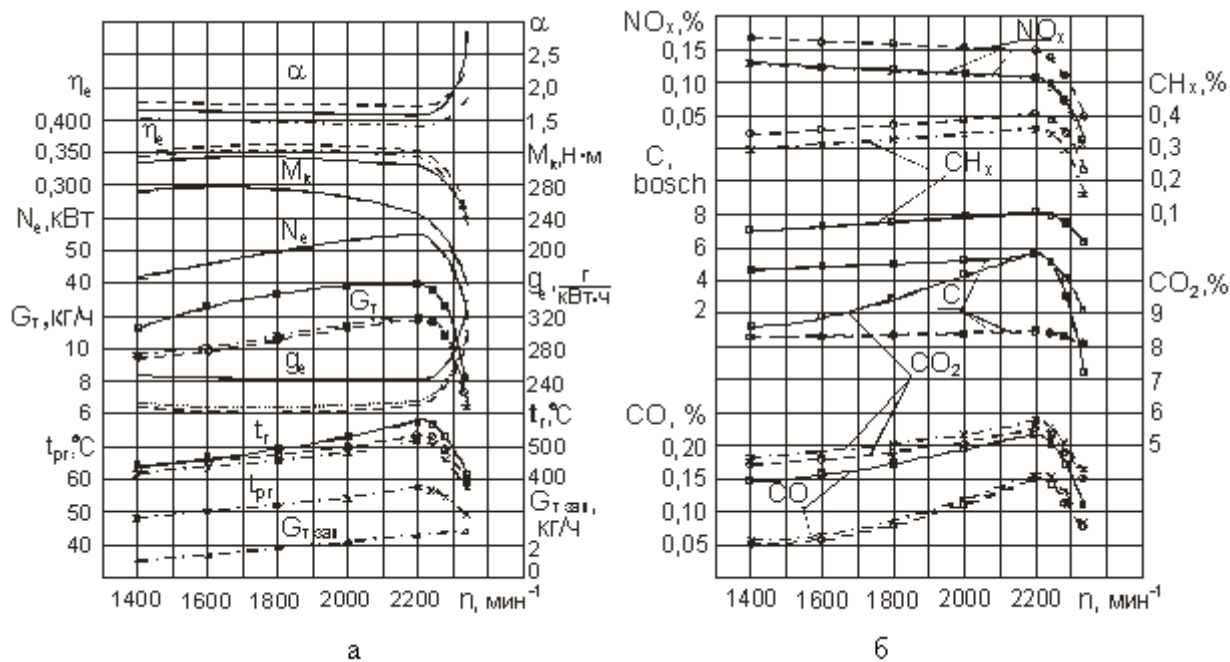


Рис. 1. Влияние применения природного газа и регулируемой РОГ на показатели рабочего процесса дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала при $\Theta_{\text{впр}} = 23$ градуса: а — мощностные и экономические показатели; б — показатели токсичности и дымности ОГ; \square — дизельный процесс; \circ — газодизельный процесс; \ast — газодизельный с регулируемой РОГ процесс

Литература:

1. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–229.

2. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–232.
3. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–235.
4. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–238.
5. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–241.
6. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 117–120.
7. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 120–123.
8. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.
9. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 125–128.
10. Анфилатов, А. А. Индексирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 128–131.
11. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 134–136.
12. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 136–139.
13. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 73–76.
14. Анфилатов, А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 76–79.
15. Анфилатов, А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 79–82.
16. Анфилатов, А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 82–85.
17. Анфилатов, А. А. Мощностные и экономические показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 85–87.
18. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
19. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.
20. Скрябин, М. Л. Разработка программы стендовых исследований газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 53–55.
21. Скрябин, М. Л. Особенности горения капли дизельного топлива в турбулентном потоке метано-воздушной смеси в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 56–59.
22. Скрябин, М. Л. Исследование мощностных и экономических показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 59–62.
23. Скрябин, М. Л. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на экологические показатели газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 62–65.
24. Скрябин, М. Л. Снижение дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 430–433.
25. Скрябин, М. Л. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 433–436.
26. Скрябин, М. Л. Влияние установочного угла опережения впрыскивания топлива на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 436–439.

27. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на содержание оксидов азота в отработавших газах 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 439–442.
28. Скрябин, М.Л. Влияние применение метанола на дымность отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 445–448.
29. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажеосодержания // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 442–445.
30. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на общую токсичность дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 323–326.
31. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на частоте вращения максимального крутящего момента // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 312–314.
32. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 320–323.
33. Скрябин, М.Л. Особенности расчета констант скорости реакций термической диссоциации в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 303–306.
34. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/Санкт-Петербург, 1999.
35. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Киров, 1999.
36. Лиханов, В.А., Фоминых А.В., Копчиков В.Н. Работа дизеля на метаноле и рапсовом масле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 1. с. 3–5.
37. Лиханов, В.А., Копчиков В.Н., Фоминых А.В. Влияние углов опережения метанола и метилового эфира рапсового масла на образование оксидов азота в цилиндре дизеля // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 3 (45). с. 51–54.

Формовка плоской стальной заготовки на трубном прессе

Мокроусов Владимир Иванович, инженер-технолог
АО «Выксунский металлургический завод» (г. Выкса)

Получен метод расчета технологических параметров гибки плоской стальной толстолистовой заготовки на трубоформовочном прессе: размера и формы контактной зоны пуансона и заготовки, изгибающего момента заготовки в контактной зоне.

Ключевые слова: *стальная листовая заготовка, труба большого диаметра, трубоформовочный пресс.*

Производство труб большого диаметра. Современные магистральные трубопроводы являются высоконагруженными электросварными конструкциями, работающими в экстремальных условиях под действием высокого внутреннего давления и внешних неблагоприятных условий: низких температур окружающей среды и стресс-коррозии, развивающейся при взаимодействии механических и электрохимических факторов. Ценовые показатели трубопроводов определяются использованием труб из высокопрочных сталей и минимальной металлоемкостью.

Сварные трубы для магистральных трубопроводов изготавливают прямошовными и спиральношовными, с диаметром 529–1420 мм и толщиной стенки 10–48 мм. Основным сортаментом, принятым «Газпромом» в качестве базового для строительства магистральных газопроводов Северный и Южный поток, Ямал — Центр, Сахалин-1, Сахалин-2 и нефтепровода «Восточная Сибирь — Тихий океан», являются сварные одношовные прямошовные трубы диаметром до 1420 мм.

В проектах «Газпрома» и «Транснефти» предусматривается применение труб из стали класса прочности Х70-Х100 с диаметром 1220 и 1420 мм, толщиной стенки до 48 мм, длиной до 18 м, рабочим давлением до 250 атмосфер (24,7 МПа), трехслойным наружным изоляционным антикоррозионным покрытием и внутренним гладкостенным покрытием для прокладки сухопутных и подводных морских участков трубопроводов.

На рынке производства стальных сварных труб большого диаметра для магистральных газонефтепроводов утвердился процесс формовки трубной заготовки по схеме JCOE (рис. 1), разработанный фирмой SMS Meer [1-41].

За рубежом основными производителями прямошовных одношовных труб по схеме JCOE для магистральных газопроводов диаметром ≥ 1220 мм являются Германия, Италия, Китай и Япония. В России прямошовные одношовные трубы для магистральных газопроводов диаметром ≥ 1220 мм выпускаются на Выксунском, Ижорском и Челябинском заводах.

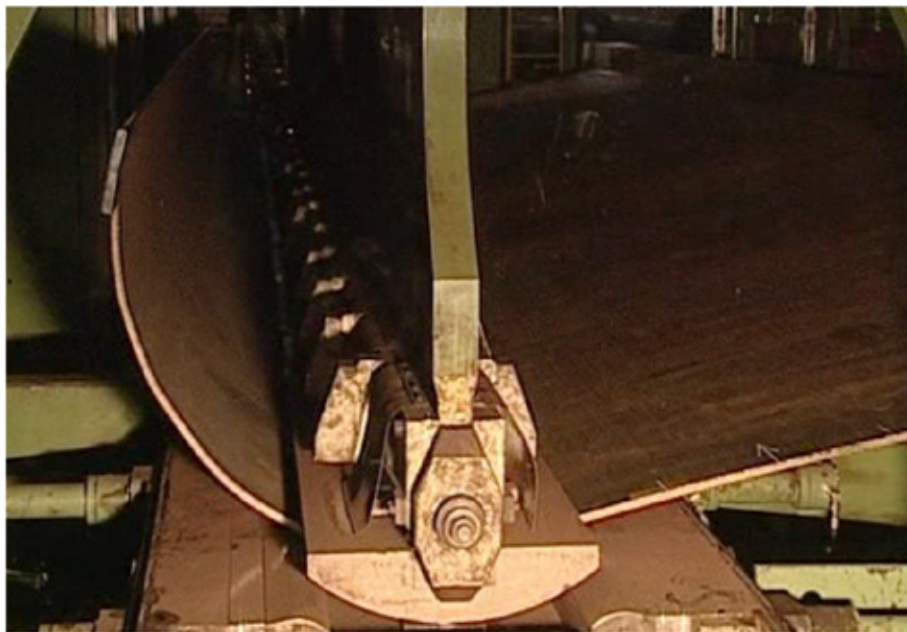


Рис. 1. Изгиб плоской заготовки трубоформовочным прессом

Формовка стальной заготовки на трубоформовочном прессе. Пусть H — глубина прогиба (обжатие) листовой заготовки; r_n — радиус пуансона; r_m — радиус бойка (матрицы); $P_{шф}$ — усилие пуансона при пошаговой формовке; R — реакция опоры листовой заготовки и матрицы; α — угол контакта листовой заготовки с матрицей; φ — угол левой и правой зон контакта пуансона и листовой заготовки; L — расстояние между бойками; h и b — толщина и длина листовой заготовки; σ_T — предел текучести; E — модуль Юнга; Π_p и Π_c — модули упрочнения при растяжении и сжатии; $M = r_n + h/2$ и M — радиус кривизны нейтральной плоскости и изгибающий момент листовой заготовки в контактной зоне пуансона и заготовки (рис. 2).

Тогда изгибающий момент в контактной зоне пуансона и заготовки равен

$$M(\rho) = \frac{\sigma_T b h^2}{12} \left[3 - 4 \left(\frac{\sigma_T \rho}{E h} \right)^2 + \frac{(\Pi_p + \Pi_c) h}{2 \sigma_T \rho} \left(1 - 2 \frac{\sigma_T \rho}{E h} \right)^2 \left(1 + \frac{\sigma_T \rho}{E h} \right) \right],$$

а углы контакта заготовки с матрицей и пуансоном равны

$$\alpha = \varphi = \arcsin \left(\frac{r_n + r_m}{\sqrt{(r_n + r_m - H)^2 + (L/2 + r_m)^2}} \right) - \arctg \left(\frac{r_n + r_m - H}{L/2 + r_m} \right).$$

Дефекты формовки заготовки. Перед формовкой заготовку правят на многороликовых листопрямительных машинах [1, 2, 5-11]. Дефект образования гофра продольной кромки трубной заготовки на кромкогибочном прессе изучался в работах [1, 2, 13-25], вредное влияние остаточных напряжений металла после трубоформовочного пресса на процесс экспандирования трубы — в [1, 2, 26], дефект «точка перегиба» при изгибе трубной заготовки на трубоформовочном прессе — в [1, 2, 38], дефект несплавления сварного продольного шва при сборке трубы — в [1, 2, 40], дефект трубы «раскатной пригар с риской» — в [1, 2, 41].

Автор выражает благодарность научному руководителю, профессору, д. ф.-м. н. Владимиру Николаевичу Шинкину (НИТУ «МИСиС») за обсуждение статьи и ценные замечания.

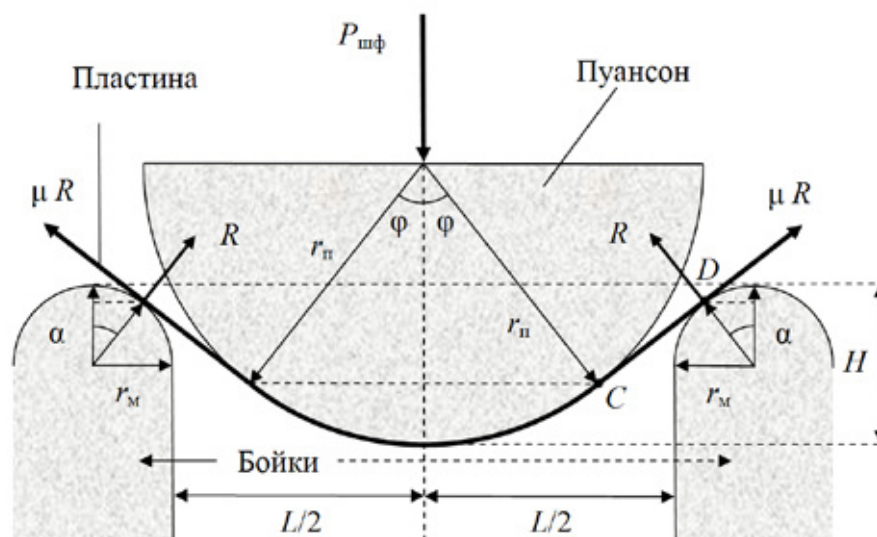


Рис. 2. Схема формовки плоской стальной заготовки

Литература:

1. Шинкин, В. Н. Механика сплошных сред для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2014. — 628 с.
2. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2013. — 655 с.
3. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. — М: Изд. Дом МИСиС, 2008. — 307 с.
4. Шинкин, В. Н. Теоретическая механика для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2012. — 679 с.
5. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироликовой листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). с. 344–349.
6. Шинкин, В. Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатирولیковой листопрямляющей машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 359–365.
7. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатирولیковой листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 361–366.
8. Шинкин, В. Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироликовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 467–472.
9. Шинкин, В. Н. Четырехроликовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироликовой листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 356–361.
10. Шинкин, В. Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 225–229.
11. Шинкин, В. Н. Шестироликовый режим предварительной правки стальной полосы на листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94).
12. Шинкин, В. Н. Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном несплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб // Молодой ученый. 2015. № 15 (95).
13. Шинкин, В. Н., Уандыкова С. К. Гибка стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе при производстве труб большого диаметра // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2009. № 16. с. 110–112.
14. Шинкин, В. Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. Вып. 6. с. 171–174.
15. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса пластического формоизменения листовой заготовки для производства труб большого диаметра // Обработка металлов давлением, 2011. № 3 (28). с. 7–11.
16. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 4. с. 14–22.
17. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Упругопластическое изменение металла на кромкогибочном прессе при формовке труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 6. с. 53–56.
18. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.

19. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. с. 45–49.
20. Шинкин, В. Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. № 4 (62). Вып. 4. с. 69–74.
21. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Барыков А. М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // Металлург. 2011. № 11. с. 77–81.
22. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // Metallurgist. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
23. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса формовки заготовки для труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 1. с. 54–58.
24. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
25. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // Производство проката. 2014. № 12. с. 13–20.
26. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. № 7. с. 25–29.
27. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процессов экспандирования и гидроиспытания труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 10. с. 12–19.
28. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // Сталь. 2015. № 4. с. 38–42.
29. Шинкин, В. Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 3 (74). Часть 1. с. 64–67.
30. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 4 (75). Часть 1. с. 114–119.
31. Шинкин, В. Н. Расчет усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 6 (77). Часть 1. с. 115–118.
32. Шинкин, В. Н. Оценка усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе стальной цилиндрической заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 7 (78).
33. Шинкин, В. Н. Сила давления пуансона трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 8 (79).
34. Шинкин, В. Н., Федотов О. В. Расчет технологических параметров правки горячекатаной рулонной полосы на пятироликовой машине линии Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. № 9. с. 43–48.
35. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироликовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // Производство проката. 2014. № 5. с. 7–15.
36. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатироликовой листопривильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2014. № 8. с. 26–34.
37. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатироликовой листопривильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2015. № 1. с. 42–48.
38. Шинкин, В. Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // Производство проката. 2012. № 9. с. 21–26.
39. Шинкин, В. Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5 (76) Часть 1. с. 96–99.
40. Шинкин, В. Н., Барыков А. М., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // Производство проката. 2012. № 2. с. 14–16.
41. Шинкин, В. Н., Мокроусов В. И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте «раскатной пригар с риской» // Производство проката. 2012. № 12. с. 19–24.

Исследование функциональной активности фруктового и овощного сырья в качестве компонентов комбинированных продуктов

Огнева Ольга Александровна, старший преподаватель;
Пономаренко Лариса Владиленовна, кандидат биологических наук, ассистент;
Коваленко Марина Павловна, ассистент
Кубанский государственный аграрный университет

В условиях экологической агрессии практически во всем мире возникла необходимость увеличения потребности в пищевых продуктах с направленным действием, такое направление в питании человека получило название функционального [1; 5; 8; 10; 39; 43].

В соответствии с ГОСТ Р 52349–2005 «Функциональный пищевой продукт» — это специальный пищевой продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, обладающий научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием... сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов» [27; 30; 32; 33; 34; 37; 42].

Многочисленные исследования подтверждают тесную взаимосвязь между потреблением фруктов и овощей и уровнем онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний. Для профилактики этих заболеваний рекомендуют ежедневно употреблять 250 г фруктов и 375 г овощей. Во многих странах, в том числе в России фактическое потребление ниже рекомендуемой нормы, что сказывается на здоровье населения [11; 14].

Одним из путей восполнения данного дефицита является использование фруктовых и овощных наполнителей при производстве комбинированных молочных продуктов [17; 19; 23; 44].

Широким спектром физиологического действия обладают полифенолы и каротиноиды, которые содержатся во многих видах плодоовощного сырья. Эти фитоеlementы оказывают антиоксидантное, антиканцерогенное, иммуностимулирующее действие, кроме того, полифенолы проявляют антимикробные свойства, снижают риск тромбозов, нормализуют кровяное давление и уровень сахара в крови [2; 4; 6; 13; 40].

Каротиноиды также являются эффективными антиоксидантами, способствуют нейтрализации свободных радикалов, которые, разрушая клетки организма, вызывают оксидативный стресс. Свободные радикалы богатые энергией высокоактивные молекулы, образующиеся вследствие биохимических реакций в организме или под влиянием внешних воздействий, таких как загрязнение воздуха или курение. Они повреждают липиды клеточных мембран, а также генетический материал в клетках, являются причиной биохимических радиоактивных повреждений.

Экспериментально подтверждена высокая эффективность профилактического и лечебного воздействия каротиноидов на человеческий организм [28; 33; 35; 41].

Структурные биополимеры клеточных стенок растений, к которым относятся целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества, выполняют функции пищевых волокон. В организме пищевые волокна не усваиваются, однако играют исключительно важную роль в процессе пищеварения и в сохранении здоровья. Они стимулируют перистальтику кишечника, оказывают положительное влияние на его микрофлору, формируют каловые массы, адсорбируют токсичные вещества и холестерин (пектины), способствуют ускоренному выведению чужеродных химических веществ. Пищевой рацион обязательно должен содержать не менее 30—40 г пищевых волокон в сутки [36; 38; 45].

Некоторые пищевые волокна и продукты их гидролиза проявляют пребиотические свойства, то есть стимулируют рост лакто- и бифидобактерий, тем самым нормализуют микрофлору кишечника и оказывают разноплановые положительные эффекты на человеческий организм. Пребиотики являются субстратами для бактерий в толстой кишке. Как только они достигают толстой кишки, они начинают специфическим образом метаболизироваться, создавая преимущества для полезных бактерий [18; 24; 26].

Маркетинговые исследования, проведенные в течение последних лет, показывают, что вкусовые предпочтения покупателей постепенно сместились от популярных фруктовых вкусов (яблоко, груша, апельсин) к нетрадиционным (айва, манго, маракуйя), которые придают продуктам особую свежесть и неповторимость вкуса.

Айва как плодовое растение получила значительное распространение в южных областях РФ и в среднеазиатском регионе. Плоды айвы содержат 8,9% углеводов, из них 7,0% составляет фруктоза. В айве есть витамин А, витамины В₁, В₂, В₆, С, Е, РР, ряд других макро и микроэлементов. Калия в айве 144 мг, в 10 раз больше, чем натрия. Айва богата яблочной и лимонной кислотами. Сок айвы обладает общеукрепляющим, антисептическим, кровоостанавливающим, вяжущим и мочегонным свойствами. Его рекомендуют при малокровии, сердечно-сосудистых заболеваниях, заболеваниях дыхательных путей, желудочно-кишечного тракта, астме. Все сорта айвы оказывают благоприятное воздействие на психику: бодрят, улучшают настроение [21; 22; 25; 29; 31].

Айва является пектиносодержащим сырьем. Общее содержание пектиновых веществ в айве составляет в среднем 0,5—1,4%, что в пересчете на сухую массу составляет 2,6—8,6% [3; 7; 9; 12; 15; 16; 20].

В связи с этим мы исследовали технологический потенциал плодов айвы и функциональную активность айвового, яблочного, морковного и тыквенного пюре в качестве компонентов комбинированных продуктов на основе молока и молочной сыворотки.

Фруктовые и овощные пюре смешивали в разных соотношениях с сывороткой и молоком. Полученные смеси использовали для приготовления желеобразных десертов и ферментированных напитков. Полученные продукты оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям.

Установлено, что использование яблочного и особенно айвового пюре не только повышает пищевую и биологическую ценность десертов из сыворотки, но и значительно улучшает вкус и аромат продукта, маскируя «сывороточный привкус».

Для определения пребиотических свойств пюреобразных наполнителей исследовали динамику сквашивания молочно-растительных смесей заквасками Бифилакт-Д, Бифилакт-АД и Бифилакт-Плюс, содержащими лакто- и бифидобактерии. Сквашивание проводили при темпера-

туре (37 ± 2) °С в течение 9 часов, при этом периодически измеряли рН и титруемую кислотность.

Установлено, что добавление овощного пюре, особенно тыквенного и морковного ускоряет процесс сквашивания молока. Отмеченный эффект наиболее выражен в первые 3—6 часов ферментации. Это можно объяснить наличием в растительных компонентах питательных и ростостимулирующих веществ в отношении бифидобактерий.

Добавление айвового и яблочного пюре также интенсифицирует процесс сквашивания, однако эффект стимуляции менее выражен, по сравнению с добавлением овощных пюре.

В конце сквашивания нарастание кислотности во всех молочно-растительных смесях несколько замедлялось.

Учитывая, что образцы с добавлением фруктовых пюре имели более высокие органолептические показатели, пришли к выводу о целесообразности использования в качестве наполнителей комбинированных фруктовых и овощных пюре.

На основании результатов исследований разработаны новые виды комбинированных продуктов (десертов и ферментированных напитков), отличающихся от существующих аналогов более сбалансированным составом, оригинальным вкусом и физиологической активностью.

Литература:

1. Анализ зараженности зернового сырья микотоксинами/И. Н. Хмара, А. Г. Кощаев, А. В. Лунева, О. В. Кощаева // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. — 2013. — Т. 3. — № 6. — с. 290—293.
2. Анализ эпизоотического состояния птицеводства в Российской Федерации/Г.А. Джаилиди, А.А. Лысенко, Ю.Ю. Пономаренко, А.Е. Лосаберидзе // Ветеринария Кубани. — 2014. — № 2. — с. 25—27.
3. Бабушкина, Л. Г., Коваленко Л. А., Неверова О. П., Судаков В. Г. Биологическая активность компонентов агро-биогеоценозов как показатель адаптации экосистем к антропогенному загрязнению. Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. — 292 с.
4. Беретарь, И. М. Катастрофа в керченском проливе — экологическое преступление/И. М. Беретарь, В. А. Христинич, А. А. Лысенко // Ветеринария Кубани. — 2008. — № 2. — с. 18—19.
5. Влияние проращивания на химический состав и содержание антипитательных веществ в семенах сои/О. В. Кощаева, И. В. Хмара, К. П. Федоренко, В. В. Шкредов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2014. — № 97. — с. 224—236.
6. Гнеуш, А. Н. Применение ферментной кормовой добавки «Микозим СП+» в рационе перепелов/А. Н. Гнеуш, Ю. А. Лысенко, Н. И. Петенко // Молодой учёный. — 2015. — № 3 (83). — с. 363—366.
7. Гугушвили, Н. Н. Гематологические показатели коров при беременности и после родов в зависимости от периода года/Н. Н. Гугушвили // Сельскохозяйственная биология. — 2004. — № 4. — с. 103—106.
8. Гугушвили, Н. Н. Фитостимуляторы микрофагоцитарной системы у коров/Н. Н. Гугушвили // Вестник ветеринарии. — 2001. — № 3 (20). — с. 37—39.
9. Донченко, Л. В. Разработка способов повышения студнеобразующей способности низкоэтерифицированных пектинов/Л. В. Донченко, А. В. Темников // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. — 2014. — № 10. — с. 44—46.
10. Жолобова, И. С. Влияние натрия гипохлорита на перепелов в период интенсивной яйцекладки/И. С. Жолобова, А. В. Лунева, Ю. А. Лысенко // Птицеводство. — 2013. — № 07. — с. 15—20.
11. Кобляков, В. В. Плодовые культуры мира в декоративном садоводстве прикубанья/В. В. Кобляков, Л. В. Пономаренко, Е. С. Ченцова // Субтропическое и декоративное садоводство. — 2008. — Т. 41. — с. 353—360.
12. Кощаев, А. Г. Использование кукурузы и кукурузного глютенa для пигментации продукции птицеводства/А. Г. Кощаев // Аграрная наука. — 2007. — № 7. — с. 30—31.

13. Кошцаев, А.Г. Экологически безопасные технологии витаминизации продукции птицеводства в условиях юга России/А.Г. Кошцаев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2006. — № 9. — с. 58—66.
14. Красина, И.Б. Влияние механохимической обработки на углеводно-амилазный комплекс пряно-ароматического сырья/И.Б. Красина, А.В. Темников, А.Н. Есина // Техника и технология пищевых производств. — 2009. — № 2. — с. 42—44.
15. Лунёва, А.В. Натрия гипохлорит: влияние на организм перепелов/А.В. Лунева // Птицеводство. — 2013. — № 4. — с. 35—39.
16. Лысенко, А.А. Акклиматизация берша в рыбоводных хозяйствах Краснодарского края/А.А. Лысенко, И.М. Беретарь // Ветеринария Кубани. — 2009. — № 3. — с. 24—25.
17. Лысенко, А.А. Ветеринарное образование на Кубани/А.А. Лысенко, С.В. Середа // Ветеринария Кубани. — 2009. — № 2. — с. 2—5.
18. Лысенко, А.А. Ассоциативные заболевания прудовых рыб при интенсивном рыборазведении/А.А. Лысенко // Ветеринария. — 2003. — № 12. — с. 32.
19. Лысенко, А.А. Паразитарные болезни прудовых рыб: способы лечения и профилактики/А.А. Лысенко, В.А. Христоч // Ветеринария Кубани. — 2006. — № 2. — с. 23—24.
20. Лысенко, А.А. Формирование паразитарной системы у рыб в прудовых хозяйствах и естественных водоемах и меры борьбы с паразитами в условиях Краснодарского края: Автореф. дис.... д-ра вет. наук. — Иваново, 2006. — 65 с.
21. Мигина, Е.И. Изучение токсикологического и раздражающего действия пробиотической кормовой добавки Трилактосорб для использования в перепеловодстве/Е.И. Мигина, Ю.А. Лысенко, А.Г. Кошцаев // Ветеринария Кубани. — 2014. — № 4. — с. 13—16.
22. Неверова, О.П., Лопаева Н.Л., Судаков В.Г., Шаравьев П.В. Экологическая характеристика водных экосистем в зоне деятельности сельскохозяйственных предприятий Свердловской области. Екатеринбург, 2012.
23. Неверова, О.П., Шаравьев П.В., Зуева Г.В. Использование гидробионтов для определения функционального состояния водных экосистем в зоне деятельности животноводческих объектов // Аграрный вестник Урала. — № 11 (117). — 2013. — 63 с.
24. Огнева, О.А. Влияние пектина на синергетические свойства кисломолочных сгустков/Гомелева Т.Ю., Донченко Л.В. // Труды Кубанского аграрного университета. — 2008. — № 15. — с. 151—153.
25. Огнева, О.А. Пектиносодержащие напитки с пробиотическими свойствами/О.А. Огнева, Л.В. Донченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2015. — № 107. — с. 333—341.
26. Огнева, О.А. Разработка плодово-овощных десертов функционального назначения/О.А. Огнева, Л.В. Донченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2014. — Т. 1. № 46. — с. 104—109.
27. Ольховатов, Е.А. Исследование свойств пектиновых веществ и разработка технологий получения пектина и пектинопродуктов из покровных тканей различных плодов с применением биотехнологической модификации (обзор)/Е.А. Ольховатов // Молодой ученый. — 2015. — № 5. — с. 93.
28. Ольховатов, Е.А. Получение нетоксичного клеевого состава из белков семян клещевины/Е.А. Ольховатов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2011. — № 1 (319). — с. 115—116.
29. Особенности обмена веществ птицы при использовании в рационе пробиотической кормовой добавки/А.Г. Кошцаев, С.А. Калужный, Е.И. Мигина, Д.В. Гавриленко, О.В. Кошцаева // Ветеринария Кубани. — 2013. — № 4. — с. 17—20.
30. Патент 2196987 Российская Федерация, МПК: 7G 01N 33/48 A, 7C 12Q 1/42 B. Способ определения активности кислой фосфатазы в мазках крови/Гугушвили Н.Н. заявитель и патентообладатель КГАУ. — опубл. 17.04.2000
31. Перспективы использования отходов переработки сои и гриба рода *Trichoderma* для получения ферментной кормовой добавки/О.В. Кошцаева, А.В. Степовой, В.В. Борисенко, В.И. Николаенко // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 14—17.
32. Петенко, А.И. Перспективы использования пробиотиков на основе молочнокислых и пропионовокислых микроорганизмов в перепеловодстве/А.И. Петенко, Ю.А. Лысенко, И.А. Петенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2013. — № 43. — с. 66—71.
33. Плутахин, Г.А. Биофизика, 2-е изд., перераб. и доп.: учебное пособие для студентов высших учебных заведений/Г.А. Плутахин, А.Г. Кошцаев. — СПб: Издательство «Лань», 2012. — 240 с.
34. Плутахин, Г.А. Электротермическое осаждение белков растительного сока/Г.А. Плутахин, А.Г. Кошцаев, А.И. Петенко // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2004. — № 8. — с. 20.

35. Практическое применение электрохимически активированных водных растворов/Г.А. Плутахин, М. Аидер, А.Г. Кошцаев, Е.Н. Гнатко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — Краснодар: КубГАУ, 2013. — № 92. — с. 254—264.
36. Применение сукцината цинка в инкубации куриных яиц/В.А. Антипов, А.Н. Трошин, А.В. Левченко, А.Х. Шантыз, А.В. Лунева // Птицеводство. — 2014. — № 1. — с. 28.
37. Рекомендации по применению и инструкция по эксплуатации комплекса устройств, используемых для борьбы с маститами/Н.И. Богатырев, Н.Н. Курзин, М.В. Назаров, Л.А. Дайбова и др. — Краснодар, 2003. — 12 с.
38. Сарбатова, Н.Ю. Технологические особенности функциональных продуктов с использованием рыбного сырья и конжаковой камеди/Н.Ю. Сарбатова, К.Ю. Шебела, Е.П. Лисовицкая // Молодой ученый. — 2015. — № 5-1 (85). — с. 38—40.
39. Степовой, А.В. Развитие безалкогольной промышленности в России в направлении производства функциональных напитков/А.В. Степовой. — «Известия вузов. Пищевая технология». — Краснодар, 2009. — 47 с.
40. Степовой, А.В. Производство безалкогольных функциональных напитков нового поколения: монография/А.В. Степовой. — Краснодар: КубГАУ, 2013. — 82 с.
41. Тимошенко, Н.В. Разработка новых видов мясосодержащих консервов для питания людей в условиях неблагоприятной экологической обстановки/Н.В. Тимошенко, А.М. Патиева, Е.П. Лисовицкая // Молодой ученый. — 2014. — № 18. — с. 298—299.
42. Тимошенко, Н.В. Технология производства антианемической колбасной продукции для дошкольного и школьного питания детей в профилактических целях/Н.В. Тимошенко, А.М. Патиева, Е.П. Лисовицкая // Молодой ученый. — 2014. — № 18. — с. 300—303.
43. Фармакологическое обоснование применения кормовой добавки Микоцел на перепелах/Г.В. Фисенко, А.Г. Кошцаев, С.С. Хатхакумов, С.А. Калюжный // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2013. — Т. 4. — № 43. — с. 79—85.
44. Химический состав зерна кукурузы и содержание в нем каротина/И.С. Жолобова, Н.А. Гранкина, В.В. Борисенко, В.И. Николаенко // Молодой ученый. — 2015. — № 5-1 (85). — с. 9—12.
45. Шаравьев, П.В., Неверова О.П., Ильясов О.Р., Шкуратова И.А. Биоиндикация состояния водных экосистем в зоне птицефабрик // Аграрный вестник Урала. — 2013. — № 4. — с. 67—69.

Мембранные методы переработки молочной сыворотки

Огнева Ольга Александровна, старший преподаватель;

Пономаренко Лариса Владиленовна, кандидат биологических наук, ассистент;

Коваленко Марина Павловна, ассистент

Кубанский государственный аграрный университет

При переработке молока на сыр, творог и казеин побочным продуктом при их получении является сыворотка, выход которой составляет 80% от количества перерабатываемого молока. Это значит, что при производстве 1 кг сыра получаем 8 кг сыворотки, представляющей собой ценнейшее лактозосодержащее молочное сырье [3; 5; 9; 11; 15; 19; 22; 24; 26; 27; 30; 35; 36].

В последние годы молочная сыворотка находит широкое применение в производстве продуктов питания и является ценным пищевым сырьем. В ней содержится более 200 жизненно важных питательных и биологически активных веществ. Сыворотка может служить хорошей основой для создания функциональных продуктов нового поколения: состав сыворотки позволяет создавать продукт с высокой пищевой и биологической ценностью; она технологична в переработке, что облегчает получение разных типов продуктов; ее вкус хорошо сочетается со вкусом вводимых компонентов и его можно регулиро-

вать в желаемом направлении [6; 13; 16; 18; 21; 23; 25; 32; 33; 34; 40; 42].

Высокую биологическую ценность сыворотки обуславливают белковые вещества, а также витамины, гормоны, органические кислоты, иммунные тела и микроэлементы. При выработке белковых продуктов в молочную сыворотку переходит 50% сухих веществ молока, в основном это биологически ценные белки, характеризующиеся оптимальным набором и сбалансированностью жизненно необходимых (незаменимых) аминокислот, что обеспечивает регенерацию белков печени, образование гемоглобина и белков плазмы крови. В сыворотку переходит практически весь молочный сахар (более 70%), все соли и микроэлементы (30% кальция, 50% фосфора, 90% натрия и калия, 70% магния, 80% хлора), почти все водорастворимые витамины молока, а также в сыворотке содержатся витамины С, никотиновая кислота, холин, витамины А, Е и биотин. Эти компоненты составляют ровно

половину всего цельного молока и поэтому сыворотку называют «полумолоко». Кроме всего, сыворотка является относительно дешевым сырьем [1; 2; 4; 7; 8; 10; 31; 37; 38; 41; 44].

Несмотря на высокую биологическую ценность, значительная часть сыворотки (80%) до недавнего времени не перерабатывалась и только в последние годы большинство европейских производителей молочных продуктов изменили свое отношение к молочной сыворотке, и вопрос ее переработки стал в настоящее время весьма актуален.

Комплексная переработка сыворотки преследует две цели — получение сухого концентрированного сывороточного белка (КСБ) и сухого молочного сахара (лактозы) с помощью наиболее перспективных и широко распространенных в настоящее время за рубежом мембранных методов.

К мембранным методам разделения жидкостей относятся микрофильтрация, ультрафильтрация и обратный осмос. Процессы осуществляются на мембранных установках, где основными рабочими элементами являются специальные полупроницаемые мембраны с различными размерами пор, пропускающими или задерживающими те или иные компоненты сыворотки в зависимости от цели получаемого продукта [12; 14; 17; 20; 28; 29; 39; 43].

Очищенная от казеиновых частиц и жира сыворотка представляет собой чистый раствор водорастворимых сывороточных белков (альбумина и глобулина) и молочного сахара (лактозы). На первом этапе переработки сыворотку пропускают через нанофильтрационную мем-

бранную установку, где происходит концентрирование сухих веществ до 20%, так называемое «холодное» сгущение. Результаты экспериментальной обработки сыворотки на пилотной NF-установке показаны в балансе сырья (таблица 1).

Как видно из эксперимента, при нанофильтрации происходит концентрирование сухих веществ в 4 раза, с одновременным частичным понижением количества природных солей. Процесс нанофильтрации позволяет заменить вакуум-выпаривание на первой ступени теплового концентрирования (подсгущения в ВВУ до 20% СВ) на менее затратный процесс холодного концентрирования на NF-установке.

Полученный после нанофильтрации пермеат подвергается очистке на установке обратного осмоса и направляется на технологические производственные нужды, а ретентат (подсгущенная сыворотка) направляется на ультрафильтрационную установку для получения концентрата сывороточных белков (КСБ) и безбелковой сыворотки.

Баланс продуктов, полученных после обработки в установке ультрафильтрации, показан в таблице 2.

Полученный белковый концентрат с заданным содержанием сухих веществ досушивают в вакуум-аппарате по традиционной схеме, высушивают и получают чистый белоснежный порошок концентрата белка.

Безбелковая сыворотка (UF-пермеат) представляет собой чистый раствор молочного сахара и природных солей. Для обессоливания сыворотки, а, следовательно, и с целью снижения кислотности, сыворотку подвергают электродиализной обработке на ЭД-установке до разного

Таблица 1. Баланс сырья после нанофильтрации

Показатели сыворотки, %	Сыворотка-сырье	Концентрированная сыворотка NF-ретентат
Натуральный белок	0,60	2,13
Натуральный азот	0,20	0,46
Лактоза	3,63	15,67
Кислота	0,85	0,46
Зольность (минеральные соли)	0,42	1,17
Жиры	0,05	0,21
Сухие вещества, всего	5,02	20,10

Таблица 2. Баланс продуктов, полученных после обработки в установке ультрафильтрации

Показатели сыворотки, %	Концентрированная сыворотка NF-ретентат	UF-ретентат	UF-пермеат
Натуральный белок	2,13	8,00	0,08
Натуральный азот	0,46	0,63	0,39
Лактоза	15,67	10,78	15,03
Кислота	0,46	0,46	0,46
Зольность (минеральные соли)	1,17	1,98	1,39
Жиры	0,21	0,65	0,01
Сухие вещества, всего	20,10	22,5	17,36

уровня деминерализации, в зависимости от назначения лактозы к применению.

Деминерализованную сыворотку направляют в вакуум-аппарат (вторая ступень сгущения) для получения концентрированного раствора лактозы с содержанием сухих веществ 50—55%. Очень важными процессами в технологии получения чистого молочного сахара являются кристаллизация лактозы, декантация и промывка влажных кристаллов лактозы, для чего используется вода (конденсат) после вакуум-выпаривания. Сушка и размол кристаллов производятся по обычной традиционной схеме.

Таким образом, разделение молочной сыворотки мембранными технологиями на фракции и выделение из нее в чистейшем виде концентратов белка, пищевой лактозы,

а также возможность получения сухой сыворотки, в том числе деминерализованной, позволяет получать продукты нового класса, высокого качества при одновременном снижении транспортных расходов на доставку сырой сыворотки от сыродельных заводов к месту производства сухих и сгущенных белковых концентратов и сухой лактозы и снижении энергозатрат на концентрирование сыворотки холодным способом.

Получаемый новый класс продуктов из сыворотки находит широкое применение в производстве сыра, творога, белковых паст (концентраты сывороточных белков увеличивают выход продукции и расширяют ассортимент), а пищевая лактоза применяется в кондитерском производстве, в детском питании и в медицинской практике.

Литература:

1. Анализ зараженности зернового сырья микотоксинами/И. Н. Хмара, А. Г. Кощаев, А. В. Лунева, О. В. Кощаева // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. — 2013. — Т. 3. — № 6. — с. 290—293.
2. Бабушкина, Л. Г., Коваленко Л. А., Неверова О. П., Судаков В. Г. Биологическая активность компонентов агробиогеоценозов как показатель адаптации экосистем к антропогенному загрязнению. Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. — 292 с.
3. Беретарь, И. М. Катастрофа в керченском проливе — экологическое преступление/И. М. Беретарь, В. А. Христинич, А. А. Лысенко // Ветеринария Кубани. — 2008. — № 2. — с. 18—19.
4. Влияние проращивания на химический состав и содержание антипитательных веществ в семенах сои/О. В. Кощаева, И. В. Хмара, К. П. Федоренко, В. В. Шкредов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2014. — № 97. — с. 224—236.
5. Гомелева, Т. Ю. Разработка рецептуры и технологии обогащенного адыгейского сыра/Т. Ю. Гомелева, О. А. Огнева, А. М. Патиева // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2008. — № 15. — с. 168—171.
6. Гугушвили, Н. Н. Динамика изменения клеточного и гуморального иммунитета у коров при беременности и после родов/Н. Н. Гугушвили // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. — 2003. — № 6. — с. 64.
7. Гугушвили, Н. Н. Фитостимуляторы микрофагоцитарной системы у коров/Н. Н. Гугушвили // Вестник ветеринарии. — 2001. — № 3 (20). — с. 37—39.
8. Донченко, Л. В. Разработка способов повышения студнеобразующей способности низкоэтерифицированных пектинов/Л. В. Донченко, А. В. Темников // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. — 2014. — № 10. — с. 44—46.
9. Жолобова, И. С. Влияние натрия гипохлорита на перепелов в период интенсивной яйцекладки/И. С. Жолобова, А. В. Лунева, Ю. А. Лысенко // Птицеводство. — 2013. — № 07. — с. 15—20.
10. Изучение токсикологического действия пробиотической кормовой добавки/А. Г. Кощаев, Н. А. Гранкина, В. В. Борисенко, В. И. Николаенко // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 12—14.
11. Ильясов, О. Р., Неверова О. П., Печура Е. В. Перспективы использования методов экобиозащиты открытых водоемов от воздействия сточных вод птицеводческих комплексов // Аграрный вестник Урала. — 2012. — № 4 (96). — с. 47—49.
12. Кощаев, А. Г. Изучение хронической токсичности пробиотической кормовой добавки трилактосорб для использования в мясном перепеловодстве/А. Г. Кощаев, Ю. А. Лысенко, Е. И. Мигина // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2014. — № 48. — с. 133—138.
13. Кощаев, А. Г. Использование кукурузы и кукурузного глютенна для пигментации продукции птицеводства/А. Г. Кощаев // Аграрная наука. — 2007. — № 7. — с. 30—31.
14. Кощаев, А. Г. Экологически безопасные технологии витаминизации продукции птицеводства в условиях юга России/А. Г. Кощаев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2006. — № 9. — с. 58—66.
15. Красина, И. Б. Влияние механохимической обработки на углеводно-амилазный комплекс пряно-ароматического сырья/И. Б. Красина, А. В. Темников, А. Н. Есина // Техника и технология пищевых производств. — 2009. — № 2. — с. 42—44.

