

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 17 (97) / 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, 25

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 Бекмурадович, *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: Голубцов Максим Владимирович

На обложке изображен Алексей Александрович Шахматов (1864—1920) — русский филолог, лингвист и историк, основоположник исторического изучения русского языка, древнерусского летописания и литературы.

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

Россохин А. В.

Влияние применения метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от УУОВТ 217

Россохин А. В.

Влияние применения метанола на дымность ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от УУОВТ 220

Россохин А. В.

Влияние применения метанола на массовую и относительную концентрацию сажи в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от УУОВТ 222

Россохин А. В.

Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки 226

Россохин А. В.

Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения 229

Скрябин М. Л.

Влияние применения метанола на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 26^\circ$ при работе на режиме максимального крутящего момента 231

Скрябин М. Л.

Влияние применения метанола на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 23^\circ$ при работе на режиме максимального крутящего момента 234

Скрябин М. Л.

Влияние применения метанола на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при работе на оптимальных углах опережения впрыскивания топлива на номинальном режиме работы 237

Скрябин М. Л.

Влияние применения метанола на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при работе на оптимальных углах опережения впрыскивания топлива на режиме максимального крутящего момента 240

Скрябин М. Л.

Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи на сажесодержание отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 242

Скрябин М. Л.

Влияние применения метанола в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания ... 245

Скрябин М. Л.

Влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 7^\circ$ до ВМТ при работе на номинальной частоте вращения 248

Скрябин М. Л.

Влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 7^\circ$ до ВМТ при работе на режиме максимального крутящего момента 251

Скрябин М. Л. Влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 9^\circ$ до ВМТ при работе на режиме максимального крутящего момента 254	Чувашев А. Н. Экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на ЭТЭ 287
Скрябин М. Л. Влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 9^\circ$ до ВМТ при работе на номинальной частоте вращения 256	Чувашев А. Н. Экологические показатели дизеля в зависимости от изменения установочного угла при работе на ЭТЭ на режиме максимального крутящего момента 290
Сниткин В. М., Фролов И. П., Овсянников Е. М., Овсянников В. Е. Опыт и проблемы эксплуатации мостовых кранов 259	Чувашев А. Н. Совмещенные индикаторные диаграммы рабочего процесса дизеля 4Ч 11,0/12,5 293
Сниткин В. М., Фролов И. П., Овсянников Е. М., Овсянников В. Е. Совершенствование прочностных расчетов несущих конструкций мостовых кранов 263	Чупраков А. И. Характеристики тепловыделения дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ 296
Сниткин В. М., Фролов И. П., Овсянников Е. М., Овсянников В. Е. К вопросу оценки отклонения главных балок мостовых кранов от прямолинейности 266	Чупраков А. И. Характеристики тепловыделения дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ 299
Степанова О. А., Ермоленко М. В., Золотов А. Д., Жумажан С. К., Должиков С. А. Влияние регулирующих заслонок на расход топлива при сжигании в пылеугольных котлах 269	Чупраков А. И. Показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ 302
Сурков В. О. Облик навигационной системы для подвижного наземного объекта и принципы его формирования 273	Чупраков А. И. Показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ на режиме максимального крутящего момента 304
Томилова Н. И., Алишева Д. М., Томилов А. Н., Абилдаева Г. Б., Мухаметжанова Б. О. Требования к информационным технологиям для решения задач эксплуатации и перспективного развития систем теплоснабжения мегаполисов 276	Шевяков В. В. Исследование свойств дымовой трубы для бытовой печи. Выбор параметров трубы 307
Фоменков С. А., Попов Е. Ю. Управление мобильным роботом посредством сигналов головного мозга 280	Шинкин В. Н. Дефект перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе 318
Чувашев А. Н. Эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на ЭТЭ 284	Ширяев Е. В., Юрецкая Т. В. Методы борьбы с гидратообразованием и выбор ингибитора гидратообразования при обустройстве газового месторождения «Каменномысское море» 323
	Юсупов Ф., Ваисова Н. З. Разработка линейных математических моделей технологического процесса дробления семян хлопчатника 326
	Юсупов Ф., Ваисова Н. З. Построение фреймовой модели технологических задач сушки хлопка 331

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Влияние применения метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от УОВТ

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

На рис. 1, а представлено влияние применения метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при различных установочных УОВТ на номинальном режиме работы при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ [40].

Как видно из графиков, при увеличении установочных УОВТ метанола значение максимальной осредненной температуры увеличивается во всем диапазоне изменения установочного УОВТ ДТ. При изменении установочных УОВТ ДТ значение максимальной осредненной температуры изменяется по сложным зависимостям.

При установочном УОВТ ДТ $\Theta_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ значение максимальной осредненной температуры цикла увеличивается с $T_{\text{max}} = 1980 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 22^\circ$ до $T_{\text{max}} = 2050 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 34^\circ$. Рост составляет 3,53%. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{ДТ}} = 30^\circ$ значение максимальной осредненной температуры цикла изменяется с $T_{\text{max}} = 1960 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 22^\circ$ до $T_{\text{max}} = 2050 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 34^\circ$. Увеличение равно 4,6%. При изменении установочного УОВТ дизельного топлива до $\Theta_{\text{ДТ}} = 34^\circ$ значение максимальной осредненной температуры цикла изменяется с 1930 К до 2050 К при изменении установочного УОВТ метанола с $\Theta_{\text{М}} = 22^\circ$ до $\Theta_{\text{М}} = 38^\circ$ соответственно. Увеличение составляет 6,2%.

При увеличении установочного УОВТ ДТ до $\Theta_{\text{ДТ}} = 38^\circ$ значение максимальной осредненной температуры цикла изменяется с $T_{\text{max}} = 1850 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 22^\circ$ до $T_{\text{max}} = 2070 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 38^\circ$. Изменение равно 11,9%. При установочном УОВТ дизельного топлива $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$ значение максимальной осредненной температуры увеличивается с $T_{\text{max}} = 1870 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 22^\circ$ до $T_{\text{max}} = 2080 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 38^\circ$. Рост составляет 11,2%.

При установочном УОВТ метанола $\Theta_{\text{М}} = 22^\circ$ значение максимальной осредненной температуры цикла уменьшается с $T_{\text{max}} = 1980 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ до $T_{\text{max}} = 1870 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$. Снижение составляет 5,5%. При увеличении установочного УОВТ метанола до $\Theta_{\text{М}} = 26^\circ$ значение максимальной осредненной температуры изменяется с $T_{\text{max}} =$

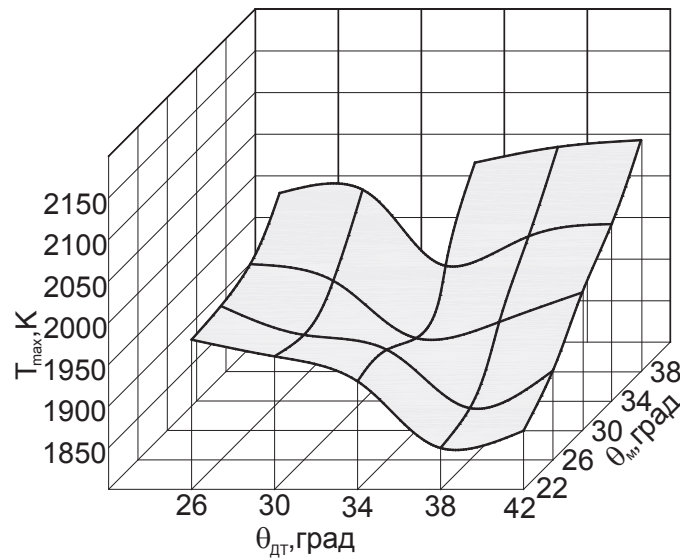
1985 К при $\Theta_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ до $T_{\text{max}} = 1910 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$. Снижение равно 3,7%.

При изменении установочного УОВТ метанола до $\Theta_{\text{М}} = 30^\circ$ значение максимальной осредненной температуры цикла изменяется с 2000 К до 1970 К при изменении установочного УОВТ ДТ с $\Theta_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ до $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$ соответственно. Снижение составляет 1,5%.

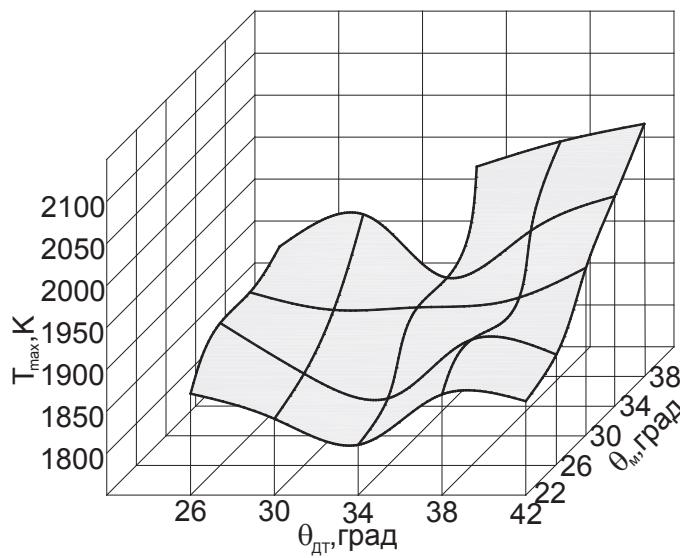
При увеличении установочного УОВТ метанола до $\Theta_{\text{М}} = 34^\circ$ значение максимальной осредненной температуры цикла изменяется с $T_{\text{max}} = 2050 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ до $T_{\text{max}} = 2010 \text{ К}$ МПа при $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$. Изменение равно 1,9%. При установочном УОВТ метанола $\Theta_{\text{М}} = 38^\circ$ значение максимальной осредненной температуры цикла увеличивается с $T_{\text{max}} = 2050 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 34^\circ$ до $T_{\text{max}} = 2080 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$. Рост составляет 1,4%.

На рис. 1, б представлено влияние применения метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при различных установочных УОВТ на режиме максимального крутящего момента при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$. Как видно из графиков, при увеличении установочных УОВТ метанола значение максимальной осредненной температуры цикла увеличивается во всем диапазоне изменения установочных УОВТ ДТ. При изменении установочных углов впрыскивания ДТ значение максимальной осредненной температуры изменяется по сложным зависимостям.

При установочном УОВТ ДТ $\Theta_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ значение максимальной осредненной температуры увеличивается с $T_{\text{max}} = 1870 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 22^\circ$ до $T_{\text{max}} = 1940 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 34^\circ$. Рост составляет 3,7%. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{ДТ}} = 30^\circ$ значение максимальной осредненной температуры изменяется с $T_{\text{max}} = 1840 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 22^\circ$ до $T_{\text{max}} = 1980 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 34^\circ$. Увеличение равно 7,6%. При изменении установочного УОВТ ДТ до $\Theta_{\text{ДТ}} = 34^\circ$ значение максимальной осредненной температуры цикла изменяется с 1810 К до 2000 К при изменении установочного УОВТ метанола с $\Theta_{\text{М}} = 22^\circ$ до $\Theta_{\text{М}} = 38^\circ$ соответственно. Увеличение составляет 10,5%.



а)



б)

Рис. 1. Влияние применения метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при различных установочных УОВТ: а) при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,585 \text{ МПа}$, $q_{\text{цдт}} = 6,6 \text{ мг/цикл}$; б) при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,594 \text{ МПа}$, $q_{\text{цдт}} = 6,0 \text{ мг/цикл}$

При увеличении установочного УОВТ ДТ до $\Theta_{\text{ДТ}} = 38^\circ$ значение максимальной осредненной температуры цикла изменяется с $T_{\text{max}} = 1870 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 22^\circ$ до $T_{\text{max}} = 2030 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 38^\circ$. Изменение равно 8,6%. При установочном УОВТ ДТ $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$ значение максимальной осредненной температуры цикла увеличивается с $T_{\text{max}} = 1860 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 22^\circ$ до $T_{\text{max}} = 2050 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{М}} = 38^\circ$. Рост составляет 10,2%.

При установочном УОВТ метанола $\Theta_{\text{М}} = 22^\circ$ значение максимальной осредненной температуры цикла уменьшается с $T_{\text{max}} = 1870 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ до $T_{\text{max}} = 1860 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$. Снижение составляет 10 К. При увеличении установочного УОВТ метанола до $\Theta_{\text{М}} = 26^\circ$ значение максимальной осредненной температуры изменяется с $T_{\text{max}} =$

1920 К при $\Theta_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ до $T_{\text{max}} = 1880 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$. Снижение равно 2,0%.

При изменении установочного УОВТ метанола до $\Theta_{\text{М}} = 30^\circ$ значение максимальной осредненной температуры изменяется с 1920 К до 1950 К при изменении установочного УОВТ метанола с $\Theta_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ до $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$ соответственно. Рост составляет 1,5%.

При увеличении установочного УОВТ метанола до $\Theta_{\text{М}} = 34^\circ$ значение максимальной осредненной температуры изменяется с $T_{\text{max}} = 1940 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ до $T_{\text{max}} = 2000 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$. Изменение равно 3,0%. При установочном УОВТ метанола $\Theta_{\text{М}} = 38^\circ$ значение максимальной осредненной температуры увеличивается с $T_{\text{max}} = 2000 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 34^\circ$ до $T_{\text{max}} = 2050 \text{ К}$ при $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$. Рост составляет 2,5%.

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. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Россохин, А.В. Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 152–154.
8. Россохин, А.В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от установочного УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 154–157.
9. Россохин, А.В. Результаты исследований влияния применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от установочного УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 157–159.
10. 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 // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 159–162.
11. Россохин, А.В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 163–165.
12. Россохин, А.В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от нагрузки // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 165–167.
13. 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 // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 168–171.
14. Россохин, А.В. Результаты исследований влияния применения этанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и отработавших газах дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от нагрузки // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 171–174.
15. Лиханов, В.А., Россохин, А.В. Уточненный химизм процессов образования частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этанола-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 103–105.
16. Лиханов, В.А., Россохин, А.В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этанола-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

Влияние применения метанола на дымность ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от УОВТ

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

В соответствии с методикой стендовых испытаний и структурной схемой нами были проведены испытания дизеля 2Ч 10,5/12,0 по исследованию влияния применения метанола с ДСТ на дымность ОГ в зависимости от различных значений установочных УОВТ.

На рис. 1, а представлена зависимость изменения дымности ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при различных установочных УОВТ ДТ и метанола на номинальном режиме работы при $n = 1800$ мин⁻¹. Из графика видно, что при увеличении установочного УОВТ метанола от $\Theta_M = 22^\circ$ до $\Theta_M = 38^\circ$ дымность ОГ снижается во всем диапазоне изменения установочного УОВТ ДТ. Рассматривая дымность ОГ при работе на метаноле с ДСТ при установочном УОВТ ДТ $\Theta_{ДТ} = 26^\circ$, можно отметить следующее. При увеличении установочного УОВТ метанола дымность ОГ снижается с 1,7 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 22^\circ$ до 1,1 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 34^\circ$. Снижение составляет 0,6 ед. по шкале Bosch, или 35,3%. При увеличении установочного УОВТ ДТ до $\Theta_{ДТ} = 30^\circ$ дымность ОГ изменяется с 1,6 ед. при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,95 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 34^\circ$, т.е. снижается на 40,6%.

Рассматривая дымность ОГ при работе на метаноле с ДСТ при установочном УОВТ ДТ $\Theta_{ДТ} = 34^\circ$, видно, что дымность ОГ изменяется с 1,45 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 38^\circ$. Снижение составляет 0,65 ед. по шкале Bosch, или 31,0%. При увеличении установочного УОВТ ДТ до $\Theta_{ДТ} = 38^\circ$ дымность ОГ снижается с 1,3 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 38^\circ$, т.е. 0,5 ед. по шкале Bosch, или на 38,4%. При изменении установочного УОВТ ДТ до $\Theta_{ДТ} = 42^\circ$ дымность ОГ снижается с 1,1 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 38^\circ$, т.е. на 27,3%.

Рассматривая дымность ОГ при работе на метаноле с ДСТ при установочном УОВТ метанола $\Theta_M = 22^\circ$ можно отметить следующее. При увеличении установочного УОВТ ДТ дымность ОГ изменяется с 1,7 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 26^\circ$ до 1,1 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 42^\circ$. Снижение составляет 0,6 ед. по шкале Bosch, или 35,3%. При увеличении установочного УОВТ метанола $\Theta_M = 26^\circ$ дымность ОГ изменяется с 1,6 ед. при $\Theta_{ДТ} = 26^\circ$ до 1,0 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 42^\circ$, т.е. снижается на 0,6 ед. по шкале Bosch. При установочном УОВТ метанола $\Theta_M = 30^\circ$ дымность ОГ снижается с 1,5 ед. при $\Theta_{ДТ} = 26^\circ$ до 0,9 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 42^\circ$, т.е. на 40,0%.

При увеличении установочного УОВТ метанола $\Theta_M = 34^\circ$ дымность ОГ снижается с 1,1 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 26^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 42^\circ$, при этом минимальное значение достигается уже при устано-

вочном УОВТ ДТ $\Theta_{ДТ} = 34^\circ$. Снижение равно 0,3 ед. по шкале Bosch, или 27,3%. При установочном УОВТ метанола $\Theta_M = 38^\circ$ видно, что дымность ОГ не меняется и равна 0,8 ед. по шкале Bosch на всех установочных УОВТ ДТ.

Таким образом, на основании полученных данных, минимальное значение дымности ОГ наблюдается при изменении установочного УОВТ метанола с $\Theta_M = 34^\circ$ до $\Theta_M = 38^\circ$ и ДТ с $\Theta_{ДТ} = 34^\circ$ до $\Theta_{ДТ} = 42^\circ$.

На рис. 1, б представлена зависимость изменения дымности ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при различных установочных УОВТ ДТ и метанола на режиме максимального крутящего момента при $n = 1400$ мин⁻¹. Из графика видно, что увеличение установочных УОВТ ДТ и метанола ведет к снижению дымности ОГ.

Рассматривая дымность ОГ при работе на метаноле с ДСТ при установочном УОВТ $\Theta_M = 22^\circ$, можно отметить следующее. При увеличении установочного УОВТ ДТ значение дымности ОГ уменьшается с 1,3 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 26^\circ$ до 1,0 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 42^\circ$, т.е. на 30%. При установочном УОВТ метанола $\Theta_M = 26^\circ$ дымность ОГ изменяется с 1,2 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 26^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 42^\circ$. При увеличении установочного УОВТ метанола до $\Theta_M = 30^\circ$ дымность ОГ снижается с 1,0 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 26^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 42^\circ$. При увеличении установочного УОВТ метанола $\Theta_M = 34^\circ$ дымность ОГ изменяется с 0,9 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 26^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 42^\circ$. При этом минимальное значение достигается при $\Theta_{ДТ} = 34^\circ$, снижение дымности составляет 0,1 ед. по шкале Bosch, или 11%. При установочном УОВТ метанола $\Theta_M = 38^\circ$ дымность практически не меняется и равна 0,8 ед. по шкале Bosch.

Рассматривая дымность ОГ при работе на метаноле с ДСТ при установочном УОВТ ДТ $\Theta_{ДТ} = 26^\circ$ видно, что при увеличении установочного УОВТ метанола значение дымности ОГ снижается с 1,3 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,9 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 34^\circ$. При изменении установочного УОВТ ДТ $\Theta_{ДТ} = 30^\circ$ дымность ОГ снижается с 1,2 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 34^\circ$. При увеличении установочного УОВТ ДТ $\Theta_{ДТ} = 34^\circ$ дымность ОГ снижается с 1,05 ед. при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 38^\circ$. При этом минимальное значение достигается при $\Theta_M = 34^\circ$. При установочном УОВТ ДТ $\Theta_{ДТ} = 38^\circ$ дымность ОГ снижается с 1,0 ед. при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 38^\circ$. При увеличении установочного УОВТ до ДТ $\Theta_{ДТ} = 42^\circ$ дымность изменяется с 1 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 38^\circ$.

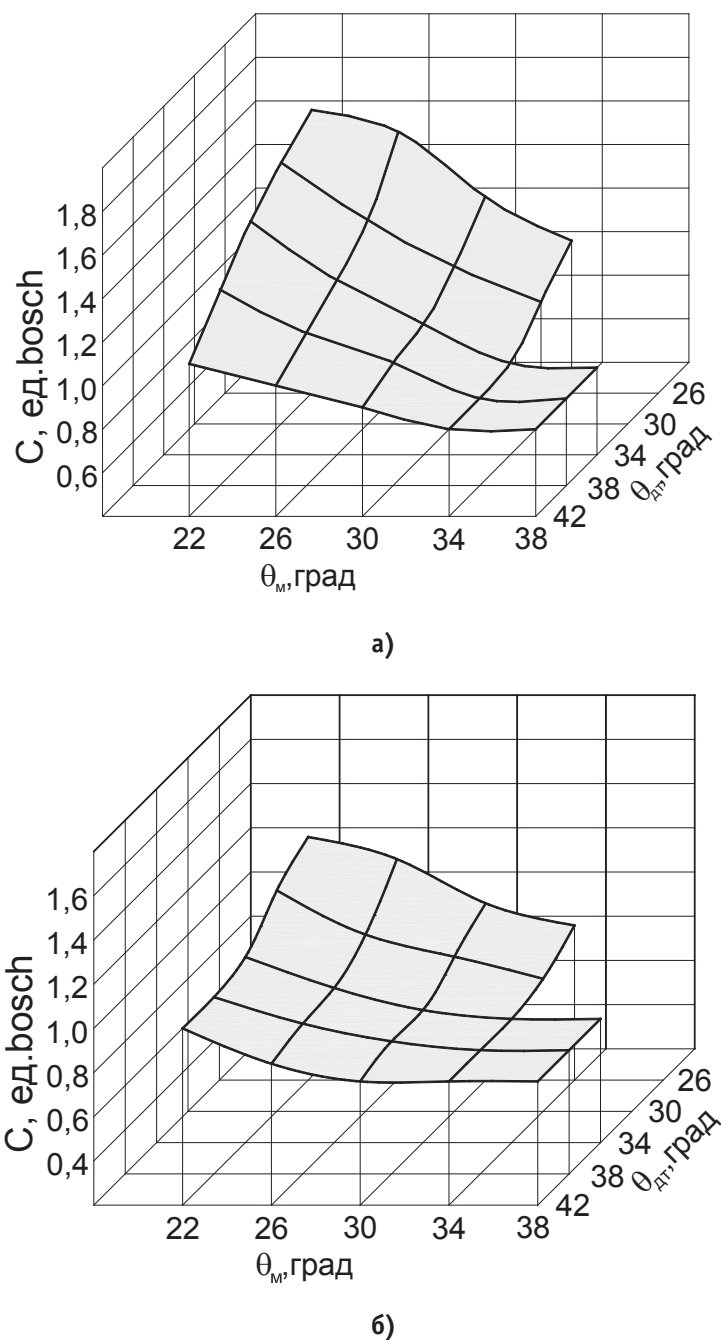


Рис. 1. Влияние применения метанола на дымность ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при различных установочных УОВТ: а) при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,585 \text{ МПа}$, $q_{\text{цдт}} = 6,6 \text{ мг/цикл}$; б) при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,594 \text{ МПа}$, $q_{\text{цд}} = 6,0 \text{ мг/цикл}$

Такие низкие значения дымности ОГ объясняются тем, что метанол имеет меньшую склонность к дымообразованию, чем ДТ. Величина дымности ОГ при работе на метаноле с ДСТ обусловлена наличием запальной порции ДТ.

Таким образом, на основании полученных данных, минимальное значение дымности ОГ наблюдается при уста-

новочных УОВТ метанола $\Theta_M = 34^\circ$ и $\Theta_M = 38^\circ$. Анализируя полученные данные, сочетание установочных УОВТ ДТ $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$ и метанола $\Theta_M = 34^\circ$ принято за оптимальное на номинальном режиме и 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. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Россохин, А. В. Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 152–154.
8. Россохин, А. В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от установочного УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 154–157.
9. Россохин, А. В. Результаты исследований влияния применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от установочного УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 157–159.
10. 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 // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 159–162.
11. Россохин, А. В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 163–165.
12. Россохин, А. В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от нагрузки // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 165–167.
13. 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 // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 168–171.
14. Россохин, А. В. Результаты исследований влияния применения этанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и отработавших газах дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от нагрузки // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 171–174.
15. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Уточненный химизм процессов образования частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этанола-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 103–105.
16. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этанола-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

Влияние применения метанола на массовую и относительную концентрацию сажи в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от УУОВТ

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

На основании методики, разработанной профессорами Батуриным и Лоскутовым, и используя специальную программу, разработанную в Ленинградском политехническом институте, нами были определены значения массовой

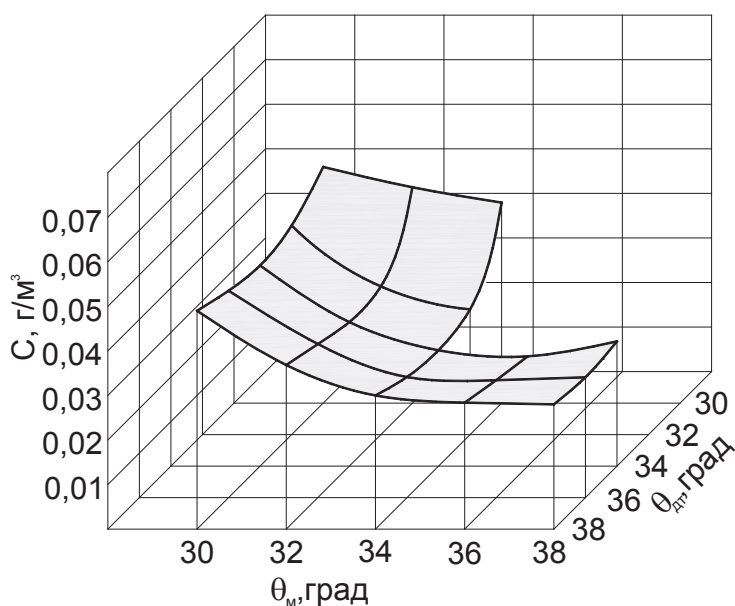
концентрации S и относительной концентрации g сажи в ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ.

На рисунке 1 представлен график влияния применения метанола на массовую концентрацию S сажи в ОГ

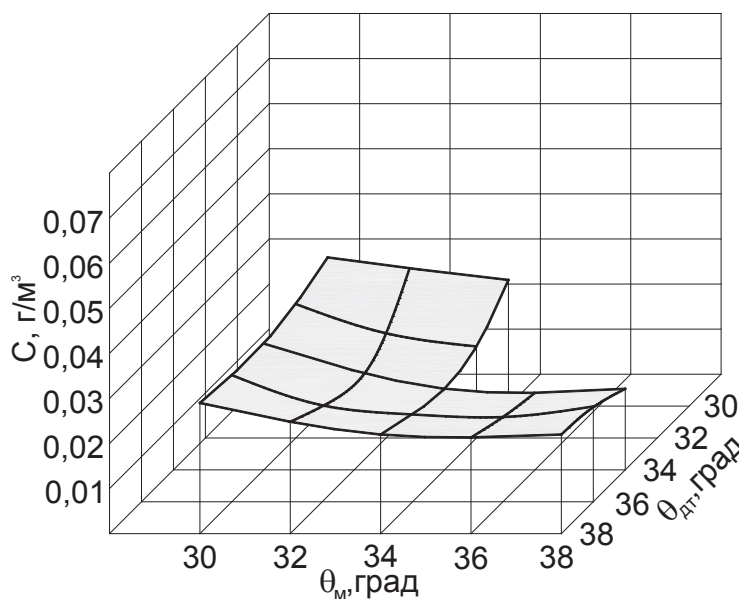
дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при различных установочных УОВТ на номинальном режиме работы с частотой вращения $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ (а) и на режиме максимального крутящего момента с частотой вращения $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ (б).

Кривые изменения массовой концентрации C сажи в цилиндре дизеля показывают, что при увеличении установочных УОВТ ДТ и метанола значение массовой концентрации C снижается во всем диапазоне изменения установочных УОВТ. При установочных УОВТ ДТ $\Theta_{\text{ДТ}} = 34^\circ$ и метанола $\Theta_{\text{М}} = 34^\circ$ значение массовой концен-

трации сажи $C_{\text{М}} = 0,028 \text{ г/м}^3$ на номинальном режиме работы при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $C_{\text{М}} = 0,018 \text{ г/м}^3$ на режиме максимального крутящего момента при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$. При увеличении установочного УОВТ метанола до $\Theta_{\text{М}} = 38^\circ$ и $\Theta_{\text{ДТ}} = 34^\circ$ значение массовой концентрации сажи не изменяется и равно $C_{\text{М}} = 0,028 \text{ г/м}^3$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $C_{\text{М}} = 0,018 \text{ г/м}^3$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$. При увеличении установочного УОВТ ДТ до $\Theta_{\text{ДТ}} = 38^\circ$ и $\Theta_{\text{М}} = 38^\circ$ значение массовой концентрации сажи увеличивается до $C_{\text{М}} = 0,029 \text{ г/м}^3$ и $C_{\text{М}} = 0,022 \text{ г/м}^3$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ соответственно. При уменьшении установочного УОВТ метанола



а)



б)

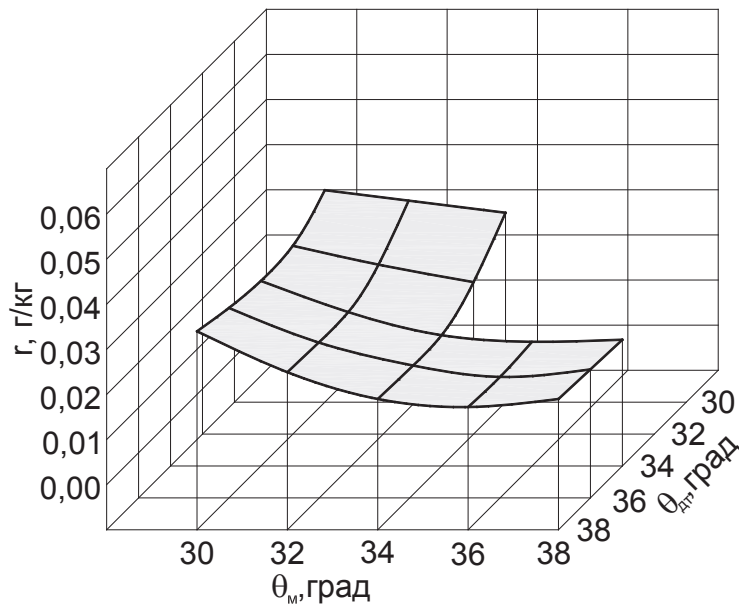
Рис. 1. Влияние применения метанола на массовую концентрацию C сажи в ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при различных установочных УОВТ: а) при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,585 \text{ МПа}$, $q_{\text{цдт}} = 6,6 \text{ мг/цикл}$; б) при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,594 \text{ МПа}$, $q_{\text{цд}} = 6,0 \text{ мг/цикл}$

до $\Theta_M = 34^\circ$ и $\Theta_{ДТ} = 38^\circ$ значение массовой концентрации сажи снижается до $C_M = 0,027 \text{ г/м}^3$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $C_M = 0,018 \text{ г/м}^3$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$. При дальнейшем уменьшении установочного УОВТ метанола до $\Theta_M = 30^\circ$ и $\Theta_{ДТ} = 38^\circ$ значение массовой концентрации сажи увеличивается до $C_M = 0,0485 \text{ г/м}^3$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $C_M = 0,029 \text{ г/м}^3$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$.

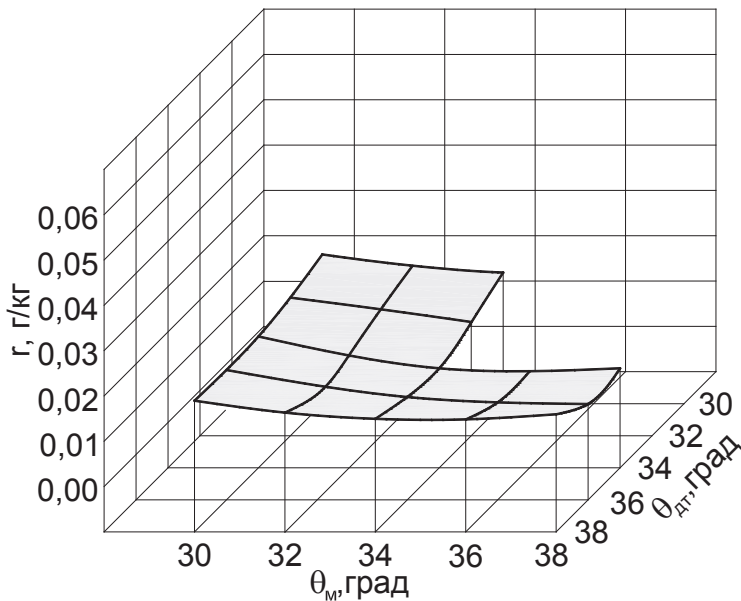
При изменении установочного УОВТ ДТ до $\Theta_{ДТ} = 34^\circ$ и $\Theta_M = 30^\circ$ значение массовой концентрации сажи изменяется до $C_M = 0,045 \text{ г/м}^3$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $C_M = 0,028 \text{ г/м}^3$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$. При дальнейшем уменьшении

установочного УОВТ ДТ до $\Theta_{ДТ} = 30^\circ$ и $\Theta_M = 30^\circ$ значение массовой концентрации сажи увеличивается до $C_M = 0,053 \text{ г/м}^3$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $C_M = 0,033 \text{ г/м}^3$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$. При увеличении установочного УОВТ метанола до $\Theta_M = 34^\circ$ и $\Theta_{ДТ} = 30^\circ$ значение массовой концентрации сажи изменяется до $C_M = 0,045 \text{ г/м}^3$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $C_M = 0,028 \text{ г/м}^3$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$.

На рисунке 2 представлен график влияния применения метанола на относительную концентрацию γ сажи в ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при различных установочных УОВТ на номинальном режиме работы



а)



б)

Рис. 2. Влияние применения метанола на относительную концентрацию γ сажи в ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при различных установочных УОВТ: а) при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,585 \text{ МПа}$, $q_{цдт} = 6,6 \text{ мг/цикл}$; б) при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,594 \text{ МПа}$, $q_{цд} = 6,0 \text{ мг/цикл}$

с частотой вращения $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ (а) и на режиме максимального крутящего момента с частотой вращения $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ (б).

Кривые изменения относительной концентрации g сажи в цилиндре дизеля показывают, что при увеличении установочных УОВТ ДТ и метанола значение относительной концентрации S снижается во всем диапазоне изменения установочных УОВТ. При установочных УОВТ ДТ $\Theta_{\text{ДТ}} = 34^\circ$ и метанола $\Theta_{\text{М}} = 34^\circ$ значение относительной концентрации сажи $g_{\text{м}} = 0,019 \text{ г/кг}$ на номинальном режиме работы при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $g_{\text{м}} = 0,012 \text{ г/кг}$ на режиме максимального крутящего момента при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$. При увеличении установочного УОВТ метанола до $\Theta_{\text{М}} = 38^\circ$ и $\Theta_{\text{ДТ}} = 34^\circ$ значение относительной концентрации сажи изменяется до $g_{\text{м}} = 0,018 \text{ г/кг}$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $g_{\text{м}} = 0,012 \text{ г/кг}$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$. При увеличении установочного УОВТ ДТ до $\Theta_{\text{ДТ}} = 38^\circ$ и $\Theta_{\text{М}} = 38^\circ$ значение концентрации сажи увеличивается до $g_{\text{м}} = 0,019 \text{ г/кг}$ и $g_{\text{м}} = 0,01 \text{ г/кг}$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ со-

ответственно. При уменьшении установочного УОВТ метанола до $\Theta_{\text{М}} = 34^\circ$ и $\Theta_{\text{ДТ}} = 38^\circ$ значение относительной концентрации сажи не изменяется и равно $g_{\text{м}} = 0,019 \text{ г/кг}$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $g_{\text{м}} = 0,010 \text{ г/кг}$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$.

При дальнейшем уменьшении установочного УОВТ метанола до $\Theta_{\text{М}} = 30^\circ$ и $\Theta_{\text{ДТ}} = 38^\circ$ значение относительной концентрации сажи увеличивается до $g_{\text{м}} = 0,034 \text{ г/кг}$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $g_{\text{м}} = 0,019 \text{ г/кг}$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$.

При изменении установочного УОВТ ДТ до $\Theta_{\text{ДТ}} = 34^\circ$ и $\Theta_{\text{М}} = 30^\circ$ значение относительной концентрации сажи изменяется до $g_{\text{м}} = 0,031 \text{ г/кг}$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $g_{\text{м}} = 0,019 \text{ г/кг}$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$. При дальнейшем уменьшении установочного УОВТ ДТ до $\Theta_{\text{ДТ}} = 30^\circ$ и $\Theta_{\text{М}} = 30^\circ$ значение относительной концентрации сажи увеличивается до $g_{\text{м}} = 0,037 \text{ г/кг}$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $g_{\text{м}} = 0,023 \text{ г/кг}$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$. При увеличении установочного УОВТ метанола до $\Theta_{\text{М}} = 34^\circ$ и $\Theta_{\text{ДТ}} = 30^\circ$ значение относительной концентрации сажи изменяется до $g_{\text{м}} = 0,032 \text{ г/кг}$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $g_{\text{м}} = 0,019 \text{ г/кг}$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$.

Литература:

1. Лиханов, В.А., Россохин, А.В. Исследование процессов сажеобразования и сажесодержания в цилиндре быстросходного 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. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Россохин, А.В. Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 152–154.
8. Россохин, А.В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от установочного УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 154–157.
9. Россохин, А.В. Результаты исследований влияния применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от установочного УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 157–159.
10. 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 // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 159–162.
11. Россохин, А.В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 163–165.
12. Россохин, А.В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от нагрузки // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 165–167.

13. Россохин, А.В. Показатели процесса сгорания и сажеосодержания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на дизельном топливе и этаноле-топливной эмульсии в зависимости от угла поворота коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 168–171.

Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки

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

В соответствии с методикой стендовых испытаний нами были проведены испытания дизеля 2Ч 10,5/12,0 по исследованию влияния метанола с ДСТ на мощностные и экономические показатели в зависимости от изменения нагрузки.

Изменение мощностных и экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при работе на ДТ и метаноле с ДСТ при частоте вращения $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ представлены на рис 1, а.

Из графика видно, что при работе дизеля на ДТ при увеличении нагрузки увеличивается часовой расход топлива от 1,85 кг/ч при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 7,10 кг/ч при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Увеличение составляет 5,25 кг/ч, или в 2,84 раза. Минимальное значение удельного эффективного расхода топлива достигается при $p_e = 0,50 \text{ МПа}$ и составляет $g_e = 265 \text{ г} / (\text{кВт} \cdot \text{ч})$. При номинальной нагрузке ($p_e = 0,585 \text{ МПа}$) $g_e = 272 \text{ г} / (\text{кВт} \cdot \text{ч})$. Значение эффективного кпд при увеличении нагрузки увеличивается с $\eta_e = 0,180$ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до $\eta_e = 0,265$ при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$, при этом максимальное значение достигается при $p_e = 0,50 \text{ МПа}$ и составляет $\eta_e = 0,318$. При увеличении нагрузки также увеличивается температура ОГ. Так, у дизеля при работе на ДТ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ $t_r = 235^\circ\text{C}$ и при увеличении нагрузки до максимальной при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$ $t_r = 645^\circ\text{C}$. Увеличение составляет 410°C , или в 2,7 раза. Расход воздуха при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ составляет 116,5 кг/ч и уменьшается до 111,7 кг/ч при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Уменьшение составляет 4,1%. Коэффициент избытка воздуха при работе на ДТ уменьшается с увеличением нагрузки с $\alpha = 4,45$ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до значения $\alpha = 1,2$ при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Снижение составляет 73,0%. Коэффициент наполнения при малых нагрузках ($p_e = 0,127 \text{ МПа}$) равен 0,90, а при максимальной нагрузке ($p_e = 0,65 \text{ МПа}$) составляет 0,865. Снижение составляет 3,9%.

Из кривых, представленных на рис. 1, а, 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 часовой расход топлива от 3,95 кг при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$

до 10,5 кг при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Увеличение составляет 6,65 кг/ч, или в 2,7 раза. Минимальное значение суммарного удельного эффективного расхода топлива достигается при $p_e = 0,54 \text{ МПа}$ и составляет $g_{e\Sigma} = 490 \text{ г} / (\text{кВт} \cdot \text{ч})$. При номинальной нагрузке ($p_e = 0,585 \text{ МПа}$) значение $g_e = 502 \text{ г} / (\text{кВт} \cdot \text{ч})$. Величина эффективного кпд при увеличении нагрузки увеличивается с $\eta_e = 0,16$ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до $\eta_e = 0,319$ 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 увеличении нагрузки до максимальной при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$ возрастает до $t_r = 535^\circ\text{C}$. Увеличение составляет 315°C , или в 2,4 раза. Расход воздуха при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ составляет 115,9 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.

Снижение составляет 110°C или 17%. Расход воздуха на малых нагрузках, при работе дизеля на различных топливах, имеет одинаковое значение. При увеличении нагрузки ($p_e = 0,65 \text{ МПа}$) расход воздуха при работе дизеля на ДТ составляет 111,9 кг/ч, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 115 кг/ч, увеличение составляет 2,7%. Коэффициент избытка воздуха при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ и работе дизеля на ДТ составляет 4,45, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\alpha = 3,6$. Снижение составляет 19,1%. При $p_e = 0,65 \text{ МПа}$ значение α при работе дизеля на ДТ составляет 1,2, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\alpha = 1,5$. Увеличение составляет 25%. Коэффициент наполнения при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ и работе дизеля на ДТ составляет 0,90, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\alpha = 0,86$. Снижение составляет 4,4%. При $p_e = 0,65 \text{ МПа}$ значение α при работе дизеля на ДТ составляет 0,865, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\alpha = 0,86$.

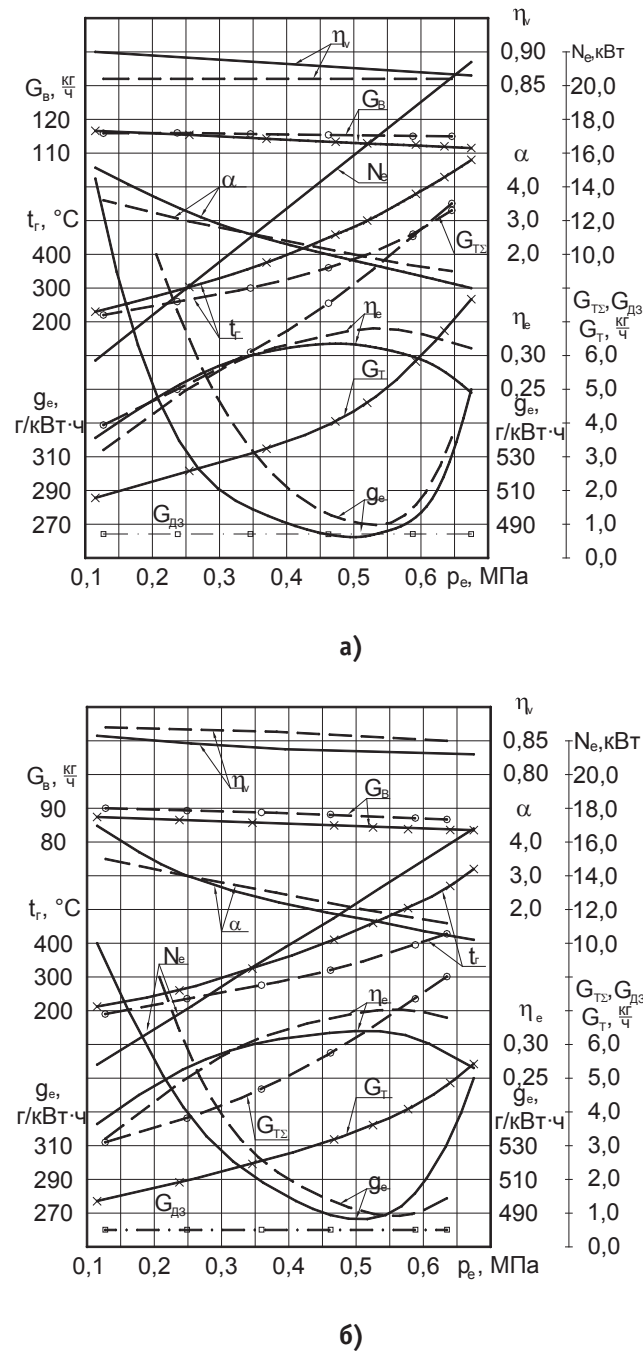


Рис. 1. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при $\Theta_{дт} = 34^\circ$ и $\Theta_{м} = 34^\circ$ в зависимости от изменения нагрузки: а) при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$; б) при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$; $\frac{3}{4}$ дизельный процесс, — — — метанол с запальным ДТ

На рис. 1, б представлено изменение мощностных и экономических показателей 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 графика видно, что при работе дизеля на ДТ при увеличении нагрузки увеличивается часовой расход топлива от 1,4 кг/ч при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 4,8 кг/ч при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Увеличение составляет 3,4 кг/ч, или в 3,4 раза. Минимальное значение удельного эффективного расхода топлива достигается при $p_e = 0,51 \text{ МПа}$ и составляет $g_e = 266 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. При нагрузке $p_e = 0,594 \text{ МПа}$ значение g_e

$= 285 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. Значение эффективного кпд при увеличении нагрузки увеличивается с $\eta_e = 0,19$ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до $\eta_e = 0,285$ при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Максимальное значение достигается при $p_e = 0,51 \text{ МПа}$ и составляет $\eta_e = 0,32$. При увеличении нагрузки также увеличивается температура ОГ. Так, при работе дизеля на ДТ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ значение $t_r = 215^\circ\text{C}$ и при увеличении нагрузки до максимальной при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ составляет $t_r = 565^\circ\text{C}$. Увеличение составляет 350°C , или в 2,6 раза. Расход воздуха при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ составляет 87,3 кг/ч и уменьшается до 83,5 кг/ч при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Уменьшение составляет 4,4%. Коэффициент избытка воздуха при работе

дизеля на ДТ уменьшается с увеличением нагрузки с = 4,32 при $p_c = 0,127$ МПа до значения = 1,23 при $p_c = 0,635$ МПа. Снижение составляет 71,5%. Коэффициент наполнения при малых нагрузках ($p_c = 0,127$ МПа) равен 0,855 и при максимальной нагрузке ($p_c = 0,635$ МПа) составляет 0,830. Снижение составляет 2,9%.

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. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Россохин, А.В. Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 152–154.
8. Россохин, А.В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от установочного УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 154–157.
9. Россохин, А.В. Результаты исследований влияния применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от установочного УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 157–159.
10. 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 // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 159–162.
11. Россохин, А.В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 163–165.
12. Россохин, А.В. Влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от нагрузки // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 165–167.
13. 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 // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 168–171.
14. Россохин, А.В. Результаты исследований влияния применения этанола-топливной эмульсии на показатели процесса сгорания и сажесодержания в цилиндре и отработавших газах дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от нагрузки // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 171–174.
15. Лиханов, В.А., Россохин, А.В. Уточненный химизм процессов образования частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этанола-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 103–105.
16. Лиханов, В.А., Россохин, А.В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этанола-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения

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

На рис. 1 представлено влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала.

Как видно из графика, при работе на ДТ при увеличении частоты вращения часовой расход топлива увеличивается с 3,6 кг/ч при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 6,3 кг/ч при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение составляет 75%. Удельный эффективный расход топлива изменяется с $g_e = 295 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $g_e = 288 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, при этом минимальное значение наблюдается при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и равно $g_e = 273 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$. Температура ОГ изменяется с $t_r = 485^\circ\text{C}$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $t_r = 615^\circ\text{C}$ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, т.е. увеличивается на 26,8%. Расход воздуха при увеличении частоты вращения увеличивается с $G_b = 69 \text{ кг/ч}$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $G_b = 127 \text{ кг/ч}$ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение составляет 84,0%. Эффективный КПД при увеличении частоты вращения уменьшается с $\eta_e = 0,305$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $\eta_e = 0,275$ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Максимальное значение равно $\eta_e = 0,31$ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$. Коэффициент избытка воздуха при работе дизеля на ДТ уменьшается с увеличением частоты вращения с $\alpha = 1,8$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $\alpha = 1,6$ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, т.е. уменьшается на 11,1%.

Уменьшения с $\alpha = 1,5$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до значения $\alpha = 1,3$ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Уменьшение равно 13,3%.

