

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА

Коклин И.М., Казаков Д.В., Потапенко Д.Г.

Газомоторное топливо — фактор, повышающий эффективность производства в агропромышленном комплексе 3

В статье показаны практические результаты использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива в сельскохозяйственном производстве на предприятиях агропромышленного комплекса.

Гаваев А.С., Чайников Д.А., Свистунова В.А.

Оценка влияния температуры окружающего воздуха на изменение расхода топлива газобаллонных автомобилей 8

В работе представлены эксплуатационные и стендовые результаты исследований по выявлению зависимости влияния низкотемпературных условий эксплуатации на температуру топлива и его расход у газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе и бензине.

Марков В.А., Фурман В.В., Бебенин Е.В.

Совершенствование системы регулирования частоты вращения дизельного и газодизельного двигателей 12

Рассмотрены принципы регулирования частоты вращения коленчатого вала, реализуемые в двигателях внутреннего сгорания. Показаны преимущества пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) принципа регулирования. Проведены расчетные исследования влияния структуры ПИД-регулятора на динамические показатели системы автоматического регулирования (САР) дизеля. Обоснована необходимость конвертации этого двигателя на природный газ. Показана целесообразность оснащения газодизельного двигателя системой распределенной подачи газообразного топлива, выполненной по эжекционному принципу. Проведены испытания трактора МТЗ-82.1 с газодизельным двигателем типа Д-240 в условиях реальной эксплуатации. Получены зависимости неустойчивости частоты вращения этого двигателя от структуры ПИД-регулятора.

Кириллов Н.Г.

Экология речного транспорта и новые российские технологии перевода судов смешанного и внутреннего плавания на сжиженный природный газ 30

Статья посвящена анализу решения проблем при создании первого российского судна, работающего на сжиженном природном газе. Изложены уникальные отечественные технологии по переводу судовых дизелей на двухтопливный режим и использованию быстроразъемных криогенных емкостей СПГ.

ИНФОРМАЦИЯ

Павлова В.П.

На конференции Ассоциации "Российские автомобильные дилеры" 38

Суворов А.С.

10-я Международная конференция AutolInvest-2016 40

Буцкий Ю.И.

Про газовые моторы и масло для них 41

Рафаэль Батыршин: "РариТЭК" — стратегический партнер КАМАЗа в развитии газомоторной отрасли 45

Гоголев Ю.Л.

Тест-драйв газобаллонного автомобиля КраЗ-5401К2 49

Мошкина С.А.

НИИОГАЗ — более 80 лет на защите воздушного бассейна 51

Роскосмос создаст ракетный двигатель на метане 55

Международный форум автомобилестроения TIAF 2016 56

Учредитель

ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"

Главный редактор

В.Ф. Третьяков — академик РАИН,
д-р хим. наук, профессор

Зам. главного редактора

А.С. Савченко

Председатель редакционного совета

В.Ф. Корнюшко — д-р техн. наук,
Заслуженный деятель науки и техники РФ

Состав редакционного совета:

член-корр. АН РТ **Г.С. Дьяконов**

(Респ. Татарстан, г. Казань)

д.т.н. **В.А. Марков**

(МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва)

д.т.н. **Н.Г. Кириллов**

(ООО "ИИЦ Стирлинг-Технологии", г. Санкт-Петербург)

д.т.н. **Г.К. Лавренченко**

("УА-СИГМА", Украина)

член-корр. НАН Ю.Н. Литвишкова

(Азербайджан, г. Баку)

академик НАН **И.И. Лиштван**

(Беларусь, г. Минск)

академик РАЕН **С.В. Мещеряков**

(МИНП, г. Москва)

д.э.н. **А.В. Николаенко**

(МГТУ МАМИ, г. Москва)

О.Н. Румянцева

(ООО "Издательство "Инновационное машиностроение")

д.х.н. **Р.М. Тальшинский** (РАН ИНХС, г. Москва)

академик НАН РК, **Е.М. Шайхутдинов**

(Респ. Казахстан, г. Алматы)

Редактор

И.Л. Сильченкова

Компьютерная верстка

С.А. Жиркина

Адрес и телефон редакции:

107076, г. Москва, Колодезный пер., д. 2а, стр. 2

Тел. 8 (495) 661-38-80, 8 (499) 268-41-77

E-mail: info.agzk-at@mashin.ru

info.agzk.at@gmail.com

www.mashin.ru

Подписано в печать 25.03.2016 г.

Формат 60×88 1/8. Бумага мелованная.

Усл. печ. л. 6,86.

Отпечатано в ООО "Белый ветер", 115407, г. Москва,

Нагатинская наб. д. 54, пом. 4

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогам):

"Роспечать" — инд. **84180**; "Пресса России" — инд. **39543**; "Почта России" — инд. **10044**

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). **Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-63954**

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции.

АГЗК «AutoGas Filling Complex+ + Alternative fuel»

AN INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL MAGAZINE

№ 4 (109) 2016 г.

Published from January, 2002

Periodicity – monthly

A magazine is plugged in List of editions of VAK Minobrnauki Russian Federation

CONTENTS

SCIENCE

Coquelin I.M., Kazakov D.V., Potapenko D.G.

Gas motor fuel – factor increase efficiency production in the agro-industrial complex 3

The article shows the practical results of the use of compressed natural gas as gas motor fuel in agricultural production at the enterprises of agro-industrial complex.

Gavaev A.S., Chainikov D.A., Svistunova V.A.

Assessment of ambient temperature impact on the change of gas-cylinder vehicle fuel consumption 8

The paper presents the results of operational and bench research to identify the influence of low temperature operating conditions on the fuel temperature and its consumption for gas-cylinder vehicles fuelled with liquefied petroleum gas and gasoline.

Markov V.A., Furman V.V., Bebenin E.V.

Improving the rotation speed control system of the diesel and gas-diesel engines 12

The crankshaft rotation speed control principles realized in internal combustion engines are considered. The advantages of the proportional-integral-differential (PID) control principle is shown. A calculational research of the PID controller structure influence on dynamic characteristics of the diesel engine automatic control system (ATS) is carried out. The necessity of converting this engine to natural gas is proved. Feasibility of equipping a gas-diesel engine with the gaseous fuel distributed supply system, designed on the principle of ejection is shown. Tests of the MTZ-82.1 tractor with the gas-diesel engine of the type D-240 under real running conditions are carried out. Dependence of the engine rotation speed instability on the PID controller structure is obtained.

Kirillov N.G.

Ecology of river transport and new russian technology of transfer of mixed and inland navigation ship to use of the liquefied natural gas 30

The article is devoted to the analysis of solutions when creating the first Russian ship on liquefied natural gas. There are set out the unique domestic technologies of transfer of marine diesel engines to dual fuel mode and the use of mobil-cryogenic LNG tanks.

INFORMATION

Pavlova V.P.

At the conference of the Association "Russian Automobile Dealers" 38

Suvorov A.S.

10th International Conference AutoInvest-2016 40

Butskiy Yu.I.

About gas engines and oil for them 41

Rafael Batyrshin: "RariTEK" – strategic partner of KAMAZ

in the development of the NGV industry 45

Gogolev Yu.L.

Test-drive of LPG KrAZ-5401K2 49

Moschkina S.A.

NIIOGAZ – more than 80 years on the protection of air pool . . . 51

Roskosmos will rocket engine on methane 55

Automotive International Forum TIAF 2016 56

Founder

LLC "Publishers "Innovative mashinostroenie"

Editor-in-chief

V.F. Tretyakov – academician of RAES,
doctor of chemical sciences, professor

Deputy editor

A.S. Savchenko

Chairman of the editorial board

V.F. Korniyushko – doctor of technical sciences,
honored scientist of the Russian Federation

The editorial board:

corresponding member of the AS RT G.S. D'yaconov
(Tatarstan Resp., Kazan)

doct. of techn. sc. **V.A. Markov**

(Bauman MSTU, Moscow)

doct. of techn. sc. **N.G. Kirillov**

(LLC "IPC Stirling-Technology", St. Petersburg)

doct. of techn. sc. **G.K. Lavrenchenko**

("UA-SIGMA", Ukraine)

corresponding member of the ANAS Yu.N. Litvishkov
(Azerbaijan, Baku)

academician of the NAS I.I. Lishtvan

(Belarus, Minsk)

academician of the RANS S.V. Meshcheryakov (MINGP,
Moscow)

doct. of econom. sc. **A.V. Nikolaenko** (MSUME, Moscow)

O.N. Rumyantseva

(LLC "Innovative mashinostroenie" Publishers)

doct. of chem. sc. **R.M. Talyshinsky** (TIPS RAS, Moscow)

Academician of the NAS RK **E.M. Shaikhutdinov**

(Kazakhstan Resp., Almaty)

Editor

I.L. Silchenkova

Computer Design

S.A. Zhirkina

Address and phone edition:

107076, Moscow, Kolodeznyi per., 2a, str. 2

Tel.: 8 (495) 661-38-80, 8 (499) 268-41-77

E-mail: info.agzk-at@mashin.ru

info.agzk.at@gmail.com

www.mashin.ru

The magazine is distributed by subscription, which can be obtained at any post office (directory indexes):
"Rospechat" – ind. **84180**, "The Russian Press" – ind. **39543**, "Mail of Russia" – ind. **10044**

The magazine is registered with the Federal agency for Supervision of Communications, Information Technology and Communications
(Roskomnadzor), **Registration certificate PI N FS77–63954**

Reprint is possible only with the reference to the journal "Autogas filling complex + alternative fuel"

© LLC "Innovative mashinostroenie" Publishers, "Autogas filling complex + alternative fuel", 2016

УДК 338.28

ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО – ФАКТОР, ПОВЫШАЮЩИЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

И.М. Коклин, д-р техн. наук, РГУ нефти и газа им. Губкина, (г. Невинномысск) ;
Д.В. Казаков, канд. техн. наук, Невинномысский технологический институт (филиал)
ФГАОУ ВПО "Северо-Кавказский федеральный университет";
Д.Г. Потапенко, инженер, ООО "Газпром трансгаз Краснодар"

В статье показаны практические результаты использования сжатого природного газа в качестве моторного топлива в сельскохозяйственном производстве на предприятиях агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: газомоторное топливо; эффективность использования; научно-технический прогресс; сельскохозяйственное производство.

GAS MOTOR FUEL – FACTOR INCREASE EFFICIENCY PRODUCTION IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Coquelin I.M., Kazakov D.V., Potapenko D.G.

The article shows the practical results of the use of compressed natural gas as gas motor fuel in agricultural production at the enterprises of agro-industrial complex.

Keywords: gas motor fuel, the efficiency; technological progress; agricultural production.

Повышение эффективности и конкурентоспособности – главная задача АПК Российской Федерации, решение которой требует внедрения в производство научно-практических достижений. Одним из важных факторов здесь является газовая моторизация на селе [1, 2, 5, 7].

Отечественной и зарубежной практикой доказано, что уникальная комбинация экологических, экономических и социальных аспектов использования природного газа делает его самым эффективным моторным топливом.

Наша страна обладает большим топливно-энергетическим ресурсом, используемым в качестве моторного топлива. Из них в настоящее время широко используются: бензин, дизельное топливо, в небольшом количестве (для автотранспорта) сжиженный нефтяной газ (СНГ), совсем в незначительном количестве природный газ (ПГ). При этом ПГ используется в сжатом (КПГ) и в сжиженном состоянии (СПГ). Природный газ на-

ряду с энергетическими (топливо, сырье) обладает весьма ценными моторными свойствами: высокое октановое число, смягченный рабочий процесс в цилиндре двигателя, практически беззольный, устойчив к детонации и др.

Преимущества использования КПГ: значительная экономия бензина и дизельного топлива; достаточные ресурсы; наличие сетей газоснабжения дает возможность бесперебойного снабжения потребителей; снижение количества токсичных компонентов в выхлопных газах; увеличение коэффициента полезного действия ДВС на 20–25 %.

Недостатки использования КПГ: снижение полезной нагрузки АТС на 14–20 % за счет веса баллонов; снижение запаса хода АТС на 30–40 %.

Нами проведен анализ и исследован опыт эксплуатации автотранспортной (АТС) и сельскохозяйственной техники, работающей на КПГ [3, 4].

В табл. 1 приведены технико-экономические показатели эффективности использования газомо-



АГЗК+АТ, № 4 (109) / 2016

Таблица 1

Показатели эффективности использования ГМТ

Показатели	АО "Кубанское" (Краснодарский край)	СПК "Воронежский" (Владимирская обл.)	Кочубеевский р-н (Ставропольский край)
Общий парк машин, тыс. шт., в том числе:	95	77	1 691
тракторы	53	46	739
автомобили	42	31	817
Годовое потребление нефтяного топлива до переоборудования, т	1 390	1 072	16 860
Годовая экономия нефтяного топлива, т	956	866	12 158
Годовой расход газа, тыс. м ³	1 220	900	15 530
Сокращение затрат на топливо при переходе на ГМТ, млн руб.	6,7	6,9	85
Капиталовложения на переоборудование, млн руб., в том числе:	13,6	—	112
на парк машин	2,8	1,5	50
на средства заправки	8,8	5,5	62
Срок окупаемости, лет	1,1	1	1,2

торного топлива (ГМТ) в отдельных хозяйствах Краснодарского края, Владимирской области и Кочубеевского района Ставропольского края.

Из табл. 1 видно, что затраты на перевод техники на КПТ в хозяйствах в разных регионах, окупаются практически в одинаковые сроки.

Важным обстоятельством является тот факт, что при замене нефтяного топлива газовым его требуется для Кочубеевского района 15,5 млн м³ в год и это меньше среднесуточной потребности Невинномысского газопотребляющего узла. Район при нынешних уровнях цен на горючее может получить более 200 млн руб. прибыли в год.

В целях определения эффективности перевода тракторов на КПГ в КубНИИТиМ выполнены эксплуатационно-технологические испытания трактора К-700А при выполнении полевых работ (дискование, боронование, вспашка и безотвальная обработка почвы) в газодизельном режиме получены следующие показатели работы:

— производительность увеличилась на всех операциях на 3–11 %;

— погектарный расход топлива снижен на 5–22 %;

— общее снижение погектарного расхода топлива в стоимостном выражении составляет 11–25 % [3].

На поле СПК колхоз-племзавод "Казьминский" с целью демонстрации эффективности газодизельного трактора выполнен сравнительный анализ его работы в параллели с дизельным трактором. Условия: ровные площади вспашки, параллельность работы с единовременным началом, однотипность агрегатов. Результат эксперимента представлен в табл. 2.

Показано реальное повышение производительности агрегата на газомоторном топливе (более чем на 10 %) и процент замещения дизельного топлива составил 55 %, что соответствует данным, полученным при государственных испытаниях. Получены данные по снижению стоимости при вспашке почвы газифицированным трактором (табл. 3).

Таблица 2

Анализ параллельной работы машинно-тракторных агрегатов

Газодизельный				Дизельный			Расход на 1 га			Время работы на одной заправке газом, ч
Вспашка				Вспашка			Газодизельный		Дизельный, л	
Время работы, ч	Площадь, га	Расход		Время работы, ч	Площадь, га	Дизтопливо, л	Дизтопливо, л	Газ, м³		
		Дизтопливо, л	Газ, м³							
7	14,3	130	172	9	14,9	199	9,1	12,2	13,4	8

Таблица 3

Стоимость топлива на вспашке почвы газифицированным трактором К-700А при параллельной работе машинно-тракторных агрегатов

Глубина обработки, см	Норма выработки, га/смена	Расход на 1 га		Цена, руб.		Стоимость обработки 1 га, руб.		Разница, руб.
		Дизтопливо, кг	Газ, м ³	Дизтопливо, кг	Газ, м ³	на дизтопливе	на газе	
18–20	12,8	4,7	14	6	3,15	112	72,31	39,7
20–22	12,2	5,4	16,3	6	3,15	130	83,7	46,3

Важным фактором экономической эффективности являются работы, выполненные на предприятии ОАО "Кочубеевский ремонтный завод", где разработана и внедрена новая газодизельная система, улучшающая параметры двигателя, обеспечивающего эффект на один трактор 236 тыс. руб. в год [8, 9].

Практика использования КПГ в хозяйствах Кочубеевского района свидетельствует об экономической эффективности.

На рисунке демонстрируется динамика получения прибыли в СПК колхоз-племзавод "Казьминский" [4].

При этом себестоимость перевозок снижена до 25 %, и затраты на переоборудование окупаются в течение 8–12 мес.