16. Лосаберидзе, А.Е. Экономическая эффективность противооспенной и противомикоплазмозной иммунизации кур вакциной VECTORMUNE ® FP MG в условиях ООО Витязевская птицефабрика/А.Е. Лосаберидзе, А.А. Лысенко, Ю.Ю. Пономаренко // Ветеринария Кубани. — 2013. — № 6. — с. 27—28.
17. Лунёва, А.В. Натрия гипохлорит: влияние на организм перепелов/А.В. Лунева // Птицеводство. — 2013. — № 4. — с. 35—39.
18. Лысенко, А.А. Ветеринарное образование на Кубани/А.А. Лысенко, С.В. Серeda // Ветеринария Кубани. — 2009. — № 2. — с. 2—5.
19. Лысенко, А.А. Акклиматизация берша в рыбоводных хозяйствах Краснодарского края/А.А. Лысенко, И.М. Беретарь // Ветеринария Кубани. — 2009. — № 3. — с. 24—25.
20. Лысенко, А.А. Ассоциативные заболевания прудовых рыб при интенсивном рыборазведении/А.А. Лысенко // Ветеринария. — 2003. — № 12. — с. 32.
21. Лысенко, А.А. Паразитарные болезни прудовых рыб: способы лечения и профилактики/А.А. Лысенко, В.А. Христоч // Ветеринария Кубани. — 2006. — № 2. — с. 23—24.
22. Лысенко, А.А. Формирование паразитарной системы у рыб в прудовых хозяйствах и естественных водоемах и меры борьбы с паразитами в условиях Краснодарского края: Автореф. дис.... д-ра вет. наук. — Иваново, 2006. — 65 с.
23. Мигина, Е.И. Изучение токсикологического и раздражающего действия пробиотической кормовой добавки Трилактосорб для использования в перепеловодстве/Е.И. Мигина, Ю.А. Лысенко, А.Г. Кошаев // Ветеринария Кубани. — 2014. — № 4. — с. 13—16.
24. Неверова, О.П., Шаравьев П.В., Зуева Г.В. Использование гидробионтов для определения функционального состояния водных экосистем в зоне деятельности животноводческих объектов // Аграрный вестник Урала. — № 11 (117). — 2013. — 63 с.
25. Огнева, О.А. Влияние пектина на синергетические свойства кисломолочных сгустков/Гомелева Т.Ю., Донченко Л.В. // Труды Кубанского аграрного университета. — 2008. — № 15. — с. 151—153.
26. Огнева, О.А. Пектиносодержащие напитки с пробиотическими свойствами/О.А. Огнева, Л.В. Донченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2015. — № 107. — с. 333—341.
27. Ольховатов, Е.А. Исследование свойств пектиновых веществ и разработка технологий получения пектина и пектинопродуктов из покровных тканей различных плодов с применением биотехнологической модификации (обзор)/Е.А. Ольховатов // Молодой ученый. — 2015. — № 5. — с. 93.
28. Ольховатов, Е.А. Получение нетоксичного клеевого состава из белков семян клещевины/Е.А. Ольховатов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2011. — № 1 (319). — с. 115—116.
29. Особенности обмена веществ птицы при использовании в рационе пробиотической кормовой добавки/А.Г. Кошаев, С.А. Калужный, Е.И. Мигина, Д.В. Гавриленко, О.В. Кошаева // Ветеринария Кубани. — 2013. — № 4. — с. 17—20.
30. Патент 2193842, А 01 J 7/04. Устройство для электрической обработки IN VIVO полостей и тканей вымени сельскохозяйственных животных/Н.И. Богатырев, М.В. Назаров, Л.А. Дайбова, Н.В. Когденко, А.Л. Кулакова, Н.А. Демьянченко. (РФ); заявитель и патентообладатель Кубанский госагроуниверситет. — № 2000121333/13; Заявл. 09.08.00; Оpubл. 10.12.02; Бюл. № 34—10 с.
31. Патент 2196987 Российская Федерация, МПК: 7G 01N 33/48 A, 7C 12Q 1/42 B. Способ определения активности кислой фосфатазы в мазках крови/Гугушвили Н.Н. заявитель и патентообладатель КГАУ. — опубл. 17.04.2000
32. Плутахин, Г.А. Электротермическое осаждение белков растительного сока/Г.А. Плутахин, А.Г. Кошаев, А.И. Петенко // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2004. — № 8. — с. 20.
33. Пономаренко, Л.В. Биологические особенности китайского финика (унаби) в западном предкавказье/Л.В. Пономаренко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2014. — № 103. — с. 1282—1295.
34. Практическое применение электрохимически активированных водных растворов/Г.А. Плутахин, М. Аидер, А.Г. Кошаев, Е.Н. Гнатко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — Краснодар: КубГАУ, 2013. — № 92. — с. 254—264.
35. Применение сукцината цинка в инкубации куриных яиц/В.А. Антипов, А.Н. Трошин, А.В. Левченко, А.Х. Шантыз, А.В. Лунева // Птицеводство. — 2014. — № 1. — с. 28.
36. Сарбатова, Н.Ю. Технологические особенности функциональных продуктов с использованием рыбного сырья и конжаковой камеди/Н.Ю. Сарбатова, К.Ю. Шебела, Е.П. Лисовицкая // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 38—40.
37. Степовой, А.В. Развитие безалкогольной промышленности в России в направлении производства функциональных напитков/А.В. Степовой. — «Известия вузов. Пищевая технология». — Краснодар, 2009. — 47 с.

38. Степовой, А.В. Производство безалкогольных функциональных напитков нового поколения: монография/А.В. Степовой. — Краснодар: КубГАУ, 2013. — 82 с.
39. Тимошенко, Н.В. Использование пищевого волокна при корректировке мясосодержащей продукции для людей, имеющих избыточную массу тела/Н.В. Тимошенко, А.М. Патиева, Е.П. Лисовицкая // Молодой ученый. — 2014. — № 18. — с. 294—297.
40. Тимошенко, Н.В. Технология производства антианемической колбасной продукции для дошкольного и школьного питания детей в профилактических целях/Н.В. Тимошенко, А.М. Патиева, Е.П. Лисовицкая // Молодой ученый. — 2014. — № 18. — с. 300—303.
41. Фармакологическое обоснование применения кормовой добавки Микоцел на перепелах/Г.В. Фисенко, А.Г. Кошцаев, С.С. Хатхакумов, С.А. Калюжный // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2013. — Т. 4. — № 43. — с. 79—85.
42. Шаравьев, П.В. Основные проблемы птицеводства // Молодежь и наука. — 2012. — № 1. — с. 166—168.
43. Шаравьев, П.В. Инновационные технологии озонирования патогенов картофеля/П.В. Шаравьев, Г.В. Зуева, О.П. Неверова // Аграрный вестник Урала. — 2014. — № 3 (121). — с. 63—66.
44. Эффективность использования натрия гипохлорита в перепеловодстве/В.В. Борисенко, Н.А. Гранкина, А.В. Степовой, В.И. Николаенко // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 1—3.

Пектин как полифункциональная добавка при производстве молочных продуктов

Огнева Ольга Александровна, старший преподаватель;
Пономаренко Лариса Владиленовна, кандидат биологических наук, ассистент;
Коваленко Марина Павловна, ассистент
Кубанский государственный аграрный университет

Желание выжить в сложных условиях конкуренции мобилизует руководителей к принятию нестандартных решений, позволяющих увеличивать ассортимент выпускаемой продукции. Наиболее результативным является концепция создания инновационных молочных продуктов, благоприятно воздействующих на организм человека [1; 6; 9].

При выпуске конкурентоспособного продукта большую роль играют органолептические показатели, внешний вид, консистенция, а также стабильность в течение всего срока хранения. Последнее — одна из сложных задач, для решения которой необходимо использовать новые технологии и грамотно подобранные стабилизирующие агенты [10; 13; 15; 42].

Задача формирования органолептических свойств продуктов в современной пищевой технологии решается путем широкого применения пищевых добавок. В качестве структурообразователей и стабилизаторов консистенции различных десертов, йогуртов, соусов часто используют пектины, модифицированные крахмалы и альгинаты.

Пектин не только формирует консистенцию, но и обладает радиопротекторными и детоксикационными свойствами, и, следовательно, относится к полифункциональным добавкам [16; 17; 20; 23; 25; 43].

Особое значение пектин приобрел в последние три десятилетия, когда появились сведения о его способности, образуя нерастворимые комплексы, выводить из организма человека токсичные металлы и долгоживущие (с периодом полураспада в несколько десятков лет) изо-

топы стронция, цезия и т.д. Кроме того, пектин способен сорбировать и выводить из организма биогенные токсины, ксенобиотики, анаболики, продукты метаболизма и биологически вредные вещества, накапливающиеся в организме. Он признан в большинстве стран как ценный пищевой ингредиент, не имеющий ограничений по применению [8; 11; 12; 18; 19].

Пектин — природный полисахарид, получаемым путем гидролиза-экстрагирования из вторичных сырьевых ресурсов сокового и свеклосахарного производства, который кроме сорбционных и железирующих свойств является одним из наиболее эффективных студнеобразователей, и, благодаря этому, широко используется в пищевой промышленности. Механизм студнеобразования обусловлен ассоциацией пектиновых цепей с образованием трехмерной пространственной структуры, где два или более участка цепи с регулярной частотой сближаются друг с другом.

Оригинальными видами структурированных продуктов являются желе, муссы и фруктовые десерты на молочной основе, которые сочетают в себе высокую пищевую ценность, функциональную активность и хорошие органолептические свойства [21; 22; 27; 31; 40; 41].

В настоящее время на предприятиях молочной промышленности страны ежегодно при переработке молока получают около 40 млн. т обрат, в котором содержится около 1,3 млн. т белка.

В Институте элементоорганических соединений (ИНЭОС) АН РФ разработан способ концентрирования растворов белка молока с помощью пектина.

Процесс концентрирования белков обезжиренного молока с помощью пектина включает три основные стадии: смешивание обезжиренного молока с раствором пектина, разделение фаз полученной системы с помощью отстаивания или сепаратора для получения концентрата белка и разбавленного полисахарида, регенерирование полисахарида для его повторного использования [28; 33; 34; 35; 36; 38].

Технологический процесс концентрирования белков обезжиренного молока с помощью полисахаридов без регенерации пектина был впервые освоен в 1983 г. Всероссийским научно-исследовательским институтом комплексного использования молочного сырья. Особенностью процесса являлось применение относительно невысоких концентраций пектина — 0,7%, и получение концентрата, содержащего около 20% белка, преимущественно казеина и разбавленного раствора пектина, содержащего сывороточные белки. Последний сгущали и получали пищевой структурирующий концентрат (СПК). СПК находит применение в производстве молочного суфле, закаленного и мягкого мороженого [2; 3; 4; 5].

Кроме радиопротекторных и детоксикационных свойств клинические исследования показали способность пектина снижать аллергическое воздействие, связанное с экологической ситуацией, регулировать обмен веществ и функции органов пищеварения.

Пектиносодержащие молочные продукты можно классифицировать на группы: кисломолочные напитки и сметанные продукты; напитки прямого подкисления, в том числе с содержанием фруктового сока, полученные на основе молока, сыворотки или кисломолочной основе; термизированные молочные продукты длительного хранения; комбинированные масла [7; 14; 24].

На кафедре технологии молока и молочных продуктов Омского государственного аграрного университета проведены исследования по разработке технологии кисломолочного десерта «Солнышко» для функционального питания, в состав которого входят поликомпонентная закваска, пектин и настой шиповника. Данные компоненты обладают пробиотическими и пребиотическими

свойствами. Пребиотические свойства пектина обусловлены тем, что он является питательной средой для роста собственной нормальной флоры желудочно-кишечного тракта человека, которая содержит до 90% бифидобактерий [26; 29; 30].

В последние годы широкое применение в производстве продуктов питания находит молочная сыворотка, которая является ценным пищевым сырьем. В ней содержится более 200 жизненно важных питательных и биологически активных веществ. Сыворотка может служить хорошей основой для создания функциональных продуктов нового поколения: состав сыворотки позволяет создавать продукт с высокой пищевой и биологической ценностью; она технологична в переработке, что облегчает получение разных типов продуктов; ее вкус хорошо сочетается со вкусом вводимых компонентов и его можно регулировать в желаемом направлении [32; 37; 39].

Высокую биологическую ценность сыворотки обуславливают белковые вещества, а также витамины, гормоны, органические кислоты, иммунные тела и микроэлементы.

В Кемеровском технологическом институте пищевой промышленности проведена разработка состава и способа производства сывороточно-растительного желе повышенной пищевой и биологической ценности с оригинальным вкусом, ароматом и функциональными свойствами. В состав данного продукта входят следующие ингредиенты: сыворотка молочная, сахар-песок, пектин, пшеничные зародышевые хлопья, пшеничные отруби и лимонная кислота.

Ежедневное употребление порции (100 г) желе, в состав которого входит среднесуточная профилактическая доза пектина (3 г), способствует выведению токсинов из организма и нормализации деятельности желудочно-кишечного тракта.

Таким образом, использование пектина при производстве молочных продуктов открывает широкие перспективы для создания биологически полноценных принципиально новых безопасных продуктов питания с выраженными функциональными свойствами.

Литература:

1. Асонов, А. М., Ильясов О. Р., Неверова О. П., Шаравьев П. В. Методология водоохранной политики и предпосылки для создания замкнутых систем водоснабжения в животноводческой и птицеводческой отраслях // Аграрный вестник Урала. — 2012. — № 11. — с. 67—69.
2. Беретарь, И. М. Катастрофа в керченском проливе — экологическое преступление/И. М. Беретарь, В. А. Христинич, А. А. Лысенко // Ветеринария Кубани. — 2008. — № 2. — с. 18—19.
3. Гнеуш, А. Н. Применение ферментной кормовой добавки «Микозим СП+» в рационе перепелов/А. Н. Гнеуш, Ю. А. Лысенко, Н. И. Петенко // Молодой ученый. — 2015. — № 3 (83). — с. 363—366.
4. Гугушвили, Н. Н. Показатели фагоцитоза и бактерицидная активность у коров/Н. Н. Гугушвили // Биология в школе. — 2004. — № 8. — с. 5.
5. Джаилиди, Г. А. Эпизоотические особенности ящура крупного рогатого скота/Г. А. Джаилиди, Р. А. Кривонос, А. А. Лысенко // Ветеринария Кубани. — 2013. — № 5. — с. 15—17.
6. Донченко, Л. В. Оценка свекловичного пектина в качестве студнеобразователя/Л. В. Донченко, А. В. Темников, В. В. Конова // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 77—80.

7. Изменения в пигментном комплексе плодов тыквы мускатной в процессе созревания и хранения/А. Г. Кощаев, С. Н. Николаенко, Г. А. Плутахин, А. И. Петенко // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2007. — № 4. — с. 45—48.
8. Изучение токсикологического действия пробиотической кормовой добавки/А. Г. Кощаев, Н. А. Гранкина, В. В. Борисенко, В. И. Николаенко // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 12—14.
9. Коваленко, М. П. Разработка рецептур и технологий детских плодоовощных консервов/М. П. Коваленко // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 86—89.
10. Кощаев, А. Г. Изучение хронической токсичности пробиотической кормовой добавки трилактосорб для использования в мясном перепеловодстве/А. Г. Кощаев, Ю. А. Лысенко, Е. И. Мигина // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2014. — № 48. — с. 133—138.
11. Кощаев, А. Г. Использование кукурузы и кукурузного глютенa для пигментации продукции птицеводства/А. Г. Кощаев // Аграрная наука. — 2007. — № 7. — с. 30—31.
12. Лисовицкая, Е. П., Патиева С. В. Использование полисахаридов в технологии производства мясных изделий специального назначения // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. — 2012. — с. 219—221.
13. Лунёва, А. В. Натрия гипохлорит: влияние на организм перепелов/А. В. Лунева // Птицеводство. — 2013. — № 4. — с. 35—39.
14. Лысенко, А. А. Акклиматизация берша в рыбоводных хозяйствах Краснодарского края/А. А. Лысенко, И. М. Беретарь // Ветеринария Кубани. — 2009. — № 3. — с. 24—25.
15. Лысенко, А. А. Ветеринарное образование на Кубани/А. А. Лысенко, С. В. Серeda // Ветеринария Кубани. — 2009. — № 2. — с. 2—5.
16. Лысенко, А. А. Миксоблез пестрых толстолобиков/А. А. Лысенко, Г. И. Сапожников // Ветеринария. — 2004. — № 1. — с. 17—19.
17. Лысенко, А. А. Паразитарные болезни прудовых рыб: способы лечения и профилактики/А. А. Лысенко, В. А. Христоч // Ветеринария Кубани. — 2006. — № 2. — с. 23—24.
18. Лысенко, А. А. Формирование паразитарной системы у рыб в прудовых хозяйствах и естественных водоемах и меры борьбы с паразитами в условиях Краснодарского края: Автореф. дис.... д-ра вет. наук. — Иваново, 2006. — 65 с.
19. Мигина, Е. И. Изучение токсикологического и раздражающего действия пробиотической кормовой добавки Трилактосорб для использования в перепеловодстве/Е. И. Мигина, Ю. А. Лысенко, А. Г. Кощаев // Ветеринария Кубани. — 2014. — № 4. — с. 13—16.
20. Научно-практические аспекты обогащения помадных конфет/Темников А. В., Красина И. Б., Тарасенко Н. А. Краснодар, 2013.
21. Неверова, О. П., Зуева Г. В., Шаравьев П. В., Стяжкина А. А. Процессы самоочищения водных экосистем, подвергающихся воздействию отходов птицеводства // Аграрный вестник Урала. — 2013. — № 6. — с. 68—70.
22. Огнева, О. А. Разработка рецептур и технологии фруктовых жележных десертов/О. А. Огнева, Е. В. Николаенко // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 32—35.
23. Ольховатов, Е. А. Тепловая сушка плодов и семян тунгового дерева на чаесушильном оборудовании/Е. А. Ольховатов, Н. Ю. Шакая, Е. В. Щербакова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2005. — № 4. — с. 69—71.
24. Ольховатов, Е. А. Технология получения белкового кормового продукта из семян клещевины/Е. А. Ольховатов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2011. — № 1 (319). — с. 116—117.
25. Пат. 2222593, Российская Федерация, МПК7 С 12 N 1/20, 1/14. Способ приготовления питательной среды для культивирования микроорганизмов/А. Г. Кощаев, И. В. Хмара, О. В. Кощаева, А. И. Петенко, Г. А. Плутахин, В. А. Ярошенко. Оpubл. 06.05.2002.
26. Пат. 2346465, Российская Федерация, МПК: А 23 L 10524. Способ получения пектина/Донченко Л. В., Щербакова Е. В., Ольховатов Е. А.. Оpubл. 20.08.2007.
27. Пат. 2483591 Российская Федерация, МПК7 А23L 1/31 (2006.01), А23L 3/00 (2006.01). Способ производства консервов из мяса птицы для лечебно-профилактического питания/Л. Я. Родионова, А. И. Решетняк, А. В. Степовой, А. В. Саакян, А. В. Белоног; заявитель и патентообладатель ФГБОУВПО Кубанский государственный аграрный университет № 2011141666/13; заявл. 13.10.2011.; опубл. 10.06.2013., Бюл. № 16. — 7 с.
28. Патент 2182826 Российская Федерация, МПК: 7А 61К 33/38 А, 7А 61К 35/78 В. Способ профилактики иммунодефицита у коров в сухостойный и послеродовой периоды/Гугушвили Н. Н., Радуль Н. П., Урусов Н. Н., Шевкопляс В. Н., заявитель и патентообладатель КГАУ. — опубл. 26.01.2000.
29. Перспективы использования отходов переработки сои и гриба рода *Trichoderma* для получения ферментной кормовой добавки/О. В. Кощаева, А. В. Степовой, В. В. Борисенко, В. И. Николаенко // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 14—17.

30. Петенко, А. И. Перспективы использования пробиотиков на основе молочнокислых и пропионовокислых микроорганизмов в перепеловодстве/А. И. Петенко, Ю. А. Лысенко, И. А. Петенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2013. — № 43. — с. 66—71.
31. Петенко, А. Концентрат из сока люцерны/А. Петенко, А. Кощаев // Птицеводство. — 2005. — № 5. — с. 28—29.
32. Получение кормового белкового изолята из подсолнечного шрота/А. Г. Кощаев, Г. А. Плутахин, Г. В. Фисенко, А. И. Петенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2009. — Т. 1. — № 18. — с. 141—145.
33. Применение новой ферментной кормовой добавки Микоцел в комбикормах для цыплят-бройлеров/Г. В. Фисенко, А. Г. Кощаев, И. А. Петенко, И. М. Донник, Е. В. Якубенко // Ветеринария Кубани. — 2013. — № 4. — с. 15—17.
34. Применение сукцината цинка в инкубации куриных яиц/В. А. Антипов, А. Н. Трошин, А. В. Левченко, А. Х. Шантыз, А. В. Лунева // Птицеводство. — 2014. — № 1. — с. 28.
35. Сарбатова, Н. Ю. Технологические особенности функциональных продуктов с использованием рыбного сырья и конжакковой камеди/Н. Ю. Сарбатова, К. Ю. Шебела, Е. П. Лисовицкая // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 38—40.
36. Создание новых видов мясорастительных консервов с использованием пектина для диетического профилактического питания людей/Л. Я. Родионова, С. В. Патиева, Е. П. Лисовицкая, Ю. Н. Шаkota // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 36—38.
37. Степовой, А. В. Совершенствование технологии пищевого гидратопектина из свекловичного жома для производства функциональных напитков: дис... канд. техн. наук/А. В. Степовой: ГНУ Северо-Кавказский ЗНИИСиВ Россельхозакадемии. Краснодар, 2013. — 143 с.
38. Судаков, В. Г., Неверова О. П. Экологический мониторинг в зоне деятельности животноводства // Вестник ветеринарии. — 2007. — Т. 40—41. № 1—2. — с. 63—69.
39. Химический состав зерна кукурузы и содержание в нем каротина/И. С. Жолобова, Н. А. Гранкина, В. В. Борисенко, В. И. Николаенко // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 9—12.
40. Шаравьев, П. В. Инновационные технологии озонирования патогенов картофеля/П. В. Шаравьев, Г. В. Зуева, О. П. Неверова // Аграрный вестник Урала. — 2014. — № 3 (121). — с. 63—66.
41. Эффективность использования натрия гипохлорита в перепеловодстве/В. В. Борисенко, Н. А. Гранкина, А. В. Степовой, В. И. Николаенко // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 1—3.
42. Эффективность использования нового пробиотика в различные возрастные периоды выращивания перепелов мясного направления продуктивности/А. Г. Кощаев, Г. В. Кобыляцкая, Е. И. Мигина, С. А. Калужный // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар: КубГАУ, 2013. — № 06 (090). — с. 468—486.
43. Ярошук, О. А. Фруктовые десерты с пектином на основе молочной сыворотки/О. А. Ярошук, Г. П. Овчарова, Л. В. Донченко // Переработка молока. — 2007. — № 12. — с. 14—15.

Накопление биогенных аминов при производстве сырокопченых и сыровяленых колбас

Панов Дмитрий Константинович, аспирант;
Патиева Светлана Владимировна, кандидат технических наук, доцент
Кубанский государственный аграрный университет

Ферментация — это традиционная техника консервирования продуктов, которая обеспечивает относительно стабильное качество и долгий срок хранения ферментируемых изделий со специфическими органолептическими характеристиками. Сырокопченые и сыровяленые колбасы являются одними из таких. Уникальность этих мясных изделий заключается в отсутствии технологической обработки при высоких температурах, способной нейтрализовать нежелательную микрофлору, поэтому гигиеническая чистота сырья играет весьма важную роль. Специфика данных колбас обуславливается исключи-

тельными органолептическими характеристиками — текстурой на разрезе, приятным, с кислым оттенком, вкусом и тонким ароматом. Эти деликатесы достигают кулинарной готовности за счет комплекса биотехнологических, микробиологических и физико-химических изменений.

В процессе созревания протеины видоизменяются вследствие воздействия микробных и эндогенных протеолитических ферментов [23, с. 42, 19, с. 333]. Протеолизу способствует денатурация белка, которая происходит в результате увеличения кислотности и дегидратации, а также повышения активности хлорида натрия [23, с. 44, 14, с.

298]. Таким образом, в течение созревания и сушки, накапливаются свободные аминокислоты, являющиеся предшественниками биогенных аминов (БА). БА при высоких концентрациях в употребленных продуктах могут приводить к токсическим последствиям и провоцировать мигрень, головную боль, повышение кровяного давления и расстройства желудочно-кишечного тракта и др. [20, с. 216, 21, с. 683]. Накопление БА в ферментированных колбасах связано с протеолитической активностью эндогенной микрофлоры представленной в ферментируемом мясе.

Целью данной работы является обзор влияния стартовых культур на продуцирование и накопление БА в технологии сырокопченых и сыровяленых колбас.

Биогенные амины

Амины это группа азотсодержащих органических соединений в которых один, два или три атома водорода в молекуле аммиака замещены алкильной или арильной группами. Простые алифатические моноамины более распространены. Диамин путресцин и полиамины спермидин и спермин встречаются у всех животных и растений, и по крайней мере путресцин и спермидин были обнаружены в большинстве бактерий [21, с. 678, 22, с. 173].

Декарбокислирование аминокислот, т.е. отщепление от них карбоксильной группы — COOH , это наиболее часто встречающийся механизм синтеза аминов в пищевых продуктах. Таким образом, когда эти амины формируются с помощью микроорганизмов через данный механизм, они называются биогенными. Многие из них — гистамин, серотонин, норадреналин, адреналин, тирамин и др. биологически активные вещества, оказывающие воздействие на процессы торможения и возбуждения в коре головного мозга и подкорковых центрах, вызывают сдвиги кровяного давления расширением или сужением сосудов и др. изменения в организме [7, с. 14, 5,]

Наиболее важные БА — гистамин, путресцин, кадаверин, тирамин, триптамин, фенилэтиламин, спермин и спермидин. В зону риска накопления БА попадают пищевые продукты, кулинарная готовность которых, достигается низкотемпературными режимами обработки (холодное копчение, соление, вяление). К ним относятся — рыба и рыбные продукты (сельдь, скумбрия холодного копчения, пресервы и т.д.), мясные изделия (копченые, вяленые, сушеные), яйца, сыры, ферментированные овощи и продукция из соевых бобов (соевый соус), пиво и вино.

Факторами, влияющими на образование БА в продуктах, являются: доступность свободных аминокислот; наличие микроорганизмов, которые могут декарбокислировать аминокислоты; благоприятные условия для развития данной микрофлоры и продуцирования ее ферментов. Обычно БА образуются при порче и гниении пищевой продукции, при этом активно синтезируются свободные аминокислоты, но существует риск накопления токсической дозы гистамина (свыше 100 мг/кг продукта) еще до того, как появятся органолептические изменения свежести. Согласно

техническому регламенту таможенного союза допустимая доза гистамина в рыбной продукции (в том числе в рыбных консервах) из тунца, скумбрии, лосося и сельди, допускается не более 100 мг/кг. А в рыбопродуктах консервах из тех же видов рыб не более 40 мг/кг [6, с. 135, 190].

В настоящее время актуально применять стартовую микрофлору, но существует вероятность, что стартовые культуры могут не только помочь в решении ускорения технологии и повышения стандартизации качества и безопасности получаемой продукции, но и усугубить ситуацию. На данный момент процесс производства БА, посредством стартовой микрофлоры, называемый также аминокислотный синтез, изучен недостаточно, и поэтому, одним из аспектов создания и/или применения коммерческих стартовых культур, является скрининг микрофлоры на аминокислотный синтез.

Технологическая роль стартовых культур в связи с аминокислотным синтезом

Гигиеническое качество сырья и ингредиентов, это один из главных факторов для снижения микробного обсеменения и поэтому представляет критическую точку при контроле продуцирования БА в ферментированных мясных продуктах. Несмотря на необходимость гигиенической чистоты сырья, контроль аминокислотного синтеза эндогенных микроорганизмов более важен. Поэтому применение стартовых культур для предотвращения накопления БА наиболее приемлемый технологический прием, при условии, что стартовая микрофлора будет ингибировать рост аминокислотных микроорганизмов и при этом, сама не будет продуцировать БА.

Микроорганизмы трансформируют свободные аминокислоты в БА посредством фермента — аминокислотной декарбокислазы. Последняя была обнаружена в некоторых видах патогенных и непатогенных бактерий — *Enterobacteriaceae*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* и др. Среди приведенных микроорганизмов, молочнокислые бактерии (МКБ) и коагулазонегативные стафилококки (КНС), выбираются наиболее часто, как стартовые культуры.

Штаммы *Lactobacillus curvatus* и *Staphylococcus carnosus* были отмечены, как наиболее сильные продуценты БА [16, с. 524, 24, с. 306]. А *L. sakei*, *L. plantarum* и *S. xylophilus* обычно описываются как слабо или не продуцирующие микроорганизмы [11, с. 1546, 8, с. 43, 16, с. 524, 17, с. 693].

В таблице 1 приведены значения влияния аминокислотных МКБ и КНС на накопление БА, согласно которым снижение БА достигается от 9% до практически 100%.

Несмотря на изученность способности некоторых штаммов ингибировать БА, выполнение пошаговой оценки для потенциальной аминокислотной стартовой культуры в каждом случае необходимо проводить отдельно. Аминокислотная декарбокислаза может быть исследована используя молекулярные техники, способные обнаружить специфические гены, которые ее кодируют.

Таблица 1. Результаты работ по изучению влияния аминоконгативной стартовой микрофлоры на накопление биогенных аминов в ферментированных колбасах

Стартовые культуры	Степень снижения БА в %	Литературные источники
<i>Micrococcus carnosus</i> + <i>Lactobacillus plantarum</i> (Texel, France)	25% ТИ, 61% КА и 25% ПУ	[15, с. 2099]
<i>M. carnosus</i> + <i>Pediococcus pentosaceus</i> (Texel, France)	34% ТИ, 50% КА и 56% ПУ	
<i>Staphylococcus carnosus</i> LTH 2102	25% ТИ, 23% КА и 17% ПУ	[10, с. 35]
<i>L. sakei</i> CTC494 + <i>S. xylosus</i> CTC 3037	87% ТИ, 87% КА и 37% ПУ	[12, с. 1548]
<i>P. pentosaceus</i> + <i>S. xylosus</i>	66% ТИ, 49% КА и 30% ПУ	[18, с. 446]
<i>L. farciminis</i> + <i>S. saprophyticus</i>	83% ТИ, 99% ГИ, 99% КА и 66% ПУ	
<i>L. plantarum</i> VLT 73	47% КА	[13, с. 11242]
<i>L. sakei</i> 8426	25% КА	[9, с. 58]
<i>L. curvatus</i> 8427	9% ТИ и 29% ПУ	

И все таки, аминоконгативный потенциал выбранных штаммов должен быть согласован с помощью изучения фенотипической экспрессии этой активности *in vitro* (как процедура скрининга) и при проведении ферментации и созревания в промышленных условиях.

Заключение

Для применения стартовых культур, как коммерческих, так и коллекционных, при производстве сы-

ровяленных и сырокопченых колбас, необходимо анализировать: во-первых — способность стартовой микрофлоры формировать необходимое технологическое качество конечного продукта; во-вторых — свойство каждого отдельно взятого штамма продуцировать биогенные амины как в лабораторных условиях, так и в промышленных; в-третьих — способность анализируемых микроорганизмов ингибировать аминоконгающую микрофлору, развивающуюся при ферментации колбас.

Литература:

1. Интенсификация процесса изготовления сырокопченых колбас (инновационные технологии): монография/Н.В. Тимошенко, А.М. Патиева, А.А. Нестеренко, Н.В. Кенийз. — Краснодар: КубГАУ, 2015. — 163 с.
2. Нестеренко, А.А. Интенсификация роста стартовых культур при помощи электромагнитной обработки/А.А. Нестеренко, Н.В. Кенийз // Наука и мир. — 2015. — Т 2 — № 3 — с. 68–70.
3. Нестеренко, А.А. Ускорение технологии сырокопченых колбас/А.А. Нестеренко, Н.В. Кенийз // Наука и мир. — 2015. — Т 2 — № 3 — с. 71–74.
4. Нестеренко, А.А. Функционально-технологические свойства модельного фарша при действии стартовых культур/А.А. Нестеренко, Н.В. Кенийз // Наука и мир. — 2015. — Т 2 — № 3 — с. 75–77.
5. Северина, И.С. Амины биогенные // Большая советская энциклопедия. — 1978. 3-е изд. статья 2807.
6. ТР ТС № 021/2011. О безопасности пищевой продукции. — Введ. 2013–01–07. — с. 135, 190.
7. Юсупов, Е.В. Влияние эндогенных и экзогенных факторов на образование органических ксенобиотиков в сырье и продуктах животного происхождения: диссертация... кандидата биологических наук: 03.02.08/Юсупов Евгений Валериевич. — М., 2011. — 149 с. — Библиогр.: с. 122–132. — 04201160439.
8. Aymerich, T., Martín, B., Garriga, M., Vidal-Carou, M. C., Bover-Cid, S., Hugas, M. Safety properties and molecular strain typing of lactic acid bacteria from slightly fermented sausages // J. Appl. Microbiol. — 2006. — № 100. — с. 40–49.
9. Vaka, A. M., Papavergou, E. J., Pragalaki, T., Bloukas, J. G., Kotzekidou, P. Effect of selected autochthonous starter cultures on processing and quality characteristics of Greek fermented sausages // Food Sci. Technol. — 2011. — № 44. — с. 54–61.
10. Bover-Cid, S., and Holzapfel, W. Improved screening procedure for biogenic amine production by lactic acid bacteria // Int. J. Food Microbiol. — 1999. — № 53. — с. 33–41.
11. Bover-Cid, S., Hugas, M., Izquierdo-Pulido, M., Vidal-Carou, M. C. Amino acid-decarboxylase activity of bacteria isolated from fermented pork sausages // Int. J. Food Microbiol. — 2001. — № 66. — с. 185–189.
12. Bover-Cid, S., Izquierdo-Pulido, M., Vidal-Carou, M. C. Influence of hygienic quality of raw materials on biogenic amine production during ripening and storage of dry fermented sausages // J. Food Prot. — 2000. — № 63. — с. 1544–1550.

13. Coloretto, F., Chiavari, C., Armaforte, E., Carri, S., Castagnetti, B. Combined use of starter cultures and preservatives to control production of biogenic amines and improve sensorial profile in low acid salami // J. Agric. Food Chem. — 2008. — № 56. — с. 11238–11244.
14. DeKetelaere, A., Demeyer, D. I., Vanderkerhove, P., Verweeke, L. Stoichiometry of carbohydrate fermentation during dry sausage ripening // Journal of Food Science. — 1974. — № 39. — с. 297–300.
15. Hernández-Jover, T., Izquierdo-Pulido, M., Veciana-Nogués, M. T., Mariné-Font, A., Vidal-Carou, M. C. Biogenic amine and polyamine contents in meat and meat products // J. Agric. Food Chem. — 1997. — № 45. — с. 2098–2102.
16. Latorre-Moratalla, M. L., Bover-Cid, S., Talon, R., Garriga, M., Aymerich, T., Zanardi, E., Ianieri, A., Fraqueza, M. J., Elias, M., Drosinos, E. H., Lauková, A., Vidal-Carou, M. C. Distribution of aminogenic activity among potential autochthonous starter cultures // J. Food Prot. — 2010. — № 73. — С. 524–525.
17. Linares, D. M., Martín, M. C., Ladero, V., Álvarez, M. A., Fernández, M. Biogenic amines in dairy products // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. — 2011. — № 51. — с. 691–703.
18. Lu, S., Xu, X., Zhou, G., Zhu, Z., Meng, Y., Sun, Y. Effect of starter cultures on microbial ecosystem and biogenic amines in fermented sausage // Food Control. — 2010. — № 21.-С. 444–449.
19. Ordóñez, J. A., Hierro, E. M., Bruna, J. M., de la Hoz, L. Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening-critical // Review in Food Science and Nutrition. — 1999. — № 39. — с. 329–367.
20. Santos, M.H. S. Biogenic amines: their importance in foods // International Journal of Food Microbiology. — 1996. — № 29. — с. 213–231.
21. Shalaby, A.R. Significance of biogenic amines to food safety and human health // Food Research International. — 1996. — № 29. — с. 675–690.
22. Smith, T.A. Amines in food // Food Chem. — 1980. — № 6. — С. 169–200.
23. Suzzi, G., Gardini, F. Biogenic amines in dry fermented sausages: a review // International Journal of Food Microbiology. — 2003. — № 88. — С. 41–54.
24. Talon, R., Leroy, S. Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentation // Meat Science. — 2011. — № 89. — С. 303–309.

Идентификация геометрических параметров роботов

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор;

Юртаев Рустам Ильгизович, студент;

Чудинов Владислав Александрович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Рассмотрена кинематическая модель манипулятора робота, автоматизация разгрузочных операций.

Ключевые слова: манипулятор робот, модель, уравнение.

Identification of geometric parameters of robots

Poyezzhayeva Elena Vyacheslavovna;

Yurtaev Rustam Ilgizovich;

Chudinov Vladislav Alexandrovich

Необходимость в сокращении времени внутрипроизводственной логистики, вредная для здоровья среда, тяжелый человеческий труд вызывает потребность в автоматизации процессов паллетирования. Скорость и точность работы роботов-паллетайзеров, несравнимы с человеческим трудом, а эффективность и универсальность значительно выше, чем у стандартной машины для паллетирования.

Предприятия легкой и пищевой промышленности заинтересованы в быстрой и качественной упаковке продукции с конвейера. Машины оснащены гибкой рукой-манипулятором, которая позволяет им с ловкостью и осторожностью упаковывать даже самые хрупкие предметы. Робот-упаковщик действует таким образом: просматривает движение конвейера, определив изделие, получает сигнал на электронный блок управления, а тот, в свою очередь,

подает команду механической руке взять изделие. Все движения робота совершаются по программе. Это способствует качественному и быстрому процессу упаковки объектов. Целью данной разработки является определение оптимального по быстродействию управления движения схвата манипулятора.

Положение и ориентация рабочего органа робота зависит от значений обобщенных координат и геометрических параметров, которые задают расстояния и углы поворота между осями шарниров. Реальные значения этих параметров, как правило, отличаются от номинальных значений, что является результатом неточности изготовления или столкновений робота с предметами в процессе эксплуатации. Это приводит к невозможности переноса программ от одного робота к другому (такого же либо иного типа) без перепрограммирования положений, используемых в задании.

Рассмотрим кинематическую модель манипулятора робота, которая представляет собой разомкнутую кинематическую цепь, состоящую из

$n+1$ не деформируемых звеньев. Звенья нумеруем так, что основание имеет номер 0, а рабочий орган (схват) имеет номер n . С каждым i -ым звеном жестко связывается координатная система x_i, y_i, z_i , при этом вектор z_{i-1} направлен вдоль оси i -го шарнира. В соответствии с методом Денавита-Хартенберга взаимное расположение координатных систем определяется значениями параметров $(\theta_i, r_i, d_i, \alpha_i)$. Шарнирная переменная q_i равна θ_i в случае вращательного сочленения или равна r_i для призматического сочленения.

Пусть ${}^{i-1}T_i$ — матрица, определяющая координаты системы, связанно с i звеном, по отношению к координатной системе, связанной с $i-1$ звеном. Можно показать, что ${}^{i-1}T_i = \text{Rot}(z, \theta_i) \text{Trans}(z, r_i) \text{Trans}(x, d_i) \text{Rot}(x, \alpha_i)$, где $\text{Rot}(u, \Psi)$ — матрица размером 4×4 , угол Ψ вокруг вектора \vec{u} ; $\text{Trans}(u, l)$ — матрица размером 4×4 , обозначающая перемещение на расстоянии l вдоль вектора \vec{u} .

Положение и ориентация рабочего органа робота по отношению к опорной координатной системе определяется выражением

$$W = {}^0T_0 \circ {}^1T_1 \dots \circ {}^{n-1}T_n = {}^0T_n,$$

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. // Теория механизмов и механика систем машин. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. / Е. В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Перм. Гос. техн. ун-та, 2009. - Ч. 2 — 185.
2. Поезжаева, Е. В. // Теория механизмов и механика систем машин. Учеб. Пособия / Е. В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета. 2014. — 400
3. Поезжаева, Е. В. // Теория механизмов и механика систем машин. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. / Е. В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Перм. Гос. техн. ун-та, 2009. - Ч. 3 — 164.

где преобразование 0T_n определяет координаты связанной с основанием системы координат по отношению к опорной системе, которое в свою очередь зависит от четырех констант $\theta_0, r_0, d_0, \alpha_0$.

Положение начала системы координат, связанной с рабочим органом, может быть задано в виде

$$\vec{P}_n = \vec{f}(\vec{B}).$$

Для определения \vec{B} пользуются линеаризованной моделью, тогда используя достаточное число точек, составляют уравнения, Из этих уравнений методом наименьших квадратов можно определить искомые значения dB .

Вводятся уравнения и, таким образом, определив вектор \vec{dB} , можно повысить точность робота за счет использования более точных геометрических параметров при решении обратной кинематической задачи. Справедливо соотношение

$$B_i = B_{oi} + dB_i,$$

которое можно использовать для всех параметров, если обратная кинематическая задача решается с помощью изменяемой кинематической модели робота и имеется возможность подстраивать любой из параметров.

Если обратная кинематическая задача решается с использованием обратной геометрической модели на основе значений параметров B_o , то в модели уточняются только следующие параметры:

- 1) отклонения показаний датчиков;
- 2) параметры матриц для обратной геометрической модели.

Ошибки положения и ориентации могут быть компенсированы в соответствии с уравнением

$$dW = \frac{\partial W}{\partial \vec{B}^T} d\vec{B},$$

где \vec{B} содержит только параметры, которые не могут быть изменены в модели.

Направлением исследовательской работы является автоматизация разгрузочных операций, разработка специализированного языка программирования, благодаря использованию которого компенсируются ошибки ориентации схвата и увеличивается быстродействие робота.

Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ

Россохин Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

Проблема расширения использования топлив не нефтяного происхождения в автомобильных и тракторных дизелях с каждым годом становится все более актуальной. И эта тенденция характерна не только для нашей страны, но и для мирового двигателестроения в целом. На сегодняшний день специалисты выделяют несколько наиболее перспективных, с точки зрения замены нефтяного, топлив, в том числе газомоторные, спиртовые топлива и топлива, получаемые на основе переработки растительного сырья. Наиболее дешевым из всех видов альтернативных топлив остается природный газ, поскольку он не требует дорогостоящей переработки и подготовки к использованию в ДВС, а объемы его запасов позволяют уверенно говорить о длительной перспективе его применения.

Несмотря на необходимость внедрения ряда технических решений и особенности применения природного газа в дизелях, изначально созданных для работы только на дизельном топливе, КППГ имеет целый ряд преимуществ, в том числе и с точки зрения снижения отрицательной нагрузки на окружающую среду.

Результаты анализа отечественных наработок, а также мирового опыта и известные данные других исследователей дают все основания предполагать, что при учете отличительных физико-химических свойств КППГ можно добиться эффективной организации рабочего процесса в существующих и выпускаемых дизелях.

В соответствии с методикой стендовых испытаний, разработанной на кафедре тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, нами были проведены испытания дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 по исследованию влияния применения природного газа на его экологические показатели.

Изменение экологических показателей наддувного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при работе по дизельному и газодизельному процессам при частоте вращения $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ \text{ п.к.в.}$ представлено на рис. 1, а.

Из представленных графиков видно, что при работе по дизельному процессу при увеличении нагрузки от 0,12 до 0,88 МПа содержание оксидов азота NO_x в ОГ возрастает от 160 до 185 ppm, т.е. на 15,6%, содержание углеводородов СН при этом снижается с 0,025 до 0,010%, т.е. в 2,5 раза, дымность ОГ возрастает от 0,9 до 2,6 ед. по шкале Bosch, т.е. в 2,9 раза, при этом содержание оксида углерода СО сначала возрастает от 0,035% при $p_e = 0,12 \text{ МПа}$ до 0,049% при $p_e = 0,7 \text{ МПа}$, т.е. на 40%, а затем снижается до 0,047% при $p_e = 0,88 \text{ МПа}$.

При работе по газодизельному процессу при изменении нагрузки от 0,12 до 0,85 МПа содержание NO_x в ОГ

возрастает от 165 до 170 ppm, т.е. на 3%, содержание СН снижается с 1,6 до 0,2%, т.е. в 8 раз, дымность ОГ практически не изменяется и составляет около 0,1 ед. по шкале Bosch, а содержание СО сначала возрастает от 0,059% при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 0,066% при $p_e = 0,3 \text{ МПа}$, т.е. на 11,9%, а затем снижается до 0,039% при $p_e = 0,85 \text{ МПа}$, т.е. на 40,9%.

При переходе с дизельного на газодизельный процесс при номинальной нагрузке $p_e = 0,84 \text{ МПа}$ и значении установочного $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ \text{ п.к.в.}$, принятого нами за оптимальный, содержание NO_x в ОГ снижается со 183 до 170 ppm, т.е. на 8%, дымность снижается с 2,5 до 0,1 ед. по шкале Bosch, т.е. на 96%, содержание СО снижается с 0,047 до 0,039%, т.е. в 1,2 раза, при этом содержание СН в ОГ возрастает от 0,01 до 0,20%, т.е. в 20 раз.

Следует отметить, что при переходе на газодизельный процесс возрастает содержание углеводородов СН в ОГ в несколько раз, особенно на режиме малой нагрузки. Это связано с тем, что при значительном обеднении смеси на режимах малых нагрузок ухудшается процесс сгорания топливовоздушной смеси.

При этом происходит увеличение процентного содержания продуктов неполного сгорания в ОГ. Также при работе по газодизельному процессу возрастает содержание оксида углерода СО в ОГ, особенно на режимах малых нагрузок. Так, при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ содержание СО в ОГ дизеля составляет 0,035%, а газодизеля — 0,059%, что на 63,9% больше. Однако при $p_e = 0,7 \text{ МПа}$ содержание СО в ОГ дизеля и газодизеля становится практически одинаковым, а при дальнейшем увеличении нагрузки содержание СО в ОГ газодизеля становится меньше, чем у дизеля.

Изменение экологических показателей дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при частоте вращения $n = 1900 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ \text{ п.к.в.}$ представлено на рис. 1, б.

При работе по дизельному процессу при изменении нагрузки от 0,13 до 0,92 МПа содержание NO_x в ОГ возрастает от 169 до 230 ppm, т.е. на 36,1%, содержание СН снижается с 0,024 до 0,008%, т.е. в 3 раза, дымность ОГ возрастает от 0,5 до 2,0 ед. по шкале Bosch, т.е. в 4 раза, содержание СО сначала возрастает, достигая максимума 0,047% при $p_e = 0,45 \text{ МПа}$, а затем плавно снижается и при $p_e = 0,92 \text{ МПа}$ составляет уже 0,041%, т.е. снижение составило 12,8%.

При работе по газодизельному процессу при изменении нагрузки от 0,13 до 0,85 МПа содержание NO_x в ОГ возрастает от 166 до 190 ppm, т.е. на 14,5%, содержание СН снижается с 0,53 до 0,17%, т.е. в 3,1 раза, дымность

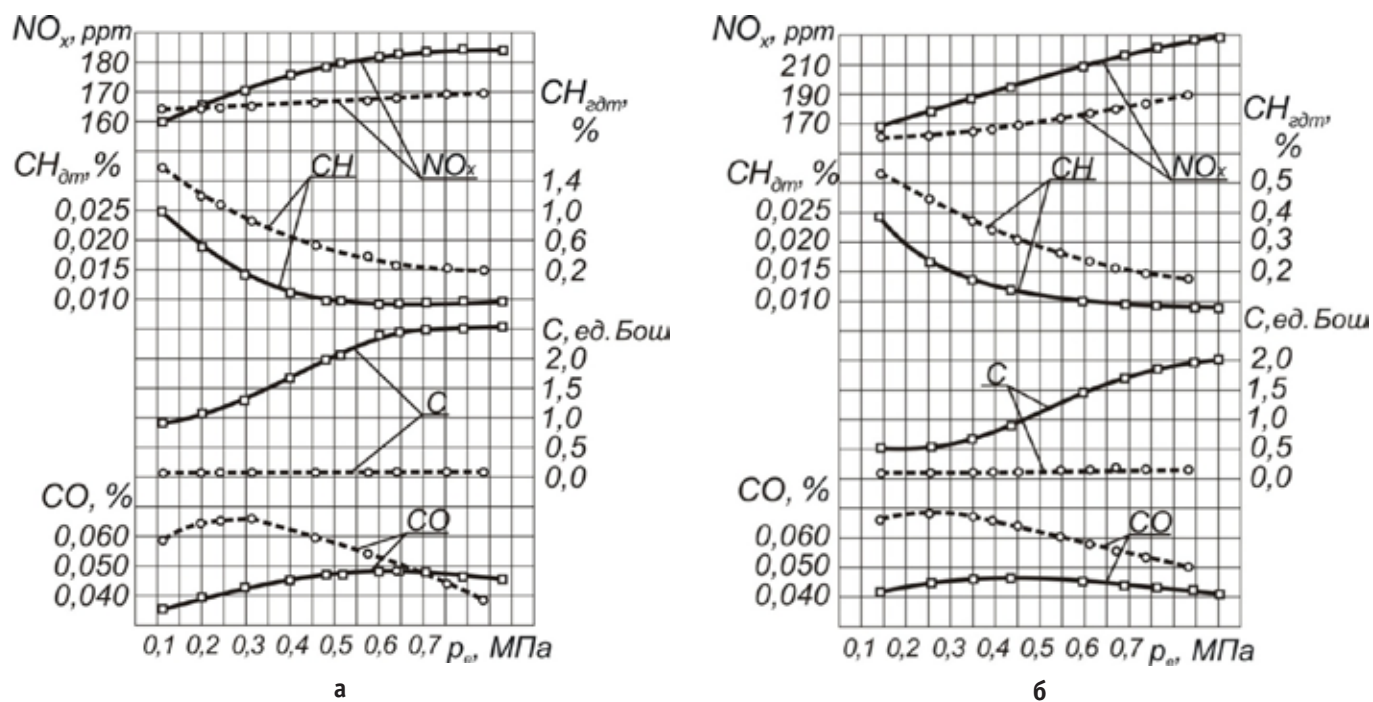


Рис. 1. Влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ \text{ п. к. в.}$: а — $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$; б — $n = 1900 \text{ мин}^{-1}$; — — — — — газодизельный процесс; — — — — — дизельный процесс

ОГ газодизеля практически постоянна и не зависит от нагрузки и составляет 0,1...0,2 ед. по шкале Bosch, содержание CO при этом снижается с 0,066 до 0,050%, т. е. в 1,3 раза.

При $p_e = 0,84 \text{ МПа}$ содержание оксидов азота NO_x при переходе с дизельного на газодизельный процесс снижается с 228 до 190 ppm, то есть на 16,7%, содержание CO возрастает с 0,042 до 0,050%, то есть на 19%. Дымность ОГ снижается с 2 до 0,1 ед. по шкале Bosch, т. е. на 95%, при этом содержание CH в ОГ возрастает 0,009

до 0,17%, т. е. в 18,8 раза. Такое значительное снижение содержания сажи в ОГ газодизеля можно объяснить тем, что газодизель с турбонаддувом работает с высоким коэффициентом избытка воздуха, сильной турбулизацией заряда, обеспечивающими практически полное выгорание сажевых частиц в зонах КС с высокой температурой и избытком окислителя. Проблему повышенного содержания в ОГ несгоревших углеводородов CH можно решить путем установки каталитического нейтрализатора ОГ.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Исследование процессов сажеобразования и сажесодержания в цилиндре быстроходного дизеля с турбонаддувом Д-245.12С при работе на компримированном природном газе // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 223–226.
2. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Оценка влияния режимов работы дизеля Д-245.12С на дымность отработавших газов при работе на нефтяном и альтернативных топливах // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 226–229.
3. Софронов, М. В., Россохин А. В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 104–107.
4. Софронов, М. В., Тимшин Д. И., Россохин А. В. Влияние применения ЭТЭ на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 107–109.
5. Россохин, А. В. Показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от угла поворота коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 98–101.

6. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Особенности теплообмена излучением в цилиндре дизелей при работе на газомоторном топливе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10—1. с. 14—17.
7. Кузьмин, В. А., Заграй И. А., Россохин А. В., Рукавишникова Р. В. Определение размеров частиц сажи на различных участках системы выпуска дизеля // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 11—12. с. 3—10.
8. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Снижение выбросов сажи с отработавшими газами дизелей путем применения альтернативных топлив // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 13—16.
9. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этанолю-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16—19.
10. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26—27.
11. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2006.
12. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Киров, 2006.
13. Лиханов, В. А., Лопарев А. А., Рудаков Л. В., Россохин А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 12. с. 15—19.
14. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Олейник М. А., Рудаков Л. В. Улучшение экологических показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 9. с. 8—10.

Влияние применения этанолю-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от установочного УОВТ

Россохин Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

На рисунке 1 представлено изменение эффективных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от установочного УОВТ на номинальном режиме ($n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$) и на режиме максимального крутящего момента ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$). Рассмотрим показатели при различных значениях установочного УОВТ.

Анализируя исследуемые показатели при работе на ДТ на номинальном режиме ($n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$), можно отметить следующее. При постоянном значении часового расхода топлива $G_{т \text{ ДТ}} = 13,4 \text{ кг/ч}$ и значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ$ до ВМТ эффективная мощность N_e составляет 53,8 кВт, значение удельного эффективного расхода ДТ $g_{e \text{ ДТ}}$ составляет 249 г/(кВт·ч). При увеличении значения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 23^\circ$ до ВМТ эффективная мощность N_e увеличивается до 55,8 кВт, а значение удельного эффективного расхода ДТ $g_{e \text{ ДТ}}$ снижается до 240 г/(кВт·ч). При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 26^\circ$ до ВМТ эффективная мощность N_e снижается до 55,0 кВт, значение удельного эффективного расхода ДТ $g_{e \text{ ДТ}}$ увеличивается до 244 г/(кВт·ч). При дальнейшем увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 29^\circ$ до ВМТ наблюдается снижение эф-

фективной мощности до $N_e = 53,6 \text{ кВт}$ и увеличение удельного эффективного расхода ДТ до $g_{e \text{ ДТ}} = 250 \text{ г/(кВт·ч)}$.

Из графиков видно, что при работе дизеля на номинальном режиме на ДТ эффективная мощность достигает максимального значения $N_e = 55,8 \text{ кВт}$ при значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 23^\circ$ до ВМТ. Значение удельного эффективного расхода ДТ при этом минимально и составляет $g_{e \text{ ДТ}} = 240 \text{ г/(кВт·ч)}$.

Рассмотрим эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на номинальном режиме ($n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$) на ЭТЭ. При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}} = 20^\circ$ до ВМТ, постоянном значении часового расхода топлива $G_{т \text{ ЭТЭ}} = 16,3 \text{ кг/ч}$ и значении часового расхода ДТ в составе эмульсии $G_{т \text{ ДТ прив.}} = 11,0 \text{ кг/ч}$ эффективная мощность N_e составляет 55,1 кВт. Удельный эффективный расход топлива $g_{e \text{ ЭТЭ}}$ составляет 296 г/(кВт·ч), удельный эффективный расход ДТ в составе эмульсии $g_{e \text{ ДТ прив.}}$ составляет 200 г/(кВт·ч). При увеличении значения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}} = 23^\circ$ до ВМТ эффективная мощность N_e увеличивается до 55,8 кВт, значение удельного эффективного расхода топлива $g_{e \text{ ЭТЭ}}$ снижается до 292 г/(кВт·ч), значение удельного эффективного расхода ДТ в составе эмульсии $g_{e \text{ ДТ прив.}}$ снижа-

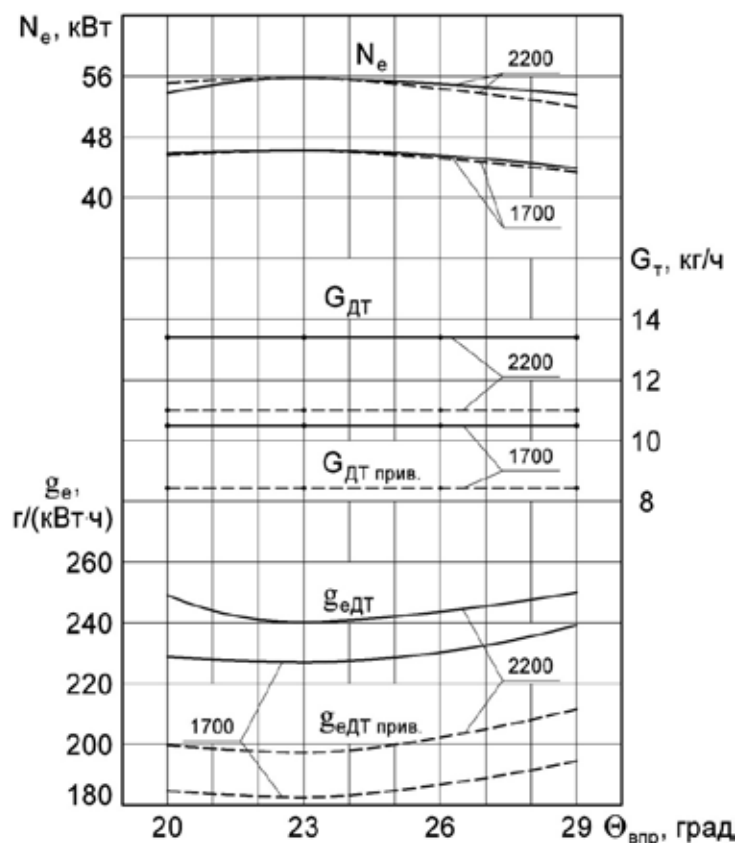


Рис. 1. Изменение эффективных показателей дизеля 4С 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от установочного УОВТ при $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$; $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$: — — ДТ; — — — ЭТЭ

ется до $197 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр.этэ}} = 26^\circ$ до ВМТ эффективная мощность N_e снижается до $54,4 \text{ кВт}$, значение удельного эффективного расхода топлива $g_{e\text{этэ}}$ увеличивается до $300 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$, значение удельного эффективного расхода ДТ в составе эмульсии $g_{e\text{дт прив.}}$ увеличивается до $202 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. При дальнейшем увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр.этэ}} = 29^\circ$ до ВМТ происходит снижение эффективной мощности до $N_e = 52,0 \text{ кВт}$, увеличение удельного эффективного расхода топлива до $g_{e\text{этэ}} = 313 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$, увеличение удельного эффективного расхода ДТ в составе эмульсии до $g_{e\text{дт прив.}} = 212 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$.

Из графиков следует, что при работе на ЭТЭ эффективная мощность достигает максимального значения $N_e = 55,8 \text{ кВт}$ при значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр.дт}} = 23^\circ$ до ВМТ. Значение удельного эффективного расхода ДТ в составе ЭТЭ при этом минимально и составляет $g_{e\text{дт прив.}} = 197 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. При работе дизеля на ЭТЭ наблюдается увеличение значений G_T и g_e при всех значениях установочных УОВТ. Это связано с меньшей теплотворной способностью ЭТЭ по сравнению с ДТ.

Анализируя эффективные показатели при работе на ДТ на частоте вращения, соответствующей режиму максимального крутящего момента ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$), можно отметить следующее. При постоянном значении часового расхода топлива $G_{T\text{дт}} = 10,5 \text{ кг}/\text{ч}$ и значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр.дт}} = 20^\circ$ до ВМТ эффективная мощность

N_e составляет $45,9 \text{ кВт}$, значение удельного эффективного расхода ДТ $g_{e\text{дт}}$ составляет $229 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. При увеличении значения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр.дт}} = 23^\circ$ до ВМТ эффективная мощность N_e увеличивается до $46,2 \text{ кВт}$, а значение удельного эффективного расхода ДТ $g_{e\text{дт}}$ снижается до $227 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр.дт}} = 26^\circ$ до ВМТ эффективная мощность N_e снижается до $45,6 \text{ кВт}$, значение удельного эффективного расхода ДТ $g_{e\text{дт}}$ увеличивается до $230 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. Увеличение установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр.дт}} = 29^\circ$ до ВМТ приводит к снижению эффективной мощности до $N_e = 43,9 \text{ кВт}$ и увеличению удельного эффективного расхода ДТ до $g_{e\text{дт}} = 239 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$.

Таким образом, при работе на ДТ на частоте вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ эффективная мощность достигает максимального значения $N_e = 46,2 \text{ кВт}$ при значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр.дт}} = 23^\circ$ до ВМТ, как и на номинальной частоте вращения. Значение удельного эффективного расхода ДТ при этом минимально и составляет $g_{e\text{дт}} = 227 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$.

Рассмотрим эффективные показатели дизеля 4С 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ на частоте вращения коленчатого вала, соответствующей режиму максимального крутящего момента ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$). При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр.этэ}} = 20^\circ$ до ВМТ, постоянном значении часового расхода топлива $G_{T\text{этэ}} = 12,5 \text{ кг}/\text{ч}$ и зна-

чении часового расхода ДТ в составе эмульсии $G_{\text{дт прив.}} = 8,44$ кг/ч эффективная мощность N_e составляет 45,7 кВт. Удельный эффективный расход топлива $g_{e \text{ этэ}}$ составляет 274 г/(кВт·ч), удельный эффективный расход ДТ в составе эмульсии $g_{e \text{ дт прив.}} = 185$ г/(кВт·ч). При увеличении значения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр этэ}} = 23^\circ$ до ВМТ эффективная мощность N_e возрастает до 46,2 кВт, значение удельного эффективного расхода топлива $g_{e \text{ этэ}}$ снижается до 270 г/(кВт·ч), значение удельного эффективного расхода ДТ в составе эмульсии $g_{e \text{ дт прив.}}$ снижается до 183 г/(кВт·ч). При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр этэ}} = 26^\circ$ до ВМТ эффективная мощность N_e снижается до 45,2 кВт, значение удельного эффективного расхода топлива $g_{e \text{ этэ}}$ увеличивается до 277 г/(кВт·ч), значение удельного эффективного расхода ДТ в составе эмульсии $g_{e \text{ дт прив.}}$ увеличивается до 187 г/(кВт·ч). При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр этэ}} = 29^\circ$ до ВМТ наблюдается снижение эффективной мощности до $N_e = 43,4$ кВт, уве-

личение удельного эффективного расхода топлива до $g_{e \text{ этэ}} = 288$ г/(кВт·ч), увеличение удельного эффективного расхода ДТ в составе эмульсии до $g_{e \text{ дт прив.}} = 194$ г/(кВт·ч).

Из графиков следует, что при работе на ЭТЭ эффективная мощность достигает максимального значения $N_e = 46,2$ кВт при значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр этэ}} = 23^\circ$ до ВМТ. Значения удельных эффективных расходов топлива при этом минимальны.

Анализ регулировочной характеристики в зависимости от изменения установочного УОВТ позволяет сделать вывод, что, исходя из минимального значения удельного эффективного расхода топлива g_e и минимального удельного эффективного расхода ДТ в составе эмульсии $g_{e \text{ дт прив.}}$ при работе на ДТ и ЭТЭ оптимальным является значение установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ до ВМТ. Увеличение установочного УОВТ, равно как и его уменьшение, сопровождается ухудшением показателей экономичности дизеля. Это утверждение справедливо для всех режимов работы.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Исследование процессов сажеобразования и сажесодержания в цилиндре быстрогоходного дизеля с турбонаддувом Д-245.12С при работе на компримированном природном газе // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 223–226.
2. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Оценка влияния режимов работы дизеля Д-245.12С на дымность отработавших газов при работе на нефтяном и альтернативных топливах // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 226–229.
3. Софронов, М. В., Россохин А. В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 104–107.
4. Софронов, М. В., Тимшин Д. И., Россохин А. В. Влияние применения ЭТЭ на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 107–109.
5. Россохин, А. В. Показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от угла поворота коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 98–101.
6. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Особенности теплообмена излучением в цилиндре дизелей при работе на газомоторном топливе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10–1. с. 14–17.
7. Кузьмин, В. А., Заграй И. А., Россохин А. В., Рукавишникова Р. В. Определение размеров частиц сажи на различных участках системы выпуска дизеля // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 11–12. с. 3–10.
8. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Снижение выбросов сажи с отработавшими газами дизелей путем применения альтернативных топлив // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 13–16.
9. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16–19.
10. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
11. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2006.
12. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Киров, 2006.

13. Лиханов, В. А., Лопарев А. А., Рудаков Л. В., Россохин А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 12. с. 15–19.
14. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Олейник М. А., Рудаков Л. В. Улучшение экологических показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 9. с. 8–10.

Результаты исследований влияния применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от установочного УОВТ

Россохин Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

Изменение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от установочного УОВТ на режиме максимального крутящего момента ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$) представлено на рисунке 1. Для комплексной оценки влияния применения ЭТЭ на экологические показатели дизеля, рассмотрим содержание токсичных компонентов в ОГ при различных значениях установочного УОВТ на обоих видах топлива.

Как видно из графиков, при работе дизеля на режиме максимального крутящего момента на ДТ и значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр дт}} = 20^\circ$ до ВМТ содержание диоксида углерода CO_2 в ОГ составляет 6,7%, содержание несгоревших углеводородов СН в ОГ составляет 0,022%. При работе на данном режиме содержание оксидов азота NO_x в ОГ составляет 887 ppm, содержание оксида углерода СО в ОГ составляет 0,26%. Дымность ОГ составляет 3,0 ед. по шкале Bosch. При работе на ДТ и значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр дт}} = 23^\circ$ до ВМТ содержание CO_2 в ОГ составляет 7,5%, содержание несгоревших углеводородов СН в ОГ составляет 0,045%. Содержание NO_x в ОГ составляет 1090 ppm, содержание оксида углерода СО в ОГ составляет 0,25%. Дымность ОГ при $\Theta_{\text{впр дт}} = 23^\circ$ до ВМТ снижается до значения 2,6 ед. по шкале Bosch. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр дт}} = 26^\circ$ до ВМТ содержание CO_2 в ОГ составляет 7,4%, содержание СН в ОГ составляет 0,048%. При данном значении установочного УОВТ содержание оксидов азота NO_x в ОГ дизеля возрастает до значения 1180 ppm, содержание СО в ОГ возрастает до 0,27%. Дымность ОГ составляет 2,8 ед. по шкале Bosch.

Анализ графиков показывает, что в случае увеличения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр дт}} = 29^\circ$ до ВМТ при работе на ДТ содержание CO_2 в ОГ снижается до значения 6,6%, содержание СН в ОГ составляет 0,06%. Содержание NO_x в ОГ несколько снижается и составляет 1150 ppm, а содержание оксида углерода СО в ОГ возрастает до 0,31%. Дымность ОГ при $\Theta_{\text{впр дт}} = 29^\circ$ до ВМТ увеличивается до 3,6 ед. по шкале Bosch.

Рассмотрим значения экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ. При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр этэ}} = 20^\circ$ до ВМТ содержание CO_2 в ОГ составляет 8,6%, содержание углеводородов СН в ОГ составляет 0,24%. При работе на данном режиме содержание NO_x в ОГ составляет 715 ppm, содержание СО в ОГ составляет 0,17%. Дымность ОГ составляет 1,0 ед. по шкале Bosch. При работе на ЭТЭ и значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр этэ}} = 23^\circ$ до ВМТ содержание CO_2 в ОГ составляет 8,9%, содержание СН в ОГ составляет 0,18%. Содержание NO_x в ОГ составляет 730 ppm, а содержание СО в ОГ составляет 0,15%. Дымность ОГ при $\Theta_{\text{впр этэ}} = 23^\circ$ до ВМТ снижается до 0,9 ед. по шкале Bosch. При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр этэ}} = 26^\circ$ до ВМТ содержание диоксида углерода CO_2 в ОГ составляет 8,5%, содержание несгоревших углеводородов СН в ОГ составляет 0,15%. При работе на данном режиме содержание оксидов азота NO_x в ОГ составляет 830 ppm, содержание оксида углерода СО в ОГ составляет 0,18%. Дымность ОГ при $\Theta_{\text{впр этэ}} = 26^\circ$ до ВМТ составляет 1,3 ед. по шкале Bosch. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр этэ}} = 29^\circ$ до ВМТ содержание CO_2 в ОГ снижается до значения 6,9%, содержание СН в ОГ составляет 0,16%. При $\Theta_{\text{впр этэ}} = 29^\circ$ содержание оксидов азота NO_x в ОГ увеличивается до 975 ppm, содержание СО в ОГ также возрастает до 0,21%. Дымность ОГ составляет 2,4 ед. по шкале Bosch.

Рассмотрим значения экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при переходе с ДТ на ЭТЭ на режиме максимального крутящего момента при значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ до ВМТ.

Анализ зависимостей показывает, что при работе на ДТ содержание диоксида углерода CO_2 в ОГ составляет 7,5%, при переходе на ЭТЭ содержание CO_2 в ОГ составляет 8,9%. Происходит увеличение в 1,2 раза. Содержание углеводородов СН при работе дизеля на ДТ равно 0,045%, а при работе на ЭТЭ содержание СН составляет 0,18%. Происходит увеличение в 4,0 раза. Концентрация оксидов азота NO_x в ОГ при работе дизеля на ЭТЭ ниже, чем при работе на ДТ. На режиме максимального кру-

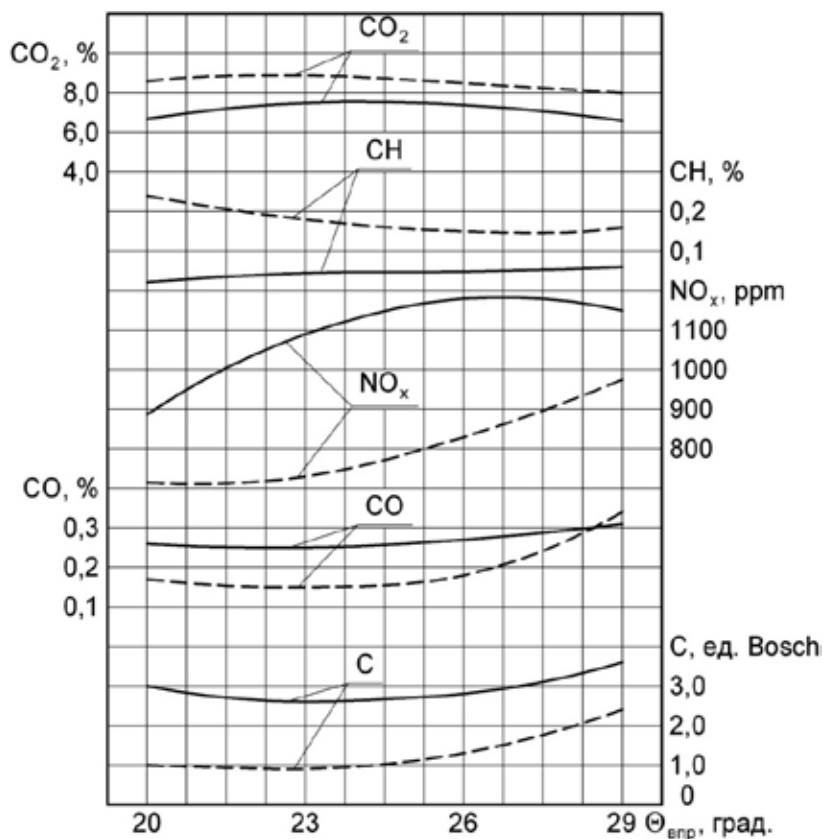


Рис. 1. Изменение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от установочного УОВТ при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$: — — ДТ; — — — ЭТЭ

тящего момента содержание NO_x снижается с 1090 ppm при работе на ДТ до 730 ppm при работе на ЭТЭ. Происходит снижение содержания NO_x в 1,5 раза. Содержание CO в ОГ при работе на ЭТЭ ниже, чем при работе на ДТ: 0,15% и 0,25% соответственно. Происходит снижение в 1,7 раза. Дымность ОГ при работе на альтернативном топливе ЭТЭ значительно ниже, чем при работе на ДТ. На режиме максимального крутящего момента дымность ОГ снижается с 2,6 ед. по шкале Bosch при работе на ДТ до 0,9 ед. по шкале Bosch при работе на ЭТЭ. Происходит снижение дымности ОГ на 1,7 ед. по шкале Bosch.

Спирты характеризуются более высокой активностью при горении по сравнению с углеводородами. Основной причиной этого является диссоциация этанола в условиях высоких температур, которая ведет к образованию ак-

тивных радикалов, облегчающих начало цепной реакции и активизирующих процесс окисления топлива. Диссоциация молекул спирта на радикалы при вводе его в зону горения приводит к значительному снижению концентрации сажи в продуктах сгорания.

Анализ регулировочных характеристик показал, что при переходе с ДТ на ЭТЭ при всех значениях установочного УОВТ наблюдается существенное снижение дымности ОГ, что связано с особенностями сгорания эмульгированного топлива в цилиндре дизеля. При работе дизеля 4Ч 11,0/12,5 на ДТ и ЭТЭ минимальные значения дымности ОГ достигаются при значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ до ВМТ. Это утверждение справедливо при работе на номинальном режиме и на режиме максимального крутящего момента.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Исследование процессов сажеобразования и сажесодержания в цилиндре быстрогоходного дизеля с турбонаддувом Д-245.12С при работе на компримированном природном газе // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 223–226.
2. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Оценка влияния режимов работы дизеля Д-245.12С на дымность отработавших газов при работе на нефтяном и альтернативных топливах // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 226–229.
3. Софронов, М. В., Россохин А. В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 104–107.

4. Софронов, М. В., Тимшин Д. И., Россохин А. В. Влияние применения ЭТЭ на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 107–109.
5. Россохин, А. В. Показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от угла поворота коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 98–101.
6. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Особенности теплообмена излучением в цилиндре дизелей при работе на газомоторном топливе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10–1. с. 14–17.
7. Кузьмин, В. А., Заграй И. А., Россохин А. В., Рукавишников Р. В. Определение размеров частиц сажи на различных участках системы выпуска дизеля // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 11–12. с. 3–10.
8. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Снижение выбросов сажи с отработавшими газами дизелей путем применения альтернативных топлив // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 13–16.
9. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этанолю-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16–19.
10. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
11. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2006.
12. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Киров, 2006.
13. Лиханов, В. А., Лопарев А. А., Рудаков Л. В., Россохин А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 12. с. 15–19.
14. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Олейник М. А., Рудаков Л. В. Улучшение экологических показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 9. с. 8–10.

Влияние применения этанолю-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от установочного УОВТ

Россохин Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

На рисунке 1, а представлено изменение показателей процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от установочного УОВТ на номинальном режиме ($n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$). Для комплексной оценки влияния применения ЭТЭ на показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и ОГ дизеля, рассмотрим исследуемые показатели при различных значениях установочного УОВТ на обоих видах топлива. При работе на ДТ и значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр.дт}} = 20^\circ$ до ВМТ максимальное значение осредненной температуры цикла T_{max} составляет 2076 К, максимальное значение давления газов в цилиндре $p_{z \text{ max}}$ составляет 7,9 МПа. Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпуск-

ного клапана $C_{\text{вых дт расч}} = 0,203 \text{ г/м}^3$ ($\varphi_{C_{\text{вых}}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ), расчетное количество частиц сажи в единице объема цилиндра дизеля на момент открытия выпускного клапана $N_{\text{вых дт расч}} = 3,181 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$. При работе на ДТ и значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр.дт}} = 23^\circ$ до ВМТ максимальное значение осредненной температуры цикла T_{max} составляет 2115 К, максимальное значение давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 8,4 МПа. Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых дт расч}} = 0,146 \text{ г/м}^3$, расчетное количество частиц сажи в единице объема в цилиндре дизеля на момент открытия выпускного клапана $N_{\text{вых дт расч}} = 2,291 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$. Массовая концентрация сажи, полученная опытным путем, $C_{\text{вых дт опыт}}$ составляет 0,155 г/м³.

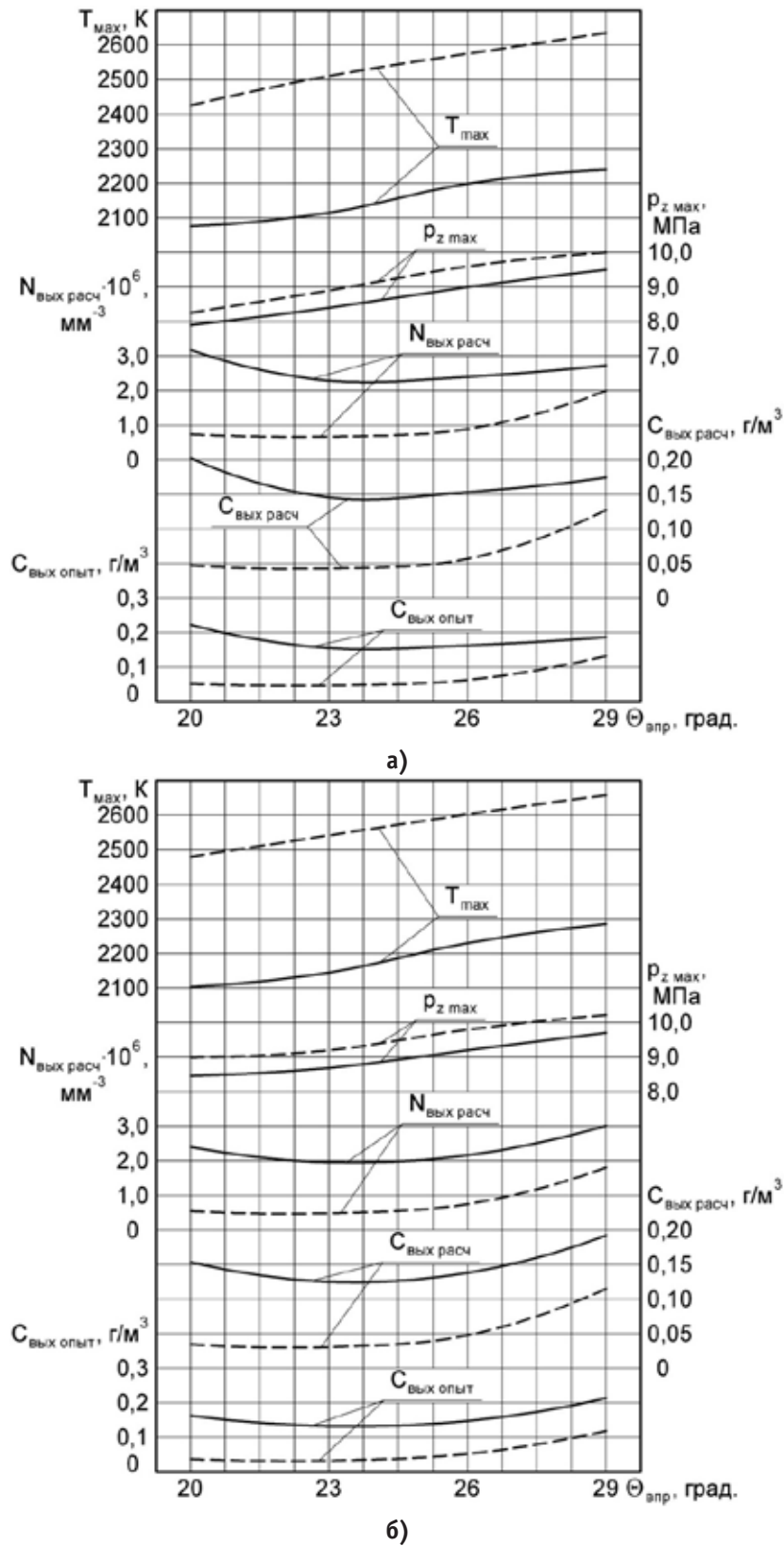


Рис. 1. Изменение показателей процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и ОГ дизеля 4С 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от установочного УОВТ:
 а) $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$; б) $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$; — — ДТ; — — — ЭТЭ

Увеличение установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр дт}} = 26^\circ$ до ВМТ приводит к росту показателей процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и ОГ дизеля. При работе на данном режиме температура $T_{\text{max}} = 2199$ К, давления сгорания $p_{z \text{ max}} = 9,0$ МПа. Проведенные расчеты показывают, что расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых дт расч}} = 0,153$ г/м³, расчетное количество частиц сажи в единице объема цилиндра $N_{\text{вых дт расч}} = 2,405 \cdot 10^6$ мм⁻³ ($\phi_{\text{Свых}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ). Массовая концентрация сажи, полученная опытным путем, $C_{\text{вых дт опыт}} = 0,163$ г/м³.

При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр дт}} = 29^\circ$ до ВМТ максимальное значение осредненной температуры цикла $T_{\text{max}} = 2240$ К, максимальное значение давления сгорания $p_{z \text{ max}} = 9,5$ МПа. Расчетное значение массовой концентрации сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана возрастает до $C_{\text{вых дт расч}} = 0,174$ г/м³, расчетное количество частиц сажи в единице объема в цилиндре дизеля возрастает до $N_{\text{вых дт расч}} = 2,736 \cdot 10^6$ мм⁻³. Массовая концентрация сажи в момент открытия выпускного клапана, полученная опытным путем, $C_{\text{вых дт опыт}} = 0,187$ г/м³.

При работе дизеля на ЭТЭ на номинальном режиме и значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр этэ}} = 20^\circ$ до ВМТ максимальное значение осредненной температуры цикла T_{max} составляет 2426 К, максимальное значение давления газов в цилиндре $p_{z \text{ max}}$ составляет 8,26 МПа. Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых этэ расч}}$ имеет значение 0,047 г/м³ ($\phi_{\text{Свых}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ), расчетное количество частиц сажи в единице объема цилиндра $N_{\text{вых этэ расч}} = 0,745 \cdot 10^6$ мм⁻³. Массовая концентрация сажи в момент открытия выпускного клапана, полученная опытным путем, $C_{\text{вых этэ опыт}}$ составляет 0,052 г/м³.

Анализ графиков показывает, что в случае увеличения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр этэ}} = 23^\circ$ до ВМТ максимальное значение осредненной температуры цикла $T_{\text{max}} = 2511$ К, максимальное значение давления газов в цилиндре $p_{z \text{ max}} = 8,9$ МПа. Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых этэ расч}} = 0,043$ г/м³, расчетное количество частиц сажи в единице объема цилиндра $N_{\text{вых этэ расч}} = 0,675 \cdot 10^6$ мм⁻³. Массовая концентрация сажи в момент открытия выпускного клапана, полученная опытным путем, $C_{\text{вых этэ опыт}}$ составляет 0,047 г/м³.

Увеличение установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр этэ}} = 26^\circ$ до ВМТ приводит к росту показателей процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и ОГ дизеля. При работе на данном режиме максимальное значение осредненной температуры цикла $T_{\text{max}} = 2575$ К, максимальное значение давления сгорания $p_{z \text{ max}} = 9,6$ МПа. Массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых этэ расч}} = 0,057$ г/м³, расчетное количество частиц сажи в единице объема в цилиндре дизеля в момент открытия выпускного клапана $N_{\text{вых этэ расч}} = 0,892 \cdot 10^6$ мм⁻³. Значение массовой концентрации сажи, полученное опытным путем, $C_{\text{вых этэ опыт}}$ составляет 0,063 г/м³.

При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр этэ}} = 29^\circ$ до ВМТ максимальная температура $T_{\text{max}} = 2635$ К, а максимальное давление газов $p_{z \text{ max}} = 10,0$ МПа. Расчетное значение массовой концентрации сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана возрастает до $C_{\text{вых этэ расч}} = 0,128$ г/м³, расчетное количество частиц сажи в единице объема цилиндра дизеля возрастает до $N_{\text{вых этэ расч}} = 2,002 \cdot 10^6$ мм⁻³. При этом массовая концентрация сажи в момент открытия выпускного клапана, полученная опытным путем, $C_{\text{вых этэ опыт}} = 0,133$ г/м³.

Анализируя зависимости, соответствующие работе дизеля на номинальном режиме, можно отметить следующее. При переходе с ДТ на альтернативное топливо ЭТЭ при всех значениях установочного УОВТ наблюдается существенное снижение расчетных и опытных значений показателей сажесодержания в момент открытия выпускного клапана. Минимальные значения показателей сажесодержания при работе на ДТ и ЭТЭ достигаются при значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ до ВМТ.

Изменение показателей процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от установочного УОВТ на режиме максимального крутящего момента ($n = 1700$ мин⁻¹, $p_e = 0,69$ МПа) представлено на рисунке 1, б.