Как видно из графика, при работе дизеля на метаноле с ДСТ при увеличении частоты вращения суммарный часовой расход топлива увеличивается с 6,4 кг/ч при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 10,6 кг/ч при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение составляет 65,6%. Суммарный удельный эффективный расход топлива изменяется с $g_{e\Sigma} = 510 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $g_{e\Sigma} = 520 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. При этом минимальное значение наблюдается при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ и равно $g_{e\Sigma} = 490 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$. Температура ОГ изменяется с $t_r = 365^\circ\text{C}$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $t_r = 520^\circ\text{C}$ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, т.е. увеличивается на 42,5%. Расход воздуха при увеличении частоты вращения увеличивается с $G_b = 73 \text{ кг/ч}$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $G_b = 129 \text{ кг/ч}$ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, увеличение равно 76,7%. Эффективный КПД при увеличении частоты вращения уменьшается с $\eta_e = 0,35$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $\eta_e = 0,305$ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Коэффициент избытка воздуха при работе дизеля на метаноле с ДСТ уменьшается с увеличением частоты вращения с $\alpha = 1,8$ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $\alpha = 1,6$ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, т.е. уменьшается на 11,1%.

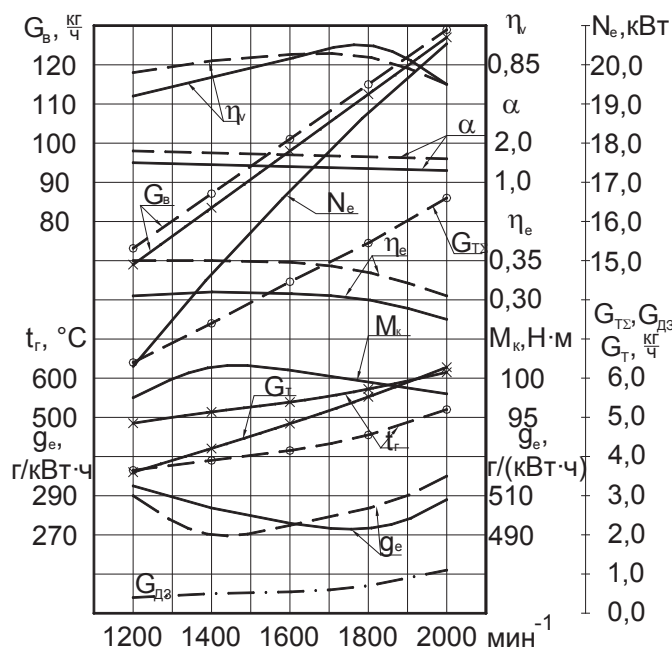


Рис. 1. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при $\Theta_{дт} = 34^\circ$ и $\Theta_{м} = 34^\circ$ в зависимости от изменения частоты вращения: — — дизельный процесс, — — — метанол с запальным ДТ

Анализируя изменения значений мощностных и экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от частоты вращения, видно, что суммарный часовой расход топлива при работе на метаноле с ДСТ выше, чем при работе на ДТ на всех скоростных режимах. Так, при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ расход топлива увеличивается с $G_T = 3,6 \text{ кг/ч}$ при работе на ДТ до $G_{TS} = 6,4 \text{ кг/ч}$ при работе на метаноле с ДСТ. Увеличение составляет 77,8%. При $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ часовой расход топлива увеличивается с $G_T = 6,3 \text{ кг/ч}$ при работе дизеля на ДТ до $G_{TS} = 10,6 \text{ кг/ч}$ при работе дизеля на метаноле с ДСТ, т.е. на 68,3%. Значение суммарного удельного эффективного расхода топлива выше на всех скоростных режимах при работе на метаноле, чем при работе на ДТ. Эффективный кпд при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ увеличивается с $\eta_e = 0,305$ при работе на ДТ до $\eta_e = 0,35$ при работе на метаноле с ДСТ.

При увеличении частоты вращения до $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ значения эффективного кпд изменяются на $\eta_e = 0,275$ при работе на ДТ и $\eta_e = 0,305$ при работе на метаноле с ДСТ. Температура ОГ во всем диапазоне изменения частоты вращения при работе на метаноле ниже, чем при работе на ДТ. При $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ t_r уменьшается с 485°C при работе на ДТ до 365°C при работе на метаноле с ДСТ, т.е. уменьшается на 24,7%. При $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ t_r уменьшается с 615°C при работе на ДТ до 520°C при работе на метаноле с ДСТ, уменьшение равно 15,4%. Расход воздуха при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 58 кг/ч при работе дизеля на ДТ, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 66 кг/ч . При увеличении частоты вращения до $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ расход воздуха для опытного дизеля составляет 127 кг/ч , а при работе на метаноле с ДСТ — 129 кг/ч .

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., 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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) с. 340–343.
6. Чувашев, А. Н. Характеристики тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на режиме максимального крутящего момента Молодой ученый. 2015. № 14 (94) с. 203–205.
7. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения Молодой ученый. 2015. № 15 (95) с. 109–111.
8. Чувашев, А. Н. Характеристики тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Технические науки: проблемы и перспективы: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2015 г.). — СПб.: Свое издательство, 2015. — с. 77–78.
9. Чувашев, А. Н. Совмещённые индикаторные диаграммы дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ при установочном угле впрыскивания дизтоплива 34° . Молодой ученый. 2015. № 16 (96) с. 244–246.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
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. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–232.
15. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–235.

16. 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.
17. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–241.
18. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальное давление сгорания в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 117–120.
19. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на максимальную осредненную температуру цикла в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 120–123.
20. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.
21. Анфилатов, А. А. Изменение объемного содержания оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 125–128.
22. Анфилатов, А. А. Индексирование тепловыделения в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 128–131.
23. 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.
24. Анфилатов, А. А. Обработка полученных результатов исследований дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 134–136.
25. Анфилатов, А. А. Объемное содержание оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 136–139.
26. Анфилатов, А. А. Расчет выбросов вредных газообразных веществ с отработавшими газами дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 139–141.
27. 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.
28. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 73–76.
29. Анфилатов, А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 76–79.
30. Анфилатов, А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 79–82.
31. Анфилатов, А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 82–85.
32. Анфилатов, А. А. Мощностные и экономические показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 85–87.
33. Анфилатов, А. А. Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 87–90.

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

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В данной статье рассмотрено влияние применения метанола 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 $\gamma_{NOx\ расч}$ и массовую концентрацию $C_{NOx\ расч}$ оксидов азота, осредненную температуру газов, и давление в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в за-

висимости от угла поворота коленчатого вала на режиме максимального крутящего момента ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,82 \text{ МПа}$) при $\Theta_{\text{впр}} = 26^\circ [1-20]$.

При работе дизеля на ДТ ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,82 \text{ МПа}$) 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 $8,81 \text{ МПа}$. 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 $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,36 \text{ г/м}^3$, 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 ци-

линдре 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 $C_{\text{NOx вых расч}} = 1,04 \text{ г/м}^3 [21-36]$.

При работе на МТЭ ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,82 \text{ МПа}$) 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 $9,28 \text{ МПа}$. Максимальная массовая концентрация $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,86 \text{ г/м}^3$, 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 $C_{\text{NOx вых расч}} = 1,44 \text{ г/м}^3$.

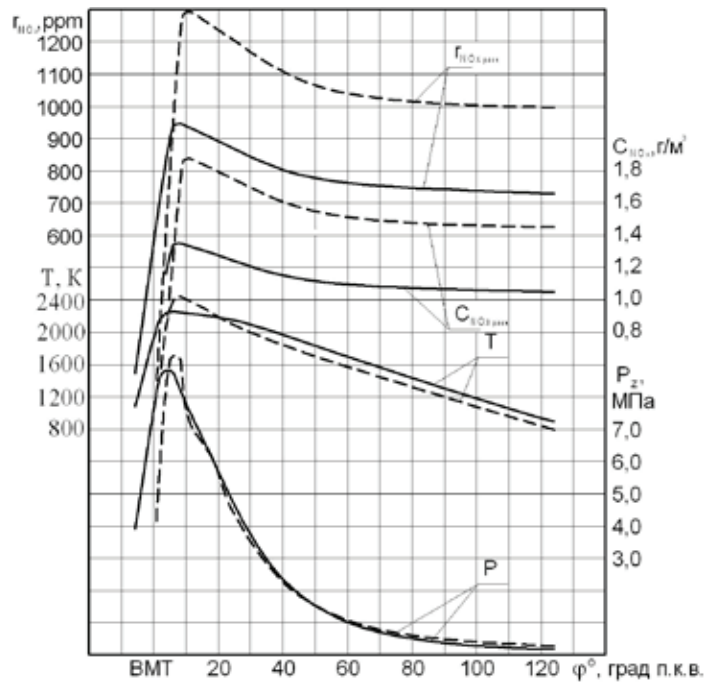


Рис. 1. Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовую концентрацию $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. двигателя при $\Theta_{\text{впр}} = 26^\circ$ до ВМТ при работе на режиме максимального крутящего момента: $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,82 \text{ МПа}$; $\frac{3}{4}$ — ДТ; — — — МТЭ

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 $0,50 \text{ г/м}^3$, или на $37,4\%$. Увеличение зна-

чений 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 $0,39 \text{ г/м}^3$ или $37,7\%$ [37-40].

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170-173.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4-1 (35). с. 79-81.

3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
6. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
8. 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.
9. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции отработавших газов на эффективные и экологические показатели дизеля // Приволжский научный вестник. 2015. № 5–1 (45). с. 90–92.
10. Лопатин, О. П. Результаты индцирования рабочего процесса газодизеля на режиме максимального крутящего момента // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5 (18). с. 8–9.
11. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
12. Лопатин, О. П. Влияние рециркуляции отработавших газов на показатели процесса сгорания газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 255–257.
13. Лопатин, О. П. Расчет степени рециркуляции газодизеля при подаче газа во впускной коллектор // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 383–385.
14. Лопатин, О. П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
15. Лопатин, О. П. Динамика тепловыделения газодизеля при работе с рециркуляцией // Молодой ученый. 2015. № 13. с. 141–144.
16. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции на характеристики процесса сгорания тракторного газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 166–168.
17. Лопатин, О. П. Динамика образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом при УОВТ 8 градусов до ВМТ // Молодой ученый. 2015. № 15. с. 117–120.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
23. 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.
24. 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.
25. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 235–238.
26. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.
27. 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.
28. Анфилатов, А. А. Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 87–90.
29. 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.

30. Анфилатов, А. А. Изменения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 15. С. 75–78.
31. Анфилатов, А. А. Эффективные характеристики дизеля при работе на метаноле и $N = 1800 \text{ мин}^{-1}$ // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 25–28.
32. Анфилатов, А. А. Содержание токсичных компонентов дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 120–123.
33. 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.
34. Анфилатов, А. А. Эффективные показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле в зависимости от частоты вращения // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 29–32.
35. 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.
36. 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.
37. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
38. 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.
39. 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.
40. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этанолю-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

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

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

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

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

На рисунке 1 представлено влияние применения МТЭ на показатели сажесодержания, осредненную температуру газов и давление в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала на режиме максимального крутящего момента ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,82 \text{ МПа}$) при $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ [1–20].

При работе на ДТ расчетная максимальная осредненная температура цикла $T_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{Tz \text{ max}} = 6,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ и равна 2220 К. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{pz \text{ max}} = 5,0^\circ$ 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 $C_{\text{NOx вых расч}} = 0,92 \text{ г/м}^3$ [21–32].

При работе на МТЭ расчетная максимальная осредненная температура цикла $T_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{Tz \text{ max}} = 8,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ и равна 2390 К. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{pz \text{ max}} = 7,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ и равно 8,85 МПа. Увеличение максимальных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в ци-

линдре составляет 345 ppт 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 ци-

линдре при работе на МТЭ в момент открытия выпускного клапана составляет 266 ppт или 0,38 г/м³ или 49,3% [33–37].

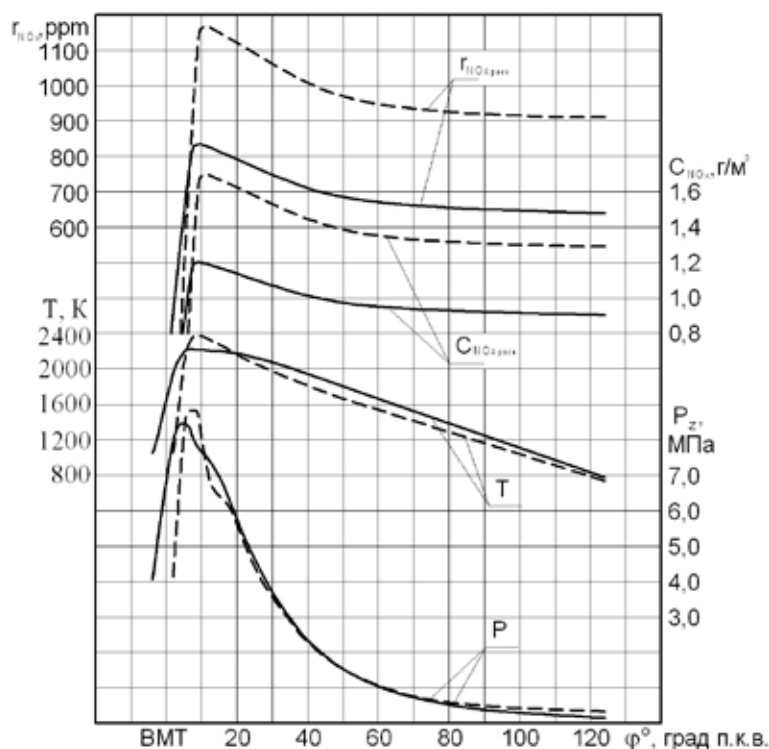


Рис. 1. Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовую концентрацию $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. двигателя при $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ до ВМТ: $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,82 \text{ МПа}$; $3/4$ — ДТ; — — — МТЭ

Максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре составляет 1177 ppт, 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 ppт, при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}} = 1,30 \text{ г/м}^3$ [38–40].

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
6. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.

8. 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.
9. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции отработавших газов на эффективные и экологические показатели дизеля // Приволжский научный вестник. 2015. № 5–1 (45). с. 90–92.
10. Лопатин, О. П. Результаты индицирования рабочего процесса газодизеля на режиме максимального крутящего момента // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5 (18). с. 8–9.
11. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
12. Лопатин, О. П. Влияние рециркуляции отработавших газов на показатели процесса сгорания газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 255–257.
13. Лопатин, О. П. Расчет степени рециркуляции газодизеля при подаче газа во впускной коллектор // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 383–385.
14. Лопатин, О. П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
15. Лопатин, О. П. Динамика тепловыделения газодизеля при работе с рециркуляцией // Молодой ученый. 2015. № 13. с. 141–144.
16. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции на характеристики процесса сгорания тракторного газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 166–168.
17. Лопатин, О. П. Динамика образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом при УОВТ 8 градусов до ВМТ // Молодой ученый. 2015. № 15. с. 117–120.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
23. 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.
24. 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.
25. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 235–238.
26. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.
27. 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.
28. Анфилатов, А. А. Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 87–90.
29. 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.
30. Анфилатов, А. А. Изменения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 15. С. 75–78.
31. Анфилатов, А. А. Эффективные характеристики дизеля при работе на метаноле и $N = 1800$ мин⁻¹ // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 25–28.
32. Анфилатов, А. А. Содержание токсичных компонентов дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 120–123.
33. 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.
34. Анфилатов, А. А. Эффективные показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле в зависимости от частоты вращения // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 29–32.

35. 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.
36. 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.
37. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
38. 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.
39. 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.
40. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на этанолю-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

Влияние применения метанола на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при работе на оптимальных углах опережения впрыскивания топлива на номинальном режиме работы

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В данной статье рассмотрено влияние применения метанола на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала.

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

На рисунке 1 представлено влияние применения МТЭ на объемное содержание $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовую концентрацию $C_{\text{NOx расч}}$ 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 ($n = 2200$ мин⁻¹, $p_e = 0,64$ МПа) при работе на оптимальных установочных УОВТ [1–15].

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 $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 871 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет 1,25 г/м³, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 12,5^\circ$ 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 687 ppm, при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}} = 0,99$ г/м³ [16–26].

При работе на МТЭ расчетная максимальная осредненная температура цикла $T_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{Tz \text{ max}} = 14^\circ$ п.к.в. после ВМТ и равна 2580К. Максимальное давление сгорания достигает $p_{z \text{ max}}$ своего максимального значения при $\varphi_{pz \text{ max}} = 13^\circ$ 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 190 ppm и 0,27 г/м³, или на 21,8%.

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 190 ppm или 0,27 г/м³ или 27,6% [27–40].

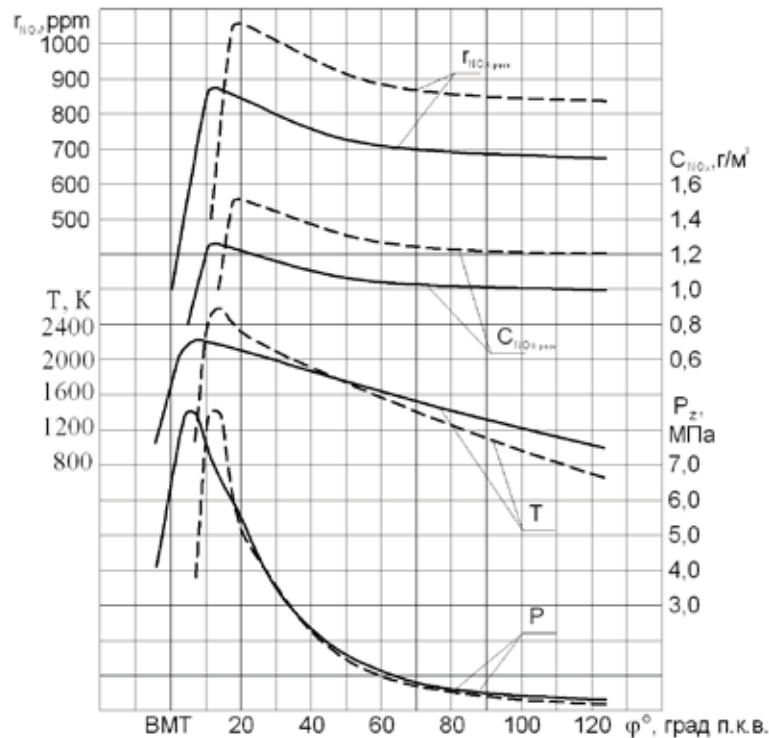


Рис. 1. Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $r_{\text{NOx расч}}$ и массовую концентрацию $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в двигателя при работе на оптимальных установочных УОВТ: $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$; $\frac{3}{4}$ — ДТ; — — — МТЭ

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
6. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
8. 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.
9. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции отработавших газов на эффективные и экологические показатели дизеля // Приволжский научный вестник. 2015. № 5–1 (45). с. 90–92.
10. Лопатин, О. П. Результаты индентификации рабочего процесса газодизеля на режиме максимального крутящего момента // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5 (18). с. 8–9.
11. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
12. Лопатин, О. П. Влияние рециркуляции отработавших газов на показатели процесса сгорания газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 255–257.

13. Лопатин, О.П. Расчет степени рециркуляции газодизеля при подаче газа во впускной коллектор // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 383–385.
14. Лопатин, О.П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
15. Лопатин, О.П. Динамика тепловыделения газодизеля при работе с рециркуляцией // Молодой ученый. 2015. № 13. с. 141–144.
16. Лопатин, О.П. Влияние степени рециркуляции на характеристики процесса сгорания тракторного газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 166–168.
17. Лопатин, О.П. Динамика образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом при УОВТ 8 градусах до ВМТ // Молодой ученый. 2015. № 15. с. 117–120.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Анфилатов, А.А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
23. 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.
24. 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.
25. Анфилатов, А.А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 235–238.
26. Анфилатов, А.А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.
27. 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.
28. Анфилатов, А.А. Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 87–90.
29. 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.
30. Анфилатов, А.А. Изменения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 15. С. 75–78.
31. Анфилатов, А.А. Эффективные характеристики дизеля при работе на метаноле и $N = 1800$ мин⁻¹ // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 25–28.
32. Анфилатов, А.А. Содержание токсичных компонентов дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 120–123.
33. 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.
34. Анфилатов, А.А. Эффективные показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле в зависимости от частоты вращения // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 29–32.
35. 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.
36. Лиханов, В.А., Россохин А.В., Чупраков А.И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этаноле-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16–19.
37. Лиханов, В.А., Россохин А.В., Полевщиков А.С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
38. 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.
39. 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.

40. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этанолю-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

Влияние применения метанола на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при работе на оптимальных углах опережения впрыскивания топлива на режиме максимального крутящего момента

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В данной статье рассмотрено влияние применения метанола на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала.

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

На рисунке 1 представлено влияние применения МТЭ на объемное содержание r_{NOx} расч и массовую концентрацию C_{NOx} 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 ($n = 1700$ мин⁻¹, $p_e = 0,82$ МПа) при работе на оптимальных установочных УОВТ [1–19].

При работе дизеля на ДТ максимальная расчетная осредненная температура цикла $T_{z\ max}$ достигает своего

максимального значения при $\varphi_{Tz\ max} = 5,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ и равна 2240 К. Максимальное давление сгорания $p_{z\ max}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{pz\ max} = 4,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ и равно 8,81 МПа. Максимальное расчетное значение объемного содержания оксидов азота $r_{NOx\ max\ расч}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 942 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{NOx\ max\ расч}$ составляет 1,36 г/м³, при $\varphi_{NOx\ max\ расч} = 8,5^\circ$ п.к.в. после в.м.т. Объемное содержание оксидов

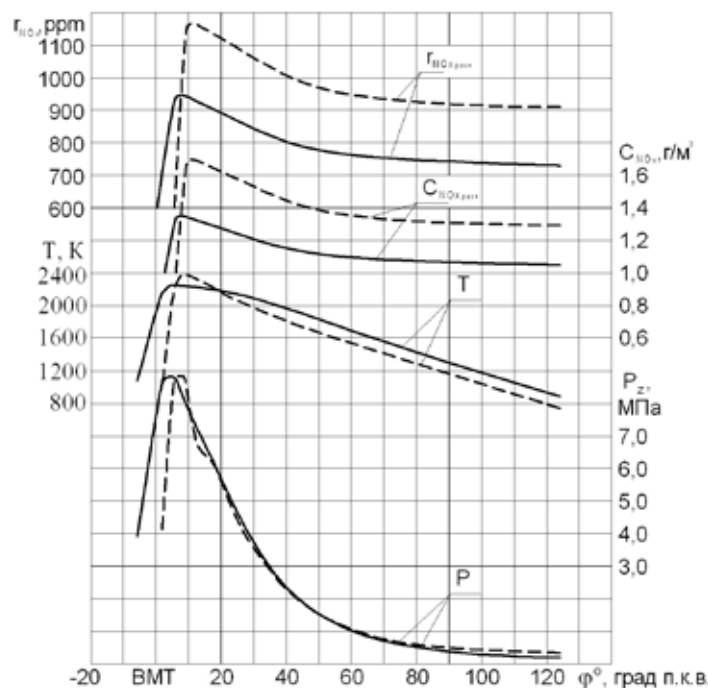


Рис. 1. Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $r_{NOx\ расч}$ и массовую концентрацию $C_{NOx\ расч}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в двигателя при работе на оптимальных установочных УОВТ: $n = 1700$ мин⁻¹, $p_e = 0,82$ МПа; $\frac{3}{4}$ — ДТ; — — — МТЭ

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 $C_{\text{NOx вых расч}} = 1,04 \text{ г/м}^3$ [20–23].

При работе на МТЭ расчетная максимальная осредненная температура цикла $T_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{Tz \text{ max}} = 8,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ и равна 2390 К. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ достигает своего максимального значения при $\varphi_{pz \text{ max}} = 7,5^\circ$ 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 $C_{\text{NOx вых расч}} = 1,30 \text{ г/м}^3$.

Увеличение максимальных значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 235 ppm и 0,34 г/м³, или на 24,9%. 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 181 ppm или 0,26 г/м³ или 24,9% [23–27].

На основании полученных данных можно сделать вывод, что применение МТЭ не позволяет обеспечить снижение объемного содержания $\gamma_{\text{NOx расч}}$ в отработавших газах при работе на всех установочных УОВТ [28–39].

Литература:

1. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4С 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
2. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
3. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
4. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
5. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
6. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
7. Лиханов, В.А., Лопатин О.П., Шишканов Е.А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
8. 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.
9. Лопатин, О.П. Влияние степени рециркуляции отработавших газов на эффективные и экологические показатели дизеля // Приволжский научный вестник. 2015. № 5–1 (45). с. 90–92.
10. Лопатин, О.П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
11. Лопатин, О.П. Влияние рециркуляции отработавших газов на показатели процесса сгорания газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 255–257.
12. Лопатин, О.П. Расчет степени рециркуляции газодизеля при подаче газа во впускной коллектор // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 383–385.
13. Лопатин, О.П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
14. Лопатин, О.П. Динамика тепловыделения газодизеля при работе с рециркуляцией // Молодой ученый. 2015. № 13. с. 141–144.
15. Лопатин, О.П. Влияние степени рециркуляции на характеристики процесса сгорания тракторного газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 166–168.
16. Лопатин, О.П. Динамика образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом при УОВТ 8 градусов до ВМТ // Молодой ученый. 2015. № 15. с. 117–120.
17. 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.
18. 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.

19. 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.
20. 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.
21. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
22. 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.
23. 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.
24. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 235–238.
25. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.
26. 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.
27. Анфилатов, А. А. Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 87–90.
28. 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.
29. Анфилатов, А. А. Изменения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 15. С. 75–78.
30. Анфилатов, А. А. Эффективные характеристики дизеля при работе на метаноле и $N = 1800$ мин⁻¹ // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 25–28.
31. Анфилатов, А. А. Содержание токсичных компонентов дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 120–123.
32. 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.
33. Анфилатов, А. А. Эффективные показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле в зависимости от частоты вращения // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 29–32.
34. 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.
35. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этаноле-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16–19.
36. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
37. 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.
38. 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.
39. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этаноле-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

Влияние применение метанола с двойной системой топливоподдачи на сажесодержание отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В работе приводятся результаты изменения дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 выполненных по результатам экспериментальных данных при работе на метаноле на режиме номинальной частоты вращения.

Ключевые слова: дизель, альтернативное топливо, метанол, сажа, двойная система топливоподачи.

На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и сажесодержания в зависимости от нагрузки на номинальном режиме работы при $n = 1800$ мин⁻¹ [1–10].

Из графиков видно, что при работе дизеля на ДТ при увеличении нагрузки увеличивается максимальное давление сгорания $p_{z\max}$ от 5,8 МПа при $p_e = 0,127$ МПа до 7,2 МПа при $p_e = 0,65$ МПа. Увеличение $p_{z\max}$ составляет 1,4 МПа, или 19,4%. Максимальная осреднённая температура цикла в цилиндре дизеля $T_{z\max}$ возрастает с 1540 К при $p_e = 0,127$ МПа до 2020 К при $p_e = 0,65$ МПа. Проведенные теоретические расчеты показывают, что расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых ДТ}}$ возрастает с 0,095 г/м³ при $p_e = 0,127$ МПа до 0,54 г/м³ при $p_e = 0,65$ МПа. Разница между теоретическим и экспериментальным значениями массовой концентрации сажи составляет от 5% при $p_e = 0,127$ МПа до 10%

при $p_e = 0,65$ МПа. Коэффициент избытка воздуха при работе дизеля на метаноле с ДСТ уменьшается с увеличением нагрузки с $\alpha = 3,6$ при $p_e = 0,127$ МПа до значения $\alpha = 1,5$ при $p_e = 0,65$ МПа. Снижение составляет 58,3%. Содержание сажи определяет дымность ОГ [10–26].

При работе дизеля на метаноле с ДСТ максимальное давление сгорания снижается при $p_e = 0,127$ МПа с 5,8 МПа при работе на ДТ до 5,2 МПа. Снижение составляет 0,6 МПа или 10,3%. При $p_e = 0,65$ МПа $p_{z\max}$ увеличивается с $p_{z\max} = 7,2$ МПа при работе на ДТ, до $p_{z\max} = 7,3$ МПа при работе на метаноле с ДСТ. Увеличение составляет 1,37%. Максимальная осреднённая температура цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ при $p_e = 0,127$ МПа снижается с 1540 К до 1360 К. Снижение равно 180 К или 11,7%. При $p_e = 0,65$ МПа максимальная осреднённая температура цикла при работе на метаноле выше чем при работе на ДТ, 2040 К и 2020 К соответственно [27–34].

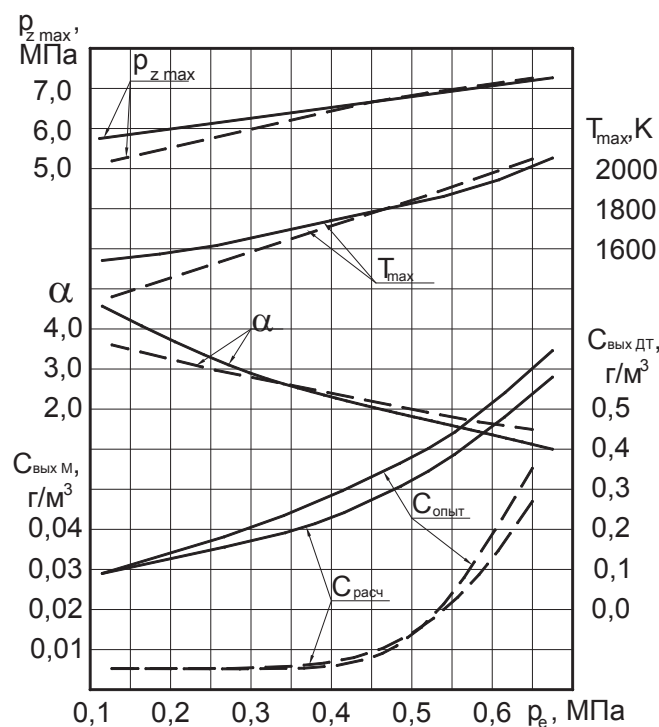


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажесодержания в зависимости от изменения нагрузки при $n = 1800$ мин⁻¹: $\frac{3}{4}$ — дизельный процесс; — — — метанол с запальным ДТ

При $p_e = 0,127$ МПа коэффициент избытка воздуха уменьшается с $\alpha = 4,45$ при работе на ДТ до значения $\alpha = 3,6$ при работе на метаноле с ДСТ. Снижение составляет 0,85 или 19,1%. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,65$ МПа коэффициент избытка воздуха увеличивается с $\alpha = 1,1$ при работе на ДТ до значения $\alpha = 1,5$ при работе на

метаноле с ДСТ. С увеличением нагрузки массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана увеличивается, и снижение становится менее значительным. При $p_e = 0,65$ МПа $C_{\text{вых}}$ снижается с 0,6 г/м³ при работе на ДТ до 0,055 г/м³ при работе на метаноле с ДСТ. Концентрация сажи снижается в 11 раз [34–38].

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
6. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
7. 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.
8. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции отработавших газов на эффективные и экологические показатели дизеля // Приволжский научный вестник. 2015. № 5–1 (45). с. 90–92.
9. Лопатин, О. П. Результаты индизирования рабочего процесса газодизеля на режиме максимального крутящего момента // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5 (18). с. 8–9.
10. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
11. Лопатин, О. П. Влияние рециркуляции отработавших газов на показатели процесса сгорания газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 255–257.
12. Лопатин, О. П. Расчет степени рециркуляции газодизеля при подаче газа во впускной коллектор // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 383–385.
13. Лопатин, О. П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
14. Лопатин, О. П. Динамика тепловыделения газодизеля при работе с рециркуляцией // Молодой ученый. 2015. № 13. с. 141–144.
15. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции на характеристики процесса сгорания тракторного газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 166–168.
16. Лопатин, О. П. Динамика образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом при УОВТ 8 градусов до ВМТ // Молодой ученый. 2015. № 15. с. 117–120.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
22. 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.
23. 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.
24. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 235–238.
25. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.

26. 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.
27. Анфилатов, А. А. Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 87–90.
28. 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.
29. Анфилатов, А. А. Изменения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 15. С. 75–78.
30. Анфилатов, А. А. Эффективные характеристики дизеля при работе на метаноле и $N = 1800 \text{ мин}^{-1}$ // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 25–28.
31. Анфилатов, А. А. Содержание токсичных компонентов дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 120–123.
32. 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.
33. Анфилатов, А. А. Эффективные показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле в зависимости от частоты вращения // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 29–32.
34. 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.
35. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этаноле-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16–19.
36. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
37. 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.
38. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4С 11,0 / 12,5 при работе на этаноле-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

Влияние применения метанола в дизеле 2С 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В работе приводятся результаты влияния применения метанола в дизеле 2С 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания системы топливоподачи.

Ключевые слова: дизель, альтернативное топливо, метанол, сажа, двойная система топливоподачи.

На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ в дизеле 2С 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажесодержания в зависимости от изменения частоты вращения [1–17].

При увеличении частоты вращения происходит увеличение максимального давления сгорания $p_{z \max}$, максимальной осредненной температуры цикла T_{\max} , и массовой концентрации сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых}}$. При низкой частоте вращения увеличивается время, отводимое на окисление частиц сажи, и как следствие, $C_{\text{вых}}$ уменьшается.

Из анализа графиков видно, что максимальное давление сгорания при работе на ДТ уменьшается с 7,15 МПа при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 6,90 МПа при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$.

Максимальная осреднённая температура газов в цилиндре возрастает с 1830 К при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 2020 К при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Рост температуры составляет 190 К, или 9,4%. Опытная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых, ДТ}}$ возрастает с 0,28 г/м³ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,66 г/м³ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение составляет 0,38 г/м³ или в 2,4 раза. Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых, ДТ}}$ возрастает с 0,24 г/м³ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,62 г/м³ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение составляет 0,38 г/м³ или в 2,6 раза [18–29].

При работе на метаноле с ДСТ $p_{z \max}$ уменьшается с 7,6 МПа при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 7,0 МПа при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Снижение составляет 0,6 МПа или 7,9%. T_{\max} увеличи-

вается от 1880 К при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 2050 К при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, т.е. на 9%. Опытная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых М}}$ возрастает с 0,024 г/м³ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,039 г/м³ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение составляет 0,015

г/м³ или 62,5%. Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых М}}$ возрастает с 0,025 г/м³ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,037 г/м³ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение составляет 0,012 г/м³ или 48%.

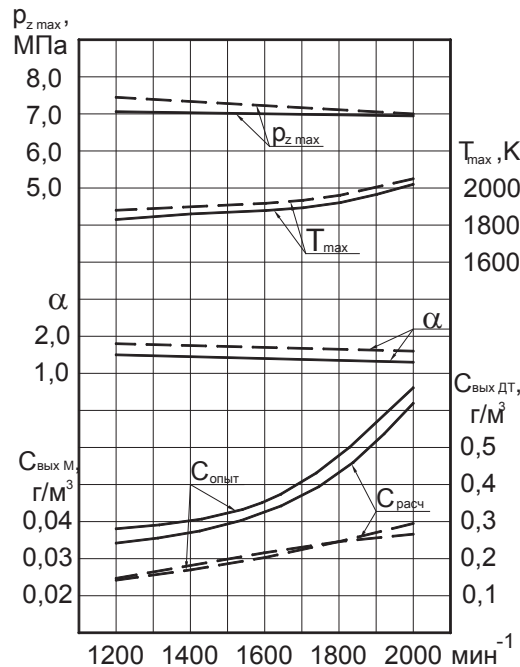


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажесодержания в зависимости от изменения частоты вращения: $\frac{3}{4}$ — дизельный процесс; — — метанол с запальным ДТ

Максимальное давление цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ больше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ максимальное давление цикла увеличивается с $p_{z \text{ max}} = 7,15 \text{ МПа}$ при работе дизеля на ДТ до $p_{z \text{ max}} = 7,6 \text{ МПа}$ при работе дизеля на метаноле с ДСТ (на 6,3%). При увеличении частоты вращения до $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ коэффициент избытка воздуха увеличивается с $\alpha = 1,3$ при работе на ДТ до значения $\alpha = 1,6$ при работе на метаноле с ДСТ. При $n =$

1200 мин^{-1} $C_{\text{вых М}}$ снижается с 0,28 г/м³ при работе на ДТ до 0,024 г/м³ при работе на метаноле с ДСТ. концентрация сажи уменьшается в 11,6 раз. При $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ $C_{\text{вых М}}$ снижается с 0,66 г/м³ при работе на ДТ до 0,039 г/м³ при работе на метаноле с ДСТ, т.е. в 16,9 раз [30–38].

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что применение метанола с ДСТ в дизелях транспортных средств позволяет значительно снизить дымность ОГ, содержание канцерогенного бенз (α) пирена.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.

6. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
8. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции отработавших газов на эффективные и экологические показатели дизеля // Приволжский научный вестник. 2015. № 5–1 (45). с. 90–92.
9. Лопатин, О. П. Результаты индицирования рабочего процесса газодизеля на режиме максимального крутящего момента // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5 (18). с. 8–9.
10. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
11. Лопатин, О. П. Влияние рециркуляции отработавших газов на показатели процесса сгорания газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 255–257.
12. Лопатин, О. П. Расчет степени рециркуляции газодизеля при подаче газа во впускной коллектор // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 383–385.
13. Лопатин, О. П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
14. Лопатин, О. П. Динамика тепловыделения газодизеля при работе с рециркуляцией // Молодой ученый. 2015. № 13. с. 141–144.
15. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции на характеристики процесса сгорания тракторного газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 166–168.
16. Лопатин, О. П. Динамика образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом при УОВТ 8 градусов до ВМТ // Молодой ученый. 2015. № 15. с. 117–120.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
21. 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.
22. 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.
23. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 235–238.
24. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.
25. 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.
26. Анфилатов, А. А. Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 87–90.
27. 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.
28. Анфилатов, А. А. Изменения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 15. С. 75–78.
29. Анфилатов, А. А. Эффективные характеристики дизеля при работе на метаноле и $N = 1800$ мин⁻¹ // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 25–28.
30. Анфилатов, А. А. Содержание токсичных компонентов дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 120–123.
31. 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.
32. Анфилатов, А. А. Эффективные показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле в зависимости от частоты вращения // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 29–32.

33. 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.
34. 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.
35. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
36. 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.
37. 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.
38. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этанолю-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

Влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 7^\circ$ до ВМТ при работе на номинальной частоте вращения

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В данной статье рассмотрено влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 7^\circ$ до ВМТ при работе на номинальной частоте вращения.

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

Графики объемного содержания $\gamma_{\text{NOx расч}}$, массовой концентрации $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения угла п.к.в. при работе дизеля на ДТ и ПГ для частоты вращения $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{впр} = 7^\circ$ до в.м.т. представлены на рис. 1 [1–12].

Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре двигателя при переходе с ДТ на ПГ объемное содержание $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовая концентрация $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в цилиндре рассчитываются нами для максимальных и выходных значений в зависимости от угла п.к.в.

Как видно из графиков, максимальное расчетное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx макс расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 858 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{\text{NOx макс расч}}$ составляет 1,235 г/м³. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx}} = 130,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 660 ppm, при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}} = 0,950 \text{ г/м}^3$ [13–27].

При работе дизеля на ПГ максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx макс расч}}$ в цилиндре составляет 905 ppm, максимальное значение массовой кон-

центрации $C_{\text{NOx макс расч}}$ составляет 1,303 г/м³, при $\varphi_{\text{NOx макс расч}} = 15,5^\circ$ п.к.в. после в.м.т. Объемное содержание оксидов азота в цилиндре $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 130,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 548 ppm, при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}} = 0,789 \text{ г/м}^3$. Увеличение максимальных значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx макс расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx макс расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 47 ppm и 0,067 г/м³, или на 5,5%. Снижение значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 112 ppm или 0,161 г/м³ или 17,0% [28–32].

Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ПГ рассмотрим значения объемного содержания $\gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре для постоянного объема цилиндра, т.е. для одинакового положения коленчатого вала. При переходе на ПГ $\gamma_{\text{NOx теор}} = 900 \text{ ppm}$, $C_{\text{NOx теор}} = 1,296 \text{ г/м}^3$. Увеличение значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ПГ при $\varphi = 14,5^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 5,0% [33–39].

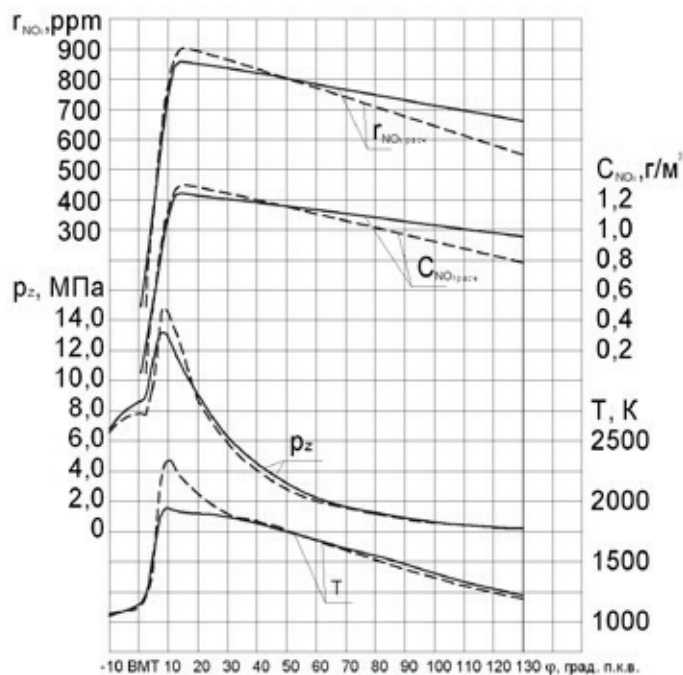


Рис. 1. Влияние применения ПГ на показатели процесса сгорания, объемное содержание g_{NOx} и массовую концентрацию C_{NOx} оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения угла п.к.в двигателя при $\Theta_{впр} = 7^\circ$ до в.м.т.: $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,947 \text{ МПа}$; — — — дизельный процесс, — — — — газодизельный процесс

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
6. 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.
7. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции отработавших газов на эффективные и экологические показатели дизеля // Приволжский научный вестник. 2015. № 5–1 (45). с. 90–92.
8. Лопатин, О. П. Результаты индцирования рабочего процесса газодизеля на режиме максимального крутящего момента // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5 (18). с. 8–9.
9. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
10. Лопатин, О. П. Влияние рециркуляции отработавших газов на показатели процесса сгорания газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 255–257.
11. Лопатин, О. П. Расчет степени рециркуляции газодизеля при подаче газа во впускной коллектор // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 383–385.
12. Лопатин, О. П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.

13. Лопатин, О. П. Динамика тепловыделения газодизеля при работе с рециркуляцией // Молодой ученый. 2015. № 13. с. 141–144.
14. Лопатин, О. П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
15. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции на характеристики процесса сгорания тракторного газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 166–168.
16. Лопатин, О. П. Динамика образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом при УОВТ 8 градусов до ВМТ // Молодой ученый. 2015. № 15. с. 117–120.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
22. 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.
23. 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.
24. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 235–238.
25. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.
26. 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.
27. Анфилатов, А. А. Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 87–90.
28. 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.
29. Анфилатов, А. А. Изменения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 15. С. 75–78.
30. Анфилатов, А. А. Эффективные характеристики дизеля при работе на метаноле и $N = 1800$ мин⁻¹ // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 25–28.
31. Анфилатов, А. А. Содержание токсичных компонентов дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 120–123.
32. 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.
33. Анфилатов, А. А. Эффективные показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле в зависимости от частоты вращения // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 29–32.
34. 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.
35. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этаноле-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16–19.
36. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
37. 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.
38. 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.
39. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этаноле-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

Влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 7^\circ$ до ВМТ при работе на режиме максимального крутящего момента

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В данной статье рассмотрено влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 7^\circ$ до ВМТ при работе на режиме максимального крутящего момента.

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

Графики объемного содержания $\gamma_{NOx\text{ расч}}$, массовой концентрации $C_{NOx\text{ расч}}$ оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения угла п.к.в. при работе дизеля на ДТ и ПГ для частоты вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{впр} = 7^\circ$ до в.м.т. представлены на рис. 1 [1–19].

Как видно из графиков, максимальное значение объемного содержания $\gamma_{NOx\text{ макс расч}}$ оксидов азота в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 878 ppm, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{NOx\text{ макс расч}}$ составляет $1,264 \text{ г/м}^3$, при $\varphi_{NOx\text{ макс расч}} = 8,0^\circ$ п.к.в. после

в.м.т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{NOx\text{ вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{NOx\text{ вых расч}} = 130,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 676 ppm, при массовой концентрации $C_{NOx\text{ вых расч}} = 0,973 \text{ г/м}^3$ [20–28].

При работе дизеля на ПГ максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{NOx\text{ макс расч}}$ в цилиндре составляет 920 ppm, максимальное значение массовой концентрации оксидов азота $C_{NOx\text{ макс расч}}$ составляет $1,320 \text{ г/м}^3$, при $\varphi_{NOx\text{ макс расч}} = 9,5^\circ$ п.к.в. после в.м.т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{NOx\text{ вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{NOx\text{ вых расч}} = 130,0^\circ$ п.к.в.

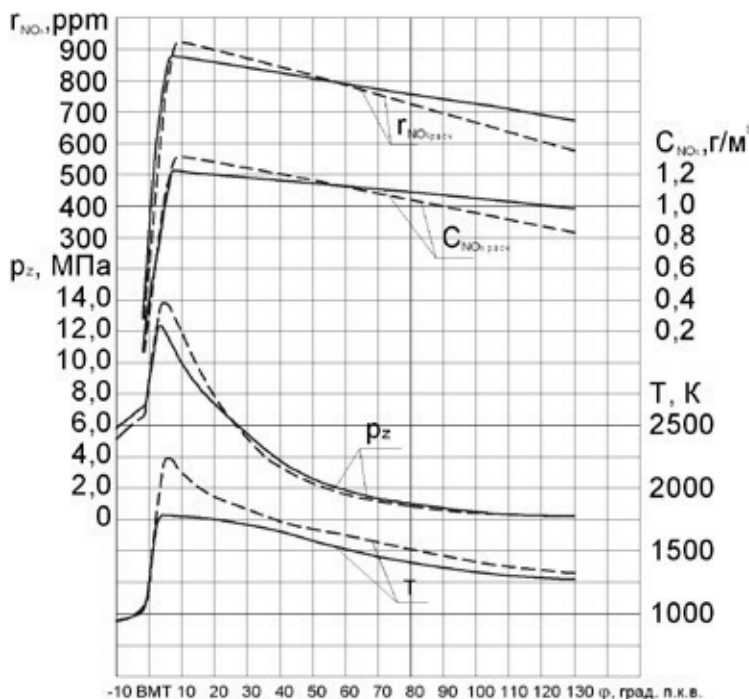


Рис. 1. Влияние применения ПГ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $\gamma_{NOx\text{ расч}}$ и массовую концентрацию $C_{NOx\text{ расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения угла п.к.в. двигателя при $\Theta_{впр} = 7^\circ$ до в.м.т.: $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 1,036 \text{ МПа}$; — — — дизельный процесс, — — — газодизельный процесс

после в.м.т. составляет 580 ppm, при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}} = 0,835 \text{ г/м}^3$. Увеличение максимальных значений объемного содержания $\rho_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 42 ppm и $0,060 \text{ г/м}^3$, или на 4,7%. Снижение максимальных значений объемного содержания $\rho_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 130,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 96 ppm или $0,138 \text{ г/м}^3$, или 14,2%.

Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ПГ рассмо-

трим значения объемного содержания $\rho_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре для постоянного объема цилиндра, т.е. для одинакового положения коленчатого вала [29–32].

При положении коленчатого вала, соответствующего $\varphi_{\text{NOx max теор}} = 8,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. при работе на ДТ $\rho_{\text{NOx max теор}}$ составляет 878 ppm, $C_{\text{NOx max теор}}$ составляет $1,264 \text{ г/м}^3$. При переходе на ПГ $\rho_{\text{NOx теор}} = 851 \text{ ppm}$, $C_{\text{NOx теор}} = 1,225 \text{ г/м}^3$. Снижение значений объемного содержания $\rho_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ПГ при $\varphi = 8,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 3,0%. [33–39].

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
6. 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.
7. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции отработавших газов на эффективные и экологические показатели дизеля // Приволжский научный вестник. 2015. № 5–1 (45). с. 90–92.
8. Лопатин, О. П. Результаты индентирования рабочего процесса газодизеля на режиме максимального крутящего момента // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5 (18). с. 8–9.
9. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
10. Лопатин, О. П. Влияние рециркуляции отработавших газов на показатели процесса сгорания газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 255–257.
11. Лопатин, О. П. Расчет степени рециркуляции газодизеля при подаче газа во впускной коллектор // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 383–385.
12. Лопатин, О. П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
13. Лопатин, О. П. Динамика тепловыделения газодизеля при работе с рециркуляцией // Молодой ученый. 2015. № 13. с. 141–144.
14. Лопатин, О. П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
15. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции на характеристики процесса сгорания тракторного газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 166–168.
16. Лопатин, О. П. Динамика образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом при УОВТ 8 градусов до ВМТ // Молодой ученый. 2015. № 15. с. 117–120.
17. Лиханов, В. А., Анфилов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
18. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилов 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.