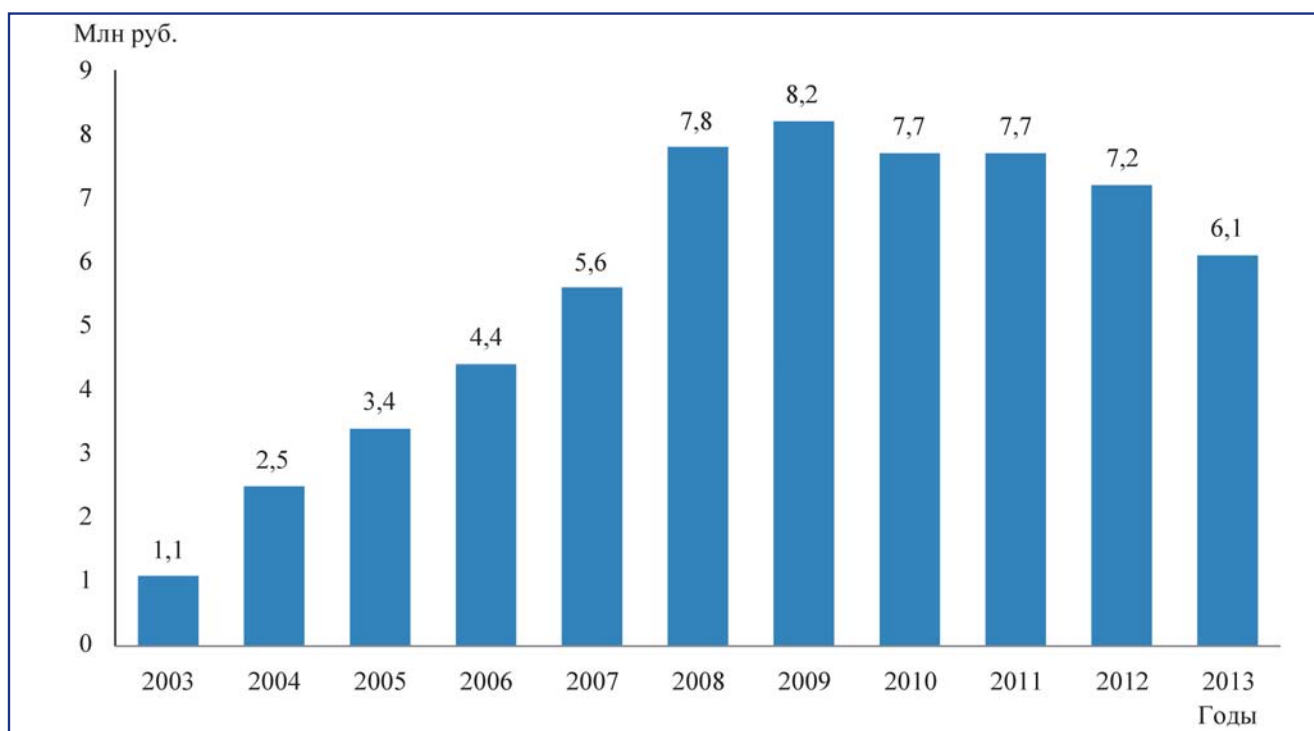
Показателен в этом плане опыт в Саратовской области Марковского района сельхозпредприятия ООО "Горизонт", где 6 500 га угодий, пашни — 4 500 га, моторной техники — 48 ед., в том числе

18 ед. — тракторов К-700-А, из них, работающих на КПГ — 5 ед., МТЗ 82 — 8 ед., из них на КПГ — 5 ед. Автомобильный парк полностью работает на газе. Газоснабжение осуществляется передвижными автомобильными газозаправщиками, доставка газа осуществляется на расстояние 110 км. Среднегодовое потребление КПГ — более 700 тыс. м³. В 2012 г. высвобождено 15 т бензина, 700 т дизельного топлива, экономия за год составляет 12 млн руб.

Предприятие работает на газомоторной технике более 10 лет, что примечательно, хозяйство за счет этого не пользуется кредитами и лизингом, а это для сельхозпроизводителя в нынешних условиях весьма важно [12].

В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 мая 2013 г. № 767-Р решением Министерства сельского хозяйства и ОАО "Газпром" выполнен комплексный расчет обеспечения газомоторным топливом сельскохозяйственного производства на примере СПК





Динамика получения прибыли от использования КПГ на транспорте в СПК колхоз-племзавод
"Казьминский" Кочубеевского района

"Казьминский" Кочубеевского района Ставропольского края [14]. Расчеты эффективности авто-тракторной техники выполнены на различные виды газомоторного топлива с использованием нескольких вариантов газообеспечения. Наиболее перспективный вид ГМТ с учётом ресурсообеспечения, схемы газоснабжения и подготовленности технической базы оказался компримированный

природный газ без заправочных средств на балансе хозяйства (табл. 4).

Для СПК колхоз-племзавод "Казьминский" годовая экономия затрат на топливо составляет 70,19 млн руб., в том числе 68,56 млн руб. — от переоборудования парка дизельной техники и 1,63 млн руб. — от переоборудования парка бензиновой техники. Годовая потребность в КПГ со-

Таблица 4

Эффективность перевода автотракторной техники СПК колхоз-племзавод "Казьминский" на различные виды ГМТ

Показатели	Вариант расчета	КПГ	СПГ	СУГ
Первоначальные капитальные вложения, млн руб.	Без учета заправочных средств	41,2	111,3	14,2
	С приобретением ПАГЗ и СГБМ	106,2	177,1	29,9
Срок окупаемости капвложений, лет	Без учета заправочных средств	0,8	2,4	0,4
	С приобретением ПАГЗ и СГБМ	2,4	4,2	0,9
Чистый дисконтированный доход (ЧДД), млн руб.	Без учета заправочных средств	402,4	305,3	300,9
	С приобретением ПАГЗ и СГБМ	289,9	206,8	276,7

ставляет 6 003 тыс. м³, при этом годовая экономия нефтяного топлива достигает 4 366 т, в том числе дизельного топлива — 4 239 т, бензина — 127 т.

Расчетный период оценки экономической эффективности принят с учетом амортизационного срока для автотранспортных средств, который в среднем составляет около 10 лет.

На базе СПК колхоз-племзавод "Казьминский" в настоящее время ведется создание полигона для переоборудования, испытания и доводки сельхозтехники, работающей на КППГ, который должен осуществлять подбор и установку ГБО с последующим изготовлением пилотных образцов на пункте переоборудования ОАО "Газпром трансгаз Ставрополь" в г. Невинномысске [10]. Проблема газовой моторизации на селе решается в комплексе с организационной структурой от разработки до практического внедрения с научным сопровождением и подготовкой требующихся высококвалифицированных кадров. Полигон обеспечивает, по самым скромным подсчетам, ежегодную прибыль только этому хозяйству до 30 млн руб. в год.

В состав АПК РФ входит около 640 тыс. тракторов и 330 тыс. грузовых автомобилей, потребляющих порядка 5,5 млн т нефтяного топлива, реальной альтернативой замены которому служит КППГ, что позволяет существенно снизить затраты, а значит, и себестоимость сельхозпродукции. По данным Министерства сельского хозяйства РФ, наряду с широким применением газа для автомобилей до 10 % всего тракторного парка может быть переведено на КППГ, что позволит сэкономить 1,5–2 млрд руб., и это создает условия продовольственной безопасности России [1, 5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коклин И.М. Потенциальные возможности газовой моторизации на селе — фактор продовольственной независимости России // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2006. № 1.
2. Коклин И.М., Короленок А.М., Потапенко Е.С., Демиденко С.А. Пункты перевода — научно-практический элемент инфраструктуры использования газомоторного топлива // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2015. № 11 (104). С. 3–7.

3. Коклин И.М. Практические подходы к решению задач по газификации автотранспортной и сельскохозяйственной техники // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2004. № 1.

4. Коклин И.М. Использование КППГ в сельскохозяйственном производстве Ставропольского края (состояние и перспективы использования природного газа в сельскохозяйственном производстве). М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2006.

5. Коклин И.М., Прохоров А.Д., Савельев Г.С. Газомоторное топливо на службе села. М.: Транспорт и подземное хранение газа: Науч.-техн. Сб. ООО "ИРЦ Газпром", 2006. № 3.

6. Коклин И.М., Наумов О.П., Савельев Г.С. Эксплуатационные испытания тракторов, переоборудованных для работы на компримированном природном газе. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 10.

7. Коклин И.М., Прохоров А.Д., Ресь О.А. Село — стратегически перспективный потребитель газомоторного топлива // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2009. № 2 (26).

8. Наумов О.П., Коклин И.М. Пути повышения эксплуатационно-технических параметров сельскохозяйственных газодизельных тракторов. Обз. инф. М.: ОАО "Газпром ЭКС-ПО", 2009. 88 с. (Транспорт и подземное хранение газа).

9. Ляхов А.С., Прохоров А.Д., Коклин И.М. Результативность газовой моторизации в сельском хозяйстве. Газовая промышленность. М., 2009. № 11.

10. Маленкина И.Ф., Тимофеев В.В., Коклин И.М. Техно-экономическое обоснование создания испытательного полигона для сельскохозяйственной техники, работающей на природном газе. М.: Международный научно-технический журнал "Транспорт на альтернативном топливе". 2011. № 1.

11. Савельев Г.С., Кочетков М.И., Овчинников Е.В., Коклин И.М. Комплексный подход к обеспечению сельхозпроизводства газомоторным топливом. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2014. № 3.

12. Коклин И.М. Результаты испытания газомоторного топлива в сельскохозяйственном производстве. Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей. Ставрополь. АГРУС Ставропольского государственного аграрного университета, 2013.

13. Савельев Г.С., Кочетков М.И., Овчинников Е.В., Коклин И.М. Использование природного газа в качестве моторного топлива для сельскохозяйственной техники. М.: Международный научно-технический журнал "Транспорт на альтернативном топливе". 2014. № 1.

14. Протокол совещания у Председателя Совета директоров ОАО "Газпром" от 9 июля 2013.



ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА НА ИЗМЕНЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

А.С. Гаваев, канд. техн. наук; **Д.А. Чайников**, канд. техн. наук;
В.А. Свистунова, канд. техн. наук; Тюменский государственный нефтегазовый университет,
г. Тюмень

В работе представлены эксплуатационные и стендовые результаты исследований по выявлению зависимости влияния низкотемпературных условий эксплуатации на температуру топлива и его расход у газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе и бензине.

Ключевые слова: газобаллонные автомобили; топливная экономичность; сжиженный углеводородный газ; низкотемпературные условия эксплуатации.

ASSESSMENT OF AMBIENT TEMPERATURE IMPACT ON THE CHANGE OF GAS-CYLINDER VEHICLE FUEL CONSUMPTION

Gavaev A.S., Chainikov D.A., Svistunova V.A.

The paper presents the results of operational and bench research to identify the influence of low temperature operating conditions on the fuel temperature and its consumption for gas-cylinder vehicles fuelled with liquefied petroleum gas and gasoline.

Keywords: gas-cylinder vehicles; fuel economy; liquefied petroleum gas; low temperature operating conditions.

В настоящее время актуальность проблемы по поиску путей замены нефтяного топлива на альтернативные виды резко возросла. Кроме того, цены на моторное топливо оказывают существенное влияние на экономику страны в целом и, прежде всего, на социальное положение населения и уровень его жизни. Высокие темпы развития автомобильного транспорта вызывают значительный рост масштабов потребления жидкого топлива и заметное загрязнение атмосферного воздуха. Особенно это выражено в крупных городах. Выходом из создавшейся ситуации может быть переход работы автомобилей, в том числе городского пассажирского транспорта, на газовые топлива. Наиболее распространенным видом газообразного топлива в России является сжиженный нефтяной газ (СНГ) и сжатый природный газ (КПГ) [5, 7, 8, 9]. Если сравнивать эти топлива, то на данный мо-

мент количество газобаллонных автомобилей (ГБА), работающих на СНГ, существенно выше, чем на КПГ.

Топливная экономичность является одним из основных показателей оценки эффективности работы автомобильного транспорта. Расход топлива автомобилей зависит от различных факторов условий эксплуатации, среди которых одним из важных является температура воздуха на входе в двигатель [1].

Большая часть автомобильного транспорта России работает на территории с низкотемпературными условиями эксплуатации, при которых значительно изменяется расход топлива. Но влияние низких температур окружающего воздуха на изменение расхода топлива ГБА, работающих на СНГ, изучено слабо.

Поэтому необходимость проведения соответствующих исследований является актуальной научной задачей.

Цель исследования состоит в повышении эффективности эксплуатации ГБА, работающих на СНГ, на основе выявления и использования закономерностей влияния низкотемпературных условий эксплуатации на расход топлива.

Объектом исследования служит процесс изменения расхода топлива ГБА при различных температурах окружающего воздуха, а предметом исследования — этот процесс для автомобиля ГАЗ-3302 с двигателем ЗМЗ-4063.10. Выбор данного транспортного средства обоснован тем, что он широко применяется как при грузовых перевозках, так и при организации перевозок пассажиров.

Влияние на расход топлива оказывает как сама температура топлива, так и воздух на входе в двигатель, которые в значительной степени зависят от температуры окружающего воздуха [2, 3, 6]. Ввиду конструктивных особенностей ГБА, температура СНГ на входе в двигатель будет отличаться от температуры окружающего воздуха. Исследования по выявлению закономерности влияния различных температур окружающего воздуха на температуру сжиженного нефтяного газа на входе в двигатель ранее не проводились.

Таким образом, для достижения поставленной в работе цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) выявить закономерность влияния различных температур окружающего воздуха на температуру сжиженного нефтяного газа на входе в двигатель;
- 2) выявить закономерность изменения расхода топлива от температуры воздуха на входе в двигатель при различных нагрузочных и скоростных режимах работы.

Для решения поставленных задач разработана общая методика исследований, которая включает в себя проведение аналитических и экспериментальных исследований, получение результатов и их анализ.

Условиями эксплуатации автомобилей обычно называют особенности выполнения транспортной работы, характеризующиеся сочетаниями различных внешних по отношению к автомобилю факторов [4]. Эти факторы оказывают существенное влияние на реализуемые показатели качества автомобилей и эффективность перевозок. А так как одним из наиболее важных факторов является температура окружающего воздуха, то в зависимости от их фактических значений условия эксплуатации

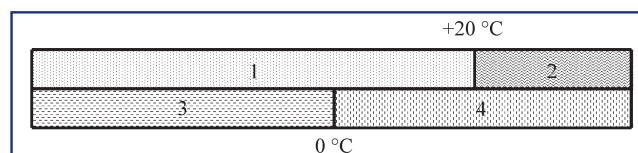


Рис. 1. Шкала оценки температур окружающего воздуха и условий эксплуатации автомобилей:

1 — низкотемпературные условия эксплуатации; 2 — высокотемпературные условия эксплуатации; 3 — отрицательная температура окружающего воздуха; 4 — положительная температура окружающего воздуха

условно можно разделить на низкотемпературные, стандартные и высокотемпературные (рис. 1).

Стандартными условиями эксплуатации называют такие условия, при которых производится оценка показателей качества новых автомобилей. В частности, этим условиям соответствует стандартная температура окружающего воздуха (+20 °C). Соответственно, низкотемпературные — это такие условия эксплуатации, при которых температура окружающего воздуха ниже стандартной. А высокотемпературные — это условия, при которых температура окружающего воздуха выше стандартной.

Для выявления закономерности изменения температуры сжиженного нефтяного газа на входе в двигатель t_t в качестве рабочей гипотезы рассматривается однофакторная математическая модель зависимости данной температуры от температуры окружающего воздуха t_b :

$$t_t = t_{t0} + S_b t_b, \quad (1)$$

где t_{t0} — температура сжиженного нефтяного газа на входе в двигатель при температуре окружающего воздуха 0 °C, °C; S_b — параметр чувствительности к изменению температуры окружающего воздуха по температуре сжиженного нефтяного газа на входе в двигатель; t_b — фактическая температура воздуха, °C.

В ходе аналитических исследований был установлен вид однофакторной математической модели, описывающей влияние факторов условий эксплуатации на топливную экономичность.

Так как искровое воспламенение и механизм горения СНГ сходны со свойствами бензина, можно предположить, что изменение расхода газа будет проходить по аналогичной закономерности. Исходя из анализа изменения вязкости и плотно-

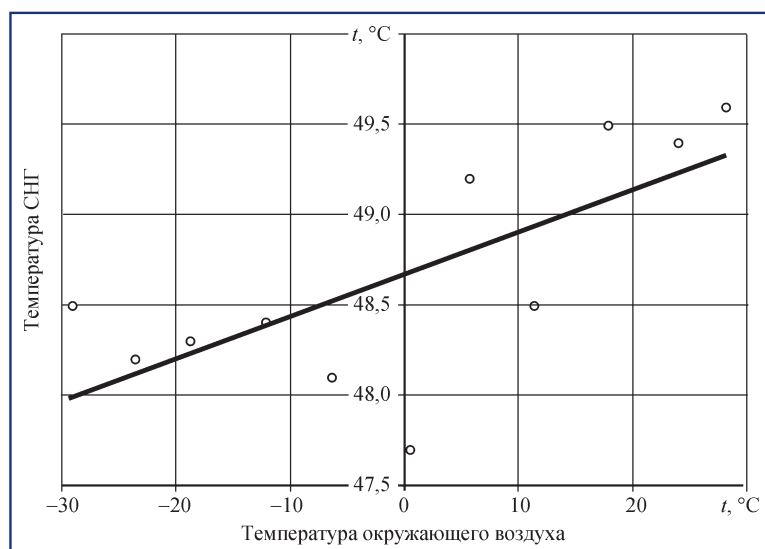


Рис. 2. Зависимость изменения температуры СНГ от температуры окружающего воздуха

сти воздуха, испаряемости топлив овоздушной смеси, расход топлива двигателя увеличивается как при снижении, так и при повышении температуры воздуха по сравнению с оптимальным значением. Из этого следует, что зависимость часового расхода топлива G_t от температуры воздуха t_y может быть описана квадратичной моделью:

$$G_t = G_0 + S_t(t_f - t_o)^2, \quad (2)$$

где G_0 — минимальный расход топлива двигателя на заданном режиме работы, кг/ч; S_t — параметр чувствительности к изменению температуры воздуха, кг/ч/($^\circ\text{C}$)²; t_o — оптимальная температура воздуха по топливной экономичности, $^\circ\text{C}$.