Рассматривая зависимости, полученные при работе дизеля на ДТ и значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр дт}} = 20^\circ$ до ВМТ, можно отметить следующее. Максимальное значение осредненной температуры цикла $T_{\text{max}} = 2103$ К, максимальное значение давления газов в цилиндре $p_{z \text{ max}} = 8,46$ МПа. Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых дт расч}} = 0,153$ г/м³ ($\phi_{\text{Свых}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ), расчетное количество частиц сажи в единице объема цилиндра $N_{\text{вых дт расч}} = 2,405 \cdot 10^6$ мм⁻³. Массовая концентрация сажи в момент открытия выпускного клапана, полученная опытным путем, $C_{\text{вых дт опыт}}$ составляет 0,163 г/м³.

При работе на ДТ и значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр дт}} = 23^\circ$ до ВМТ максимальное значение осредненной температуры цикла T_{max} составляет 2145 К, максимальное значение давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 8,69 МПа. Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых дт расч}} = 0,125$ г/м³, при этом расчетное количество частиц сажи в единице объема цилиндра $N_{\text{вых дт расч}} = 1,961 \cdot 10^6$ мм⁻³. Массовая концентрация сажи в момент открытия выпускного клапана, полученная опытным путем, $C_{\text{вых дт опыт}}$ составляет 0,133 г/м³.

Увеличение установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр дт}} = 26^\circ$ до ВМТ приводит к росту показателей процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и ОГ дизеля. При работе на данном режиме максимальное значение осредненной температуры цикла $T_{\text{max}} = 2230$ К, максимальное значение давления сгорания $p_{z \text{ max}} = 9,2$ МПа. Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых дт расч}} = 0,138$ г/м³, расчетное ко-

личество частиц сажи в единице объема в цилиндре дизеля $N_{\text{вых дт расч}} = 2,166 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ ($\varphi_{\text{Свых}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ). Массовая концентрация сажи, полученная опытным путем, $C_{\text{вых дт опыт}} = 0,147 \text{ г/м}^3$.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Исследование процессов сажеобразования и сажесодержания в цилиндре быстрого дизеля с турбонаддувом Д-245.12С при работе на компримированном природном газе // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 223–226.
2. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Оценка влияния режимов работы дизеля Д-245.12С на дымность отработавших газов при работе на нефтяном и альтернативных топливах // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 226–229.
3. Софронов, М. В., Россохин А. В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 104–107.
4. Софронов, М. В., Тимшин Д. И., Россохин А. В. Влияние применения ЭТЭ на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 107–109.
5. Россохин, А. В. Показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от угла поворота коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 98–101.
6. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Особенности теплообмена излучением в цилиндре дизелей при работе на газомоторном топливе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10–1. с. 14–17.
7. Кузьмин, В. А., Заграй И. А., Россохин А. В., Рукавишникова Р. В. Определение размеров частиц сажи на различных участках системы выпуска дизеля // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 11–12. с. 3–10.
8. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Снижение выбросов сажи с отработавшими газами дизелей путем применения альтернативных топлив // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 13–16.
9. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16–19.
10. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
11. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2006.
12. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Киров, 2006.
13. Лиханов, В. А., Лопарев А. А., Рудаков Л. В., Россохин А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 12. с. 15–19.
14. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Олейник М. А., Рудаков Л. В. Улучшение экологических показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 9. с. 8–10.

Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала

Россохин Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В соответствии с целью, задачами исследований нами были проведены испытания дизеля 4Ч 11,0/12,5 по исследованию влияния применения ЭТЭ на эффективные и экологические показатели в зависимости от режимов работы. Были сняты нагрузочные и скоростные характеристики при работе дизеля на ДТ и ЭТЭ и различных значениях установочного УОВТ. Одновременно проводилось индицирование рабочего процесса и определение токсичности и дымности ОГ дизеля [1, 3, 7].

Изменение эффективных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала при значении установочного УОВТ $\Theta_{впр} = 23^\circ$ до ВМТ представлено на рисунке 1.

При работе дизеля на ДТ значение часового расхода топлива $G_{т, ДТ}$ увеличивается с 7,1 кг/ч при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 14,4 кг/ч при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, т. е. в 2 раза. Удельный эффективный расход топлива $g_{е, ДТ}$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 234 г/(кВт·ч), при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ составляет 249 г/(кВт·ч). Минимальное значение $g_{е, ДТ} = 227 \text{ г/(кВт·ч)}$ наблюдается при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$. Коэффициент избытка воздуха α при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 1,72, при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ снижается до 1,69, или на 2%. Часовой расход воздуха $G_{в}$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 175 кг/ч, при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $G_{в} = 348 \text{ кг/ч}$. Наблюдается рост в 2 раза. Температура ОГ t_r при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 460°C , при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $t_r = 540^\circ\text{C}$, происходит увеличение на 17,4%. Значение эффективного кпд η_e при частоте $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 0,362, при частоте $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $\eta_e = 0,340$. Максимальное значение $\eta_e = 0,373$ наблюдается при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$. При $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ и работе на ДТ эффективная мощность N_e составляет 30,2 кВт, при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $N_e = 57,6 \text{ кВт}$.

Мощность увеличивается в 1,91 раза. Крутящий момент дизеля M_k при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 241 Н·м, при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $M_k = 229 \text{ Н·м}$. Максимальное значение наблюдается при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и составляет $M_k = 260 \text{ Н·м}$.

Рассмотрим эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ. Значение часового расхода топлива $G_{т, ЭТЭ}$ увеличивается с 8,5 кг/ч при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 17,6 кг/ч при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, или в 2,1 раза. Значение часового расхода ДТ в составе эмульсии $G_{т, ДТ, прив.}$ увеличивается с 5,76 кг/ч при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 11,88 кг/ч при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$. Удельный эффективный расход топлива $g_{е, ЭТЭ}$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 279 г/(кВт·ч), при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $g_{е, ЭТЭ} = 306 \text{ г/(кВт·ч)}$. Минимальное значение $g_{е, ЭТЭ} = 270 \text{ г/(кВт·ч)}$ при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$. Удельный эффективный расход ДТ в составе эмульсии $g_{е, ДТ, прив.}$

при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 188 г/(кВт·ч), при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $g_{е, ДТ, прив.} = 206 \text{ г/(кВт·ч)}$. Минимальное значение $g_{е, ДТ, прив.}$ наблюдается при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и составляет $g_{е, ДТ, прив.} = 183 \text{ г/(кВт·ч)}$. Коэффициент избытка воздуха α при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 1,69, при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ снижается до 1,63, или на 4%.

При $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ часовой расход воздуха $G_{в} = 174 \text{ кг/ч}$, при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ увеличивается до 346 кг/ч, т. е. в 2 раза. При $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ $t_r = 445^\circ\text{C}$, при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $t_r = 520^\circ\text{C}$, т. е. происходит увеличение на 16,9%. Эффективный кпд η_e при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 0,367, при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $\eta_e = 0,335$. Максимальное значение $\eta_e = 0,379$ наблюдается при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$. При $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ $N_e = 30,6 \text{ кВт}$, при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $N_e = 57,6 \text{ кВт}$. Мощность увеличивается на 27,0 кВт. Крутящий момент M_k при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 244 Н·м, при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $M_k = 229 \text{ Н·м}$. Максимальное значение $M_k = 265 \text{ Н·м}$ наблюдается при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$.

Рассмотрим изменение значений эффективных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при переходе с ДТ на ЭТЭ. При $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ часовой расход топлива $G_{т}$ увеличивается с 7,1 кг/ч при работе дизеля на ДТ до 8,5 кг/ч при работе на ЭТЭ. При $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $G_{т}$ увеличивается с 14,4 кг/ч до 17,6 кг/ч. Часовой расход ДТ в составе эмульсии $G_{т, ДТ, прив.}$ во всем диапазоне частоты вращения меньше, чем часовой расход топлива $G_{т, ДТ}$ при работе на ДТ. При $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ расход топлива $G_{т, ДТ} = 7,1 \text{ кг/ч}$, а $G_{т, ДТ, прив.} = 5,76 \text{ кг/ч}$. Происходит снижение расхода ДТ на 18,9%. При $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $G_{т, ДТ} = 14,4 \text{ кг/ч}$, а $G_{т, ДТ, прив.} = 11,88 \text{ кг/ч}$. Происходит снижение расхода ДТ на 17,5%. При $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ удельный эффективный расход топлива $g_{е}$ увеличивается с 234 г/(кВт·ч) при работе на ДТ до 279 г/(кВт·ч) при работе на ЭТЭ. При $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $g_{е}$ увеличивается с 249 г/(кВт·ч) до 306 г/(кВт·ч).

Удельный эффективный расход ДТ в составе эмульсии $g_{е, ДТ, прив.}$ во всем скоростном диапазоне меньше, чем удельный эффективный расход топлива $g_{е, ДТ}$ при работе на ДТ. При частоте $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ удельный эффективный расход топлива $g_{е, ДТ} = 234 \text{ г/(кВт·ч)}$, а $g_{е, ДТ, прив.} = 188 \text{ г/(кВт·ч)}$. Происходит снижение на 19,7%. При $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $g_{е, ДТ} = 249 \text{ г/(кВт·ч)}$, а $g_{е, ДТ, прив.} = 206 \text{ г/(кВт·ч)}$. Происходит снижение на 17,3%. При работе на ЭТЭ наблюдается снижение коэффициента избытка воздуха α от 2% до 4%. При $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ значение t_r снижается с 460°C при работе дизеля на ДТ до 445°C при работе на ЭТЭ. При $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ значение t_r снижается с 540°C при работе дизеля на ДТ до 520°C при работе на ЭТЭ. Значение эффективного кпд η_e в диапазоне частот вращения от $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ при ра-

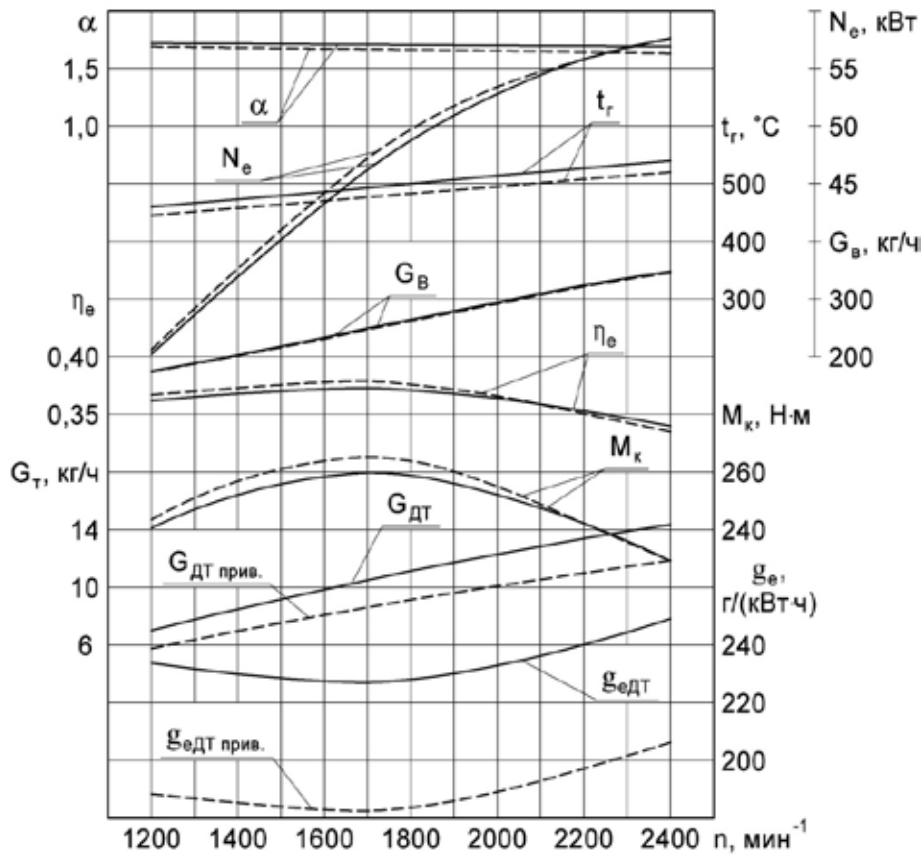


Рис. 1. Изменение эффективных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 23^\circ$ до ВМТ: — ДТ; — — — ЭТЭ

боте дизеля на ЭТЭ выше, чем при работе на ДТ. При частоте $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ и работе на ДТ $\eta_e = 0,362$, а при работе на ЭТЭ $\eta_e = 0,367$. Наблюдается рост на 1,4%. При $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ значение η_e при работе на ДТ и ЭТЭ практически одинаково и составляет 0,364 и 0,366 соответственно. Эффективная мощность дизеля N_e при работе на ЭТЭ в диапазоне частот вращения от $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ выше, чем при работе на ДТ. Величина N_e при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ и работе на ДТ составляет 30,2 кВт, при работе на ЭТЭ увеличивается до $N_e = 30,6 \text{ кВт}$. При частоте $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ значение эффективной мощности при работе на ДТ и ЭТЭ одинаково и составляет

$N_e = 55,8 \text{ кВт}$. При частоте $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ значения эффективной мощности также совпадают. Крутящий момент M_k в диапазоне частот вращения от $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ при работе дизеля на ЭТЭ выше, чем при работе на ДТ. При частоте вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и работе на ДТ $M_k = 260 \text{ Н} \cdot \text{м}$, а при работе на ЭТЭ $M_k = 265 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Наблюдается рост на 2,0%.

Можно сделать вывод, что использование ЭТЭ в качестве топлива для дизеля 4Ч 11,0/12,5 позволяет снизить расход ДТ. При работе на ЭТЭ в диапазоне частот вращения от $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ происходит увеличение эффективной мощности и крутящего момента дизеля.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Россохин, А.В. Исследование процессов сажеобразования и сажесодержания в цилиндре быстрогоходного дизеля с турбонаддувом Д-245.12С при работе на компримированном природном газе // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 223–226.
2. Лиханов, В. А., Россохин А.В. Оценка влияния режимов работы дизеля Д-245.12С на дымность отработавших газов при работе на нефтяном и альтернативных топливах // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 226–229.
3. Софронов, М.В., Россохин А.В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 104–107.
4. Софронов, М.В., Тимшин Д.И., Россохин А.В. Влияние применения ЭТЭ на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: техно-

- логии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 107–109.
5. Россохин, А. В. Показатели процесса сгорания и сажеосодержания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от угла поворота коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 98–101.
 6. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Особенности теплообмена излучением в цилиндре дизелей при работе на газомоторном топливе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10–1. с. 14–17.
 7. Кузьмин, В. А., Заграй И. А., Россохин А. В., Рукавишникова Р. В. Определение размеров частиц сажи на различных участках системы выпуска дизеля // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 11–12. с. 3–10.
 8. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Снижение выбросов сажи с отработавшими газами дизелей путем применения альтернативных топлив // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 13–16.
 9. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этанолю-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16–19.
 10. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
 11. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2006.
 12. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Киров, 2006.
 13. Лиханов, В. А., Лопарев А. А., Рудаков Л. В., Россохин А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 12. с. 15–19.
 14. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Олейник М. А., Рудаков Л. В. Улучшение экологических показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 9. с. 8–10.

Влияние применения этанолю-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки

Россохин Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

Изменение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от нагрузки при значении установочного УОВТ $\Theta_{впр} = 23^\circ$ до ВМТ на частоте вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ представлено на рисунке 1.

Из графиков видно, что при работе дизеля на ДТ с увеличением нагрузки содержание оксидов азота в ОГ изменяется по сложной зависимости. С увеличением нагрузки от $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $p_e = 0,26 \text{ МПа}$ содержание NO_x в ОГ снижается с 975 ppm до 890 ppm, затем наблюдается рост до 1140 ppm при $p_e = 0,76 \text{ МПа}$. Содержание СН в ОГ при изменении нагрузки увеличивается с 0,03 % при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 0,06 % при $p_e = 0,76 \text{ МПа}$. Происходит увеличение в 2,0 раза. При увеличении нагрузки на частоте вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ происходит увеличение содержания CO_2 в ОГ с 3,0 % при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 7,8 % при $p_e = 0,76 \text{ МПа}$. Содержание данного компо-

нента возрастает в 2,6 раза. Содержание оксида углерода в ОГ при изменении нагрузки от $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $p_e = 0,38 \text{ МПа}$ снижается с 0,1 % до 0,08 %. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,76 \text{ МПа}$ содержание СО в ОГ возрастает до 0,38 %. При росте нагрузки происходит увеличение дымности ОГ. При работе дизеля на ДТ дымность возрастает с 0,2 ед. по шкале Bosch при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 4,6 ед. по шкале Bosch при $p_e = 0,76 \text{ МПа}$. Происходит увеличение дымности ОГ на 4,4 ед. по шкале Bosch.

При работе на ЭТЭ с увеличением нагрузки от $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $p_e = 0,51 \text{ МПа}$ содержание NO_x в ОГ снижается с 700 ppm до 680 ppm, затем происходит рост до 760 ppm при $p_e = 0,76 \text{ МПа}$. Содержание углеводородных соединений в ОГ при увеличении нагрузки от $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $p_e = 0,51 \text{ МПа}$ уменьшается с 0,35 % до 0,17 %. При дальнейшем росте нагрузки до $p_e = 0,76 \text{ МПа}$ содержание углеводородов в ОГ возрастает до 0,21 %. Рост

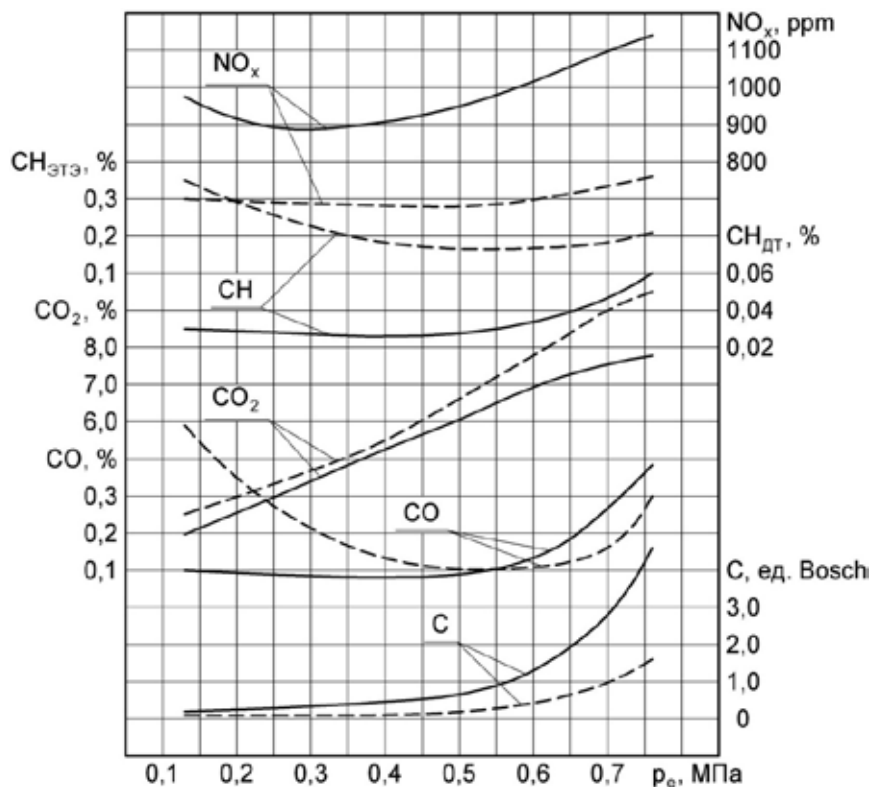


Рис. 1. Изменение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от нагрузки при $\Theta_{впр} = 23^\circ$ до ВМТ, $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$: — — ДТ; — — — ЭТЭ

нагрузки при работе на ЭТЭ сопровождается увеличением содержания CO_2 . При $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ содержание CO_2 в ОГ составляет 3,5%, при $p_e = 0,76 \text{ МПа}$ содержание CO_2 в ОГ достигает 9,5%. Происходит рост в 2,7 раза. Содержание CO в ОГ изменяется по сложной зависимости. При увеличении нагрузки от $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $p_e = 0,51 \text{ МПа}$ содержание CO в ОГ уменьшается с 0,49% до 0,10%. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,76 \text{ МПа}$ содержание оксида углерода в ОГ возрастает до 0,3%. При работе на ЭТЭ дымность возрастает с 0,1 ед. по шкале Bosch при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 1,6 ед. по шкале Bosch при $p_e = 0,76 \text{ МПа}$. Происходит увеличение дымности на 1,5 ед. по шкале Bosch.

Рассмотрим значения экологических показателей дизеля при переходе с ДТ на ЭТЭ при частоте вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$.

При работе дизеля на ЭТЭ наблюдается значительное снижение дымности ОГ во всем диапазоне изменения нагрузки. При $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ дымность ОГ снижается с 0,2 ед. по шкале Bosch при работе на ДТ до 0,1 ед. по шкале Bosch при работе на ЭТЭ. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,76 \text{ МПа}$ дымность ОГ снижается с 4,6 ед. по шкале Bosch при работе дизеля на ДТ до 1,6 ед. по шкале Bosch при работе на ЭТЭ. Происходит снижение дымности на 3,0 ед. по шкале Bosch. На режиме максимального крутящего момента ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$) дымность ОГ снижается с 2,6 ед. по шкале Bosch при работе на ДТ до 0,9 ед. по шкале Bosch при работе

дизеля на альтернативном топливе ЭТЭ. Снижение дымности составляет 1,7 ед. по шкале Bosch.

При переходе с ДТ на ЭТЭ происходит снижение содержания NO_x в ОГ. При работе дизеля на режиме максимального крутящего момента ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$) значение NO_x в ОГ снижается с 1090 ppm при работе на ДТ до 730 ppm при работе на ЭТЭ, т.е. на 33,0%. Содержание CH в ОГ при работе на ЭТЭ выше, чем при работе на ДТ, во всем диапазоне изменения нагрузки. На малых нагрузках ($p_e = 0,13 \text{ МПа}$) значения CH при работе дизеля на ДТ и ЭТЭ составляют 0,03% и 0,35% соответственно. Происходит увеличение в 11,7 раза. При нагрузке $p_e = 0,76 \text{ МПа}$ и работе дизеля на ДТ содержание CH в ОГ составляет 0,06%, при работе на ЭТЭ содержание CH в ОГ составляет 0,21%. Происходит увеличение в 3,5 раза.

Содержание CO_2 в ОГ при работе дизеля на ЭТЭ во всем диапазоне нагрузок выше, чем при работе на ДТ. При нагрузке $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ и работе на ДТ содержание CO_2 в ОГ составляет 3,0%. При переходе на ЭТЭ содержание CO_2 в ОГ возрастает до 3,5%, т.е. увеличивается в 1,2 раза. При $p_e = 0,76 \text{ МПа}$ содержание CO_2 возрастает с 7,8% при работе на ДТ до 9,5% при работе на ЭТЭ. Наблюдается увеличение в 1,2 раза. Содержание CO в ОГ в диапазоне нагрузок от $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $p_e = 0,51 \text{ МПа}$ при работе дизеля на ЭТЭ выше, чем при работе на ДТ. При $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ и работе на ДТ содержание CO в ОГ составляет 0,1%, а при работе на ЭТЭ возрас-

тает до 0,49%. Происходит рост в 4,9 раза. При $p_e = 0,51$ МПа содержание СО в ОГ при работе на ДТ и ЭТЭ практически одинаково и составляет 0,09% и 0,1% соответственно. В случае увеличения нагрузки до $p_e = 0,76$ МПа содержание СО в ОГ при работе на ДТ становится выше и составляет 0,38%, в то время как при работе на ЭТЭ — 0,3%. На режиме максимального крутящего момента ($n = 1700$ мин⁻¹, $p_e = 0,69$ МПа) при работе на ДТ содержание СО в ОГ составляет 0,25%, при переходе на ЭТЭ содержание СО в ОГ снижается до 0,15%, т. е. в 1,7 раза.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. При работе дизеля на ЭТЭ увеличива-

ется содержание углеводородов и диоксида углерода в ОГ на всех нагрузочных режимах. Содержание оксида углерода в ОГ в диапазоне нагрузок от $p_e = 0,13$ МПа до $p_e = 0,51$ МПа при работе дизеля на ЭТЭ выше, чем при работе на ДТ. Но при нагрузках $p_e > 0,51$ МПа содержание оксида углерода в ОГ при работе на ЭТЭ ниже значений дизельного процесса. Анализ полученных данных дает основание утверждать, что применение ЭТЭ в качестве топлива позволяет значительно улучшить экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 за счет снижения дымности ОГ на всех нагрузочных режимах. Также при переходе с ДТ на ЭТЭ происходит снижение содержания оксидов азота в ОГ.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Исследование процессов сажеобразования и сажесодержания в цилиндре быстрогоходного дизеля с турбонаддувом Д-245.12С при работе на компримированном природном газе // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 223–226.
2. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Оценка влияния режимов работы дизеля Д-245.12С на дымность отработавших газов при работе на нефтяном и альтернативных топливах // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 226–229.
3. Софронов, М. В., Россохин А. В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 104–107.
4. Софронов, М. В., Тимшин Д. И., Россохин А. В. Влияние применения ЭТЭ на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 107–109.
5. Россохин, А. В. Показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от угла поворота коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 98–101.
6. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Особенности теплообмена излучением в цилиндре дизелей при работе на газомоторном топливе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10–1. с. 14–17.
7. Кузьмин, В. А., Заграй И. А., Россохин А. В., Рукавишникова Р. В. Определение размеров частиц сажи на различных участках системы выпуска дизеля // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 11–12. с. 3–10.
8. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Снижение выбросов сажи с отработавшими газами дизелей путем применения альтернативных топлив // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 13–16.
9. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16–19.
10. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
11. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2006.
12. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Киров, 2006.
13. Лиханов, В. А., Лопарев А. А., Рудаков Л. В., Россохин А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 12. с. 15–19.
14. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Олейник М. А., Рудаков Л. В. Улучшение экологических показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 9. с. 8–10.

Показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на дизельном топливе и этаноле-топливной эмульсии в зависимости от угла поворота коленчатого вала

Россохин Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

С помощью специальной программы для определения концентрации сажи в цилиндре дизеля нами были проведены расчеты массовой концентрации сажи C в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от угла поворота коленчатого вала. Также были проведены расчеты по определению количества частиц сажи N в единице объема в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от угла поворота коленчатого вала [192].

На рисунке 1, а представлено изменение показателей процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от угла п. к. в. на номинальном режиме ($n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$) при значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 20^\circ$ до ВМТ.

В цилиндре дизеля начало видимого сгорания сопровождается началом сажевыделения. Результирующее сажесодержание определяется интенсивностью противоположно направленных процессов — образования и выгорания сажевых частиц. Преобладание какого-либо процесса ведет к изменению концентрации сажи в ту или иную сторону.

Анализ кривых показывает, что при работе на ДТ расчетная массовая концентрация сажи $C_{\text{дт расч}}$ и количество частиц сажи $N_{\text{дт расч}}$ в единице объема в цилиндре достигают своего максимального значения через $\varphi_{C_{\text{дт расч}}}$ = 6,0° п. к. в. после ВМТ. Максимальная расчетная массовая концентрация сажи $C_{\text{макс дт расч}}$ имеет значение 2,673 г/м³, расчетное максимальное количество сажевых частиц $N_{\text{макс дт расч}}$ составляет $41,970 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$. Затем процесс выгорания сажевых частиц начинает преобладать над процессом образования, происходит интенсивное окисление сажевых частиц. Этот процесс длится до открытия выпускного клапана. В результате концентрация сажи снижается до $C_{\text{вых дт расч}} = 0,203 \text{ г/м}^3$, количество частиц до $N_{\text{вых дт расч}} = 3,181 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ ($\varphi_{C_{\text{вых}}}$ = 124,0° п. к. в. после ВМТ). За период выгорания концентрация и количество частиц снижаются на 92,4 % относительно максимального значения.

Осредненная температура цикла достигает своего максимального значения $T_{\text{макс}}$ при $\varphi_{T_{\text{макс}}} = 9,5^\circ$ п. к. в. после ВМТ и составляет 2076 К. Давление сгорания достигает своего максимального значения $p_{z \text{ макс}}$ при $\varphi_{p_{z \text{ макс}}} = 7,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ и составляет 7,90 МПа.

При работе дизеля на ЭТЭ расчетная массовая концентрация сажи

$C_{\text{этэ расч}}$ и количество частиц сажи $N_{\text{этэ расч}}$ в единице объема достигают своего максимального значения через

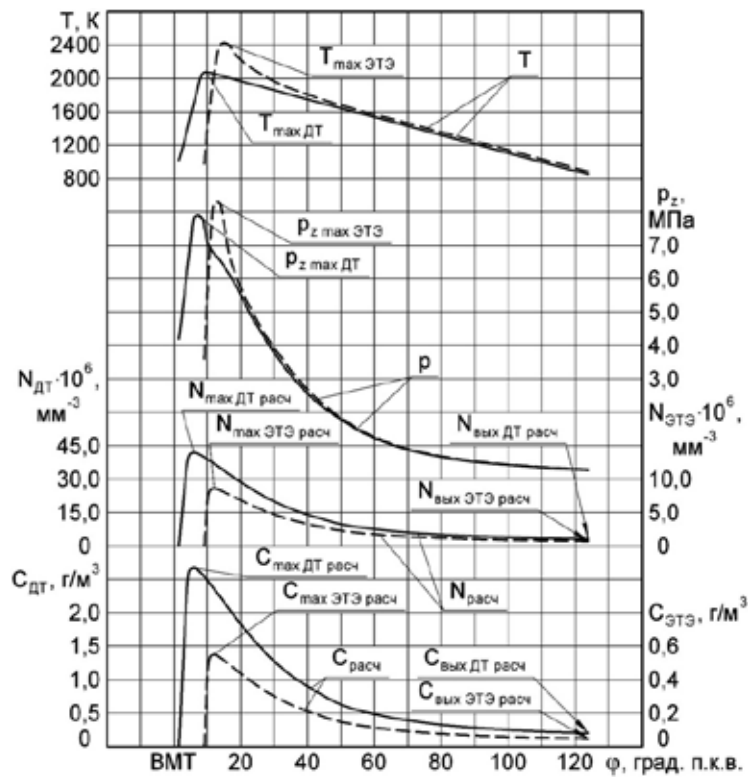
$\varphi_{C_{\text{макс этэ расч}}} = 12,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ. Максимальная расчетная массовая концентрация сажи $C_{\text{макс этэ расч}} = 0,551 \text{ г/м}^3$, расчетное максимальное количество сажевых частиц $N_{\text{макс этэ расч}} = 8,651 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$. Далее процесс выгорания сажевых частиц доминирует над процессом образования. Концентрация сажи снижается до $C_{\text{вых этэ расч}} = 0,047 \text{ г/м}^3$, количество частиц до $N_{\text{вых этэ расч}} = 0,745 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ ($\varphi_{C_{\text{вых}}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ). Концентрация и количество частиц снижаются на 91,5%. Осредненная температура цикла достигает своего максимального значения $T_{\text{макс}} = 2426 \text{ К}$ при $\varphi_{T_{\text{макс}}} = 15,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ. Давление сгорания достигает своего максимального значения $p_{z \text{ макс}} = 8,30 \text{ МПа}$ при $\varphi_{p_{z \text{ макс}}} = 13,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ.

Начало процесса сажевыделения в цилиндре дизеля совпадает с началом видимого сгорания, т. е. сажа образуется сразу же, как только появляется устойчивый фронт пламени. Испарение капли ЭТЭ в первый период времени протекает медленнее по сравнению с испарением чистого ДТ. Это происходит из-за увеличенной, по сравнению с ДТ, теплоты парообразования этанола. Испарение частиц спирта и их подготовка к окислению вызывает понижение температуры заряда. Поэтому добавление этанола приводит к увеличению периода задержки воспламенения. Но после наступления эффекта «микровзрыва» испарение протекает значительно быстрее и процесс горения ЭТЭ ускоряется. Это приводит к увеличению максимального давления процесса сгорания.

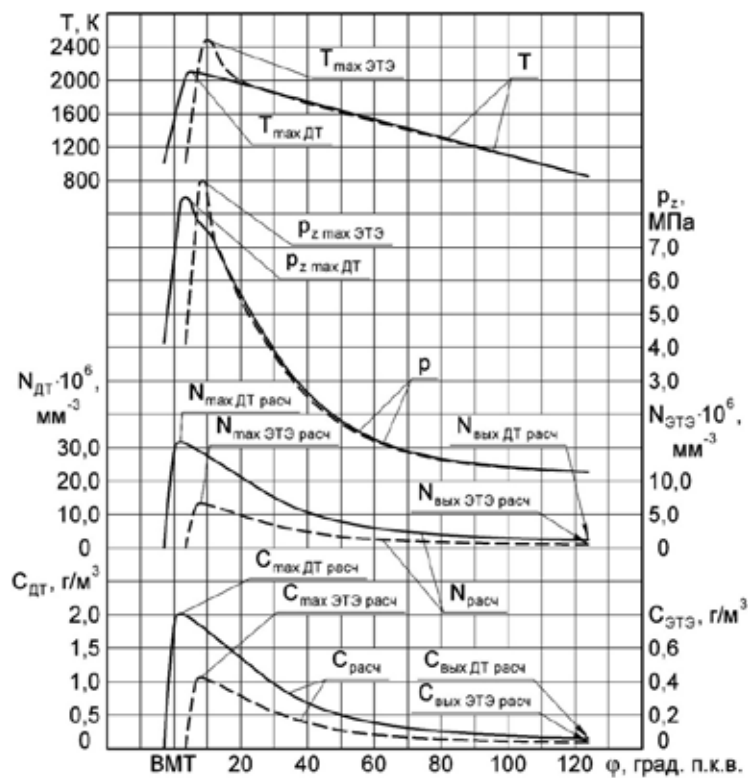
Из графиков видно, что при работе дизеля на ЭТЭ максимальные и выходные значения показателей сажесодержания в цилиндре значительно ниже, чем при работе на ДТ. Максимальные значения расчетной массовой концентрации сажи $C_{\text{макс расч}}$ и расчетного количества частиц сажи $N_{\text{макс расч}}$ в единице объема цилиндра дизеля при переходе с ДТ на ЭТЭ снижаются соответственно на 2,122 г/м³ и $33,319 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$, или в 4,9 раза. Значения расчетной массовой концентрации сажи $C_{\text{вых расч}}$ и расчетного количества частиц сажи $N_{\text{вых расч}}$, соответствующие моменту открытия выпускного клапана, снижаются на 0,156 г/м³ и $2,436 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$, или в 4,3 раза.

На рисунке 1, б представлено изменение показателей процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от угла п. к. в. на режиме максимального крутящего момента ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$) при значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 20^\circ$ до ВМТ.

Основные зависимости изменения показателей сохраняются. При работе на ДТ расчетная массовая концен-



а)



б)

Рис. 1. Изменение показателей процесса сгорания и сажеобразования в цилиндре дизеля 4С 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от угла п. к. в. при $\Theta_{впр} = 20^\circ$ до ВМТ: а) $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$; б) $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$; $\frac{3}{4}$ — ДТ; — — — ЭТЭ

трация сажи $C_{\text{дт расч}}$ и количество частиц сажи $N_{\text{дт расч}}$ в единице объема достигают своего максимального значения через $\varphi_{\text{Сmax дт расч}} = 2,0^{\circ}$ п. к. в. после ВМТ. Максимальная расчетная массовая концентрация сажи $C_{\text{max дт расч}}$ имеет значение $2,020 \text{ г/м}^3$, расчетное максимальное количество сажевых частиц $N_{\text{max дт расч}}$ составляет $31,714 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$. Затем процесс выгорания сажевых частиц начинает преобладать над процессом образования. В результате к моменту открытия выпускного клапана концентрация сажи снижается до $C_{\text{вых дт расч}} = 0,153 \text{ г/м}^3$, количество частиц до $N_{\text{вых дт расч}} = 2,405 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$. Показатели снижаются на 92,4 %.

При работе на ЭТЭ расчетная массовая концентрация сажи $C_{\text{этэ расч}}$ и количество частиц сажи $N_{\text{этэ расч}}$ в единице объема достигают своего максимального значения через $\varphi_{\text{Сmax этэ расч}} = 8,0^{\circ}$ п. к. в. после ВМТ. Максимальная расчетная массовая концентрация сажи $C_{\text{max этэ расч}}$ составляет $0,426 \text{ г/м}^3$, расчетное максимальное количество сажевых частиц $N_{\text{max этэ расч}}$ составляет $6,680 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$. Далее при увеличении угла поворота коленчатого вала происходит интенсивное окисление сажевых частиц. Концентрация сажи снижается до $C_{\text{вых этэ расч}} = 0,035 \text{ г/м}^3$, количество частиц сажи снижается до $N_{\text{вых этэ расч}} = 0,547 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ ($\varphi_{\text{Свых}} = 124,0^{\circ}$ п. к. в. после ВМТ). Концентрация и количество частиц в цилиндре снижаются на 91,8 %.

Давление сгорания при работе на ДТ достигает своего максимального значения $p_{z \text{ max}}$ при $\varphi_{pz \text{ max}} = 3,5^{\circ}$ п. к. в.

после ВМТ и составляет 8,50 МПа. При работе на ЭТЭ давление сгорания в цилиндре достигает своего максимального значения $p_{z \text{ max}} = 9,0 \text{ МПа}$ при $\varphi_{pz \text{ max}} = 8,5^{\circ}$ п. к. в. после ВМТ.

Осредненная температура цикла при работе на ДТ достигает своего максимального значения T_{max} при $\varphi_{T\text{max}} = 5,0^{\circ}$ п. к. в. после ВМТ и равна 2103 К. При работе на ЭТЭ $T_{\text{max}} = 2480 \text{ К}$ при $\varphi_{T\text{max}} = 10,0^{\circ}$ п. к. в. после ВМТ.

При переходе с дизельного на альтернативное топливо происходит снижение показателей сажесодержания. Максимальные значения расчетной массовой концентрации сажи $C_{\text{max расч}}$ и расчетного количества частиц сажи $N_{\text{max расч}}$ в единице объема цилиндра дизеля снижаются соответственно на $1,594 \text{ г/м}^3$ и $25,034 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$, или в 4,7 раза. Значения расчетной массовой концентрации сажи $C_{\text{вых расч}}$ и расчетного количества частиц сажи $N_{\text{вых расч}}$, наблюдаемые в момент открытия выпускного клапана, снижаются соответственно на $0,118 \text{ г/м}^3$ и $1,858 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$, или в 4,4 раза.

Снижение результирующего сажесодержания в ОГ дизеля при работе на ДТ и ЭТЭ на режиме максимального крутящего момента можно объяснить увеличением времени, отводимым на выгорание сажевых частиц при снижении частоты вращения коленчатого вала, поскольку временной фактор является определяющим для результирующего сажевыделения в дизелях. Уменьшение сажесодержания при переходе с ДТ на ЭТЭ определяется особенностями сгорания ЭТЭ в цилиндре дизеля.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Исследование процессов сажеобразования и сажесодержания в цилиндре быстрого дизеля с турбонаддувом Д-245.12С при работе на компримированном природном газе // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 223–226.
2. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Оценка влияния режимов работы дизеля Д-245.12С на дымность отработавших газов при работе на нефтяном и альтернативных топливах // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 226–229.
3. Софронов, М. В., Россохин А. В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4С 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 104–107.
4. Софронов, М. В., Тимшин Д. И., Россохин А. В. Влияние применения ЭТЭ на эффективные показатели дизеля 4С 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 107–109.
5. Россохин, А. В. Показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре дизеля 4С 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от угла поворота коленчатого вала // Сборник: молодежная наука 2014: технологии, инновации материалы всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 98–101.
6. Лиханов, В. А., Россохин А. В. Особенности теплообмена излучением в цилиндре дизелей при работе на газомоторном топливе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10–1. с. 14–17.
7. Кузьмин, В. А., Заграй И. А., Россохин А. В., Рукавишников Р. В. Определение размеров частиц сажи на различных участках системы выпуска дизеля // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 11–12. с. 3–10.
8. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Снижение выбросов сажи с отработавшими газами дизелей путем применения альтернативных топлив // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 13–16.

9. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этано-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16–19.
10. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
11. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2006.
12. Россохин, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Киров, 2006.
13. Лиханов, В. А., Лопарев А. А., Рудаков Л. В., Россохин А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 12. с. 15–19.
14. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Олейник М. А., Рудаков Л. В. Улучшение экологических показателей дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 9. с. 8–10.

Результаты исследований влияния применения этано-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки

Россохин Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

Изменение показателей процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от нагрузки на номинальной частоте вращения ($n = 2200 \text{ мин}^{-1}$) при значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ до ВМТ представлено на рисунке 1, а [4].

Анализ зависимостей показывает, что при работе дизеля на ДТ увеличение нагрузки сопровождается ростом величин максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ и максимальной осредненной температуры цикла T_{max} . При $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ величина $p_{z \text{ max}}$ составляет 7,2 МПа. При $p_e = 0,69 \text{ МПа}$ величина $p_{z \text{ max}}$ равна 8,48 МПа. Происходит увеличение $p_{z \text{ max}}$ на 1,28 МПа, или 17,8%. Максимальная осредненная температура цикла T_{max} возрастает с 1485 К при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 2180 К при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$. Происходит увеличение T_{max} на 695 К, или 46,8%. При увеличении нагрузки на номинальной частоте вращения происходит увеличение содержания сажи в ОГ. Проведенные расчеты показывают, что расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых дт расч}}$ возрастает с $0,011 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $0,217 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$, т. е. увеличивается в 19,7 раза. Расчетное количество частиц сажи в единице объема в цилиндре дизеля на момент открытия выпускного клапана ($\phi_{\text{Свых}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ) возрастает с $N_{\text{вых дт расч}} = 0,174 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $N_{\text{вых дт расч}} = 3,413 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$. Массовая концентрация сажи в момент открытия выпускного клапана, полученная опытным путем, $C_{\text{вых дт опыт}}$ возрастает с $0,012 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $0,242 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$.

Происходит увеличение на $0,23 \text{ г/м}^3$, или в 20,2 раза. Разница между расчетными и экспериментальными значениями массовой концентрации сажи составляет от 7% при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 10% при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$.

Отсутствие значений показателей процесса сгорания при $p_e < 0,38 \text{ МПа}$ связано с нестабильностью горения. При $p_e = 0,38 \text{ МПа}$ величина $p_{z \text{ max}}$ составляет 6,3 МПа, при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$ величина $p_{z \text{ max}} = 9,1 \text{ МПа}$. Рост $p_{z \text{ max}}$ составляет 2,8 МПа, или 44,4%. Максимальная осредненная температура цикла T_{max} возрастает с 2233 К при $p_e = 0,38 \text{ МПа}$ до 2530 К при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$. Рост температуры составляет 297 К, или 13,3%.