19. 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.
20. 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.
21. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
22. 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.
23. 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.
24. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 235–238.
25. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.
26. 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.
27. Анфилатов, А. А. Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 87–90.
28. 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.
29. Анфилатов, А. А. Изменения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 15. С. 75–78.
30. Анфилатов, А. А. Эффективные характеристики дизеля при работе на метаноле и $N = 1800$ мин⁻¹ // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 25–28.
31. Анфилатов, А. А. Содержание токсичных компонентов дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 120–123.
32. 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.
33. Анфилатов, А. А. Эффективные показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле в зависимости от частоты вращения // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 29–32.
34. 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.
35. 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.
36. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
37. 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.
38. 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.
39. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этанолю-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

Влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 9^\circ$ до ВМТ при работе на режиме максимального крутящего момента

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В данной статье рассмотрено влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 9^\circ$ до ВМТ при работе на режиме максимального крутящего момента.

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

Графики объемного содержания $r_{NOx\text{ расч}}$, массовой концентрации $C_{NOx\text{ расч}}$ оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения угла п.к.в. при работе дизеля на ДТ и ПГ для частоты вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{впр} = 9^\circ$ до в.м.т. представлены на рис. 1 [1–19].

Как видно из графиков, максимальное значение объемного содержания оксидов азота $r_{NOx\text{ макс расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 1001 ppm, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{NOx\text{ макс расч}}$ составляет $1,441 \text{ г/м}^3$, при $\varphi_{NOx\text{ макс расч}} = 7,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. При работе дизеля на ПГ максимальное значение

объемного содержания оксидов азота в цилиндре $r_{NOx\text{ макс расч}}$ составляет 1039 ppm, максимальное значение массовой концентрации оксидов азота $C_{NOx\text{ макс расч}}$ составляет $1,496 \text{ г/м}^3$, при $\varphi_{NOx\text{ макс расч}} = 9,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. Снижение максимальных значений объемного содержания $r_{NOx\text{ макс расч}}$ и массовой концентрации $C_{NOx\text{ макс расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 38 ppm и $0,054 \text{ г/м}^3$, или 3,7% [20–26].

Объемное содержание оксидов азота в цилиндре $r_{NOx\text{ вых расч}}$ в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{NOx\text{ вых расч}} = 130,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 770 ppm, при массовой концентрации оксидов азота $C_{NOx\text{ вых расч}} = 1,101$

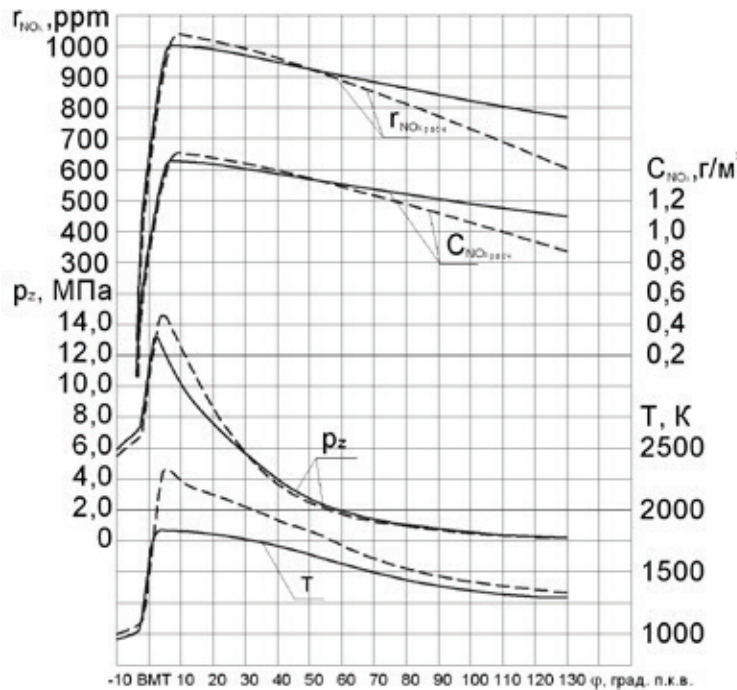


Рис. 1. Влияние применения ПГ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $r_{NOx\text{ расч}}$ и массовую концентрацию $C_{NOx\text{ расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения угла п.к.в. двигателя при $\Theta_{впр} = 9^\circ$ до в.м.т.: $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 1,036 \text{ МПа}$; — — — дизельный процесс, - - - - газодизельный процесс

г/м³. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ПГ в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 130,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 605 ppт, при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}} = 0,871$ г/м³.

Снижение значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 165 ppт и 0,237 г/м³, или 21,4% [27–32].

Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ПГ рассмо-

трим значения объемного содержания $\gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре для постоянного объема цилиндра, т.е. для одинакового положения коленчатого вала. При положении коленчатого вала, соответствующего $\varphi_{\text{NOx max теор}} = 7,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. при работе на ДТ $\gamma_{\text{NOx max теор}} = 1001$ ppт, $C_{\text{NOx max теор}} = 1,441$ г/м³. При переходе на ПГ $\gamma_{\text{NOx теор}} = 980$ ppт, $C_{\text{NOx теор}} = 1,411$ г/м³. Снижение значений объемного содержания $\gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ПГ при $\varphi = 7,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 2,0% [33–39].

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
6. 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.
7. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции отработавших газов на эффективные и экологические показатели дизеля // Приволжский научный вестник. 2015. № 5–1 (45). с. 90–92.
8. Лопатин, О. П. Результаты индентирования рабочего процесса газодизеля на режиме максимального крутящего момента // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5 (18). с. 8–9.
9. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
10. Лопатин, О. П. Влияние рециркуляции отработавших газов на показатели процесса сгорания газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 255–257.
11. Лопатин, О. П. Расчет степени рециркуляции газодизеля при подаче газа во впускной коллектор // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 383–385.
12. Лопатин, О. П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
13. Лопатин, О. П. Динамика тепловыделения газодизеля при работе с рециркуляцией // Молодой ученый. 2015. № 13. с. 141–144.
14. Лопатин, О. П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
15. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции на характеристики процесса сгорания тракторного газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 166–168.
16. Лопатин, О. П. Динамика образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом при УОВТ 8 градусов до ВМТ // Молодой ученый. 2015. № 15. с. 117–120.
17. 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.
18. 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.
19. 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.

20. 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.
21. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
22. 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.
23. 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.
24. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 235–238.
25. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.
26. 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.
27. Анфилатов, А. А. Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 87–90.
28. 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.
29. Анфилатов, А. А. Изменения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 15. С. 75–78.
30. Анфилатов, А. А. Эффективные характеристики дизеля при работе на метаноле и $N = 1800$ мин⁻¹ // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 25–28.
31. Анфилатов, А. А. Содержание токсичных компонентов дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 120–123.
32. 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.
33. Анфилатов, А. А. Эффективные показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле в зависимости от частоты вращения // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 29–32.
34. 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.
35. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этаноле-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16–19.
36. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
37. 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.
38. 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.
39. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на этаноле-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

Влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 9^\circ$ до ВМТ при работе на номинальной частоте вращения

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В данной статье рассмотрено влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала при $\Theta_{впр} = 9^\circ$ до ВМТ при работе на номинальной частоте вращения.

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

Графики объемного содержания γ_{NOx} расч, массовой концентрации C_{NOx} расч оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала при работе дизеля на ДТ и ПГ для частоты вращения $n = 2400$ мин⁻¹ и $\Theta_{впр} = 9^\circ$ до в.м.т. представлены на рис. 1. [1–17].

Как видно из графиков, максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{NOx \text{ макс расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 929 ррм, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{NOx \text{ макс расч}}$ составляет 1,338 г/м³, при $\varphi_{NOx \text{ макс расч}} = 13,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{NOx \text{ вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{NOx \text{ вых расч}} = 130,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 715 ррм, при массовой концентрации $C_{NOx \text{ вых расч}} = 1,029$ г/м³ [18–26].

При работе дизеля на ПГ максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{NOx \text{ макс расч}}$ в цилиндре составляет 978 ррм, максимальное значение массовой концентрации оксидов азота $C_{NOx \text{ макс расч}}$ составляет 1,408 г/м³, при $\varphi_{NOx \text{ макс расч}} = 14,5^\circ$ п.к.в. после в.м.т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{NOx \text{ вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{NOx \text{ вых расч}} = 130,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 577 ррм, при массовой концентрации оксидов азота $C_{NOx \text{ вых расч}} = 0,830$ г/м³. Увеличение максимальных значений объемного содержания $\gamma_{NOx \text{ макс расч}}$ и массовой концентрации $C_{NOx \text{ макс расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 49 ррм, при массовой концентрации 0,070 г/м³, или 5,3%. Снижение значений объемного содержания $\gamma_{NOx \text{ вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{NOx \text{ вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 138 ррм и 0,198 г/м³, или 19,3%.

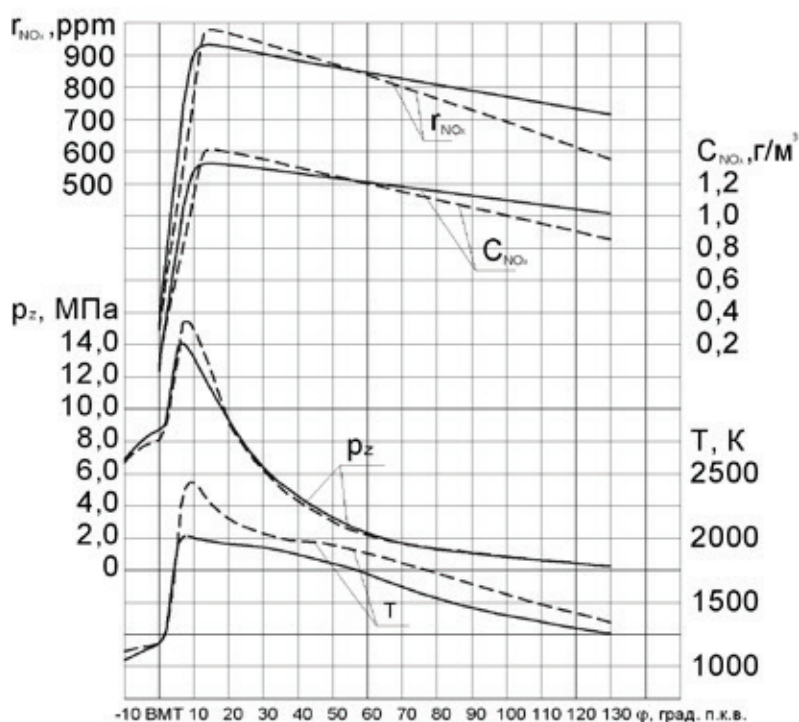


Рис. 1. Влияние применения ПГ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $\gamma_{NOx \text{ расч}}$ и массовую концентрацию $C_{NOx \text{ расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения угла п.к.в двигателя при $\Theta_{впр} = 9^\circ$ до в.м.т.: $n = 2400$ мин⁻¹, $p_e = 0,947$ МПа; — — — дизельный процесс, — — — — газодизельный процесс

Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ПГ рассмотрим значения объемного содержания $\gamma_{NOx \text{ теор}}$ и массовой концентрации $C_{NOx \text{ теор}}$ оксидов азота в цилиндре для постоянного объема цилиндра, т.е. для одинакового положения коленчатого вала. При положении коленчатого вала, соответствующего $\varphi_{NOx \text{ макс теор}} = 13,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. при

работе на ДТ $\gamma_{NOx \text{ макс теор}}$ составляет 929 ррм, $C_{NOx \text{ макс теор}}$ составляет 1,338 г/м³. При переходе на ПГ $\gamma_{NOx \text{ теор}}$ составляет 957 ррм, $C_{NOx \text{ теор}}$ составляет 1,378 г/м³. Увеличение значений объемного содержания $\gamma_{NOx \text{ теор}}$ и массовой концентрации $C_{NOx \text{ теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ПГ при $\varphi = 13,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 3,6% [27–39].

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
6. 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.
7. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции отработавших газов на эффективные и экологические показатели дизеля // Приволжский научный вестник. 2015. № 5–1 (45). с. 90–92.
8. Лопатин, О. П. Результаты индцирования рабочего процесса газодизеля на режиме максимального крутящего момента // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5 (18). с. 8–9.
9. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
10. Лопатин, О. П. Влияние рециркуляции отработавших газов на показатели процесса сгорания газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 255–257.
11. Лопатин, О. П. Расчет степени рециркуляции газодизеля при подаче газа во впускной коллектор // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 383–385.
12. Лопатин, О. П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
13. Лопатин, О. П. Динамика тепловыделения газодизеля при работе с рециркуляцией // Молодой ученый. 2015. № 13. с. 141–144.
14. Лопатин, О. П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 229–232.
15. Лопатин, О. П. Влияние степени рециркуляции на характеристики процесса сгорания тракторного газодизеля // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 166–168.
16. Лопатин, О. П. Динамика образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом при УОВТ 8 градусов до ВМТ // Молодой ученый. 2015. № 15. с. 117–120.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
22. 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.
23. 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.
24. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11. с. 235–238.
25. Анфилатов, А. А. Влияние применения метанола на содержание оксидов азота в дизеле при изменении установочных УОВТ // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 123–125.

26. 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.
27. Анфилатов, А. А. Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 87–90.
28. 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.
29. Анфилатов, А. А. Изменения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 15. С. 75–78.
30. Анфилатов, А. А. Эффективные характеристики дизеля при работе на метаноле и $N = 1800$ мин⁻¹ // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 25–28.
31. Анфилатов, А. А. Содержание токсичных компонентов дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле // Молодой ученый. 2015. № 14. с. 120–123.
32. 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.
33. Анфилатов, А. А. Эффективные показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле в зависимости от частоты вращения // Потенциал современной науки. 2015. № 5 (13). с. 29–32.
34. 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.
35. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Чупраков А. И. Особенности работы автотранспортного дизеля на этаноле-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. с. 16–19.
36. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
37. 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.
38. 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.
39. Лиханов, В. А., Россохин, А. В. Уточненная математическая модель образования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля 4С 11,0 / 12,5 при работе на этаноле-топливной эмульсии // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 106–109.

Опыт и проблемы эксплуатации мостовых кранов

Сниткин Виктор Михайлович, эксперт;
 Фролов Игорь Павлович, эксперт;
 Овсянников Евгений Михайлович, эксперт
 ООО «РЕМЭК» (г. Чебоксары)

Овсянников Виктор Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент
 Курганский государственный университет

В данной статье проведен анализ основных проблем, которые возникают в ходе эксплуатации электро-мостовых кранов. Выделены основные направления повышения эффективности использования рассматриваемых видов подъемно-транспортных механизмов.

Ключевые слова: *грузоподъемные краны, проблемы, эксплуатация, обслуживание, пути.*

Мостовые краны и другие грузоподъемные механизмы являются одним из самых важных видов вспомогательного оборудования любого производства ввиду того, что выход из строя такого механизма может привести к остановке значительной части цеха. Учитывая многолетний опыт в области обследования кранов можно отметить, что в последнее время в эксплуатации грузоподъемных кранов обозначалась ряд насущных проблем:

Кадровый вопрос;
 Технологическое обеспечение эксплуатации и ремонта кранов;

Эксплуатация кранов и крановых путей.

В последние годы подготовка обслуживающего персонала (машинисты кранов, слесари-ремонтники, электромонтеры) производится практически исключительно в специализированных учебных центрах. Теоретическое обучение проводится согласно утвержденных программ, а вот

с практической подготовкой возникают проблемы, опытных кадров, способных обучить молодых специалистов всем тонкостям ремонта и обслуживания кранов явно недостаточно.

Отсюда и возникают проблемы начинающих ремонтников:

вызывает большие затруднения регулировка тормозных механизмов крана: тормоза либо затянuty слишком сильно, либо слишком слабо;

чрезвычайные затруднения вызывает замена грузовых канатов крана;

после замены ходовых катков мостовые краны начинают хуже передвигаться, происходит интенсивный износ подкранового рельса и реборд катков.

выполнить геометрическую выверку металлоконструкций крана такой специалист вовсе не способен.

Следствием этого является то, что на одном пролете у кранов разный фактический пролет крана по ходовым каткам, отсутствие выставки катков крана и грузовой тележки и т.д., что приводит к сбоям в работе крана и ускоренному выходу их из строя.

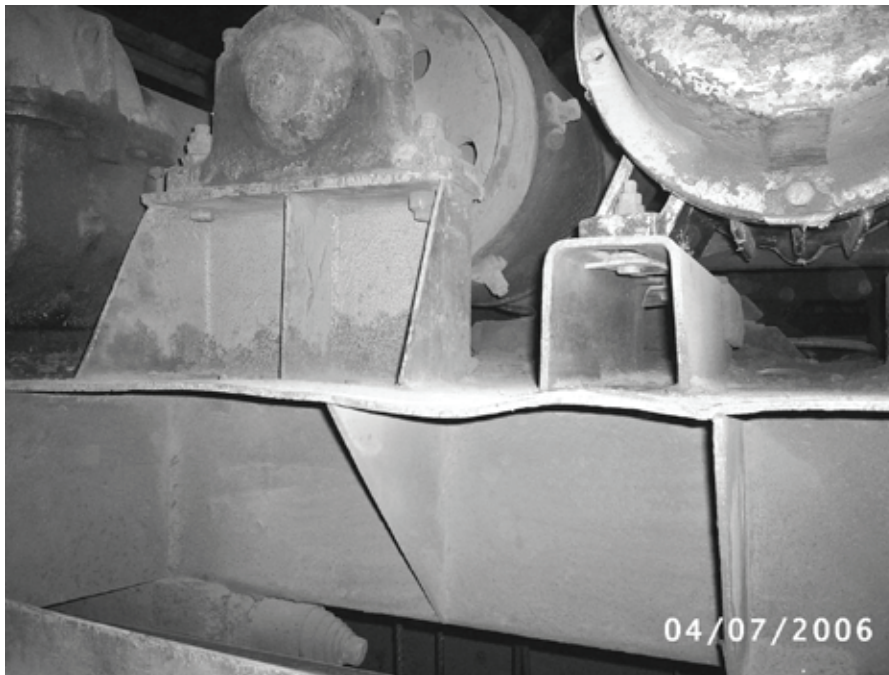


Рис. 1. Деформация настила грузовой тележки



Рис. 2. Деформация ребер жесткости металлоконструкции грузовой тележки со стороны проходной галереи



Рис. 3. Деформация несущих конструкций



Рис. 4. Трещина концевой балки с нетроллейной стороны у ведомого катка

Вновь устанавливаемые мостовые краны оснащаются современным электрооборудованием и новыми системами управления, что требует высококвалифицированного электротехнического персонала. Как правило, наиболее опытный персонал задействован на ремонте и обслуживании основного технологического оборудования, а на обслуживание кранов выделяется по остаточному принципу, отсюда низкое качество ремонтов и монтажа.

Часть проблем можно решить, разрабатывая развернутые технологические процессы:

указывать в техпроцессе требования по маркировке платиков и букс ходовых катков, чтобы решить проблемы, возникающие при монтаже. Также необходимо маркировать дистанционные кольца ходовых катков. Отсутствие пересортицы и правильная установка ходовых катков позволят решить многие проблемы, связанные с эксплуатацией крана.



Рис. 5. На концевых балках (около букс) установлены ребра жесткости без оформления нормативно-технической документации

разрабатывать подробные технологические процессы на сварочные работы, особенно проводимые при рихтовке подтележечного рельса. Без данного требования сварщики проваривают рихтовочные пластины по периметру, что вызывает прогрев верхних поясов главных балок и как следствие деформацию балок.

Одной из самых острых проблем является отсутствие взаимосвязи при эксплуатации крановых путей и кранов. В правилах [1] четко оговорено наличие слесарей по ремонту кранов и их обязанности. Но нет ни слова о возложении на них обязанностей по проведению текущего обслуживания и ремонта крановых путей. В типовой инструкции для слесарей по ремонту кранов [2] также нет требований проведению ремонта крановых путей. В руководящих документах по обследованию подкрановых путей [3,4] указано, что ремонт должен проводить специально обученный и аттестованный персонал специализированной организации.

Капитальный ремонт и замена рельсов производится специализированными организациями, а текущего обслуживания, можно сказать, не проводится вовсе. Объемы текущего обслуживания крановых путей ни где не регламентировано.

Кроме того, сложно обеспечить безаварийную эксплуатацию кранов и крановых путей, т.к. у этих двух составляющих — разные ответственные исполнители, а отсюда возникают затруднения, связанные с синхронизацией данных структурных единиц, задействованных в эксплуатации и ремонте грузоподъемных кранов.

Решение приведенного выше комплекса организационно-технических проблем, а также применение комплексного подхода, с участием всех заинтересованных сторон, к решению вопросов безопасной эксплуатации кранов и крановых путей позволит значительно продлить срок безаварийной службы грузоподъемных кранов, а также избежать значительного числа связанных с этим несчастных случаев.

Литература:

1. ПБ 10–382–00. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, постановление Госгортехнадзора России от 31.12.99 N 98.
2. ТИ Р М 015–2000. Типовая инструкция по охране труда для слесарей по ремонту и обслуживанию грузоподъемных машин. — М.: Минтруд РФ, 2000. — 16 с.
3. РД 10–138–97. Комплексное обследование крановых путей грузоподъемных машин, постановление Госгортехнадзора России от 28.03.97 N 14.
4. РД 34.21.621–95. Методические указания по рихтовке подкрановых путей, постановление Госгортехнадзора России от 01.01.96 N 98.
5. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 г. № 116-ФЗ.
6. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности ПБ 03–246–98.

7. Положение по проведению экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения (РД 10–528–03).
8. Инструкция по надзору за изготовлением, ремонтом и монтажом подъемных сооружений (РД 10–08–92) с Изменениями № 1, утвержденными Госгортехнадзором России 09.01.98 г.
9. Положение о порядке утверждения заключений экспертизы промышленной безопасности (РД 03–298–99).

Совершенствование прочностных расчетов несущих конструкций мостовых кранов

Сниткин Виктор Михайлович, эксперт;
 Фролов Игорь Павлович, эксперт;
 Овсянников Евгений Михайлович, эксперт
 ООО «РЕМЭКС» (г. Чебоксары)

Овсянников Виктор Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент
 Курганский государственный университет

В данной статье изложены результаты совершенствования методики оценки остаточного ресурса несущих конструкций мостовых кранов. В расчетную модель введен учет влияния динамических параметров процесса нагружения, а также изменение действительных геометрических характеристик пролета крана.

Ключевые слова: *грузоподъемные краны, ресурс работы, деформации, нагружение, методика.*

Согласно данным Ростехнадзора РФ более половины мостовых кранов из общей доли находящихся в эксплуатации на сегодняшний день выработали свой нормативный срок службы, который регламентирован документами [1]. Очевидно, что замена всех подъемно-транспортных устройств в один момент невозможна, следовательно, достаточно остро стоит вопрос об оценке действительной величины остаточного ресурса несущих конструкций мостовых кранов с тем, чтобы эффективно спланировать мероприятия по техническому перевооружению предприятий.

Наиболее часто в практике экспертизы подъемно-транспортных устройств для оценки остаточного ресурса несущих конструкций используется методика, разработанная ВНИИПТМАШ [2]. Данная методика базируется на оценке напряженно-деформированного состояния металлических конструкций кранов. Алгоритм оценки остаточного ресурса имеет следующий вид:

Производится предварительная оценка состояния металлических конструкций крана:

Выполняется толщинометрия;

Производится проверка сварных швов;

Осуществляется геометрическая съемка главных балок.

Определяются параметры режима работы крана (интенсивность и характер выполняемых работ);

Выполняются прочностные расчеты несущих конструкций [2];

Осуществляется расчет устойчивости стенок балки коробчатого сечения для кранов групп А6-А8 [1]. При расчетах на усталость, учет прогиба главной балки производится посредством корректирующих коэффициентов [1].

В качестве одного из критериев оценки величины остаточного ресурса по методике [2] используется зна-

чение стрелы прогиба главной балки: при достижении определенной величины прогиба, которая установлена нормативным документом [2], рассматривается вопрос о дальнейшей эксплуатации подъемно-транспортного устройства.

После анализа методики [2], были выявлены следующие недостатки:

не учитывается динамический характер нагружения несущих конструкций в процессе эксплуатации, хотя очевидно, что процессы подъема и опускания грузов являются динамическими;

величина сопротивления элементов ездовой балки в процессе эксплуатации мостовых кранов снижается ввиду утонения ее стенок;

на адекватность оценки параметров деформации оказывает влияние величина строительного прогиба.

Таким образом, в начальный момент эксплуатации поперечное сечение ездовой балки имеет высоту H и некоторую ширину B . При эксплуатации мостового крана, учитывая воздействие механического износа, коррозию и другие факторы, наблюдается постепенное снижение данных параметров, что в свою очередь приводит к уменьшению прочности несущих конструкций. В разработанной методике степень влияния данного фактора предлагается учитывать посредством коэффициентов утонения стенок:

$$\beta = \frac{B1}{B}, \alpha = \frac{H1}{H},$$

где B, H — первоначальные значения размеров поперечного сечения, $B1, H1$ — текущие значения размеров.

Тогда, с учетом влияния постепенного утонения стенок ездовой балки зависимости для определения моментов инерции и сопротивления примут вид:

$$I = \frac{BH^3}{12} (1 - \beta\alpha^3)$$

$$W = \frac{BH^2}{6} (1 - \beta\alpha^3)$$

Возникновение динамических нагрузок объясняется тем, что в ходе работы мостового крана возникают условия, когда скорость движения крана и/или груза меняется по модулю или направлению. Причем, максимальные нагрузки возникают, когда наблюдается неустановившееся движение механизмов, иными словами при торможении и пуске. В таких режимах возникают силы инерции, которые приложены к грузу в вертикальном направлении. Чаще всего учет данных факторов производится в виде динамических добавок к статическим усилиям. Максимальные динамические нагрузки возникают в момент отрыва груза от основания и при остановке его при опускании. Причем во втором случае в кранах с контакторной системой управления разброс нагрузок получается значительно больше из-за неточностей регулировки тормозов, задержки их срабатывания, переменности коэффициентов трения между шкивом и обкладкой и т.д.

В зависимости от типа конструкции и места приложения нагрузки от веса груза при работе механизма подъема могут возникать как вертикальные, так и горизонтальные колебания конструкции. Влияние динамического характера нагрузок предлагается оценивать соответствующим коэффициентом [3]:

$$\psi_2 = \frac{F_{max}}{G},$$

где F_{max} — максимальная сила с учетом динамики нагружения;

G — вес груза.

Под воздействием статических весовых нагрузок несущие конструкции мостовых кранов деформируются, что может нарушить нормальную эксплуатацию устройства. Например, несущие конструкции крана под воздействием весов тележки и пролетного строения вместо исходной конфигурации 1 принимают форму 2 (рис. 1). В результате чего реборды колес упираются в головку рельса, и наблюдается их интенсивный износ, механизм передвижения тележки при движении в сторону ноги будет работать с перегрузкой, а при движении в обратную сторону растет тормозной путь.

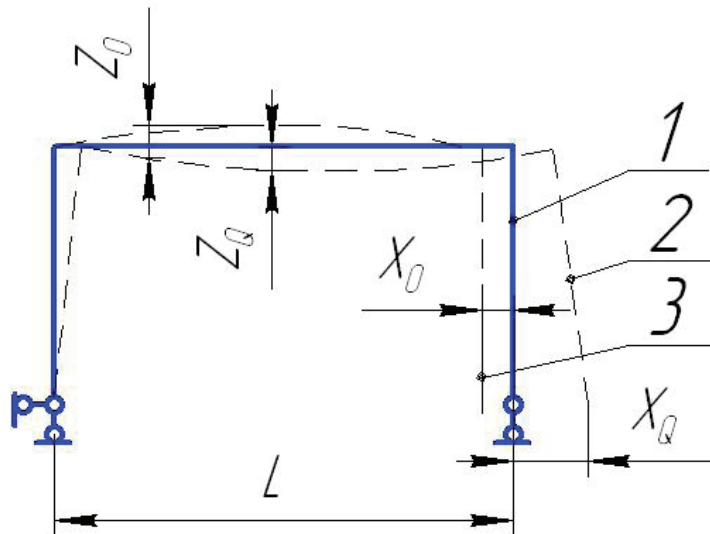


Рис. 1. Схема строительного подъема кранов

Для компенсации упругих и остаточных перемещений, которые возникают от статических весовых нагрузок, несущие конструкции изготавливают с некоторыми специально определенными отклонениями от номинальной конфигурации. В примере на рис. 1 конструкцию изготавливают по схеме 3 (с обратным выгибом). Эти отклонения, как вертикальные для ездовых балок, так и горизонтальные для опор, называют строительным подъемом.

Величина строительного подъема для кранов мостового типа в основном определяется условиями движения тележки и требованием по компенсации остаточного про-

гиба, который, например, в мостовых кранах развивается со скоростью $\frac{\Delta z}{L} = -0.0005 \dots - 0.0008$ за 10 лет [3].

Согласно рекомендациям [1], строительный подъем в пролете кранов мостового типа следует выполнять при $L > 17$ м. Стрела выгиба строительного подъема должна

$$\text{составлять } z_0 = \frac{1}{1000} \dots \frac{1}{800}.$$

С учетом вышеизложенных изменений, была разработана методика определения остаточного ресурса, реали-

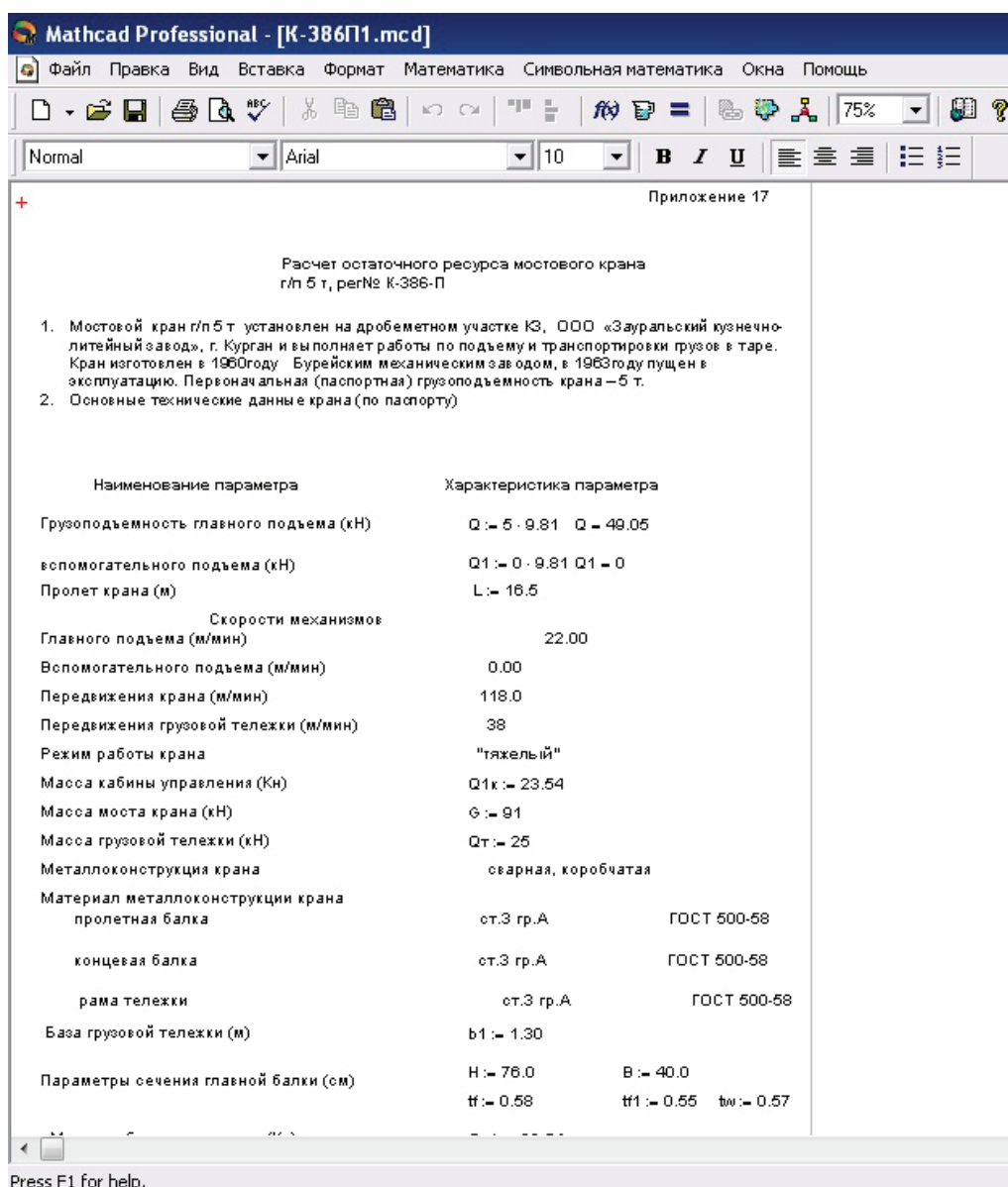


Рис. 2. Интерфейс программы расчета остаточного ресурса мостового крана

зованная в виде программного комплекса [4–7]. Пример интерфейса программы «Определение остаточного ресурса мостового крана» приведен на рис. 2:

За пятилетний период, специалистами ООО «РЕМЭКС» при помощи разработанного программного обеспечения был определен остаточный ресурс более чем у 50 мостовых кранов, работающих в различных цехах машиностроительного производства (литейных, кузнечных, механосборочных, термических и т.д.) Ре-

зультаты расчетов были одобрены специалистами Ростехнадзора Р.Ф. На основании результатов расчетов остаточного ресурса были выданы рекомендации, касающиеся вопросов дальнейшей эксплуатации данного грузоподъемного оборудования. Для части подъемно-транспортных устройств были выданы рекомендации по изменению режима эксплуатации, либо по прекращению дальнейшего использования и последующему списанию.

Литература:

1. РД 10–112–5–97. Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы. — Введен 01.01.98. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2000. — 5 с.
2. СТО 24.09–5821–01–93. Краны грузоподъемные промышленного назначения. Нормы и методы расчета стальных конструкций. — Введен 12.11.97. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2004. — 90 с.
3. Соколов, С. А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин: Учебное пособие. — Спб.: Политехника, 2005. — 423 с.

4. «Определение остаточного ресурса мостовых кранов с балкой коробчатого сечения»: свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 15270 / Е. М. Овсянников, В. Е. Овсянников. — № 50200800783; заявл. 11.04.2008; опубл. 11.04.2008; Инновации в науке и образовании № 4 (39). 10 с.
5. «Определение остаточного ресурса мостовых кранов с балкой решетчатого сечения»: свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 15271 / Е. М. Овсянников, В. Е. Овсянников. — № 50200800784; заявл. 11.04.2008; опубл. 11.04.2008; Инновации в науке и образовании № 4 (39). 10 с.
6. «Расчет геодезии конструкций мостовых кранов»: свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 15272 / Е. М. Овсянников, В. Е. Овсянников. — № 50200800785; заявл. 11.04.2008; опубл. 11.04.2008; Инновации в науке и образовании № 4 (39). 10 с.
7. «Прогнозирование повреждаемости и долговечности верхней зоны стенки сварных балок путей интенсивной нагруженности»: свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 15273 / Е. М. Овсянников, В. Е. Овсянников. — № 50200800784; заявл. 11.04.2008; опубл. 11.04.2008; Инновации в науке и образовании № 4 (39). 10 с.

К вопросу оценки отклонения главных балок мостовых кранов от прямолинейности

Сниткин Виктор Михайлович, эксперт;
Фролов Игорь Павлович, эксперт;
Овсянников Евгений Михайлович, эксперт
ООО «РЕМЭКС» (г. Чебоксары)

Овсянников Виктор Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент
Курганский государственный университет

В данной статье рассмотрены вопросы оценки отклонения главных балок мостовых кранов от прямолинейности при обследовании их технического состояния. Показано, что геометрическое состояние главных балок подъемно-транспортных устройств оказывает существенное влияние на их работоспособность. Выявлены недостатки традиционной методики оценки рассматриваемых параметров, которые заключаются в несовпадении положений плоскости измерения высотных отметок и действительной базовой плоскости. Показаны пути преодоления указанных выше недостатков.

Ключевые слова: мостовые краны, оценка, отклонения, прямолинейность, высотные отметки.

Среди всех опасных и вредных производственных факторов достаточно весомым являются движущиеся грузы [1]. Грузоподъемные краны на рельсовом ходу являются одним из наиболее распространенных средств механизации погрузочно-разгрузочных операций на промышленных предприятиях, в морских и речных портах, на строительных площадках, железнодорожном транспорте и др.

На крупных предприятиях общая длина подкрановых путей составляет более сотни километров. Поэтому безопасная работа любого производственного объекта в числе прочего определяется состоянием подкрановых путей и балок. Подкрановые конструкции подвергаются значительным нагрузкам, особенно при применении кранов тяжелого и весьма тяжелого режимов работы, что приводит к их повреждению.

Под воздействием динамических и статических усилий, периодической сезонной осадки фундаментов производственных помещений, деформаций подкрановых конструкций и других факторов нарушается прямолинейность подкрановых путей, изменяются отметки головок

рельсов и расстояние между ними, вследствие чего происходит и деформация металлических конструкций крана. Появление дефектов в данных конструкциях наблюдается уже через 5–6 лет эксплуатации здания, а в целом срок службы не превышает 15 лет [2].

Схема нагрузок на подкрановые балки приведена на рис. 1.

Согласно [3] под дефектом понимают отклонение качества, формы или фактических размеров элементов и конструкций от требований нормативных документов, возникающее при эксплуатации, обслуживании или ремонте. Применительно к главным балкам можно выделить следующие основные виды дефектов:

- трещины в элементах конструкции;
- отклонения от проектного положения конструкций и их элементов;
- непрямолинейность элементов;
- коррозия элементов конструкций;
- дефекты и повреждения тупиков;
- заводские дефекты;

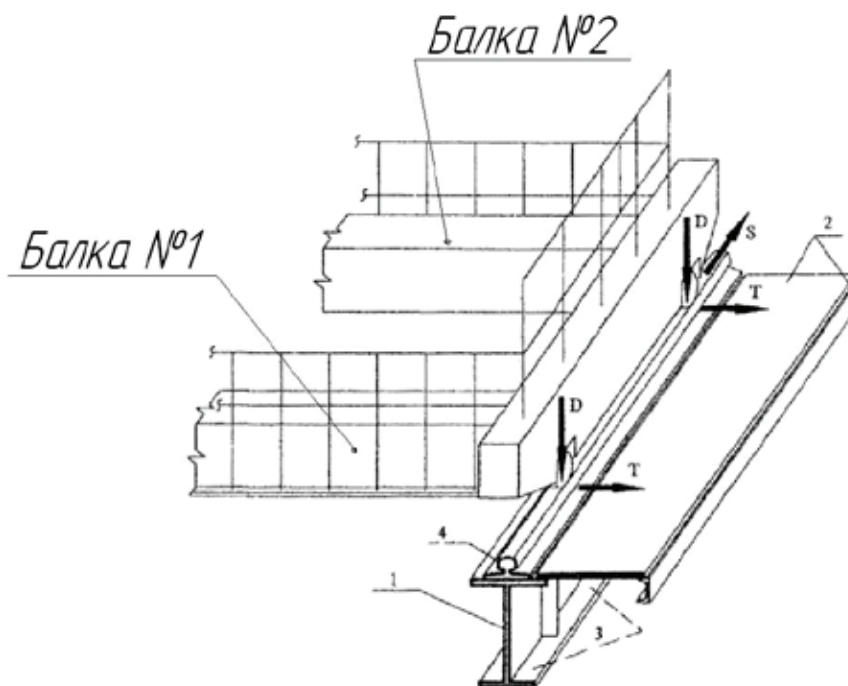


Рис. 1. Схемы нагрузок и состав подкрановых конструкций: 1 — подкрановая балка; 2 — тормозная конструкция; 3 — связи; 4 — рельс с креплениями

неточная установка и монтаж элементов конструкций и т.д.

В источнике [4] приведены наиболее распространенные дефекты и повреждения конструкций и элементов подкрановых путей, оказывающие максимальное влияние на работоспособность крана (рис. 2).

Анализируя статистику повреждений подкрановых конструкций, можно видеть, что наиболее частым дефектом является отклонение от прямолинейности. Причинами возникновения подобного рода отклонений могут быть износ рельсов, ослабление крепежных узлов, неравномерная осадка колонн, неправильная траектория дви-

жения мостового крана и целый ряд других. Таким образом, для эффективной эксплуатации грузоподъемных механизмов необходимо организовать диагностику элементов и конструкций в первую очередь на предмет выявления указанных выше дефектов.

Для оценивания отклонений элементов и конструкций от прямолинейности выполняется оценка их фактического расположения при помощи измерения высотных отметок геодезической съемкой. При использовании традиционной методики геодезического исследования отклонений подкрановых конструкций от прямолинейности может возникнуть неправильная интерпретация результатов измерений.

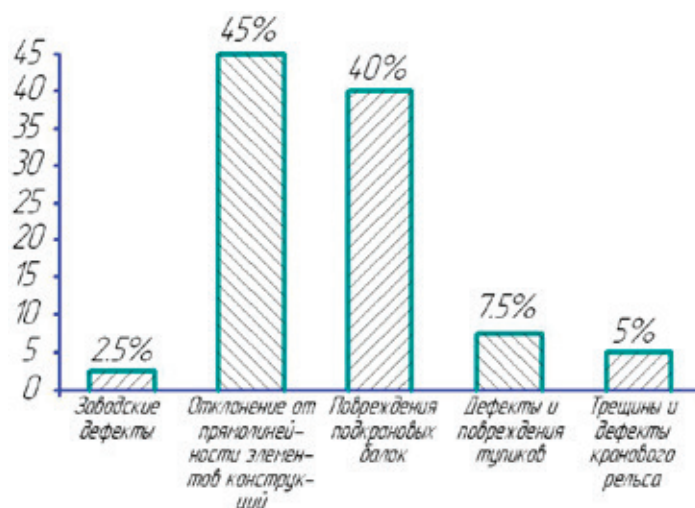


Рис. 2. Статистика повреждений подкрановых конструкций

Это объясняется тем, что базовая плоскость, относительно которой производится отсчитывание высотных отметок не совпадает с рабочей плоскостью измерения.

Целью данной работы является разработка и внедрение методики оценки состояния конструкций и элементов главных балок мостовых кранов по параметрам отклонения от прямолинейности.

Была разработана методика оценки отклонения элементов и конструкций главных балок от прямолинейности, которая заключается в следующем:

— измерение высотных отметок, характеризующих положение подкранового пути в 7 точках по схеме, приведенной на рис. 3. Как видно из рис. 3 точки отсчета высотных отметок располагаются на равном расстоянии друг от друга;

— проведение базовой плоскости, относительно которой должна производиться оценка действительного положения подкранового пути;

— вычисление действительных значений высотных отметок относительно нового положения базовой плоскости.

Измерение высотных отметок производится в трех взаимноперпендикулярных плоскостях X, Y, Z, уравнения базовых плоскостей выглядят следующим образом:

$$f(X_i, Y_i) = -X_i \sin\left(\arctg\left(\frac{H}{L}\right)\right) + Y_i \cos\left(\arctg\left(\frac{H}{L}\right)\right)$$

$$S(X_i, Z_i) = -X_i \sin\left(\arctg\left(\frac{h}{L}\right)\right) + Z_i \cos\left(\arctg\left(\frac{h}{L}\right)\right),$$

где H, h — перепад высот балок,
 L — пролет крана.

Тогда уравнения для определения действительных значений высотных отметок имеют вид:

$$f1(X_i, Y_i) = A - f(X_i, Y_i)$$

$$S1(X_i, Z_i) = B - S(X_i, Z_i),$$

где A, B — поправочные коэффициенты, которые учитывают положение плоскости измерения.

В результате проведенных исследований, в программном пакете MathCad была разработана и зарегистрирована на отраслевом и государственной уровне программа «Расчет геодезии металлических конструкций мостовых кранов» [6], позволяющая производить обработку результатов измерения высотных

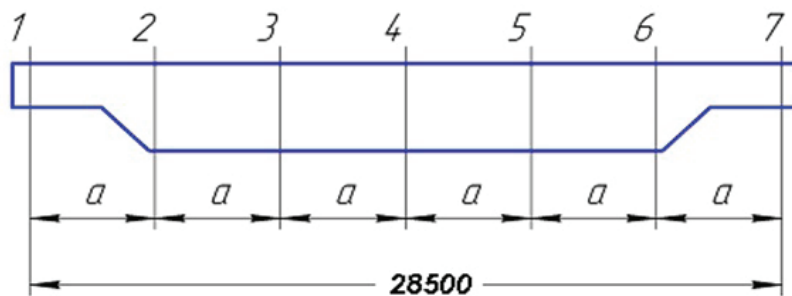


Рис. 3. Схема геодезической съемки

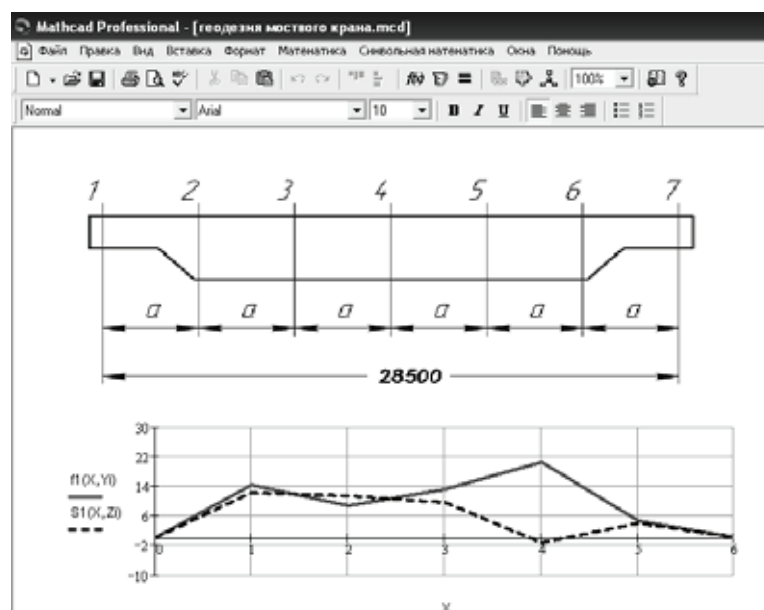


Рис. 4. Параметры отклонения от прямолинейности конструкций главных балок

отметок, характеризующих положение подкрановых конструкций.

Пример результата расчета параметров отклонения от прямолинейности, произведенный при помощи программы [6] приведен на рис. 4:

Кривая S1 на рис. 4 показывает положение рабочей плоскости, в которой производится отсчитывание вы-

сотных отметок при геодезической съемке, а кривая f1 — действительное положение базовой плоскости.

Результаты расчета показывают, что действительное максимальное отклонение от прямолинейности элементов и конструкций подкрановой балки в плоскости рельса составляет 10 мм, по приведенной схеме (рис. 4) кривая f1 необходимо произвести рихтовку подкранового рельса.

Литература:

1. ГОСТ 12.0.003–74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. — Введен 18.11.74. М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1975. — 8 с.
2. С.В. Кожемяка, А.В. Крупенченко, И.И. Величко. Выбор технологии усиления стальных подкрановых балок // Вестник Донецкой академии строительства и архитектуры. — Донецк, изд-во ДАСиА, 2010, № 3, с 47–53.
3. ПБ 10–382–00. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. — Введен 01.01.2001. М.: Госстандарт: Изд-во стандартов, 2001. — 8 с.
4. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений. — М.: Стройиздат, 1987. — 85 с.
5. РД 50:48:0075.03.05. Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации надземных крановых путей. — Введен 06.05.2005. М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 2005. — 80 с.
6. Овсянников, Е.М., Овсянников В.Е. Расчет геодезии металлических конструкций мостовых кранов. — М.: ВНИИЦ, 2010. — № 50200800796.

Влияние регулирующих заслонок на расход топлива при сжигании в пылеугольных котлах

Степанова Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент;
 Ермоленко Михаил Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;
 Золотов Александр Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;
 Жумажан Серикбол Калыбекулы, студент;
 Должиков Сергей Александрович, студент
 Государственный университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

В статье рассматривается влияние установки регулирующих заслонок на подачу первичного воздуха и его расход.

Ключевые слова: котельный агрегат, регулирующие заслонки, шлакование, уголь, расход топлива, коэффициент избытка воздуха.