Целью эксплуатационных испытаний является определение температуры СНГ на входе в двигатель при различных температурах окружающего воздуха.

Эксплуатационные испытания проводились при температуре окружающего воздуха от -30 до $+30$ $^\circ\text{C}$. Измерения температуры сжиженного нефтяного газа на входе в двигатель проводились при достижении температуры охлаждающей жидкости до рабочего значения (80 – 105 $^\circ\text{C}$), на установившемся режиме работы двигателя.

По результатам проведения испытаний автомобиля по данной методике устанавливаются однофакторные зависимости температуры сжиженного нефтяного газа на входе в двигатель от температуры окружающей среды.

При проведении эксплуатационных испытаний была получена зависимость влияния температуры окружающего воздуха на температуру СНГ на входе в двигатель, которая представлена на рис. 2.

Математическая модель изменения температуры СНГ на входе в двигатель ЗМЗ-4063.10 при низкотемпературных условиях эксплуатации автомобиля ГАЗ-3302 с численными значениями ее параметров имеет вид:

$$t_t = 48,8 + 0,024 \cdot t_a. \quad (3)$$

В ходе выполнения исследований установлена закономерность изменения температуры СНГ на входе в двигатель при различных температурах окружающего воздуха. При рассмотрении данной зависимости установлено незначительное влияние температуры окружающего воздуха на изменение температуры СНГ, что связано с конструктивными особенностями газобаллонного оборудования.

Результатом проведения стендовых испытаний является установление закономерности изменения расхода топлива двигателя при различных температурах на входе в двигатель. Кроме температуры воздуха в исследовании учитываются частота вращения коленчатого вала и тормозной крутящий момент (нагрузка). Замеры по изменению расхода топлива проводились на двух видах топлива — СНГ и бензине.

Расход газа производился весовым методом, расход бензина при помощи измерительной колбы, встроенной в топливопроводную магистраль стенда. Для удобства сравнения данных видов топлива значения рассчитаны в кг, так как температура окружающего воздуха влияет на их температуру. А при изменении температуры топлив меняется их плотность, что сказывается в итоге на объемной величине.

При проведении стендовых испытаний были получены зависимости влияния температуры воздуха на входе в двигатель на изменение расхода топлива при различной частоте вращения коленчатого вала и нагрузке на двигатель, создаваемой тормозным устройством. Один из них представлен на рис. 3.

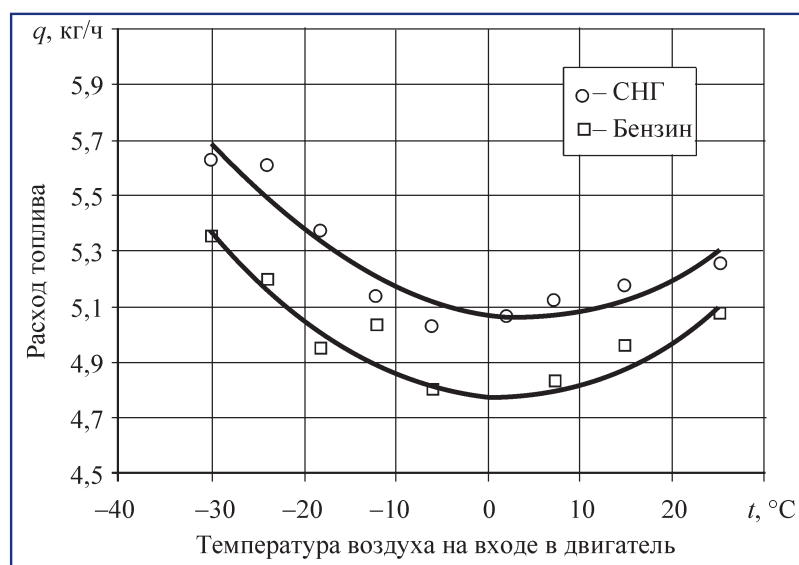


Рис. 3. Зависимость изменения расхода топлива от температуры воздуха на входе в двигатель при $P = 30 \text{ кВт}$, $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$

Обработка результатов исследований позволила определить численные значения параметров математических моделей:

$$G_{\text{т бензин}} = 4,8 + 5 \cdot 10^{-4} (t_{\text{ф}} - 3)^2, \quad (4)$$

$$G_{\text{т СНГ}} = 5,1 + 4 \cdot 10^{-4} (t_{\text{ф}} - 4)^2. \quad (5)$$

Проанализировав графические и математические зависимости влияния температуры воздуха на входе в двигатель при различных нагрузочных режимах работы на топливную экономичность ГБА, работающего на бензине и СНГ, было установлено, что расход топлива при работе двигателя на СНГ выше, чем на бензине. Но кроме того, выявлена закономерность, позволяющая установить, что СНГ по сравнению с бензином менее восприимчив по расходу топлива к изменению температуры воздуха на входе в двигатель. Об этом говорят параметры чувствительности из формул (4) и (5).

Данный эксперимент говорит о большей приспособленности ГБА по расходу топлива при его работе на СНГ к низкотемпературным условиям эксплуатации по сравнению с бензином.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анисимов И.А. Приспособленность автомобилей с дизельными двигателями к низкотемпературным условиям эксплуатации по токсичности отработавших газов // Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. 20 с.
2. Анисимов И.А., Чикишев Е.М. Исследования приспособленности автомобилей, работающих на природном газе и бензине, к фактическим температурам воздуха // Газовая промышленность. М.: ООО "Газоил пресс", 2014. № 2 (702). С. 82–85.
3. Анисимов И.А., Чикишев Е.М., Иванов А.С. Оценка приспособленности газодизельных автомобилей методом конструктивных аналогий // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. М.: Машиностроение, 2014. № 11 (92). С. 13–18.
4. Гаваев А.С. Оценка условий эксплуатации автомобильного транспорта // Новые технологии — нефтегазовому региону: материалы Всероссийской науч.-практ. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. Т. 3. С. 20–21.
5. Ерохов В.И. Газодизельная система нового поколения // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. М.: Машиностроение, 2013. № 9 (78). С. 15–23.
6. Захаров Д.А. Влияние зимних условий эксплуатации автомобилей на топливную экономичность двигателей. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Тюмень: ТюмГНГУ, 2000. 17 с.
7. Чикишев Е.М. Выявление причин, сдерживающих газификацию автомобильного транспорта природным газом // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. М.: Машиностроение, 2016. № 1 (106).
8. Чикишев Е.М. Необходимость сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций в г. Тюмени // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. М.: Машиностроение, 2015. № 9 (102). С. 10–13.
9. Чикишев Е.М., Иванов А.С., Анисимов И.А. Перспективы использования природного газа и приборов его учёта на автомобильном транспорте // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. М.: Машиностроение, 2015. № 4 (97). С. 3–9.

УДК 621.436

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО И ГАЗОДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЕЙ

В.А. Марков, д-р техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва;
В.В. Фурман, канд. техн. наук, "ППП Дизельавтоматика", г. Саратов;
Е.В. Бебенин, канд. техн. наук, СГАУ им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

Рассмотрены принципы регулирования частоты вращения коленчатого вала, реализуемые в двигателях внутреннего сгорания. Показаны преимущества пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) принципа регулирования. Проведены расчетные исследования влияния структуры ПИД-регулятора на динамические показатели системы автоматического регулирования (САР) дизеля. Обоснована необходимость конвертации этого двигателя на природный газ. Показана целесообразность оснащения газодизельного двигателя системой распределенной подачи газообразного топлива, выполненной по эжекционному принципу. Проведены испытания трактора МТЗ-82.1 с газодизельным двигателем типа Д-240 в условиях реальной эксплуатации. Получены зависимости нестабильности частоты вращения этого двигателя от структуры ПИД-регулятора.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания; дизельный двигатель; газодизельный двигатель; система регулирования; ПИД-регулятор; природный газ; топливная экономичность; токсичность отработавших газов (ОГ).

IMPROVING THE ROTATION SPEED CONTROL SYSTEM OF THE DIESEL AND GAS-DIESEL ENGINES

Markov V.A., Furman V.V., Bebenin E.V.

The crankshaft rotation speed control principles realized in internal combustion engines are considered. The advantages of the proportional-integral-differential (PID) control principle is shown. A calculational research of the PID controller structure influence on dynamic characteristics of the diesel engine automatic control system (ATS) is carried out. The necessity of converting this engine to natural gas is proved. Feasibility of equipping a gas-diesel engine with the gaseous fuel distributed supply system, designed on the principle of ejection is shown. Tests of the MTZ-82.1 tractor with the gas-diesel engine of the type D-240 under real running conditions are carried out. Dependence of the engine rotation speed instability on the PID controller structure is obtained.

Keywords: internal combustion engine; diesel engine; gas-diesel engine; control system; PID-controller; natural gas; fuel efficiency; exhaust gases toxicity.

Дизели, работающие с повышенной степенью сжатия и коэффициентом избытка воздуха, в большей степени, чем другие двигатели внутреннего сгорания, отвечают современным тенденциям развития транспортного и автотракторного двигателестроения — улучшению экономических и экологических показателей транспортных установок [1, 2]. Но реализация этого принципиального преимущества невозможна без обеспечения оптимальных характеристик и параметров двигателя, которые целесообразно изменять в соответствии с режимом работы и условиями эксплуатации. Поэтому дизельные двигатели оснащают отдельными устрой-

ствами или целыми системами автоматического управления и регулирования (САР и САУ), позволяющими осуществлять целенаправленное изменение указанных характеристик и параметров, тем самым, обеспечивая требуемый характер протекания процессов топливоподачи, смесеобразования и сгорания на каждом эксплуатационном режиме работы дизеля.

Одной из основных систем дизелей является САР частоты вращения вала двигателя, которая обеспечивает поддержание заданного скоростного режима работы транспортной силовой установки и осуществляет ряд дополнительных функций, в ча-

стности, формирование и корректирование внешней скоростной характеристики двигателя [3–5]. Конструктивные особенности этой системы и ее параметры определяют такие важнейшие показатели работы дизеля, как максимальные мощность и крутящий момент, динамические и пусковые качества, топливная экономичность и токсичность отработавших газов (ОГ). Поэтому при разработке и совершенствовании САР частоты вращения возникает проблема выбора ее структуры и расчета основных параметров и характеристик. Причем, поскольку транспортные и автотракторные дизели работают в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов, эти системы должны формировать требуемые статические характеристики дизеля его и необходимые динамические качества, обеспечивающие достижение необходимых показателей топливной экономичности и токсичности ОГ [6, 7]. Получение необходимых мощностных и динамических показателей, требуемых характеристик топливной экономичности и токсичности ОГ возможно лишь при выборе оптимальной структуры и параметров САР и САУ.

Устройства управления, устанавливаемые на двигатели внутреннего сгорания, предназначены для поддержания заданных режимов работы двигателей или изменения их по требуемому закону. Для этого на вход САР и САУ подается задающее воздействие $g(t)$, определяющее желательный характер изменения выходной величины $y(t)$ объекта регулирования (рис. 1). В системах стабилизации задающее воздействие представляет собой постоянную величину, а в системах программного управления — функцию времени или другого параметра. Выходной (регулируемый) параметр системы $y(t)$ системы в идеале должна точно повторять изменения задающего воздействия $g(t)$, т.е. должно обеспечиваться равенство $y(t) = g(t)$ [8–11].

Для организации процесса регулирования управляющее (регулирующее) воздействие $\mu(t)$ подается на регулирующий орган объекта. Это воздействие обычно является функцией ошибки регулирования $x(t)$, определяемой в виде отклонения регулируемой величины $y(t)$ от ее заданного значения $g(t)$, т.е. $x(t) = g(t) - y(t)$. Сигнал ошибки $x(t)$ вырабатывается на сравнивающем элементе (сумматоре) 4 (рис. 1, а), на который поступают задающее воздействие $g(t)$ и через линию 5 главной отрицательной обратной связи — регулируемый параметр $y(t)$. При этом образуется замкнутый контур регулирования (замкнутая САР). Такой принцип работы САР называют принципом регулирования по отклонению регулируемого параметра или принципом Ползунова–Уатта [3, 4]. САР, рабо-

тающие по этому принципу, формируют закон регулирования (зависимость между входным и выходным сигналами регулятора), называемый пропорциональным (П) или статическим и выражающийся зависимостью $\mu(t) = kx(t)$, где k — коэффициент усиления регулятора. САР, имеющая статическую ошибку $x_{ст}$, обусловленную данным внешним воздействием, является статической по отношению к этому воздействию. Если $x_{ст} = 0$, то САР является астатической по отношению к этому воздействию. Применение П-регулирования не позволяет сформировать астатическую САР. Поэтому используются и другие принципы регулирования.

К таким принципам регулирования относят и регулирование по возмущающему воздействию $f(t)$ — по нагрузке на двигатель (Н-регулирование) [3, 4]. При Н-регулировании, впервые предложенном французским ученым Понселе в 1830 г., регулирующее воздействие $\mu(t)$ вырабатывается устройством компенсации 3 (Н-регулятором, рис. 1, б) в зависимости от возмущения $f(t)$ в виде $\mu(t) = kf(t)$ и подается на объект 1. В этом случае реализуется принцип компенсации возмущений. Так как в САР, работающей по возмущению, отсутствует линия главной отрицательной обратной связи (ОС), то такая САР является разомкнутой и в ней не организовано сравнение текущего и заданного значений регулируемого параметра. Поэтому Н-регулирование реализуется только в сочетании с П-регулированием (рис. 1, в). При этом регулирующее воздействие имеет вид $\mu(t) = k_n x(t) + k_n dx/dt$. Это воздействие с сумматора 6 подается на вход объекта регулирования 1.

При дифференциальном (Д) принципе регулирования закон регулирования определяется в виде $\mu(t) = kdx/dt$ (рис. 1, г) [3, 4]. То есть регулирующее воздействие $\mu(t)$, формируемое Д-регулятором 7, должно быть пропорционально не сигналу ошибки $x(t)$, а ее производной dx/dt . Такой регулятор, впервые предложенный братьями Сименс (Германия) в 1845 г., назван акселерометром [3, 4]. Он является дифференцирующим устройством и реагирует на скорость изменения регулируемого параметра — на угловое ускорение вала двигателя. Импульс углового ускорения может повысить быстродействие САР, так как в момент изменения нагрузки он более значителен, чем импульс отклонения частоты вращения вала. Но регулятор, реагирующий только на изменения углового ускорения, не способен поддерживать заданный скоростной режим, так как он не реагирует на изменения регулируемого параметра. Поэтому Д-регулятор 7 применяется только в сочетании с П-регулятором 2 (рис. 1, д). Такой комбиниро-



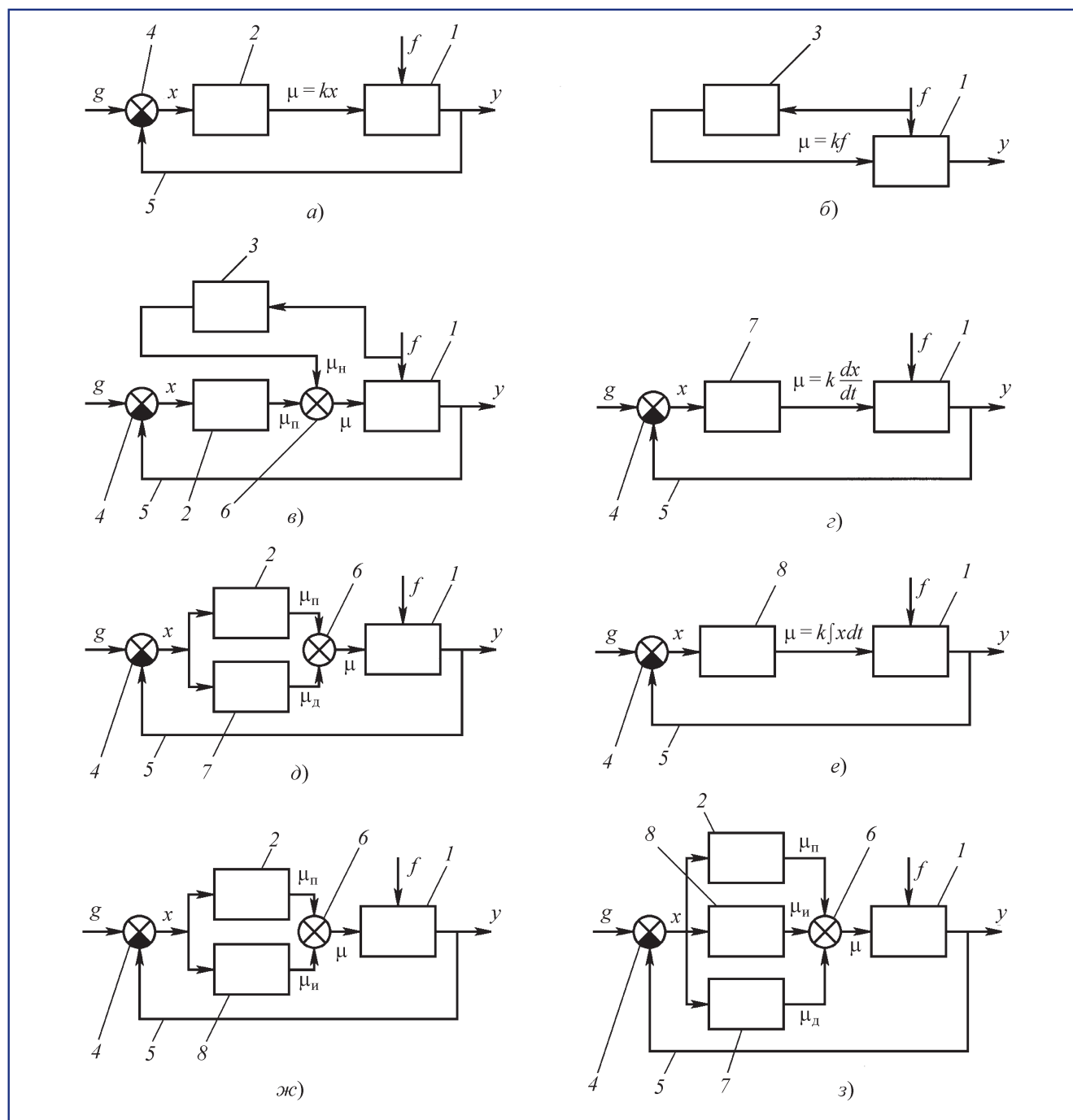


Рис. 1. Функциональные схемы САР с регулятором, работающим по отклонению (а), с регулятором, работающим по возмущению (б), с комбинированным регулятором по отклонению и возмущению (в), с Д-регулятором (г), с ПД-регулятором (д), с И-регулятором (е), с ПИ-регулятором (ж), с ПИД-регулятором (з):

1 – объект регулирования; 2 – пропорциональный регулятор (П-регулятор); 3 – устройство компенсации нагрузки (Н-регулятор); 4 – сравнивающий элемент (сумматор); 5 – линия главной отрицательной обратной связи; 6 – сумматор; 7 – дифференциальный регулятор (Д-регулятор); 8 – интегральный регулятор (И-регулятор)

ванный регулятор, вырабатывающий два регулирующих импульса – по частоте вращения μ_n и по ускорению вала μ_d , называется пропорционально-дифференциальным (ПД-регулятор) и формирует регулирующее воздействие в виде $\mu(t) = k_n(t) + k_d dx/dt$.