Показатели сажесодержания при увеличении нагрузки возрастают. Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых этэ расч}}$ возрастает с $0,0020 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,38 \text{ МПа}$ до $0,078 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$, т. е. увеличивается в 39 раз. Расчетное количество частиц сажи в единице объема цилиндра в момент открытия выпускного клапана ($\phi_{\text{Свых}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ) увеличивается с $N_{\text{вых этэ расч}} = 0,031 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ при $p_e = 0,38 \text{ МПа}$ до $N_{\text{вых этэ расч}} = 1,221 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$. Массовая концентрация сажи в момент открытия выпускного клапана, полученная опытным путем, $C_{\text{вых этэ опыт}}$ возрастает с $0,0022 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,38 \text{ МПа}$ до $0,086 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$. Увеличение составляет $0,084 \text{ г/м}^3$. Разница между расчетными и экспериментальными значениями массовой концентрации сажи составляет от 9% до 10%.

Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана снижается с $C_{\text{вых}}$

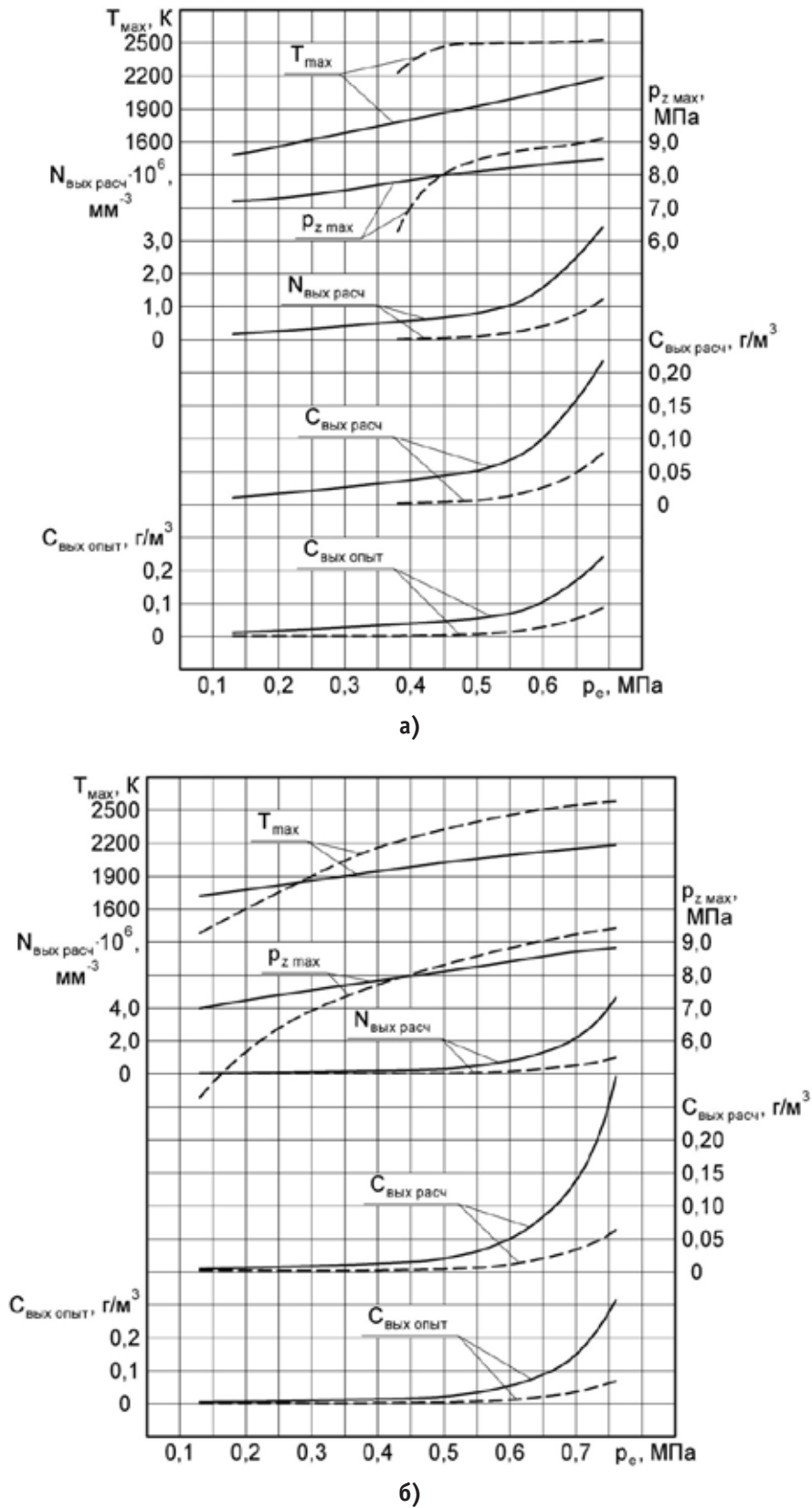


Рис. 1. Изменение показателей процесса сгорания и сажеосодержания в цилиндре и ОГ дизеля 4С 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от нагрузки при $\Theta_{впр} = 23^\circ$ до ВМТ: а) $n = 2200\ \text{мин}^{-1}$; б) $n = 1700\ \text{мин}^{-1}$; — — ДТ; - - - ЭТЭ

$C_{\text{дт расч}} = 0,146 \text{ г/м}^3$ при работе на ДТ до $C_{\text{вых этэ расч}} = 0,043 \text{ г/м}^3$ при работе на ЭТЭ. Происходит снижение в 3,4 раза. Расчетное количество частиц сажи в единице объема цилиндра в момент открытия выпускного клапана при работе на ЭТЭ также ниже, чем при работе на ДТ: $0,675 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ и $2,291 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ соответственно. Массовая концентрация сажи в момент открытия выпускного клапана, полученная опытным путем, при работе на альтернативном топливе ЭТЭ значительно ниже, чем при работе на ДТ. Так, при $p_e = 0,64 \text{ МПа}$ значение $C_{\text{вых опыт}}$ снижается с $0,155 \text{ г/м}^3$ при работе на ДТ до $0,047 \text{ г/м}^3$ при работе на ЭТЭ. Наблюдается снижение опытной концентрации сажи в 3,3 раза.

Изменение показателей процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от нагрузки при значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ до ВМТ на частоте вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ представлено на рисунке 1, б.

Анализируя кривые показателей сгорания, видим, что при работе на ДТ увеличение нагрузки от $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $p_e = 0,76 \text{ МПа}$ сопровождается ростом величин $p_{z \text{ max}}$ и T_{max} . При $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ величина $p_{z \text{ max}}$ составляет $7,0 \text{ МПа}$, а при $p_e = 0,76 \text{ МПа}$ величина $p_{z \text{ max}}$ равна $8,84 \text{ МПа}$. Происходит увеличение $p_{z \text{ max}}$ на $1,84 \text{ МПа}$, или $26,3\%$. Максимальная осредненная температура цикла возрастает с $T_{\text{max}} = 1720 \text{ К}$ при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 2183 К при $p_e = 0,76 \text{ МПа}$. Рост значения T_{max} составляет 463 К , или $26,9\%$.

Результаты расчетов показывают, что массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых дт расч}}$ возрастает с $0,0047 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $0,296 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,76 \text{ МПа}$, т.е. увеличивается в 63,0 раза. Расчетное количество частиц сажи в единице объема цилиндра на момент открытия выпускного клапана возрастает от $N_{\text{вых дт расч}} = 0,074 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $N_{\text{вых дт расч}} = 4,651 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ при $p_e = 0,76 \text{ МПа}$. Массовая концентрация сажи в момент от-

крытия выпускного клапана, полученная опытным путем, $C_{\text{вых дт опыт}}$ возрастает с $0,005 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $0,315 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,76 \text{ МПа}$. Происходит увеличение на $0,31 \text{ г/м}^3$, или в 61,7 раза. Разница между расчетными и экспериментальными значениями массовой концентрации сажи не превышает 8% .

На частоте вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ зависимости показателей сгорания и сажесодержания от изменения нагрузки сохраняются. Для анализа полученных данных рассмотрим значения показателей процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и ОГ дизеля при работе на ДТ и ЭТЭ на режиме максимального крутящего момента ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$). При работе на ДТ максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}} = 8,69 \text{ МПа}$, при работе на ЭТЭ $p_{z \text{ max}} = 9,2 \text{ МПа}$. Увеличение при переходе на ЭТЭ составляет $0,51 \text{ МПа}$, или $5,9\%$. Максимальная осредненная температура цикла T_{max} при работе на ДТ составляет 2145 К , а при работе на ЭТЭ $T_{\text{max}} = 2542 \text{ К}$. Происходит увеличение на $18,5\%$.

Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана снижается с $C_{\text{вых дт расч}} = 0,125 \text{ г/м}^3$ при работе на ДТ до $C_{\text{вых этэ расч}} = 0,031 \text{ г/м}^3$ при работе на ЭТЭ. Происходит снижение в 4,1 раза. Расчетное количество частиц сажи в единице объема цилиндра в момент открытия выпускного клапана при работе на ЭТЭ также ниже, чем при работе на ДТ: $0,484 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ и $1,961 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-3}$ соответственно. Массовая концентрация сажи в момент открытия выпускного клапана, полученная опытным путем, при работе на альтернативном топливе ЭТЭ значительно ниже, чем при работе на ДТ. На режиме максимального крутящего момента значение концентрации $C_{\text{вых опыт}}$ снижается с $0,133 \text{ г/м}^3$ при работе на ДТ до $0,033 \text{ г/м}^3$ при работе на ЭТЭ. Концентрация сажи снижается в 4,1 раза.

Таким образом, применение ЭТЭ позволяет значительно снизить показатели сажесодержания в ОГ во всем диапазоне изменения нагрузки.

Литература:

1. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–229.
2. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–232.
3. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–235.
4. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–238.
5. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–241.
6. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 117–120.
7. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 120–123.
8. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.

9. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 125–128.
10. Анфилатов, А. А. Индицирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 128–131.
11. Анфилатов, А. А. Методика исследований дизеля 2Ч 10,5/12,0 по снижению содержания оксидов азота при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 131–134.
12. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 134–136.
13. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 136–139.
14. Анфилатов, А. А. Расчет выбросов вредных газообразных веществ с отработавшими газами дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 139–141.
15. Анфилатов, А. А. Содержание оксидов азота в дизеле при работе на метаноле в зависимости от изменения установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 141–144.
16. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 73–76.

Влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на номинальной частоте вращения

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В данной статье рассмотрено влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на номинальной частоте вращения.

Ключевые слова: отработавшие газы, загрязнение воздуха, токсичные компоненты, оксиды азота.

Наиболее токсичными компонентами среди всего спектра загрязняющих химических соединений, содержащимися в отработавших газах (ОГ) дизельных двигателей, являются оксиды азота (NO_x). Они образуются в процессе горения главным образом как результат химических реакций атмосферного кислорода и азота. Оксиды азота, взаимодействуя с парами воды в воздухе, образуют азотную кислоту, которая разрушает легочную ткань, вызывая хронические заболевания [1–15].

В Вятской ГСХА на кафедре ДВС были проведены исследования влияния применения метанола-топливной эмульсии (МТЭ) на эффективные и экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на различных установочных углах опережения впрыскивания топлива на номинальной частоте вращения коленчатого вала.

На рисунке 1 представлены графики влияния применения МТЭ на объемное содержание $\gamma_{\text{NO}_x \text{ расч}}$ и массовую концентрацию $C_{\text{NO}_x \text{ расч}}$ оксидов азота в отработавших газах и показатели процесса сгорания в цилиндре дизеля с 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ для номинальной частоты вращения $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$. Как видно из графиков с увеличением установочного УОВТ при работе дизеля на МТЭ и ДТ возрастают

максимальное давление газов и температура в цилиндре двигателя, а также объемное содержание γ_{NO_x} и массовая концентрация C_{NO_x} оксидов азота [16–27].

При всех значениях установочных УОВТ при переходе на МТЭ происходит увеличение значений объемного содержания γ_{NO_x} и массовой концентрации C_{NO_x} оксидов азота, увеличение максимальных давления газов и температуры в цилиндре двигателя.

Из графиков представленных на рисунке 1 видно, что при работе дизеля на ДТ на номинальной частоте вращения $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр дт}} = 20^\circ$ до ВМТ значение максимальной осредненной температуры T_{max} составляет 2140 К, значение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 7,9 МПа.

При работе на МТЭ при значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр мтэ}} = 20^\circ$ до ВМТ максимальное значение расчетной относительной концентрации $\gamma_{\text{max мтэ расч}}$ составляет 0,104 г/кг, а максимальное значение расчетной массовой концентрации $C_{\text{max мтэ расч}}$ составляет 0,260 г/м³. Расчетные значения объемного содержания $\gamma_{\text{NO}_x \text{ расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ расч}}$ оксидов азота в ОГ составляют, соответственно, 718 ppm и 1,04 г/м³. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр мтэ}} = 23^\circ$ до ВМТ значение

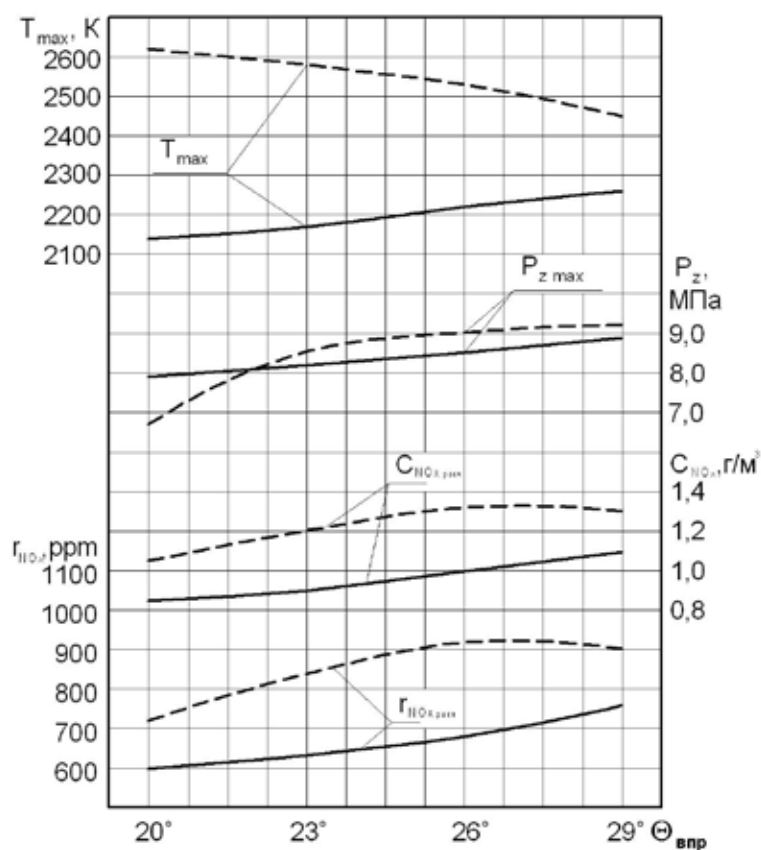


Рис. 1. Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания объемное содержание γ_{NOx} расч и массовую концентрацию C_{NOx} расч оксидов азота в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$; — — — ДТ; — — — МТЭ

максимальной осредненной температуры T_{max} составляет 2580 К, значение максимального давления сгорания $p_{z, max}$ составляет 8,54 МПа. Расчетные значения объемного содержания γ_{NOx} расч и массовой концентрации C_{NOx} расч оксидов азота в ОГ составляют, соответственно, 836 ppm и 1,21 г/м³. При значении установочного УОВТ $\Theta_{впр \text{ МТЭ}} = 26^\circ$ до ВМТ значение максимальной осредненной темпе-

ратуры T_{max} составляет 2530 К, значение максимального давления сгорания $p_{z, max}$ составляет 9,03 МПа.

Таким образом, с учетом эффективных показателей и показателей объемного содержания γ_{NOx} расч и массовой концентрации C_{NOx} расч оксидов азота в ОГ необходимо принять оптимальный установочный УОВТ $\Theta_{впр \text{ МТЭ}} = 23^\circ$ до в. м. т. при работе на МТЭ и $\Theta_{впр \text{ ДТ}} = 26^\circ$ до ВМТ при работе на ДТ [28–30].

Литература:

1. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподдачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
2. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподдачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
4. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
5. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
6. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.

7. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
8. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
9. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
10. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
11. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
12. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
13. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
14. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
15. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
16. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
17. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
18. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
19. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
20. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
21. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
22. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
23. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
24. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
25. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
26. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
27. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Киров, 1999.
28. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/Санкт-Петербург, 1999.
29. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Определение оптимальных углов опережения впрыскивания топлив при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 5 (41). с. 62–64.
30. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.

Влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на частоте вращения максимального крутящего момента

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В данной статье рассмотрено влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на частоте вращения максимального крутящего момента.

Ключевые слова: отработавшие газы, загрязнение воздуха, токсичные компоненты, оксиды азота.

Образование токсичных веществ — продуктов неполного сгорания и оксидов азота (NO_x) в цилиндре двигателя в процессе сгорания происходит принципиально различными путями. Первая группа токсичных веществ связана с химическими реакциями окисления топлива, протекающими как в предпламенный период, так и в процессе сгорания — расширения. Вторая группа токсичных веществ образуется при соединении азота и избыточного кислорода в продуктах сгорания. Реакция образования оксидов азота носит термический характер и не связана непосредственно с реакциями окисления топлива [1–15].

В Вятской ГСХА на кафедре ДВС были проведены исследования влияния применения метанола-топливной

эмульсии (МТЭ) на эффективные и экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на различных установочных углах опережения впрыскивания топлива.

На рисунке 1 представлены графики влияния применения МТЭ на объемное содержание $\gamma_{\text{NO}_x \text{ расч}}$ и массовую концентрацию $C_{\text{NO}_x \text{ расч}}$ оксидов азота в отработавших газах и показатели процесса сгорания в цилиндре дизеля с 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ для частоты вращения максимального крутящего момента $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,82 \text{ МПа}$.

Из графиков, представленных на рисунке 1 видно, что при работе на ДТ на частоте вращения соответствующей максимальному крутящему моменту $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$,

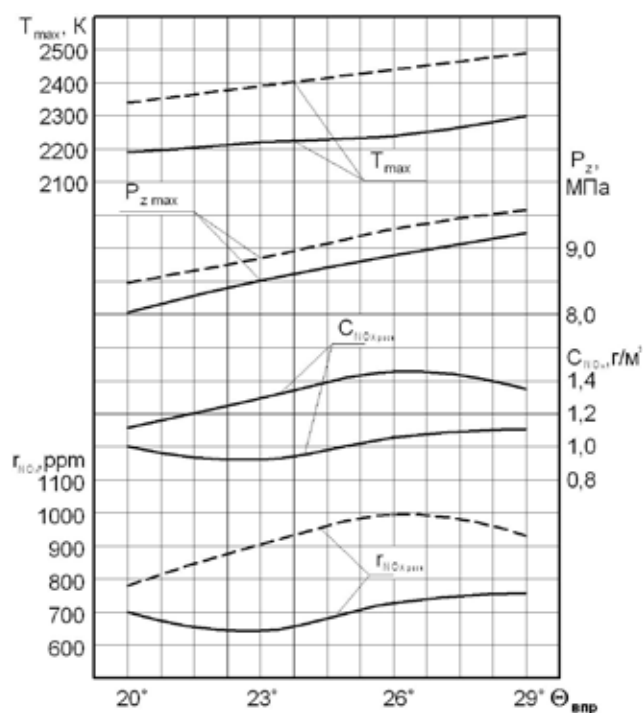


Рис. 1. Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания объемное содержание $\gamma_{\text{NO}_x \text{ расч}}$ и массовую концентрацию $C_{\text{NO}_x \text{ расч}}$ оксидов азота в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ: $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,82 \text{ МПа}$; — — ДТ; — — — МТЭ

$p_e = 0,82$ МПа и установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр дт}} = 20^\circ$ до ВМТ значение максимальной осредненной температуры T_{max} составляет 2190 К, значение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 8,08 МПа. Расчетные значения объемного содержания $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в ОГ составляют, соответственно, 700 ppm и $1,01 \text{ г/м}^3$. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр дт}} = 23^\circ$ до ВМТ значение максимальной осредненной температуры T_{max} составляет 2220 К, значение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 8,46 МПа. Расчетные значения объемного содержания $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в ОГ составляют, соответственно, 640 ppm и $0,92 \text{ г/м}^3$. При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр дт}} = 26^\circ$ до ВМТ значение максимальной осредненной температуры T_{max} составляет 2240 К, значение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 8,81 МПа [16–22].

При работе на МТЭ на $\Theta_{\text{впр мтэ}} = 20^\circ$ до ВМТ значение максимальной осредненной температуры T_{max} составляет 2340 К, значение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 8,51 МПа. Расчетные значения объемного содержания $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в ОГ составляют, соответственно, 782 ppm и $1,12 \text{ г/м}^3$. При увеличении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр мтэ}} = 23^\circ$ до ВМТ значение максимальной осредненной темпе-

ратуры T_{max} составляет 2390 К, значение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 8,85 МПа. Расчетные значения объемного содержания $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в ОГ составляют, соответственно, 906 ppm и $1,30 \text{ г/м}^3$. При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр мтэ}} = 26^\circ$ до ВМТ значение максимальной осредненной температуры T_{max} составляет 2440 К, значение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 9,28 МПа.

Таким образом, с учетом эффективных показателей и показателей объемного содержания $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в ОГ необходимо принять оптимальный установочный УОВТ $\Theta_{\text{впр мтэ}} = 23^\circ$ до в. м. т. при работе на МТЭ и $\Theta_{\text{впр дт}} = 26^\circ$ до ВМТ при работе на ДТ.

Сравнивая оптимальные установочные УОВТ, следует отметить, что при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,82$ МПа при работе на МТЭ происходит повышение максимальной осредненной температуры T_{max} от 2240 К при работе на ДТ, до 2390 К при работе на МТЭ. Максимальная осредненная температура T_{max} повышается на 6,7%. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ при работе на МТЭ выше, чем при работе на ДТ и составляет 8,85 и 8,81 МПа, соответственно [22–30].

Литература:

1. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
2. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
4. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
5. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
6. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
7. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
8. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
9. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
10. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
11. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
12. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
13. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.

14. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
15. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
16. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
17. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
18. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
19. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
20. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
21. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
22. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
23. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
24. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
25. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
26. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
27. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Киров, 1999.
28. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/Санкт-Петербург, 1999.
29. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Определение оптимальных углов опережения впрыскивания топлив при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 5 (41). с. 62–64.
30. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.

Влияние применения метанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при работе на номинальной частоте вращения

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В данной статье рассмотрено влияние применения метанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при работе на номинальной частоте вращения.

Ключевые слова: *отработавшие газы, загрязнение воздуха, токсичные компоненты, оксиды азота.*

Возможность использования метанола-топливных эмульсий (МТЭ) в качестве топлива для автотракторных дизелей обуславливается в первую очередь тем, что в условиях дефицита ДТ метанол может быть получен из любого газообразного топлива, а также из пищевых и сельскохозяйственных отходов. В Вятской ГСХА на ка-

федре ДВС были проведены исследования влияния применения метанола-топливной эмульсии (МТЭ) на эффективные и экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на различных скоростных и нагрузочных режимах [1–14].

На рисунке 1 представлено влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания в цилиндре, показатели объемного содержания $\gamma_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$, массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$ оксидов азота в отработавших газах (ОГ) дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$.

Из графиков видно, что при работе на ДТ при увеличении нагрузки увеличивается максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ от 6,64 МПа при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$, до 8,72 МПа при $p_e = 0,70 \text{ МПа}$. Увеличение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 2,08 МПа, или 23,8%. Максимальная осредненная температура T_{max} в цилиндре дизеля возрастает с 1760 К при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$, до 2270 К при $p_e = 0,70 \text{ МПа}$. Рост максимальной осредненной температуры T_{max} составляет 510 К, или 22,5%. Объемное содержание $\gamma_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$ и массовая концентрация $C_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$ ок-

сидов азота NO_x при работе дизеля на ДТ с возрастанием нагрузки увеличиваются, соответственно, с 441 ppт и $0,63 \text{ г/м}^3$ на минимальной нагрузке при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$, до 636 ppт и $0,915 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,70 \text{ МПа}$ [15–25].

При работе на МТЭ при увеличении нагрузки максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ возрастает с 5,61 МПа при $p_e = 0,38 \text{ МПа}$, до 8,77 МПа при $p_e = 0,70 \text{ МПа}$. Увеличение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 3,16 МПа, или 36,0%. Максимальная осредненная температура T_{max} при работе на МТЭ увеличивается от 2120 К при $p_e = 0,38 \text{ МПа}$, до 2600 К при $p_e = 0,70 \text{ МПа}$. Рост максимальной осредненной температуры T_{max} при изменении нагрузки составляет 480 К, или 18,5%. Объемное содержание $\gamma_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$ и массовая концентрация $C_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$ оксидов азота NO_x при работе дизеля на МТЭ с возрастанием нагрузки увеличиваются, соответственно, с 315 ppт и $0,45 \text{ г/м}^3$ на минимальной нагрузке при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$, до 774 ppт и $1,11 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,70 \text{ МПа}$.

При переходе с ДТ на МТЭ при номинальной частоте вращения $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,82 \text{ МПа}$ происходит

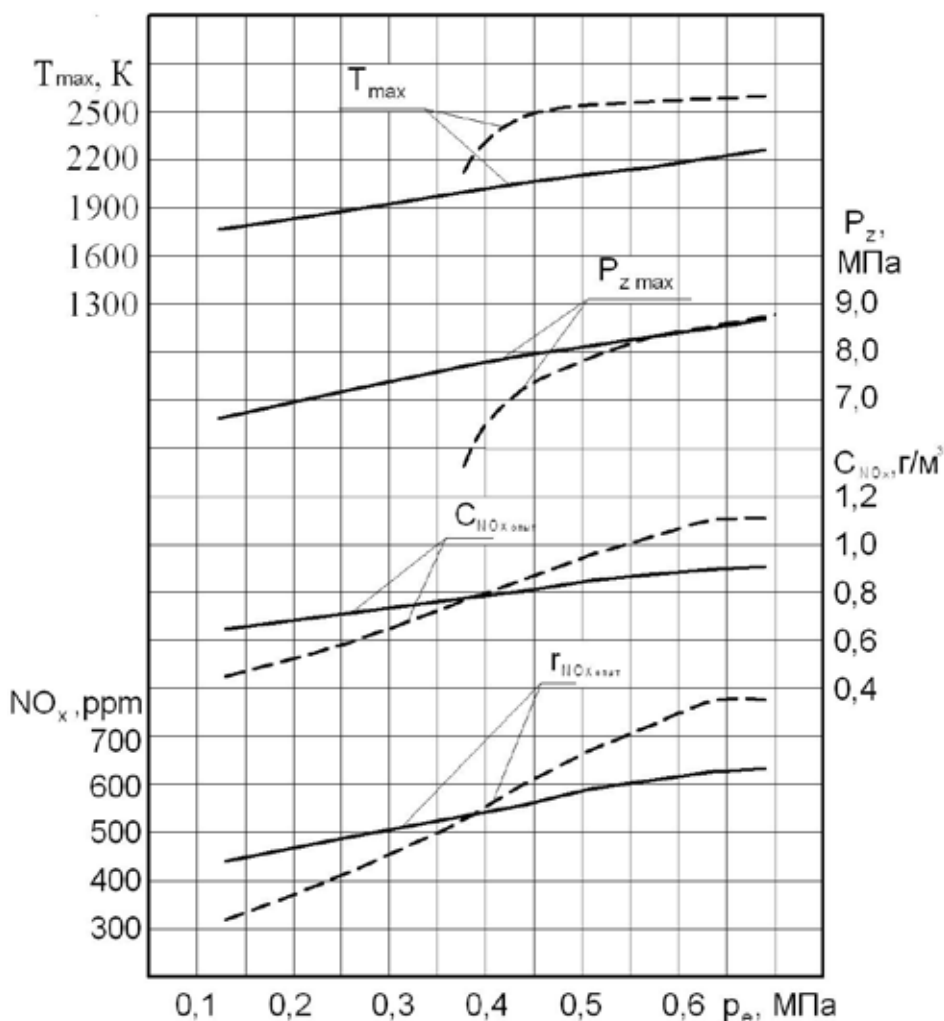


Рисунок 1 — Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания в цилиндре и показатели объемного содержания $\gamma_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$, массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$ оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 на оптимальных углах в зависимости от изменения нагрузки: $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ — — ДТ; — — — МТЭ

увеличение максимальной осредненной температуры T_{\max} с 2220 до 2580 К, т. е. максимальная осредненная температура увеличивается на 16,2%. Максимальное давления сгорания $p_{z \max}$ увеличивается с 8,51 до 8,54 МПа, увеличение максимального давления сгорания $p_{z \max}$ составляет 0,4%. Таким образом, увеличение объемного содержания $\gamma_{\text{NOx опыт}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx опыт}}$ оксидов азота при работе дизеля на МТЭ на оптимальных установочных

УОВТ при $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ составляет, соответственно, 138 ppm и 0,20 г/м³, или 21,7%.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что применение МТЭ не позволяет обеспечить снижение объемного содержания $\gamma_{\text{NOx опыт}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx опыт}}$ оксидов азота во всем диапазоне изменения нагрузки при работе на номинальной частоте вращения [26–30]

Литература:

1. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
2. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
4. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
5. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
6. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
7. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
8. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
9. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
10. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
11. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
12. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
13. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
14. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
15. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
16. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
17. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
18. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
19. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
20. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
21. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.

22. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
23. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
24. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
25. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
26. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
27. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Киров, 1999.
28. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/Санкт-Петербург, 1999.
29. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Определение оптимальных углов опережения впрыскивания топлив при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 5 (41). с. 62–64.
30. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.

Влияние применения метанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при работе на частоте вращения максимального крутящего момента

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В данной статье рассмотрено влияние применения метанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при работе на частоте вращения максимального крутящего момента.

Ключевые слова: отработавшие газы, загрязнение воздуха, токсичные компоненты, оксиды азота.

В Вятской ГСХА на кафедре ДВС были проведены исследования влияния применения метанола-топливной эмульсии (МТЭ) на эффективные и экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на различных скоростных и нагрузочных режимах [1–14].

На рисунке 1 представлено влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания в цилиндре, показатели объемного содержания $\gamma_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$, массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$ оксидов азота в отработавших газах (ОГ) дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ [15–21].

Из графиков видно, что при работе на ДТ при увеличении нагрузки увеличивается максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ от 6,45 МПа при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 9,29 МПа при $p_e = 0,82 \text{ МПа}$. Увеличение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 2,84 МПа, или 30,5%. Максимальная осреднённая температура T_{max} в цилиндре возрастает с 1620 К при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 2400 К при $p_e = 0,82 \text{ МПа}$. Рост максимальной температуры составляет

780 К, или 32,5%. Объемное содержание $\gamma_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$ и массовая концентрация $C_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$ оксидов азота NO_x при работе дизеля на ДТ с возрастанием нагрузки увеличиваются, соответственно, с 465 ppm и 0,67 г/м³ на минимальной нагрузке при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$, до 671 ppm и 0,96 г/м³ при $p_e = 0,70 \text{ МПа}$ [22–25].

При работе дизеля 4Ч 11,0/12,5 на МТЭ показатели процесса сгорания изменяются во всём диапазоне изменения нагрузки. Из графиков видно, что при увеличении нагрузки максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ возрастает с 5,2 МПа при $p_e = 0,26 \text{ МПа}$, до 9,72 МПа при $p_e = 0,82 \text{ МПа}$. Увеличение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 4,52 МПа, или 46,6%. Максимальная осредненная температура T_{max} при работе на МТЭ увеличивается от 1690 К при $p_e = 0,26 \text{ МПа}$, до 2590 К при $p_e = 0,82 \text{ МПа}$. Рост максимальной осредненной температуры T_{max} составляет 900 К, или 53,2%. Объемное содержание $\gamma_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$ и массовая концентрация $C_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$ оксидов азота NO_x при работе дизеля на МТЭ с возрастанием нагрузки

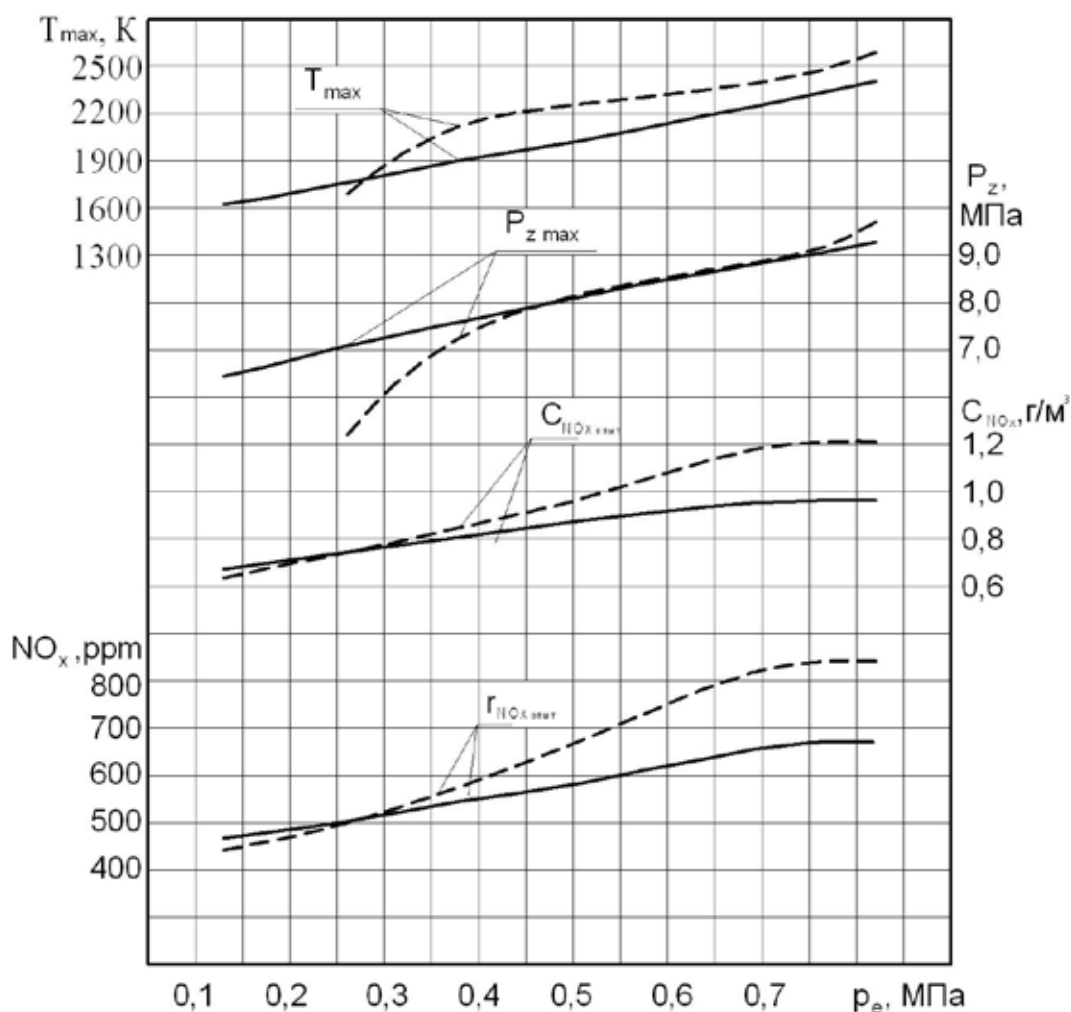


Рис. 1. Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания в цилиндре и показатели объемного содержания γ_{NOx} опыт, массовой концентрации C_{NOx} опыт оксидов азота в отработавших газах дизеля 4С 11,0/12,5 на оптимальных углах в зависимости от изменения нагрузки: $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ — — ДТ; — — МТЭ

увеличиваются, соответственно, с 441 ppm и $0,63 \text{ г/м}^3$ на минимальной нагрузке при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$, до 839 ppm и $1,21 \text{ г/м}^3$ при $p_e = 0,70 \text{ МПа}$.

При переходе с ДТ на МТЭ при частоте вращения максимального крутящего момента $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,82 \text{ МПа}$ происходит увеличение максимальной осредненной температуры T_{max} с 2400 до 2590 К, т. е. максимальная осредненная температура увеличивается на 7,9%. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ увеличивается с 9,29 до 9,72 МПа, увеличение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ состав-

ляет 4,3%. Таким образом, увеличение объемного содержания γ_{NOx} опыт и массовой концентрации C_{NOx} опыт оксидов азота при работе дизеля на МТЭ на оптимальных установочных УОВТ при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,82 \text{ МПа}$ составляет, соответственно, 168 ppm и $0,24 \text{ г/м}^3$, или 25,0%.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что применение МТЭ не позволяет обеспечить снижение объемного содержания γ_{NOx} опыт и массовой концентрации C_{NOx} опыт оксидов азота во всем диапазоне изменения нагрузки [26–30].

Литература:

1. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2С 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
2. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.

4. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
5. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
6. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
7. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
8. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
9. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
10. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
11. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
12. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
13. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
14. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
15. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
16. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
17. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
18. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
19. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
20. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
21. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
22. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
23. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
24. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
25. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
26. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
27. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Киров, 1999.
28. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/Санкт-Петербург, 1999.
29. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Определение оптимальных углов опережения впрыскивания топлив при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 5 (41). с. 62–64.
30. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.

Влияние применения метанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 23^\circ$

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В данной статье рассмотрено влияние применения метанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 23^\circ$.

Ключевые слова: отработавшие газы, загрязнение воздуха, токсичные компоненты, оксиды азота.

На рисунке 1 представлено влияние применения МТЭ на объемное содержание $\gamma_{NOx\text{ расч}}$ и массовую концентрацию $C_{NOx\text{ расч}}$ оксидов азота, осредненную температуру газов, и давление в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала на номинальном режиме работы ($n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$) при $\Theta_{впр} = 23^\circ$ [1–14].

При работе на ДТ расчетная максимальная осредненная температура цикла $T_{z\text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\phi_{Tz\text{ max}} = 8,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ. и равна 2170 К. Максимальное давление сгорания $p_{z\text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\phi_{pz\text{ max}} = 6,0^\circ$

п. к. в. после В.М. Т. и равно 8,20 МПа. Максимальное расчетное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{NOx\text{ max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 799 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{NOx\text{ max расч}}$ составляет 1,15 г/м³, при $\phi_{NOx\text{ max расч}} = 13,5^\circ$ п. к. в. после в. м. т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{NOx\text{ вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\phi_{NOx\text{ вых расч}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т составляет 630 ppm, при массовой концентрации $C_{NOx\text{ вых расч}} = 0,91 \text{ г/м}^3$.

При работе на МТЭ расчетная максимальная осредненная температура цикла $T_{z\text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\phi_{Tz\text{ max}} = 14^\circ$ п. к. в. после ВМТ

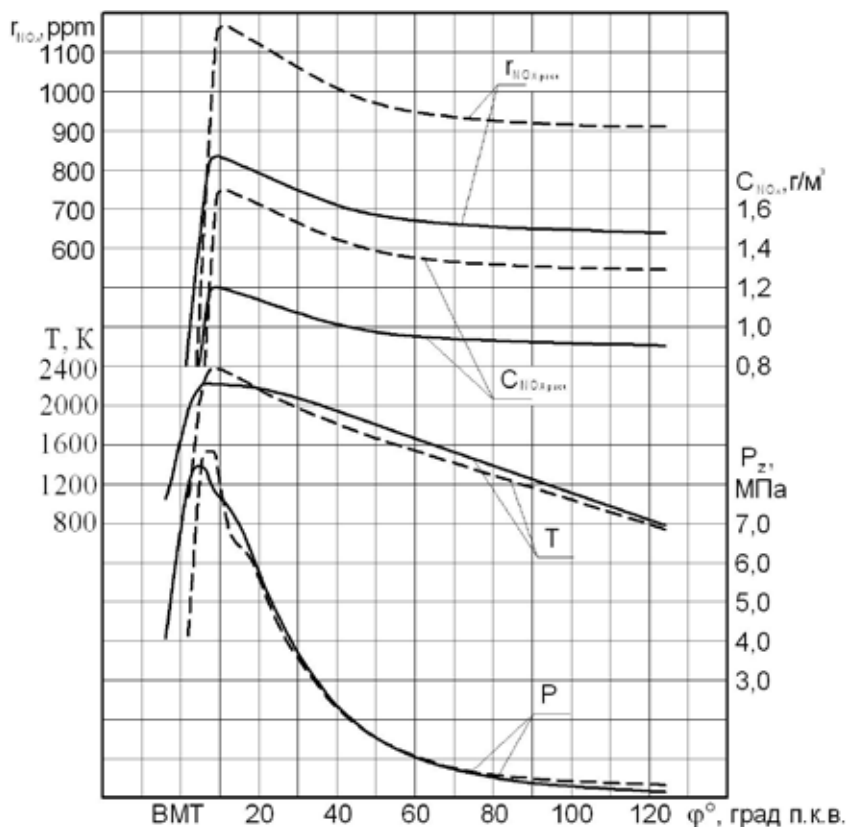


Рис. 1. Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $\gamma_{NOx\text{ расч}}$ и массовую концентрацию $C_{NOx\text{ расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п. к. в двигателя при $\Theta_{впр} = 23^\circ$ до ВМТ: $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$; — — ДТ; — — — МТЭ

и равна 2580 К. Максимальное давление сгорания достигает $p_{z \max}$ своего максимального значения при $\varphi_{pz \max} = 13^\circ$ п. к. в. после ВМТ и равно 8,54 МПа. При работе дизеля на МТЭ максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре составляет 1061 ppm, максимальное значение массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет 1,53 г/м³, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 19,5^\circ$ п. к. в. после в. м. т. Объемное содержание оксидов азота в цилиндре $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. составляет 836 ppm, при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}}$ 1,21 г/м³. Увеличение максимальных значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 262 ppm и 0,37 г/м³, или на 32,8%. Увеличение значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре при работе на МТЭ в момент открытия выпускного клапана составляет 266 ppm или 0,49 г/м³ или 42,2% [15–21].

При работе на ДТ ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,82 \text{ МПа}$) расчетная максимальная осредненная температура цикла $T_{z \max}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{Tz \max} = 6,5^\circ$ п. к. в. после ВМТ и равна 2220 К. Максимальное давление сгорания $p_{z \max}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{pz \max} = 5,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ и равно 8,46 МПа. Максимальное расчетное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 832 ppm, максимальная

массовая концентрация $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет 1,20 г/м³, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 9,5^\circ$ п. к. в. после в. м. т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. составляет 640 ppm, при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}} = 0,92 \text{ г/м}^3$ [22–27].