Угольная промышленность в Казахстане относится к числу крупных и ведущих отраслей народного хозяйства. Республика является лидером по добыче угля на душу населения [1]. Имеющиеся запасы угля дают возможность удовлетворить потребности внутреннего рынка. Тепловые электростанции и районные котельные являются крупнейшими потребителями энергетических углей [2]. Одним из богатейших месторождений каменного угля является месторождение каменного угля Каражыра (Семейский регион, Восточно-Казахстанская область) [3]. Именно на этом топливе работают энергетические предприятия города Семей и именно поэтому актуально изучать эффективность работы котельного оборудования при использовании данного угля.

Цель исследования — влияние установки регулирующих заслонок на расход топлива.

Задачи:

определение расхода первичного воздуха по горелкам;
 определение скорости первичного воздуха по горелкам;
 определение часового расхода топлива.

Объект исследования. Процесс горения угля разреза Каражыра марки Д в котле КВ-Т-116,3–150.

Предмет исследования. Влияние установки регулирующих заслонок на расход топлива.

Испытания проводились для котла КВ-Т-116,3–150. В таблице 1 представлены технические характеристики котла.

Параметры котельного агрегата, необходимые для расчета, регистрировали стационарными приборами.

Таблица 1. Технические характеристики котла КВ-Т-116,3–150

Показатели	Единица измерения	Значение
Номинальная теплопроизводительность	МВт/Гкал/ч	116,3/100
Температура воды на входе в котел	°С	70
Номинальная температура воды на выходе из котла	°С	150
Максимальное избыточное давление воды на выходе из котла	МПа/кгс/см ²	2,45/25
Минимальное избыточное давление воды на выходе из котла	МПа/кгс/см ²	1,03/10,5
Номинальный расход воды через котёл	т/ч	1240
Гидравлическое сопротивление котла не более	МПа/кгс/см ²	0,2/2,0

Анализы и расчеты проводили по общепринятым методикам [4, 5, 6].

Испытания котла проходили по двум направлениям: первое, испытание без регулирующих заслонок расхода первичного воздуха;

второе, испытание с установленными заслонками для регулирования расхода первичного воздуха.

Результаты исследования. Результаты по замеру расхода и скорости воздуха по пылепроводам представлены на рисунках 1, 2.

Данные по расходу и скорости первичного воздуха (рисунки 1, 2) показывают, что без регулирующих заслонок имеется большая разница в расходах и скорости первичного воздуха по пылесистемам. В результате происходит сепарация угольной пыли на выходе из горелок, где наименьший расход воздуха, что приводит к образованию зон шлакования, т.е. причина в неравномерном распределении потоков пылегазовой среды по пылепроводам, которое вызвано большой разницей длины пылепроводов от мельниц до горелок.

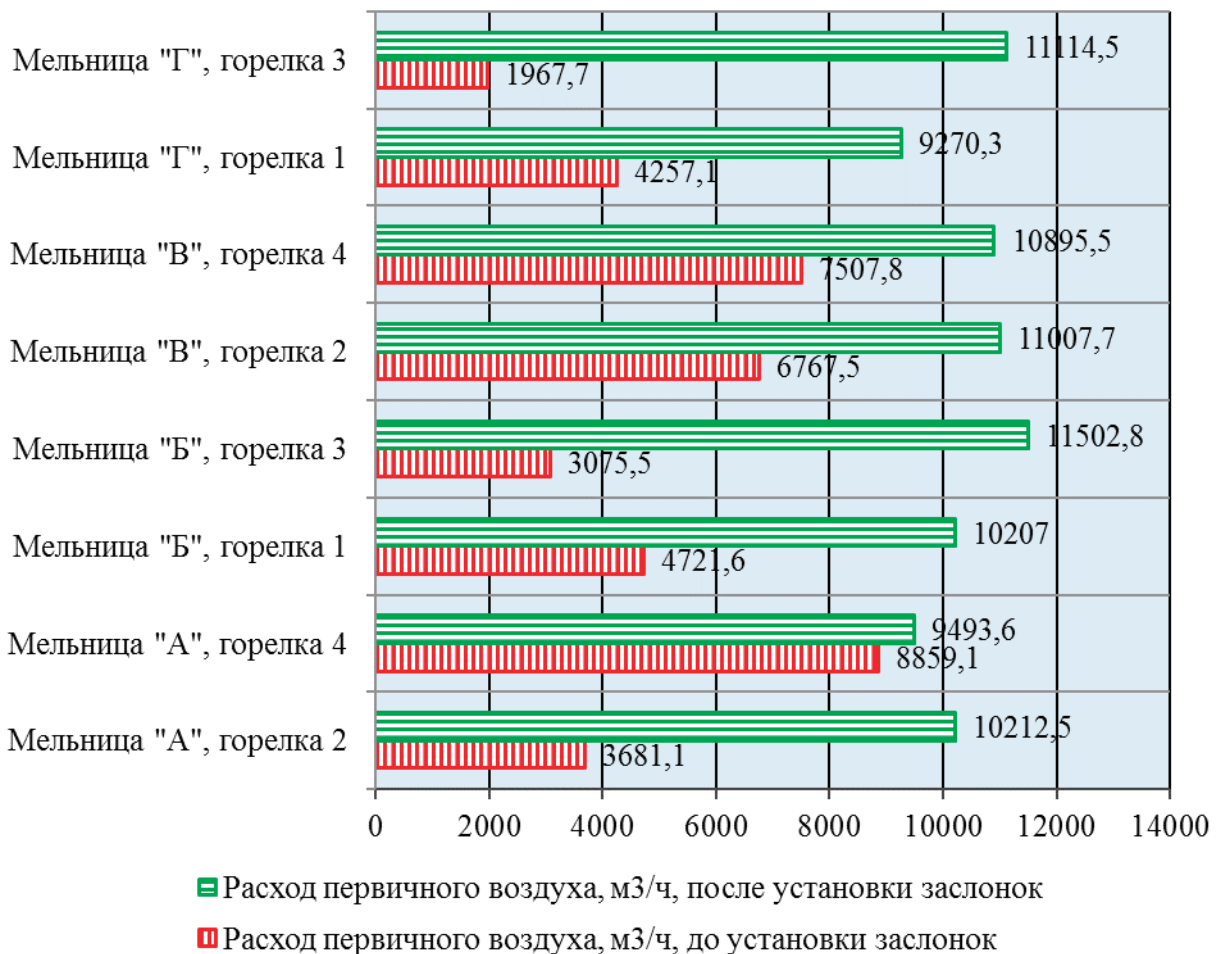


Рис. 1. Расход первичного воздуха по горелкам

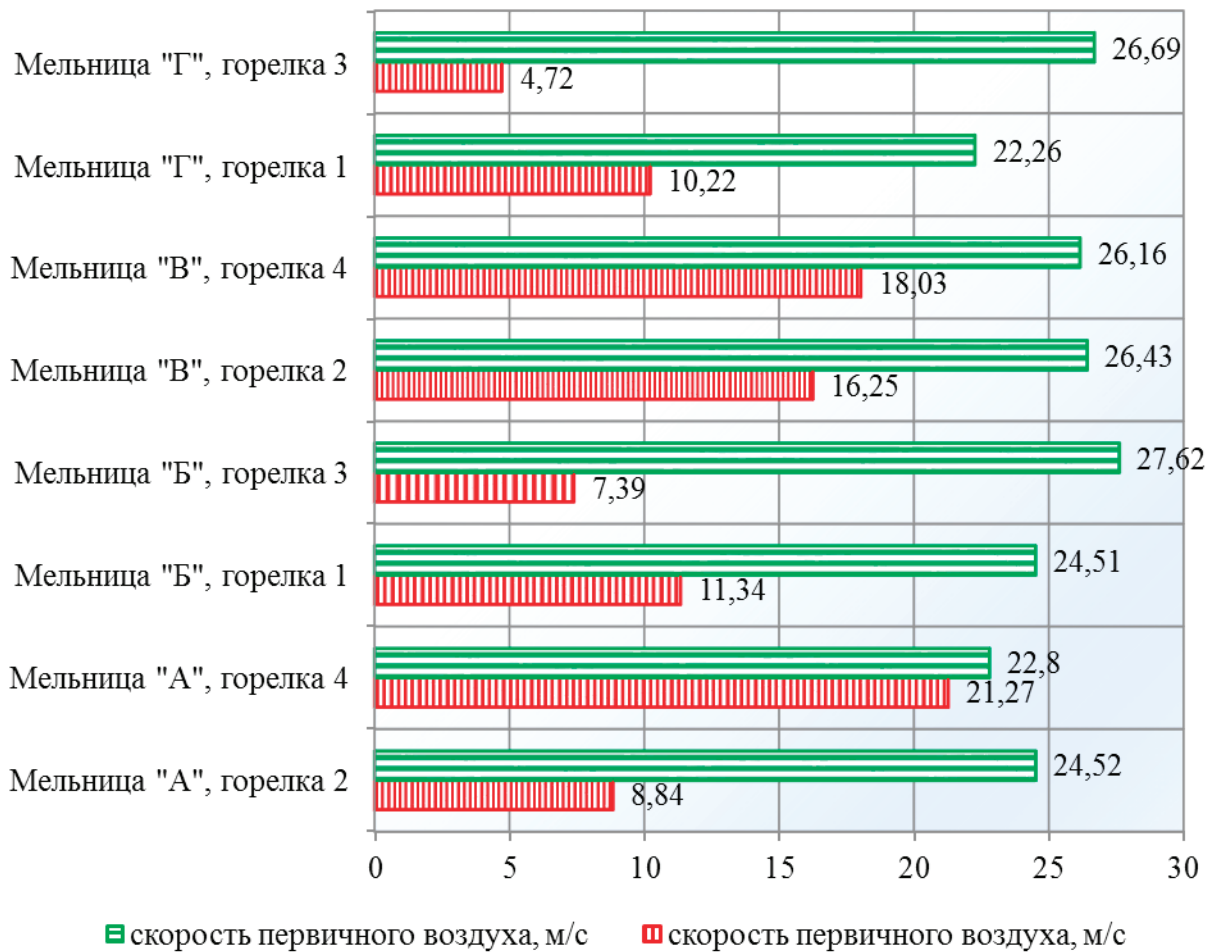


Рис. 2. Скорость первичного воздуха по горелкам

Установка регулирующих заслонок приводит к более равномерному распределению воздуха, что в свою очередь приводит к уменьшению шлакования.

На рисунке 3 показаны результаты по определению коэффициента избытка воздуха на выходе из топки в зависимости от теплопроизводительности. Так как после

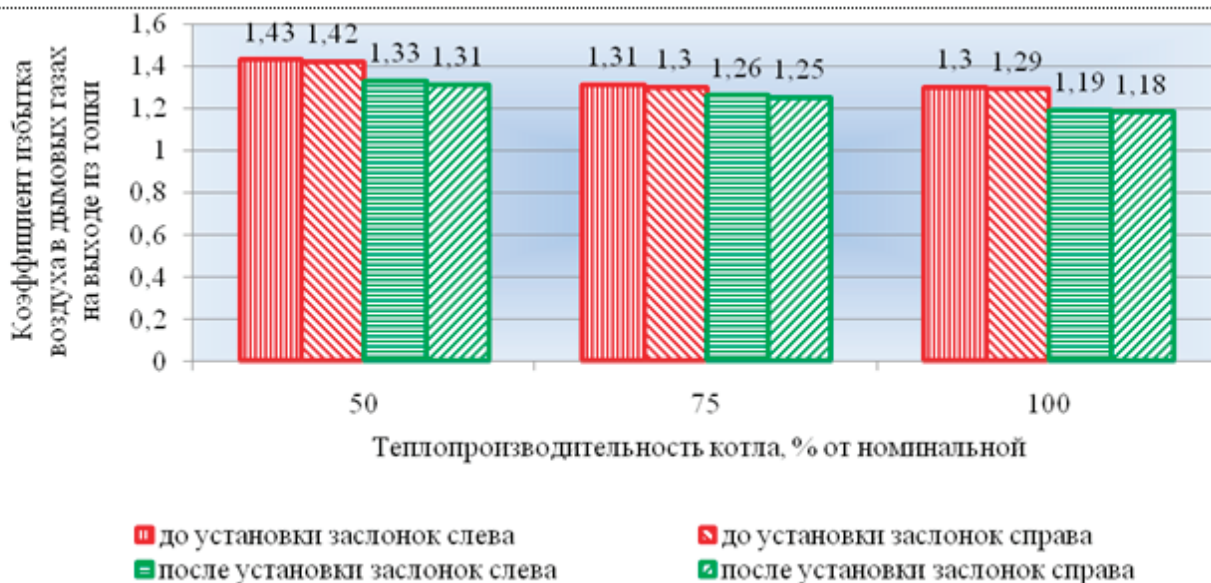


Рис. 3. Коэффициент избытка воздуха в дымовых газах на выходе из топки

установления заслонок наблюдается равномерное распределение воздуха, то снижается коэффициент избытка воздуха, что приведет к уменьшению потерь.

На рисунке 4 показан часовой расход топлива в зависимости от теплопроизводительности. При установлении

регулирующих заслонок первичного воздуха наблюдается снижение расхода топлива, за счет уменьшения механического недожога и равномерного распределения топлива между всеми горелками.

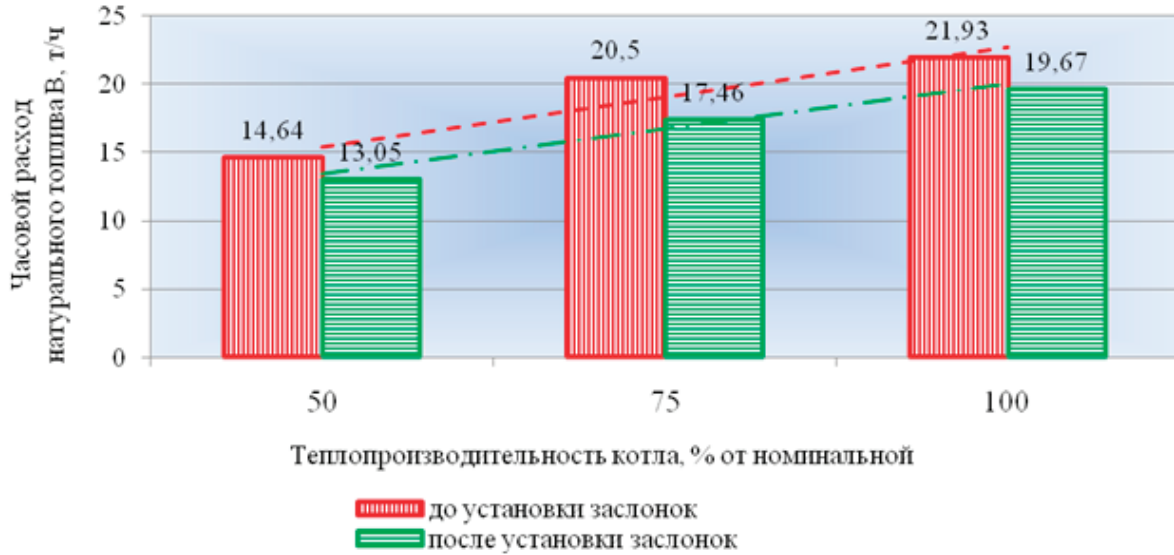


Рис. 4. Часовой расход натурального топлива

Результаты исследований были обработаны на ПЭВМ с помощью Excel. Проведенный сравнительный анализ (нахождение уравнений регрессии с помощью различных функций) показал, что исследуемые показатели описываются линейной функцией. При этом коэффициент де-

терминации R^2 выше 0,9 для всех рассматриваемых величин, что, с точки зрения теории статистики, говорит о достаточно высокой достоверности полученных уравнений. В таблице 2 представлены полученные уравнения.

Таблица 2. Аналитические зависимости исследуемых величин

Аналитические зависимости	
без регулирующих заслонок	с регулируемыми заслонками
зависимость избытка воздуха в дымовых газах на выходе из топки α''_m от теплопроизводительности	
слева:	слева:
$\alpha''_{m.сл} = -0,065Q + 1,4767$ (1)	$\alpha''_{m.сл} = -0,07Q + 1,4$ (2)
справа:	справа:
$\alpha''_{m.сп} = -0,065Q + 1,4667$ (3)	$\alpha''_{m.сп} = -0,065Q + 1,3767$ (4)
зависимость расхода топлива B , т/ч, от теплопроизводительности	
$B = 3,645Q + 11,733$ (5)	$B = 3,31Q + 10,107$ (6)

Результаты. В результате проведенных исследований, проводимых при сжигания угля разреза Каражыра марки Д в котле КВ-Т-116,3–150, получены следующие результаты:

определен расход воздуха по пылепроводам и его скорость, установлено, что имеется значительная разница

в расходах первичного воздуха, достигающая до 55% (без регулирующих заслонок), в результате чего интенсифицируется процесс шлакования у горелок с наименьшим расходом воздуха;

определен коэффициент избытка воздуха на выходе из топки, в результате установки заслонок происходит более

равномерное распределение воздуха, что приводит к снижению коэффициента избытка воздуха;

определен часовой расход натурального топлива, расход топлива при максимальной нагрузке снижается от 21,93 т/ч до 19,67 т/ч при установке регулирующих заслонок;

получены аналитические выражения для определения коэффициента избытка воздуха в дымовых газах на выходе из топки в зависимости от теплопроизводительности и расхода топлива в зависимости от теплопроизводительности, описываемые линейными функциями.

Литература:

1. Промышленность Казахстана: топливная, химическая, угольная, нефтяная // ФБ.Ру URL: <http://fb.ru/article/193841/promyshlennost-kazahstana-toplivnaya-himicheskaya-ugolnaya-neftyanaya> (дата обращения: 22.07.2015)
2. Обзор угольной промышленности Казахстана // Энергоимпульс URL: <http://energo45.ru/ugol/articles/2329/> (дата обращения: 23.07.2015)
3. Дарит тепло Каражыра // Общественно-политический журнал «Байтерек» URL: <http://www.baiterek.kz/node/1240> (дата обращения: 20.07.2015)
4. Григорьев, К. А., Рундыгин Ю. А., Тринченко А. А. Технология сжигания органических топлив. Энергетические топлива. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2006. — 92 с.
5. Трёмбовля, В. И. и др. Теплотехнические испытания котельных установок / В. И. Трёмбовля, Е. Д. Фигнер, А. А. Авдеева. — 1991. — 416 с.
6. Гатеев, С. Б. Теплотехнические испытания котельных установок (промышленных предприятий). — М.: Госэнергоиздат, 1959. — 600 с.

Облик навигационной системы для подвижного наземного объекта и принципы его формирования

Сурков Владимир Олегович, аспирант
Тамбовский государственный технический университет

Рассматриваются принципы формирования облика навигационной системы для подвижного наземного объекта. Предполагается, что основной радиотехнической системой, используемой при построении навигационных систем в настоящее время будет СРНС. Так же были предложены принципы построения и методы, которые будут использоваться в системе диагностирования, которая должна включаться в состав навигационной системы для контроля наличия сигналов на входе приемника СРНС. Предложения были сделаны на основе анализа соответствующих статей в данной области и изучения существующих разработок как отечественных таки иностранных, применяющихся на данный момент времени в качестве навигационных систем.

Расширение функций бортовых систем и повышение предъявляемых к ним требований обуславливает чрезвычайно высокую трудоемкость задач, связанных с их разработкой. Многообразие физических принципов, на базе которых реализуются системы, огромное количество возможных вариантов построения и вариантов их совершенствования привело к необходимости формирования облика перспективного бортового оборудования различных типов. Так в [1] рассматривается возможный облик навигационного комплекса для надводных кораблей, его состав, структура, особенности и требования, предъявляемые к навигационным комплексам данного вида. В [2] производится обоснование облика навигационной системы беспилотного летательного аппарата с указанием задач решаемых летательным аппаратом. В [3] рассматриваются общие структуры навигационных систем для различных типов

объектов. В [4] приводится концепция построения навигационной системы подвижных наземных объектов (ПНО) сформированный на основе анализа только отечественных разработок и без указания принципов построения данной системы. Однако предложения по формированию облика навигационной системы для ПНО на основе анализа как отечественных, так и зарубежных навигационных систем в литературе не встречаются. Целью статьи является выработка предложений по формированию облика навигационной системы для ПНО.

В процессе функционирования навигационная система должна обеспечивать решение следующих основных задач: преобразование координат; определение параметров движения объекта; комплексная обработка информации; коррекция координат местоположения;

выдача навигационной информации на индикатор и соответствующим потребителям;

Число задач, которые ставятся перед навигационной системой, может изменяться и зависит от типа объекта (летательный аппарат, наземный подвижный объект, морской или космический объект), сферы его применения (военный и гражданский) и соответствующих требований, предъявляемых к навигационной системе.

Облик навигационной системы, например, для подвижного наземного объекта зависит от набора датчиков, которые входят в его состав и от метода обработки полученной информации.

На начальном этапе развития был широко распространён состав навигационной системы, включающий в себя курсовую систему магнитного или гироскопического типа и датчик скорости.

Основным недостатком такой компоновки навигационной системы является значительное увеличение погрешностей в определении местоположения с течением времени, поэтому требуется применение радиотехнических систем коррекции (системы сотовой связи, радиотехнические системы дальней навигации (спутниковые радионавигационные системы (СРНС) (ГЛОНАСС / GPS), системы «Чайка» и «LORAN-C»).

Так как применение СРНС затруднительно в густо застроенных городских кварталах, карьерах, подземных парковках, то в данных условиях целесообразно применение систем сотовой связи для повышения точности позиционирования. В зависимости от применяемой технологии позиционирования и стандарта сотовой сети возможно получение значений точности от 16 до 50 м [5,6].

Однако применение систем сотовой связи в комбинации с СРНС не даёт значительного уменьшения погрешностей позиционирования в виду того, что значения погрешностей, полученных при применении данных технологий в 10–100 раз больше, чем значения, полученные при применении спутниковых радионавигационных систем. Это проиллюстрировано в статье [7] и приведены соответствующие значения погрешностей при проведении моделирования. Применение систем сотовой связи в навигационных системах целесообразно лишь при пропадании сигналов от СРНС в качестве резервной системы при использовании реконфигурируемых алгоритмов обработки информации в ЭВМ навигационной системы.

Для повышения точности данных, полученных от приемника СРНС, может использоваться дифференциальный режим работы СРНС. Дифференциальный режим включает в себя получение данных от СРНС, получение дифференциальных поправок от систем дифференциальной коррекции, их обработку и выдачу данных потребителю.

Для обеспечения дифференциального режима работы СРНС в навигационных системах используется соответствующее программное обеспечение, например TheSplitBox для системы В данном программном обеспечении осуществляется обработка данных как от датчиков, входящих в состав системы, так и от систем диф-

ференциальной коррекции и их обработку. В настоящее время системы сотовой связи не входят в состав навигационных систем ПНО, дифференциальный режим работы СРНС повсеместно применяется для навигационных систем ПНО иностранного производства [8] и позволяет значительно снизить погрешности позиционирования. В системах отечественного производства данный режим практически не используется, но создание и ввод в эксплуатацию российской системы дифференциальной коррекции и мониторинга позволит использовать дифференциальный режим СРНС и в навигационных системах отечественного производства.

На основе анализа навигационных систем ПНО отечественного и иностранного производства и принципов их построения [9] возможно сформировать обобщенные принципы построения навигационной системы:

В состав навигационной системы должны входить как радиотехнические так и нерадиотехнические измерители;

Строится система должна с использованием принципов комплексирования измерителей;

В качестве основной радиотехнической системы будет использоваться СРНС;

Для повышения точности данных, полученных от приемника СРНС, необходимо использование дифференциального режима работы СРНС;

На облик навигационной системы так же влияют применяемые методы обработки информации. К настоящему времени в навигационных системах применяется комплексирование устройств и систем на уровне вторичной обработки. Под вторичной обработкой информации понимают выполняемую в специализированных вычислителях обработку выходных сигналов измерителей для определения навигационных элементов. Длительное время в радиоэлектронных комплексах для вторичной обработки информации использовались простейшие алгоритмы эвристического происхождения, описанные, например, в [10]. В настоящее время в навигационных системах ПНО широко используются методы оптимальной линейной фильтрации [11–13].

Комплексная вторичная обработка информации даёт положительный эффект если соответствующие измерители работоспособны, так как оценить работоспособность соответствующего измерителя возможно лишь при первичной обработке информации.

Первичная обработка информации — это поиск, обнаружение, селекция, преобразование и усиление входных сигналов навигационных измерителей для определения навигационных параметров. Максимального выигрыша при комплексной первичной обработке информации можно достичь, применяя для оптимизации комплексирования измерителей методы марковской теории оптимального оценивания случайных процессов и полей [14,15].

Первичную обработку информации целесообразно использовать применительно к радиотехническим системам.

Применение первичной обработки информации позволяет:

производить оценку состояния радиотехнических систем;

создать систему индикации отказов радиотехнических систем;

повысить характеристики точности и помехоустойчивости радиотехнических систем.

Современные системы навигации для ПНО являются в основном комплексными и объединяют в своем составе как радиотехнические, так и нерадиотехнические измерители. Анализ [16] показывает, что роль основной радиотехнической системы для систем навигации играет СРНС. Пропадание сигналов данной системы возможно из-за выхода из строя приемника СРНС и из-за перехода приемника СРНС в режим кратковременного отказа. Пропадание приводит к значительному росту погрешностей при определении необходимых параметров и не соответствию данных погрешностей требуемым значениям, представленным в [17]. Это проиллюстрировано в статье [18], поэтому необходимым является создание системы контроля и диагностики радиотехнических измерителей, которая должна иметь возможность обеспечения контроля поля радиосигналов на входах приемных устройств радиотехнических измерителей для выявления факта их пропадания с целью определения перехода измерителя в режим кратковременного отказа.

Анализ [19] показывает, что основными методами диагностирования используемые в навигационных системах ПНО являются методы анализа алгебраических инвариантов — введение избыточных переменных (методов кон-

троля целостности СРНС) описанных в статьях [20–24]. Данные методы диагностики при их реализации не предусматривают контроль наличия сигналов на входе приемника сигнала или датчика, например радиотехнического (СРНС), так как получают сигналы с выхода датчиков.

Поэтому система диагностирования должна строиться с использованием следующих принципов

Для контроля наличия сигналов на входе приемника СРНС необходимо использовать методы совместного обнаружения и оценивание параметров сигналов — применение методов первичной обработки информации.

Для контроля работоспособности СРНС при вторичной обработке информации возможно использовать методы анализа алгебраических инвариантов — введение избыточных переменных.

Для устранения последствий от пропадания сигналов СРНС необходимо применение алгоритмов, позволяющих производить реконфигурацию системы.

Таким образом, в статье были предложены принципы построения навигационных систем для ПНО исходя из анализа соответствующих статей по данной тематике, и предполагается так же, что основной радиотехнической системой, используемой при построении навигационных систем, в настоящее время будет СРНС. Так же были предложены принципы построения и методы, которые будут использоваться в системе диагностирования, которая должна включаться в состав навигационной системы для контроля наличия сигналов на входе приемника СРНС.

Литература:

1. Емельянцева, Г. И., Современные требования и облик навигационного комплекса для боевых надводных кораблей начала XXI века / Г.И. Емельянцева, Э.С. Моисеев, А.Н. Солнцев //Навигация и гидрография. — 1995, № 1 — с. 37–42.
2. Востриков, О.В. Обоснование облика навигационной системы ударного беспилотного летательного аппарата / О.В. Востриков// «Труды МАИ» — 2011, № 48.
3. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / Под ред. Б.С. Алешина, К.К. Веремеенко, А.И. Черноморского. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 424 с.
4. Иванов, А.В. Навигация наземных объектов / А.В. Иванов, Н.А. Иванова. — LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. — 120 с.].
5. Иванов, А.В. Определение координат местоположения объекта в сетях GSM и UMTS на основе использования информации о направлении приема сигналов от базовых станций обеспечения / А.В. Иванов, Д.В. Комраков // Радиотехника. — 2013, № 9
6. Сурков, В.О. Точности определения местоположения подвижных наземных объектов в сотовых сетях GSM и UMTS / В.О. Сурков // Молодой ученый. — 2013. — № 6. — с. 147–150.
7. Иванов, А.В. Совместная обработка информации спутниковых радионавигационных систем и наземных сетевых систем в навигационных системах подвижных наземных объектов / Иванов А.В., Гостев А.В., Семенов А.А., Соколовская Л.В. / Радиотехника. — Москва, № 4, с. 16–19.
8. Бобнев, М.П. Комплексные системы радиоавтоматики / М.П. Бобнев, Б.Х. Кривицкий, М.С. Ярлыков. — М.: Сов. радио, 1968. — 232 с.
9. Браммер, К. Фильтр Калмана — Бьюси / К. Браммер, Г. Зиффлинг. — М.: Наука, 1982
10. Медич Дж., С. Статистически оптимальные линейные оценки и управление: пер. с англ. / С. Медич Дж.; под ред. А.С. Шаталова. — М.: Энергия, 1973. — 340 с.,
11. Сейдж, Э.П. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении: пер. с англ. / Э.П. Сейдж, Дж.Л. Мелса; под ред. Б.Р. Левина. — М.: Связь, 1976. — 496 с

12. Ярлыков, М. С. Марковская теория оценивания случайных процессов / М. С. Ярлыков, М. А. Миронов. — М.: Радио и связь, 1993. — 464 с.
13. Ярлыков, М. С. Статистическая теория радионавигации / М. С. Ярлыков. — М.: Радио и связь, 1985. — 344 с.
14. Сурков, В. О. Анализ состава существующих систем навигации для подвижных наземных объектов и выбор наиболее перспективного состава, исходя из требований точности и надежности / В. О. Сурков // Современные тенденции технических наук: материалы II междунар. науч. конф. (г. Уфа, май 2013 г.). — Уфа: Лето, 2013. — с. 20–24.
15. Радионавигационный план Рос. Федерации: утв. приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 сентября 2008 г. № 118: в редакции приказа Министерства промышленности и торговли РФ от 31 августа 2011 г. № 1177. [Электронный ресурс]. Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс».
16. Сурков, В. О. Системы навигации подвижных наземных объектов и их характеристики / В. О. Сурков // Молодой ученый. — 2013. — № 7. — с. 76–79.
17. 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. 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. 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. Иванов, А. В. Автономные системы контроля целостности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем / А. В. Иванов // Радиотехника. — 2014. — № 7. — с. 55–64.

Требования к информационным технологиям для решения задач эксплуатации и перспективного развития систем теплоснабжения мегаполисов

Томилова Надежда Ивановна, кандидат технических наук, доцент;
Алишева Динара Мейрамовна, магистр;
Томилов Александр Николаевич, магистр;
Абилдаева Гулнур Балтабаевна, старший преподаватель, магистр;
Мухаметжанова Бигуль Олжабаевна, старший преподаватель, магистр
Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)

В статье рассматривается процесс сознания интегрированных систем поддержки принятия решений по проведению наладочных и перспективных мероприятий в теплоснабжающих энергосистемах мегаполисов. Выявлены требования, предъявляемые к системе, для решения задач управления технологическими и организационно-экономическими процессами энергосистем.

Ключевые слова: система теплоснабжения; информатизация; автоматизация; управление; система поддержки принятия решений; архитектура; функциональность; анализирующая методология.

В инфраструктуре городов и промышленных центров Казахстана и стран СНГ системы централизованного теплоснабжения уже давно обрели статус больших систем жизнеобеспечения, актуальность совершенствования которых в направлении повышения качества и энергосбережения является одной из первостепенных задач. Эксплуатация и развитие таких сложных по структуре, воздействию внешних факторов, распределенных в пространстве систем невозможно без информатизации и автоматизации решения задач управления её технологическими и организационно-экономическими процессами.

Основополагающими работами, оказавшими влияние на развитие этого научно-технического направ-

ления, являются исследования и разработки Н. И. Карасева, Н. М. Зингера, А. П. Меренкова, В. Я. Хасилева, Г. В. Монахова, С. А. Чистовича и многих других.

Обсуждение. Анализ технологических процессов системы централизованного теплоснабжения, как объекта информатизации, показывает, что она представляет собой сложную динамическую систему, состоящую из конечного множества технологических подсистем, которые реализуют ее технологическую, энергетическую и жизнеобеспечивающую функции:

Основными подсистемами технологической структуры системы централизованного теплоснабжения (СЦТ) являются источники тепловой энергии, магистральные

и распределительные сети теплопроводов, сетевые технологические установки для перемещения и распределения теплоты, такие как подкачивающие, понижающие и смесительные насосные станции, контрольно-распределительные тепловые пункты, групповые, центральные и индивидуальные тепловые пункты для присоединения потребителей тепла и, наконец, потребителями тепла в виде теплопотребляющих технологических установок промышленных предприятий, систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения.

Системы централизованного теплоснабжения характеризуется как множественностью, так и конструктивным разнообразием составных технологических элементов, сложностью топологической структуры и пространственной распределенностью на большой территории с разнообразным микроклиматом в отдельных зонах.

Технологические процессы подготовки, транспорта и передачи тепла в технологических элементах реализуются за счет организованных гидродинамических и тепловых процессов, характер протекания которых зависит как от геометрических размеров, форм, состояния поверхностей взаимодействия, гидравлических трактов теплоносителей, так и от интенсивности подводимых потоков энергии к соответствующим технологическим элементам.

Режим функционирования тепловых сетей определяется не только топологической сложностью, пространственной распределенностью, огромной геометрической емкостью гидравлических трактов и тепловой емкостью теплоносителя и ограждающих конструкций, но и тем, что он характеризуется двумя различными по своей физической сущности параметрами: динамические характеристики по трактам передачи давления (изменение расхода) и температуры резко отличаются друг от друга.

Основные возмущающие воздействия имеют вероятностный характер, формируются метеорологической обстановкой во внешней среде и приводят к необходимости целенаправленного изменения интенсивности технологических процессов СЦТ в суточном, недельном, месячном и сезонном диапазонах.

СЦТ испытывают внешние функциональные воздействия от технологически взаимосвязанных систем энергетической инфраструктуры города: системы водоснабжения, топливоснабжения, электроснабжения.

Технологические процессы СЦТ испытывают весьма существенные воздействия от человека, которые по своему содержанию могут носить как характер управляющего воздействия (диспетчеры разных уровней управления), так и возмущающего воздействия иногда с аварийным исходом (несанкционированное вмешательство потребителей тепла).

Анализ информационных технологий по проведению наладочных и перспективных мероприятий в ТСМ (CityCom, ZuluThermo) показал, что они создаются в виде полноценных ГИС, требующих значительных людских и временных затрат для создания поддерживающих их

баз данных. Используемые системы не обеспечивают интеграцию с базой архивированных сигналов измерений в реальном времени физических величин объектов в контрольных точках ТСМ, сравнительный анализ которых с модельными значениями, позволяет осуществить контроль состояния системы [1].

К настоящему времени на экономическом пространстве СНГ сложились два основных направления по созданию информационных технологий в теплоснабжающих системах мегаполисов:

- информационно-графические системы (ИГС);
- геоинформационные системы (ГИС).

Информационно-графическая система обеспечивает организацию и составление централизованных электронных схем инженерных коммуникаций населенных пунктов и территорий, хранение графической и семантической информации, и позволяет решать все актуальные задачи планирования.

ИГС позволяет ввести в компьютер (создать базу данных) схемы сетей, план города и всю связанную с сетью справочную информацию, и на основе созданной базы данных решать множество информационных и эксплуатационных задач общего и прикладного характера.

Ядром ИГС является база данных паспортизации инженерных сетей, содержащая десятки реляционных таблиц, свыше тысячи связанных полей. В числе прочих, в базе данных хранятся графические и атрибутивные характеристики отображаемых объектов, на основе которых и осуществляется их графическое представление.

ГИС объединяет традиционные операции при работе с базами данных — запрос и статистический анализ — с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта. Эта особенность дает уникальные возможности для применения ГИС в решении широкого спектра задач, связанных с анализом явлений и событий, прогнозированием их вероятных последствий, планированием стратегических решений.

Другой особенностью ГИС является то, что как информационные системы они являются результатом эволюции этих систем и поэтому включают в себя основы построения и функционирования автоматизированных информационных систем.

Но нет необходимости разделять информационно-графические и геоинформационные системы, потому что по сути, геоинформационные системы представляют собой те же графические системы, но в топографическом масштабе. Преимущество ИГС перед ГИС заключается в том, что в ИГС можно использовать готовые электронные карты местности, создавать диспетчерские расчетные схемы без привязки к географическим координатам, что значительно снижает как стоимостные, так и временные показатели создания расчетных схем систем теплоснабжения.

Информатизация организационно-экономического и технологического уровней энергетических компаний

развивается сравнительно успешно на базе информационных технологий, созданных в основном на аппаратно-программной платформе офисного исполнения и разработанного специализированными фирмами или собственными силами компаний.

Опыт разработки и эксплуатации, узкоспециализированных информационных систем и технологий в теплоэнергетике выявил ряд качественных недостатков таких систем в связи с расширяющимися потребностями обработки данных с учетом их изменений во времени и локализацией в окружающем пространстве. Именно это обстоятельство мотивирует интенсивное развитие интегрированных информационных систем и технологий, включающих подсистемы сбора, хранения (база данных и (или) База знаний), обработки данных, представления информации, телекоммуникационную подсистему.

В свете вышесказанного приобретает особую актуальность задача разработки систем поддержки принятия решений (СППР) по проведению наладочных и перспективных мероприятий в ТСМ, представляющих собой системный интегратор, связывающий ряд законченных функционально-ориентированных систем обработки данных, таких как ГИС для использования в качестве топосносы готовых электронных карт и SCADA-системы для использования архивированных измеренных технологических данных.

Разработка программы и схемы реализации проблем эксплуатации, наладки и комплексного развития системы теплоснабжения мегаполиса является наукоемким процессом, эффективность реализации которых зависит от следующих факторов:

полноты, достоверности и доступности исходной информации о технических, экологических, экономических характеристиках объектов инженерной инфраструктуры мегаполиса;

нормативной полноты и исполнения постоянно совершенствуемых законов, регулирующих основные правовые, экономические, организационные, социальные, технические и технологические отношения, возникающие в процессе производства, передачи и использования электрической и тепловой энергии в мегаполисе;

доступности результатов научных исследований по проблемам действующих и проектируемых энергоэффективных технологий, выполняемых в академических центрах стран, использующих технологии совместной выработки тепловой и электрической энергии.

доступности современного технологического оборудования на мировом рынке энергомашиностроения для комплектации проектов энергосбережения, модернизации и перспективного развития теплоснабжающих систем мегаполисов.

Выводы: СППР по проведению наладочных и перспективных мероприятий в теплоснабжающих системах мегаполисов должна отвечать следующим требованиям:

Архитектура СППР должна быть в классе интегрированных распределенных автоматизированных инфор-

мационных систем, объединяющих средства телекоммуникации и вычислительной техники в единую систему обмена, хранения, обработки и управления.

Функциональность СППР должна состоять из следующих классов расчетно-аналитических и информационных задач поддержки принятия решений:

количественный анализ надежности действующей системы теплоснабжения мегаполиса по нормативным параметрам: безотказность, готовность, живучесть;

оценка тепловых нагрузок в реальном масштабе времени;

разработка вариантов реконструкции и модернизации действующих и сохраняемых на перспективу объектов системы теплоснабжения, включая источники энергии, магистральные тепловые сети, центральные тепловые пункты, индивидуальные тепловые пункты потребителей тепла;

расчеты и моделирование теплогидравлических режимов теплоснабжающей системы мегаполиса в расчетных, зимних, переходных, летних, статических и аварийных условиях функционирования;

расчет радиуса энергоэффективного теплоснабжения потребителей для всех источников тепловой энергии мегаполиса;

выбор оптимальной архитектуры системы управления режимом для вариантов развития теплоснабжающей системы мегаполиса.

Информационный ресурс должен быть представлен классом интегрированных распределенных баз данных (БД). Интеграционный интерфейс распределенной базы данных должен базироваться на таких интеграционных технологиях, как ADO, ADO.NET, DAO. Упомянутые интеграционные технологии баз данных основаны на использовании реляционной модели данных, что обеспечивает схемную однородность интегрированной распределенной БД.

Программно-аппаратная платформа СППР должна соответствовать сложившимся типовым решениям для интегрированных распределенных информационных систем.

В качестве методов принятия решений должна использоваться широко и постоянно применяемая в реальных тепловых сетях — анализирующая методология. Принятие решений на основе анализирующей методологии установившегося режима теплоснабжающей системе должна происходить согласно схеме, представленной на рисунке 1.

СППР должна представлять собой интегратор методов и моделей, обеспечивающих расчет установившегося теплогидравлического режима ТСМ и средств автоматизированного анализа моделируемого установившегося гидравлического режима ТСМ, контролинга текущего состояния системы и производственных моделей по стабилизации гидравлического режима распределительных фрагментов ТСМ (рисунок 1.4).

База данных СППР должна обеспечивать информационные потребности неоперативного административ-

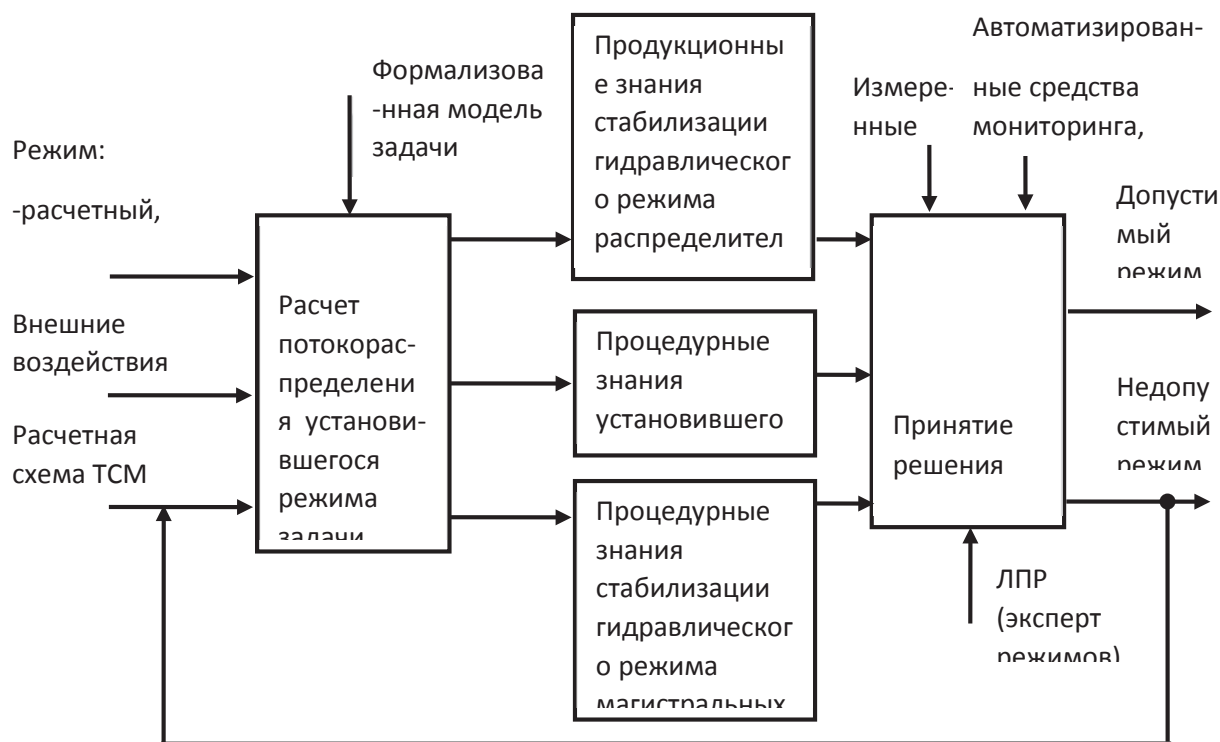


Рис. 1. Схема принятия решения на основе анализирующей методологии установившегося режима ТСМ

ного, оперативного диспетчерского и технологического персонала при решении всех задач, предусмотренных служебным регламентом для субъектов деятельности, и представлена следующими компонентами:

базой условно постоянных данных, представляющих характеристики всех географически распределенных объектов технологической схемы;

базой результата расчета моделируемого установившегося теплогидравлического режима ТСМ;

базой архивированных сигналов, представляющих результаты измерений в реальном времени всех физических величин на объектах системы, определяющих текущий теплогидравлический режим ТСМ.

Входные данные системы определяют техническое состояние ТСМ, её топологию, параметры окружающей среды и температуру теплоносителя в подающем трубопроводе; выходные — параметры установившегося теплогидравлического режима тепловой сети СЦТ.

Литература:

1. Карасев, Н. И. Концепции комплексного развития систем теплоснабжения в мегаполисах Республики Казахстан. // Вестник Алматинского института энергетики и связи. — 2008. — № 3. — с. 11–16.
2. Меренков, А. П. Хасилев В. Я. Теория гидравлических цепей. — М.: Наука, 1985. — 277 с.
3. Сериков, Э. А. Актуальные проблемы обеспечения энергетической безопасности Казахстана. // Вестник Алматинского института энергетики и связи. — 2008. — № 1. — с. 14–20.
4. Инютина, Л., Буксукбаев Е., Койшыбаев Т., Белый А. Основные характеристики систем теплоснабжения гг. Астана и Алматы и их проблемы. // Экология и Общество: спец. выпуск. — 2008. — с. 9–11.
5. Жумабаев, А., Карасев Н. Энергосбережение в теплоснабжающих системах мегаполисов Казахстана. // Энергетика: Вестник союза — энергетиков. — 2007. — № 1 (20). — с. 9–13.
6. Томилова, Н. И. Математические модели стационарных гидравлических режимов систем централизованного теплоснабжения. // Материалы 6-й международной научно-технической конференции «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях» // Вестник Алматинского института энергетики и связи. — 2008, — С.19–24.
7. Карасев, Н. И., Томилова Н. И. Классы математических моделей стационарных гидравлических режимов систем централизованного теплоснабжения. // Труды университета. — Караганда, 2007. — Вып. 4. — С.73–77.
8. Карасев, Н. И., Крицкий А. Б., Томилова Н. И., Цок Г. Н. Тенденции информатизации систем централизованного теплоснабжения мегаполисов // Труды международной научной конференции «Наука и образование — ведущий фактор стратегии «Казахстан — 2030». — Караганда. — 2005. — Вып. 2. — С.121–123.

9. Брейдо, И. В., Томилова Н. И. Алгоритм режимного анализа систем теплоснабжения мегаполиса методом узловых потенциалов. // Труды международной научной конференции «Наука и образование — ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030». — Караганда, 2010. — Секция III. — С.340—341.
10. Нургузин, М. Р., Яворский В. В. Компьютерное моделирование систем. — Караганда: КарГТУ, 2006. — 200 с.

Управление мобильным роботом посредством сигналов головного мозга

Фоменков Сергей Алексеевич, доктор технических наук, профессор;

Попов Евгений Юрьевич, аспирант

Волгоградский государственный технический университет

Данная статья посвящена обзору возможностей применения нейрокомпьютерного интерфейса NeuroSky MindWave Mobile для управления мобильным роботом. Проведенное исследование позволяет утверждать, что NeuroSky MindWave Mobile позволяет фиксировать определенные сигналы головного мозга, которые возможно использовать для управления движением робота, однако набор таких сигналов ограничен. Таким образом, нейрокомпьютерный интерфейс NeuroSky MindWave Mobile может использоваться для управления различными роботами для выполнения ограниченного набора действий.

Ключевые слова: нейрокомпьютерный интерфейс, ЭЭГ, робот, P300, BCI.

Последние достижения в области ЭЭГ (электроэнцефалография) открыли широкие возможности для исследований и разработки приложений по использованию данных сигналов головного мозга в различных предметных областях. Традиционно, данные ЭЭГ получали с помощью громоздких медицинских устройств путем установки инвазивных датчиков непосредственно в мозг под черепом, либо, используя, мокрые электроды, обрабатываемые специальным гелем. В настоящий момент на рынке появились устройства нескольких производителей, которые позволяют собирать данные ЭЭГ с помощью неинвазивных сухих электродов. Данные устройства от ЭЭГ устройств медицинского класса отличает компактность, удобство использования в повседневной жизни, а также значительно более низкая цена. Примерами таких устройств являются продукты компаний NeuroSky, MindFlex, Emotiv.

В связи с возрастающей доступностью данных технологий важной задачей является исследование и оценка возможности их использования в различных областях человеческой деятельности обычными пользователями в не лабораторных условиях для различных научных и практических приложений. В данной статье рассматривается возможность использования коммерческих нейрокомпьютерных интерфейсов для управления мобильным роботом. Мы рассмотрели и оценили возможности применения различных сигналов головного мозга, которые детектировались нейрокомпьютерным интерфейсом NeuroSky MindWave Mobile (Рис. 1б), для управления движением мобильного робота Orbotix Sphero (Рис. 1а).