Недостатком П и Д-регуляторов является наличие статической ошибки $x_{ст}$. Повысить точность работы САР в установившихся режимах позволяет формирование интегрального (И) закона регулирования в виде $\mu(t) = k \int x(t) dt$, при котором $\mu(t)$ линейно зависит от накапливаемой во времени

ошибки регулирования $x(t)$ [3, 4]. Интегрирование сигнала ошибки $x(t)$ проводится И-регулятором δ (рис. 1, е), позволяющим построить астатическую САР, т.е. обеспечить $x_{ст} = 0$. Но этот регулятор, являющийся интегрирующим устройством, увеличивает склонность САР к колебаниям. Поэтому для обеспечения требуемого качества работы САР И-регулятор δ применяется только в сочетании с П-регулятором 2 (рис. 1, ж). Такие комбинированные пропорционально-интегральные (ПИ) или изодромные регуляторы формируют закон регулирования в виде $\mu(t) = k_p x(t) + k_i \int x(t) dt$. Из-за наличия интегральной составляющей μ_i ПИ-регуляторы не имеют статической ошибки. Требуемые показатели качества работы САР на неустановившихся режимах обеспечиваются за счет пропорциональной составляющей μ_p закона регулирования.

Динамические качества САР с ПИ-регулятором улучшаются при введении в закон регулирования дифференциальной составляющей μ_d . Это приводит к формированию пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) закона в виде $\mu(t) = k_p x(t) + k_i \int x(t) dt + k_d dx/dt$. Этот закон вырабатывается ПИД-регулятором, содержащим П, И, Д-регуляторы (позиции 2, 8, 7 на рис. 1, з). Такая работа САР обеспечивает существенное улучшение статических и динамических свойств САР.

ПИД-регулятор был изобретен еще в 1910 г. В 1942 г. Зиглер и Никольс разработали методику его настройки. После появления микропроцессоров в 1980-х гг. развитие ПИД-регуляторов происходит нарастающими темпами. ПИД-регулятор относится к наиболее распространенному типу регуляторов. Порядка 90–95 % регуляторов, находящихся в настоящее время в эксплуатации, используют ПИД-алгоритм. Причинами столь высокой популярности являются простота построения и промышленного использования, ясность функционирования, пригодность для решения большинства практических задач и низкая стоимость [12–14].

Применительно к системам регулирования транспортных и автотракторных дизелей, а также двигателей других типов продолжают исследования по использованию ПД-регуляторов [15], ПИ-регуляторов [16], различных модификаций ПИД-регуляторов [17]. Но все-таки реализация традиционного ПИД-регулирования стала своего рода стандартом. Проводятся исследования влияния структуры и параметров ПИД-регулятора на статические и динамические показатели системы автоматического регулирования (САР) дизеля. В частности, в работе [4] приведены результаты ис-

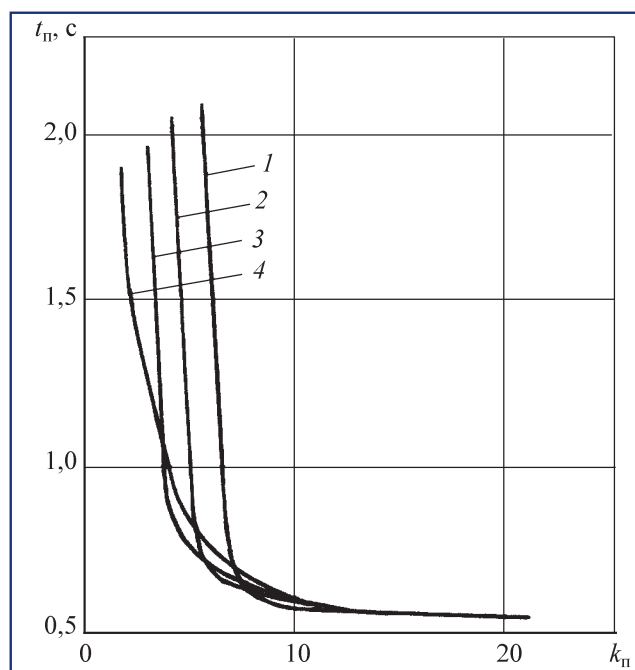


Рис. 2. Зависимость времени переходного процесса t_n наброса полной нагрузки дизеля типа Д-6 (6 ЧН 15/18) от коэффициента k_n ПИД-закона регулирования при $k_d = 1$ и различных значениях коэффициента k_i :
1 – $k_i = 0$; 2 – 0,5; 3 – 1,0; 4 – 2,0

следования динамических свойств САР дизеля типа Д-6 (6 ЧН 15/18), оснащенного электронным ПИД-регулятором с цифровым вычислительным блоком и электрогидравлическим исполнительным механизмом. В качестве исследуемых параметров выбраны коэффициенты k_p , k_i , k_d составляющих ПИД-закон регулирования. Исследования показали, что в переходном процессе наброса полной нагрузки наиболее приемлемо значение коэффициента дифференциальной составляющей $k_d = 1$. Характеристики, представленные на рис. 2 и полученные при таком k_d и изменении k_p в диапазоне от 1 до 20, показали, что влияние k_i наиболее выражено при небольших значениях k_p . Начиная с $k_p = 10$, влияние интегральной составляющей становится малозаметным. Величина перерегулирования σ (заброса регулируемого параметра в переходном процессе) практически не зависит от значений коэффициентов k_p , k_i , k_d . По результатам расчетов были выбраны следующие значения коэффициентов $k_p = 20$, $k_i = 0$, $k_d = 1$.

При исследованиях динамических качеств САР и САУ могут быть использованы различные методы: расчеты переходных процессов с использованием линейных и нелинейных математических моделей, построение частотных характеристик, получение и анализ логарифмических частотных характеристик, методы оптимизации и др. [3, 4, 18, 19].

Приведенные на рис. 2 данные получены при использовании нелинейной математической модели САР дизеля и проведении трудоемких расчетно-экспериментальных исследований. При этом оценка влияния коэффициентов усиления пропорциональной k_n , дифференциальной k_d и интегральной k_i составляющих ПИД-закона регулирования на показатели качества процесса регулирования проведена путем расчета переходного процесса при ограниченном сочетании значений коэффициентов k_n , k_i и k_d . Следует также отметить, что в упомянутом исследовании в качестве объекта выбран стационарный двигатель, оснащенный достаточно инерционной системой регулирования непрямого действия с электрогидравлическим исполнительным механизмом. Поэтому определенный интерес представляет разработка методики выбора значений коэффициентов k_n , k_i и k_d для быстродействующей САР частоты вращения прямого действия автотракторного двигателя и оценка их влияния на показатели качества процесса регулирования.

В проведенном исследовании в качестве объекта исследования выбрана САР частоты вращения автотракторного дизеля типа Д-240 (4 Ч 11/12,5). Этот дизель, не оснащенный системой газотурбинного наддува, устанавливается на трактор МТЗ-82.1. Структурная схема этой САР частоты вращения с ПИД-регулятором представлена на рис. 3.

Предлагаемая методика построена с использованием методов параметрической оптимизации

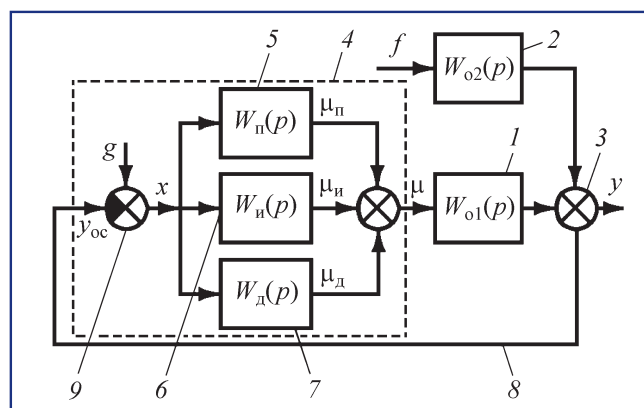


Рис. 3. Структурная схема САР с ПИД-регулятором: 1, 2 – объект управления (дизель); 3 – сумматор; 4 – регулятор частоты вращения (ПИД-регулятор); 5 – П-регулятор; 6 – И-регулятор; 7 – Д-регулятор; 8 – линия главной отрицательной обратной связи; 9 – сравнивающий элемент (сумматор); g – задающее воздействие; f – возмущающее воздействие; x – сигнал ошибки; μ – регулирующее воздействие; y – регулируемый параметр; y_{oc} – сигнал обратной связи

САР и САУ и предусматривает использование программного комплекса "Моделирование в технических устройствах (МВТУ)", разработанного под руководством к.н.т., доцента О.С. Козлова [20–22]. При использовании этого программного комплекса САР исследованы переходные процессы сброса нагрузки дизеля Д-240. В соответствии с рис. 3 эта САР моделируется в виде структурной схемы объекта регулирования, содержащей блоки 1 и 2 (рис. 4, а) с передаточными функциями апериодического звена первого порядка $W_{o1}(p) = k_{o1} / (T_o p + 1)$ и $W_{o2}(p) = k_{o2} / (T_o p + 1)$, выходные сигналы которых суммируются на сумматоре 3. Константы передаточных функций исследуемого объекта регулирования определены с использованием экспериментальных данных работ [22, 23] и приняты равными: коэффициенты усиления двигателя $k_{o1} = 1,5$ и $k_{o2} = 0,75$, постоянная времени $T_o = 0,925$ с. Единичное ступенчатое воздействие на объект регулирования подавалось от блока 4.

Передаточные функции усилительного 5 (рис. 4, а), интегрирующего 6 и дифференцирующего 7 каналов вычислительного устройства были представлены в виде передаточных функций соответственно идеального усилительного звена $W_n(p)$, идеального интегрирующего звена $W_i(p)$ и дифференцирующего звена первого порядка $W_d(p)$ с постоянной времени T , стремящейся к нулю:

$$W_n(p) = k_n, \quad W_i(p) = k_i / p, \quad W_d(p) = k_d p / (Tp + 1).$$

Выходные сигналы указанных блоков суммировались на сумматоре 8. Коэффициенты k_n , k_i и k_d ПИД-закона регулирования (коэффициентами усиления представленных передаточных функций) являлись оптимизируемыми (варьируемыми) параметрами рассматриваемой САР при ее параметрической оптимизации.

Для наблюдения переходного процесса в САР в схему моделирования введен блок 9 ("временной график"). Для проведения оптимизации схема моделирования исходной САР дополнена блоками, формирующими критерии оптимальности. В качестве критериев оптимальности могут быть использованы максимальное отклонение (заброс) регулируемого параметра в переходном процессе $y_{\max}$, моделируемое блоками "МАХ" 10 и "В память" 11, интегральный квадратичный критерий, моделируемый блоками $(1/t) \int x^2 dt$ 12 и "В память" 13, и продолжительность переходного процесса t_n . В библиотеке типовых блоков программного комплекса "МВТУ" нет блока измерения времени переходного процесса. Он создается в виде субструктуры 14

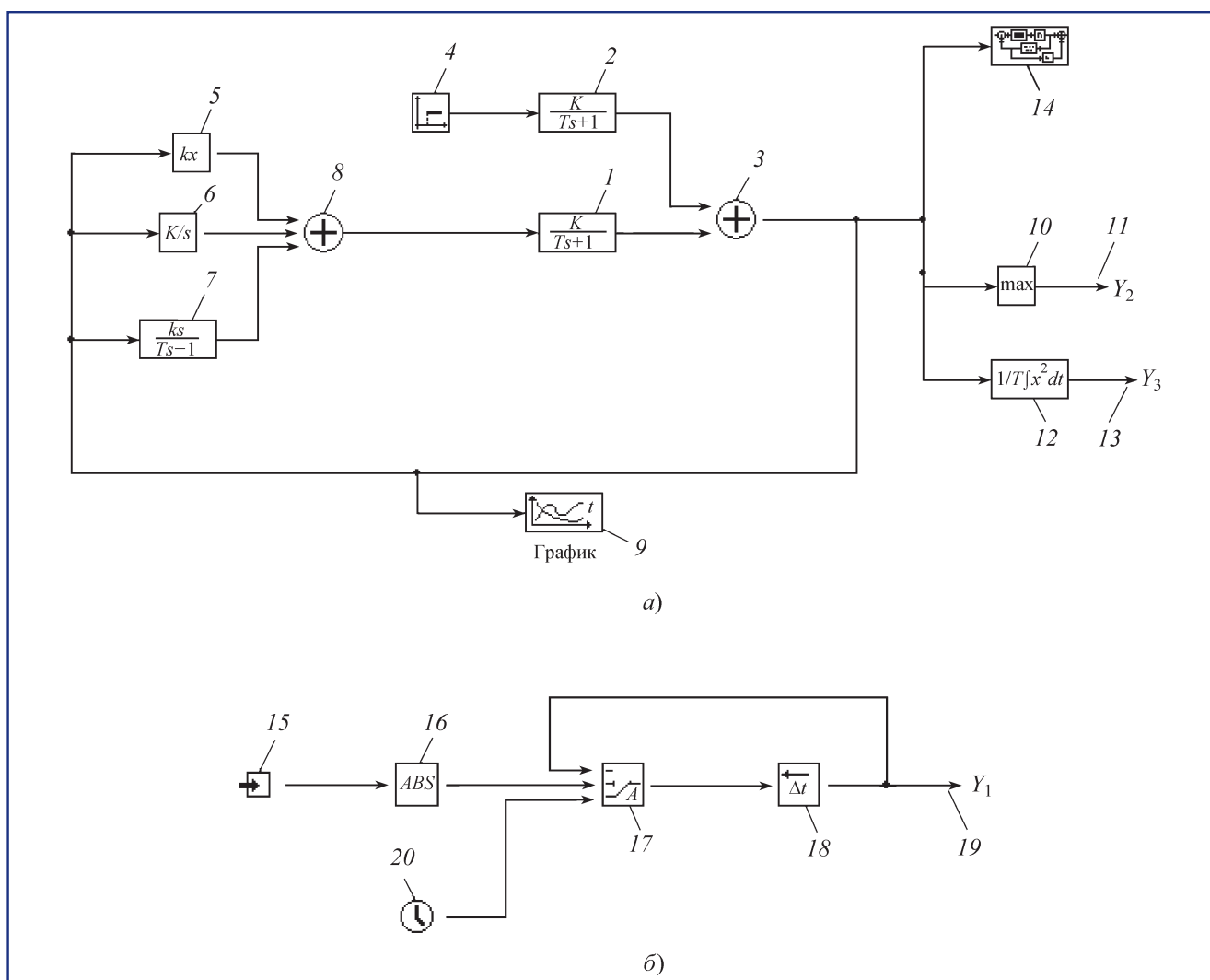


Рис. 4. Схема моделирования САР с блоками, формирующими критерии оптимальности (а), и субмодель для определения продолжительности переходного процесса (б)

(рис. 4, а). Она содержит порт входа (входной сигнал) 15 (рис. 4, б), модуль 16, "ключ 3" 17, "задержка на шаг" 18, "В память" 19, "часы" (модельное время) 20. Схема работает следующим образом. На средний (логический) входной порт ключа подается выходной сигнал САР. Если этот сигнал больше допустимой зоны, то на выход ключа передается сигнал с 3-го (нижнего) входного порта, т.е. текущее модельное время. Если выходной сигнал САР меньше допустимой зоны, то на выход ключа передается сигнал с 1-го (верхнего) входного порта, т.е. тот же сигнал, но задержанный на один шаг интегрирования.