При работе на МТЭ ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,82 \text{ МПа}$) расчетная максимальная осредненная температура цикла $T_{z \max}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{Tz \max} = 8,5^\circ$ п. к. в. после ВМТ и равна 2390 К. Максимальное давление сгорания $p_{z \max}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{pz \max} = 7,5^\circ$ п. к. в. после ВМТ и равно 8,85 МПа. Максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре составляет 1177 ppm, максимальное значение массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет 1,69 г/м³, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 11,5^\circ$ п. к. в. после в. м. т. Объемное содержание оксидов азота в цилиндре $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. составляет 906 ppm, при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}}$ 1,30 г/м³. Увеличение максимальных значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 345 ppm и 0,49 г/м³, или на 41,4%. Увеличение значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре при работе на МТЭ в момент открытия выпускного клапана составляет 266 ppm или 0,38 г/м³ или 49,3% [28–29].

Литература:

1. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
2. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
4. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
5. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
6. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
7. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
8. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
9. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
10. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
11. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.

12. Анфилатов, А.А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
13. Анфилатов, А.А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
14. Анфилатов, А.А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
15. Анфилатов, А.А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
16. Анфилатов, А.А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
17. Анфилатов, А.А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
18. Анфилатов, А.А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
19. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
20. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
21. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
22. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
23. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
24. Лопатин, О.П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
25. Лопатин, О.П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
26. Лопатин, О.П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
27. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Киров, 1999.
28. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/Санкт-Петербург, 1999.
29. Лиханов, В.А., Полевщиков А.С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.

Влияние применения метанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 26^\circ$

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В данной статье рассмотрено влияние применения метанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 26^\circ$.

Ключевые слова: отработавшие газы, загрязнение воздуха, токсичные компоненты, оксиды азота.

На рисунке 1 представлено влияние применения МТЭ на объемное содержание $\gamma_{NOx \text{ расч}}$ и массовую концентрацию $C_{NOx \text{ расч}}$ оксидов азота, осредненную температуру газов, и давление в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала на номинальном режиме работы ($n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$) при $\Theta_{впр} = 26^\circ$ [1–14].

При работе на ДТ расчетная максимальная осредненная температура цикла $T_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{Tz \text{ max}} = 5,5^\circ$ п. к. в. после ВМТ и равна 2240 К. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{pz \text{ max}} = 4,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ и равно 8,81 МПа. Максимальное расчетное значение объемного содержания оксидов азота

$\gamma_{NOx \text{ max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 871 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{NOx \text{ max расч}}$ составляет 1,25 г/м³, при $\varphi_{NOx \text{ max расч}} = 12,5^\circ$ п. к. в. после в. м. т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{NOx \text{ вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{NOx \text{ вых расч}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. составляет 687 ppm, при массовой концентрации $C_{NOx \text{ вых расч}} = 0,99 \text{ г/м}^3$ [15–21].

При работе на МТЭ максимальная расчетная осредненная температура цикла $T_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{Tz \text{ max}} = 12^\circ$ п. к. в. после ВМТ и равна 2530К. Максимальное давление сгорания достигнет $p_{z \text{ max}}$ своего максимального значения при $\varphi_{pz \text{ max}} = 10^\circ$ п. к. в. после ВМТ и равно 9,03 МПа. Максимальное расчетное значение объемного содержания оксидов азота

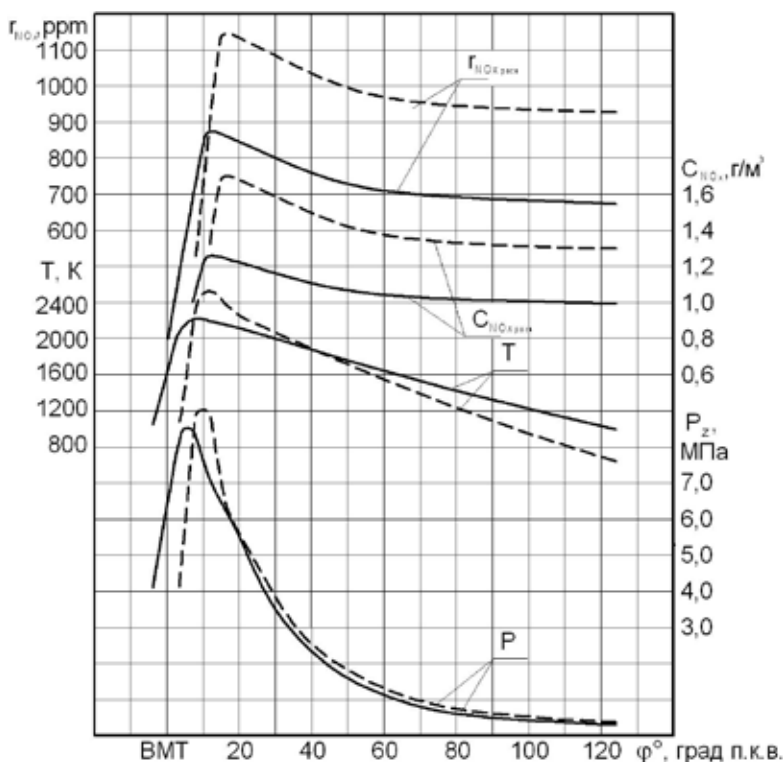


Рис. 1. Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $\gamma_{NOx \text{ расч}}$ и массовую концентрацию $C_{NOx \text{ расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п. к. в двигателя при $\Theta_{впр} = 26^\circ$ до ВМТ: $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$; — — ДТ; — — — МТЭ

$\gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 1145 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет 1,65 г/м³, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 17,0^{\circ}$ п. к. в. после в. м. т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^{\circ}$ п. к. в. после в. м. т. составляет 921 ppm, при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}} = 1,30$ г/м³. Увеличение максимальных значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре при работе на МТЭ составляет 274 ppm и 0,39 г/м³, или на 31,4%. Увеличение значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре при работе на МТЭ в момент открытия выпускного клапана составляет 234 ppm или 0,34 г/м³ или 25,4%.

При работе дизеля на ДТ ($n = 1700$ мин⁻¹, $p_e = 0,82$ МПа) максимальная расчетная осредненная температура цикла $T_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{Tz \text{ max}} = 5,5^{\circ}$ п. к. в. после ВМТ и равна 2240 К. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{pz \text{ max}} = 4,0^{\circ}$ п. к. в. после ВМТ и равно 8,81 МПа. Максимальное расчетное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 942 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{\text{NOx max расч}}$ состав-

ляет 1,36 г/м³, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 8,5^{\circ}$ п. к. в. после в. м. т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^{\circ}$ п. к. в. после в. м. т. составляет 725 ppm, при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}} = 1,04$ г/м³ [22–26].

При работе на МТЭ ($n = 1700$ мин⁻¹, $p_e = 0,82$ МПа) максимальная расчетная осредненная температура цикла $T_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{Tz \text{ max}} = 7,5^{\circ}$ п. к. в. после ВМТ и равна 2440 К. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{pz \text{ max}} = 7,0^{\circ}$ п. к. в. после ВМТ и равно 9,28 МПа. Максимальная массовая концентрация $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет 1,86 г/м³, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 10,5^{\circ}$ п. к. в. после в. м. т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^{\circ}$ п. к. в. после в. м. т. составляет 999 ppm, при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}} = 1,44$ г/м³. Увеличение максимальных значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре при работе на МТЭ составляет 352 ppm и 0,50 г/м³, или на 37,4%. Увеличение значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре при работе на МТЭ в момент открытия выпускного клапана составляет 274 ppm или 0,39 г/м³ или 37,7% [27–30].

Литература:

1. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
2. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
4. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
5. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
6. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
7. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
8. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
9. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
10. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
11. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
12. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
13. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.

14. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
15. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
16. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
17. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
18. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
19. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
20. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
21. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
22. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
23. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
24. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
25. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
26. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
27. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Киров, 1999.
28. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/Санкт-Петербург, 1999.
29. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Определение оптимальных углов опережения впрыскивания топлив при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 5 (41). с. 62–64.
30. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.

Анализ методов диагностирования, используемых в навигационных системах подвижных объектов

Сурков Владимир Олегович, аспирант
Тамбовский государственный технический университет

Произведен анализ методов диагностирования используемых в навигационных системах подвижных объектов. Рассмотренные методы не позволяют определить факт наличия или отсутствия сигнала на входе измерителей, поэтому наиболее целесообразно в качестве метода диагностики навигационных систем подвижных наземных объектов использовать методы совместного обнаружения и оценивания параметров сигналов. Методы, проанализированные в данной статье, могут быть использованы в качестве дополнительных.

При создании современных навигационных систем необходимым является применение специальных средств обеспечивающих отказоустойчивость системы в процессе эксплуатации. Под отказоустойчивостью по-

нимается способность системы выполнять свои функции после возникновения отказа. Нарушения функционирования могут быть вызваны отказами отдельных датчиков и систем, случайными пропадающими сигналами, аномаль-

ными измерениями, сбоями в работе вычислительных устройств, приводящими к ошибочному выполнению алгоритмов, воздействием помех различного вида.

Устранить воздействие некоторых из перечисленных воздействий возможно за счет:

1. общего повышения требований к электромагнитной совместимости и помехозащищенности оборудования, экранировки аппаратуры, увеличения мощности используемых сигналов;
2. создания специальной системы контроля работы устройств, входящих в состав системы с дальнейшим восстановлением работоспособности.

В связи с определенными особенностями построения навигационных систем подвижных наземных объектов (ПНО), таких как зависимость точности позиционирования от наличия данных СРНС система контроля должна иметь возможность определения факта наличия или отсутствия сигнала на входе приемника СРНС.

Далее рассмотрим методы диагностирования используемые при диагностике навигационных систем.

Создание системы контроля производится на основе методов функционального диагностирования. Под техническим диагностированием (ТД) в соответствии с [1] понимается диагностирование, осуществляемое во время функционирования объекта, на который поступают рабочие воздействия. Целью диагностирования является определение технического состояния объекта с указанием при необходимости места, вида и причины дефекта.

Контроль за техническим состоянием объекта может производиться: в пространстве параметров (определение текущих значений параметров объекта (коэффициенты передаточных функций, постоянные времени и т. д.) и оценка отклонения их от номинального значения) и в пространстве сигналов (проверяется отклонение выходных сигналов объекта и его блоков от теоретических значений).

1. Методы диагностирования в пространстве параметров делятся на три группы:

2. Методы идентификации — получение или уточнение математического описания объекта по измерениям его входного и выходного сигналов.

3. Методы распознавания образов.

Составление словарей дефектов (диагностических таблиц) — списка наиболее характерных неисправностей и соответствующих им значений диагностических признаков.

Методы диагностирования в пространстве сигналов применяются к объектам, основное назначение которых — преобразование входных сигналов в выходные, для проверки правильности выработки сигналов на выходе путем их анализа.

Методы диагностирования в пространстве сигналов делятся на две группы:

Методы анализа характеристик сигналов — использование априорно известных сведений о характеристиках сигналов (амплитуде, частотных свойствах и др.).

Методы анализа алгебраических инвариантов — алгебраическое соотношений (контрольных условие), которым должна удовлетворять совокупность выходных сигналов объекта, дополненная при необходимости одним или несколькими избыточными сигналами. Инвариантность состоит в том, что при отсутствии дефектов оно обязано выполняться для любых входных сигналов и в любой момент времени.

Методы анализа алгебраических инвариантов в свою очередь разделяются на:

- а) дублирование и резервирование;
- б) использование естественной избыточности;
- в) введение избыточных переменных;
- г) использование наблюдателей состояния.

Наиболее часто используемыми методами контроля работоспособности навигационных систем являются методы диагностирования в пространстве сигналов.

За счет введения избыточных переменных возможен контроль данных датчиков входящих в состав навигационной системы, таких СРНС за счет методов контроля целостности, описанных в статьях [2–6].

В качестве дополнительных методов диагностики в навигационных системах подвижных наземных объектов возможно применение нейросетевых методов для контроля данных бесплатформенной инерциальной навигационной системы [7–8], методов анализа алгебраических инвариантов (введение избыточных переменных или дополнительных наблюдателей [9–11]) для контроля работоспособности фильтра Калмана.

Так же возможно использование наблюдателей состояния при диагностике навигационных систем в виде многогипотезных измерителей с межобзорной памятью гипотез, представляющих собой несколько параллельно работающих фильтров Калмана или банк фильтров Калмана совместно с введением в вектор наблюдения избыточных переменных [12–18].

Данные методы диагностики при их реализации в соответствии с вышеуказанными случаями не предусматривают контроль наличия сигналов на входе приемника сигнала или датчика, например радиотехнического (СРНС), поэтому является необходимым использовать другие методы, например методы совместного обнаружения и оценивание параметров сигналов.

Литература:

1. ГОСТ 20911–89 Техническая диагностика. Термины и определения
2. Иванов, А.В. Оптимизация и комплексирование обработки информации в навигационно-посадочном комплексе с контролем целостности навигационного обеспечения по информации барометрического высотомера/А.В. Иванов // Радиотехника. — 2009. — № 7. — с. 72–82.

3. Иванов, А. В. Комплексные оптимальные алгоритмы обработки информации в навигационных системах подвижных наземных объектов с контролем целостности навигационного обеспечения/А. В. Иванов // Радиотехника. — 2010. — № 12. — с. 15–20.
4. Иванов, А. В. Анализ работы алгоритмов обработки информации в навигационных системах подвижных наземных объектов с контролем целостности навигационного обеспечения путем статистического компьютерного моделирования/А. В. Иванов // Радиотехника. — 2011. — № 5. — с. 6–11.
5. Иванов, А. В. Автономные системы контроля целостности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем/А. В. Иванов // Радиотехника. — 2014. — № 7. — с. 55–64.
6. Иванов, А. В. Алгоритмы обработки информации в навигационных системах наземных подвижных объектов с контролем целостности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем/А. В. Иванов, Д. В. Комраков, В. О. Сурков // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. — 2014. — № 52. — с. 53–58.
7. Деева, А. С. Контроль и диагностика избыточной инерциальной навигационной системы/А. С. Деева, А. Г. Щипицын // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». — 2007. — Вып. 5, № 7 (79). — с. 12–17.37
8. Деева, А. С. Методы контроля и диагностики информационных нарушений инерциальных навигационных систем/А. С. Деева, А. Г. Щипицын // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». — 2010. — Вып. 11, № 2. — с. 12–17.
9. Голован, А. А., Мироновский, Л. А. Алгоритмический контроль фильтра Калмана/А. А. Голован, Л. А. Мироновский, // Автоматика и Телемеханика., 1993, № 7, с. 173–185
10. Мироновский, Л. А. Функциональное диагностирование динамических систем (обзор)/Л. А. Мироновский // Автоматика и Телемеханика, 1980. № 8. с. 96–121.
11. Гаджиев, Ч. М. Диагностирование динамических систем по обновляющей последовательности фильтра Калмана/Ч. М. Гаджиев // Автоматика и Телемеханика., 1992. № 1. с. 180–483.
12. Зинчук, В. М., Якименко С. Ю. Синтез оптимальных алгоритмов многоальтернативного совместного обнаружения и оценки параметров при неизвестных вероятностях появления обнаруживаемых сигналов/В. М. Зинчук, С. Ю. Якименко, // Автомат. и телемех., 1983, — М — № 2, с. 102–114
13. Глузов, В. М. и др. Алгоритмическое обеспечение отказоустойчивости систем автоматического управления/В. М. Глузов, С. Д. Земляков, В. Ю. Рутковский, А. В. Силаев, // Автоматика и Телемеханика, М — 1988, № 9, с. 3–33
14. Кошаев, Д. А. Многоальтернативный метод обнаружения и оценки нарушений на основе расширенного фильтра Калмана // Автоматика и Телемеханика. 2010. № 5. с. 70–83.
15. Безмен, Г. В., Колесов Н. В. Функциональное диагностирование линейных динамических систем с использованием нечеткого анализа/Г. В. Безмен, Н. В. Колесов // Информационно — управляющие системы — 2009 — № 6. — с. 67–73.
16. Безмен, Г. В., Колесов Н. В. Функциональное диагностирование динамических систем с использованием нечетких правил анализа и принятия решений об отказе/Г. В. Безмен, Н. В. Колесов // Известия РАН. Теория и системы управления — 2011 — № 3. — с. 3–12
17. Дмитриев, С. П., Колесов Н. В., Осипов А. В. Информационная надежность, контроль и диагностика навигационных систем. — СПб.: Изд-во ЦНИИ «Электроприбор», 2003. 206 с.
18. Кошаев, Д. А. Информационный контроль и восстановление навигационных комплексов при большом числе типов нарушений и неопределенности их моделей/Д. А. Кошаев // Гироскопия и навигация. 2007, № 4, с. 47–59

Оценка свекловичного пектина в качестве студнеобразователя

Темников Андрей Владимирович, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Коваленко Марина Павловна, ассистент
Кубанский государственный аграрный университет

Низкоэтерифицированные пектины позволяют получать устойчивые высококачественные плодовые студни с низкой сахароемкостью. Такая возможность обеспечивается присутствием поливалентных катионов,

таких как кальций или магний. При этом такие пектиновые студни имеют свойство высокой реверсивности, то есть они плавятся при определенной температуре в зависимости от количества сахара, кальция и пектина, а при ох-

лаждении опять восстанавливают свою структуру [3; 4; 8; 12; 15; 18].

Требования к образованию пектиново-кислотных студней с поливалентным ионом, в основном, более жесткие, чем к образованию пектиново-сахаро-кислотных студней.

Физические и химические условия, необходимые для образования пектиново-кальциево-кислотных студней с оптимальной стабильностью, прочностью студня, вкусом и ароматом, должны быть определены для каждого пищевого продукта.

Факторами, влияющими на свойства низкоэтерифицированных пектиновых студней, являются рН, концентрация поливалентного иона, содержание растворимых сухих веществ и пектина.

Влияние каждого из этих факторов на свойства студня является функцией трех других факторов [21; 23; 24; 27; 28; 30; 38; 42].

Студнеобразующая способность пектина находится в зависимости от молекулярного веса пектина и от растворимости его в условиях получения студня. Поэтому повышение или понижение растворимости пектина в воде путем введения в систему небольших количеств катионов металлов может дать положительный эффект в улучшении студнеобразующей способности.

Прочность студней при введении в систему небольших количеств солей превышает или сохраняется на прежнем уровне, а при введении больших количеств снижается [2; 6; 9; 13; 16; 22; 26; 31; 36; 37; 41].

Анализ литературных данных показал, что при образовании студней низкоэтерифицированными пектинами характерны следующие закономерности:

1. Студень с низким содержанием сахара или без сахара может быть получен с помощью пектина, имеющего низкую молекулярную массу, в присутствии соли кальция или магния.

2. Определенное значение рН не является существенным для образования студня с низким содержанием сахара, но скорость желирования и структура студня изменяются с изменением рН.

Для получения максимально прочного геля пектин необходимо предварительно растворить в водном растворе, куда затем добавляют соль кальция [1; 5; 7; 10; 11; 14; 17; 19; 20; 40].

Достичь этого при обычных условиях производства кондитерских жележных масс очень трудно. С тем, чтобы избежать трудностей, связанных с растворением пектина, необходимо выбирать медленно растворимые соли кальция, которые будут постепенно освобождать ионы кальция в течение всего технологического процесса. Фосфаты или сульфаты кальция являются подходящими добавками для производства кондитерских жележных масс из пектинов со слабыми студнеобразующими свойствами. К таким пектинам относят свекловичный.

Следует, однако, учитывать, что при введении в раствор ионов кальция сразу же начинается образование

внутримолекулярных и межмолекулярных поперечных связей. С возрастанием концентрации этих ионов со временем увеличивается и число поперечных связей, в результате повышается молекулярная масса.

При достаточно высокой концентрации пектина возникают межмолекулярные поперечные связи. Этих связей тем больше, чем выше концентрация ионов кальция. Молекулярная масса возрастает, а ширина участков, где образуются межмолекулярные и внутримолекулярные поперечные связи, уменьшается по сравнению с исходными молекулами. Это связано также с некоторым «сжатием» молекул по сравнению с исходными (из-за возникновения поперечных связей в присутствии ионов кальция). Кроме того, сразу же после добавления ионов кальция молекулярная масса начинает возрастать за счет образования поперечных межмолекулярных связей, одновременно возрастают размеры молекул в длину и ширину [25; 29; 32; 33; 34; 35; 39; 43; 44; 45].

Для оценки студнеобразующей способности свекловичного пектина со степенью этерификации 35,3% нами на атомно-абсорбционном спектрометре были проанализированы пробы пектина, подготовленного разными способами по содержанию солей кальция.

Исходя из данных, полученных опытным путем, при увеличении процентного содержания кальция в пектине прочность студня возрастает, проходит через максимум и затем уменьшается, причем максимум кривых смещаются в сторону увеличения содержания кальция для студней с меньшим содержанием сахара. Такое поведение кривых объясняется обратной зависимостью концентрации сахара от процентного содержания кальция в пектине.

По литературным данным высококачественный пектин характеризуется прочностью от 600 до 750 мм рт. ст. (79,9 кПа — 99,9 кПа). Из чего можно сделать заключение, что получение студней с нормальным содержанием (32,5%) и прочностью свыше 650 мм рт. ст. необходимо использовать пектин, содержащий в своем составе от 0,64% до 1,13% кальция. С пониженным содержанием сахара (22,5%) — содержание кальция от 0,69 до 1,26% и с низким содержанием сахара (30%) свыше 0,94% кальция.

Оптимальное процентное содержание кальция в пектине, студень которого имеет прочность свыше 750 мм рт. ст. и содержанием сахара 45%, лежит в пределах от 0,9 до 1,2% кальция.

Время желирования пектиновых студней увеличивается с уменьшением концентрации сахара, также как и с увеличением процентного содержания кальция. Содержание кальция и сахара заметно влияют и на структуру пектинового студня. С понижением концентрации сахара и повышением содержания кальция в пектине структура пектино — кислотного студня улучшается, становится более упорядоченной, приобретает стекловидную, прозрачную на изломе форму.

Содержание кальция и сахара заметно влияют и на структуру пектинового студня. С понижением кон-

центрации сахара и повышением содержания кальция в пектине структура пектино-кислотно-сахарного студня улучшается, становится более упорядоченной, приобретает стекловидную, прозрачную на изломе форму.

Таким образом, результаты проведенных исследований дают основание для вывода о достаточно высокой

студнеобразующей способности свекловичного пектина при введении в него ионов кальция. Это, в свою очередь, позволяет расширить области применения пектина из свекловичного жома, в том числе для производства изделий с железной консистенцией.

Литература:

1. Анализ зараженности зернового сырья микотоксинами/И. Н. Хмара, А. Г. Кощаев, А. В. Лунева, О. В. Кощаева // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. — 2013. — Т. 3. — № 6. — с. 290—293.
2. Анализ эпизоотического состояния птицеводства в Российской Федерации/Г. А. Джаилиди, А. А. Лысенко, Ю. Ю. Пономаренко, А. Е. Лосаберидзе // Ветеринария Кубани. — 2014. — № 2. — с. 25—27.
3. Беретарь, И. М. Катастрофа в керченском проливе — экологическое преступление/И. М. Беретарь, В. А. Христинич, А. А. Лысенко // Ветеринария Кубани. — 2008. — № 2. — с. 18—19.
4. Влияние проращивания на химический состав и содержание антипитательных веществ в семенах сои/О. В. Кощаева, И. В. Хмара, К. П. Федоренко, В. В. Шкрядов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2014. — № 97. — с. 224—236.
5. Гнеуш, А. Н. Применение ферментной кормовой добавки «Микозим СП+» в рационе перепелов/А. Н. Гнеуш, Ю. А. Лысенко, Н. И. Петенко // Молодой ученый. — 2015. — № 3 (83). — с. 363—366.
6. Гомелева, Т. Ю. Разработка рецептуры и технологии обогащенного адыгейского сыра/Т. Ю. Гомелева, О. А. Огнева, А. М. Патиева // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2008. — № 15. — с. 168—171.
7. Гугушвили, Н. Н. Динамика изменения клеточного и гуморального иммунитета у коров при беременности и после родов/Н. Н. Гугушвили // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. — 2003. — № 6. — с. 64.
8. Гугушвили, Н. Н. Показатели фагоцитоза и бактерицидная активность у коров/Н. Н. Гугушвили // Биология в школе. — 2004. — № 8. — с. 5.
9. Донченко, Л. В. Оценка свекловичного пектина в качестве студнеобразователя/Л. В. Донченко, А. В. Темников, В. В. Конова // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 77—80.
10. Изучение токсикологического действия пробиотической кормовой добавки/А. Г. Кощаев, Н. А. Гранкина, В. В. Борисенко, В. И. Николаенко // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 12—14.
11. Ильясов, О. Р., Неверова О. П., Печура Е. В. Перспективы использования методов экобиозащиты открытых водоемов от воздействия сточных вод птицеводческих комплексов // Аграрный вестник Урала. — 2012. — № 4 (96). — с. 47—49.
12. Коваленко, М. П. Разработка рецептур и технологий детских плодоовощных консервов/М. П. Коваленко // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 86—89.
13. Кощаев, А. Г. Изучение хронической токсичности пробиотической кормовой добавки трилактосорб для использования в мясном перепеловодстве/А. Г. Кощаев, Ю. А. Лысенко, Е. И. Мигина // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2014. — № 48. — с. 133—138.
14. Кощаев, А. Г. Экологически безопасные технологии витаминизации продукции птицеводства в условиях юга России/А. Г. Кощаев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2006. — № 9. — с. 58—66.
15. Кудренко, Ю. В. Паразитофауна вислоноса в России и США/Ю. В. Кудренко, В. А. Христинич, И. М. Беретарь, А. А. Лысенко // Ветеринария Кубани. — 2008. — № 4. — с. 9—10.
16. Лисовицкая, Е. П., Патиева С. В. Использование полисахаридов в технологии производства мясных изделий специального назначения // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. — 2012. — с. 219—221.
17. Лунёва, А. В. Натрия гипохлорит: влияние на организм перепелов/А. В. Лунева // Птицеводство. — 2013. — № 4. — с. 35—39.
18. Лысенко, А. А. Эпизоотические особенности *Arhtaе epizooticaе* КРС/А. А. Лысенко, Ю. А. Лысенко, А. В. Лунева // Молодой ученый. — 2015. — № 7. — с. 1037—1040.
19. Лысенко, А. А. Ветеринарное образование на Кубани/А. А. Лысенко, С. В. Середина // Ветеринария Кубани. — 2009. — № 2. — с. 2—5.
20. Лысенко, А. А. Акклиматизация берша в рыбоводных хозяйствах Краснодарского края/А. А. Лысенко, И. М. Беретарь // Ветеринария Кубани. — 2009. — № 3. — с. 24—25.

21. Лысенко, А.А. Паразитарные болезни прудовых рыб: способы лечения и профилактики/А.А. Лысенко, В.А. Христин // Ветеринария Кубани. — 2006. — № 2. — с. 23—24.
22. Лысенко, А.А. Формирование паразитарной системы у рыб в прудовых хозяйствах и естественных водоемах и меры борьбы с паразитозами в условиях Краснодарского края: Автореф. дис.... д-ра вет. наук. — Иваново, 2006. — 65 с.
23. Мигина, Е.И. Изучение токсикологического и раздражающего действия пробиотической кормовой добавки Трилактосорб для использования в перепеловодстве/Е.И. Мигина, Ю.А. Лысенко, А.Г. Кошаев // Ветеринария Кубани. — 2014. — № 4. — с. 13—16.
24. Неверова, О.П. Экологический мониторинг в зоне деятельности животноводческих предприятий: дис. ... канд. биол. наук. — Екатеринбург, 2003.
25. Неверова, О.П., Шаравьев П.В., Зуева Г.В. Использование гидробионтов для определения функционального состояния водных экосистем в зоне деятельности животноводческих объектов // Аграрный вестник Урала. — № 11 (117). — 2013. — 63 с.
26. Огнева, О.А. Влияние пектина на синергетические свойства кисломолочных сгустков/Гомелева Т.Ю., Донченко Л.В. // Труды Кубанского аграрного университета. — 2008. — № 15. — с. 151—153.
27. Огнева, О.А. Разработка рецептур и технологии фруктовых желейных десертов/О.А. Огнева, Е.В. Николаенко // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 32—35.
28. Ольховатов, Е.А. Альтернативный способ снижения токсичности семян клещевины/Е.А. Ольховатов, Е.В. Щербакова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2009. — № 5—6. — с. 16—17.
29. Ольховатов, Е.А. Исследование свойств пектиновых веществ и разработка технологий получения пектина и пектинопродуктов из покровных тканей различных плодов с применением биотехнологической модификации (обзор)/Е.А. Ольховатов // Молодой ученый. — 2015. — № 5. — с. 93.
30. Особенности обмена веществ птицы при использовании в рационе пробиотической кормовой добавки/А.Г. Кошаев, С.А. Калужный, Е.И. Мигина, Д.В. Гавриленко, О.В. Кошаева // Ветеринария Кубани. — 2013. — № 4. — с. 17—20.
31. Пат. 2483591 Российская Федерация, МПК7 A23L 1/31 (2006.01), A23L 3/00 (2006.01). Способ производства консервов из мяса птицы для лечебно-профилактического питания/Л.Я. Родионова, А.И. Решетняк, А.В. Степовой, А.В. Саакян, А.В. Белонюг; заявитель и патентообладатель ФГБОУВПО Кубанский государственный аграрный университет № 2011141666/13; заявл. 13.10.2011.; опубл. 10.06.2013., Бюл. № 16. — 7 с.
32. Патент 2155558 Российская Федерация, МПК C2 A 61 D 19/02. Устройство для электромагнитного воздействия на сперму животных/Н.И. Богатырев, М.А. Вольнова, Н.А. Гуськов, Н.А. Демьянченко, Н.Н. Курзин, И.С. Иващенко; заявитель и патентообладатель КГАУ. — № 98121964/13 заявл. 01.12.1998; опубл. 10.09.2000. Бюл. № 25. — 10 с.
33. Патент 2182826 Российская Федерация, МПК: 7A 61K 33/38 A, 7A 61K 35/78 B. Способ профилактики иммунодефицита у коров в сухостойный и послеродовой периоды/Гугушвили Н.Н., Радуль Н.П., Урусов Н.Н., Шевкопляс В.Н., заявитель и патентообладатель КГАУ. — опубл. 26.01.2000.
34. Петенко, А.И. Перспективы использования пробиотиков на основе молочнокислых и пропионовокислых микроорганизмов в перепеловодстве/А.И. Петенко, Ю.А. Лысенко, И.А. Петенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2013. — № 43. — с. 66—71.
35. Плутахин, Г.А. Биофизика, 2-е изд., перераб. и доп.: учебное пособие для студентов высших учебных заведений/Г.А. Плутахин, А.Г. Кошаев. — СПб: Издательство «Лань», 2012. — 240 с.
36. Плутахин, Г.А. Электротермическое осаждение белков растительного сока/Г.А. Плутахин, А.Г. Кошаев, А.И. Петенко // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2004. — № 8. — с. 20.
37. Пономаренко, Л.В. Биологические особенности китайского финика (унаби) в западном предкавказье/Л.В. Пономаренко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2014. — № 103. — с. 1282—1295.
38. Применение сукцината цинка в инкубации куриных яиц/В.А. Антипов, А.Н. Трошин, А.В. Левченко, А.Х. Шантыз, А.В. Лунева // Птицеводство. — 2014. — № 1. — с. 28.
39. Сарбатова, Н.Ю. Технологические особенности функциональных продуктов с использованием рыбного сырья и конжакковой камеди/Н.Ю. Сарбатова, К.Ю. Шебела, Е.П. Лисовицкая // Молодой ученый. — 2015. — № 5—1 (85). — с. 38—40.
40. Степовой, А.В. Развитие безалкогольной промышленности в России в направлении производства функциональных напитков/А.В. Степовой. — «Известия вузов. Пищевая технология». — Краснодар, 2009. — 47 с.
41. Темников, А. В. Использование СО₂-шротов пряно-ароматических растений в технологии помадных конфет/А.В. Темников, И.Б. Красина, А.Д. Минакова, А.Н. Есина // Известия вузов. Пищевая технология. — 2010. — № 4. — с. 45—46.

42. Теоретические основы электрохимической обработки водных растворов/Плутахин Г. А., Аидер М., Кошаев А. Г., Гнатко Е. Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2013. — № 92. — с. 72–83.
43. Шаравьев, П. В. Основные проблемы птицеводства // Молодежь и наука. — 2012. — № 1. — с. 166–168.
44. Шаравьев, П. В. Инновационные технологии озонирования патогенов картофеля/П. В. Шаравьев, Г. В. Зуева, О. П. Неверова // Аграрный вестник Урала. — 2014. — № 3 (121). — с. 63–66.
45. Эффективность использования натрия гипохлорита в перепеловодстве/В. В. Борисенко, Н. А. Гранкина, А. В. Степовой, В. И. Николаенко // Молодой учёный. — 2015. — № 5–1 (85). — с. 1–3.

Камера соляного тумана для испытания лакокрасочных материалов (ЛКМ)

Ульянов Александр Владимирович, аспирант, старший преподаватель
Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

ООО ИТЦ «Синтез Плюс» — предприятие, специализирующееся на производстве водно-дисперсионных лакокрасочных материалов (далее ЛКМ). В ходе технологического процесса производства ЛКМ требуется проведение постоянного контроля качества продукции. Для осуществления контроля качества продукции изготовлена камера соляного тумана, обеспечивающая проведение квалификационных испытаний антикоррозионных ЛКМ и систем покрытий на их основе применительно к судовым балластным танкам.

Ключевые слова: ЛКМ, камера, испытания, ПИД, температура, влажность, регулятор мощности, симистор, расход.

Для осуществления контроля качества продукции изготовлена камера соляного тумана, которая обеспечивает проведение квалификационных испытаний антикоррозионных ЛКМ и систем покрытий на их основе применительно к судовым балластным танкам. Камеры соляного тумана является экономически обоснованным решением, т. к. позволяет проводить квалификационные испытания без регулярного привлечения сторонних организаций.

Камера соляного тумана рис. 1 имеет блок автоматики который предназначен для управления техническим процессом проведения испытаний ЛКМ показан на рис. 2.

Блок автоматики включает в себя дав основных блока управления: контроллер поддержания температуры реализующий ПИД — закон управления температурой и контроллер расхода и индикации влажности в камере соляного тумана.

Контроллер поддержания температуры рисунок 3 содержит клеммник (Vcc, DQ, GND) для подключения датчика температуры, клеммники (Load_1-Vcc, Load_2-Vcc) для подключения силовых симисторных регуляторов нагревательного элемента, клеммник (1,2,3) для подключения кнопок управления: «Режим нагрева 1 (R1)» — нагрев + туман; «Режим нагрева 2 (R2)» — интенсивный



Рис. 1. Промышленный внешний вид камеры соляного тумана

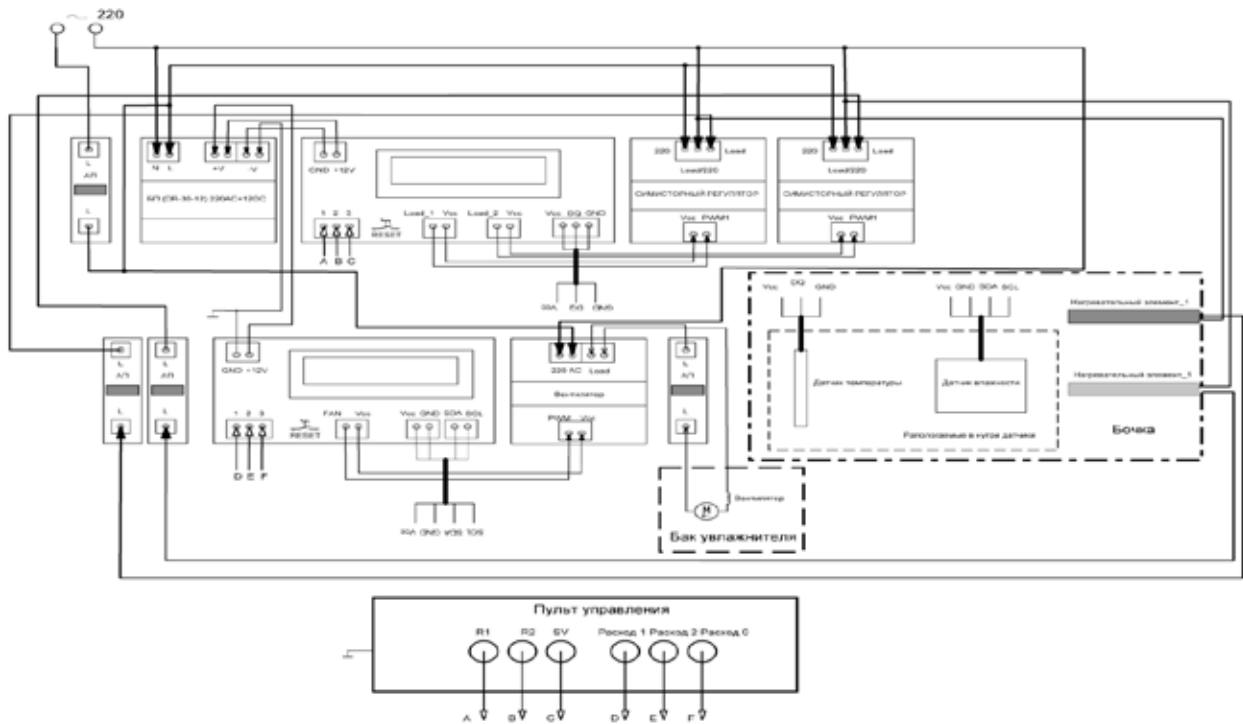


Рис. 2. Блок автоматики

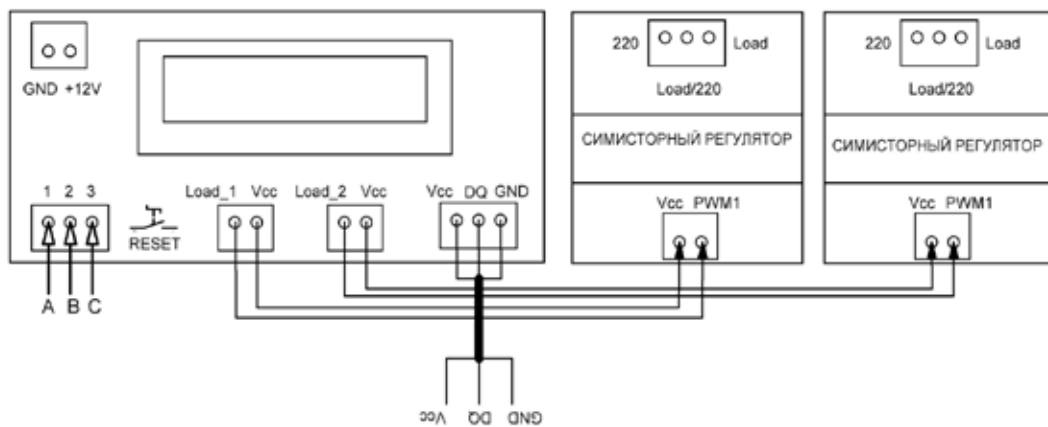


Рис. 3. Контроллер поддержания температуры

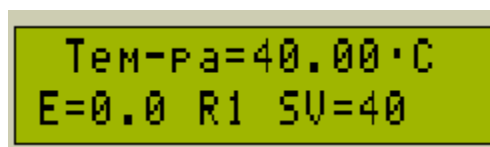


Рис. 4. Отображение служебной информации

нагрев + туман; «Установка требуемой температуры поддержания (SV)».

Питается контроллер поддержания температуры от внешнего источника (БП рис. 2) постоянного напряжения +12В через клеммник (GND,+12V).

Для отображения аварийных и служебных сообщений используется LCD индикатор рис. 4.

Расположение служебной информации на LCD показано на рисунке 4.

На LCD индикаторе рис. 4 отображается:

текущая температура (Тем-ра = XX. XX C), ошибка регулирования (E = X. X), выбранный режим работы (R1 — нагрев + туман, R2 — интенсивный нагрев + туман), установка температуры с шагом 10 градусов Цельсия (SV = XX).

Симисторный регулятор нагревательного элемента разделен на две идентичных части и служит для управления нагревательным элементом рис. 2

Симисторный регулятор нагревательного элемента подключается к контролеру поддержания температуры двумя проводами к клеммнику (Load_1-Vcc, Load_2-Vcc) в соответствии с рисунком 2–3.

Контроллер расхода и индикации влажности показан на рис. 5.

Контроллер расхода и индикации влажности рис. 5. содержит клеммник (Vcc, GND, SDA, SCL) для подключения датчика влажности рисунок 1, клеммники (FAN, Vcc) для подключения регулятора вентилятора, клеммник (1-D,2-F,3-F) для подключения кнопок управления «Расход 1», «Расход 2», «Расход 0». Контроллер расхода и индикации влажности питается от внешнего источника (БП рис. 2) постоянного напряжения +12 В через клеммник (GND,+12V).

Для отображения аварийных и служебных сообщений используется LCD индикатор рисунок 6.

На LCD индикаторе рисунке 6 отображается текущая влажность (Влажность= XX. X %), расход (Расход = X).

Контроллер расхода и индикации влажности имеет сервисный светодиод зеленого цвета отображает работоспо-

собное состояние контроллера (диод — горит) и появившиеся ошибки (диод — мигает).

Датчик влажности рисунок 5 подключается к клеммнику (Vcc, GND, SDA, SCL) рисунок 5. Датчик влажности размещен в испытательной емкости (Бочка) рисунок 5.

Регулятор вентилятора подключается к клеммнику (FAN, Vcc) рисунок 2,5.

Клавиши управления режимами работы контроллера подписаны, вынесены на пульт управления и подключены к клеммнику (1-D,2-E,3-F) рисунок 2.

Для нагнетания соленого тумана в испытательную ёмкость применяется увлажнитель воздуха — ультразвуковой распылитель водяного аэрозоля, предназначен для образования и распыления водяного тумана, с целью увлажнения воздуха жилых и промышленных помещений, а также климатических и холодильных камер поддержания влажности. Аппарат состоит из емкости с установленными ультразвуковыми излучателями, нагнетающего вентилятора, модуля питания и управления работой генератора. Вентилятор через воздухозаборник подает воздух в емкость туманообразования. Находящиеся в емкости ультразвуковых излучатели, преобразуют воду в мелко-дисперсный водяной туман (диаметр капли 1–5 мкм.) который, смешиваясь с воздухом, подается на выпускной воздуховод. Образующийся в модуле влажности водяной туман подается в камеру.