Отличительной особенностью нашего исследования от предыдущих исследований управления устройствами и системами на основе ЭЭГ данных является изучение эффективности использования одноканального ЭЭГ сиг-



а



б

Рис. 1. Устройства, используемые в эксперименте: а — мобильный робот Orbotix Sphero; б — нейрокомпьютерный интерфейс NeuroSky MindWave Mobile

нала, а не многоканального. Современные клинические ЭЭГ системы имеют большое количество электродов (32, 64, 128, 256) и соответственно предоставляют многоканальный ЭЭГ сигнал. В своем экспериментальном исследовании мы использовали одноканальный коммерческий нейрокомпьютерный интерфейс NeuroSky MindWave Mobile. NeuroSky MindWave Mobile позволяет получать ЭЭГ сигнал с единственного сухого датчика, располагающегося над левой фронтальной лобной долей головного мозга.

Форм-фактор используемого нейрокомпьютерного интерфейса и неинвазивный электрод позволяют говорить об удобстве использования данного устройства для повседневных задач управления устройствами и компьютерными системами.

Краткий обзор предыдущих работ

В последние годы идея использования сигналов головного мозга для управления различными устройствами привлекла внимание многих исследователей. Так, например, несколько групп ученых в своих работах анализировали возможность использования нейрокомпьютерного интерфейса Emotiv Eroc для управления роботизированной рукой [5, 9]. Другие исследователи изучали возможности управления объектами в виртуальной среде (например, объектами в видеоиграх [6]) и устройствами (радиоуправляемый вертолет [2]) с помощью клинических ЭЭГ систем. Также исследователи изучали возможности применения сигналов головного мозга для управления элементами графического интерфейса пользователя компьютерных систем. Группа ученых под руководством Фабиани исследовала применение нейрокомпьютерного интерфейса для управления движением курсора в двух измерениях [4], а группа американских ученых предприняла попытку создания системы управления интерфейсом смартфона Apple iPhone с помощью нейрокомпьютерного интерфейса Emotiv Eroc [3]. В большинстве указанных выше работ и аналогичных им для преобразо-

вания сигналов головного мозга в управляющее воздействие для устройства или объекта компьютерной системы используется подход на основе детектирования вызванного потенциала P300. Подробнее о данном подходе и его применении при использовании нейрокомпьютерного интерфейса Emotiv Eroc можно узнать из данной статьи [1]. Данный подход требует использования нейрокомпьютерного интерфейса как минимум с тремя электродами, поэтому в нашем исследовании он оказался не применим.

Эксперимент

Мобильный робот Orbotix Sphero представляет из себя шар, способный перемещаться в заданном направлении с помощью встроенного двигателя, а также поворачиваться вокруг своей оси. Orbotix Sphero обладает беспроводным интерфейсом Bluetooth, что позволяет отдавать ему управляющие команды с внешних устройств. Для управления скоростью движения в текущем направлении мобильного робота предлагается использовать уровень концентрации пользователя, а для поворота робота на 90 градусов — уровень расслабления пользователя. Уровень концентрации и уровень расслабления пользователя вычисляются с помощью нейрокомпьютерного интерфейса NeuroSky MindWave Mobile на основе данных активности альфа- и бета-волн головного мозга. Известно, что альфа-волны (8–12 Гц) преобладают в ЭЭГ при расслаблении человека, а бета-волны (13–30 Гц) преобладают в ЭЭГ при концентрации человека на выполнении каких-либо мыслительных задач [7, 8].

Общая схема экспериментальной системы управления мобильным роботом представлена на Рис. 2.

Характеристики нейрокомпьютерного интерфейса NeuroSky MindWave Mobile

Нейрокомпьютерный интерфейс NeuroSky MindWave Mobile имеет 1 датчик для считывания сигналов головного мозга, а также один дополнительный датчик опор-

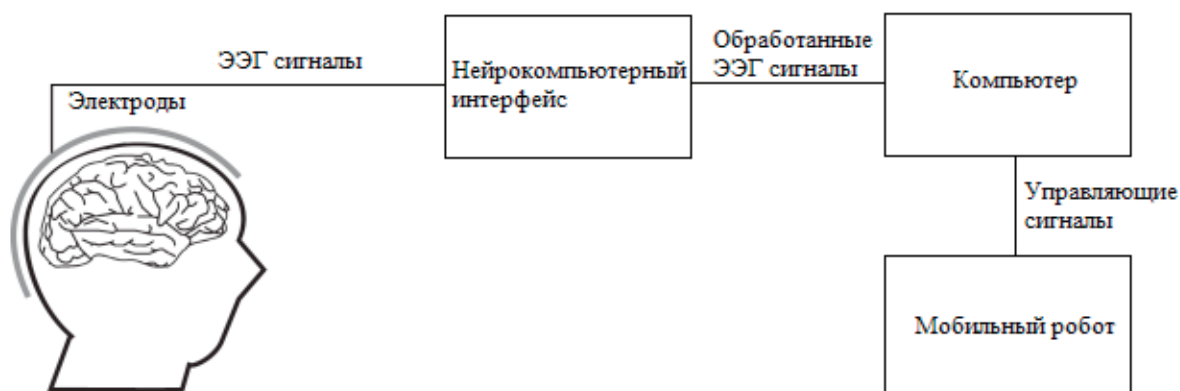


Рис. 2. Общая схема экспериментальной системы управления мобильным роботом

ного канала. Датчики имеют следующий тип: пассивные, сухие. При работе нейрокомпьютерный интерфейс ловит электрические сигналы не только от мозга, но и от мышц. Эти сигналы сильнее, чем от мозга и их нужно фильтровать. Для этого считывается дополнительный сигнал

оттуда, где есть сигналы от мышц, но нет сигналов от мозга — это точки в височной области или районе ушей (для NeuroSky MindWave Mobile это мочка левого уха). Схема расположения датчиков на голове изображена на Рис. 3.

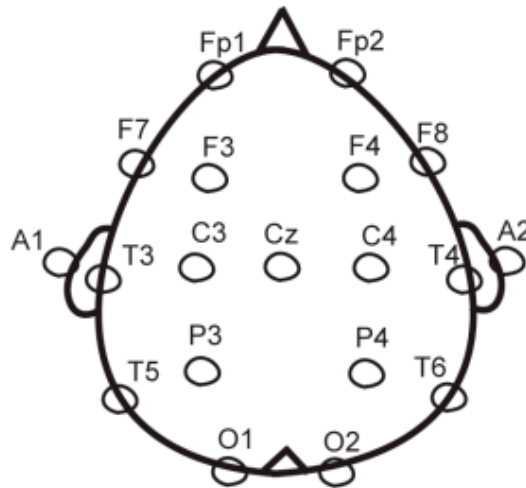


Рис. 3. Схема расположения электрода NeuroSky MindWave Mobile соответствует зоне Frontal Polar 1 (Fp1), датчик опорного сигнала располагается в зоне A1

Зафиксированные нейрокомпьютерным интерфейсом данные сигналов головного мозга передаются по беспроводному Bluetooth каналу на компьютер, который по определенному алгоритму обрабатывает полученные сигналы и преобразует их в управляющие сигналы для мобильного робота.

Для определения уровня расслабления и уровня концентрации оператора, управляющего мобильным роботом на основе альфа- и бета-волн соответственно был использован следующий алгоритм:

К исходному ЭЭГ сигналу применяется быстрое преобразование Фурье в соответствии с формулами:

$$\begin{aligned} X &= [X_1 \ X_2 \ \dots \ X_{1023} \ X_{1024}] \\ Y &= [Y_1 \ Y_2 \ \dots \ Y_{511} \ Y_{512}] \\ Y &= FFT(X) \end{aligned} \tag{1}$$

где X является вектором зафиксированных необработанных ЭЭГ сигналов за последние 2 секунды, Y — спектральной мощностью X , вычисленной с помощью быстрого преобразования Фурье. Y_n показывает амплитуду волн n -ой частоты.

Вычисляется среднее значение амплитуды мозговых волн на соответствующем диапазоне частот в соответствии с формулами:

$$\begin{aligned} P_\alpha &= \frac{1}{5} \sum_{n=8}^{12} Y_n \\ P_\beta &= \frac{1}{18} \sum_{n=13}^{30} Y_n \end{aligned} \tag{2}$$

Среднее значение амплитуды мозговых волн в альфа диапазоне P_α получается усреднением значений Y в диапазоне от 8 до 12 Гц. Среднее значение амплитуды мозговых волн в бета диапазоне P_β получается усреднением значений Y в диапазоне от 13 до 30 Гц.

Полученное среднее значение для альфа- и бета-волн нормализуется в соответствии с формулой (3) в диапазоне от 0 до 100.

$$\bar{P} = \frac{(P - P_{\min}) \cdot 100}{(P_{\max} - P_{\min})} \tag{3}$$

Полученное нормализованное значение для альфа-волн принимается в качестве показателя расслабления пользователя, полученное нормализованное значение для бета-волн принимается в качестве показателя концентрации пользователя.

Для того, чтобы инициировать движение мобильного робота в его текущем направлении, оператору с одетым нейрокомпьютерным интерфейсом необходимо поддерживать уровень концентрации выше определенного порогового значения (в нашем эксперименте данное пороговое значение равно 50 для показателей концентрации и расслабления) не менее 3 секунд. Для того, чтобы инициировать поворот мобильного робота на 90 градусов, оператору необходимо поддерживать уровень расслабления выше порогового значения не менее 3 секунд. Если оператор выполняет указанные выше условия по уровню концентрации или расслабления, то компьютер отправляет по беспроводному Bluetooth каналу управляющие сигналы мобильному роботу Sphero.

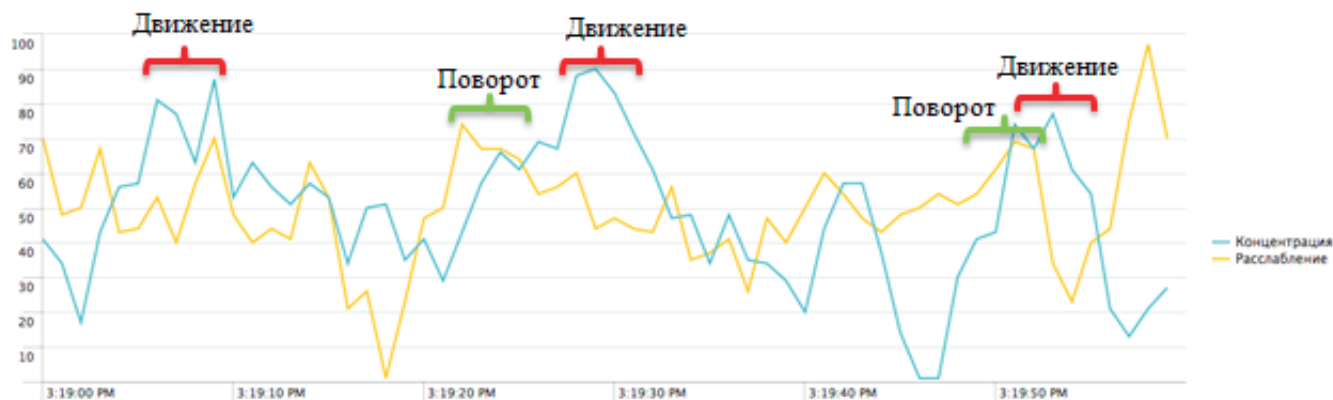


Рис. 4. График управляющих сигналов

На графике ниже (Рис. 4) указаны примеры описанных управляющих сигналов, которые отдавались мобильному роботу в процессе эксперимента.

Результаты и выводы

По результатам проведенного эксперимента можно сделать вывод, что нейрокомпьютерный интерфейс NeuroSky MindWave Mobile позволяет детектировать актуальные

сигналы головного мозга. Последующая обработка данных сигналов позволяет на их основе сформировать определенный набор управляющих сигналов, который может быть использован для контроля как реальных удаленных устройств, так и объектов в виртуальной среде. Однако в следствии технических ограничений нейрокомпьютерного интерфейса NeuroSky MindWave Mobile (малое количество электродов) набор управляющих сигналов ограничен, но достаточен для управления несложными устройствами.

Литература:

1. Попов, Е. Ю. Исследование возможности применения нейрокомпьютерного интерфейса Emotiv EPOC для регистрации вызванных потенциалов P300 // Современные научные исследования и инновации. 2013. № 9 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/09/26479>.
2. Andersen, K., Juvik, E., Kjellen, E., & Storstein, K. I. B. 2009. Radio controlled helicopter using neurofeedback.
3. Campbell, A.T., Choudhury T., Shaohan Hu, Hong Lu, Rabbi, M. 2010. NeuroPhone: Brain-Mobile Phone Interface using a Wireless EEG Headset. MobiHeld 2, 3–8 [Электронный ресурс]. URL: <http://www1.cs.dartmouth.edu/reports/TR2010-666.pdf>.
4. Fabiani, G.E., McFarland, D.J., Wolpaw, J.R., Pfurtscheller, G. Conversion of EEG activity into cursor movement by a brain-computer interface (BCI). IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 2004. 12 (3). 331–8 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15473195>.
5. Fok, B., Schwartz, S., Schwartz, R., Holmes, C.D. Direct Recoupling of Intention and Movement (Washington University in St. Louis). 2011. IpsiHand: Direct Recoupling of Intention and Movement (Washington University in St. Louis) [Электронный ресурс]. URL: <http://aac-lerc.psu.edu/wordpressmu/RESNA-SDC/2011/04/27/ipsi-hand-direct-recoupling-of-intention-and-movement-washington-university-in-st-louis/>.
6. Larsen, E.A. 2010. Playstation Controlled by Brain Waves (Tech. Rep.). Trondheim.
7. Lin C-T, Ko L-W, Chiou J-C, Duann J-R, Huang R-S, Chiu T-W, Liang S-F, Jung T-P: Noninvasive neural prostheses using mobile and wireless EEG. Proceedings of the IEEE 2008, 96:1167–1183.
8. Lin CT, Chung IF, Ko LW, Chen YC, Liang SF, Duann JR: EEG-based assessment of driver cognitive responses in a dynamic virtual-reality driving environment. IEEE Transactions on Biomedical Engineering 2007, 54:1349–1352.
9. Ranky, G.N., Adamovich, S. Analysis of a Commercial EEG Device for the Control of a Robot Arm, Bioengineering Conference, Proceedings of the 2010 IEEE 36th Annual Northeast. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ieee.org/portal/innovate/search/article_details.html?article=5458188.

Эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на ЭТЭ

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 для работы на этанолю-топливной эмульсии. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, эмульсия.

Анализируя графики дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ на номинальной частоте вращения коленчатого вала $n=2200 \text{ мин}^{-1}$ и при постоянном значении часового расхода $G_{\text{ЭТЭ}} = 16,3 \text{ кг/ч}$ можно сделать следующие выводы: на данной точке эффективная мощность составляет $N_e = 55,8 \text{ кВт}$ и достигается при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 23^\circ$. Часовой расход ДТ в составе ЭТЭ составляет $G_{\text{ДТ прив}} = 11,0 \text{ кг/ч}$. Значение удельного расхода ЭТЭ составляет $g_{\text{сЭТЭ}} = 297 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$, а значение удельного эффективного расхода ДТ в составе ЭТЭ составляет $g_{\text{сДТ прив.}} = 197,2 \text{ г/кВт}$. При применении ЭТЭ происходит увеличение расхода альтернативного топлива — это связано с меньшей теплотой сгорания ЭТЭ. При увеличении значения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 26^\circ$ эффективная мощность снижается до значения $N_e = 54,4 \text{ кВт}$ или на 4,6%, значение удельного расхода ЭТЭ возрастает до $g_{\text{сЭТЭ}} = 306 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$, что составляет 3,0%,

а значение удельного эффективного расхода ДТ в составе ЭТЭ возрастает до $g_{\text{сДТ прив.}} = 202,2 \text{ г/кВт}$, увеличение составляет 3,0%. При дальнейшем увеличении значения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 29^\circ$ тенденция падения эффективной мощности и увеличения удельного расхода ЭТЭ сохраняется и составляет при этом $N_e = 52,0 \text{ кВт}$, уменьшение составляет 6,4%, $g_{\text{сЭТЭ}} = 316 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$, увеличение составляет 6,4%, а значение удельного эффективного расхода ДТ в составе ЭТЭ возрастает до $g_{\text{сДТ прив.}} = 211,5 \text{ г/кВт}$, увеличение составляет 6,4%. При уменьшении значения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 20^\circ$ эффективная мощность снижается до $N_e = 55,2 \text{ кВт}$, снижение составляет 0,9%, а удельный эффективный расход увеличивается до $g_{\text{сЭТЭ}} = 300 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$, увеличение составляет 1,0%. Значение удельного эффективного расхода ДТ в составе ЭТЭ возрастает до $g_{\text{сДТ прив.}} = 199,3 \text{ г/кВт}$, увеличение составляет 1,0% [1–15].

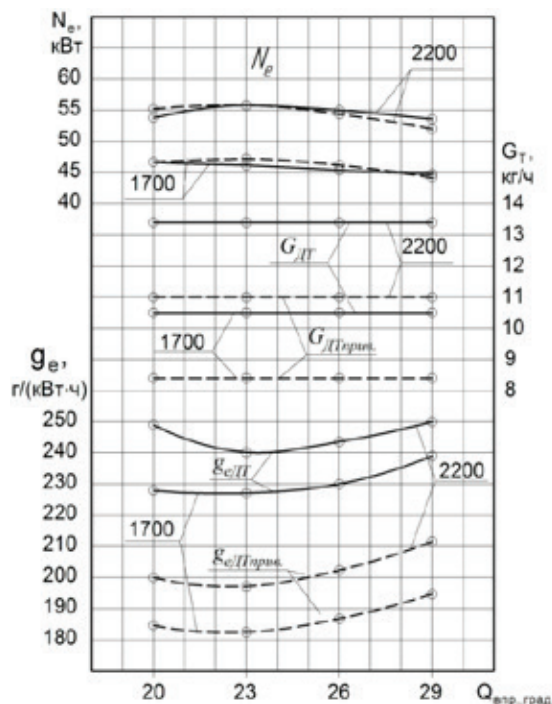


Рис. 1. Эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на ЭТЭ: — — — ДТ; — — — — ЭТЭ

Анализируя графики дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ на частоте вращения коленчатого вала соответствующей максимальному крутящему моменту $n=1700$ мин⁻¹ и при постоянном значении часового расхода $G_{\text{ЭТЭ}} = 13,1$ кг/ч можно сделать следующие выводы: на данной точке эффективная мощность составляет $N_e = 47,2$ кВт и достигается при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 23^\circ$. Часовой расход ДТ в составе ЭТЭ составляет $G_{\text{ДТ прив}} = 8,6$ кг/ч. Значение удельного расхода ЭТЭ составляет $g_{\text{еЭТЭ}} = 287$ г/кВт·ч, а значение удельного эффективного расхода ДТ в составе ЭТЭ составляет $g_{\text{едТ прив.}} = 182,2$ г/кВт. При увеличении значения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 26^\circ$ эффективная мощность снижается до значения $N_e = 46,2$ кВт или на 3,2%, значение удельного расхода ЭТЭ возрастает до $g_{\text{еЭТЭ}} = 296$ г/кВт·ч, что составляет 3,1%, а значение удельного эффективного расхода ДТ в составе ЭТЭ возрастает до $g_{\text{едТ прив.}} = 186,1$ г/кВт, увеличение составляет 3,1%. При дальнейшем увеличении значения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 29^\circ$ тенденция падения эффективной мощности и увеличения удельного расхода ЭТЭ сохраняется и составляет при этом $N_e = 44,2$ кВт, уменьшение составляет 6,5%, $g_{\text{еЭТЭ}} = 303,0$ г/кВт·ч, увеличение составляет 5,6%,

а значение удельного эффективного расхода ДТ в составе ЭТЭ возрастает до $g_{\text{едТ прив.}} = 194,6$ г/кВт, увеличение составляет 5,6%. При уменьшении значения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 20^\circ$ эффективная мощность снижается до $N_e = 46,7$ кВт, снижение составляет 1,1%, а удельный эффективный расход увеличивается до $g_{\text{еЭТЭ}} = 286,1$ г/кВт·ч, увеличение составляет 0,3%. Значение удельного эффективного расхода ДТ в составе ЭТЭ снижается до $g_{\text{едТ прив.}} = 184,2$ г/кВт, уменьшение составляет 0,3%.

После проведенного анализа регулировочной характеристики дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ можно сделать вывод о значительном влиянии установочного УОВТ на мощностные и экономические показатели. Исходя из минимального удельного расхода g_e был выбран оптимальный установочный УОВТ, который для дизеля, работающего на ДТ и ЭТЭ составил $\Theta_{\text{впр. ДТ, ЭТЭ}} = 23^\circ$. При увеличении значения установочного УОВТ происходит увеличение «жесткости» работы, что увеличивает напряжения в ЦПГ и может привести к его разрушению. При поздних установочных углах происходит повышение температуры охлаждающей жидкости, что может привести к перегреву дизеля [16–29].

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. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Лиханов, В.А., Россохин А.В., Полевщиков А.С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Россохин, А.В. Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 152–154.

12. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эффективных показателей тракторного дизеля путем применения компримированного природного газа и рециркуляции отработавших газов, метано- и этано-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 7. с. 12–15.
13. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Влияние применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метано- и этано-топливных эмульсий на содержание токсичных компонентов в ОГ // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4 (46). с. 42–47.
14. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метано- и этано-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5–1. с. 22–25.
15. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этано-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
16. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метано- и этано-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
17. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование экологических показателей дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метано- и этано-топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 26–28.
18. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование показателей процесса сгорания газодизеля при работе с рециркуляцией отработавших газов // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 33–36.
19. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
20. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метано- и этано-топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. Чупраков, А. И. Возможность использования оксигенатных топлив в дизельных двигателях. // Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2009»: Материалы V Всероссийской научно-технической конференции. — Казань: КГУ им. А. Н. Туполева, 2009. — С.58–62.
25. Зонов, А. В., Чупраков А. И., Шаромов И. М. Влияние применения этано-топливной эмульсии в дизеле 4Ч 11,0/12,5 на мощностные и экономические показатели в зависимости от изменения нагрузки // Сборник научных трудов международной конференции Двигатель-2010, посвященной 180-летию МГТУ им. Н. Э. Баумана — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — с. 390–392.
26. Шаромов, И. М., Зонов А. В., Чупраков А. И. Анализ свойств этано-топливных эмульсий // Сборник научных трудов международной конференции Двигатель-2010, посвященной 180-летию МГТУ им. Н. Э. Баумана — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — с. 416–420.
27. Лиханов, В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Влияние применения этано-топливных эмульсий на индикаторные, экологические показатели и характеристики тепловыделения дизеля. // Тракторы и сельхозмашины: Ежемесячный научно-практический журнал. — М: Редакция журнала «ТСМ», 2011. — Вып. № 9. — С.13–16.
28. Лиханов, В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Влияние применения этано-топливных эмульсий на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5. // Транспорт на альтернативном топливе: журнал. — М, август 2011. — Вып. № 4. — С.50–53.
29. Лиханов, В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Этанол-топливная эмульсия и ее влияние на характеристики дизеля Д-240 // Автомобильная промышленность, 2012, № 3. — С.28–29.

Экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на ЭТЭ

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 для работы на этаноле-топливной эмульсии. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, эмульсия.

Экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от изменения установочного УОВТ при номинальной частоте вращения представлены на рисунке 1.

При анализе графиков работы дизеля на ДТ на номинальном режиме можно сделать следующие выводы: содержание оксидов азота NO_x в ОГ дизеля при $\Theta_{впр ДТ} = 20^\circ$ составляет 676 ppm. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 23° значение NO_x повышается до 920 ppm, т.е. на 34,3,0%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 26° значение NO_x повышается до 961 ppm. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 29° значение NO_x несколько снижается и составляет 919 ppm. Содержание углеводородов CH_x в ОГ дизеля при установочном УОВТ $\Theta_{впр ДТ} = 20^\circ$ составляет 0,040%. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{впр ДТ} = 23^\circ$ значение CH_x повышается до 0,054%. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{впр ДТ} = 26^\circ$ значение CH_x повышается до 0,061% и в этой точке достигает своего максимума. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{впр ДТ} = 29^\circ$ значение CH_x несколько сни-

жается составляет 0,058%, т.е. на 87,5%. Содержание диоксида углерода (CO_2) в ОГ при $\Theta_{впр ДТ} = 20^\circ$ составляет 6,0%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 23° значение CO_2 повышается до 7,0%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 26° значение CO_2 повышается до 6,9%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 29° значение CO_2 снижается до 6,2%. Содержание оксида углерода (CO) в ОГ при $\Theta_{впр ДТ} = 20^\circ$ составляет 0,1%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 23° значение CO увеличивается до 0,18%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 26° значение CO повышается до 0,21%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 29° значение CO снижается до 0,16%. Дымность ОГ (C) при $\Theta_{впр ДТ} = 20^\circ$ составляет 3,8 ед. по шкале Bosch [1–15].

При анализе графиков, соответствующих работе дизеля на ЭТЭ, видно, что содержание оксидов азота NO_x в ОГ дизеля при $\Theta_{впр ЭТЭ} = 20^\circ$ составляет 610 ppm. При увеличении $\Theta_{впр ЭТЭ}$ до 23° значение NO_x повышается до 657 ppm. При увеличении $\Theta_{впр ЭТЭ}$ до 26° значение NO_x повышается до 730 ppm. При увеличении $\Theta_{впр ЭТЭ}$ до 29° значение NO_x продолжает повышаться повышается до

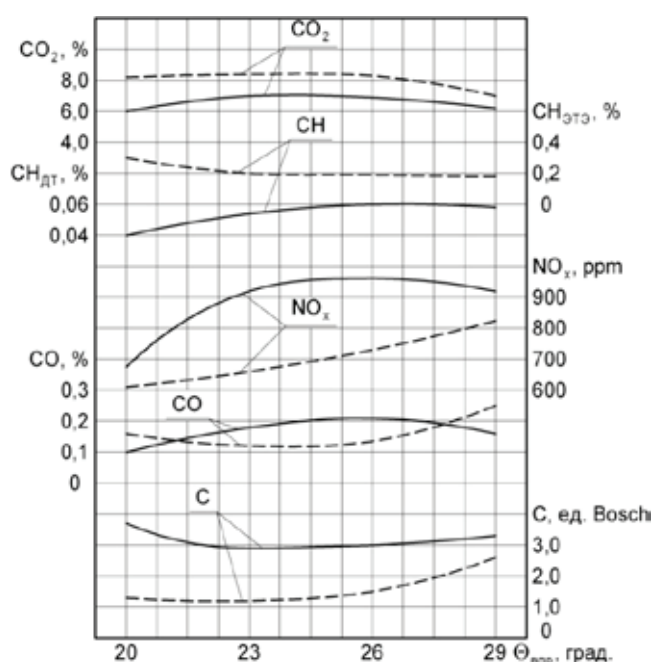


Рис. 1. Экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на ЭТЭ при $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$; — — — ДТ; - - - - ЭТЭ

825 ppm. Содержание углеводородов CH_x в ОГ дизеля при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет 0,29%. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 23^\circ$ значение CH_x снижается до 0,22%. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 26^\circ$ значение CH_x повышается до $\text{CH}_x = 0,19\%$. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 29^\circ$ значение CH_x продолжает снижаться до 0,18%. Содержание CO_2 в ОГ при $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет 8,2%. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 23° значение CO_2 снижается до 8,4%. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 26° значение CO_2 снижается до 8,3%. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 29° значение CO_2 снижается до 7,0%. Содержание СО в ОГ при $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет 0,16%. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 23° значение СО снижается до 0,12%. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 26° значение СО повышается до 0,135%. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 29° значение СО повышается до 0,25%. Дымность ОГ (С) при $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет 1,3 ед. по шкале Bosch. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 23° значение дымности снижается до 1,2 ед. по шкале Bosch, т.е. на 10%. При сравнении графиков, соответствующих работе дизеля 4Ч 11,0/12,5 на

ДТ и на ЭТЭ, на различных установочных УОВТ при частоте вращения 2200 мин⁻¹, можно отметить, что экологические показатели и закономерности изменения несколько отличаются. Содержание оксидов азота NO_x в ОГ дизеля при работе на ЭТЭ на всех установочных УОВТ меньше, чем при работе на ДТ. При $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ значение NO_x снижаются от 920 до 657 ppm, т.е. на 263 ppm. Содержание углеводородов CH_x в ОГ дизеля при работе на ЭТЭ больше, чем при работе на ДТ на всех установочных УОВТ. При $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$, при переходе на ЭТЭ, значение CH_x увеличивается от 0,054 до 0,22%. Содержание CO_2 в ОГ дизеля при работе на ЭТЭ больше, чем при работе на ДТ. При $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ значение CO_2 при переходе на ЭТЭ увеличивается от 7,0 до 8,4%. Содержание СО в ОГ дизеля при работе на ЭТЭ при установочных УОВТ 20° и 29° больше, чем при работе на ДТ. Однако при $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ и 26° содержание СО при работе на ЭТЭ снижается по сравнению с работой на ДТ от 0,17 до 0,12% при $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$. Дымность при переходе на ЭТЭ снижаются. При $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ дымность ОГ снижается от 2,9 до 1,2 ед. по шкале Bosch, т.е. снижение в 2,1 раза [16–29].

Литература:

1. Лиханов, В.А., Россохин, А.В. Исследование процессов сажеобразования и сажесодержания в цилиндре быстходного дизеля с турбонаддувом Д-245.12С при работе на компримированном природном газе // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 223–226.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Лиханов, В.А., Россохин А.В., Полевщиков А.С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Россохин, А.В. Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 152–154.
12. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение эффективных показателей тракторного дизеля путем применения компримированного природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 7. с. 12–15.

13. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Влияние применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метано- и этано-топливных эмульсий на содержание токсичных компонентов в ОГ // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4 (46). с. 42–47.
14. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метано- и этано-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5–1. с. 22–25.
15. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этано-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
16. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метано- и этано-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
17. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование экологических показателей дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метано- и этано-топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 26–28.
18. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование показателей процесса сгорания газодизеля при работе с рециркуляцией отработавших газов // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 33–36.
19. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
20. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метано- и этано-топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. Чупраков, А. И. Возможность использования оксигенатных топлив в дизельных двигателях. // Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2009»: Материалы V Всероссийской научно-технической конференции. — Казань: КГУ им. А. Н. Туполева, 2009. — С.58–62.
25. Зонов, А. В., Чупраков А. И., Шаромов И. М. Влияние применения этано-топливной эмульсии в дизеле 4Ч 11,0/12,5 на мощностные и экономические показатели в зависимости от изменения нагрузки // Сборник научных трудов международной конференции Двигатель-2010, посвященной 180-летию МГТУ им. Н. Э. Баумана — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — с. 390–392.
26. Шаромов, И. М., Зонов А. В., Чупраков А. И. Анализ свойств этано-топливных эмульсий // Сборник научных трудов международной конференции Двигатель-2010, посвященной 180-летию МГТУ им. Н. Э. Баумана — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — с. 416–420.
27. Лиханов, В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Влияние применения этано-топливных эмульсий на индикаторные, экологические показатели и характеристики тепловыделения дизеля. // Тракторы и сельхозмашины: Ежемесячный научно-практический журнал. — М: Редакция журнала «ТСМ», 2011. — Вып. № 9. — С.13–16.
28. Лиханов, В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Влияние применения этано-топливных эмульсий на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5. // Транспорт на альтернативном топливе: журнал. — М, август 2011. — Вып. № 4. — С.50–53.
29. Лиханов, В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Этанол-топливная эмульсия и ее влияние на характеристики дизеля Д-240 // Автомобильная промышленность, 2012, № 3. — С.28–29.

Экологические показатели дизеля в зависимости от изменения установочного угла при работе на ЭТЭ 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 для работы на этаноле-топливной эмульсии. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, эмульсия.

Экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ в зависимости от изменения установочного УОВТ на частоте соответствующей максимальному крутящему моменту представлены на рисунке 1.

При анализе графиков, соответствующих работе на ДТ, можно заключить, что содержание оксидов азота NO_x в ОГ дизеля при $\Theta_{впр ДТ} = 20^\circ$ составляет 887 ppm. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 23° значение NO_x вырастает до 1090 ppm. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 26° значение NO_x повышается до 1180 ppm. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 29° значение NO_x снижается до 1150 ppm. Содержание углеводородов CH_x в ОГ дизеля при установочном УОВТ $\Theta_{впр ДТ} = 20^\circ$ составляет 0,022%. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{впр ДТ} = 23^\circ$ значение CH_x повышается до 0,045%. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{впр ДТ} = 26^\circ$ значение CH_x незначительно повышается до 0,048%. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{впр ДТ} = 29^\circ$ значение CH_x повышается до 0,065%. Содержание CO_2 в ОГ при $\Theta_{впр ДТ}$

$= 20^\circ$ составляет 6,7%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 23° значение CO_2 повышается до 7,5%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 26° значение CO_2 повышается до 7,4%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 29° значение CO_2 снижается до 6,6%. Содержание CO в ОГ при $\Theta_{впр ДТ} = 20^\circ$ составляет 0,26%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 23° значение CO несколько снижается до 0,25%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 26° значение CO повышается до 0,27%. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 29° значение CO повышается до 0,31%. Дымность ОГ (C) при $\Theta_{впр ДТ} = 20^\circ$ составляет 3,0 ед. по шкале Bosch. При увеличении $\Theta_{впр ДТ}$ до 23° значение дымности снижается до 2,6 ед. по шкале Bosch [1–15].

При анализе графиков, соответствующих работе на ЭТЭ, видно, что содержание оксидов азота NO_x в ОГ дизеля при $\Theta_{впр ЭТЭ} = 20^\circ$ составляет 715 ppm. При увеличении $\Theta_{впр ЭТЭ}$ до 23° значение NO_x повышается до 730 ppm. При увеличении $\Theta_{впр ЭТЭ}$ до 26° значение NO_x повышается до 830 ppm. При увеличении $\Theta_{впр ЭТЭ}$ до 29° значение NO_x

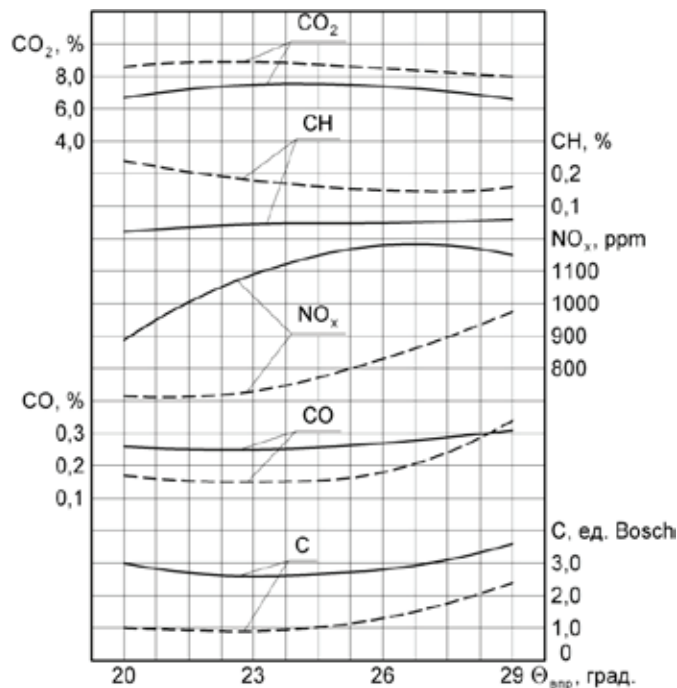


Рис. 1. Экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при работе на ЭТЭ при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$; — — — ДТ; — — — — ЭТЭ

также повышается до 975 ppm. Содержание углеводородов CH_x в ОГ дизеля при увеличении значения установочного УОВТ снижается. Так, при $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет 0,24%. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 23^\circ$ значение CH_x снижается до 0,18%. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 26^\circ$ значение CH_x понижается до $\text{CH}_x = 0,15\%$. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 29^\circ$ значение CH_x незначительно растет до 0,16%. Содержание CO_2 в ОГ при $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет 8,6%. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 23° значение CO_2 уменьшается до 8,2%. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 26° значение CO_2 повышается до 8,5%. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 29° значение CO_2 снижается до 6,9%. Содержание СО в ОГ при $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет 0,17%. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 23° значение СО повышается до 0,15%. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 26° значение СО повышается до 0,18%. При увеличении $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}}$ до 29° значение СО повышается до 0,21%. Дымность ОГ (С) при $\Theta_{\text{впр.ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет 1,0 ед. по шкале Bosch. Сравнивая графики, соответствующие работе дизеля 4Ч 11,0/12,5 на ДТ и на ЭТЭ на различных установочных УОВТ при частоте вра-

щения 1700 мин^{-1} , можно сделать следующие выводы: значения токсических показателей при работе на ЭТЭ отличаются по сравнению с работой на ДТ. Содержание оксидов азота NO_x в ОГ дизеля при работе на ЭТЭ меньше, чем при работе на ДТ на всех установочных УОВТ. При $\Theta_{\text{впр.}} = 23^\circ$ значение NO_x снижается от 1090 при работе на ДТ до 730 ppm при работе на ЭТЭ, снижение составляет 33,0%. Содержание углеводородов CH_x в ОГ дизеля при работе на ЭТЭ, на всех установочных УОВТ, больше, чем при работе на ДТ. При установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр.}} = 23^\circ$ значение CH_x увеличивается от 0,045 при работе на ДТ до 0,18% при работе на ЭТЭ. Содержание CO_2 в ОГ дизеля при работе на ЭТЭ больше, чем при работе на ДТ УОВТ. При $\Theta_{\text{впр.}} = 23^\circ$ и переводе дизеля на ЭТЭ значение CO_2 повышается от 7,5 при работе на ДТ до 8,2% при работе на ЭТЭ. Содержание СО в ОГ дизеля при работе на ЭТЭ меньше, чем при работе на ДТ. Так, при $\Theta_{\text{впр.}} = 23^\circ$ содержание СО снижается от 0,25 при работе на ДТ до 0,15% при работе на ЭТЭ. При переходе на ЭТЭ дымность значительно уменьшается. Так, при $\Theta_{\text{впр.}} = 23^\circ$ дымность снижается от 2,60 до 0,9 ед. по шкале Bosch, или в 2,9 раза [16–29].

Литература:

1. Лиханов, В.А., Россохин, А.В. Исследование процессов сажеобразования и сажесодержания в цилиндре быстросходного дизеля с турбонаддувом Д-245.12С при работе на компримированном природном газе // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 223–226.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Лиханов, В.А., Россохин А.В., Полевщиков А.С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Россохин, А.В. Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 152–154.
12. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение эффективных показателей тракторного дизеля путем применения компримированного природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 7. с. 12–15.

13. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Влияние применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метано- и этано-топливных эмульсий на содержание токсичных компонентов в ОГ // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4 (46). с. 42–47.
14. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метано- и этано-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5–1. с. 22–25.
15. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этано-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
16. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метано- и этано-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
17. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование экологических показателей дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метано- и этано-топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 26–28.
18. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование показателей процесса сгорания газодизеля при работе с рециркуляцией отработавших газов // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 33–36.
19. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
20. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метано- и этано-топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. Чупраков, А. И. Возможность использования оксигенатных топлив в дизельных двигателях. // Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2009»: Материалы V Всероссийской научно-технической конференции. — Казань: КГУ им. А. Н. Туполева, 2009. — С.58–62.
25. Зонов, А. В., Чупраков А. И., Шаромов И. М. Влияние применения этано-топливной эмульсии в дизеле 4Ч 11,0/12,5 на мощностные и экономические показатели в зависимости от изменения нагрузки // Сборник научных трудов международной конференции Двигатель-2010, посвященной 180-летию МГТУ им. Н. Э. Баумана — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — с. 390–392.
26. Шаромов, И. М., Зонов А. В., Чупраков А. И. Анализ свойств этано-топливных эмульсий // Сборник научных трудов международной конференции Двигатель-2010, посвященной 180-летию МГТУ им. Н. Э. Баумана — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — с. 416–420.
27. Лиханов, В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Влияние применения этано-топливных эмульсий на индикаторные, экологические показатели и характеристики тепловыделения дизеля. // Тракторы и сельхозмашины: Ежемесячный научно-практический журнал. — М: Редакция журнала «ТСМ», 2011. — Вып. № 9. — С.13–16.
28. Лиханов, В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Влияние применения этано-топливных эмульсий на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5. // Транспорт на альтернативном топливе: журнал. — М, август 2011. — Вып. № 4. — С.50–53.
29. Лиханов, В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Этанол-топливная эмульсия и ее влияние на характеристики дизеля Д-240 // Автомобильная промышленность, 2012, № 3. — С.28–29.

Совмещенные индикаторные диаграммы рабочего процесса дизеля 4Ч 11,0/12,5

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 для работы на этанолю-топливной эмульсии. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, эмульсия.

При исследовании влияния применения ЭТЭ на показатели рабочего процесса дизеля 4Ч 11,0/12,5 с помощью пневмо-электронного регистратора давления газов в цилиндре МАИ-5А было проведено индигирование и выявлены закономерности изменения давления газов в цилиндре в зависимости от изменения установочного УОВТ. По полученным диаграммам проведен анализ изменения кривой давления газов по углу п.к.в. двигателя при изменении значений установочного УОВТ от оптимального установочного УОВТ при работе на ДТ и на ЭТЭ, при одном и том же значении среднего эффективного давления газов в цилиндре [1–15].

На рисунке 1, а представлены совмещенные индикаторные диаграммы рабочего процесса дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ, при следующих УОВТ $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ; 23^\circ; 26^\circ; 29^\circ$, при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и среднем эффективном давлении $p_e = 0,64 \text{ МПа}$. Как видно из графиков, при более позднем впрыскивании ДТ падает максимальное давление цикла $p_{z \text{ max}}$, и весь процесс сгорания сдвигается вправо. Если при оптимальном значении установочного УОВТ ($\Theta_{\text{впр ДТ}} = 23^\circ$) максимальное значение

давления газов равно $p_{z \text{ max}} = 8,4 \text{ МПа}$, то при большем значении $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 26^\circ$ давление газов в цилиндре возрастает до $p_{z \text{ max}} = 9,0 \text{ МПа}$. При меньшем значении $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ$ давление газов в цилиндре понижается до $p_{z \text{ max}} = 7,9 \text{ МПа}$ и достигается при угле $\varphi_z = 7^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Точки, соответствующие началу видимого сгорания на индикаторных диаграммах, снятых для углов опережения впрыскивания ДТ $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ, 23^\circ, 26^\circ, 29^\circ$, лежат вблизи ВМТ $\varphi_c = 1,5^\circ; -1^\circ; -3,5^\circ$ и $5,5^\circ$. Знак «-» перед значением угла обозначает, что положение угла находится до ВМТ. Период задержки воспламенения, таким образом, составляет $\varphi_i = 21,5^\circ; 22,0^\circ; 22,5^\circ$ и $23,5^\circ$ соответственно.

На рисунке 1, б представлены совмещенные индикаторные диаграммы рабочего процесса дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ, снятые при частоте вращения, соответствующей максимальному крутящему моменту двигателя $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и среднем эффективном давлении газов в цилиндре $p_e = 0,69 \text{ МПа}$, при установочных УОВТ $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ, 23^\circ, 26^\circ$ и 29° . Соответственно этим значениям углов максимальное давление газов $p_{z \text{ max}}$ составляет 8,5; 8,7; 9,2 и 9,7 МПа [16–29].

Литература:

1. Лиханов, В.А., Россохин, А.В. Исследование процессов сажеобразования и сажесодержания в цилиндре быстросходного дизеля с турбонаддувом Д-245.12С при работе на компримированном природном газе // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 223–226.
2. Софронов, М.В., Россохин А.В. Влияние применения этанолю-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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Лиханов, В.А., Россохин А.В., Полевщиков А.С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.

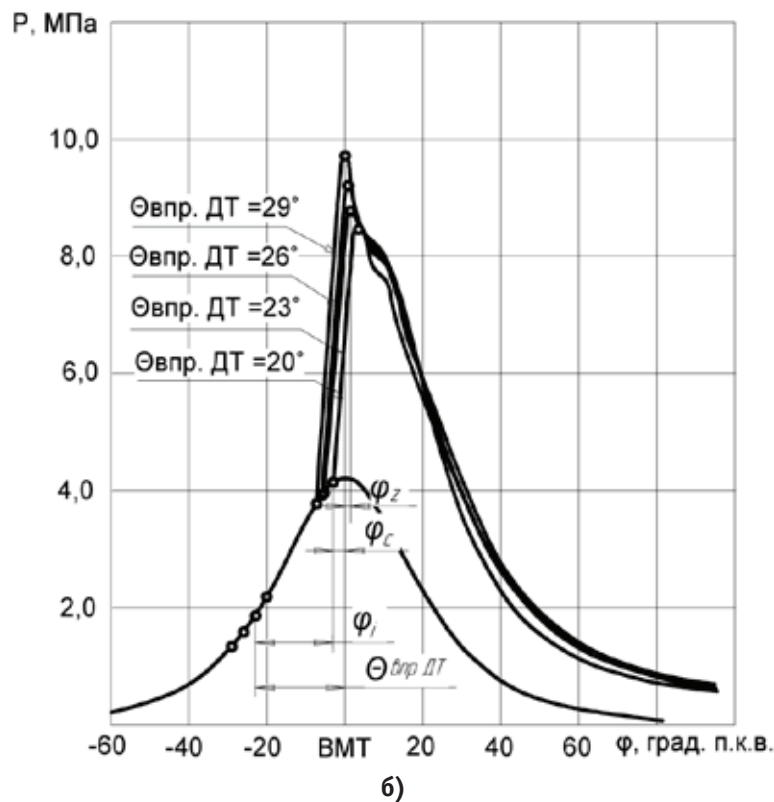
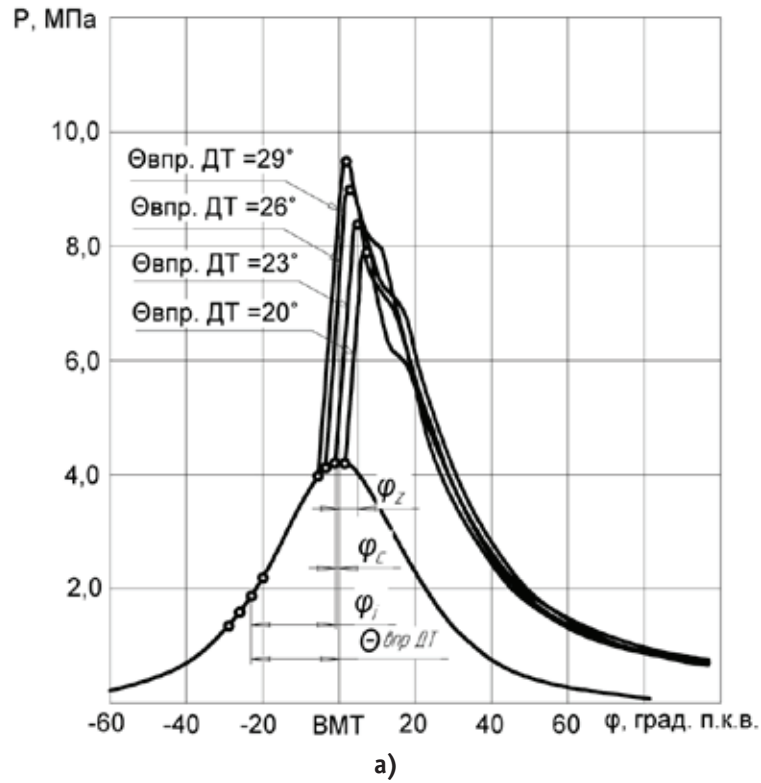


Рис. 1. Совмещенные индикаторные диаграммы дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на ДТ при различных установочных УОВТ: а) $n=2200$ мин⁻¹, $p_e=0,64$ МПа; б) $n=1700$ мин⁻¹, $p_e=0,69$ МПа

8. 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.
9. 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.