В программном комплексе "МВТУ" оптимизация параметров САР может быть проведена как по одному критерию оптимизации (в этом случае блоки, относящиеся к остальным критериям, выключаются из схемы), так и по нескольким критериям. В предлагаемой методике оптимизация САР про-

ведена по комплексному критерию, представляющему собой произведение продолжительности переходного процесса t_n и максимального отклонения регулируемого параметра в переходном процессе $y_{\max}$. Преимуществом этого комплексного критерия по сравнению с интегральным квадратичным критерием $(1/t) \int x^2 dt$ является простота его определения и однозначная зависимость от прямых показателей качества t_n и $y_{\max}$. Минимальное значение комплексного критерия качества $t_n y_{\max} = 0,0624$ получено при следующих значениях коэффициентов ПИД-закона регулирования: $k_n = 13,918$, $k_i = 20,135$ и $k_d = 1,4971$ (далее принято $k_n = 14,0$, $k_i = 20,0$ и $k_d = 1,5$). Эти значения коэффициентов k_n , k_i и k_d и приняты оптимальными.

Оценка влияния коэффициентов k_n , k_i и k_d ПИД-закона регулирования на показатели качества процесса регулирования t_n , $y_{\max}$ и $t_n y_{\max}$ проведена путем варьирования значения каждого из упо-

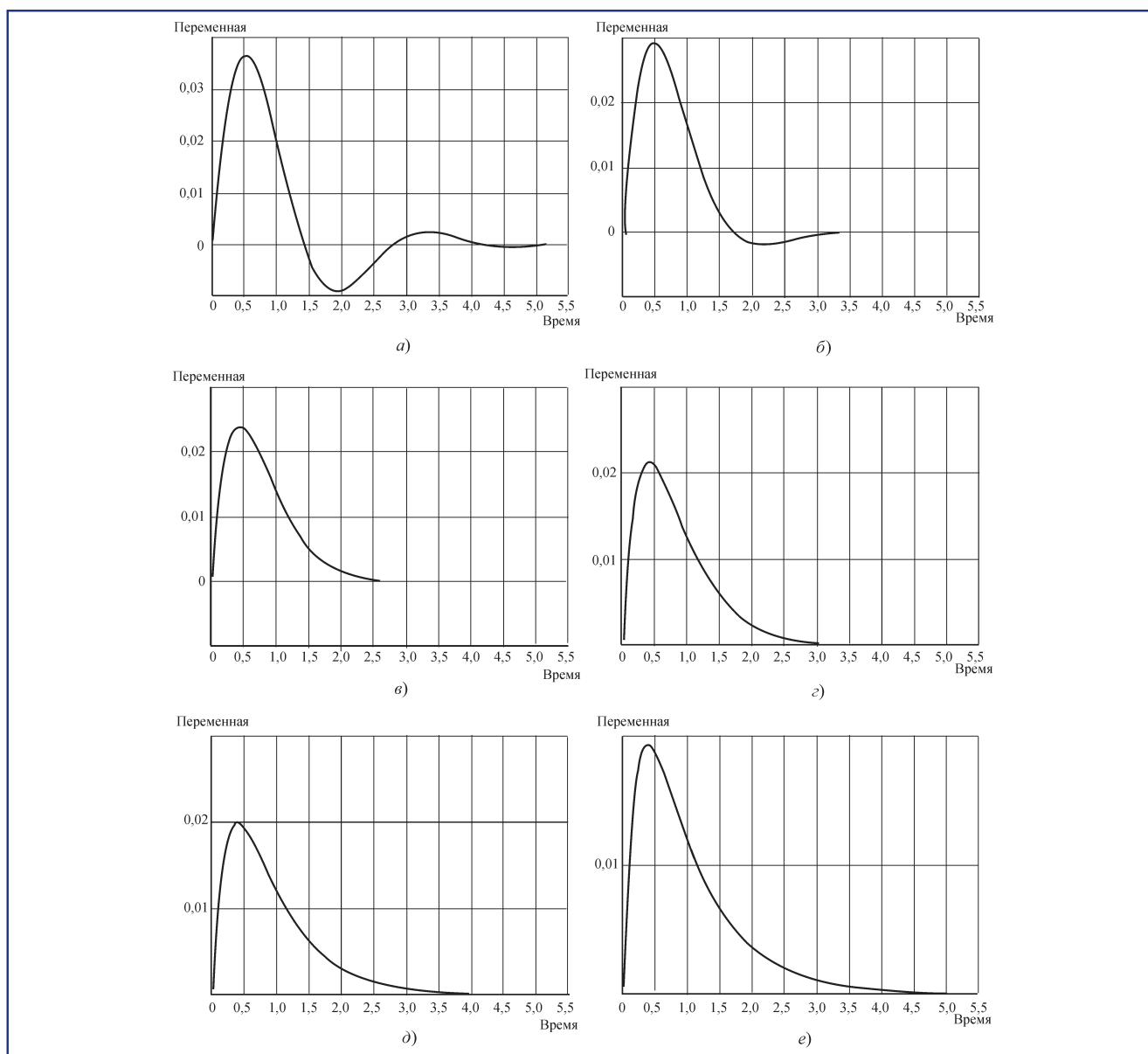


Рис. 5. Переходные процессы САР при коэффициентах ПИД-закона регулирования $k_i = 20$, $k_d = 1,5$ и различных значениях коэффициента k_p :

$a - k_p = 6$; $b - k_p = 10$; $в - k_p = 14$; $г - k_p = 16$; $д - k_p = 18$; $e - k_p = 20$

мянутых коэффициентов при фиксированных оптимальных значениях двух других коэффициентов. На рис. 5 представлены переходные процессы исследуемой САР при постоянных значениях коэффициентов $k_i = 20$ и $k_d = 1,5$ и изменении коэффициента пропорциональной составляющей ПИД-закона регулирования в интервале от $k_p = 6$ до $k_p = 20$. Характеристики показателей качества процесса регулирования t_n , $y_{\max}$ и $t_n y_{\max}$ в этом диапазоне изменения k_p приведены на рис. 6. Как следует из представленных данных при небольших значениях коэффициента k_p переходный процесс оказывается несколько затянутым по времени. Мини-

мальные значения показателей качества процессов регулирования $t_n = 2,62$ с и $t_n y_{\max} = 0,0624$ с достигнуты при значении $k_p = 14$ (см. рис. 5 и 6). Увеличение значения этого коэффициента выше $k_p = 14$ сопровождается некоторым уменьшением заброса регулируемого параметра в переходном процессе $y_{\max}$. Однако продолжительность переходного процесса t_n и комплексный критерий $t_n y_{\max}$ при этом заметно возрастают (см. рис. 6).

Значительное влияние на показатели качества процесса регулирования оказывает и коэффициент k_i интегральной составляющей ПИД-закона регулирования. Об этом свидетельствуют пред-

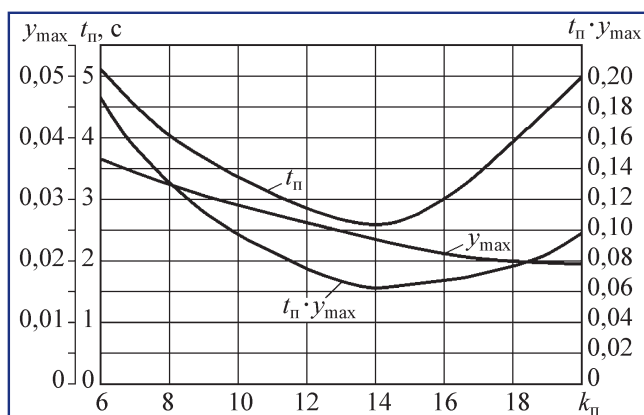


Рис. 6. Зависимость продолжительности переходного процесса сброса нагрузки t_n , максимального отклонения регулируемого параметра в переходном процессе $y_{\max}$ и комплексного критерия $t_n y_{\max}$ от пропорциональной составляющей ПИД-закона регулирования k_p

ставленные на рис. 7 переходные процессы исследуемой САР при постоянных значениях коэффициентов $k_p = 14$ и $k_d = 1,5$ и изменении коэффициента интегральной составляющей ПИД-закона регулирования k_i в диапазоне от 10 до 30. Зависимость показателей качества процесса регулирования t_n , $y_{\max}$ и $t_n y_{\max}$ от значений коэффициента k_i приведена на рис. 8. Как следует из представленных на рис. 7 и 8 данных, минимальные значения показателей качества переходного процесса $t_n = 2,62$ с и $t_n y_{\max} = 0,0624$ с обеспечивают коэффициент интегральной составляющей ПИД-закона регулирования $k_i = 20$. Дальнейшее увеличение коэффициента k_i приводит к возникновению колебаний регулируемого параметра в переходном процессе (т.е. переходу от апериодических переходных процессов к периодическим переходным процессам) и, как следствие, к увеличению показателей t_n и $t_n y_{\max}$.

Аналогичные закономерности изменения показателей качества процесса регулирования t_n , $y_{\max}$ и $t_n y_{\max}$ отмечены и при варьировании коэффициента k_d дифференциальной составляющей ПИД-закона регулирования. Диапазон изменения коэффициента k_d составлял от 0,5 до 4,0. Вид переходных процессов и значения показателей качества этих переходных процессов при различных значениях коэффициента k_d приведены на рис. 9 и 10. Наилучшее качество процесса регулирования достигается при значении коэффициента дифференциальной составляющей ПИД-закона регулирования $k_d = 1,5$. При значениях этого коэффициента, превышающих $k_d = 1,5$ отмечено появление колебаний регулируемого параметра в исследуемом переходном процессе.

Представленные результаты расчетных исследований подтверждают значительную зависимость рассматриваемых показателей качества процесса регулирования t_n , $y_{\max}$ и $t_n y_{\max}$ от коэффициентов k_p , k_i и k_d ПИД-закона регулирования. Предложенная методика выбора значений коэффициентов k_p , k_d и k_i ПИД-закона регулирования отличается простотой, не требует проведения трудоемких расчетных исследований и может быть использована для определения параметров электронного регулятора частоты вращения транспортного дизеля. Предложенная методика может быть использована и для выбора значений других характеристик электронного регулятора, включая характеристики датчиков режимных параметров дизеля, характеристики электронного блока регулятора, показатели исполнительных устройств регулятора, кинематические соотношения передаточных механизмов электронного регулятора частоты вращения транспортного дизеля.

Результаты представленных выше исследований получены для дизеля, работающего на традиционном нефтяном топливе. В то же время, в настоящее время проводятся многочисленные исследования, направленные на адаптацию дизелей к работе на различных альтернативных топливах [24–28]. При выборе сырьевого ресурса для производства моторных топлив необходимо учитывать целый ряд показателей и критериев, характеризующих эффективность производства и потребления этих топлив. Основными критериями потребительских качеств моторных топлив по-прежнему остаются их технико-экономические характеристики, включая стоимость производства того или иного вида альтернативного топлива. Существенную роль играет и запас сырьевых ресурсов для производства моторных топлив [29, 30].

Для условий Российской Федерации привлекательным представляется использование в качестве газомоторного топлива природного газа. Доля России в разведанных мировых запасах природного газа равна 25 %. При этом на мировом рынке добычи газа доля России составляет более 18 %. Это наивысший показатель среди стран, добывающих природный газ. Для сравнения — по запасам нефти позиции России скромнее: 5,3 % от мировых запасов нефти (8-место на планете).

Природный газ является наиболее известным и исследованным газовым топливом. Его применение, в первую очередь, целесообразно на автомобильном транспорте, потребляющем большую часть моторных топлив. В Германии предполагается к 2020 г. довести число автомобилей, работающих на природном газе, до 20 % от общего автомо-

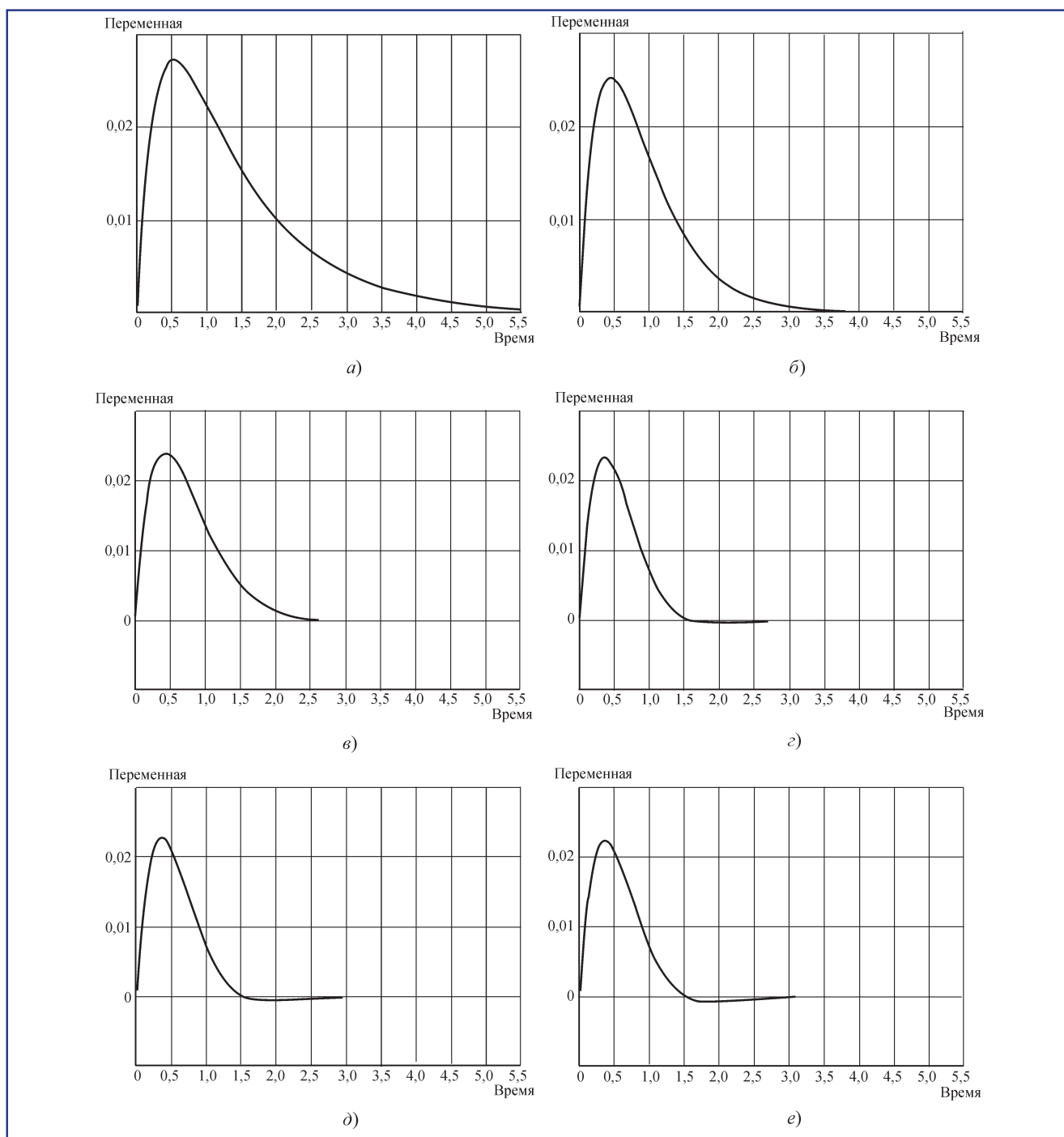


Рис. 7. Переходные процессы САР при коэффициентах ПИД-закона регулирования $k_p = 14$, $k_d = 1,5$ и различных значениях коэффициента k_i :

а – $k_i = 10$; б – $k_i = 16$; в – $k_i = 20$; г – $k_i = 24$; д – $k_i = 28$; е – $k_i = 30$

бильного парка [24]. Используется этот вид топлива и на железнодорожном транспорте, в судовых дизелях, дизель-генераторных и мотокomppressorных установках, других стационарных двигателях. Уникальные физико-химические свойства, значительные естественные запасы, развитая сеть доставки газа от месторождений во многие регионы страны по магистральным газопроводам и газоот-

водам и экологические преимущества в сравнении с традиционными видами топлива позволяют рассматривать природный газ как наиболее перспективное и универсальное моторное топливо России в XXI веке.