Из вида переходной характеристики рисунок 7 можно судить о хорошем регулировании, точность поддержания

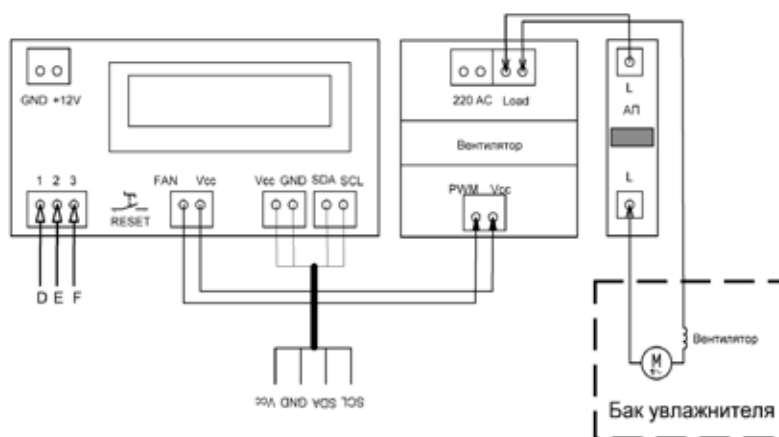


Рис. 5. Контроллер расхода и индикации влажности

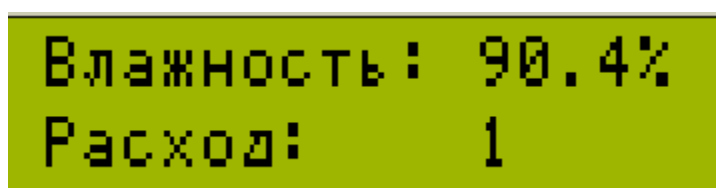


Рис. 6. Отображение служебной информации

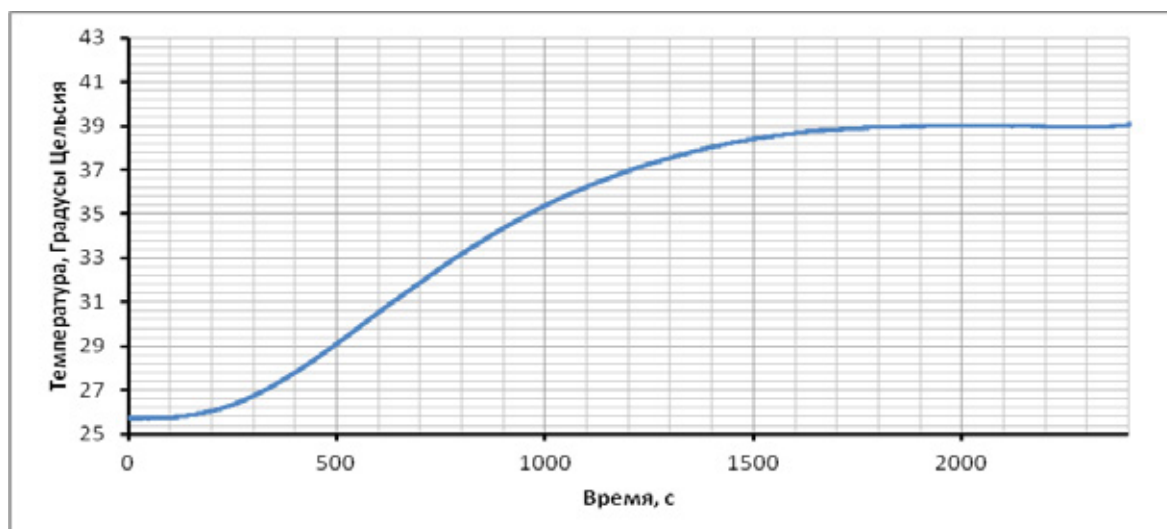


Рис. 7. Вид переходной характеристики температуры в камере при уставке 39°C и относительной влажности 94,5%

температуры составляет $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Качество регулирования достигается за счет разработанного алгоритма цифрового ПИД регулятора и способа управления нагревательным элементом.

Разработанная камера соляного тумана для контроля качества ЛКМ позволит качественно и своевременно производить испытания, что позволит сэкономить время и финансовые вложения на проведения такого рода испытаний.

Литература:

1. Денисенко, В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. / В. В. Денисенко; ред. Ю. Н. Чернышев. — М.: Горячая линия-Телеком, 2009. — 608 с.;
2. Hardware documentation for CX90x1 controller. — Version 2.4. — Beckhoff Automation GmbH., 2008. — 61 p.;
3. Automation Technology: TwinCAT ADS OXC. — Version 2.4. — Beckhoff Automation GmbH., 2004. — 170 p.

Мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской ГСХА на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи.

На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при работе на ДТ и на метаноле с ДСТ на номинальной частоте вращения коленчатого вала [1–30]. Из кривых видно, что при работе дизеля 2Ч 10,5/12,0 на метаноле с ДСТ мощностные и экономические показатели изменяются во всём диапазоне изменения нагрузки.

Из графика видно, что при работе дизеля на метаноле с использованием ДСТ при увеличении нагрузки увеличивается суммарный расход топлива от 3,95 кг при $p_e = 0,127$ МПа до 10,6 кг при $p_e = 0,65$ МПа. Увеличение составляет 6,65 кг/ч, или 62,7%. Минимальное значение суммарного удельного эффективного расхода топлива достигается при $p_e = 0,54$ МПа и составляет $g_{e\Sigma} = 490$ г/(кВт·ч). При номинальной нагрузке ($p_e = 0,585$ МПа) значение $g_e =$

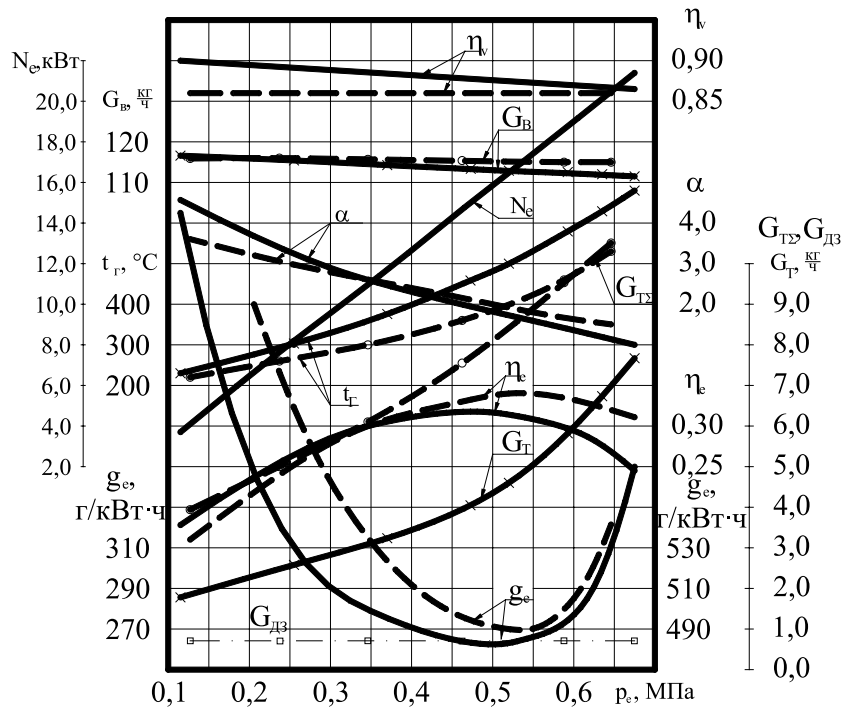


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$; — — — дизельный процесс, — — — метанол с запальным ДТ

502 г/(кВт·ч). Величина эффективного к. п. д. при увеличении нагрузки увеличивается с $\eta_e = 0,16$ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до $\eta_e = 0,320$ при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$, при этом максимальное значение достигается при $p_e = 0,54 \text{ МПа}$ и составляет $\eta_e = 0,34$. При увеличении нагрузки также увеличивается температура ОГ. Так, при работе дизеля на метаноле с ДСТ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ значение $t_r = 220^\circ\text{C}$, а при увеличением нагрузки до максимальной при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$ возрастает до $t_r = 535^\circ\text{C}$. Увеличение составляет 315°C , или $58,9\%$. Расход воздуха при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ составляет 116 кг/ч и уменьшается до 115 кг/ч при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Коэффициент избытка воздуха при работе дизеля на метаноле с ДСТ уменьшается с увеличением нагрузки с $\alpha = 3,6$ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до значения $\alpha = 1,5$ при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Снижение составляет $58,3\%$. Коэффициент наполнения при малых нагрузках ($p_e = 0,127 \text{ МПа}$) равен $0,86$ и при максимальной нагрузке ($p_e = 0,65 \text{ МПа}$) не изменяется и составляет также $0,86$.

Анализируя изменения значений мощностных и экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при частоте вращения $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и оптимальных установочных УОВТ, можно отметить следующее. Расход топлива при работе дизеля на метаноле с ДСТ значительно выше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ расход топлива при работе дизеля на ДТ составляет $1,85 \text{ кг/ч}$, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — $3,95 \text{ кг/ч}$. Увеличение составляет $53,2\%$. При $p_e = 0,65 \text{ МПа}$ расход метанола также выше, чем при работе дизеля на ДТ.

Если при работе на ДТ расход топлива равен $7,15 \text{ кг/ч}$, то при этой же нагрузке, но при работе на метаноле с ДСТ расход равен $10,6 \text{ кг/ч}$. Увеличение составляет $32,5\%$. Увеличение расхода топлива связано с тем, что метанол обладает меньшей теплотворной способностью, и для сохранения мощностных показателей на уровне опытного дизеля метанол нужно подавать в больших количествах. Удельный расход топлива при работе дизеля на метаноле с ДСТ соответственно также выше, чем при работе дизеля на ДТ. На номинальном режиме значение $g_{e\sigma} = 273 \text{ г/(кВт·ч)}$ при работе дизеля на ДТ, при работе дизеля на метаноле с ДСТ и этой же нагрузке составляет $g_{e\sigma} = 502 \text{ г/(кВт·ч)}$. Увеличение составляет $45,6\%$. Значение эффективного к. п. д. при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ и работе дизеля на ДТ составляет $0,185$, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — $0,16$. Снижение составляет $13,5\%$. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,65 \text{ МПа}$ значение η_e для опытного дизеля составляет $0,266$, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — $0,320$. Увеличение составляет $16,8\%$. Температура ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ во всём диапазоне изменения нагрузки меньше, чем у опытного дизеля. Так, при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ $t_r = 235^\circ\text{C}$ при работе дизеля на ДТ, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $t_r = 220^\circ\text{C}$. Снижение составляет $6,4\%$. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,65 \text{ МПа}$ значение $t_r = 645^\circ\text{C}$ при работе дизеля на ДТ и $t_r = 535^\circ\text{C}$ при работе дизеля на метаноле с ДСТ. Снижение составляет 110°C , или 17% . Расход воздуха на малых нагрузках при работе дизеля на различных топливах имеет одинаковое значение. При увеличении на-

грузки ($p_e = 0,65$ МПа) расход воздуха для опытного дизеля составляет 112 кг/ч, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 115 кг/ч, увеличение составляет 2,6%. Коэффициент избытка воздуха при $p_e = 0,127$ МПа и работе дизеля на ДТ составляет 4,45, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\alpha = 3,6$. Снижение составляет 19,1%. При $p_e = 0,65$ МПа значение α при работе дизеля на ДТ

составляет 1,15, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\alpha = 1,5$. Увеличение составляет 23,3%. Коэффициент наполнения при $p_e = 0,127$ МПа и работе дизеля на ДТ составляет 0,90, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\eta_v = 0,86$. Снижение составляет 4,4%. При $p_e = 0,65$ МПа значение η_v для опытного дизеля составляет 0,865, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\eta_v = 0,86$.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.
2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография/Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10, с. 8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.
6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2007. — 167 с.
8. Чувашев, А. Н. Исследование показателей рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от значений установочных углов опережения впрыскивания топлив. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 340–343.
9. Чувашев, А. Н. Особенности процесса сгорания в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 343–346.
10. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на частоте вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 347–348.
11. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 349–350.
12. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 351–352.
13. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 226–229.
14. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 232–235.
15. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 235–238.
16. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 238–241.
17. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 117–120.
18. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 120–123.
19. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 123–125.

20. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 125–128.
21. Анфилатов, А. А. Индексирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 128–131.
22. Анфилатов, А. А. Методика исследований дизеля 2Ч 10,5/12,0 по снижению содержания оксидов азота при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 131–134.
23. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 134–136.
24. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 136–139.
25. Анфилатов, А. А. Расчет выбросов вредных газообразных веществ с отработавшими газами дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 139–141.
26. Анфилатов, А. А. Содержание оксидов азота в дизеле при работе на метаноле в зависимости от изменения установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 141–144.
27. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 73–76.
28. Анфилатов, А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 76–79.
29. Анфилатов, А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 79–82.
30. Анфилатов, А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 82–85.

Мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на режиме максимального крутящего момента

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской ГСХА на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи.

На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при работе на ДТ и на метаноле с ДСТ на режиме максимального крутящего момента при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$. Из кривых видно, что при работе дизеля 2Ч 10,5/12,0 на ДТ и на метаноле с ДСТ мощностные и экономические показатели изменяются во всём диапазоне изменения нагрузки. Из графика видно, что при работе дизеля на метаноле с ДСТ при увеличении нагрузки увеличивается суммарный расход топлива от 3,1 кг при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 8,0 кг при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Увеличение составляет 4,9 кг/ч, или 61,2%. Минимальное значение суммарного удельного эффективного расхода топлива достигается при $p_e = 0,55 \text{ МПа}$ и составляет $g_{e\Sigma} = 488 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$. При нагрузке $p_e = 0,594 \text{ МПа}$ значение $g_e = 490 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$.

Величина эффективного к. п. д. при увеличении нагрузки увеличивается с $\eta_e = 0,16$ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до $\eta_e = 0,34$ при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$, при этом максимальное значение достигается при $p_e = 0,55 \text{ МПа}$ и составляет $\eta_e = 0,352$. При увеличении нагрузки также увеличивается температура ОГ. Так, при работе дизеля на метаноле с ДСТ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ значение $t_r = 190^\circ\text{C}$, а при увеличении нагрузки до максимальной при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ составляет $t_r = 425^\circ\text{C}$. Увеличение составляет 235°C , или 55,3%. Расход воздуха при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ составляет 90 кг/ч и уменьшается до 86,5 кг/ч при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Коэффициент избытка воздуха при работе дизеля на метаноле с ДСТ уменьшается с увеличением нагрузки с $\alpha = 3,5$ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до значения $\alpha = 1,6$ при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Снижение составляет 54,3%. Коэффициент наполнения при малых нагрузках ($p_e = 0,127 \text{ МПа}$) равен 0,87,

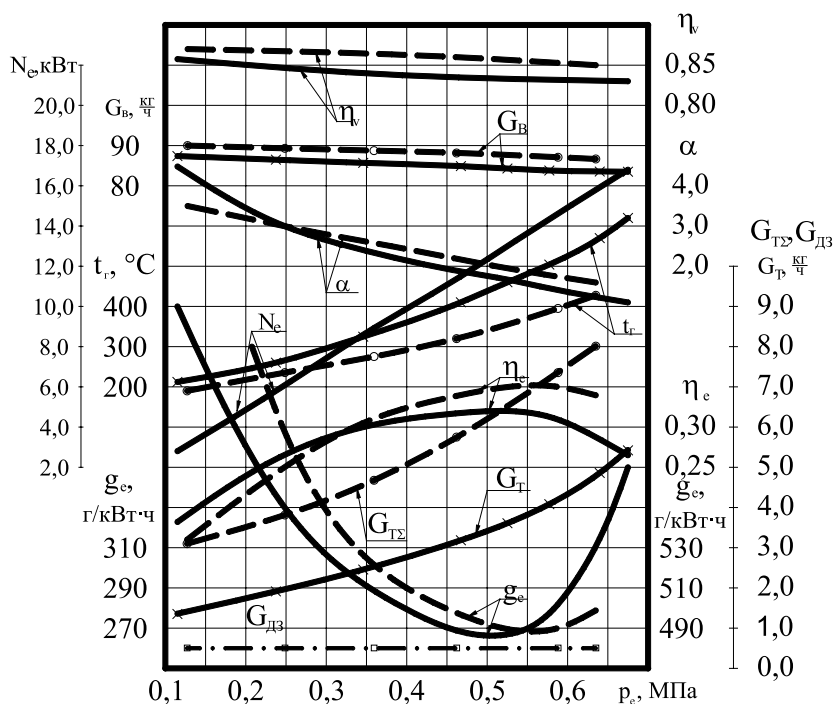


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$; — — дизельный процесс, — — — метанол с запальным ДТ

а при максимальной нагрузке ($p_e = 0,635 \text{ МПа}$) снижается до значения равного 0,85.

Анализируя изменения значений мощностных и экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на ДТ и на метаноле с ДСТ в зависимости от нагрузки при частоте вращения $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и оптимальных установочных УОВТ, можно отметить следующее. Расход топлива при работе дизеля на метаноле с ДСТ значительно выше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ расход топлива при работе дизеля на ДТ составляет 1,4 кг/ч, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 3,1 кг/ч. Увеличение составляет 54,8%. При $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ расход метанола также выше, чем при работе дизеля на ДТ. Если при работе дизеля на ДТ расход топлива равен 4,75 кг/ч, то при этой же нагрузке, но при работе дизеля на метаноле с ДСТ расход равен 8,0 кг/ч. Увеличение составляет 40,6%. Удельный расход топлива при работе на метаноле с использованием ДСТ также выше, чем при работе на ДТ. При $p_e = 0,594 \text{ МПа}$ значение $g_e = 282 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$ при работе дизеля на ДТ, при работе дизеля на метаноле с ДСТ и этой же нагрузке $g_{e\text{с}} = 490 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$. Увеличение составляет 42,5%. Величина эффективного к. п. д. при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ и работе дизеля на ДТ составляет 0,19, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 0,16. Снижение составляет 15,8%. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ значение η_e для опытного дизеля составляет 0,285, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ —

0,34. Увеличение составляет 16,2%. Температура ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ во всём диапазоне изменения нагрузки меньше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ значение $t_r = 215^\circ\text{C}$ при работе дизеля на ДТ, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $t_r = 190^\circ\text{C}$. Снижение составляет 11,6%. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ значение $t_r = 560^\circ\text{C}$ при работе дизеля на ДТ и $t_r = 425^\circ\text{C}$ при работе дизеля на метаноле с ДСТ. Снижение составляет 135°C , или 24%. Расход воздуха при малых нагрузках, при работе дизеля на ДТ составляет 87,5 кг/ч, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $G_b = 90 \text{ кг/ч}$. Увеличение составляет 2,8%. При увеличении нагрузки ($p_e = 0,635 \text{ МПа}$) расход воздуха для опытного дизеля составляет 83,5 кг/ч, а при работе на метаноле с ДСТ — 86,5 кг/ч. Увеличение составляет 3,5%. Коэффициент избытка воздуха при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ и работе дизеля на ДТ составляет 4,35, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\alpha = 3,5$. Снижение составляет 19,5%. При $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ значение α для опытного дизеля составляет 1,25, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\alpha = 1,6$. Увеличение составляет 21,9%. Коэффициент наполнения при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ и работе дизеля на ДТ составляет 0,855, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\eta_v = 0,87$. Увеличение составляет 1,7%. При $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ значение η_v для опытного дизеля составляет 0,83, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\eta_v = 0,85$. Увеличение составляет 2,3%.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.
2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография/Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10, с. 8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.
6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2007. — 167 с.
8. Чувашев, А. Н. Исследование показателей рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от значений установочных углов опережения впрыскивания топлив. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 340–343.
9. Чувашев, А. Н. Особенности процесса сгорания в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 343–346.
10. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на частоте вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 347–348.
11. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 349–350.
12. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 351–352.
13. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 226–229.
14. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 232–235.
15. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 235–238.
16. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 238–241.
17. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 117–120.
18. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 120–123.
19. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 123–125.
20. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 125–128.
21. Анфилатов, А. А. Индицирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 128–131.
22. Анфилатов, А. А. Методика исследований дизеля 2Ч 10,5/12,0 по снижению содержания оксидов азота при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 131–134.
23. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 134–136.

24. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 136–139.
25. Анфилатов, А. А. Расчет выбросов вредных газообразных веществ с отработавшими газами дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 139–141.
26. Анфилатов, А. А. Содержание оксидов азота в дизеле при работе на метаноле в зависимости от изменения установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 141–144.
27. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 73–76.
28. Анфилатов, А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 76–79.
29. Анфилатов, А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 79–82.
30. Анфилатов, А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 82–85.

Мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской ГСХА на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи.

На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала при работе на различных видах топлива [1–30].

Из кривых видно, что при работе дизеля 2Ч 10,5/12,0 на метаноле с ДСТ мощностные и экономические показатели изменяются во всём диапазоне изменения частоты вращения.

Из графика видно, что при работе дизеля на метаноле с ДСТ при увеличении нагрузки увеличивается суммарный расход топлива от 6,4 кг при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 10,6 кг при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение составляет 4,2 кг/ч, или 39,6%. Минимальное значение суммарного удельного эффективного расхода топлива достигается при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ и составляет $g_{\Sigma} = 490 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$. Значение эффективного к. п. д. при увеличении частоты вращения снижается с $\eta_e = 0,34$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до значения $\eta_e = 0,305$ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, при этом максимальное значение достигается при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ и составляет $\eta_e = 0,35$. При увеличении частоты вращения также увеличивается температура ОГ. Так, при работе дизеля на метаноле с ДСТ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ значение $t_r = 365^\circ\text{C}$, а при увеличении частоты вращения до $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ $t_r = 520^\circ\text{C}$. Увеличение составляет 155°C , или 29,8%. Расход воздуха при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 66 кг/ч и увеличивается до 126,5 кг/ч при $n =$

2000 мин^{-1} . Коэффициент избытка воздуха при работе дизеля на метаноле с ДСТ снижается с увеличением частоты вращения. Коэффициент наполнения при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ равен 0,84 и при увеличении частоты вращения до $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ составляет 0,825, при этом при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ достигает максимума, равного 0,86.

Анализируя изменения значений мощностных и экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на различных топливах в зависимости от изменения частоты вращения и оптимальных установочных УОВТ, можно отметить следующее. Расход топлива при работе дизеля на метаноле с ДСТ значительно выше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ расход топлива при работе дизеля на ДТ составляет 3,6 кг/ч, а при работе на метаноле — 6,4 кг/ч. Увеличение составляет 43,7%. При $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ расход метанола также выше, чем при работе дизеля на ДТ. Если при работе дизеля на ДТ расход топлива равен 6,3 кг/ч, то при этой же частоте вращения, и работе дизеля на метаноле с ДСТ расход равен 10,6 кг/ч. Увеличение составляет 40,6%. Удельный расход топлива при работе дизеля на метаноле с ДСТ соответственно также выше, чем при работе дизеля на ДТ. Значение эффективного к. п. д. при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ и работе дизеля на ДТ составляет 0,305, а при работе на метаноле с ДСТ — 0,34. Увеличение составляет 10,3%. При увеличении частоты вращения до $n = 2000$

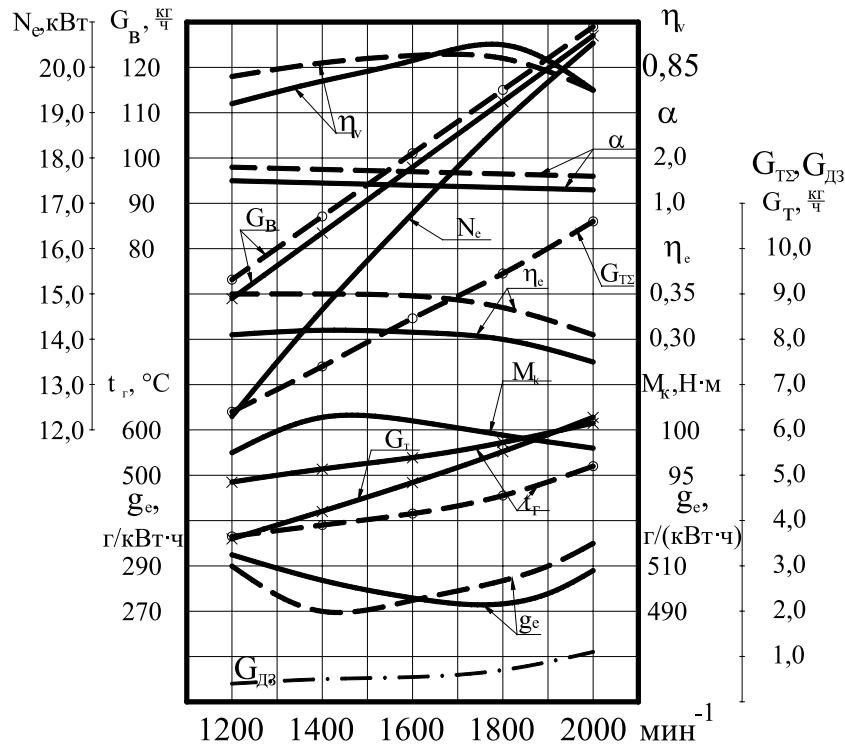


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения частоты вращения: — — дизельный процесс; — — — метанол с запальным ДТ

мин⁻¹ значение η_e для дизеля, работающего на ДТ составляет 0,29, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 0,305. Увеличение составляет 4,9%. Температура ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ во всём диапазоне изменения частоты вращения меньше чем при работе дизеля на ДТ. Так при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ значение $t_r = 485^\circ\text{C}$ при работе дизеля на ДТ, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — $t_r = 365^\circ\text{C}$. Снижение составляет 24,7%. При увеличении частоты вращения до $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ значение $t_r = 615^\circ\text{C}$ при работе дизеля на ДТ и $t_r = 520^\circ\text{C}$ при работе дизеля на метаноле с ДСТ. Снижение составляет 95 $^\circ\text{C}$, или 15,4%. Расход воздуха при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$

при работе дизеля на ДТ составляет 58 кг/ч, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 66 кг/ч, увеличение составляет 12%. При увеличении частоты вращения до $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ расход воздуха для опытного дизеля составляет 125 кг/ч, а при работе на метаноле с ДСТ — 126,5 кг/ч. Коэффициент наполнения при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ и работе дизеля на ДТ составляет 0,81, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\eta_v = 0,84$. Увеличение составляет 3,6%. При $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ значение η_v для опытного дизеля составляет 0,875, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\eta_v = 0,86$. При $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ значение коэффициента наполнения совпадает и составляет 0,825.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.
2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография/Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10, с. 8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.

6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2007. — 167 с.
8. Чувашев, А. Н. Исследование показателей рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от значений установочных углов опережения впрыскивания топлив. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 340–343.
9. Чувашев, А. Н. Особенности процесса сгорания в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 343–346.
10. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на частоте вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 347–348.
11. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 349–350.
12. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 351–352.
13. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 226–229.
14. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 232–235.
15. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 235–238.
16. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 238–241.
17. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 117–120.
18. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 120–123.
19. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 123–125.
20. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 125–128.
21. Анфилатов, А. А. Индексирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 128–131.
22. Анфилатов, А. А. Методика исследований дизеля 2Ч 10,5/12,0 по снижению содержания оксидов азота при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 131–134.
23. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 134–136.
24. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 136–139.
25. Анфилатов, А. А. Расчет выбросов вредных газообразных веществ с отработавшими газами дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 139–141.
26. Анфилатов, А. А. Содержание оксидов азота в дизеле при работе на метаноле в зависимости от изменения установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 141–144.
27. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 73–76.
28. Анфилатов, А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 76–79.
29. Анфилатов, А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 79–82.
30. Анфилатов, А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 82–85.

Экологические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской ГСХА на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи.

На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ на содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при частоте вращения $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ [1–30]. Из кривых видно, что при работе дизеля 2Ч 10,5/12,0 на метаноле с ДСТ содержание токсичных компонентов в ОГ существенно снижается во всем диапазоне изменения нагрузки. Из графиков видно, что при увеличении нагрузки содержание оксидов азота в ОГ возрастает от 215 ppm при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 285 ppm при $p_e = 0,55 \text{ МПа}$, а затем снижается до 250 ppm при $p_e = 0,650 \text{ МПа}$. Увеличение составляет 24,6%. Относительное содержание сажи в ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ также существенно снижается во всем диапазоне нагрузок по сравнению с работой на ДТ, хотя и возрастает при увеличении нагрузки.

Содержание сажи в ОГ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ составляет 0,1 единицы по шкале bosch, а при $p_e = 0,650 \text{ МПа}$ — 1,3 единицы по шкале bosch. Содержание сажи увеличивается в 13 раз. Содержание CH_x в ОГ меняется по сложной зависимости. При $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ и работе дизеля на метаноле с ДСТ значение CH_x в ОГ составляет 0,28% и снижается до 0,12% при $p_e = 0,47 \text{ МПа}$, а затем возрастает до 0,23% при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Колебания содержания CH_x составляют 57%. Содержание CO в ОГ также изменяется по сложной зависимости: сначала снижается с 0,28% при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 0,20% при $p_e = 0,5 \text{ МПа}$, а затем возрастает до 0,35% при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Колебания содержания CO в ОГ составляют 43%. Содержание CO_2 в ОГ при изменении нагрузки растёт

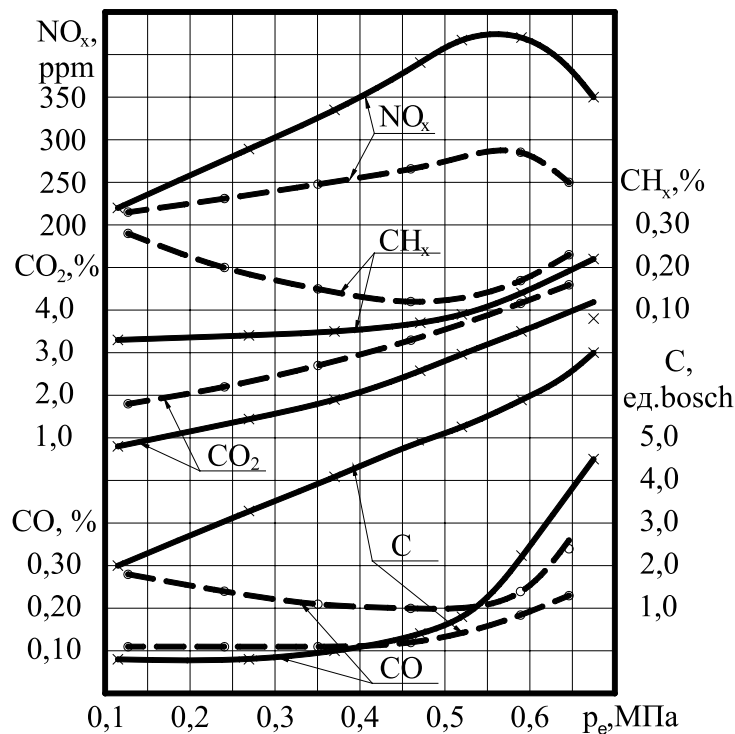


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$: — — дизельный процесс; — — — — метанол с запальным ДТ

от 0,80 % $p_e = 0,127$ МПа до 4,0 % при $p_e = 0,65$ МПа, или увеличивается в 5 раз.

Анализируя изменения значений содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля в зависимости от изменения нагрузки при частоте вращения $n = 1800$ мин⁻¹ и оптимальных установочных УОВТ, можно отметить следующее. Содержание оксидов азота в ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ существенно ниже, чем при работе на ДТ во всем диапазоне изменения нагрузки. Так, при $p_e = 0,127$ МПа содержание оксидов азота в ОГ снижается с 225 ppm при работе на ДТ до 215 ppm при работе на метаноле с ДСТ, или на 4,4 %. При $p_e = 0,55$ МПа снижение содержания NO_x в ОГ еще более существенно.

Если при работе на ДТ содержание NO_x в ОГ составляет 420 ppm, то при этой же нагрузке, но при работе на метаноле с ДСТ — только 285 ppm. Снижение составляет 32 %. При максимальных нагрузках (при $p_e = 0,65$ МПа) снижение составляет от 380 ppm при работе дизеля на ДТ, до 250 ppm при работе дизеля на метаноле с ДСТ, или 34,2 %.

Существенно снижается в ОГ содержание сажи при работе дизеля на метаноле с ДСТ во всем исследуемом диапазоне нагрузок. Так, при $p_e = 0,127$ МПа содержание сажи в ОГ снижается с 2,1 единицы по шкале bosch при работе дизеля на ДТ до 0,1 единицы по шкале bosch при работе дизеля на метаноле с ДСТ. При максимальных нагрузках (при $p_e = 0,65$ МПа) содержание сажи в ОГ снижается от 6,5 единицы по шкале bosch при работе на ДТ до 1,3 единицы по шкале bosch при работе дизеля на метаноле с ДСТ, или в 5 раз.

Анализируя содержание в ОГ суммарных углеводородов, можно констатировать следующие закономерности:

содержание CH_x при работе дизеля на ДТ при увеличении нагрузки растет, а при работе на метаноле содержание CH_x сначала снижается, а затем возрастает и имеет значения выше, чем при работе на ДТ во всем диапазоне нагрузок. При $p_e = 0,127$ МПа и работе дизеля на метаноле с ДСТ значение CH_x в ОГ составляет 0,28 %, а при работе на ДТ — 0,03 %. Затем содержание CH_x при работе дизеля на метаноле с ДСТ снижается до 0,12 % при $p_e = 0,47$ МПа. Значение содержания CH_x при работе на ДТ составляет при этом 0,07 %. Затем величина CH_x возрастает до 0,23 % при $p_e = 0,65$ МПа, в то время как при работе дизеля на ДТ содержание CH_x составляет лишь 0,19 %.

Вместе с тем необходимо отметить, что при работе дизеля на метаноле с ДСТ возрастает содержание СО в ОГ на малых и средних нагрузках (до $p_e = 0,55$ МПа). При работе дизеля на метаноле с ДСТ и $p_e = 0,127$ МПа содержание СО в ОГ составляет 0,28 %, а при работе на ДТ — 0,08 %. Происходит увеличение в 3,5 раза. Однако с увеличением нагрузки содержание СО при работе на метаноле в ОГ дизеля снижается и при значении $p_e = 0,55$ МПа сравнивается со значениями содержания СО в ОГ при работе дизеля на ДТ и составляет 0,21 %. Содержание CO_2 в ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при изменении нагрузки мало зависит от вида топлива и изменяется практически по одной зависимости, хотя значения CO_2 при работе дизеля на метаноле с ДСТ во всем диапазоне выше значений содержания CO_2 в ОГ при работе дизеля на ДТ и растут от 1,80 % при $p_e = 0,127$ МПа до 4,6 % при $p_e = 0,65$ МПа, в то время как при работе дизеля на ДТ при этих же нагрузках содержание CO_2 в ОГ составляет 0,8 % и 4,0 % соответственно. Происходит увеличение в 2,25 и 1,15 раза соответственно.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.
2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография/Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10, с. 8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.
6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2007. — 167 с.

8. Чувашев, А. Н. Исследование показателей рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от значений установочных углов опережения впрыскивания топлив. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 340–343.
9. Чувашев, А. Н. Особенности процесса сгорания в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 343–346.
10. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на частоте вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 347–348.
11. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 349–350.
12. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 351–352.
13. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 226–229.
14. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 232–235.
15. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 235–238.
16. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 238–241.
17. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 117–120.
18. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 120–123.
19. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 123–125.
20. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 125–128.
21. Анфилатов, А. А. Индексирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 128–131.
22. Анфилатов, А. А. Методика исследований дизеля 2Ч 10,5/12,0 по снижению содержания оксидов азота при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 131–134.
23. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 134–136.
24. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 136–139.
25. Анфилатов, А. А. Расчет выбросов вредных газообразных веществ с отработавшими газами дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 139–141.
26. Анфилатов, А. А. Содержание оксидов азота в дизеле при работе на метаноле в зависимости от изменения установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 141–144.
27. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 73–76.
28. Анфилатов, А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 76–79.
29. Анфилатов, А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 79–82.
30. Анфилатов, А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 82–85.

Экологические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на режиме максимального крутящего момента

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской ГСХА на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи.

На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ на содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$.

Из кривых видно, что при работе дизеля 2Ч 10,5/12,0 на метаноле с ДСТ содержание токсичных компонентов в ОГ существенно снижается во всем диапазоне изменения нагрузки. Из графиков видно, что при увеличении нагрузки содержание оксидов азота в ОГ возрастает от 245 ppm при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 300 ppm при $p_e = 0,55 \text{ МПа}$, а затем снижается до 280 ppm при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Увеличение составляет 18,3%. Содержание сажи в ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ существенно снижается во всем диапазоне нагрузок. Содержание

сажи в ОГ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ составляет 0,1 единицы по шкале bosch, а при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ — 1,0 единицу по шкале bosch. Содержание сажи увеличивается в 10 раз. Содержание CH_x в ОГ меняется по сложной зависимости. При $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ и работе дизеля на метаноле с ДСТ значение CH_x составляет 0,22% и снижается до 0,10% при $p_e = 0,55 \text{ МПа}$, а затем возрастает до 0,14% при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Колебания содержания CH_x составляют 54,5%. Содержание CO в ОГ также изменяется по сложной зависимости: сначала снижается с 0,32% при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 0,20% при $p_e = 0,50 \text{ МПа}$, а затем возрастает до 0,27% при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Колебания содержания CO в ОГ составляют 37,5%. Содержание CO_2 в ОГ при изменении нагрузки растёт от 1,25% при $p_e =$

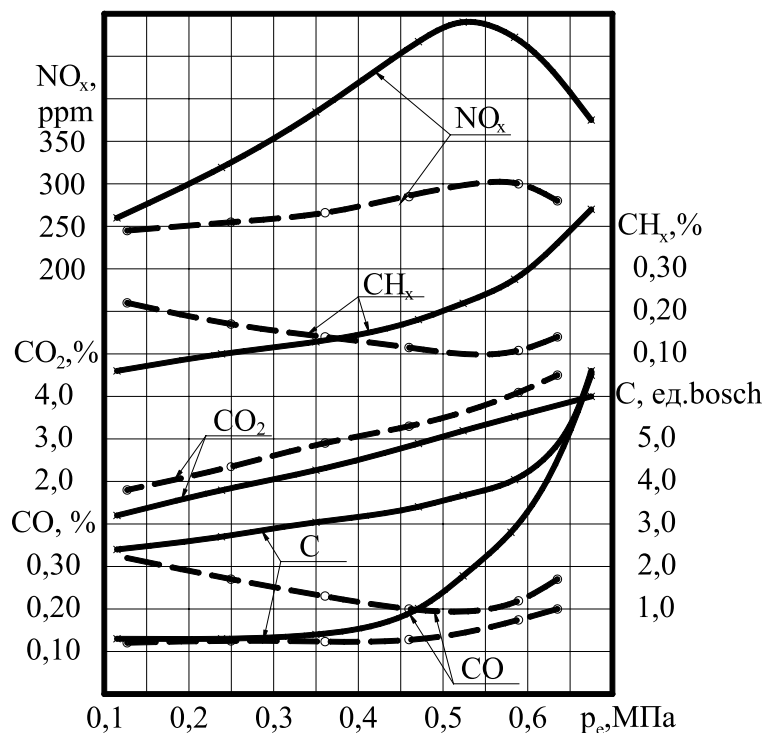


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$: — — дизельный процесс; — — — метанол с запальным ДТ

0,127 МПа до 3,8% при $p_e = 0,635$ МПа, или увеличивается в 3,04 раза.

Анализируя изменения значений содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля в зависимости от изменения нагрузки при частоте вращения $n = 1400$ мин⁻¹ и оптимальных установочных УОВТ, можно отметить следующее. Содержание оксидов азота в ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ существенно ниже, чем при работе дизеля на ДТ, во всем диапазоне изменения нагрузки. Так, при $p_e = 0,127$ МПа содержание оксидов азота в ОГ снижается с 265 ppm при работе на ДТ до 245 ppm при работе на метаноле с ДСТ. При $p_e = 0,53$ МПа снижение содержания NO_x в ОГ еще более существенно. Если при работе дизеля на ДТ содержание NO_x в ОГ составляет 480 ppm, то при этой же нагрузке, но при работе дизеля на метаноле с ДСТ — только 300 ppm. Снижение составляет 37,5%. При максимальных нагрузках (при $p_e = 0,635$ МПа) снижение NO_x в ОГ составляет от 430 ppm при работе дизеля на ДТ до 280 ppm при работе дизеля на метаноле с ДСТ, т. е. на 35%.

Существенно снижается дымность ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ во всем исследуемом диапазоне нагрузок. Так, при $p_e = 0,127$ МПа дымность ОГ снижается с 2,45 единицы по шкале bosch при работе дизеля на ДТ до 0,2 единицы по шкале bosch при работе дизеля на метаноле с ДСТ. Снижение составляет 12,2 раза. При $p_e = 0,585$ МПа снижение дымности ОГ также существенно. Если при работе дизеля на ДТ дымность ОГ составляет 4,15 единицы по шкале bosch, то при этой же нагрузке, но при работе дизеля на метаноле с ДСТ —

только 0,75 единицы по шкале bosch. Снижение составляет 5,5 раза. При максимальных нагрузках (при $p_e = 0,635$ МПа) снижение составляет от 4,9 единицы по шкале bosch при работе дизеля на ДТ до 1,0 единицы по шкале bosch при работе дизеля на метаноле с ДСТ, или в 4,9 раза.

Анализируя содержание в ОГ суммарных углеводородов, можно констатировать следующие закономерности: при работе дизеля на ДТ содержание CH_x при увеличении нагрузки растет, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ содержание CH_x сначала снижается, а затем возрастает. При $p_e = 0,127$ МПа и работе дизеля на метаноле с ДСТ значение CH_x в ОГ составляет 0,22%, а при работе дизеля на ДТ — 0,06%. Рост составляет 72,7%. Содержание CH_x в ОГ при работе на ДТ и метаноле сравниваются и составляют 0,13% при $p_e = 0,37$ МПа. Содержание CH_x в ОГ при работе на метаноле снижается до 0,10% при $p_e = 0,55$ МПа, значение содержания CH_x при работе дизеля на ДТ составляет при этом 0,24%, а затем возрастает до 0,14% при $p_e = 0,635$ МПа, в то время как содержание CH_x при работе дизеля на ДТ составляет 0,36%. Снижение составляет 61%. Содержание CO_2 в ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при изменении нагрузки мало зависит от вида топлива и изменяется практически по одной зависимости, хотя значения CO_2 при работе дизеля на метаноле с ДСТ во всем диапазоне выше значений содержания CO_2 в ОГ при работе дизеля на ДТ и растут от 1,80% при $p_e = 0,127$ МПа до 4,5% при $p_e = 0,635$ МПа, в то время как при работе дизеля на ДТ при этих же нагрузках содержание CO_2 в ОГ составляет 1,25% и 3,8% соответственно.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.
2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография/Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10, с. 8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.
6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2007. — 167 с.
8. Чувашев, А. Н. Исследование показателей рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от значений установочных углов опережения впрыскивания топлив. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 340–343.