10. 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.
11. Россохин, А. В. Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 152–154.
12. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эффективных показателей тракторного дизеля путем применения компримированного природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 7. с. 12–15.
13. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Влияние применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий на содержание токсичных компонентов в ОГ // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4 (46). с. 42–47.
14. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5–1. с. 22–25.
15. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
16. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
17. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование экологических показателей дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 26–28.
18. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование показателей процесса сгорания газодизеля при работе с рециркуляцией отработавших газов // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 33–36.
19. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Результаты исследований содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. с. 66–68.
20. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. Чупраков, А. И. Возможность использования оксигенатных топлив в дизельных двигателях. // Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2009»: Материалы V Всероссийской научно-технической конференции. — Казань: КГУ им. А. Н. Туполева, 2009. — С.58–62.
25. Зонов, А. В., Чупраков А. И., Шаромов И. М. Влияние применения этанола-топливной эмульсии в дизеле 4Ч 11,0/12,5 на мощностные и экономические показатели в зависимости от изменения нагрузки // Сборник научных трудов международной конференции Двигатель-2010, посвященной 180-летию МГТУ им. Н. Э. Баумана — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — с. 390–392.
26. Шаромов, И. М., Зонов А. В., Чупраков А. И. Анализ свойств этанола-топливных эмульсий // Сборник научных трудов международной конференции Двигатель-2010, посвященной 180-летию МГТУ им. Н. Э. Баумана — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — с. 416–420.
27. Лиханов, В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Влияние применения этанола-топливных эмульсий на индикаторные, экологические показатели и характеристики тепловыделения дизеля. // Тракторы и сельхозмашины: Ежемесячный научно-практический журнал. — М: Редакция журнала «ТСМ», 2011. — Вып. № 9. — С.13–16.
28. Лиханов, В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Влияние применения этанола-топливных эмульсий на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5. // Транспорт на альтернативном топливе: журнал. — М, август 2011. — Вып. № 4. — С.50–53.
29. Лиханов, В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Этаноло-топливная эмульсия и ее влияние на характеристики дизеля Д-240 // Автомобильная промышленность, 2012, № 3. — С.28–29.

Характеристики тепловыделения дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ

Чупраков Андрей Иванович, кандидат технических наук, доцент
 Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской ГСХА на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля для работы на этанолю-топливной эмульсии. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, эмульсия.

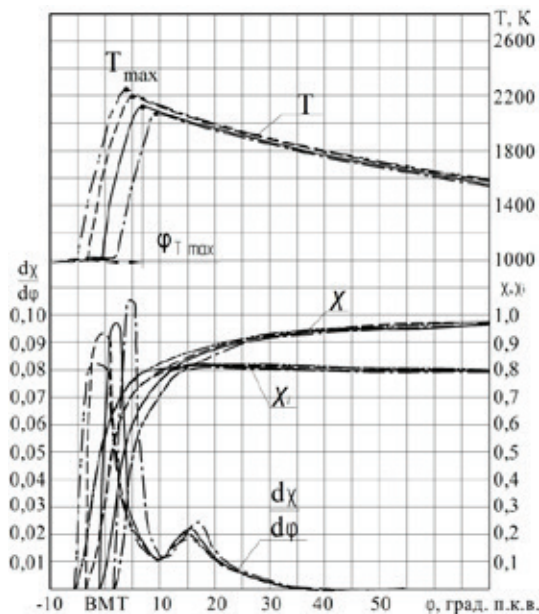
На рисунке 1, а представлены совмещенные графики изменения показателей тепловыделения в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и $p_c = 0,64 \text{ МПа}$ при работе на ДТ на различных установочных УОВТ в зависимости от угла п.к.в [1–15].

Максимальная осредненная температура цикла T_{max} при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 29^\circ$ составляет 2240 К и наблюдается при угле $j_{T_{\text{max}}} = 4,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При уменьшении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 26^\circ$ значение T_{max} снижается до 2199 К и наблюдается при угле $j_{T_{\text{max}}} = 5,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При дальнейшем снижении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 23^\circ$ значение T_{max} понижается до 2115 К и наблюдается при угле $j_{T_{\text{max}}} = 7,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 23^\circ T_{\text{max}} = 2076 \text{ К}$.

Анализируя графики тепловыделения, нужно отметить, что при переходе к более ранним значениям установочных УОВТ происходит уменьшение скорости тепловыделения $d\chi/dj$ и сдвиг максимума скорости влево вдоль оси j . При угле $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 29^\circ$ максимум скорости тепловыделения $(d\chi/dj)_{\text{max}} = 0,082$ и наблюдается при угле $j = -1,5^\circ$ п.к.в. до ВМТ. При уменьшении значения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 26^\circ$ значение $(d\chi/dj)_{\text{max}}$ увеличивается до 0,093 и наблюдается при угле $j = -0,5^\circ$ п.к.в. до ВМТ. При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 23^\circ$ значение

$(d\chi/dj)_{\text{max}}$ увеличивается до 0,097 и наблюдается при угле $j = 2,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При дальнейшем уменьшении значения установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ$ значение $(d\chi/dj)_{\text{max}}$ увеличивается до 0,106 и наблюдается при угле $j = 4,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Кривые относительного выделения теплоты χ и активного тепловыделения χ_i при работе на более поздних установочных УОВТ быстрее достигают своего максимума, чем на более ранних, что связано с более ранним началом сгорания и увеличением скорости тепловыделения. На рисунке 1, б представлены совмещенные графики изменения показателей, характеризующих тепловыделение в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и $p_c = 0,69 \text{ МПа}$ при работе на ДТ на различных установочных УОВТ в зависимости от угла п.к.в. Зависимости изменения кривых показателей тепловыделения, как при $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и $p_c = 0,64 \text{ МПа}$, сохраняются. Максимальная осредненная температура цикла T_{max} при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 29^\circ$ составляет 2285 К и наблюдается при угле $j_{T_{\text{max}}} = 1,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ.

При уменьшении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 26^\circ$ значение T_{max} снижается до 2230 К и наблюдается при угле $j_{T_{\text{max}}} = 2,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 23^\circ$ значение T_{max} повышается до



а)

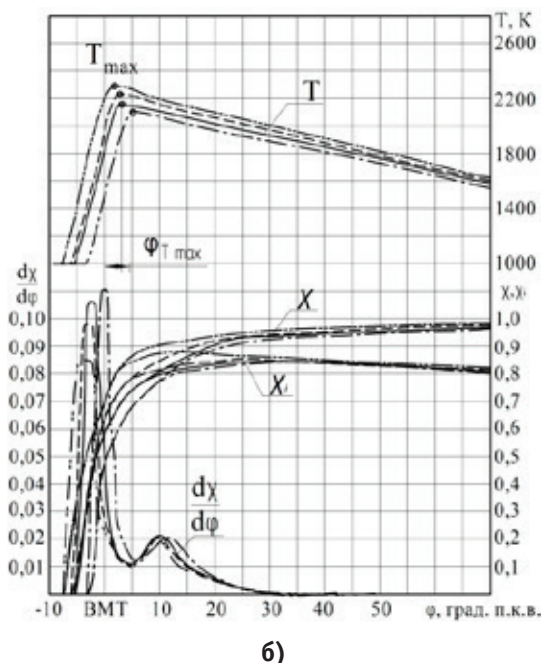


Рис. 1. Совмещенные характеристики тепловыделения дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на ДТ при различных установочных УОВТ в зависимости от угла п.к.в.: а) $n=2200$ мин-1, $p_e=0,64$ МПа; б) $n=1700$ мин-1, $p_e=0,69$ МПа;
 $-\cdot-\cdot-\cdot-\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ$, $-\cdot-\cdot-\cdot-\Theta_{\text{впр ДТ}} = 23^\circ$, $-\cdot-\cdot-\cdot-\Theta_{\text{впр ДТ}} = 26^\circ$, $-\cdot-\cdot-\cdot-\Theta_{\text{впр ДТ}} = 29^\circ$

2145 К и наблюдается при угле $j_{T_{\text{max}}} = 3,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Анализируя графики тепловыделения, можно сделать вывод, что при работе на более ранних установочных УОВТ характерно уменьшение скорости тепловыделения $d\chi/dj$, точка максимума скорости сдвигается влево. При угле $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 29^\circ$ максимум скорости тепловыделения $(d\chi/dj)_{\text{max}} = 0,085$ и наблюдается при угле $j = -3,5^\circ$ п.к.в. до ВМТ. При уменьшении установочного УОВТ до

$\Theta_{\text{впр ДТ}} = 26^\circ$ значение $(d\chi/dj)_{\text{max}}$ увеличивается до 0,098 и наблюдается при угле $j = -3,0^\circ$ п.к.в. до ВМТ. При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 23^\circ$ значение $(d\chi/dj)_{\text{max}}$ увеличивается до 0,106 и наблюдается при угле $j = -2,5^\circ$ п.к.в. до ВМТ. Кривые относительного выделения теплоты χ и активного тепловыделения χ_i при работе на более поздних установочных УОВТ быстрее достигают своего максимума [16–27].

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. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

7. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Россохин, А. В. Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 152–154.
12. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эффективных показателей тракторного дизеля путем применения компримированного природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 7. с. 12–15.
13. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Влияние применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий на содержание токсичных компонентов в ОГ // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4 (46). с. 42–47.
14. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5–1. с. 22–25.
15. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
16. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
17. 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.
18. 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.
19. 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. — 167с.
20. 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) с. 340–343.
21. Чувашев, А. Н. Характеристики тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на режиме максимального крутящего момента Молодой ученый. 2015. № 14 (94) с. 203–205.
22. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения Молодой ученый. 2015. № 15 (95) с. 109–111.
23. Чувашев, А. Н. Характеристики тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Технические науки: проблемы и перспективы: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2015 г.). — СПб.: Свое издательство, 2015. — с. 77–78.
24. Чувашев, А. Н. Совмещённые индикаторные диаграммы дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ при установочном угле впрыскивания дизтоплива 34°. Молодой ученый. 2015. № 16 (96) с. 244–246.
25. 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.
26. 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.
27. 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.

Характеристики тепловыделения дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ

Чупраков Андрей Иванович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской ГСХА на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля для работы на этанолю-топливной эмульсии. В работе приводится анализ полученных результатов.

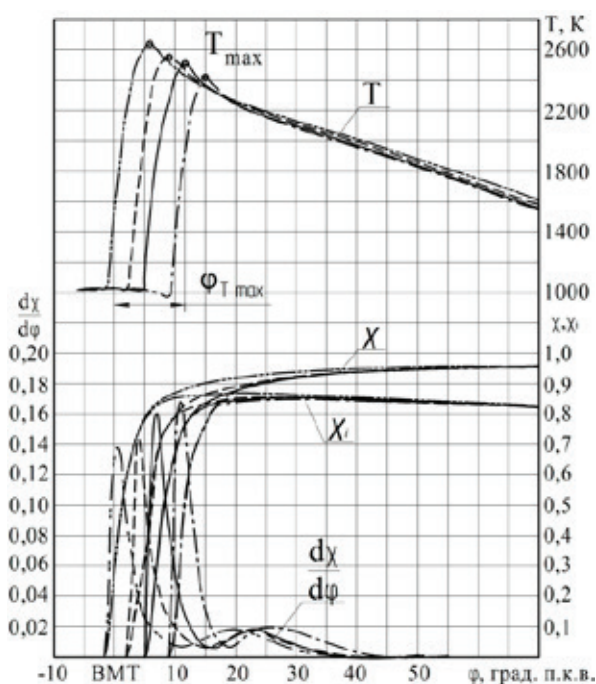
Ключевые слова: дизель, эмульсия.

На рисунке 1, а представлены совмещенные графики изменения показателей, характеризующих тепловыделение в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 при $n = 2200$ мин⁻¹ и $p_e = 0,64$ МПа при работе на ЭТЭ на различных установочных УОВТ в зависимости от угла п.к.в. Зависимости изменения показателей тепловыделения при работе на ДТ и ЭТЭ сохраняются. При более позднем впрыскивании падает значение максимальной осредненной температуры цикла T_{max} . Максимальная осредненная температура цикла T_{max} при установочном УОВТ $\Theta_{впр\ ЭТЭ} = 29^\circ$ составляет 2635 К и наблюдается при угле $j_{T_{max}} = 5,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При уменьшении установочного УОВТ до $\Theta_{впр\ ЭТЭ} = 26^\circ$ значение T_{max} снижается до 2575 К и наблюдается при угле $j_{T_{max}} = 9,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При значении установочного УОВТ до $\Theta_{впр\ ЭТЭ} = 23^\circ$ значение T_{max} понижается до 2511 К и наблюдается при угле $j_{T_{max}} = 11,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При дальнейшем уменьшении значения установочного УОВТ до $\Theta_{впр\ ЭТЭ} = 20^\circ$ значение T_{max} понижается до 2426 К и наблюдается при угле $j_{T_{max}} = 11,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ [1–15].

Анализируя графики показателей тепловыделения, можно сделать вывод, что при работе на ЭТЭ на более ранних установочных УОВТ, как и при работе на ДТ,

характерно снижение скорости тепловыделения $d\chi/dj$ и сдвиг максимума скорости влево. Так, при угле $\Theta_{впр\ ЭТЭ} = 29^\circ$ максимум скорости тепловыделения $(d\chi/dj)_{max} = 0,138$ и наблюдается при угле $j = 0,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При уменьшении установочного УОВТ до $\Theta_{впр\ ЭТЭ} = 26^\circ$ значение $(d\chi/dj)_{max}$ возрастает до 0,143 и наблюдается при угле $j = 4,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При значении установочного УОВТ $\Theta_{впр\ ЭТЭ} = 23^\circ$ значение $(d\chi/dj)_{max}$ возрастает до 0,161 и наблюдается при угле $j = 7,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При дальнейшем понижении значения установочного УОВТ до $\Theta_{впр\ ЭТЭ} = 20^\circ$ значение $(d\chi/dj)_{max}$ возрастает до 0,168 и наблюдается при угле $j = 11,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Кривые относительного выделения теплоты χ и активного тепловыделения χ_i при работе на более ранних установочных УОВТ позднее достигают своего максимума, чем на более ранних, что связано с более ранним началом сгорания.

На рисунке 1, б представлены совмещенные графики изменения показателей, характеризующих тепловыделение в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 на режиме максимального крутящего момента при $n = 1700$ мин⁻¹ и $p_e = 0,69$ МПа при работе на ЭТЭ на различных установочных УОВТ в зависимости от угла п.к.в.



а)

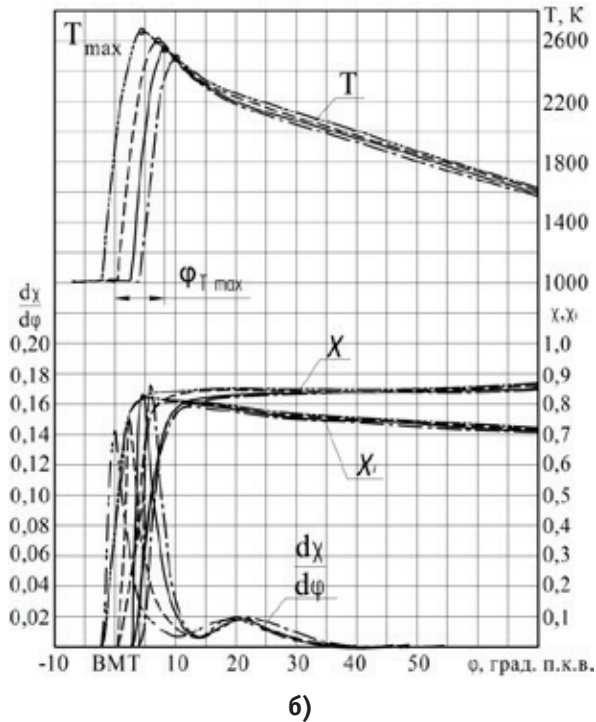


Рис. 1. Совмещенные характеристики тепловыделения дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 при работе на ЭТЭ при различных установочных УОВТ в зависимости от угла п.к.в.: а) $n=2200$ мин⁻¹, $p_e=0,64$ МПа; б) $n=1700$ мин⁻¹, $p_e=0,69$ МПа; — — — $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ$, — — — $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 23^\circ$, — · — · $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 26^\circ$, — · — — $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ$

Анализируя графики тепловыделения, можно сделать вывод, что при работе на более ранних установочных УОВТ характерно снижение скорости тепловыделения $d\chi/dj$ и сдвиг максимума скорости влево вдоль оси j . При угле $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}} = 29^\circ$ максимум скорости тепловыделения $(d\chi/dj)_{\text{max}} = 0,143$ и наблюдается при угле $j = 0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При уменьшении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}} = 26^\circ$ значение $(d\chi/dj)_{\text{max}}$ возрастает

до 0,151 и наблюдается при угле $j = 2,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При значении установочного УОВТ $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}} = 23^\circ$ значение $(d\chi/dj)_{\text{max}}$ увеличивается до 0,168 и наблюдается при угле $j = 4,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Кривые относительного выделения теплоты χ и активного тепловыделения χ_i при работе на более поздних установочных УОВТ быстрее достигают своего максимума, чем на более ранних [16–27].

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. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

7. Лиханов, В. А., Россохин А. В., Полевщиков А. С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Россохин, А. В. Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 152–154.
12. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эффективных показателей тракторного дизеля путем применения компримированного природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 7. с. 12–15.
13. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Влияние применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсий на содержание токсичных компонентов в ОГ // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4 (46). с. 42–47.
14. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5–1. с. 22–25.
15. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанолю-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
16. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанолю- и этанолю-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
17. 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.
18. 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.
19. 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. — 167с.
20. 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) с. 340–343.
21. Чувашев, А. Н. Характеристики тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на режиме максимального крутящего момента Молодой ученый. 2015. № 14 (94) с. 203–205.
22. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения Молодой ученый. 2015. № 15 (95) с. 109–111.
23. Чувашев, А. Н. Характеристики тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Технические науки: проблемы и перспективы: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2015 г.). — СПб.: Свое издательство, 2015. — с. 77–78.
24. Чувашев, А. Н. Совмещённые индикаторные диаграммы дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ при установочном угле впрыскивания дизтоплива 34°. Молодой ученый. 2015. № 16 (96) с. 244–246.
25. 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.
26. 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.
27. 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.

Показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ

Чупраков Андрей Иванович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской ГСХА на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля для работы на этанолю-топливной эмульсии. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, эмульсия.

Показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ при различных значениях установочных УОВТ, на номинальном режиме ($n = 2200$ мин⁻¹; $p_e = 0,64$ МПа) представлены на рисунке 1.

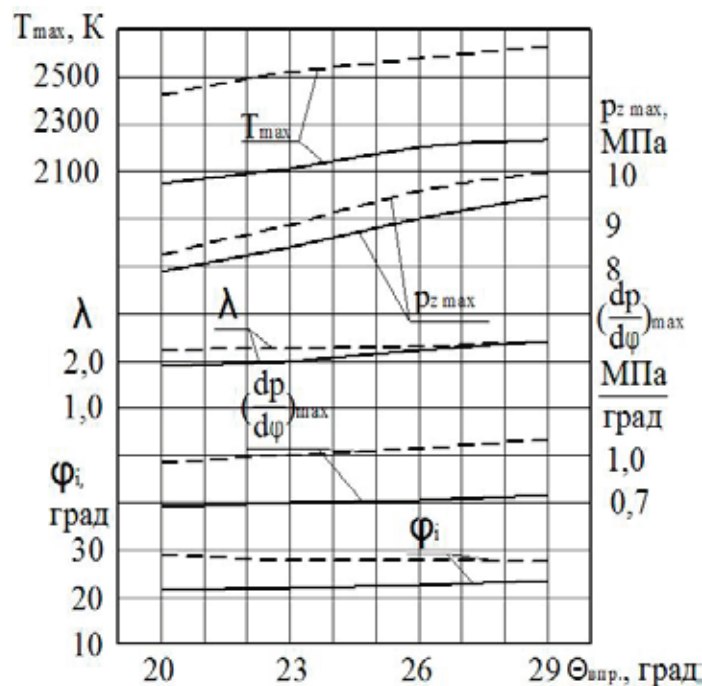


Рис. 1. Показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ в зависимости от изменения установочного УОВТ при $n = 2200$ мин⁻¹, $p_e = 0,64$ МПа; — — — ДТ; — — — — ЭТЭ

Анализируя графики показателей процесса сгорания на номинальном режиме при работе на ДТ, можно сделать следующие выводы [1–15]. Максимальная осредненная температура газов в цилиндре дизеля T_{max} при установочном УОВТ $\Theta_{впр.ДТ} = 20^\circ$ составляет 2076 К. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{впр.ДТ} = 23^\circ$ температура T_{max} повышается до 2115 К, т.е. на 39 К, или на 1,9%. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 26° температура T_{max} повышается до 2199 К, т.е. на 84 К, или 4,0%. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 29° температура T_{max} повышается до 2240 К, т.е. на 41 К, или 1,9%. Максимальное давление сгорания $p_{z,max}$ при $\Theta_{впр.ДТ} = 20^\circ$ составляет 7,9 МПа. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 23° давление $p_{z,max}$ повышается до 8,4 МПа, т.е. на 0,5 МПа, или 6,3%. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 26° давление $p_{z,max}$ повышается до 9,0 МПа, т.е. на 0,6 МПа, или 7,1%. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 29° давление $p_{z,max}$ повышается до 9,5 МПа, т.е. на 0,5 МПа, или

5,6%. Степень повышения давления λ при $\Theta_{впр.ДТ} = 20^\circ$ составляет 1,88. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 23° значение λ повышается до 2,00, т.е. на 0,12. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 26° значение λ повышается до 2,24, повышение на 12,0%. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 29° значение λ увеличивается до 2,42, т.е. на 8,0%. Значение «жесткости» процесса сгорания $(\frac{dp}{dj})_{max}$ при $\Theta_{впр.ДТ} = 20^\circ$ составляет 0,68 МПа/град. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 23° значение $(\frac{dp}{dj})_{max}$ повышается до 0,70 МПа/град, т.е. на 2,9%. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 26° значение $(\frac{dp}{dj})_{max}$ повышается до 0,72 МПа/град, т.е. на 2,9%. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 29° значение $(\frac{dp}{dj})_{max}$ повышается до 0,75 МПа/град, т.е. на 4,2%. Значение угла φ_i , соответствующего ПЗВ, при $\Theta_{впр.ДТ} = 20^\circ$ составляет $\varphi_i = 21,5^\circ$ п.к.в. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 23° угол φ_i повышается до $22,0^\circ$ п.к.в., т.е. на $0,5^\circ$ п.к.в. При увеличении $\Theta_{впр.ДТ}$ до 26° угол φ_i повышается до $22,5^\circ$ п.к.в., т.е. на $0,5^\circ$ п.к.в.

При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 29° угол φ_i увеличивается до $23,5^\circ$ п.к.в., т.е. на $1,0^\circ$ п.к.в.

При анализе графиков работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 можно отметить, что значения показателей процесса сгорания при работе на ЭТЭ увеличиваются, по сравнению с работой на ДТ. При установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ при переходе с ДТ на ЭТЭ происходят следующие изменения: температура T_{max} повышается от 2115 до 2511 К, т.е. на 396 К, или 16,9%; давление $p_{z \text{ max}}$ повышается от 8,4 до 8,9 МПа, т.е. на 0,5 МПа, или 6,0%; степень повышения давления λ возрастает от 2,00 до 2,26, или на 0,26; значение $(dp/dj)_{\text{max}}$ повышается от 0,70 до 1,01 МПа/град, т.е. на 44,3%; значение угла φ_i повышается от $22,0^\circ$ до $28,0^\circ$ п.к.в., или на $6,0^\circ$ п.к.в. При установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 26^\circ$ при переходе с ДТ на ЭТЭ наблюдаются следующие изменения: температура T_{max} повышается от 2199 до 2575 К, т.е. на 376 К; давление $p_{z \text{ max}}$ увеличивается от

9,0 до 9,6 МПа, т.е. на 0,6 МПа; значение λ увеличивается от 2,24 до 2,31, или на 0,07; значение $(dp/dj)_{\text{max}}$ увеличивается от 0,72 до 1,05 МПа/град, т.е. на 0,33; значение угла φ_i увеличивается от $22,5^\circ$ до $28,0^\circ$ п.к.в., или на $5,5^\circ$ п.к.в.

Сравнивая графики работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 на двух видах топлива, можно отметить, что значения показателей процесса сгорания при работе на ЭТЭ увеличиваются, по сравнению с работой на ДТ. При установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ при переходе с ДТ на ЭТЭ наблюдаются следующие закономерности: температура T_{max} повышается от 2145 до 2542 К, т.е. на 397 К; давление $p_{z \text{ max}}$ повышается от 8,7 до 9,2 МПа, т.е. на 0,5 МПа; степень повышения давления λ возрастает от 2,33 до 2,36; значение $(dp/dj)_{\text{max}}$ повышается от 0,73 до 1,19 МПа/град, т.е. увеличивается на 0,46 МПа/град; значение угла φ_i повышается от $17,5^\circ$ до $25,5^\circ$ п.к.в., или на $8,0^\circ$ п.к.в. [16–27].

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. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Лиханов, В.А., Россохин А.В., Полевщиков А.С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Россохин, А.В. Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 152–154.
12. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение эффективных показателей тракторного дизеля путем применения компримированного природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 7. с. 12–15.
13. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Влияние применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий на содержание токсичных компонентов в ОГ // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4 (46). с. 42–47.

14. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5–1. с. 22–25.
15. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанолю-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
16. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанолю- и этанолю-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
17. 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.
18. 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.
19. 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. — 167с.
20. 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) с. 340–343.
21. Чувашев, А. Н. Характеристики тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на режиме максимального крутящего момента Молодой ученый. 2015. № 14 (94) с. 203–205.
22. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения Молодой ученый. 2015. № 15 (95) с. 109–111.
23. Чувашев, А. Н. Характеристики тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Технические науки: проблемы и перспективы: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2015 г.). — СПб.: Свое издательство, 2015. — с. 77–78.
24. Чувашев, А. Н. Совмещённые индикаторные диаграммы дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ при установочном угле впрыскивания дизтоплива 34°. Молодой ученый. 2015. № 16 (96) с. 244–246.
25. 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.
26. 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.
27. 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.

Показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ на режиме максимального крутящего момента

Чупраков Андрей Иванович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской ГСХА на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля для работы на этанолю-топливной эмульсии. В работе приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дизель, эмульсия

Показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ при различных значениях установочных УОВТ на режиме, соответствующем максимальному крутящему моменту ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$; $p_e = 0,69 \text{ МПа}$) представлены на рисунке 1 [1–15].

Анализируя графики показателей процесса сгорания на номинальном режиме при работе на ДТ, можно сделать следующие выводы. Максимальная осредненная температура газов в цилиндре дизеля T_{max} при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ$ составляет 2103 К. При увеличении устано-

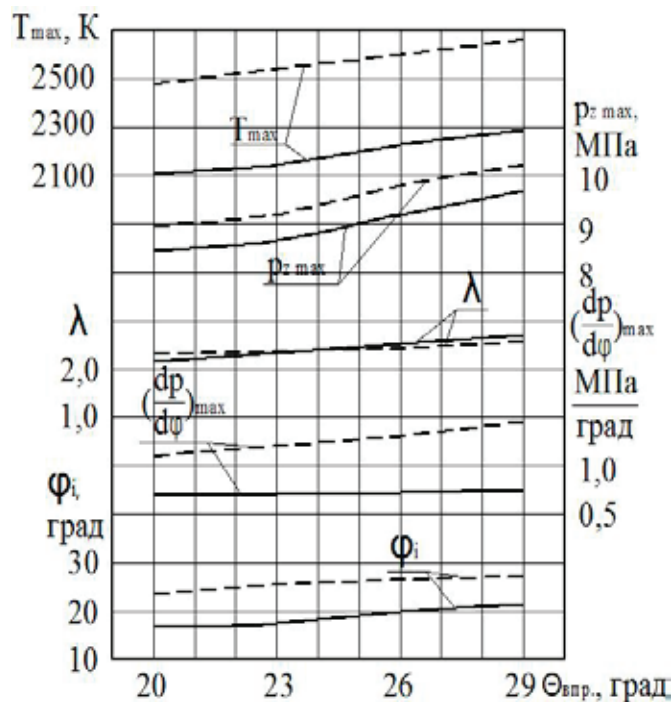


Рис. 1. Показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ в зависимости от изменения установочного УОВТ: а) $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$; б) $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$; — — — ДТ; - - - - ЭТЭ

вочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 23^\circ$ температура T_{max} повышается до 2145 К, т.е. на 42 К. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 26^\circ$ температура T_{max} повышается до 2230 К, т.е. на 85 К. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 29° температура T_{max} увеличивается до 2285 К, т.е. на 55 К. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ при $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ$ составляет 8,5 МПа. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 23° давление $p_{z \text{ max}}$ повышается до 8,7 МПа, т.е. на 0,2 МПа. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 26° давление $p_{z \text{ max}}$ повышается до 9,2 МПа, т.е. на 0,5 МПа. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 29° давление $p_{z \text{ max}}$ увеличивается до 9,7 МПа, т.е. на 0,5 МПа. Степень повышения давления λ при $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ$ составляет 2,15. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 23° значение λ повышается до 2,33, т.е. на 0,18. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 26° значение λ повышается до 2,51, т.е. на 0,18. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 29° значение λ повышается до 2,72, т.е. на 0,21. Значение $(dp/dj)_{\text{max}}$ при $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ$ составляет 0,71 МПа/град. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 23° значение $(dp/dj)_{\text{max}}$ повышается до 0,73 МПа/град, т.е. на 0,02. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 26° значение $(dp/dj)_{\text{max}}$ возрастает до 0,74 МПа/град, т.е. на 0,01. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 29° значение $(dp/dj)_{\text{max}}$ возрастает до 0,76 МПа/град, т.е. на 0,02. Значение угла ϕ_i при $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 20^\circ$ составляет $17,0^\circ$ п.к.в. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 23° угол ϕ_i остается равным $17,5^\circ$ п.к.в. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 26° угол ϕ_i повышается до значения $20,0^\circ$ п.к.в., т.е. на $2,5^\circ$ п.к.в. При увеличении $\Theta_{\text{впр ДТ}}$ до 29° угол ϕ_i повышается до $21,5^\circ$ п.к.в., т.е. на $1,5^\circ$ п.к.в.

При анализе графиков работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 на режиме максимального крутящего момента можно отметить, что значения показателей процесса сгорания при

работе на ЭТЭ увеличиваются, по сравнению с работой на ДТ, а также сходны по сравнению с номинальным режимом. Максимальная осредненная температура газов в цилиндре T_{max} при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет 2480 К. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}} = 23^\circ$ температура T_{max} повышается до 2542 К, т.е. на 62 К. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 26° температура T_{max} повышается до 2603 К, т.е. на 61 К. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 29° температура T_{max} увеличивается до 2658 К, т.е. на 55 К. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ при $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет 9,0 МПа. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 23° давление $p_{z \text{ max}}$ повышается до 9,2 МПа, т.е. на 0,2 МПа. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 26° давление $p_{z \text{ max}}$ повышается до 9,8 МПа, т.е. на 0,6 МПа. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 29° давление $p_{z \text{ max}}$ повышается до 10,2 МПа, т.е. на 0,4 МПа. Степень повышения давления λ при $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет 2,31. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 23° значение λ повышается до 2,36. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 26° значение λ повышается до 2,43. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 29° значение λ повышается до 2,58. Значение $(dp/dj)_{\text{max}}$ при $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет 1,12 МПа/град. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 23° значение $(dp/dj)_{\text{max}}$ повышается до 1,19 МПа/град. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 26° значение $(dp/dj)_{\text{max}}$ повышается до 1,31 МПа/град. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 29° значение $(dp/dj)_{\text{max}}$ повышается до 1,45 МПа/град. Значение угла ϕ_i при $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}} = 20^\circ$ составляет $\phi_i = 23,5^\circ$ п.к.в. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 23° угол ϕ_i повышается до $25,5^\circ$ п.к.в. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 26° угол ϕ_i повышается до $26,5^\circ$ п.к.в., т.е. на $1,0^\circ$ п.к.в. При увеличении $\Theta_{\text{впр ЭТЭ}}$ до 29° угол ϕ_i повышается до $27,0^\circ$ п.к.в., т.е. на $0,5^\circ$ п.к.в. Сравнивая гра-

фики работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 на двух видах топлива, можно отметить, что значения показателей процесса сгорания при работе на ЭТЭ увеличиваются, по сравнению с работой на ДТ. При установочном УОВТ $\Theta_{впр} = 23^\circ$ при переходе с ДТ на ЭТЭ наблюдаются следующие закономерности: температура T_{max} повышается от 2145 до 2542

К, т.е. на 397 К; давление $p_{z_{max}}$ повышается от 8,7 до 9,2 МПа, т.е. на 0,5 МПа; степень повышения давления λ возрастает от 2,33 до 2,36; значение $(dp/dj)_{max}$ повышается от 0,73 до 1,19 МПа/град, т.е. увеличивается на 0,46 МПа/град; значение угла φ_1 повышается от 17,5 до 25,5° п.к.в., или на 8,0° п.к.в. [16–27].

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. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Лиханов, В.А., Россохин А.В., Полевщиков А.С. Влияние этанола на показатели дизеля Д21А1 // Автомобильная промышленность. 2011. № 12. с. 26–27.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Россохин, А.В. Влияние применения альтернативных топлив на процессы образования и окисления сажевых частиц в цилиндре дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 152–154.
12. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение эффективных показателей тракторного дизеля путем применения компримированного природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 7. с. 12–15.
13. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Влияние применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий на содержание токсичных компонентов в ОГ // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4 (46). с. 42–47.
14. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5–1. с. 22–25.
15. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
16. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
17. 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.

18. 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.
19. 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. — 167с.
20. 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) с. 340–343.
21. Чувашев, А. Н. Характеристики тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на режиме максимального крутящего момента Молодой ученый. 2015. № 14 (94) с. 203–205.
22. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения Молодой ученый. 2015. № 15 (95) с. 109–111.
23. Чувашев, А. Н. Характеристики тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала. Технические науки: проблемы и перспективы: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2015 г.). — СПб.: Свое издательство, 2015. — с. 77–78.
24. Чувашев, А. Н. Совмещённые индикаторные диаграммы дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ при установочном угле впрыскивания дизтоплива 34°. Молодой ученый. 2015. № 16 (96) с. 244–246.
25. 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.
26. 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.
27. 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.

Исследование свойств дымовой трубы для бытовой печи. Выбор параметров трубы

Шевяков Владимир Викторович, кандидат технических наук (г. Москва)

Цель работы — определение влияния конструктивных параметров трубы, скорости и температуры газов на потери тяги. Обоснование выбора оптимального диаметра гладкой металлической трубы. Сравнение круглых гладких металлических труб с кирпичной трубой. Определение технических возможностей кирпичной трубы «четверик» и «пятерик». Регулировка тяги.

Расчет диаметра дымовой трубы обычно проводят исходя из количества сжигаемого топлива за один час, и соответственно количества дымовых газов, проходящих по трубе и задавая скорость дымовых газов. Однако такой подход не является оптимальным.

Если задать определенное значение потерь давления в трубе, то можно рассчитать оптимальное соотношение диаметра трубы и скорости дымовых газов через нее. Получено аналитическое выражение для определения оптимального диаметра трубы. Определены технические возможности кирпичной трубы «четверик» и «пятерик».

В работе показаны возможности по регулировке излишней тяги способом установки дополнительной задвижки перед трубой. Приведена эквивалентная схема печной системы.

Ключевые слова: тяга трубы, металлическая гладкая труба, труба «сендвич», кирпичная труба, потери давления.

Природа возникновения тяги в дымовой трубе для бытовой печи и для котельных агрегатов одна и та же. Но режим работы бытовой печи и котельного агрегата значительно отличаются по режиму работы. Печь топится периодически один-два раза в сутки. А котельный агрегат, как правило, работает непрерывно. Это накладывает свои особен-

ности и на режим работы дымовой трубы. При сжигании дров в печи труба из полностью холодного состояния начинает прогреваться, и не всегда успевает полностью прогреться за время сгорания дров, что приводит к значительно большим падениям температуры на трубе [4]. И после окончания процесса горения опять полностью охлаждается. Это необходимо учитывать при определении величины тяги трубы и расчете ее конструктивных параметров.

Естественной тягой называется разность давлений ΔP наружного воздуха и горячих газов в печной трубе и определяется разностью веса двух столбов газа с разными температурами и одинаковой высотой. Тяга трубы и приводит в движение дымовые газы в печи. Здесь тяга трубы будет рассмотрена именно, как тяга трубы, без учета тяги самой печи. Поскольку величина тяги самой печи («самотяга») зависит в значительной мере от конструктивных особенностей печи, то ее влияние на тягу трубы при данном рассмотрении учитываться не будет.

Давление создаваемое в трубе газами [3], [7]:

$$P_{\text{тр}} = h_{\text{тр}} * \gamma_{\text{г}} * g \quad (1)$$

Где $h_{\text{тр}}$ — высота дымовой трубы (м),

$\gamma_{\text{г}}$ — плотность дымовых газов в дымовой трубе ($\text{кг}/\text{м}^3$),

g — ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м}/\text{с}^2$).

Поскольку состав дымовых газов в трубе бытовой печи не сильно отличается по составу от воздуха, то вместо плотности дымовых газов можно взять плотность воздуха при соответствующей температуре в трубе. Ошибка при этом будет ничтожной [7].

Давление, создаваемое на том же уровне наружным воздухом:

$$P_{\text{в}} = h_{\text{тр}} * \gamma_{\text{в}} * g \quad (2);$$

Где $\gamma_{\text{в}}$ — плотность наружного воздуха, зависящая от температуры и давления воздуха ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Сила естественной тяги:

$$\Delta P_{\text{тр}} = S_{\text{тр}} = P_{\text{в}} - P_{\text{тр}} = \frac{h_{\text{тр}} * g * p_0}{287,1} \left(\frac{1}{T_{\text{в}}} - \frac{1}{T_{\text{г}}} \right) (\text{Па}) \quad (3)$$

Где $\Delta P_{\text{тр}}$ — тяга, создаваемая дымовой трубой с учетом падения давления на внутреннем сопротивлении трубы. При нулевых потерях в трубе $\Delta P_{\text{тр}} = S_{\text{тр}}$;

$S_{\text{тр}}$ — теоретическая тяга дымовой трубы или разрежение при закрытой задвижке в Па;

$$S_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{п}} \quad (4);$$

$\Delta P_{\text{п}}$ — потери давления в трубе;

p_0 — атмосферное давление = 100000 Па ;

$T_{\text{в}}$ — температура наружного воздуха (К);

$T_{\text{г}}$ — средняя температура газов в дымовой трубе (К);

$287,1$ — газовая постоянная воздуха ($R_{\text{в}}$).

Газовая постоянная газообразных продуктов сгорания ($R_{\text{г}}$) зависит от их состава.

В таблице 1 приведены характеристики составляющих дымовых газов.

Таблица 1. Характеристики составляющих дымовых газов

Наименование	Химическая формула	Молярная масса г/моль	Газовая постоянная Дж/(кг °С)	Плотность при 0°С и давлении $P_0=101,3 \text{ кПа}$
Кислород	O_2	32,00	259,8	1,129
Азот	N_2	28,02	296,7	1,251
Воздух	-	28,96	287,1	1,293
Водяной пар	H_2O	18,02	461,5	0,804
Водород	H_2	2,016	412,4	0,090
Оксид углерода	CO	28,01	297,0	1,250
Двуоксид углерода	CO_2	44,02	188,9	1,977

Тогда для воздуха:

$$C = \frac{g}{287,1} = 0,0342$$

Окончательная формула тяги дымовой трубы:

$$S_{тр} = C * p_0 * h_{тр} * \left(\frac{1}{T_в} - \frac{1}{T_r} \right) \text{ (Па)} \tag{5}$$

Формула (5) дает точное значение для воздуха. Поскольку дымовые газы состоят большей частью из азота и остатков кислорода, а CO₂ и паров H₂O значительно меньше, то формула (5) даст достаточно точное значение тяги в трубе.

На рисунке 1 приведены графики изменения теоретической тяги трубы, рассчитанные по формуле (5) для разных внешних температур воздуха.

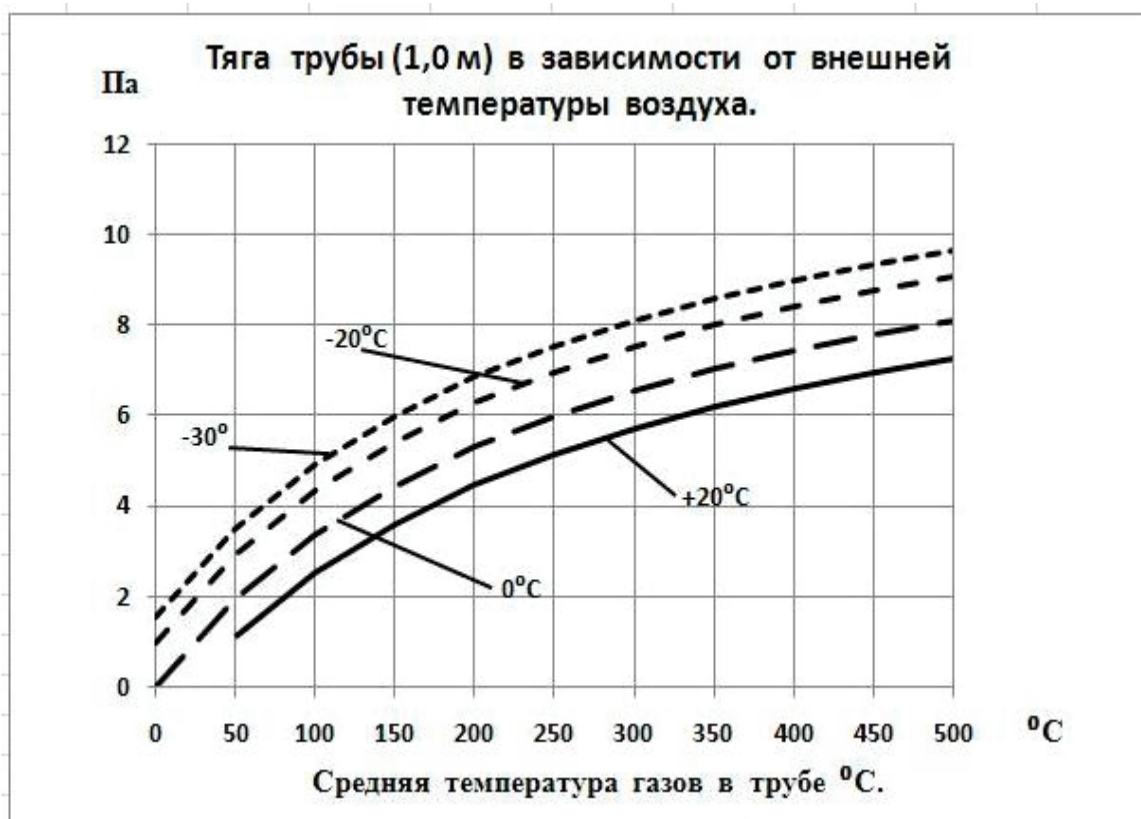


Рис. 1. Графики изменения теоретической тяги трубы

Как видно из графиков рисунок 1 температура внешнего воздуха весьма заметно влияет на величину тяги в дымовой трубе, особенно при небольших температурах дымовых газов.

На рисунке 2 приведены графики тяги трубы, полученные расчетом по формуле (5) и полученные при испытании печи ПДКШ 2,0. Замеры проводились цифровым датчиком дифференциального давления Прома-ИДМ-010–025-ДД1 с минимальным пределом измерения 60 Па.

Отличие измеренного значения разрежения в трубе и рассчитанного по формуле (5) можно объяснить тем, что состав дымовых газов в процессе сгорания дров изменяется. На начальном этапе горения дров в дымовых газах довольно много водяных паров, образующихся из воды, имеющейся в дровах. У паров воды, таблица 1, газовая постоянная в 1,6 раза больше чем у воздуха. Это приводит к некоторому снижению тяги (разрежения) в трубе. После испарения большей части воды из дров, начинает сказываться наличие в дымовых газах двуокиси углерода, у которой газовая постоянная в 1,5 раза меньше чем у воздуха. Это приводит к некоторому повышению тяги трубы. Но и кроме всего, при движении дымовых газов по трубе, часть величины теоретической тяги тратится на преодоление сопротивления трения о стенки трубы.

Сопротивление зависит от вида движения газов в трубе. Существует ламинарное и турбулентное движение газов. При турбулентном движении сопротивление пропорционально квадрату скорости течения газа. При ламинарном движении сопротивление пропорционально первой степени скорости. Характер движения зависит от величины диаметра канала, по которому движется газ, от скорости и вязкости ее и определяется так называемым числом Рейнольдса: [5]

$$Re = \frac{v d}{\nu} = \frac{v d \rho}{\mu} \tag{6}$$

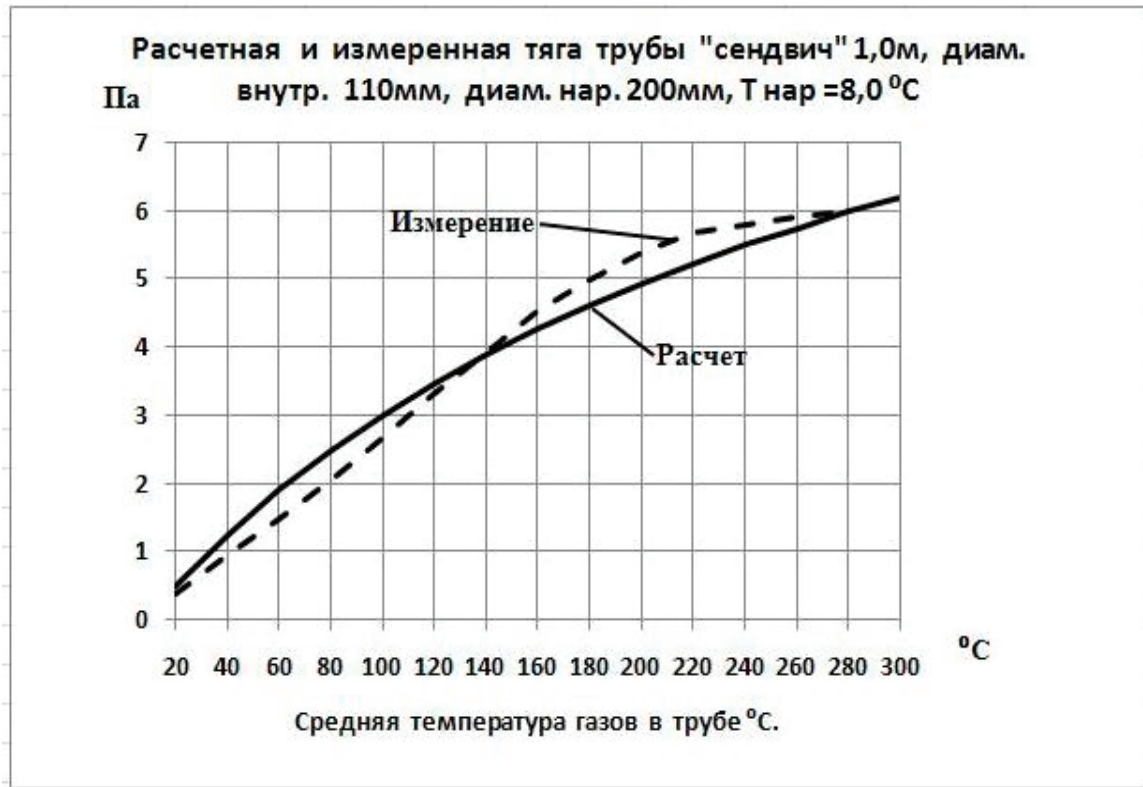


Рис. 2. График разряжения в трубе печи ПДКШ 2,0

Где v — скорость движения (см/с);
 d — диаметр канала (см);
 ν — кинематическая вязкость;
 ρ — масса 1 см³ движущейся среды при 0°;
 μ — абсолютная вязкость.

При числе $Re < 2300$, при течении газов по каналам наблюдается ламинарное течение; если $Re > 3000$, то движение будет турбулентным.

Между $Re < 2300$ и $Re > 3000$ характер движения неустойчивый — ламинарное движение сменяется турбулентным и наоборот. Для уменьшения сопротивления при движении газов в трубе желательно, чтобы движение газов при всех режимах горения дров было ламинарным.

Т. е. $Re < 2300$;

$$\frac{v \cdot d}{\nu} < 2300 \text{ или}$$

$$v \cdot d < 2300 \cdot \nu$$

Однако, как показано в работе [5 стр.111], при скоростях дымовых газов в бытовых печах 1,0–5,0 м/с это невозможно.

Поэтому при расчете сопротивлений, при движении газов в печных системах, движение в них рассматривается как турбулентное [5].

Для чисто турбулентного движения газов падение давление в канале, или в трубе для рассматриваемого случая, выражается [5 стр.112]:

$$\Delta P_{\text{т}} = \lambda \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma = \ell \cdot \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma \text{ (мм вод. ст.)} \tag{7}$$

Где λ — коэффициент трения;

ℓ — длина канала;

d — диаметр канала (трубы);

или «приведенный» диаметр; если сечение канала $a \cdot b$, то приведенный диаметр:

$$d_{\text{прив}} = \frac{2ab}{a+b};$$

v — скорость (м/с);

g — ускорение силы тяжести (9,81 м/с²);

γ — объемный вес (весовая плотность) (кг/м³);

$\zeta = \lambda \cdot \frac{1}{d}$ — коэффициент сопротивления 1 м данной трубы или канала.