При использовании природного газа в качестве газомоторного топлива возникает ряд проблем, связанных со снабжением сельскохозяйственной

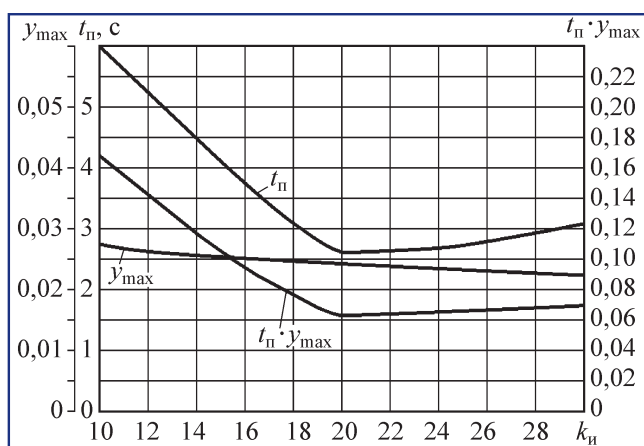


Рис. 8. Зависимость продолжительности переходного процесса сброса нагрузки t_n , максимального отклонения регулируемого параметра в переходном процессе $y_{\max}$ и комплексного критерия $t_n y_{\max}$ от интегральной составляющей ПИД-закона регулирования k_n

техники этим топливом, сокращением времени ее заправки, с организацией процессов топливоподачи, смесеобразования, воспламенения и сгорания в двигателе, адаптированном к работе на природном газе, а также с регулированием процессов, происходящих в этом двигателе. В связи с многочисленными постановлениями президента и правительства страны о переводе транспорта и сельхозтехники на газомоторное топливо, природный газ, особенно актуальным остается вопрос с заправками сельскохозяйственной техники, которую нецелесообразно и экономически невыгодно заправлять непосредственно на автоматических газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС). Одним из основных показателей, определяющих сферы эффективного использования газомоторного топлива, является холостой пробег на заправку. Исключить полностью или частично влияние этого фактора и одновременно расширить зону действия АГНКС потенциально до 100 км, а также увеличить ее загрузку позволяет использование передвижных автомобильных газозаправщиков (ПАГЗ). Однако использование ПАГЗов не является достаточно эффективным в сельском хозяйстве, так как ПАГЗы не приспособлены к передвижению по грунтовым дорогам, как того требует заправка сельскохозяйственной техники.

Для повышения эффективности использования газомоторного топлива в сельском хозяйстве существует два основных пути. Первый заключается в уменьшении расхода газообразного и дизельного топлива при выполнении различных операций, второй — в уменьшении времени и финансовых затрат на заправку топливом. Для решения вопроса

по первому пути необходимо производить оснащение сельхозтехники более эффективными системами подачи газообразного топлива, такими как система распределенной подачи газообразного топлива в двигатель по эжекционному принципу [31–33]. Для решения проблемы по второму пути использован установленный на тракторе сменный кассетный модуль, подключенный к системе распределенной подачи газообразного топлива в двигатель трактора МТЗ-82.1. Данный кассетный модуль оснащен всеми приспособлениями для его заправки, включая заправочный модуль и запорно-вентильную арматуру, и может быть автономно транспортирован до заправочной станции.

В настоящей работе исследован газобаллонный трактор МТЗ-82.1 "Беларусь" с дизелем Д-240. Объект исследования — тракторный дизель 4 Ч 11,0/12,5, оснащенный системой распределенной (поцилиндровой) подачи газообразного топлива (сжатый природный газ) и управления работой дизеля, как по дизельному циклу, так и по газодизельному. При работе дизеля по газодизельному циклу на режиме максимальной мощности запальная доля нефтяного дизельного топлива составляет 30 % от общей подачи топлива (эта доля указана с учетом различной теплотворной способности нефтяного дизельного топлива и природного газа). Система хранения природного газа на тракторе оснащена кассетным модулем. Дизель 4 Ч 11,0/12,5 в заводском исполнении имеет характеристики, представленные в таблице. Данная система разработана совместно с ООО "ППП Дизельавтоматика", и смонтирована на тракторе в СПК им. Чапаева (рис. 11). Трактор МТЗ-82.1 — колесный, универсально-пропашной, тягового класса 1.4, предназначен для проведения сельскохозяйственных и транспортных работ с применением различных навесных и прицепных агрегатов.

Система распределенной подачи газообразного топлива и управления работы дизеля (рис. 12) работает с использованием программного обеспечения ООО "ППП Дизельавтоматика", прошитого в электронный блок управления в соответствии с ГОСТ Р 55231-2012 "Системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) судовых, тепловозных и промышленных двигателей внутреннего сгорания. Общие технические условия". Данное программное обеспечение использует алгоритм пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора. В системе распределенной подачи газообразного топлива с системой управления использованы датчик 7 частоты вращения коленчатого вала ЭРУС 408113 индуктивного типа, газовые баллоны 13 по ГОСТ Р ИСО



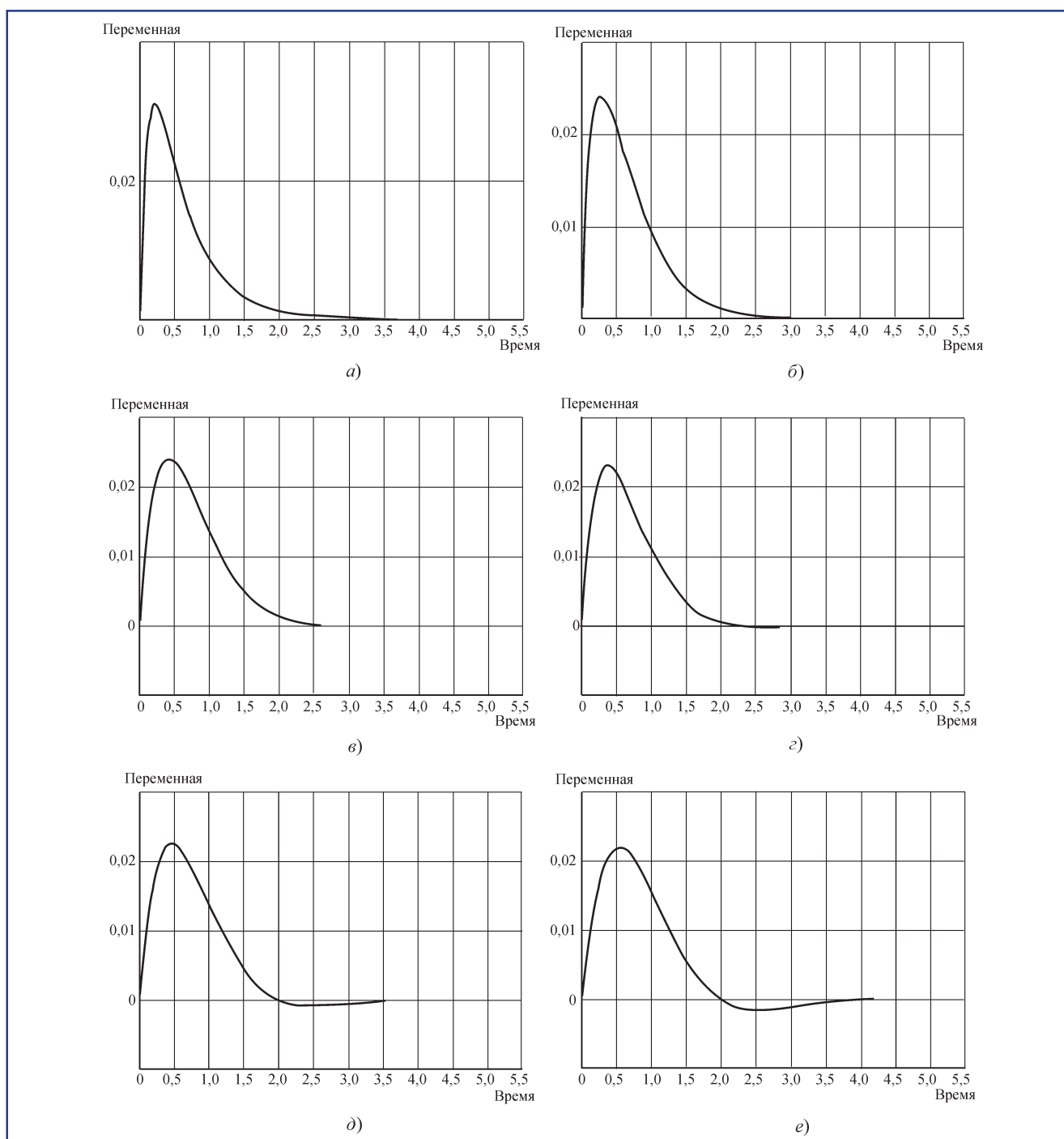


Рис. 9. Переходные процессы САР при коэффициентах ПИД-закона регулирования $k_n = 14$, $k_n = 20$ и различных значениях коэффициента k_d :

$a - k_d = 0,5$; $б - k_d = 1,0$; $в - k_d = 1,5$; $г - k_d = 2,0$; $д - k_d = 3,0$; $е - k_d = 4,0$

11439-2010 "Газовые баллоны. Баллоны высокого давления для хранения на транспортном средстве природного газа как топлива. Технические условия", выполненные в виде металлических лейнеров, армированных непрерывными волокнами, пропитанными смолой (полная обмотка) производства ООО НПФ "Реал-Шторм" г. Ижевск, газовый редуктор 14 высокого давления TOMASETTO

АТ-12, педальный задатчик 17 МАЗ-4370 Евро-3 (электронный).

Вся информация о работе двигателя записывалась на компьютер при помощи программного комплекса "Тракторинжект", разработанного ООО "ППП Дизельавтоматика" посредством последовательного СОМ-порта через промышленный интерфейс RS-232 (рис. 13). Этот интерфейс является

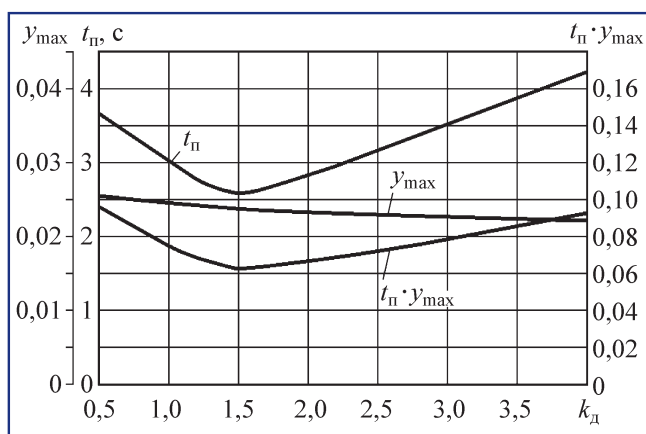


Рис. 10. Зависимость продолжительности переходного процесса сброса нагрузки t_p , максимального отклонения регулируемого параметра в переходном процессе $y_{\max}$ и комплексного критерия $t_p y_{\max}$ от дифференциальной составляющей ПИД-закона регулирования k_d

стандартным промышленным шестипроводным интерфейсом, который совместим с большинством видов промышленного оборудования, в том числе и с промышленными компьютерами, и позволяет осуществлять передачу данных на расстоянии до 300 м. Он также совместим с промышленным двухпроводным интерфейсом RS-485 и общепользовательским интерфейсом USB.

Работа системы распределенной подачи газообразного топлива происходит следующим образом. Компримированный природный газ (газообразное топливо), хранящийся в баллонах 13, закачанный туда через заправочное устройство 19, через защиту в виде вентильной группы (поз. 15, 20), по рукаву высокого давления с быстроразъемным соединением 11 поступает в редуктор 14, где его давление понижается до рабочего (0,2–0,35 МПа). Редуктор 14 подключен к системе охлаждения двигателя для предотвращения обледенения седла редуктора. Далее газ поступает в газовый коллектор 10, а оттуда по рукавам 9 подводится к газовым форсункам 8. Из форсунок 8 газ поступает в цилиндры двигателя посредством смесителей. Давление в газовом коллекторе 10 контролируется при помощи датчика давления 12, сигнал от которого поступает в электронный блок управления 16. Этот блок определяет длительность открытия газовой форсунки 8 как функцию угла поворота коленчатого вала на основании сигналов, поступающих от датчика 7 частоты вращения коленчатого вала, положения датчика частоты вращения коленчатого вала 17 или от программы управления двигателем (в случае ее использования). В блоке 16 определяется также положение топливной рейки ТНВД 2 в

Технические характеристики дизеля 4 Ч 11,0/12,5

Показатели	Значения показателей
Тип	Дизель четырехтактный, водяного охлаждения
Модель	Д-240 (с электростартерным пуском)
Мощность, кВт (л.с.)	59 (82)
Частота вращения, мин ⁻¹	2200
Число цилиндров	4
Диаметр цилиндра, мм	110
Ход поршня, мм	125
Степень сжатия	16
Рабочий объем цилиндров, л	4,75
Порядок работы цилиндров	1–3–4–2
Удельный расход топлива, г/кВт·ч (г/эл.л.с.·ч)	238 (185)
Топливный насос высокого давления (ТНВД)	Четырехплунжерный, с подкачивающим насосом
Примечание: из руководства по эксплуатации трактора взяты только те параметры и их значения, которые применяются в данной работе.	

зависимости от положения переключателя режимов работы двигателя (дизельный или газодизельный), изменяемого при помощи электронного регулирующего устройства 5, установленного взамен штатного механического регулятора. Положение



Рис. 11. Внешний вид газодизельного трактора МТЗ-82.1 (на капоте трактора — в его левой части установлен газорегулирующий модуль с баллонами с природным газом)



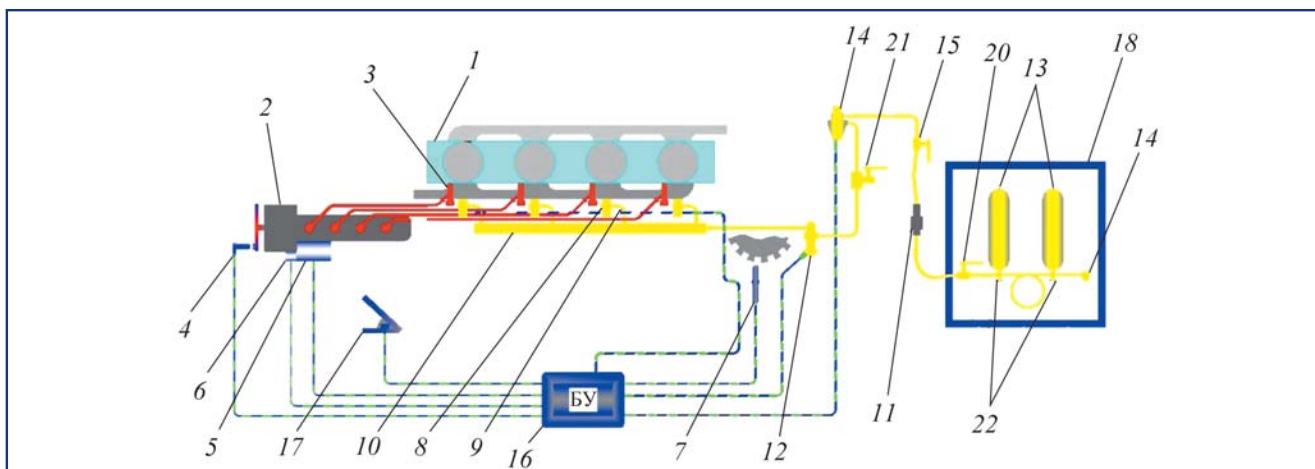


Рис. 12. Система распределенной подачи газообразного топлива дизеля типа Д-240:

1 – двигатель; 2 – ТНВД; 3 – дизельные форсунки; 4 – датчик фазовой отметки; 5 – электронно-регулирующее устройство; 6 – датчик положения топливной рейки; 7 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 8 – газовые форсунки; 9 – газовые рукава; 10 – газовый коллектор; 11 – рукав высокого давления с быстроразъемным соединением; 12 – датчик давления газа; 13 – газовые баллоны; 14 – газовый редуктор высокого давления; 15 – шаровый кран, запирающий систему; 16 – электронный блок управления; 17 – задатчик частоты вращения коленчатого вала; 18 – рама кассетного модуля; 19 – заправочное устройство; 20 – шаровый кран, запирающий кассетный модуль; 21 – узел сброса давления; 22 – баллонные вентили

топливной рейки ТНВД 2 контролируется электронным блоком управления 16 при помощи датчика 6 положения этой рейки, установленного на крышке электронного регулирующего устройства 5. Сигнал начала подачи газообразного топлива формируется с учетом сигнала датчика фазовой отметки 4, который контролирует геометрическую

метку, установленную на муфте привода ТНВД 2. В программе управления дизелем заложен алгоритм управления как рейкой топливного насоса, так и углом открытия газовой форсунки (периодом открытия газовой форсунки) по пропорционально-интегрально-дифференциальному закону (ПИД-регулирование). Угол закрытия газо-

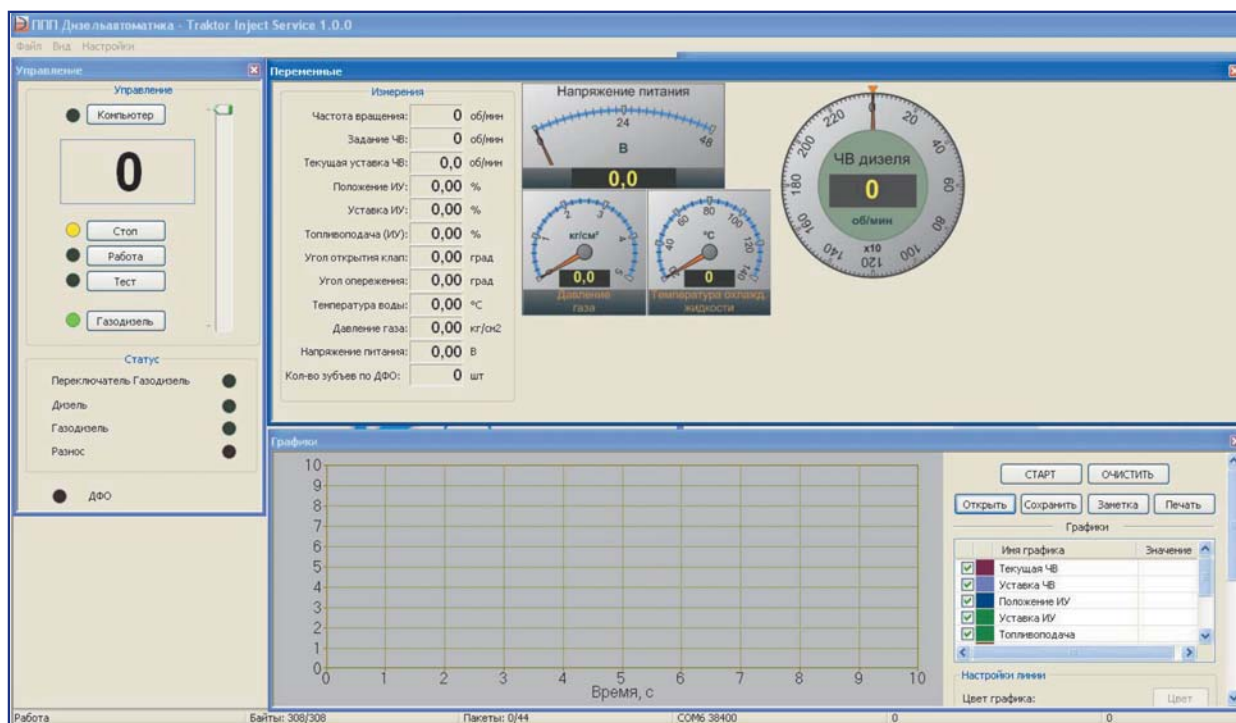


Рис. 13. Главное окно программного комплекса "Тракторинжест", разработанного ООО "ППП Дизельавтоматика"

вой форсунки имеет возможность настройки в диалоговом окне программы "Тракторинжект".