9. Чувашев, А. Н. Особенности процесса сгорания в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 343–346.
10. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на частоте вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 347–348.
11. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 349–350.
12. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 351–352.
13. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 226–229.
14. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 232–235.
15. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 235–238.
16. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 238–241.
17. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 117–120.
18. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 120–123.
19. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 123–125.
20. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 125–128.
21. Анфилатов, А. А. Индексирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 128–131.
22. Анфилатов, А. А. Методика исследований дизеля 2Ч 10,5/12,0 по снижению содержания оксидов азота при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 131–134.
23. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 134–136.
24. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 136–139.
25. Анфилатов, А. А. Расчет выбросов вредных газообразных веществ с отработавшими газами дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 139–141.
26. Анфилатов, А. А. Содержание оксидов азота в дизеле при работе на метаноле в зависимости от изменения установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 141–144.
27. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 73–76.
28. Анфилатов, А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 76–79.
29. Анфилатов, А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 79–82.
30. Анфилатов, А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 82–85.

Экологические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской ГСХА на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи.

Определение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при применении в качестве основного топлива метанола проводилось путем снятия скоростных характеристик [1–30]. На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ на содержание токсичных компонентов в ОГ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на различных видах топлива. Увеличение частоты вращения сопровождается увеличением выбросов общего количества токсичных компонентов в ОГ дизеля, кроме оксидов азота, содержание которых при этом снижается. Как видно из графиков, для дизеля, работающего на метаноле с ДСТ, характерно снижение содержания NO_x в ОГ по отношению к опытному дизелю на всех исследуемых скоростных режимах. Так, если у опытного ди-

зеля содержание оксидов азота в ОГ уменьшается с 480 ppт при частоте вращения $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 375 ppт при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, то у дизеля, работающего на метаноле с ДСТ, содержание NO_x снижается соответственно с 310 ppт до 255 ppт. В процентном отношении это снижение составляет при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ 35,4%, а при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ – 32%.

Содержание оксидов азота в ОГ при частоте вращения $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ уменьшается с 480 ppт у опытного дизеля, работающего на ДТ, до 310 ppт у дизеля, работающего на метаноле с ДСТ. Снижение составляет 35,4%. Содержание NO_x в ОГ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ у опытного дизеля, работающего на ДТ, составляет 375 ppт, а у дизеля, работающего на метаноле с ДСТ, содержание NO_x соответственно снижается до 255 ppт. В процентном отно-

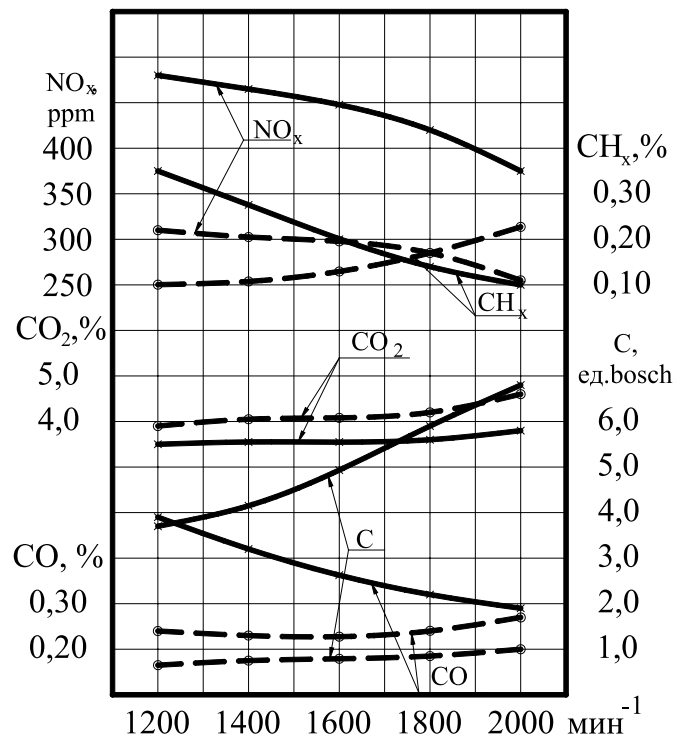


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на содержание токсичных компонентов в ОГ в зависимости от изменения частоты вращения дизеля 2Ч 10,5/12,0: — — дизельный процесс; — — — метанол с запальным ДТ

шении это снижение составляет 32%. Это объясняется, очевидно, в первую очередь тем, что при работе дизеля на метаноле, вследствие особенности химического состава метанола (химическая формула метилового спирта — CH_3OH) и химизма процесса горения, образование быстрых оксидов азота носит преимущественный характер, замещая в общем балансе образования оксидов азота образование оксидов азота, получаемых по термическому механизму, или так называемых термических оксидов азота, что не может не сказаться на общем снижении содержания NO_x в ОГ.

Содержание сажи в ОГ дизеля меняется при работе дизеля на ДТ с 3,7 единицы по шкале bosch при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 6,8 единицы по шкале bosch при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — с 0,65 единицы по шкале bosch при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 1,05 единицы по шкале bosch при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Содержание сажи в ОГ при увеличении частоты вращения от 1200 до 2000 мин^{-1} возрастает на 45,6% при работе на ДТ и увеличивается на 38,1% при работе дизеля на метаноле с ДСТ. Содержание сажи в ОГ при частоте вращения $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ уменьшается с 3,7 единицы по шкале bosch у опытного дизеля, работающего на ДТ, до 0,65 единицы по шкале bosch у дизеля, работающего на метаноле с ДСТ. Происходит снижение в 5,7 раза. Содержание сажи в ОГ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ у опытного дизеля, работающего на ДТ, составляет 6,8 единицы по шкале bosch, а у дизеля, работающего на метаноле с ДСТ, содержание сажи снижается до 1,05 единицы по шкале bosch. Это снижение при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ происходит в 6,5 раза.

Содержание CH_x в ОГ дизеля меняется при работе на ДТ с 0,35% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,10% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, а при работе на метаноле с ДСТ — с 0,10% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,21% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение со-

держания CH_x при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ составляет 52,4%. Содержание CO в ОГ изменяется при работе на ДТ с 0,49% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,29% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. При работе дизеля на метаноле с ДСТ содержание CO в ОГ составляет 0,24% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$, а затем возрастает до 0,27% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$.

Содержание CO в ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ снижается с 0,49 до 0,24%, а при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ — с 0,29 до 0,27%, или на 51% и 6,9% соответственно. Содержание CO_2 в ОГ изменяется при работе дизеля на ДТ с 3,6% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 3,8% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. При работе дизеля на метаноле с ДСТ содержание CO_2 в ОГ изменяется с 3,9% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 4,6% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение содержания CO_2 в ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ составляет 7,7% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ и 17,4% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$.

Таким образом, при подаче 93% метанола и 7% запального ДТ возможно получение следующих результатов:

- снижение содержания NO_x в ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ составляет от 32% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ до 35,4% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$;

- снижение содержания сажи в ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ происходит в 5,7 раза при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 6,5 раза при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$;

- снижение содержания CO в ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ составляет от 51% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 6,9% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$;

- снижение содержания CO_2 в ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ составляет от 7,7% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 17,4% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$;

- снижение содержания CH_x в ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ составляет 71,4% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$, увеличение содержания CH_x — 52,4% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.
2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография/Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10, с. 8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.
6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2007. — 167 с.

8. Чувашев, А. Н. Исследование показателей рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от значений установочных углов опережения впрыскивания топлив. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 340–343.
9. Чувашев, А. Н. Особенности процесса сгорания в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 343–346.
10. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на частоте вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 347–348.
11. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 349–350.
12. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 351–352.
13. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 226–229.
14. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 232–235.
15. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 235–238.
16. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 238–241.
17. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 117–120.
18. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 120–123.
19. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 123–125.
20. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 125–128.
21. Анфилатов, А. А. Индексирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 128–131.
22. Анфилатов, А. А. Методика исследований дизеля 2Ч 10,5/12,0 по снижению содержания оксидов азота при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 131–134.
23. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 134–136.
24. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 136–139.
25. Анфилатов, А. А. Расчет выбросов вредных газообразных веществ с отработавшими газами дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 139–141.
26. Анфилатов, А. А. Содержание оксидов азота в дизеле при работе на метаноле в зависимости от изменения установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 141–144.
27. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 73–76.
28. Анфилатов, А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 76–79.
29. Анфилатов, А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 79–82.
30. Анфилатов, А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 82–85.

Выводы и рекомендации по поводу использования метанола с ДСТ в качестве моторного топлива в дизеле 2Ч 10,5/12,0

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской ГСХА на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи.

1. На основании проведенных экспериментальных стендовых исследований рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ определены значения оптимальных установочных углов опережения впрыскивания топлив: для ДТ — 34° п. к. в., для метанола — 34° п. к. в. При этом установлена возможность сохранения мощностных показателей на уровне серийного дизеля при подаче минимальной запальной порции ДТ в количестве 7% и подаче метанола в количестве 93% на номинальном режиме. Этим достигается экономия ДТ до 87% путем замены его метанолом [1–30].

2. При работе дизеля на метаноле с ДСТ экономия нефтяного топлива за счет применения более дешевого вида топлива — метанола — при годовой наработке 500 мото-часов составляет 14760 руб./год. Экономическая эффективность от снижения ущерба, наносимого токсичными компонентами, выбрасываемыми в атмосферу с ОГ дизеля при работе на метаноле с ДСТ, составит не менее 40326,9 руб. на 1 двигатель в год (в ценах 2007 года), что ниже дизельной модификации на 75,5%.

3. На основании теоретических исследований предложены:

— расчет геометрических параметров факелов запальной порции ДТ и метанола в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 с полусферической КС в поршне при работе на метаноле с ДСТ и впрыскивании ДТ (запального) через многоструйную форсунку;

— расчет ПЗВ ДТ и метанола в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 с полусферической КС в поршне при работе на метаноле с ДСТ и впрыскивании ДТ (запального) через многоструйную форсунку.

4. Экспериментальными исследованиями рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ определены следующие значения показателей процесса сгорания и характеристик тепловыделения на номинальном режиме:

— $p_{z \max}$ при работе на метаноле с ДСТ возрастает на 1,7% и составляет 7,09 МПа (при работе на ДТ — 6,97 МПа);

— значение $(dp/d\phi)_{\max}$ при работе на метаноле с ДСТ снижается на 40,8% и составляет 0,290 (при работе на ДТ — 0,490);

— значение угла, соответствующего ПЗВ, при работе дизеля на метаноле с ДСТ увеличивается на 16,4% и составляет 28° п. к. в. (при работе на ДТ — $23,4^\circ$ п. к. в.);

— значение $(d/d\phi)_{\max}$ при работе на метаноле с ДСТ возрастает на 15,2% и составляет 0,059 (при работе на ДТ — 0,050).

5. Анализ значений показателей процесса сгорания и характеристик тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на ДТ и на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения показывает:

— увеличение максимального давления цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ составляет 1,4% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ и 5,7% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$;

— увеличение ПЗВ при работе дизеля на метаноле с ДСТ составляет 26,3% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ и 23% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$;

— снижение $(dp/dj)_{\max}$ при работе дизеля на метаноле с ДСТ составляет 37,9% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ и 26% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$.

6. Экспериментальными исследованиями определены изменения основных мощностных и экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ на номинальном режиме:

— расход ДТ при работе дизеля на метаноле с ДСТ снижается на 87% и составляет 0,7 кг/ч (при работе дизеля на ДТ — 5,3 кг/ч);

— эффективный к. п. д. при работе дизеля на метаноле с ДСТ возрастает на 10,4% и составляет 0,335 (при работе дизеля на ДТ — 0,30).

7. Экспериментальными исследованиями определены изменения основных мощностных и экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения:

— расход ДТ при работе дизеля на метаноле с ДСТ снижается на 82,5% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ и на 87,5% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$;

— увеличение значения эффективного к. п. д. при работе на метаноле составляет от 4,9% при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ и 10,3% при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$.

8. Анализ ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ на номинальном режиме показал снижение содержания: NO_x на 32,1%, сажи на 85,6%. В зависимости

от изменения частоты вращения достигнуто снижение содержания: NO_x от 32% до 35,4%; сажи с 6,48 до 5,7 раз.

9. Для осуществления рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при использовании в качестве моторного топлива метанола с использованием ДСТ необходимо соблюдать следующие рекомендации:

— минимальная величина запальной порции ДТ должна составлять не менее 6,6 мг/цикл на номинальной

частоте вращения из-за пропусков самовоспламенения рабочей смеси в цилиндре;

— для обеспечения работоспособности деталей топливоподающей аппаратуры в метанол необходимо добавлять не менее 1..2% касторового масла, т.к. метанол обладает низкой вязкостью и при его использовании в чистом виде возможны задиры и прихваты плунжерной пары ТНВД.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.
2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография/Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10, с. 8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.
6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2007. — 167 с.
8. Чувашев, А. Н. Исследование показателей рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от значений установочных углов опережения впрыскивания топлив. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 340–343.
9. Чувашев, А. Н. Особенности процесса сгорания в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 343–346.
10. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на частоте вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 347–348.
11. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 349–350.
12. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 351–352.
13. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 226–229.
14. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 232–235.
15. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 235–238.
16. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 238–241.
17. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 117–120.
18. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 120–123.

19. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 123–125.
20. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 125–128.
21. Анфилатов, А. А. Индицирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 128–131.
22. Анфилатов, А. А. Методика исследований дизеля 2Ч 10,5/12,0 по снижению содержания оксидов азота при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 131–134.
23. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 134–136.
24. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 136–139.
25. Анфилатов, А. А. Расчет выбросов вредных газообразных веществ с отработавшими газами дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 139–141.
26. Анфилатов, А. А. Содержание оксидов азота в дизеле при работе на метаноле в зависимости от изменения установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 141–144.
27. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 73–76.
28. Анфилатов, А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 76–79.
29. Анфилатов, А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 79–82.
30. Анфилатов, А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 82–85.

Методика исследования рабочего процесса дизеля воздушного охлаждения при работе на метаноле с использованием ДСТ

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской ГСХА на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится методика испытаний.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи.

Стендовые испытания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с использованием ДСТ проводились в несколько этапов. Общая структурная схема исследования рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с использованием ДСТ представлена на рисунке 1. В основу методики исследований положен сравнительный метод [1–30].

На первом этапе предусматривалось проведение регулировочных характеристик, получение эффективных показателей, определение параметров рабочего процесса путем индицирования, токсичности и дымности ОГ на различных нагрузочных и скоростных режимах при работе на ДТ. На втором этапе предусматривалась, помимо подачи ДТ, подача метанола, как через штатную форсунку, так и через дополнительную форсунку. Определение оптимальных регулировок по трем параме-

грам: — установочному углу опережения впрыскивания ДТ и метанола; — диаметру сопловых отверстий распылителя; — минимальному количеству запальной порции ДТ.

Получение эффективных показателей, определение параметров рабочего процесса путем индицирования, токсичности и дымности ОГ дизеля на различных скоростных и нагрузочных режимах при работе на метаноле с ДСТ. Одновременно со снятием характеристик проводилось индицирование и газовый анализ, а также отбор проб для определения дымности ОГ.

На третьем этапе предусматривался расчет факелов запальной порции ДТ и метанола, расчет ПЗВ при работе на метаноле с ДСТ.

Учитывая требования ГОСТа 18509–88, основными режимами исследований являлись: номинальный режим ($n = 1800 \text{ мин}^{-1}$) и режим соответствующий максималь-

ному крутящему моменту ($n = 1400 \text{ мин}^{-1}$). Разработка модификации дизеля для работы на метаноле с использованием ДСТ предусматривала в первую очередь сохранение мощностных и экономических показателей, присущих серийному дизелю. При индицировании рабочего процесса дизеля при работе на метаноле с использованием ДСТ необходимым условием являлось сохранение одинаковых значений p_c для каждого исследуемого скоростного и нагрузочного режимов.

Все характеристики снимались при оптимальных значениях установочных УОВТ. Одновременно со снятием характеристик проводилось индицирование рабочего процесса и газовый анализ ОГ, а также отбор проб для определения дымности ОГ. Отбор и анализ проб ОГ производился с помощью автоматической системы газового анализа АСГА-Т с соблюдением всех требований инструкции по эксплуатации. Перед началом проведения испытаний двигатель прогревался до темпера-

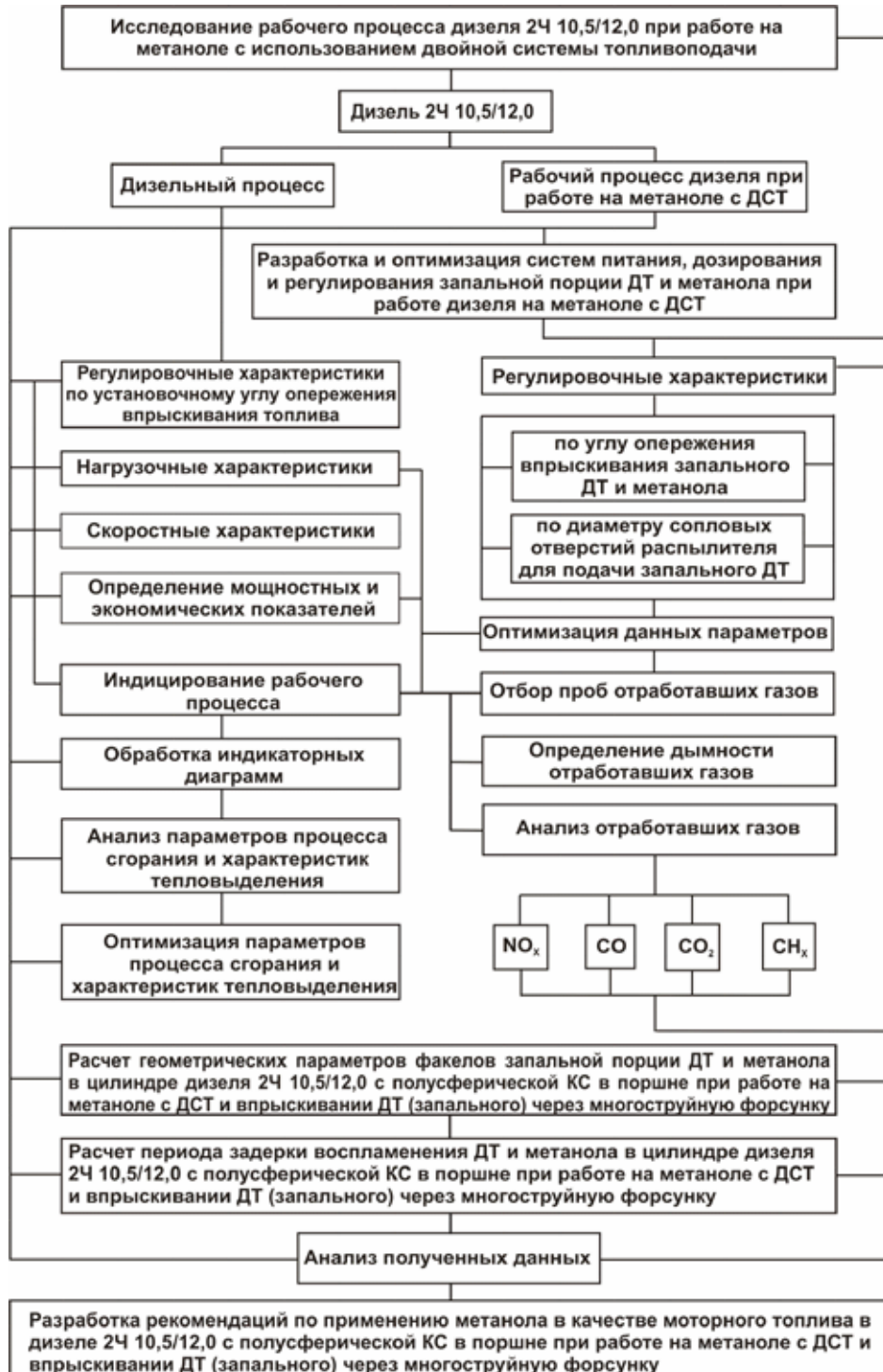


Рис. 1. Структурная схема проведения исследований

туры масла в поддоне в пределах 85...95°C. Температура окружающего воздуха и топлива во время опытов не превышала значений, указанных в технической документации завода-изготовителя. После прогрева двигателя выводился на номинальный режим и определялись эффективные показатели. Этот режим являлся контрольным. Отклонения эффективных показателей дизеля более чем на 2% свидетельствовали о нарушениях работы какой-либо системы двигателя, которые сразу же устранялись. После окончания испытаний дизель вновь выводился на контрольный режим, и показатели проверялись.

Для выравнивания температур дизель перед началом измерений работал на каждом режиме не менее 5 мин. Частота вращения коленчатого вала дизеля не отличалась от заданной более чем на 5 мин⁻¹. Объем КС при установке датчика индикатора для индицирования дизеля увеличивался за счет соединительного канала под датчиком не более чем на 1%, а отношение диаметра соединительного канала к его длине было больше 1. Для уменьшения погрешностей измерений замер показателей при испытаниях в каждом опыте повторялся не менее 3 раз, а результат усреднялся. Таким же образом производился газовый анализ и определение дымности ОГ.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.
2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография/Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10, с. 8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.
6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2007. — 167 с.
8. Чувашев, А. Н. Исследование показателей рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от значений установочных углов опережения впрыскивания топлив. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 340–343.
9. Чувашев, А. Н. Особенности процесса сгорания в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 343–346.
10. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на частоте вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 347–348.
11. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 349–350.
12. Чувашев, А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала. Молодой ученый. 2015. № 12 (92) часть III. с. 351–352.
13. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 226–229.
14. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 232–235.
15. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 235–238.
16. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91) с. 238–241.

17. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 117–120.
18. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 120–123.
19. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 123–125.
20. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 125–128.
21. Анфилатов, А. А. Индексирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 128–131.
22. Анфилатов, А. А. Методика исследований дизеля 2Ч 10,5/12,0 по снижению содержания оксидов азота при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 131–134.
23. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 134–136.
24. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 136–139.
25. Анфилатов, А. А. Расчет выбросов вредных газообразных веществ с отработавшими газами дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 139–141.
26. Анфилатов, А. А. Содержание оксидов азота в дизеле при работе на метаноле в зависимости от изменения установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92) с. 141–144.
27. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 73–76.
28. Анфилатов, А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 76–79.
29. Анфилатов, А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 79–82.
30. Анфилатов, А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93) с. 82–85.

Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном несплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб

Шинкин Владимир Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва)

Предложен математический критерий определения критического внутритрубного давления, при котором происходит упругопластическое разрушение стенки трубы при частичном несплавлении сварного шва. Результаты исследования могут быть использованы при диагностике причин разрушения стальных труб большого диаметра магистральных газонефтепроводов.

Ключевые слова: *стальные сварные трубы большого диаметра, критическое давление разрыва трубы, модель нелинейной упругопластической сплошной среды.*

Основные причины аварий магистральных трубопроводов. Среднее число инцидентов и аварий, происходящих на 1000 км, составило в России за 1999–2009 гг. 0,06 отказов в год. На западноевропейских магистральных трубопроводах среднее число отказов за 1991–2006 гг. составило 0,32 отказа в год, на североамериканских — до 0,48. В США в 1,5 раза больше отказов из-за внешних воздействий. В Европе три наиболее важные причины возникновения аварий — внешние воздействия на трубо-

проводы (36%), коррозия (29%) и механические повреждения (24%).

Механические дефекты производства труб из стального листа. В практике производства труб большого диаметра для магистральных газонефтепроводов утвердился процесс формовки трубной заготовки из толстого стального листа по схеме JCOE [1-41]. Перед формовкой труб стальной лист правят на многороликовых листо-правильных машинах [5-11]. Дефект образования гофра

продольной кромки стального листа на кромкогибочном прессе изучался в работах [1, 2, 12-24], вредное влияние остаточных напряжений в стенке стального листа после трубоформовочного пресса на процесс экспандирования трубы – в [1, 2, 25], дефект «точка перегиба» при изгибе стального листа на трубоформовочном прессе – в [1, 2, 27], дефект несплавления сварного продольного шва при сборке трубы – в [1, 2], дефект стального листа раскатной пригар с риской — в [1, 2, 36], процессы прокатки стального листа для производства труб — в [42-52].

Прочностной анализ разрушения труб при частичном несплавлении сварного шва. Схема дефекта частичного несплавления продольного сварного шва трубы показана на рис. 1, где 1 – стенка трубы, 2 – внешний сварной шов, 3 – фаска кромки трубы до сварки, 4 – внутренний сварной шов, 5 – дефект несплавления металла сварного шва с основным металлом трубы, 6 – дефект напыла сварного шва на внутреннюю поверхность трубы.

Пусть D , h и Δ – внешний диаметр трубы, толщина стенки трубы ($h \ll D$) и глубина несплавления сварного соединения на внутренней поверхности трубы ($\Delta < h$); φ и s – угол и длина нижней фаски трубы.

Под действием внутреннего давления при гидроиспытаниях металл трубы в зоне несплавления заводского сварного шва испытывает сложное сопротивление: окружное растяжение, радиальное сжатие, изгиб относительно продольной линии сварного шва, а также концентрацию напряжений. По теории упругопластического течения и критерию прочности Треска-Сен-Венана внутренняя стенка труб начинает разрушаться в точке A (корне внутреннего сварного шва), когда максимальные касательные напряжения в точке A достигают половины предела прочности

σ_b . Разрушение сварного шва происходит при достижении в трубе критического давления (*критерий разрыва трубы при несплавлении сварного шва Шинкина*)

$$P_{sh}^{критич} = \frac{\sigma_b}{\mu \left(\frac{D+2\Delta}{2(h-\Delta)} + \frac{3D\Delta}{2(h-\Delta)^2} + \frac{3h\Delta}{(h-\Delta)^2} + 1 \right)},$$

где $\mu = \text{const} \geq 1$ – безразмерный коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений в зоне несплавления сварного шва.

Пример разрушения трубы. На рис. 2 показан вид сбоку разрыва стальной толстостенной трубы магистрального нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий Океан» 10 июня 2009 г. в районе г. Алдана: 1 – место начала разрыва трубы, 2 – продольный сварной шов, 3 – кольцевой (монтажный) сварной шов, 4 – наружная изоляция трубы.

Разрушение прямошовной двухшовной трубы (ОАО «Харьковский трубный завод») класса прочности К60, диаметра 1220 мм и с толщиной стенки 19 мм произошло при гидравлических испытаниях на трассе при достижении величины испытательного давления 109,8 кгс/см². У разорванной трубы был обнаружен заводской дефект несплавления продольного сварного шва глубиной 4–5 мм.

На рис. 3 показаны дефекты сварного соединения в области разрыва трубы: 1 – дефект несплавления основного металла трубы и внутреннего продольного сварного шва, 2 – глубина зоны несплавления, 3 – дефект напыла металла внутреннего сварного шва на поверхность трубы, 4 – наружная изоляция трубы.

Прочностной анализ критических давлений разрушенной трубы. Для разорванной трубы $D = 1220$ мм, $h = 19$ мм, $\Delta = 4-5$ мм, σ_b (трубы) ≤ 527 Н/мм², σ_b

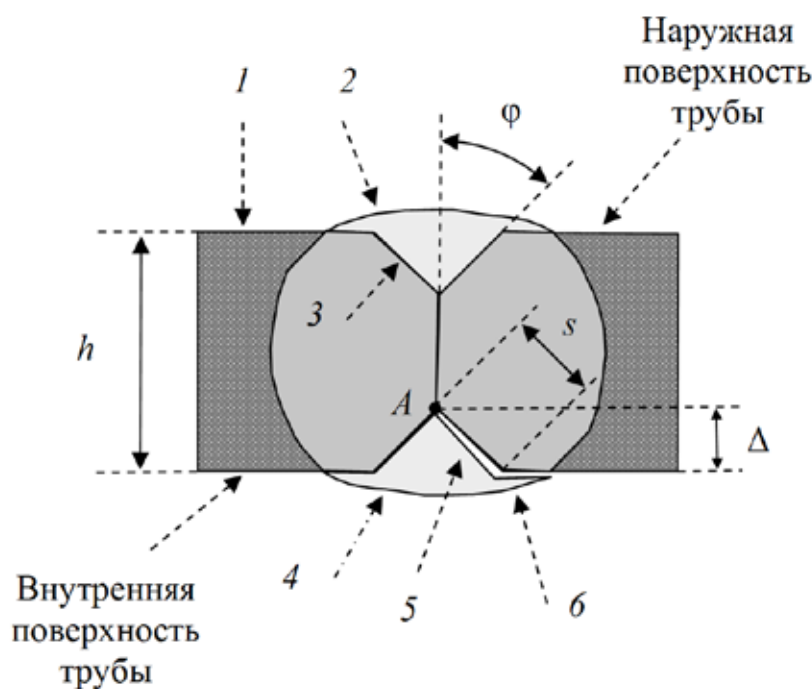


Рис. 1. Схема дефекта частичного несплавления сварного шва трубы

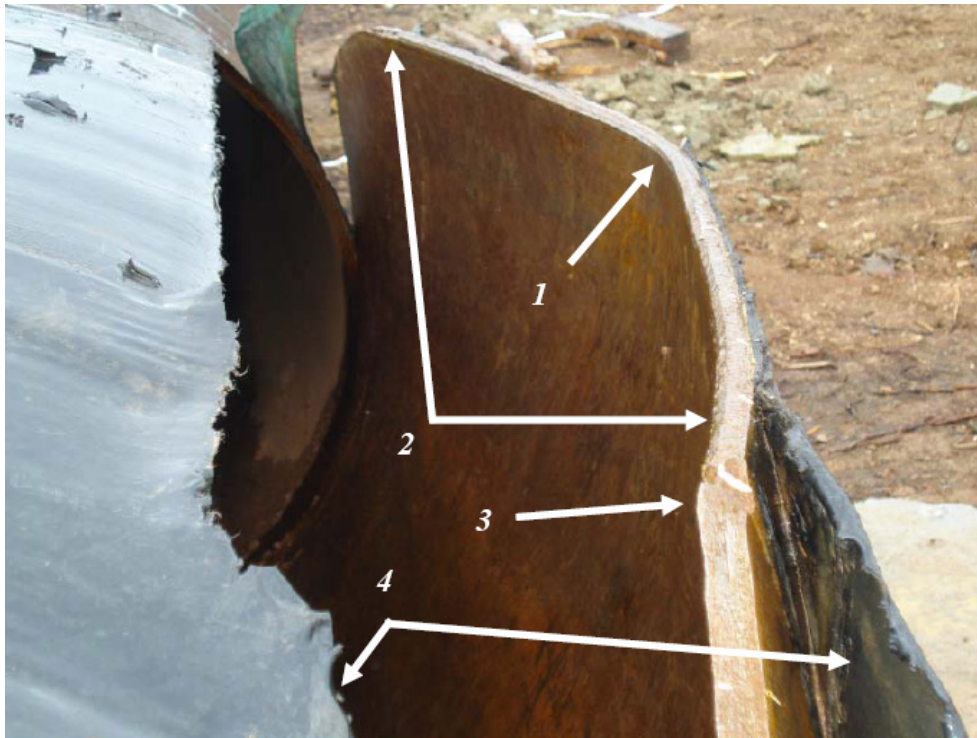


Рис. 2. Вид сбоку разрыва трубы при гидроиспытаниях на трассе

(шва) $\leq 673 \text{ Н/мм}^2$. Применяя критерий разрыва трубы при несплавлении сварного шва, получаем, что при глубине несплавления продольного сварного шва $\Delta = 3,2 \text{ мм}$ и $\mu = 1$ для основного металла трубы $p_{sh}^{\text{критич}} = 82,993 \text{ кгс/см}^2$, а для металла сварного продольного

шва $p_{sh}^{\text{критич}} = 105,985 \text{ кгс/см}^2$. Результаты вычислений показывают, что разрушение трубы при гидроиспытаниях на трассе началось несколько раньше, чем испытательное давление в нефтепроводе достигло значения $109,8 \text{ кгс/см}^2$.

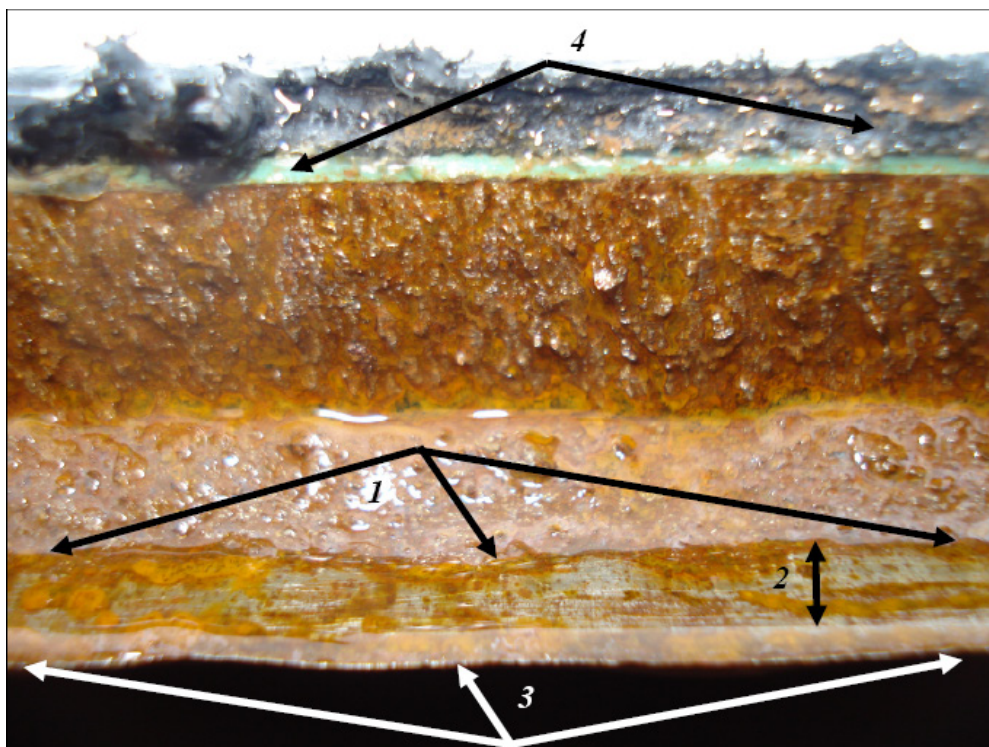


Рис. 3. Дефекты сварного соединения в области разрыва трубы

Литература:

1. Шинкин, В. Н. Механика сплошных сред для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2014. — 628 с.
2. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2013. — 655 с.
3. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. — М: Изд. Дом МИСиС, 2008. — 307 с.
4. Шинкин, В. Н. Теоретическая механика для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2012. — 679 с.
5. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). с. 344–349.
6. Шинкин, В. Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироликовой листопрямильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 359–365.
7. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 361–366.
8. Шинкин, В. Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироликовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 467–472.
9. Шинкин, В. Н. Четырехроликовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 356–361.
10. Шинкин, В. Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 225–229.
11. Шинкин, В. Н. Шестироликовый режим предварительной правки стальной полосы на листопрямильной машине фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94).
12. Шинкин, В. Н., Уандыкова С. К. Гибка стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе при производстве труб большого диаметра // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2009. № 16. с. 110–112.
13. Шинкин, В. Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. Вып. 6. с. 171–174.
14. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса пластического формоизменения листовой заготовки для производства труб большого диаметра // Обработка металлов давлением, 2011. № 3 (28). с. 7–11.
15. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 4. с. 14–22.
16. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Упругопластическое изменение металла на кромкогибочном прессе при формовке труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 6. с. 53–56.
17. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
18. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. с. 45–49.
19. Шинкин, В. Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. № 4 (62). Вып. 4. с. 69–74.
20. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Барыков А. М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // Металлург. 2011. № 11. с. 77–81.
21. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // Metallurgist. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
22. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса формовки заготовки для труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 1. с. 54–58.
23. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
24. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // Производство проката. 2014. № 12. с. 13–20.
25. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспан-дировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. № 7. с. 25–29.

26. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процессов экспандирования и гидротестирования труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 10. с. 12–19.
27. Шинкин, В. Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meeg при производстве труб большого диаметра // Производство проката. 2012. № 9. с. 21–26.
28. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // Сталь. 2015. № 4. с. 38–42.
29. Шинкин, В. Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meeg для магистральных трубопроводов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 3 (74). Часть 1. с. 64–67.
30. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meeg // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 4 (75). Часть 1. с. 114–119.
31. Шинкин, В. Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meeg // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5 (76) Часть 1. с. 96–99.
32. Шинкин, В. Н. Расчет усилий трубоформовочного пресса SMS Meeg при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 6 (77). Часть 1. с. 115–118.
33. Шинкин, В. Н. Оценка усилий трубоформовочного пресса SMS Meeg при изгибе стальной цилиндрической заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 7 (78).
34. Шинкин, В. Н. Сила давления пуансона трубоформовочного пресса SMS Meeg при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 8 (79).
35. Шинкин, В. Н., Барыков А. М., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // Производство проката. 2012. № 2. с. 14–16.
36. Шинкин, В. Н., Мокроусов В. И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте «раскатной пригар с риской» // Производство проката. 2012. № 12. с. 19–24.
37. Шинкин, В. Н., Федотов О. В. Расчет технологических параметров правки горячекатаной рулонной полосы на пятироликовой машине линии Fagor Agrasate // Производство проката. 2013. № 9. с. 43–48.
38. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироликовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // Производство проката. 2014. № 5. с. 7–15.
39. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатирولیковой листопрямляющей машине линии поперечной резки фирмы Fagor Agrasate // Производство проката. 2014. № 8. с. 26–34.
40. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатирولیковой листопрямляющей машине линии поперечной резки фирмы Fagor Agrasate // Производство проката. 2015. № 1. с. 42–48.
41. Пермичев, Н. Ф., Барыков А. М., Палева О. А. Управление инновационным потенциалом предприятия. — Нижний Новгород: Изд. ВВАГС, 2008. — 83 с.
42. Скороходов, В. Н., Чернов П. П., Мухин Ю. А., Бельский С. М. Математическая модель процесса свободного уширения при прокатке полос // Сталь. 2001. № 3. с. 38–40.
43. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М. Нейтральные углы при прокатке в валках неравных диаметров, вращающихся с одинаковой угловой скоростью // Производство проката. 2006. № 5. с. 2–6.
44. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М. Контактное давление при тонколистовой прокатке в валках неравных диаметров, вращающихся с одинаковой угловой скоростью // Производство проката. 2007. № 2. с. 15–20.
45. Мухин, Ю. А., Бельский С. М. О допустимости одного упрощения при анализе процесса несимметричной тонколистовой прокатки // Производство проката. 2007. № 7. с. 11–13.
46. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М. Энергетический баланс и величина нейтральных углов при прокатке в валках неравных диаметров // Производство проката. 2007. № 9. с. 15–18.
47. Бельский, С. М., Мухин Ю. А. Нейтральные углы и контактное давление при тонколистовой прокатке со скоростной асимметрией // Производство проката. 2007. № 11. с. 13–17.
48. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М., Мазур С. И. Особенности профилировок рабочих валков для клетей с осевой сдвижкой. Сообщение 1 // Производство проката. 2007. № 12. с. 17–19.

49. Бельский, С.М. Влияние формы эпюры переднего удельного натяжения на распределение давления прокатки и выходных напряжений по ширине полосы // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2008. № 1. с. 43–46.
50. Скороходов, В.Н., Мухин Ю.А., Бельский С.М., Мазур С.И. Особенности профилировок рабочих валков для клеток с осевой сдвижкой. Сообщение 2 // Производство проката. 2008. № 1. с. 21–24.
51. Бельский, С.М. О некоторых эффектах применения осевой сдвижки рабочих валков // Производство проката. 2008. № 7. с. 21–24.
52. Бельский, С.М., Мухин Ю.А., Мазур И.П. Теоретический анализ влияния натяжений на уширение металла при тонколистовой прокатке // Производство проката. 2008. № 11. с. 13–17.

Молодой ученый

Научный журнал
Выходит два раза в месяц

№ 15 (95) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Г. Д.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М. Н.
Иванова Ю. В.
Каленский А. В.
Куташов В. А.
Лактионов К. С.
Сараева Н. М.
Авдеюк О. А.
Айдаров О. Т.
Алиева Т. И.
Ахметова В. В.
Брезгин В. С.
Данилов О. Е.
Дёмин А. В.
Дядюн К. В.
Желнова К. В.
Жуйкова Т. П.
Жураев Х. О.
Игнатова М. А.
Коварда В. В.
Комогорцев М. Г.
Котляров А. В.
Кузьмина В. М.
Кучерявенко С. А.
Лескова Е. В.
Макеева И. А.
Матроскина Т. В.
Матусевич М. С.
Мусаева У. А.
Насимов М. О.
Прончев Г. Б.
Семахин А. М.
Сенцов А. Э.
Сенюшкин Н. С.
Титова Е. И.
Ткаченко И. Г.
Фозилов С. Ф.
Яхина А. С.
Ячинова С. Н.

Ответственные редакторы:

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

Международный редакционный совет:

Айрян З. Г. (Армения)
Арошидзе П. Л. (Грузия)
Агаев З. В. (Россия)
Бидова Б. Б. (Россия)
Борисов В. В. (Украина)
Велковска Г. Ц. (Болгария)
Гайич Т. (Сербия)
Данатаров А. (Туркменистан)
Данилов А. М. (Россия)
Демидов А. А. (Россия)
Досманбетова З. Р. (Казахстан)
Ешиев А. М. (Кыргызстан)
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)
Игиснинов Н. С. (Казахстан)
Кадыров К. Б. (Узбекистан)
Кайгородов И. Б. (Бразилия)
Каленский А. В. (Россия)
Козырева О. А. (Россия)
Колпак Е. П. (Россия)
Куташов В. А. (Россия)
Лю Цзюань (Китай)
Малес Л. В. (Украина)
Нагервадзе М. А. (Грузия)
Прокопьев Н. Я. (Россия)
Прокофьева М. А. (Казахстан)
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)
Ребезов М. Б. (Россия)
Сорока Ю. Г. (Украина)
Узаков Г. Н. (Узбекистан)
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)
Хоссейни А. (Иран)
Шарипов А. К. (Казахстан)

Художник: Шишков Е. А.

Верстка: Бурьянов П. Я.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

E-mail: info@moluch.ru

http://www.moluch.ru/

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 26