Зависимость коэффициента трения от ряда факторов очень сложная. В [5 стр.114] приведены коэффициенты трения для труб и каналов. Данные этой таблицы позволяют дополнительно учесть трение для различных вариантов труб и каналов при их различном состоянии.

Формула (7) приведена для чисто турбулентного движения. Но чисто турбулентного движения в каналах не бывает. Именно, у стенок канала существует, так называемый, пограничный слой ламинарного движения. Поэтому в действительности сопротивление по каналу пропорционально скорости в степени, меньше 2.

Возьмем для расчетов потерь давления для гладких труб и для кирпичных каналов формулы из [5, стр. 113, стр.115].

Тогда окончательные формулы падения давления для гладких (металлических) труб и для кирпичных труб длиной 1,0 м будут иметь вид:

$$\Delta P_{\text{п}} = 6,61 * \frac{v^{1,924}}{d^{1,281}} \left(\frac{\gamma}{1,2}\right)^{0,825} \quad (\text{мм вод. ст.}) \quad (8);$$

$$\Delta P_{\text{п}} = 13,2 * \frac{v^{1,924}}{d^{1,281}} \left(\frac{\gamma}{1,2}\right)^{0,825} \quad (\text{мм вод. ст.}) \quad (9);$$

Где γ — объемный вес дымовых газов при соответствующей температуре в трубе. Как видно из приведенных формул (8) и (9) падение давления в дымовой трубе увеличивается при увеличении скорости движения дымовых газов почти в квадрате, уменьшается при увеличении диаметра трубы и зависит от плотности дымовых газов. Для кирпичных труб из-за большего коэффициента трения падение давления в два раза больше, чем для гладких труб.

Из-за нагрева входного воздуха его объем и скорость в каналах печи увеличиваются пропорционально температуре по формуле:

$$v_{\text{г}} = v_0 \left(1 + \frac{T_{\text{г}}(^{\circ}\text{C})}{273}\right) \quad (10);$$

Где $v_{\text{г}}$ — скорость горячих газов в канале (трубе);

v_0 — скорость газов при температуре 0⁰С;

$T_{\text{г}}$ — температура газов в канале (0⁰С).

На рисунке 3 приведены графики изменения скоростей газов в каналах (трубе) в зависимости от температуры газов, полученные по формуле (10).

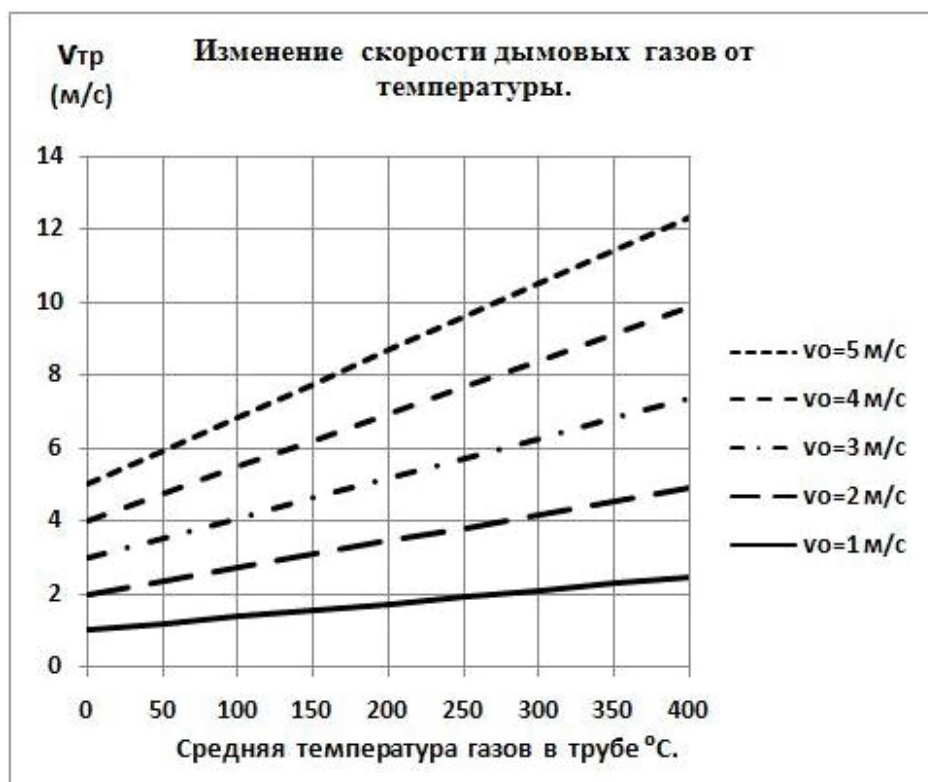


Рис. 3. Графики изменения скорости дымовых газов

Из приведенных графиков видно, что с увеличением температуры газов их объем увеличивается и соответственно увеличивается их скорость через каналы или трубу.

Из анализа формул (8) и (9) видно, что разные составляющие в разной степени влияют на потери давления в трубе.

Для определения влияния температуры на потери давления в трубе примем, что диаметр трубы не изменяется и равен $d_{\text{тр}} = d_0 = 1$, входная скорость в трубе при 0⁰С и нормальном давлении равна v_0 .

Тогда формулу (8) для гладкой трубы можно записать:

$$\Delta P_n = \Delta P_o * v^{1,924} \left(\frac{\gamma}{1,2}\right)^{0,825} \tag{11}$$

На рисунке 4 показан график изменения скорости газов в трубе, изменение плотности газов и потерь давления в трубе от температуры газов в трубе.

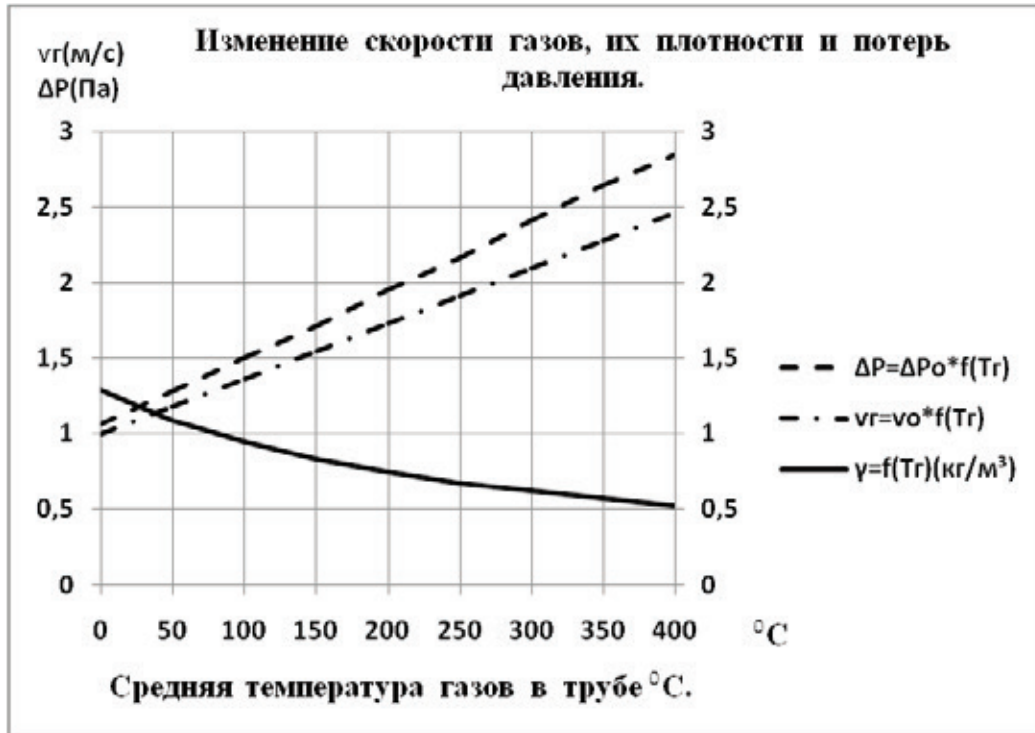


Рис. 4. Графики изменения скорости, плотности газов и потерь давления в трубе от температуры газов

Из графиков видно, что с увеличением температуры дымовых газов скорость газов растет, а плотность уменьшается. Однако в итоге потери давления в трубе растут с ростом температуры газов. Причем рост потерь происходит, практически линейно с ростом температуры газов в трубе. Можно записать достаточно точную формулу для изменения потерь давления в трубе от температуры:

$$\Delta P_n = \Delta P_o (1 + 0,0045 \Delta T_r) \tag{12}$$

Где ΔP_o — падение давления в трубе при определенной температуре газов в трубе;

ΔT_r — перепад температур (°C).

На рисунке 5 приведены графики изменения падения давления в трубе «сэндвич» при постоянных скоростях дымовых газов при температуре на входе трубы 130 °C в зависимости от разных диаметров трубы.

Величина температуры на входе трубы 130°C выбрана по рекомендациям из [1]. При этом высота дымовой трубы от колосниковой решетки до устья трубы принимается не менее 5 м. Однако при выборе высоты дымовой трубы необходимо учитывать тепловые потери в трубе и соблюдать условия не возникновения конденсата в трубе [4].

Из графиков рисунок 5 видно, что увеличение диаметра дымовой трубы при постоянной заданной скорости дымовых газов приводит к снижению потерь давления. В литературе нет четких обоснованных рекомендаций по максимально допустимым скоростям дымовых газов в трубе для бытовых печей. В [6 стр.309] говорится о характерных «нормальных» скоростях (пересчитанных на 0°C) дымовых газов в трубе 2–6 м/с. В некоторых источниках из интернета указывается величина скорости дымовых газов в трубе V_r как не менее 2 м/с. Обычно расчет диаметра дымовой трубы проводят исходя из количества сжигаемого топлива за один час, и соответственно количества дымовых газов проходящих по трубе и задавая скорость дымовых газов. Однако такой подход не является оптимальным.

Как видно из графиков рисунка 5, при небольших диаметрах трубы 100–120 мм потери давления в трубе уже при скорости v_o = 2,0 м/с т. е. при температуре = 0°C (при этом V_r = 3,0 м/с) равны 0,7–0,9 Па. При температуре на входе трубы равной 130 °C, с учетом падения температуры на трубе, величина тяги для 1,0 м трубы составит примерно 3,5 Па. Т. е. потери давления на трубе равны 20–26 %. Что явно многовато. Для того, чтобы потери давления в трубе не сказывались на работе печи, необходимо закладывать эти потери в пределах 5,0–10,0 %.

С точки зрения тепловых потерь в трубе необходимо выбирать трубу с меньшим диаметром, чтобы уменьшить внутреннюю поверхность трубы и снизить ее теплопоглощение, а для снижения потерь давления диаметр трубы необходимо увеличивать. Задавая определенное значение потерь давления, можно рассчитать оптимальное

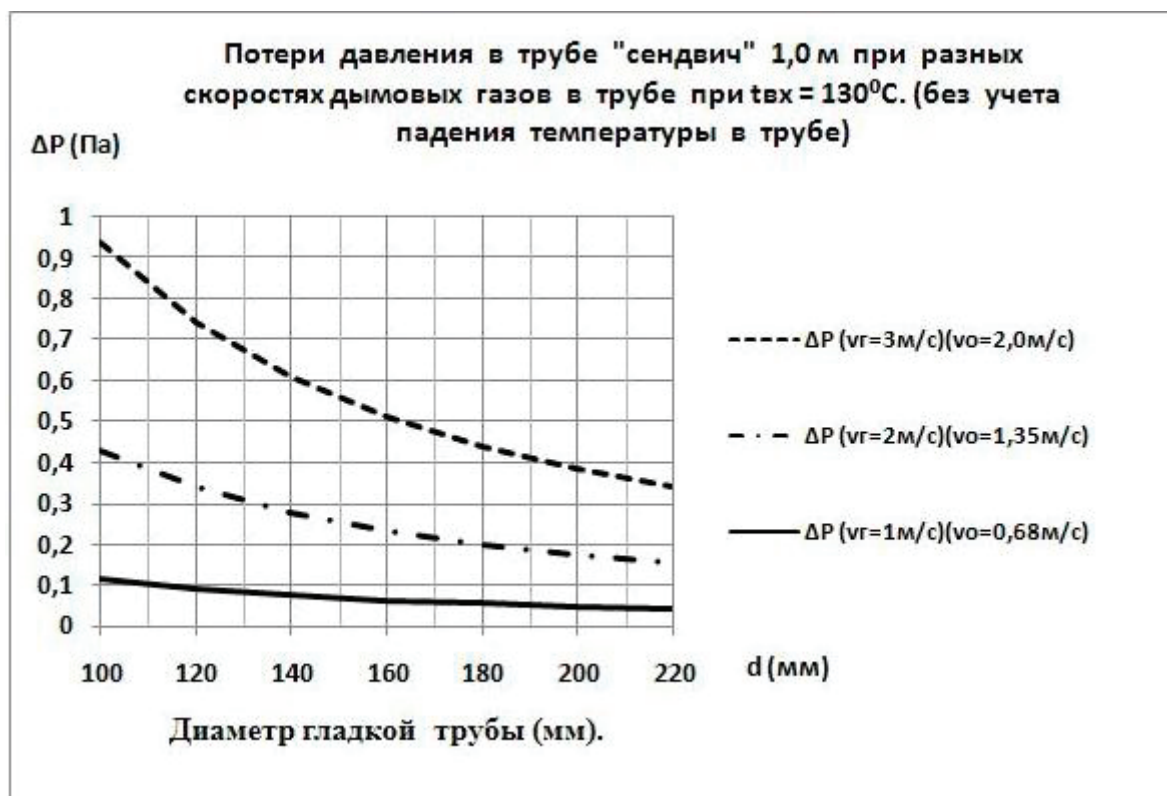


Рис. 5. Графики падения давления в трубе «сэндвич»

соотношение диаметра трубы и скорости дымовых газов через нее. Рассчитаем, какой должен быть диаметр гладкой металлической трубы при сжигании дров различной массы от 1 до 20 кг исходя из заданных потерь давления в трубе по формуле (8) для температуры на входе в трубу 130⁰С. Для упрощения расчетов будем считать, что дрова сгорают за время 1,0 час.

Подставив значение объемного веса γ для температуры 130⁰С, получим:

$$\Delta P_{\text{п}} = 5,09 * \frac{V_{\text{г}}^{1,924}}{d^{1,281}} \quad (\text{мм вод. ст.}) \tag{13}$$

Скорость $V_{\text{г}}$ можно записать:

$$V_{\text{г}} = V_{\text{о}} * 1,48 = \frac{V_{\text{о}}}{A_{\text{тр}}} * 1,48 = 5,28 * 10^3 * M_{\text{др}} * \frac{1}{d^2} \quad (\text{м/с})$$

Где $V_{\text{о}}$ — объем воздуха, равный 10,0 м³, необходимого для сгорания 1,0 кг дров при $W=25\%$ за 1,0 час [1];

За 1,0 сек объем воздуха — $V = 0,0028 M_{\text{др}}$ (м³/с);

$A_{\text{тр}}$ — площадь сечения дымовой трубы, $A_{\text{тр}} = 0,785 * 10^{-6} * d^2$ (м²)

Где (d в мм);

$$\Delta P_{\text{п}} = 734 * 10^6 * \frac{M_{\text{др}}^{1,924}}{d^{5,129}} \quad (\text{Па}) \tag{14}$$

$$d = \sqrt[5,129]{\frac{734 * 10^6 * M_{\text{др}}^{1,924}}{\Delta P_{\text{п}}}} \quad (\text{мм}) \tag{15}$$

Подставляя в формулу (15) значения падения давления на трубе ΔP как 5,10,15 и 20 % от 3,5 Па, построим графики для определения диаметра гладкой дымовой трубы рисунок 6.

В нижней части рисунка 6 приведены соответствующие скорости газов, пересчитанные для температуры 0⁰С.

Из графиков рисунок 6 видно, что оптимальный диапазон скоростей в дымовой трубе при температуре равной 0⁰С составляет 0,8–2,0 м/с.

Такой подход к расчету необходимого диаметра гладкой металлической трубы («сэндвич») позволяет оптимально выбрать ее диаметр при минимальных тепловых потерях на трубе.

Кирпичные трубы

Представляет большой интерес определить возможности кирпичной трубы «четверик» и «пятерик», как наиболее часто применяемые при постройке печей.

Воспользуемся формулой (9) для потерь на кирпичной трубе для температуры на входе в трубу 130⁰С: Определим потери на 1,0 м кирпичной трубы при сжигании различного количества дров с $W=25\%$ для $T_{\text{вых}}=130^{\circ}\text{C}$.

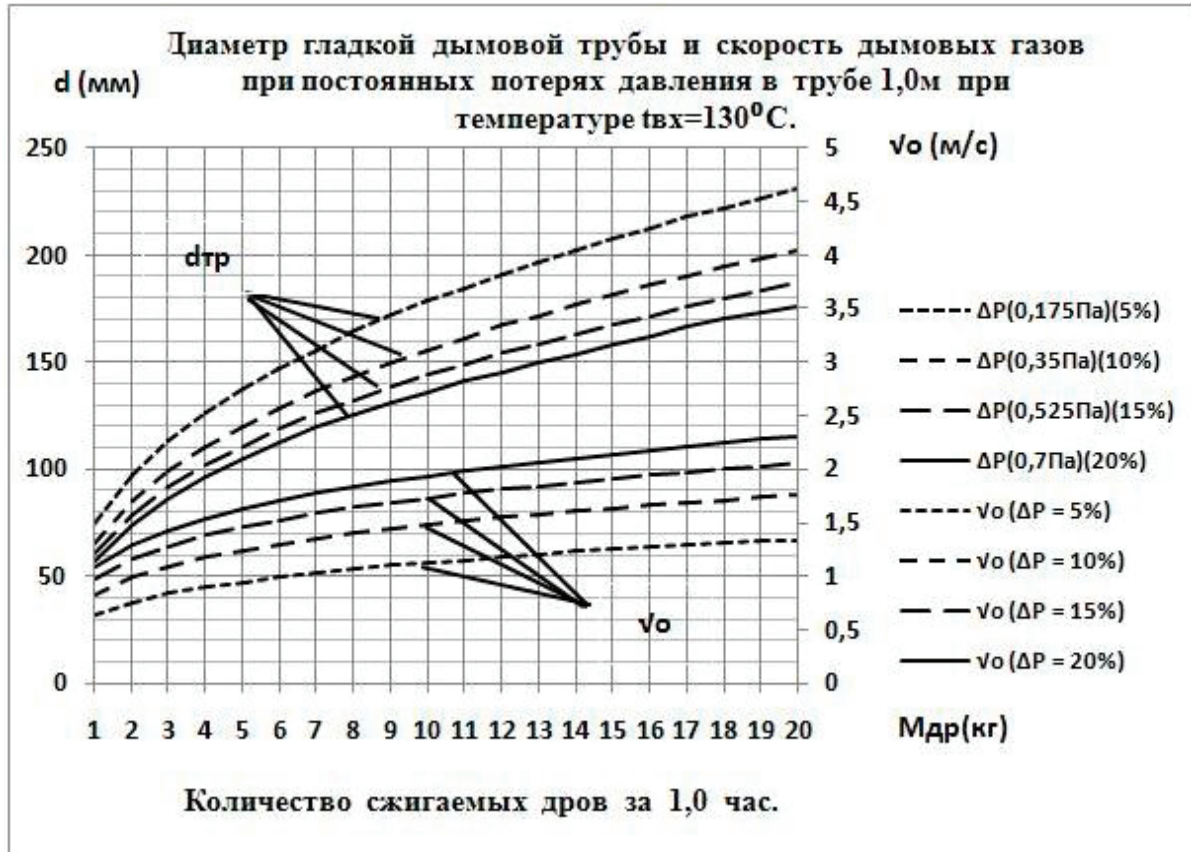


Рис. 6. Графики зависимости диаметра гладкой дымовой трубы от количества сжигаемых дров

$$\Delta P_{\Pi} = 13,2 * \frac{v^{1,924}}{d^{1,281}} \left(\frac{\gamma}{1,2}\right)^{0,825} \quad (\text{мм вод. ст.}) \quad (9);$$

Труба «четверик» сечением 130*130 мм, площадь сечения $A_{\text{тр}} = 0,0169 \text{ м}^2$.

Приведенный диаметр равен: $d_{\text{прив}} = \frac{2ab}{a+b}$; $d = 130 \text{ мм}$;

$$V = V_0 * 1,48 = \frac{V_0}{A_{\text{тр}}} * 1,48 = \frac{10 * M_{\text{др}}}{3600 * 0,0169} * 1,48 = 0,164 * M_{\text{др}} * 1,48$$

$$V = 0,243 * M_{\text{др}} \quad (\text{м/с}) \quad (16)$$

$$\Delta P_{\Pi} = 10,16 * \frac{(0,243 * M_{\text{др}})^{1,924}}{130^{1,281}} = 0,0013 * M_{\text{др}}^{1,924} \quad (\text{мм вод.ст.}) \quad (17)$$

Для удобства восприятия построим по формуле (17) график рисунок 7 в пересчете на Па.

Из графиков рисунок 7 видно, что максимальное количество дров, сжигание которых обеспечивает труба «четверик» при потерях в трубе 10 % от тяги 3,5Па при 130°C это 5–6 кг в час. При этом скорость газов V_0 при 0°C составляет примерно 1,0 м/с.

Труба «пятерик»

Труба «пятерик» сечением 250*130 мм, площадь сечения $A_{\text{тр}} = 0,0325 \text{ м}^2$.

$$V = V_0 * 1,48 = \frac{V_0}{A_{\text{тр}}} * 1,48 = \frac{10 * M_{\text{др}}}{3600 * 0,0325} * 1,48 = 0,0854 * M_{\text{др}} * 1,48$$

$$V = 0,126 * M_{\text{др}} \quad (\text{м/с}) \quad (18)$$

Приведенный диаметр равен: $d_{\text{прив}} = 171 \text{ мм}$.

$$\Delta P_{\Pi} = 10,16 * \frac{(0,126 * M_{\text{др}})^{1,924}}{171^{1,281}} = 0,000277 * M_{\text{др}}^{1,924} \quad (\text{мм вод. ст.}) \quad (19)$$

Построим график по формуле (19) рисунок 8 в пересчете на Па.

Из графиков рисунок 8 видно, что максимальное количество дров, сжигание которых обеспечивает труба «пятерик» при потерях в трубе 10 % от тяги 3,5Па при 130°C это 12–13 кг в час. При этом скорость газов V_0 при 0°C составляет примерно 1,0 м/с.

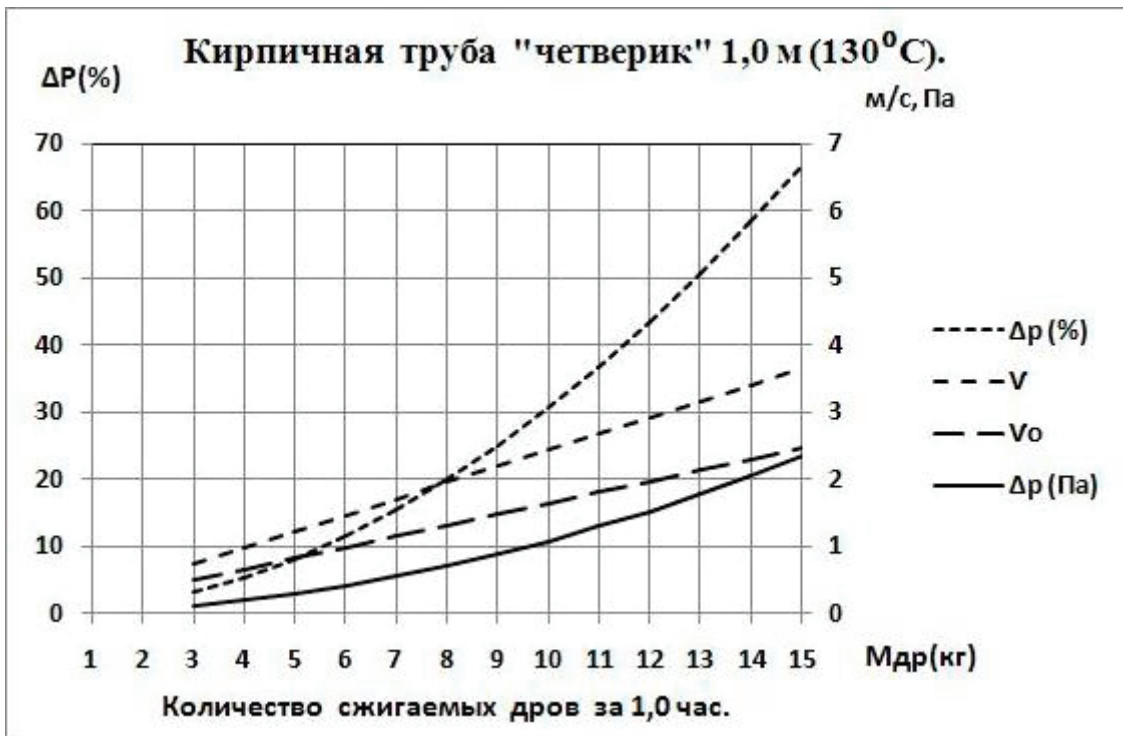


Рис. 7. Труба «четверик»

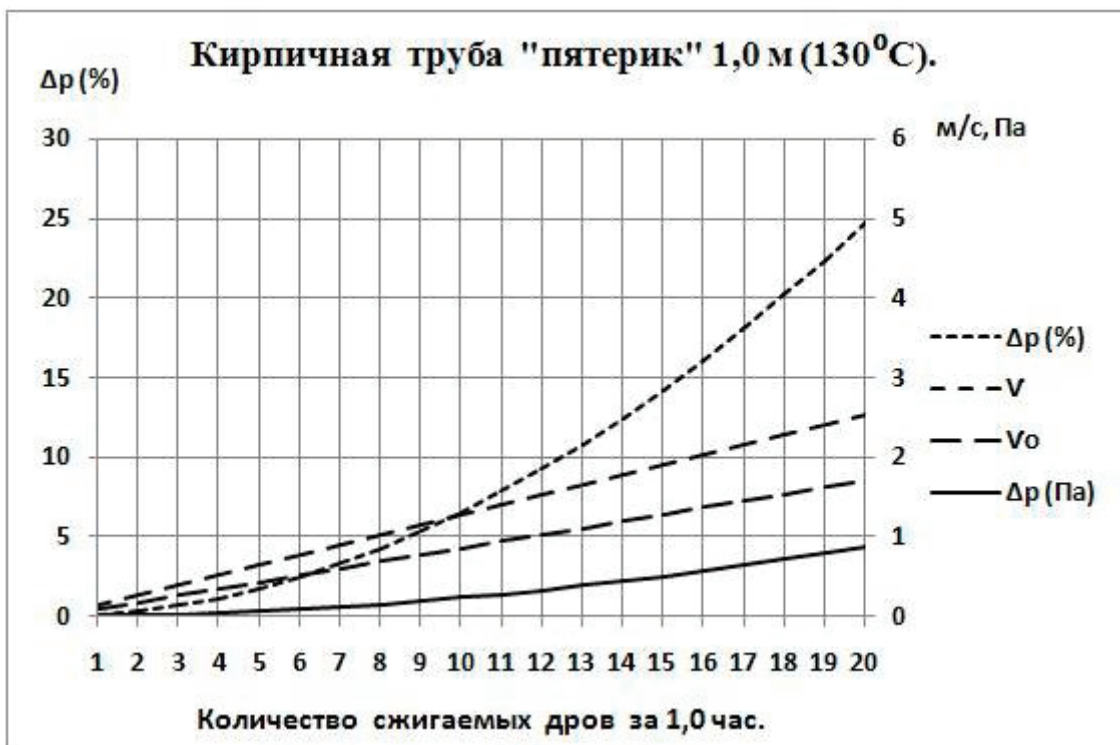


Рис. 8. Труба «пятерик»

Регулировка величины тяги в дымовой трубе

При проектировании печной системы, состоящей из самой печи и дымовой трубы, необходимо согласовывать внутреннее сопротивление печи с тягой трубы. Тяга трубы должна превышать падение давлений на самой печи. Сопротивление печи складывается из местных сопротивлений отдельных участков печи. Для определения падения давления на отдельных участках печи воспользуемся формулой из [5, стр.119].

$$\Delta P_{\Pi} = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma \text{ (мм. вод. ст.)} \tag{20}$$

Где ΔP_{Π} — падение давления (мм. вод. ст.);
 ζ — коэффициент местного сопротивления;
 $\frac{v^2}{2g} \cdot \gamma$ — скоростной напор;
 γ — объемный вес (весовая плотность) (кг/м³);

Суммарный перепад давления на печи будет определяться суммой всех местных сопротивлений печи и скоростью газов через эти участки. В [6] приведены примерное ориентировочное значение суммарного коэффициента сопротивления канальной бытовой печи $\Sigma \zeta_{\Pi} = 10$. Тогда при средней скорости движения газов 2,0 м/с, перепад давления на печи составит 20,0 Па. Это, конечно, весьма ориентировочные величины. Для точных расчетов необходимо учитывать скорость и температуру газов на каждом участке печи. Из приведенных данных следует, что тяга трубы, для нормальной работы печи должна, с учетом падения давления на самой трубе, превышать необходимые 20,0 Па. Для получения такой величины тяги высота трубы должна быть не менее 5–6 м. А температура дымовых газов на входе трубы не менее 150 °С.

Конструкция печи обязательно должна быть согласована с возможностью трубы. И труба должна обеспечивать некоторый запас тяги. Не всегда удастся конструктивно выполнить трубу нужной высоты, и, следовательно, обеспечить необходимую величину тяги. В этом случае надо выбирать конструкцию печи с меньшим количеством оборотов и снижать скорость газов в каналах печи. Расчет необходимого суммарного сопротивления бытовой печи — это отдельный большой вопрос, и в данной статье не рассматривается. Иногда очень часто возникает обратная картина,

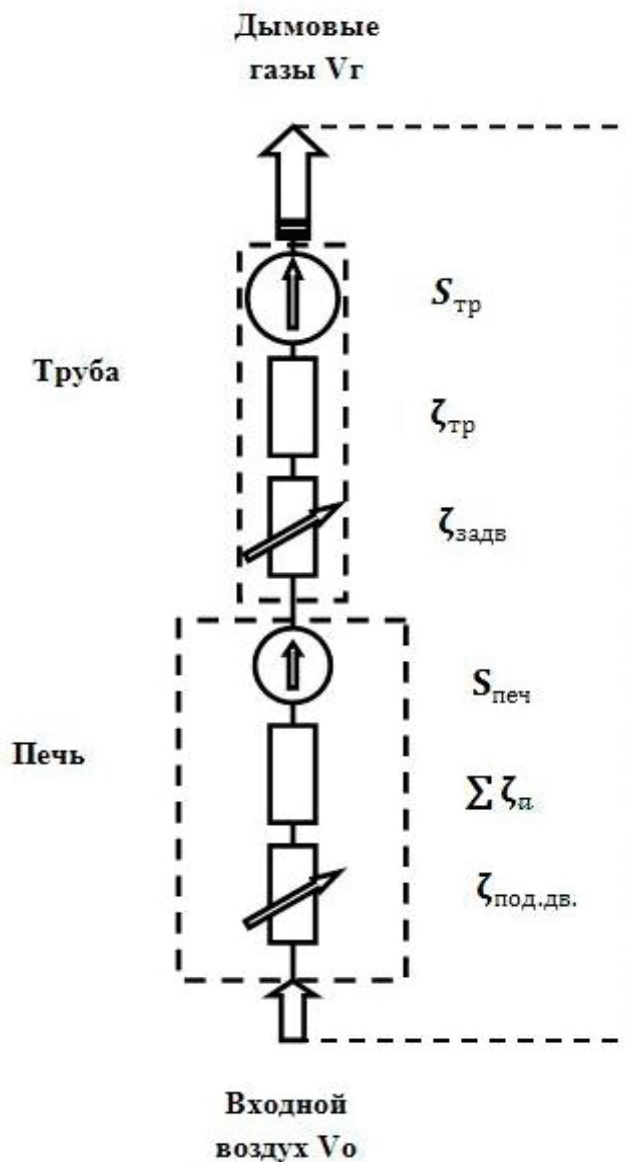


Рис. 9. Эквивалентная схема печной системы

когда труба большой высоты, а печь с малым количеством оборотов, например прямоточка. И, кроме того, в печи «самотяга» совпадает с тягой трубы. Все это приводит к лишней суммарной тяге в печной системе. Большая величина тяги приводит к увеличению количества входного воздуха, поступающего в печь. Сгорание дров происходит более интенсивно, с большим выделением тепла. Повышается температура дымовых газов на выходе печи, что приводит к увеличению потерь с уходящими газами и к снижению КПД печи. Регулировку и ограничение количества воздуха, поступающего в печь, производят чаще всего открытием поддувальной дверки. При этом изменяется коэффициент сопротивления открытой поддувальной дверки, что и приводит к изменению потока воздуха через всю печь. Однако при большой избыточной тяге трубы этим способом не всегда удается достаточно точно отрегулировать процесс горения дров. И, кроме того, поскольку вся тяга трубы прикладывается к печи, то это приводит к засасыванию паразитного воздуха через дефекты в кладке печи в дымоходы, что снижает КПД печи. Известен и более правильный способ регулировки тяги. Это установка дополнительной задвижки между трубой и печью. Регулируя положение задвижки в трубе, можно в широких пределах изменять сопротивление этого участка, и тем самым изменять падение давления на трубе. Следовательно, к самой печи будет прикладываться необходимая величина тяги. Задвижку после регулировки процесса горения можно зафиксировать в нужном положении и больше не трогать. А открытием поддувальной дверки можно осуществлять точную регулировку. На рисунке 9 приведена эквивалентная схема печной системы.

Где $S_{тр}$ — тяга трубы (Па);

$\zeta_{тр}$ — коэффициент сопротивление трубы;

$\zeta_{зadv}$ — коэффициент сопротивление дополнительной задвижки на трубе;

$S_{печ}$ — «самотяга» печи (Па);

$\Sigma\zeta_{п}$ — суммарный коэффициент сопротивления печи;

$\zeta_{под.дв.}$ — коэффициент сопротивления поддувальной дверки;

V_o и V_r — объем входного воздуха и продуктов горения (m^3).

В [5] приведены коэффициенты местных сопротивлений для различных конфигураций участков дымоходов.

Конкретно для дополнительной задвижки (рисунок 10) в прямоугольном канале приведено изменение коэффициента сопротивления от положения задвижки в канале таблица 2. Значения из [5].

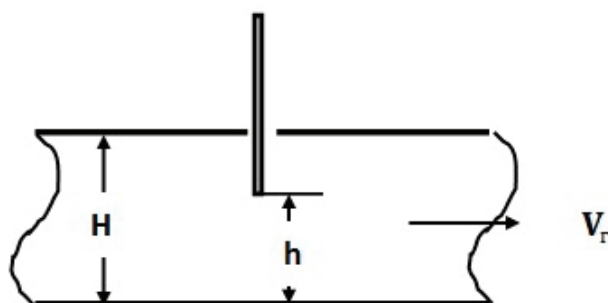


Рис. 10. Прямоугольная задвижка

Таблица 2. Изменение коэффициента сопротивления прямоугольной задвижки в прямоугольном канале

h:H	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$\zeta_{зadv}$	0	0,09	0,39	0,95	2,08	4,02	8,12	17,2	44,5	193

Как видно из таблицы 2 дополнительная задвижка в канале дымовой трубы позволяет регулировать тягу, прикладываемую к печи, и, следовательно, поток воздуха через печь в широких пределах.

Из выше рассмотренного можно сделать выводы:

При расчете величины тяги необходимо учитывать теплопотери в трубе и учитывать условия не возникновения конденсата в трубе.

В металлических гладких трубах («сэндвич») потери давления в трубе (потери тяги) в два раза меньше, чем в кирпичных трубах.

При расчете падения давления в кирпичной трубе необходимо учитывать состояние трубы и делать поправку по коэффициенту трения.

При расчете сечения трубы для коротких труб необходимо задавать меньшие падения давления, а для высоких труб можно задавать большие падения давления.

Предлагаемый метод расчета позволяет оптимально рассчитать диаметр круглой гладкой дымовой трубы («сэндвич»). При этом скорость воздуха в трубе не превышает 0,8–2,0 м/с при 0°C.

Максимальное количество дров, сжигание которых обеспечивает труба «четверик» при потерях в трубе 10% от тяги 3,5 Па на 1,0 м при 130°C это 5,5–6,0 кг в час. При этом скорость газов V_0 при 0°C составляет примерно 1,0 м/с. Труба «пятерик» при тех же условиях — 12–13 кг.

Для уменьшения тяги трубы и ее регулировки необходимо устанавливать перед трубой дополнительную задвижку с возможностью ее фиксации.

Литература:

1. ГОСТ 2127–47. Печи отопительные теплоемкие. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL: <http://www.artdek.ru/template/txtgost/4.pdf> (дата обращения 15.07.2015)
2. Рындин, Д. Б. Федотов Д. В. Поверочный расчет дымохода для котлов с открытой камерой сгорания. Журнал СОК № 10, 2007г Рубрика: Отопление, ГВС. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL: <http://www.c-o-k.ru/articles/poverochnyy-raschet-dymohoda-dlya-kotlov-s-otkrytoy-kameroj-sgoraniya> (дата обращения 20.07.2015)
3. Тяга в дымовой трубе котельного агрегата. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL: <http://www.sergey-osetrov.narod.ru/Projects/Boiler/Chimney.htm> (дата обращения 15.07.2015)
4. Шевяков, В. В. Конденсат в трубе бытовой печи при горении дров. Universum: Технические науки. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/2254> (дата обращения 25.07.2015)
5. Нагорский, Д. В. Общая методика расчета печей. Москва 1941г Ленинград.
6. Хошев, Ю. М. Дровяные печи. Москва 2014 г.
7. Щеголев, М. М. Топливо, топки и котельные установки Москва 1953 г.

Дефект перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе

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

Для процесса производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer получен аналитический критерий возникновения дефекта перегиба заготовки при ее изгибе на трубоформовочном прессе.

Ключевые слова: *стальные трубы большого диаметра, трубоформовочный пресс, радиус кривизны заготовки, овальность трубы.*

Дефект перегиба при формовке заготовки. При формовке заготовки на прессе пошаговой формовки SMS Meer из-за больших изгибающих моментов от свободно весящей в воздухе части заготовки может возникать дефект перегиба — необратимый пластический изгиб заготовки в сторону, противоположную нормальному изгибу трубы.

Пусть h — толщина заготовки, α_1 и α_2 — углы контакта листовой заготовки с бойками; s_T и γ — предел текучести (Па) и плотность металла заготовки ($\text{кг}/\text{м}^3$), g — ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$).

Первый случай перегиба. Рассмотрим перегиб *плоской* свободной части заготовки при ее формовке слева направо (рис. 1). В этом случае перегиб заготовки о бойки в обратную сторону возникает, если поперечная длина свободной части заготовки s_1 больше s_{1T} :

$$s_{1T} = \frac{1}{\mu} \sqrt{\frac{h\sigma_T}{3\gamma \cos \alpha_1}},$$

где μ — безразмерный коэффициент, учитывающий силы инерции при изгибе заготовки.

Второй случай перегиба. Рассмотрим перегиб свободной *цилиндрической* части заготовки при ее формовке слева направо и справа налево (рис. 1–3). В этом случае перегиб заготовки о бойки в обратную сторону возникает, если длина цилиндрического участка свободной части заготовки s_2 больше s_{2T} , которая определяется из нелинейного уравнения:

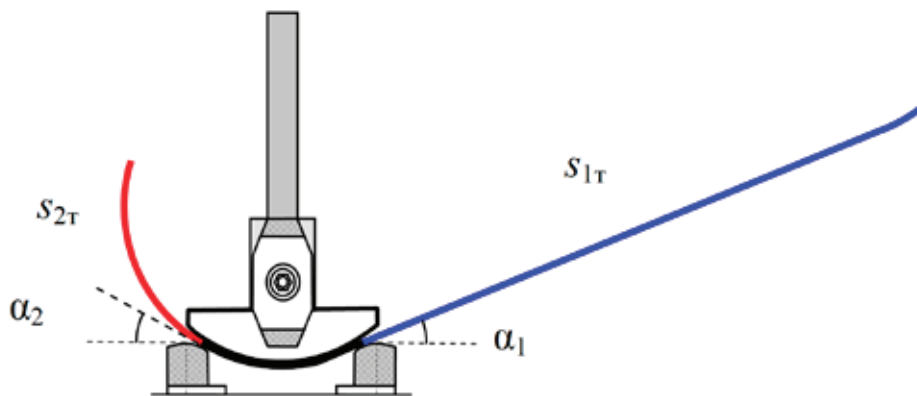


Рис. 1. Пошаговая формовка левой части заготовки

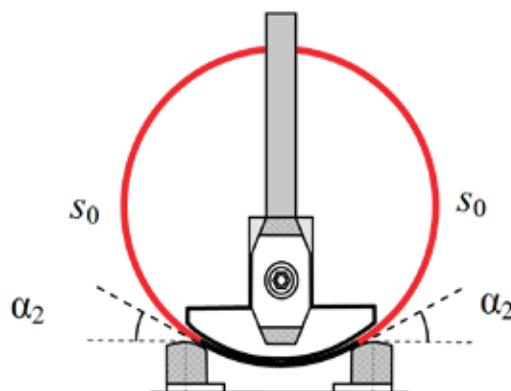


Рис. 2. Последний удар формовочного ножа по центру заготовки

$$\frac{h\sigma_r}{6} = \gamma g \frac{\mu s_{2r}^2}{2} \frac{1}{\left(\frac{\alpha_s}{2}\right)} \left[\frac{\sin\left(\frac{\alpha_s}{2}\right)}{\left(\frac{\alpha_s}{2}\right)} \sin\left(\alpha_2 + \frac{\alpha_s}{2}\right) - \sin \alpha_2 \right], \quad \alpha_s = \frac{\mu s_{2r}}{\beta r_n},$$

где β – коэффициент пружинения стальной заготовки, r_n – радиус пуансона.

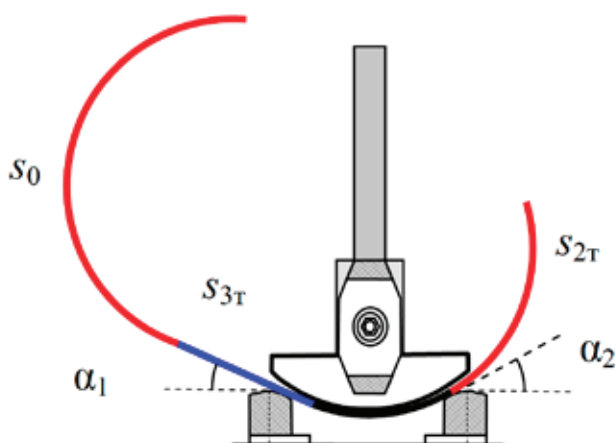


Рис. 3. Пошаговая формовка правой части заготовки

Третий случай перегиба. Рассмотрим перегиб *изогнутой* свободной части заготовки, состоящей из прямолинейного участка длиной s_3 и цилиндрического участка длиной s_0 (рис. 3). В этом случае перегиб заготовки о бойки в обратную сторону возникает, если длина s_3 больше s_{3r} , которая определяется из квадратного уравнения:

$$\alpha_{s_0} = \pi - 2\alpha_1, \quad s_0 = \alpha_{s_0} \beta r_{\pi},$$

$$\frac{h\sigma_T}{6} = \gamma g \left(\frac{\mu^2 s_{3r}^2 \cos \alpha_1}{2} + \mu s_{3r} s_0 \cos \alpha_1 + \frac{s_0^2}{2} \frac{1}{\left(\frac{\alpha_{s_0}}{2}\right)} \left[\frac{\sin\left(\frac{\alpha_{s_0}}{2}\right)}{\left(\frac{\alpha_{s_0}}{2}\right)} \sin\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_{s_0}}{2}\right) - \sin \alpha_1 \right] \right).$$

На рис. 4 показана некачественная овальность стенки трубы после формовки на трубоформовочном прессе SMS Meer.

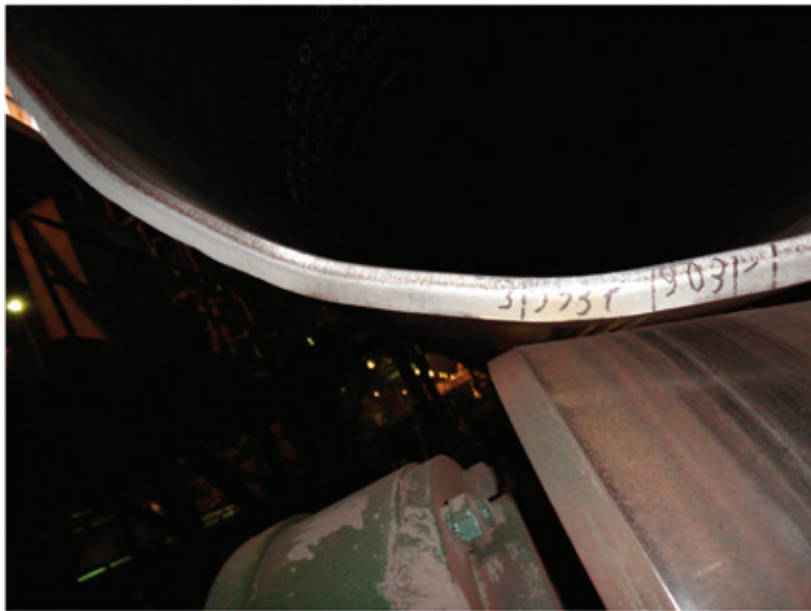


Рис. 4. Некачественная овальность стенки трубы после трубоформовочного пресса

Наиболее опасным является первый шаг изгиба заготовки слева направо на трубоформовочном прессе, при котором возникает максимальный изгибающий момент от свободной части заготовки.

Величина подгибаемой кромки заготовки $L_{кр}$ на кромкогибочном прессе в зависимости от размеров калибровочного инструмента может изменяться от 187,6 мм до 503,7 мм. Пусть B — ширина трубной заготовки, L_m — расстояние между бойками, кромкогибочного пресса SMS Meer. Положим «диаметр» $D = B/\pi$. Длина свободной части заготовки s_1 на первом шаге ее изгиба на трубоформовочном прессе равна $s_1 = B - \Delta S = \pi D - \Delta S$, где $\Delta S = k L_m / 2 + L_{кр}$, $0 < k \leq 1$.

Максимальный диаметр D_{max} , который можно получить на трубоформовочном прессе без дефекта перегиба заготовки, равен

$$D_{max} = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{\mu_2} \sqrt{\frac{\sigma_T h}{3\gamma g \cos \alpha}} + \Delta S \right).$$

Значения D_{max} при $L_m = 461,5$ мм, $L_{кр} = 432$ мм, $k = 1$ ($\Delta S = 662,75$ мм) приведены в таблице 1.

Минимальная толщина стенки трубы h_{min} , при которой можно получить трубную заготовку диаметром D на трубоформовочном прессе без дефекта перегиба, равна

$$h_{min} = \frac{3\mu_2^2 \gamma g \cos \alpha (\pi D - \Delta S)^2}{\sigma_T}.$$

Значения h_{min} при $\Delta S = 662,75$ мм приведены в таблице 2.

Производственные дефекты стальных труб. Новейшими технологиями производства прямошовных одношовных труб большого диаметра являются процессы по схеме JCOE [1–46]. Перед формовкой труб стальной лист правят на листопрямильных машинах [1, 2, 6–12]. Дефект образования гофра продольной кромки стального листа на кромкоги-

Таблица 1. Максимальный диаметр трубы при изгибе заготовки на трубоформовочном прессе без дефекта перегиба

h, мм	D _{max} , мм		
	s _т = 400 МПа	s _т = 450 МПа	s _т = 500 МПа
2	802,4	838,3	872,2
3	935,3	979,2	1020,8
4	1047,4	1098,1	1146,1
5	1146,1	1202,8	1256,5
6	1235,3	1297,5	1356,3
7	1317,4	1384,5	1448,0
8	1393,8	1465,6	1533,4
9	1465,6	1541,7	1613,7
10	1533,4	1613,7	1689,5
11	1598,0	1682,1	1761,7
12	1659,7	1747,5	1830,7

Таблица 2. Минимальная толщина стенки трубы при изгибе заготовки на трубоформовочном прессе без дефекта перегиба

D, мм	h _{min} , мм		
	σ _т = 400 МПа	σ _т = 450 МПа	σ _т = 500 МПа
1020	3,74	3,33	2,99
1220	5,82	5,17	4,66
1420	8,36	7,43	6,69

бочном прессе изучался в работах [1, 2, 15–22], дефект несплавления сварного продольного шва при сборке трубы — в [1, 2, 13], дефект остаточных напряжений стального листа после трубоформовочного пресса — в [1, 2, 28], дефект стального листа раскатной пригар с риской — в [1, 2, 14], процессы прокатки стального листа для производства труб — в [47–57].