Функции системы регулирования исследуемого двигателя в дизельном режиме заключаются в следующем:

- автоматическое поддержание заданной частоты вращения двигателя;

- формирование заданной частоты вращения по сигналу от органа задания частоты вращения двигателя (педального задатчика) с отдельной настройкой темпа увеличения;

- формирование цифровой индикации о текущей частоте вращения коленчатого вала двигателя; о действительной и минимально допустимой температуре охлаждающей жидкости; о действительном и минимально допустимом давлении газа в газовом коллекторе;

- формирование световой индикации о режиме "Дизель"; о минимально допустимой температуре охлаждающей жидкости;

- прекращение топливоподачи при обесточивании системы; при обрыве цепи преобразователя частоты вращения коленчатого вала; при обрыве цепи исполнительного устройства; при превышении предельной частоты вращения коленчатого двигателя;

- переход в газодизельный режим при выполнении следующих условий: при подаче дискретного сигнала "Газодизель"; при давлении газа в газовом коллекторе не ниже 0,25 МПа; при частоте вращения коленчатого вала двигателя не ниже 450 мин⁻¹; при положении выходного вала исполнительного устройства, соответствующее запальной дозе дизельного топлива; при температуре охлаждающей жидкости не менее 40 °С.

Функции системы регулирования исследуемого двигателя в газодизельном режиме сводятся к следующим функциям:

- автоматическое поддержание заданной частоты вращения коленчатого вала двигателя;

- формирование по сигналу от педального задатчика заданной частоты вращения с отдельной настройкой темпа увеличения и уменьшения заданной частоты вращения;

- определение запальной дозы дизельного топлива в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя;

- ограничение подачи газа в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя;

- определение момента начала подачи газа в цилиндры относительно положения поршня в нижней мертвой точке в такте впуска (угла опере-

жения подачи газа) в функции частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя;

- формирование цифровой индикации о текущей частоте вращения коленчатого вала; о действительном и минимально-допустимом давлении газа в газовом коллекторе;

- формирование световой индикации о режиме "Газодизель"; о минимально-допустимой температуре охлаждающей жидкости; о минимально-допустимом давлении газа в газовом коллекторе; о положении выходного органа исполнительного устройства ниже положения запальной дозы;

- прекращение топливоподачи при обесточивании системы; при обрыве цепи преобразователя частоты вращения коленчатого вала; при обрыве цепи исполнительного устройства; при превышении предельной частоты вращения коленчатого вала двигателя;

- переход в дизельный режим при выполнении любого из условий: при подаче дискретного сигнала "Дизель"; при давлении газа в газовом коллекторе ниже 2,5 кгс/см² по истечении времени более 100 с; при частоте вращения коленчатого вала двигателя ниже 450 мин⁻¹ по истечении времени более 100 с; при положении выходного вала исполнительного устройства, меньшем положения запальной дозы дизельного топлива; при температуре охлаждающей жидкости ниже 40 °С.

Следует отметить, что дизель типа Д-240 в газодизельном варианте исполнения как объект регулирования имеет некоторые особенности, связанные с наличием в нем дополнительной системы подачи газообразного топлива, обладающей определенными статическими и динамическими характеристиками. В связи с этим система регулирования частоты вращения этого двигателя должна быть адаптирована к газодизельному циклу его работы. Поэтому необходимы исследования влияния структуры и параметров регулятора на статические и динамические показатели САР частоты вращения газодизельного двигателя. Некоторые подходы к таким исследованиям представлены в работах [34–37]. Одним из направлений этих исследований является оценка влияния значений коэффициентов k_n , k_i и k_d ПИД-закона регулирования на характеристики САР частоты вращения газодизельного двигателя.

Испытания газодизельного двигателя типа Д-240 с целью оценки влияния параметров ПИД-регулятора на показатели САР проведены в реальных условиях эксплуатации – исследовано движение трактора МТЗ-82.1 с этим двигателем по грунтовой дороге. При этом на тракторе был установлен культиватор ОПО-4,25 (рис. 14). Необходи-



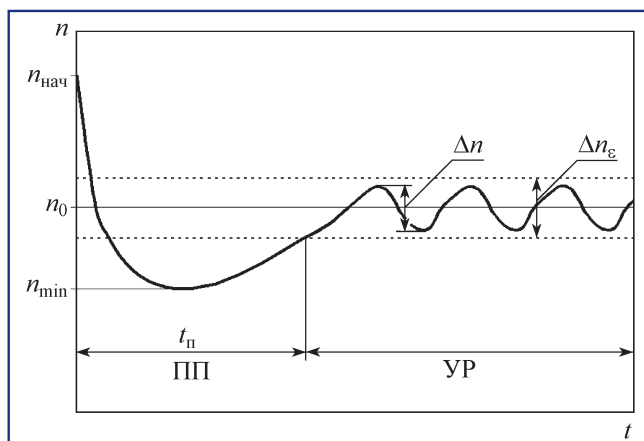


Рис. 14. Схема изменения частоты вращения n коленчатого вала дизеля в переходном процессе (ПП) наброса нагрузки и в последующем установившемся режиме (УР):

Δn_{ϵ} — ширина зоны допустимой нестабильности регулируемого параметра в УР

димо отметить, что исследование переходных процессов в САР газодизельного двигателя в этих условиях провести не удалось в связи с невозможностью точного многократного воспроизведения этих переходных процессов при различных значениях коэффициентов k_n , k_i и k_d ПИД-закона регулирования. Вместе с тем указанные параметры ПИД-регулятора оказывают значительное влияние не только на динамические показатели процесса регулирования (на время переходного процесса t_n и на перерегулирование $\sigma = (n_0 - n_{min}) / n_0$ (рис. 14)), но и на точность поддержания регулируемого параметра (частоты вращения коленчатого вала) на установившихся режимах.

Принимая во внимание указанные факторы, исследования САР частоты вращения газодизельного двигателя типа Д-240 проведены при установившемся движении трактора МТЗ-82.1 по грунтовой дороге. В процессе испытаний исследовано влияние значений коэффициентов k_n , k_i и k_d ПИД-закона регулирования на нестабильность частоты вращения на установившемся режиме работы двигателя при частоте вращения коленчатого вала около $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$. Измерение и осциллографирование значений частоты вращения вала двигателя выполнялись с использованием индукционного датчика 7 (рис. 12) частоты вращения коленчатого вала, установленного у маховика двигателя. Погрешность измерения частоты вращения в процентах от номинального значения частоты вращения на установившихся режимах не превышала $\pm 0,2 \%$. При испытаниях также осциллографиро-

вались сигналы с датчика 6 положения топливной рейки и с датчика положения дросселя газовой форсунки 8 (см. рис. 12). Пример таких осциллограмм, полученных при значениях коэффициентов ПИД-закона регулирования $k_n = 14$, $k_i = 20$ и $k_d = 1,5$, приведен на рис. 15. При испытаниях значения указанных коэффициентов изменялись в следующих диапазонах $k_n = 10 \dots 20$, $k_i = 15 \dots 20$ и $k_d = 1,0 \dots 1,5$. Эти диапазоны выбраны с учетом данных рис. 6, 8 и 10.

Полученная при испытаниях зависимость нестабильности частоты вращения вала газодизельного двигателя типа Д-240 от значения коэффициента пропорциональной составляющей ПИД-закона регулирования k_n при $k_i = 20$ и $k_d = 1,5$ приведена на рис. 16. Она свидетельствует о том, что при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и заданных постоянных значениях коэффициентов k_i и k_d увеличение коэффициента k_n пропорциональной составляющей ПИД-закона регулирования в диапазоне от 10 до 20 приводило к монотонному уменьшению нестабильности частоты вращения вала газодизельного двигателя Δn от 57 до 20 мин^{-1} .

Нестабильность частоты вращения вала исследуемого двигателя в значительной степени зависит и от значения коэффициента k_i интегральной составляющей ПИД-закона регулирования (рис. 17). Так, при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и значениях коэффициентов $k_n = 14$ и $k_d = 1,5$ рост коэффициента k_i в интервале от 15 до 20 сопровождался снижением нестабильности частоты вращения вала двигателя Δn от 48 до 38 мин^{-1} .

В меньшей степени нестабильность частоты вращения вала двигателя зависит от значения коэффициента k_d дифференциальной составляющей ПИД-закона регулирования (рис. 18). При $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и значениях коэффициентов $k_n = 14$ и $k_i = 20$ увеличение коэффициента k_d в диапазоне от 1,0 до 1,5 приводило к уменьшению нестабильности частоты вращения вала газодизельного двигателя Δn от 42 до 38 мин^{-1} .

В целом по результатам проведенных исследований влияния коэффициентов k_n , k_i и k_d на нестабильность частоты вращения коленчатого вала газодизельного двигателя типа Д-240 необходимо отметить следующее. Полученное при расчетных исследованиях САР частоты вращения дизеля типа Д-240, работающего по чисто дизельному циклу, оптимальное с точки зрения комплексного критерия качества $t_n y_{\max}$ сочетание значений указанных коэффициентов ПИД-закона регулирования частоты вращения ($k_n = 14$, $k_i = 20$ и $k_d = 1,5$,

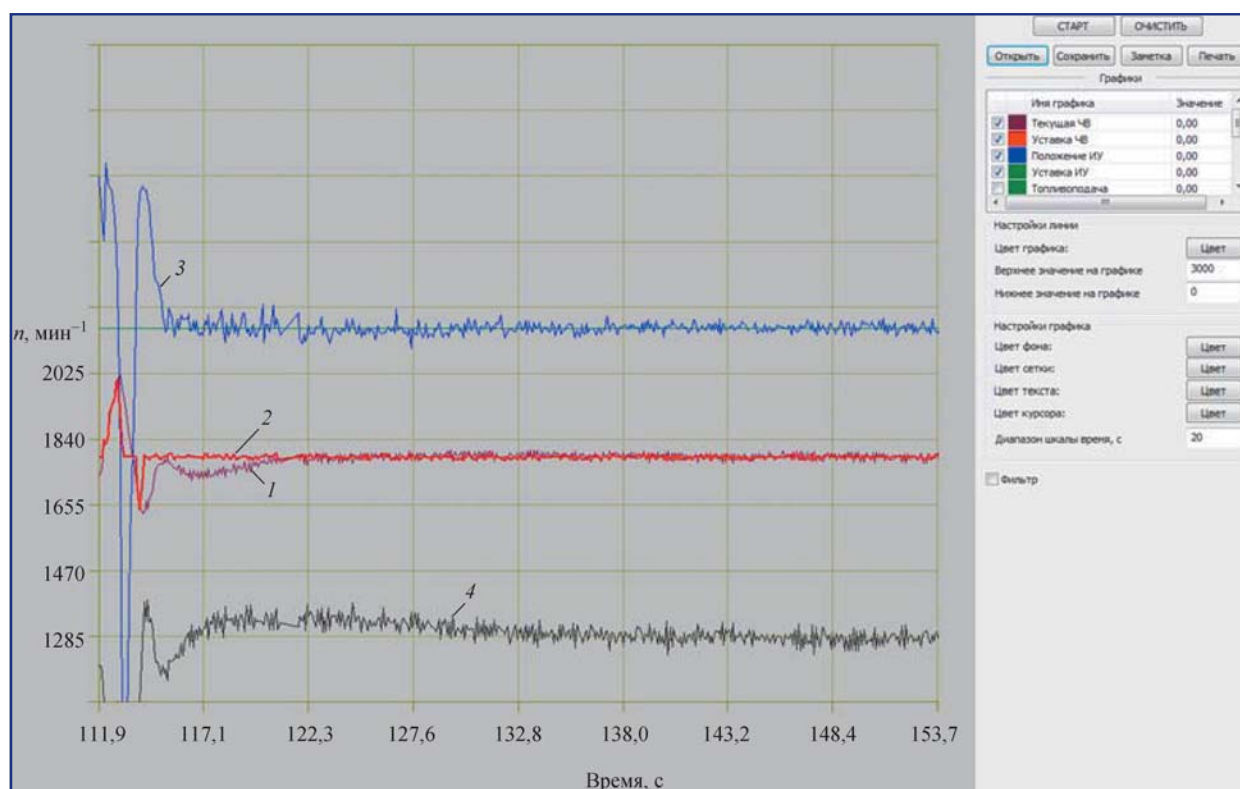


Рис. 15. Осциллограммы текущего значения частоты вращения коленчатого вала двигателя (1), уставки частоты вращения (2), положения топливной рейки (3) и дросселя газовой форсунки (4), полученные при значениях коэффициентов ПИД-закона регулирования $k_p = 14$, $k_i = 20$ и $k_d = 1,5$

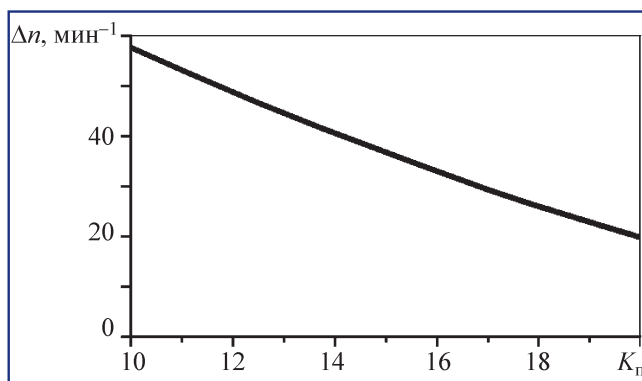


Рис. 16. Зависимость нестабильности частоты вращения вала двигателя типа Д-240 от значения коэффициента пропорциональной составляющей ПИД-закона регулирования k_p при $k_i = 20$ и $k_d = 1,5$

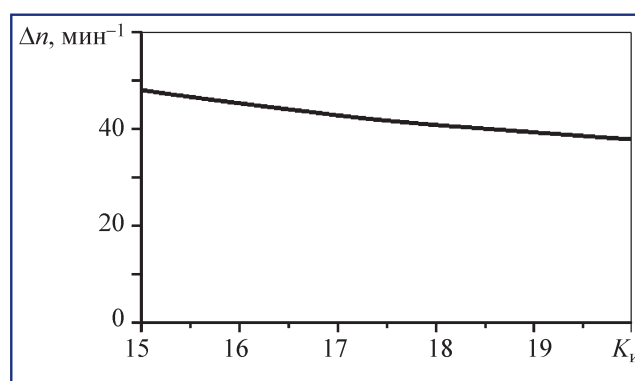


Рис. 17. Зависимость нестабильности частоты вращения вала двигателя типа Д-240 от значения коэффициента интегральной составляющей ПИД-закона регулирования k_i при $k_p = 14$ и $k_d = 1,5$