Литература:

1. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2013. — 655 с.
2. Шинкин, В. Н. Механика сплошных сред для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2014. — 628 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. Буланов, Э. А., Шинкин В. Н. Механика. Вводный курс. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 172 с.
6. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). с. 344–349.
7. Шинкин, В. Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироликовой листопрямильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 359–365.
8. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 361–366.
9. 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.
10. Шинкин, В. Н. Четырехроликовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 356–361.
11. Шинкин, В. Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 225–229.
12. Шинкин, В. Н. Шестироликовый режим предварительной правки стальной полосы на листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). с. 205–211.
13. Шинкин, В. Н. Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном несплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 222–227.

14. Шинкин, В. Н. Критерий разрушения труб при дефекте раскатной пригар // Молодой ученый. 2015. № 16 (96).
15. Шинкин, В. Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. Вып. 6. с. 171–174.
16. 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.
17. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса формовки заготовки для труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 1. с. 54–58.
18. 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.
19. 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.
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. Упругопластическое формоизменение металла на кромкогибочном прессе при формовке труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 6. с. 53–56.
22. 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.
23. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процессов экспандирования и гидротестирования труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 10. с. 12–19.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. Шинкин, В. Н., Мокроусов В. И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте раскатной пригар с риской // Производство проката. 2012. № 12. с. 19–24.
31. 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.
32. Шинкин, В. Н., Федотов О. В. Расчет технологических параметров правки стальной горячекатаной рулонной полосы на пятироlikовой машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. № 9. с. 43–48.
33. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироlikовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // Производство проката. 2014. № 5. с. 7–15.
34. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатироlikовой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2014. № 8. с. 26–34.
35. 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.
36. Шинкин, В. Н., Борисевич В. Г., Федотов О. В. Холодная правка стального листа в четырехроlikовой листопрямительной машине // В сборнике: Глобализация науки: проблемы и перспективы. Том 2. — Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. — с. 119–121.
37. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатироlikовой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2015. № 1. с. 42–48.

38. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // *Сталь*. 2015. № 4. с. 38–42.
39. Шинкин, В. Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meeg для магистральных трубопроводов // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 3–1. с. 64–67.
40. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meeg // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 4–1. с. 114–119.
41. Шинкин, В. Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meeg // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 5–1. с. 96–99.
42. 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. № 6–1. с. 115–118.
43. Шинкин, В. Н. Оценка усилий трубоформовочного пресса SMS Meeg при изгибе стальной цилиндрической заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 7–1. с. 74–78.
44. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Сила давления пуансона трубоформовочного пресса SMS Meeg при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 8–1.
45. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Математический критерий перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meeg // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 9–1.
46. Пермичев, Н. Ф., Барыков А. М., Палева О. А. Управление инновационным потенциалом предприятия. — Нижний Новгород: Изд. ВВАГС, 2008. — 83 с.
47. 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.
48. 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.
49. 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.
50. Мухин, Ю. А., Бельский С. М. О допустимости одного упрощения при анализе процесса несимметричной тонколистовой прокатки // *Производство проката*. 2007. № 7. с. 11–13.
51. 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.
52. Бельский, С. М., Мухин Ю. А. Нейтральные углы и контактное давление при тонколистовой прокатке со скоростной асимметрией // *Производство проката*. 2007. № 11. с. 13–17.
53. 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.
54. 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.
55. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М., Мазур С. И. Особенности профилировок рабочих валков для клетей с осевой сдвижкой. Сообщение 2 // *Производство проката*. 2008. № 1. с. 21–24.
56. Бельский, С. М. О некоторых эффектах применения осевой сдвижки рабочих валков // *Производство проката*. 2008. № 7. с. 21–24.
57. 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.

Методы борьбы с гидратообразованием и выбор ингибитора гидратообразования при обустройстве газового месторождения «Каменномысское море»

Ширяев Евгений Вячеславович, магистрант
Научный руководитель: Юрецкая Татьяна Владимировна, доцент
Тюменский государственный нефтегазовый университет

Техногенные газовые гидраты могут образовываться в системах добычи газа: в призабойной зоне, в стволах скважин, в шлейфах и внутривнепромисловых коллек-

торах, в системах промысловой и заводской подготовки газа, а также в магистральных газотранспортных системах. В технологических процессах добычи, подготовки

и транспорта газа твердые газовые гидраты вызывают серьезные проблемы, связанные с нарушением протекания этих процессов.

К газопромысловым системам, в которых возможно образование техногенных газовых гидратов, относятся:

- призабойная зона скважин, ствол скважины;
- шлейфы и коллекторы;
- установки подготовки газа;
- головные участки магистральных газопроводов;
- газораспределительные станции;
- внутрипромысловые и магистральные продуктопроводы;
- установки заводской обработки и переработки газа.

Отечественными и зарубежными исследователями были изучены условия образования гидратов, их структура и разработаны меры борьбы с ними. Рентгенографическое исследование природы гидратов показано, что они образуют две основные структурные формы. Газовые гидраты имеют кристаллическую решетку, образуемую молекулами воды. Полости решетки поглощены углеводородами. По экспериментальным данным, гидраты образуются с момента появления центров кристаллизации, которые обычно формируются на поверхностях раздела:

- при контакте вода — газ, вода — сжиженный газ, сжиженный газ — влажный газ;
- при конденсации воды из объема газа и на пузырьках газа при его барботировании через воду;
- при контакте вода — металл за счет сорбции газа, растворенного в воде.

Изучение кинетики образования гидратов представляет научный и практический интерес, поскольку знание скорости их образования позволит определить частоту подачи ингибитора в скважины или газопроводы. Однако в литературе имеется очень мало работ по кинетике образования гидратов в динамических условиях, характеризующих реальные условия выделения гидратов в трубопроводах и аппаратах.

Известно, что скорость образования гидратов при контакте природного газа с водой увеличивается с понижением температуры и повышением давления. Большое влияние на скорость гидратообразования оказывают и условия массопередачи. Если гидратообразователь не растворяется в воде, преобладающее влияние на скорость образования гидрата оказывает абсорбция гидратообразователя водой — массопередача. В тех случаях, когда гидратообразователь хорошо растворим в воде, преобладающим фактором является интенсивность отвода тепла — теплопередача.

Анализ зависимости времени перехода природного газа в гидратную решетку от давления при разных температурах показывает, что с увеличением давления и понижением температуры повышается скорость образования гидрата, однако при низких температурах, повышение давления мало влияет на процесс гидратообразования.

Для предупреждения образования гидратов в потоке газа необходимо устранить хотя бы одно из основных ус-

ловий существования гидратов: высокое давление, низкую температуру или свободную влагу. В связи с этим основными методами борьбы с гидратами являются понижение давления, повышение температуры, осушка газа или ввод антигидратных ингибиторов.

При образовании гидратов в стволе скважины понижение давления ниже начала гидратообразования возможно лишь при продувке скважины в атмосферу. Таким образом, это аварийный метод, который применим в ограниченных масштабах лишь для ликвидации уже образовавшихся гидратных пробок. Регулярное применение этого метода при добыче газа недопустимо. Методы повышения температуры газа в стволе скважины путем подогрева различными забойными нагревателями и при помощи теплоизоляции части ствола скважины в настоящее время находятся еще в стадии промышленных испытаний. Осушка газа внутри скважины в настоящее время вообще неприменима. Поэтому на сегодняшний день самым распространенным и действенным методом остается применение различных ингибиторов.

Практический интерес представляют исследования, показавшие влияние незначительной добавки (0,5–2,0% мол.) некоторых органических соединений, таких, как этиленгликоль, метанол, этанол и пропанол и др., на ускорение процесса образования гидратов. На рис.1 показано, как с введением метанола изменяется количество пропана, связанного в гидрат при минус 10 °С и 354,6 кПа и время образования гидрату (1–1 ч, 2–2 ч, 3–3 ч, 4–4 ч, 5–6 ч, 6–7 ч 45 мин.). Как видно, с увеличением содержания метанола в водно-метанольном растворе количество пропана в смеси проходит через максимум. Характерно, что с увеличением времени образования гидрата максимум возрастает.

Присутствие азота в природном газе понижает температуру образования гидратов, а наличие сероводорода и диоксида углерода повышает температуру гидратообразования природного газа.

Ингибиторы гидратообразования вводятся в поток газа на забой скважины без изменения температуры и давления газа в стволе скважины. Растворяясь в воде, имеющейся в потоке газа, ингибиторы снижают давление паров воды. При этом если гидраты и образуются, то при более низкой температуре, чем в чистой воде. Ввод ингибиторов на уже образовавшиеся отложения гидратов также снижает давление паров воды, равновесие гидрат — вода нарушается, упругость паров воды над гидратом оказывается большей, чем над водным раствором, что и приводит к разложению гидратов.

Определяющими критериями при выборе того или иного ингибитора гидратообразования в условиях добычи газа на Севере являются: способность понижать равновесную температуру гидратообразования, стоимость, растворимость в воде и температура замерзания водных растворов, вязкость и поверхностное натяжение, летучесть паров, взаиморастворимость с газом и конденсатом, а также возможность регенерации ингибиторов в про-

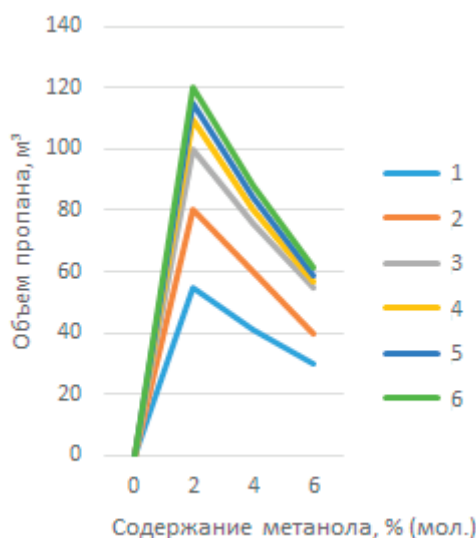


Рис. 1. Влияние метанола на объем пропана, связанного в гидрат

мысловых условиях с малыми потерями, особенно при высокой стоимости ингибиторов.

Одним из основных критериев для выбора ингибитора является величина понижения равновесной температуры Δt , °C. Для метанола гликолей величину Δt определяют по уравнению Гаммершмидта.

Очень резкое снижение температуры гидратообразования природных газов обеспечивает аммиак, но его применение в качестве ингибитора исключено, так как с углекислым газом, имеющимся в тех или иных количествах в газах любого месторождения, водные растворы аммиака образуют твердые отложения карбонатов аммония, еще более плотных, чем гидратные пробки.

Основными ингибиторами гидратообразования, применяемыми в производстве, являются: гликоли (этиленгликоль (ЭГ), диэтиленгликоль (ДЭГ) и триэтиленгликоль (ТЭГ)), метанол, этилкарбитол (ЭК), раствор хлористого кальция и другие.

Гликоли представляют собой прозрачные бесцветные или слабо окрашенные в желтый цвет гигроскопичные жидкости, не имеющие запаха и обладающие сладким вкусом. Гликоли являются вещества с относительно низкой токсичностью. Вследствие малой летучести гликолей при комнатной температуре опасности острого отравления при вдыхании паров нет. Попадая в организм через рот, гликоли представляют серьезную опасность, так как действуют на центральную нервную систему и почки, т.е. они обладают оральной токсичностью.

Метанол смешивается во всех отношениях с водой, при смешении с водой происходит сжатие и разогревание. Метанол с водой не образует азеотропной смеси, в результате чего смеси вода-метанол могут быть разделены ректификационной перегонкой. Метанол — опаснейший яд, приём внутрь порядка 10 мл метанола может привести к тяжёлому отравлению, попадание в организм более

80–150 миллилитров метанола (1–2 миллилитра чистого метанола на килограмм тела) обычно смертельно.

ЭК — прозрачная, бесцветная или слегка темноватая жидкость, имеющая температуру замерзания — 60°C, т.е. вполне пригодная для работы в самых суровых условиях. ЭК так же, как и гликоли, можно улавливать и регенерировать, что значительно снижает суммарные затраты на проведение обработок скважин ингибитором.

Потери ЭК при регенерации довольно значительны, так как упругость паров ЭК в 10 раз выше, чем у ДЭГ, и в 6 раз выше, чем у ЭГ. Кроме того, ЭК образует азеотропные (не разгоняющиеся при разгонке ректификацией) смеси с ЭГ и этилцеллозольвом (ЭЦ).

Безводный хлористый кальций представляет собой белые кристаллы кубической формы, сильно гигроскопичные, расплывающиеся на воздухе. Водные растворы имеют иногда бледно-желтый или желтый цвет, что обусловлено наличием железа. Растворы хлористого кальция в присутствии воздуха агрессивно действуют на металлы. Поэтому при использовании хлористого кальция в качестве ингибитора, необходимо снижать коррозионную активность продувкой газом, добавкой различных веществ, хранением раствором под слоем солярового масла.

Отечественные и зарубежные исследования свидетельствуют о преобладающей эффективности растворов метанола и хлористого кальция, а при больших значениях Δt 30%-ный раствор хлористого кальция оказывается эффективней широко применяющегося метанола. ЭГ и ДЭГ, использование которых в качестве ингибиторов гидратообразования в скважинах только начинается, примерно одинаково снижают температуру образования гидратов. Так, при необходимости снизить температуру гидратообразования на 15°C концентрация отработанного ингибитора должна составлять для ЭК 37,5%, для ДЭГ 40% и для ЭГ 44%. Поскольку величина Δt для гликолей примерно одинакова, то для выбора того или иного гликоля необходимо

знать другие определяющие факторы, в частности величину потерь при регенерации. Потери гликолей на испарение при существующих методах регенерации составляют для ДЭГ 5–8 г на 1000 м³ газа, а для ТЭГ 0,2–0,3 г на 1000 м³ газа. Для уменьшения потерь гликоля при регенерации необходимо применять холодное орошение верхней части выпарной колонны, не допускать термического разложения гликолей выбором режима регенерации.

Экономическая эффективность различных ингибиторов во многом определяется их стоимостью. Самым дешевым ингибитором в данное время является хлористый кальций.

При правильной технологии приготовления хлористого кальция на промысле и эффективном его применении можно достигнуть значительной экономии средств и исключить использование вредного метанола.

Применение этилкарбита, несмотря на большие по сравнению с другими гликолями потери, при регенерации экономически выгоднее, чем использование метанола или ДЭГ.

В качестве заключения можно сказать следующее:

Метанол — проверенный и надежный ингибитор гидратообразования — производится в больших количествах, но сравнительно дорог. Метанол чрезвычайно ядовит и поэтому требования техники безопасности часто исключают оперативность при его применении. В настоящее время метанол безвозвратно теряется в виде водного раствора. Тем не менее установлено, что около 50% метанола, вводимого в газ, выпадает в сепараторах и отделяется от конденсата в виде 20%-ного водного рас-

твора, а при температуре сепарации минус 15°C в сепараторах должно выпасть около 80% введенного метанола.

30%-ный хлористый кальций — самый дешевый из всех существующих ингибиторов, может легко регенерироваться, производится в больших количествах, не токсичен. Некоторые требования к технологии приготовления и использования раствора: точный контроль за плотностью, мероприятия по обескислороживанию и введение антикоррозионных добавок являются своего рода сдерживающими факторами.

Гликоли часто применяются для осушки газа, однако они пока очень мало распространены в качестве ингибиторов. Наиболее перспективен ДЭГ — эффективный нетоксичный ингибитор, хорошо и с малыми потерями регенерируется. Хотя ДЭГ сравнительно дефицитный и дорогой реагент, но регенерация позволяет избежать больших потерь. В условиях Севера серьезным препятствием для широкого применения ДЭГ является его довольно высокая вязкость, и чтобы обеспечить бесперебойную подачу ДЭГ требуется теплоизолировать ингибиторопровод и подводные коммуникации и строго следить за концентрацией водного раствора ДЭГ. Успешные промышленные испытания показали возможность централизованной подачи ДЭГ, что еще больше сократит затраты.

При выборе в качестве ингибиторов раствора хлористого кальция или ДЭГ, рекомендуется иметь на промысле некоторое количество метанола, который при образовании сплошных пробок в скважинах в непредвиденных случаях позволит быстрее, чем любыми другими средствами, разложить пробку и восстановить нормальную работу скважины.

Литература:

1. Бекиров, Т. М., Ланчаков Г. А. Технология обработки газа и конденсата. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. — 596 с.
2. Дегтярёв, Б. В. Борьба с гидратами при эксплуатации газовых скважин в районах Севера (практическое руководство) / Б. В. Дегтярёв, Г. С. Лутошкин, Э. Б. Бухгалтер. М.: Недра, 1969. — 120 с.
3. Жданова, Н. В., Халиф А. Л. Осушка углеводородных газов. М.: Химия, 1984. — 192 с.
4. Кемпбел, Д. М. Очистка и переработка природных газов. М.: Недра, 1977. — 349 с.

Разработка линейных математических моделей технологического процесса дробления семян хлопчатника

Юсупов Фирнафас, кандидат технических наук, доцент
Ташкентский университет информационных технологий, Ургенский филиал (Узбекистан)

Ваисова Нафосат Закиржановна, студент
Ургенский государственный университет имени Аль-Хорезми (Узбекистан)

Производимой продукцией подготовительного цеха, состоящего из склада семян, семеочистительного, шелушильно-сепараторного цехов и вальцевого отделения, является мятка хлопковая.

Мятка хлопковая — это продукт, полученный при измельчении на вальцевых станках ядра семян хлопчатника. Измельчение ядра семян хлопчатника производится с целью достижения максимально возможного вскрытия клеток ядра семян хлопчатника.

Допускается в измельченное ядро — мятку добавление шелухи с доведением общего содержания шелухи в мятке, полученной из смеси семян различных сортов до 15–17%.

Толщина лепестка мятки определяет качество измельчения, она может быть от 0,1 до 1,0 мм. Чем тоньше лепесток, тем больше вскрытых клеток.

При обрушивании (шелушении) семян хлопчатника получается рушанка, состоящая из смеси ядра, шелухи и целых семян. Процесс сепарирования рушанки имеет цель получения ядра с минимальным содержанием шелухи с наименьшей масличностью.

Количество целых семян (целяка) в рушанке после первого обрушивания (шелушения) должно быть не более 30%, после второго — не более 0,8%. При разделении (сепарировании) рушанки образуются две фракции — шелуховая и ядровая.

Шелуха — продукт, содержание которого в семенах составляет 39–43%. Масличная пыль — это тонко измельченные частицы ядра, содержащиеся в рушанке или шелухе. Обычно эти частицы размером не более 1 мм.

Ядро семян хлопчатника является продуктом, который подлежит дальнейшей переработке для извлечения из него масла, поэтому длительное хранение его не рекомендуется, так как оно лишено оболочки и в нем быстро идет нарастание кислотного числа масла, наблюдаются разрушительные процессы, приводящие к потерям масла и сокращению его выхода.

Массовая доля ядра в семени хлопчатника составляет 35–71% в зависимости от селекционного и промышленного сортов. Если массовая доля жирного масла в семени составляет 12,0–25,0, то в ядре 32,76–40,86%. Влажность ядра находится в пределах 5,02–6,80% в обезжиренном ядре семян хлопчатника содержание протеина составляет 50,17–61,87% [1].

Разрабатываются упрощенные математические модели технологического процесса дробления семян хлопчатника с целью их использования для оперативного управления ходом производства. Технологический процесс дробления семян хлопчатника маслоэкстракционного производства, является сложным комплексом, состоящим из некоторого множества технологических установок (оборудования), приборов контроля и регулирования, складов различных видов исходного сырья (модификации хлопковых семян: селекционный сорт семян хлопчатника, промышленный сорт, вид сбора, сортность хлопковых семян, засоренность, влажность и т.д.) и промежуточных продуктов, полуфабрикатов (ядро семян хлопчатника, шелуха, недробленные семена и т.д.).

Входом технологических оборудований является множества модификаций исходного продукта семян хлопчатника различных видов сбора и сортов. Выходом является множества промежуточных продуктов — ядро семени, шелуха, недробленные семена и т.д. Основными материальными потоками на исследуемом объекте с непрерывным технологическим процессом являются потоки исходного сырья; семена хлопчатника, ядро семян хлопчатника, шелуха, недробленные семена, производственные отходы и т.д.

При разработки алгоритмов управления технологическим процессом дробления семян хлопчатника необходимо иметь математическую модель исследуемого процесса, являющуюся формализованным описанием структуры технологического процесса и характеризующих его параметров.

Рассматриваемый непрерывный технологический процесс является многоступенчатым процессом с последовательной структурой. Известно, что сложность математической модели объекта управления определяется количеством структурных элементов и конфигурацией связей между ними.

Технологический процесс дробления семян хлопчатника состоит из следующих основных технологических операций: разрыхления семян, транспортер, сушка, очистка, дробления, шелушение семени, сито различных размеров [1].

Целью данной работы является экспериментально-статистическое исследование технологического процесса дробления семян хлопчатника а также построение упрощенных статистических линейных моделей исследуемых процессов, для оперативного управления им, хотя все исследования, связанные с определением модели и её анализом, безусловно, могут быть применены и для других задач по изучению данного процесса.

Технологический процесс дробления семян хлопчатника, как объект управления, обладают динамическими свойствами, что накладывает ряд трудностей при математической формализации. Неучтенная динамика вносит существенную погрешность и вызывает дополнительные ошибки при использовании математической модели.

Влияние динамики объекта на точность статистической модели будет минимально в том случае, когда моменты регистрации данных на входе и выходе объекта разделены временным интервалом, равным сдвигу максимума взаимокорреляционной функции между рассматриваемыми параметрами процесса.

Статистическое обследование технологического процесса дробления хлопковых семян требует также предварительной оценки необходимого числа наблюдений. Количество необходимых статистических данных можно определить согласно методики, изложенной в [2–5].

Согласно рассмотренной методике сбора экспериментальных данных в условиях нормального функционирования технологического процесса дробления семян хлопчатника регистрировались параметры процессов дробления с учетом временных сдвигов и интервала съема данных, рассчитанных по результатам предварительного эксперимента.

При этом были использованы показания регистрирующих и показывающих приборов и данные специально организованных в лабораториях экспресс анализов (выход ядра, шелухи, недробленных семян).

Весь собранный статистический материал представлен в виде таблиц исходных данных (табл. 1 и 2).

Полученные экспериментальные данные явились приближенным эквивалентом объекта и применялись при математическом моделировании технологического процесса дробления семян хлопчатника методом планирование эксперимента.

Исходя из анализа существующих методов построения моделей сложных динамических объектов, для технологического процесса наиболее приемлемы экспериментально-статистические методы идентификации, основанные на методах корреляционного и регрессионного анализа [2,3,4].

При относительно невысокой корреляции входных переменных и наличии некоторой априорной информации о степени и характере связи между переменным процесса одним из эффективных способов построения регрессионных моделей является метод планирование эксперимента [2,4,5].

В отличие от наиболее распространенного однофакторного метода исследования, когда изучается действие каждого фактора в отдельности, существуют методы, позволяющие при исследовании сложных процессов выполнять эксперименты так, чтобы варьировать все факторы сразу. Это способствует повышению эффективности эксперимента, выражающейся в том, что интересующие экспериментатора параметры определяются со значительно меньшей ошибкой, чем при традиционных методах исследования. При этом с повышением числа факторов повышается точность эксперимента. В этом случае существенную роль играет планирование экспериментального исследования. Планирование эксперимента — это постановка опытов по некоторой заранее составленной схеме, обладающей какими-то оптимальными свойствами. Разработка таких схем при изучении сложных явлений представляет собой сложную математическую задачу.

Построению математической модели, объективно отражающей основные черты исследуемого реального процесса, предшествует задача его формализации, заключающаяся в выявлении, классификации основных параметров процесса и установлении системы параметров, определяющей процесс.

Предварительное изучение процессов дробления семян хлопчатника, а также анализ априорной информации о процессах, содержащихся в практическом опыте технологов и специалистов, позволили выделить технологические параметры, сказывающие наибольшее влияние на ход процесса дробления семян хлопчатника.

Всю совокупность параметров определяющих текущее состояние технологического процесса дробления семян хлопчатника можно разбить на две группы параметров [4].

1. Совокупность первичных (входных) параметров процесса, характеризующих качества и количество исходных процессов:

а) входные параметры исходного сырья семян хлопчатника для процесса дробления $X = \{x_1, x_2, x_3\}$,

где x_1 — засоренность семян хлопчатника, в %;

x_2 — поврежденность семян хлопчатника, в %;

x_3 — влажность семян хлопчатника, в %.

б) Совокупность вторичных (выходных) параметров процесса, характеризующих те обобщенные технико-экономические показатели, которыми оцениваются качества и экономическая эффективность работы технологического процесса дробления хлопковых семян $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$,

где y_1 — выход ядро семян хлопчатника (дробленые семена), в %;

y_2 — выход шелухи, косточки семян хлопчатника, в %;

y_3 — недробленные семена хлопчатника, в %.

Уровни факторов $X = \{x_1, x_2, x_3\}$ выбирались таким образом, чтобы они охватывали предполагаемую область оптимальных значений факторов, что следует из табл. 1.

Таблица 1

Уровни факторов	Обозначение	в%	в%	в%
		x_1	x_2	x_3
Основной	0	6	7	11
Интервал варьирования	Δx	4	5	3
Верхний	+1	10	12	14
Нижний	- 1	2	2	8

Эксперименты и дальнейшая обработка их результатов проводилась в соответствии с методикой полного факторного эксперимента. В каждой точке факторного пространства опыты повторялись по 3 раза. Построение модели произ-

водим для одного фактора оптимизации. Результаты измерений входных и выходных факторов в процентах приведены в табл. 2.

Кодированное значение факторов z_0, z_1, z_2, z_3 определяется по формуле

$$x_j^0 = \frac{x_j^{\max} + x_j^{\min}}{2}, j = 1, 2, \dots, k \tag{1}$$

$$\Delta x_j = \frac{x_j^{\max} - x_j^{\min}}{2}, j = \overline{1, n} \tag{2}$$

Формула перевода фактора на кодированное значение

$$z_j = \frac{x_j - x_j^0}{\Delta x_j}, j = \overline{1, k} \tag{3}$$

Таблица 2. Матрица планирования 2^3

Действительные значение факторов				Координаты факторов без единицы измерения				Выход
Номер эксперимента	x_1	x_2	x_3	z_0	z_1	z_2	z_3	y_1
1	2	2	8	+1	-1	-1	-1	75
2	10	2	8	+1	+1	-1	-1	70
3	2	12	8	+1	-1	+1	-1	73
4	10	12	8	+1	+1	+1	-1	68
5	2	2	14	+1	-1	-1	+1	71
6	10	2	14	+1	+1	-1	+1	66
7	2	12	14	+1	-1	+1	+1	68
8	10	12	14	+1	+1	+1	+1	65

Устанавливаем вид анализируемой функции или математическая модель объекта исследования. В простейшем случае для полно факторного эксперимента типа 2^3 выбирают полином первого порядка, линейный по всем переменным:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 z_1 + b_2 z_2 + b_3 z_3 + b_{12} z_1 z_2 + b_{13} z_1 z_3 + b_{23} z_2 z_3 + b_{123} z_1 z_2 z_3 \tag{4}$$

где z_1, z_2, z_3 — кодированные значения факторов; b_0 — свободный член;

b_1, b_2, b_3 — коэффициенты, показывающие степень влияния каждого фактора на параметр оптимизации;

$b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ — коэффициенты, показывающие степень влияния взаимодействия соответствующих факторов на параметр оптимизации.

Обработка результатов экспериментов заключается в статистическом анализе и включает следующие этапы.

Подсчитываем средние значения показателей $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$ в каждой строке матрицы планирования (столбцы y_1, y_2, y_3), для этого в каждой строке матрицы планирования проводится дополнительные эксперименты m раз:

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^m y_{ji}}{m}. \bar{y}_1 = 74,333, \bar{y}_2 = 71,0, \bar{y}_3 = 72,667, \bar{y}_4 = 68,0, \bar{y}_5 = 71,0, \bar{y}_6 = 66,0, \bar{y}_7 = 67,0, \bar{y}_8 = 65,0.$$

Затем построчные дисперсии рассчитывается по формуле

$$s_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_{ji} - \bar{y}_i)^2}{m - 1}. s_1^2 = 0,3334, s_2^2 = 1,0, s_3^2 = 0,5, s_4^2 = 1,0, s_5^2 = 1,0, s_6^2 = 1,0, s_7^2 = 1,0, s_8^2 = 1,0.$$

Далее вычисляется экспериментальное значение критерия Кохрена, т. е. отношение максимальной S_i из N дисперсий к сумме всех дисперсий по формуле:

$$\sigma_{расч} = \frac{S_{i\max}^2}{\sum_{i=1}^n S_i^2} \cdot \sigma_{расч} = 0,1463.$$

При $f_1 = m-1$ и $f_2 = n$ из справочных таблиц [2] значение $\sigma_{табл}$ было принято равным 0,5457. Так как $\sigma_{расч} < \sigma_{табл}$, то построчные дисперсии следует считать однородными, а воспроизводимость эксперимента — удовлетворительной.

Дисперсия параметра оптимизации в соответствии с формулой равна:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2}{n} \cdot S_y^2 = 0,8542, S_y = 0,9242.$$

По соответствующим формулам были рассчитаны коэффициенты уравнения регрессии:

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_{ji} y_i, j = \overline{0, k}, k = 3. b_{12} = \frac{1}{N} \sum (z_1 z_2)_i y_i; b_{13} = \frac{1}{N} \sum (z_1 z_3)_i y_i$$

$$b_{23} = \frac{1}{N} \sum (z_2 z_3)_i y_i; b_{123} = \frac{1}{N} \sum (z_1 z_2 z_3)_i y_i.$$

$$b_0 = 69,5, b_1 = -2,25, b_2 = -1,0, b_3 = -2,0, b_{12} = 0,25, b_{13} = 0,25, b_{23} = 0, b_{123} = 0,25.$$

Уравнения регрессии приняло вид

$$\hat{y} = 69.5 - 2.25z_1 - z_2 - 2z_3 + 0.25z_1z_2 + 0.25z_1z_3 + 0.25z_1z_2z_3 \tag{5}$$

Дисперсия коэффициентов уравнения регрессии в соответствии с формулой составила: $S_{b_j} = \frac{S_y}{\sqrt{NM}}$,

$$S_{b_j} = 0.1887.$$

Экспериментальное значение критерия Стьюдента равно:

$$t_j = \frac{|b_j|}{S_{b_j}} \cdot t_{p_0} = 368.31, t_{p_1} = 11.92, t_{p_2} = 5.30, t_{p_3} = 10.60, t_{p_{12}} = 1.33, t_{p_{13}} = 1.33, t_{p_{23}} = 0.0, t_{p_{123}} = 1.33.$$

При $f_1 = n(m-1) = 16$ и $\alpha = 0,05$ табличное значение $t_{табл} = 1,746$ при числе степеней свободы, равном 16 [2].

Сравнение $t_{расч}$ с $t_{табл}$ показало, что статистически значимыми являются только коэффициенты b_0, b_1, b_2, b_3 . Поэтому окончательно уравнение регрессии имеет вид:

$$\hat{y} = 69.5 - 2.25z_1 - z_2 - 2z_3 \tag{6}$$

Проверка адекватности модели, т. е. пригодность полученной модели для описания реального объекта исследования, по отношению дисперсий адекватности и параметра оптимизации. Дисперсия адекватности рассчитываем по формуле

$$S_{ад}^2 = \frac{m \sum_{j=1}^m \left(\bar{y}_j - \hat{y}_j \right)^2}{n - q}, \text{ где } q \text{ — число членов уравнения регрессии, оставшихся после проверки значимости ко-$$

эффициентов b_j ; \hat{y}_j — построчные значения параметра оптимизации, вычисленные по окончательному виду математической модели. $S_{ад}^2 = 1.9183$.

Для проверки адекватности окончательно принятой математической модели (3) был произведен расчет критерия Фишера по формуле

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2}, F_{расч} = 2.24$$

При $f_1 = n - q = 4$, $f_2 = n(m-1) = 16$ и $\alpha = 0,05$ табличное значение $F_{табл} = 3,007$ [2]. Так как $F_{рас} < F_{табл}$, то можно считать, что уравнение (6) адекватно описывает технологический процесс дробления семени хлопчатника. Из этого уравнения следует, что на параметр y_1 существенное влияние оказывает лишь коэффициенты b_0, b_1, b_2, b_3 . Коэффициенты $b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ на технологический процесс в исследуемых интервалах на показатель y_1 заметного влияния не оказывают.

Полученные результаты могут быть применены:

- для выбора оптимального технологического режима;
- при машинной имитации с целью проверки и оценке алгоритмов управления технологическим процессом дробления хлопковых семян, а также для создания системы управления процессом;
- для выбора эффективного плана основного производственного процесса переработки хлопковых семян на основе упрощенных линейных математических моделей.

Литература:

1. Производственный технологический регламент. На производство хлопковой мятки по схеме двукратного шелушения-сепарирования и измельчения ядра производительностью 800 т/сутки хлопковых семян. ТР 1602–28–12–08. Ташкент, 2008. — 93 с.
2. Реброва, И. А. Планирование эксперимента: учебное пособие. — Омск: СибАДИ, 2010. — 105 с.
3. Ахназарова, С. А., Кафаров В. В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. — М.: Высшая школа, 1978, 319 с.
4. Рыков, В. В., Иткин В. Ю. Математическая статистика и планирование эксперимента. М.: РГУНГ им. Губкина, 2009. — 303 с.
5. Основы планирования научно-исследовательского эксперимента/ М. Аугамбаев, А. З. Иванов, Ю. И. Терехов; под ред. Г. М. Рудакова. — Ташкент: Укитувчи, 2004. — 336 с.

Построение фреймовой модели технологических задач сушки хлопка

Юсупов Фирнафас, кандидат технических наук, доцент

Ташкентский университет информационных технологий, Ургенчский филиал (Узбекистан)

Ваисова Нафосат Закиржановна, студент

Ургенчский государственный университет имени Аль-Хорезми (Узбекистан)

Для организации осмысленного диалога между человеком и ЭВМ и автоматизации решения интеллектуальных задач в процессе управления интеллектуальным производственным комплексом необходим специальный язык. Этот язык должен быть удобным средством формулировки заданий, представления знаний, поиска планов и принятия решений. Он должен также предоставить системе управления интеллектуальным производственным комплексом с элементами искусственного интеллекта необходимую основу для логических умозаключений. Благодаря способности рассуждать на своем внутреннем языке формул система управления сможет решать многие интеллектуальные задачи на самом высоком уровне.

Методом «подгонки» не возможно решить задачи искусственного интеллекта (ИИ). Задачи ИИ в основном связаны с качественными, логическими понятиями об объекте, о её качественных характеристиках, а не количественными параметрами, поэтому здесь как таковой вычислительный процесс на основе четкого алгоритма отсутствует.

Прежде чем составлять модель знания объекта сушильного процесса, дадим его краткое описание. Качество заготавливаемого хлопка-сырца определяется его сортом, влажностью и засоренностью. Влажность хлопка-сырца является важным показателем, влияющим на его товарную и технологическую ценность.

Так как хлопок-сырец поступает на хлопкоочистительные заводы большими партиями, одновременная переработка которых невозможна, большое количество его приходится хранить длительное время. Влажный хлопок-сырец при хранении быстро теряет прочность и внешний вид, а в процессе переработки волокно его накапливается в зазорах рабочих органов технологических машин, нарушая нормальный режим работы, снижая очистительный эффект и повышая сумму пороков. Чтобы обеспечить высокое качество волокна и хорошую работу технологических машин, хлопок-сырец необходимо быстро высушить.

В настоящее время для сушки хлопка-сырца широко применяются сушилки барабанного типа, в частности вы-

сокопроизводительные сушилки 2СБ-10, развитие которых идет по пути увеличения габаритов сушильных камер. Однако существенного увеличения объемов сушки хлопка-сырца можно достигнуть лишь созданием мощных автоматизированных сушильно-очистительных цехов с высокопроизводительными сушилками, обеспечивающими значительное повышение производительности труда и качества продукции.

Понижение влажности хлопка-сырца осуществляется его сушкой. При этом физические и биологические свойства хлопка-сырца сохраняются длительное время, если его влажность доведена для I — III сортов до 11% и для IV до 13%. Первичная обработка хлопка-сырца требует снижения влажности до 8%, так как в противном случае качество волокна ухудшается, что частично объясняется повышенной сцепляемостью волокна с сорными примесями,

затрудняющей их удаление в процессе очистки. В настоящее время сушка хлопка-сырца с доведением его до кондиционной влажности производится в основном в сушильно-очистительном цехе (СОЦ) заготпунктов и ОЦ хлопкозаводов.

В зависимости от начальной влажности хлопка-сырца, начальник смены СОЦ по режиму сушки устанавливает производительность сушилки и температуру сушильного агента, после чего включают механизмы сушилки и подают в нее сушильный агент и влажный хлопок-сырец. Через 20 мин после начала работы влажность поступающего в сушилку и выходящего из нее хлопка-сырца проверяют. Подобные анализы повторяют через каждый час. Оптимальный режим работы сушилок устанавливают в зависимости от первоначальных параметров хлопка-сырца и величины влагоотбора. В таблице 1 приведен режим работы сушилки 2СБ-10.

Таблица 1

Оптимальный режим работы сушилки 2СБ-10		
Влагоотбор, %	Температура сушильного агента, °С	Производительность сушилки по высушенному хлопку-сырцу, т/ч
1–3	90–130	8,0
4–6	150–200	8,0
7	200–250	8,0
8	200–250	7,5
9	200–250	7,0
10	250	6,5
11	250	6,2
12	250	5,9

При хранении хлопка-сырца, подкинутого самосогреванию, т.е. влажностью выше 13% (до 25%), в течение 13 дней качество волокна снизилось с I до III сорта, относительная разрывная прочность (разрывная длина) волокна уменьшилась на 0,4–0,9 км, а коэффициент его зрелости снизился с 2,0 до 1,6 [1]. Это приводит колоссальным экономическим потерям основного продукта переработки — волокна. Поэтому построения фреймовой модели технологического процесса сушки хлопка является актуальной.

Модель представления знаний на основе фреймов использует концепцию организации памяти, понимания

и обучения человека [2] (рис. 1). В общем случае фреймы представляют собой совокупность знаний о достаточно сложных объектах и ситуациях.

Фрейм (рамка) — это единица представления знаний об объекте, детали этих знаний в зависимости от текущей ситуации могут изменяться качественно. Фрейм в любой момент может быть дополнен различной информацией, касающейся способов применения данного фрейма, последствий этого применения и т.д.

Поэтому фреймы описывает не только локальные сведения о конкретных объектах, которые можно предста-



Рис. 1. Структурная схема процесса мировосприятия человеком

вить с помощью логических описаний в терминах предикатов-признаков, но и знания о возможных действиях и условиях их применимости.

В основе фреймовой модели представления знаний систем искусственного интеллекта лежат два основных допущения.

Об объекте, о качественных и количественных параметрах, ощущения, представления, моделирование и мышление человека приводится в движение ожиданием.

При названии о характерах определенного состояния объекта в мозгу тот час вырабатываются ассоциации о представлении и свойствах названного объекта с учетом качественных характеристик;

При представлении свойств объекта существует иерархия, в соответствии с которой свойства могут наследоваться.

Свойства априори приписываются объекту. Только характерные для данного объекта специфические и аномальные свойства требуют отдельного внимания и упоминания.

Каждый из фреймов имеет надфрейм и подфрейм, за счет чего реализуется иерархия наследования свойств данного объекта управления реализуется за счет надфреймов и подфреймов, которые каждый из фреймов имеет этого. Наиболее общие свойства, относящиеся к группе объектов описывается надфреймом. Частные свойства объекта или его признака конкретизируется подфреймом. В значении слотов записываются признаки объектов, каждому из которых присваивается еще и имя. За счет существования иерархии наследования свойств каждый фрейм описывает только определяющие свойства групп объектов или конкретного объекта [3].

В исходную базу данных вносятся каждая из интеллектуальных систем, использующая в качестве модели представления знаний, фреймы имеет как заполненные фреймы или иначе экзофреймы, так и пустые фреймы — портофреймы, значение и имена слотов которых заполняются по мере использования системы и решения конкретных задач. Фрейм обычно представляется в виде графа, сети, верхние узлы которой четко определены, так как всегда справедливы для предполагаемой задачи.

Основным преимуществом фреймов как модели представления знаний является то, что она отражает концептуальную основу организации памяти человека, а также ее гибкость и наглядность. Наиболее ярко достоинства фреймовых систем представления знаний проявляются в том случае, если родовидовые связи изменяются нечасто и предметная область насчитывает немного исключений.

В последние годы термин «фреймовый» часто заменяют термином «объектно-ориентированный». Этот подход является развитием фреймового представления. Шаблон фрейма можно рассматривать как класс, экземпляр фрейма — как объект. Языки объектно-ориентированного программирования (ООП) предоставляют средства создания классов и объектов, а также средства для описания процедур обработки объектов (методы).

Языки ООП, не содержащие средств реализации присоединенных процедур, не позволяют организовать гибкий механизм логического вывода, поэтому разработанные на них программы либо представляют собой объектно-ориентированные базы данных, либо требуют интеграции с другими средствами обработки знаний (например, с языком PROLOG). Объектно-ориентированная методология представления знаний реализована в таких системах, как G2, RTWorks.

Объединение процедурных и логических методов представления знаний реализуется при объектно-ориентированном подходе к программированию. Программа представляется в виде самостоятельных объектов, которые в процессе функционирования обмениваются между собой сообщениями. В объект включается совокупность данных и действий над ними. Отображением объектов могут быть Фреймы, содержащие декларативные и процедурные знания. Одновременно имеется возможность представить объекты в виде логических высказываний и соответственно формул. Таким способом осуществляется совместное использование фреймовой и логической моделей. Рассмотренные модели являются математическим средством построения перспективных интеллектуальных ИС.

В таблице. 2 представлен фрейм и его подфреймы для технологического процесса сушки хлопка. Система вывода для фреймов организована с помощью родовидных связей или иерархической структуры наследования свойств объекта.

Система фреймов (для описания конкретной предметной области — первичной переработки хлопка) представляет собой иерархическую структуру, в которой фреймы группируются с помощью родовидных связей.

На верхнем уровне иерархии находится фрейм, содержащий наиболее общую информацию, истинную для всех остальных фреймов.

Фреймы наследуют значения характеристик своих родителей, находящихся на более высоком уровне иерархии.

Некоторым ячейкам или значениям класса можно присвоить значение по умолчанию, которое наследуются через иерархию: класс — подкласс и класс — член. Если нет другой информации, то значения используются по умолчанию. Такая структура наследования позволяет учитывать различного рода исключения.

Слот обычно содержит имя процедуры и конкретное значение, позволяющей вычислить его по заданному алгоритму, а также одну или несколько эвристик, с помощью которых это значение определяется. В слот может входить не одно процедуры, а несколько значений.

Среди процедур могут быть выделены процедуры — демоны и процедуры — слуги.

Процедуры — демоны запускаются автоматически при выполнении некоторого условия (побочный эффект некоторого другого действия в БЗ).

В отличие от моделей других типов, во **фреймовых моделях** фиксируется жесткая структура информационных

Таблица 2

Сушка хлопка	СОЦ
Надфрейм: агрегат сушки	Надфрейм: Сушильный агрегат
Подфреймы: 2СБ-10, СБ-10, 2СБС	Подфреймы: Производительность по высушенному хлопку — 1000 кг/ч;
Топка: горючее топливо	температура сушильного — до 280 °С ;
Топливо: газ	масса сушки — 10268 кг.
Расход: тепла	На испарение 1 кг влаги — 8400 кДж/кг.
Производительность: испаренная влага	По испаренной влаги — до 740 кг/ч
Вращения барабана: частота вращения	10 об/мин.
Мощность электродвигателя:	Для привода барабана — 13 квт.
Мощность электродвигателя:	Для приводв шнека — 4 квт.

единиц, которая называется протофреймом. В общем виде она выглядит следующим образом:

(Имя фрейма:

Имя слота 1 (значение слота 1)

Имя слота 2 (значение слота 2)

.....

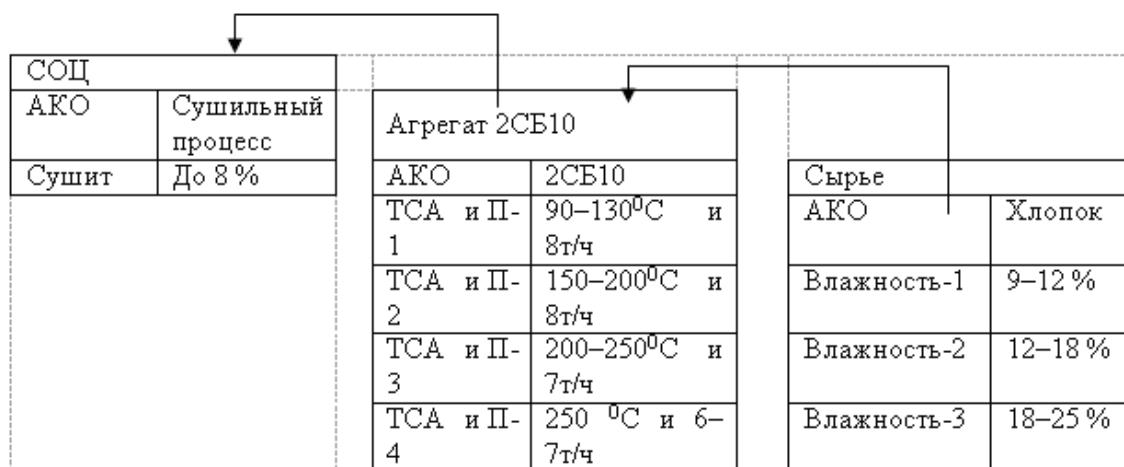
Имя слота К (значение слота К)).

При конкретизации фрейма ему и слотам присваиваются конкретные имена и происходит заполнение слотов.

Таким образом, из протофреймов получают фреймы-экземпляры. Переход от исходного протофрейма к фрейму-экземпляру может быть многошаговым, за счет постепенного уточнения значений слотов [Берштейн 1994].

Заметим, что наличие иерархических связей в рамках фреймовой системы организуют, используя свойства транзитивности, логический вывод.

Пусть для нашего объекта составлена система фреймов.



Слот АКО (A Kind Of) — это системный слот, значением которого является ссылка на родительский фрейм, из которого неявно наследуются некоторые свойства фрейма-потомка.

Вопрос: «Можно ли сушит сырье — хлопок влажностью-2?»

Ответ: «Да». Вывод сделан на основе наследования слота **ТСА и П-2** (температура сушильного агента и производительность) фрейма **Агрегат 2СБ10**.

Вопрос: «Может ли агрегат сушит хлопок до 8%?»

Ответ: «Да». Вывод сделан на основании наследования слота **Сушит** фрейма **СОЦ**.

Это означает, если подат хлопок с влажностью-2 СОЦ, подбирая режим работы сушильного агрегата 2СБ10 ТСА и П-2, то можно сушит данный хлопок до 8%.

К достоинствам фреймовой модели следует отнести следующее:

Основным преимуществом фреймовой модели представления знаний является то, что она отражает концептуальную основу организации памяти человека, а также ее гибкость и наглядность. Язык представления знаний, основанных на фреймовой модели, особенно эффективен для структурного описания сложных понятий и решения задач, в которых в соответствии с ситуацией желательнее применять различные способы вывода. В то же время на таком языке затрудняется управление завершенностью и постоянством целостного образа. В частности, по этой причине существует большая опасность нарушения присоединенной процедуры. Следует отметить, что фреймовую систему без механизма присоеди-

ненных процедур (а следовательно, и механизма пересылки сообщений) часто используют как базу данных системы производств.

К недостаткам относят: отсутствие формальной семантики; отсутствие общепринятой методики исчислений т.е., обработка должна быть приспособлена к случаю применения; незначительный потенциал вывода (выводы базируются только на знаниях о иерархических отношениях).

На сегодняшний день разработано большое количество разнотипных моделей, в частности для сушки хлопка-сырца. Каждая из них обладает своими преимуществами и недостатками, и поэтому для каждой конкретной задачи выбирается определенная модель с учетом характеристик и поведения объекта. Такое количество моделей позволяет не только увеличить эффективность поставленной задачи, но и расширить ее возможности при решении.

Литература:

1. Справочник по первичной обработке хлопка. Книга I., Т.: «Мехнат», 1994.
2. Валетов, В. А., Орлова А. А., Третьяков С. Д. Интеллектуальные технологии производства приборов и систем. Учебное пособие, — СПб: СПб ГУИТМО, 2008. — 134 с.
3. Гаврилова, Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем СПб: Питер, 2001. 384 с.

Молодой ученый

Научный журнал
Выходит два раза в месяц

№ 17 (97) / 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)
Атаев 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: Голубцов М. В.

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, 25