см. рис. 6, 8 и 10) не является оптимальным с точки зрения нестабильности частоты вращения вала газодизельного двигателя типа Д-240. При сочетании коэффициентов $k_p = 14$, $k_i = 20$ и $k_d = 1,5$ для этого двигателя при получена нестабильность частоты вращения $\Delta n = 38 \text{ мин}^{-1}$, а при сочетании коэффициентов $k_p = 20$, $k_i = 20$ и $k_d = 1,5$ — $\Delta n = 20 \text{ мин}^{-1}$. То есть, при $k_p = 20$ и $k_d = 1,5$ увеличе-

ние пропорциональной составляющей ПИД-закона регулирования k_p от 14 до 20 привело к уменьшению нестабильности частоты вращения Δn практически в 2 раза — от 38 до 20 мин^{-1} . Таким образом, при $k_p = 20$, $k_i = 20$ и $k_d = 1,5$ достигнуто значение относительной нестабильности частоты вращения $\varepsilon = \Delta n / n_0 = 20 / 1800 = 0,011 = 1,1 \%$. Это существенно меньше допустимой нестабильности частоты вращения для САР 4-го класса точности

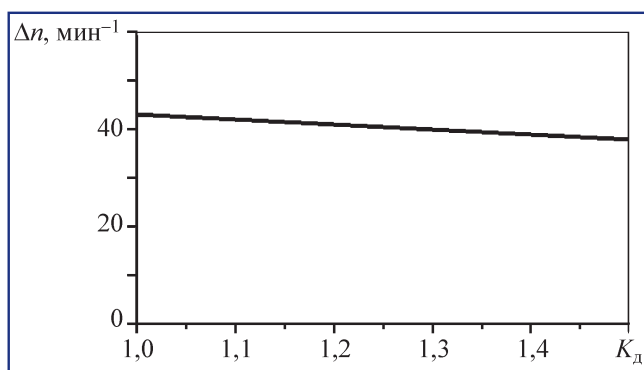


Рис. 18. Зависимость нестабильности частоты вращения вала двигателя типа Д-240 от значения коэффициента дифференциальной составляющей ПИД-закона регулирования k_d при $k_p = 14$ и $k_i = 20$

(равной 3,0 % при относительной нагрузке до 25 % и 2,0 % при относительной нагрузке от 25 до 100 %), оговариваемой в ГОСТ Р 55231-2012 "Системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) судовых, тепловозных и промышленных двигателей внутреннего сгорания. Общие технические условия" [38]. То есть достигнутая нестабильность частоты вращения Δn с большим запасом укладывается в зону допустимой нестабильности регулируемого параметра в установившемся режиме Δn_e (см. рис. 14). В то же время необходимы дальнейшие исследования, направленные на достижение компромисса между показателями качества переходного процесса (критерии t_n , $y_{\max}$, $t_n y_{\max}$) и нестабильностью частоты вращения на установившемся режиме Δn . По-видимому, эти исследования необходимо провести в более широком диапазоне значений коэффициентов k_p , k_i и k_d ПИД-закона регулирования. Вместе с тем проведенный комплекс исследований подтвердил эффективность совершенствования системы регулирования частоты вращения коленчатого вала дизельного и газодизельного двигателей путем оптимизации значений коэффициентов пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих ПИД-регулятора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев В.П., Воронин В.Ф., Грехов Л.В. и др. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей // Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1990. 288 с.

2. Шатров М.Г., Морозов К.А., Алексеев И.В. и др. Автомобильные двигатели: Учеб. для вузов // Под ред. М.Г. Шатрова. М.: Издательский центр "Академия", 2013. 464 с.

3. Крутов В.И. Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1989. 416 с.

4. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. Учеб. для вузов. М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. 344 с.

5. Пинский Ф.И., Давтян Р.И., Черняк Б.Я. Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания. М.: Легион-Автодата, 2001. 136 с.

6. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей: Учеб. для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 376 с.

7. Толшин В.И., Якунчиков В.В. Режимы работы и токсичные выбросы отработавших газов судовых дизелей. М.: Изд-во МГАВТ, 1999. 190 с.

8. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов. С.-Петербург: Политехника, 2002. 302 с.

9. Лукас В.А. Теория автоматического управления. М.: Недра, 1990. 416 с.

10. Нейдорф Р.А., Соловей Н.С. Теория автоматического управления в технологических системах: Учеб. пособ. для вузов. Ухта: Институт управления, информации и бизнеса, 2005. 212 с.

11. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 2004. 400 с.

12. Денисенко В.В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации // Современные технологии автоматизации. 2006. № 4. С. 66–74. 2007. № 1. С. 90–98.

13. Денисенко В.В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации // Современные технологии автоматизации. 2007. № 4. С. 86–97.

14. Кутрубас В.А., Сычева Е.Е. Эффективный ПИД-регулятор // Промышленные АСУ и контроллеры. 2013. № 5. С. 60–65.

15. Марков В.А., Поздняков Е.Ф., Шленов М.И. Система автоматического регулирования частоты вращения коленчатого вала дизеля // Автомобильная промышленность. 2007. № 10. С. 12–14.

16. Боковиков А.Н., Кузнецов А.Г. Результаты полунатурного моделирования режимов работы автомобильного дизеля // Грузовик. 2009. № 12. С. 15–17.

17. Хрящев Ю.Е., Тихомиров М.В., Епанешников Д.А. Алгоритмы управления двигателями внут-

ренного сгорания: монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2014. 204 с.

18. Баркин А.И., Воронов Е.М., Коньков В.Г. и др. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 5-ти томах. Т. 1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления // Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 656 с.

19. Баркин А.И., Зайцев А.В., Канушкин С.В. и др. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 5-ти томах. Т. 5: Методы современной теории автоматического управления // Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 784 с.

20. Козлов О.С., Норенков И.П., Трудоношин В.А. и др. Виртуальные учебно-исследовательские лаборатории / М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 36 с.

21. Козлов О.С., Скворцов Л.М. Исследование и проектирование автоматических систем с помощью программного комплекса "МВТУ" // Информационные технологии. 2006. № 8. С. 10–12.

22. Марков В.А., Ефанов А.А., Бирюков В.В. Влияние структуры регулятора частоты вращения на динамические показатели дизеля // Грузовик. 2011. № 7. С. 2–11.

23. Марков В.А., Кислов В.Г., Хватов В.А. Характеристики топливоподачи транспортных дизелей. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. 160 с.

24. Александров А.А., Архаров И.А., Марков В.А. и др. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания // Под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2012. 791 с.

25. Гайворонский А.И., Марков В.А., Илатовский Ю.В. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2007. 480 с.

26. Гусаков С.В. Перспективы применения в дизелях альтернативных топлив из возобновляемых источников. М.: РУДН, 2008. 318 с.

27. Лютко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. 311 с.

28. Патрахальцев Н.Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутренне-

го сгорания на основе применения альтернативных топлив. М.: РУДН, 2008. 267 с.

29. Марков В.А., Бебенин Е.В., Поздняков Е.Ф. Сравнительная оценка альтернативных топлив для дизельных двигателей // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 5. С. 24–29.

30. Марков В.А., Девянин С.Н., Спиридонова Л.В. Перспективы использования биотоплив в дизельных двигателях // Грузовик. 2014. № 11. С. 39–46.

31. Загородских Б.П., Володин В.В., Бебенин Е.В. Совершенствование системы подачи газообразного топлива для повышения эффективности использования газобаллонных тракторов // Технология колесных и гусеничных машин. 2014. № 2. С. 33–41.

32. Марков В.А., Володин В.В., Бебенин Е.В. и др. Эксплуатационные исследования газодизельного трактора МТЗ-82.1, оснащенного кассетным модулем // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. 2015. С. 183–186.

33. Загородских Б.П., Володин В.В. Системы подачи газа в двигатель // Сельский механизатор. 2012. № 2. С. 4–5.

34. Барков Ю.А. Программно-аппаратный имитатор двигателя внутреннего сгорания // Справочник. Инженерный журнал. 2003. № 3. С. 28–33.

35. Мигуш С.А., Герасимов Д.Н., Никифоров В.О. Разработка математической модели инжекторного двигателя // Научно-технический вестник СПбГИТМО (ТУ). Информация и управление в технических системах. Вып. 10. СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2003. С. 10–18.

36. Герасимов Д.Н., Ефимов Д.В., Никифоров В.О. Управление соотношением воздух–топливо в инжекторных двигателях внутреннего сгорания: адаптивный подход // Изв. вузов. Приборостроение. 2007. № 1. С. 49–54.

37. Бурцев Н.В. Применение методов адаптивного управления в газовых электроагрегатах // Транспорт на альтернативном топливе. 2010. № 1. С. 46–51.

38. ГОСТ Р 55231-2012 "Системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) судовых, тепловозных и промышленных двигателей внутреннего сгорания. Общие технические условия". М.: Изд-во Стандартов, 2012. 14 с.



ЭКОЛОГИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА И НОВЫЕ РОССИЙСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОДА СУДОВ СМЕШАННОГО И ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ НА СЖИЖЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

Кириллов Н.Г., д-р техн. наук, НПО "СПбЭК", г. Санкт-Петербург

Статья посвящена анализу решения проблем при создании первого российского судна, работающего на сжиженном природном газе. Изложены уникальные отечественные технологии по переводу судовых дизелей на двухтопливный режим и использованию быстросъемных криогенных емкостей СПГ.

Ключевые слова: сжиженный природный газ; судно на СПГ; двухтопливная энергетическая установка; газодизель.

ECOLOGY OF RIVER TRANSPORT AND NEW RUSSIAN TECHNOLOGY OF TRANSFER OF MIXED AND INLAND NAVIGATION SHIP TO USE OF THE LIQUEFIED NATURAL GAS

Kirillov N.G.

The article is devoted to the analysis of solutions when creating the first Russian ship on liquefied natural gas. There are seted out the unique domestic technologies of transfer of marine diesel engines to dual fuel mode and the use of mobil-cryogenic LNG tanks.

Keywords: liquefied natural gas; LNG ship; dual-fuel power plant; gas-diesel engine.

Экологические проблемы эксплуатации речного транспорта в России

Одним из проявлений перехода развитых стран мира на новый технологический уровень является стремительно растущее применение альтернативных видов моторного топлива, среди которых наиболее перспективным является природный газ. Изначально, применение природного газа в качестве моторного топлива на транспортных средствах преследовало технико-экономические цели: экономию средств на приобретение топлива, поскольку цена эквивалентного количества газа значительно ниже, чем дизельного топлива или бензина, и обеспечение устойчивого топливоснабжения в пер-

спективе с учетом динамики изменения добычи нефти и газа. Важным с точки зрения экономии является также снижение текущих расходов на эксплуатации транспортных средств при использовании природного газа за счет повышения ресурса и надежности работы двигателей, уменьшения расхода смазочного масла и понижения требований к его качеству. Снижение износа основных деталей двигателей (цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного механизма и т.д.) объясняется тем, что при работе двигателя на газе отсутствуют неиспарившиеся жидкие фракции, которые, проникая в рабочие цилиндры двигателя на традиционных нефтяных топливах, вызывают смывание смаз-

ки и корродирование стенок цилиндра, а проникая в картер, разжижают масло. При работе двигателя на природном газе в продуктах сгорания топлива отсутствуют частицы твердого углерода, вызывающие износ деталей [1].

Однако в настоящее время все более актуальным аспектом использования природного газа на транспорте является экологический фактор. Широко известно, что транспорт является одним из основных источников вредных выбросов в окружающую среду, на него приходится около 40 % суммарных выбросов загрязняющих веществ и более 10 % выбросов парниковых газов.

Так, в Санкт-Петербурге на долю транспортных источников различного назначения приходится около 92 % выбросов загрязняющих веществ. Из официального Доклада Комитета по охране окружающей среды, природопользования и экологической безопасности Санкт-Петербурга следует, что суммарный выброс загрязняющих веществ в нашем городе пока только растет. В частности, увеличение наблюдается по таким показателям, как оксид углерода, летучие органические соединения и др. По диоксиду азота, например, который содержится в выхлопных газах автомобилей, предельно-допустимая концентрация в воздухе превышена в 20 раз. Если в 2011 г. в Санкт-Петербурге на одного человека приходилось около 60 кг вредных веществ, а к 2017 г., когда автомобильный парк города составит более 2,5 млн автомобилей, эта цифра возрастет до 75–80 кг. По статистике уже сегодня 96 % жителей города на Неве живут в условиях высокого и очень высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха, а экологическую ситуацию в Петербурге можно назвать критической [2].

Практический опыт использования альтернативных видов моторного топлива показывает, что применение природного газа в качестве моторного топлива позволяет снизить выбросы токсичных веществ в окружающую среду: оксида углерода — в 2,5 раза, оксида азота — в 2 раза, углеводородов — в 3 раза, задымленности — в 9 раз [3].



Поэтому задача перехода различных видов техники на природный газ относится к числу приоритетных для транспортного комплекса Российской Федерации. Основные задачи и обязанности государственных органов по применению природного газа в качестве моторного топлива определены поручениями Президента Российской Федерации от 11 июня 2013 г. № Пр-1298, Правительства Российской Федерации от 24 июня 2013 г. № АД-П9-4314, Комплексным планом мероприятий по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива, утвержденным Правительством Российской Федерации 14 ноября 2013 г. № 6819п-П9, Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г., Энергетической стратегией России на период до 2030 г. и другими документами.

Тема использования природного газа актуальна и для речного водного транспорта. Речной транспорт является важным звеном единой транспортной системы страны. Россия имеет самую широко развитую в мире сеть внутренних водных путей. Протяженность внутренних водных путей составляет 101 тыс. км. Речной транспорт занимает одно из ведущих мест в обслуживании крупных промышленных центров приречных районов. Из-за большой агрегатной мощности энергетических установок речные суда являются основным источником загрязнения атмосферы в таких локальных зонах, как порты в черте городов, гидротехнических сооружений и акватории рек [4].

Так, в Санкт-Петербурге основная доля перевозок водным транспортом приходится на речные перевозки по Неве, связывающей город с Ладожским озером и являющейся конечным отрезком Волго-Балтийского водного пути. Обычно навигация на Неве открывается в середине апреля и закрывается в октябре — ноябре; в год через Санкт-Петербург по реке в среднем проходит более 7 тыс. судов смешанного и внутреннего плавания. Кроме этого, в навигацию 2015 г. в Санкт-Петербурге функционировали многочисленные внутренние маршруты речного водного

транспорта: 6 внутренних регулярных субсидируемых маршрутов; транспортные маршруты "Санкт-Петербург – Петергоф" и "Санкт-Петербург – Кронштадт", обслуживаемые скоростными судами типа "Метеор"; а также более 100 экскурсионно-прогулочных маршрутов водного транспорта. С учетом огромного количества речных судов, эксплуатируемых в городской черте Санкт-Петербурга, доля речного транспорта в загрязнении городской воздушной среды в летние месяцы доходит до 10 % от общего количества загрязнений, выбрасываемыми различными видами транспорта.

Необходимо отметить, что кроме загрязнения воздушной среды другим источником экологической опасности при эксплуатации речных судов на традиционных нефтяных видах топлива является загрязнения рек и водоемов за счет так называемых "подсланевых вод", которые образуются в машинных отделениях судов и отличаются высоким содержанием нефтепродуктов. Источниками загрязнения могут являться также нефть и нефтепродукты, попадающие в водоемы вследствие недостаточной герметичности корпусов нефтеналивных судов и бункеровочных станций или утечки нефтепродуктов в процессе перегрузки и др. Загрязнение рек и водоемов нефтью и нефтепродуктами затрудняет все виды водопользования. Влияние нефти, керосина, бензина, мазута, смазочных масел на водоем проявляется в ухудшении физических свойств воды (замутнение, изменение цвета, вкуса, запаха), растворении в воде токсических веществ, образовании поверхностной пленки, понижающей содержание в воде кислорода, а также осадка нефти на дне водоема. Характерный запах и привкус обнаруживаются уже при концентрации нефти и нефтепродуктов в воде 0,5 мг/л.

Загрязнение нефтью и нефтепродуктами рек и водоемов приводит к ухудшению качества рыбы (появление окраски, пятен, запаха, привкуса), гибели, отклонениям от нормального развития, нарушению миграции рыб, молоди, личинок и икры, сокращению кормовых запасов (бентоса, планктона), мест обитания, нереста и

нагула рыб. Биомасса бентоса и планктона на загрязненных участках реки резко уменьшается. Токсическое воздействие нефти и нефтепродуктов на рыб обусловливается выделяющимися при разрушении нефти токсическими веществами. Особую опасность представляют нафтеновые кислоты, содержащиеся в нефти и нефтепродуктах. Концентрация нефти в воде 20–30 мг/л вызывает нарушение условно-рефлекторной деятельности рыб, более высокую их гибель. Нефтяные отложения на дне водоемов в анаэробных условиях (при дефиците кислорода) сохраняются длительное время и являются источником вторичного загрязнения водоемов [5].

Только массовый перевод судов смешанного и внутреннего плавания на использование природного газа в качестве моторного топлива позволит решить проблему загрязнения российских рек и водоемов нефтепродуктов при эксплуатации речного транспорта.

Обобщая вышеприведенные факты, можно сделать вывод, что в Российской Федерации одним из наиболее перспективных направлений использования природного газа в судах внутреннего и смешанного плавания является перевод на газомоторное топливо судов, работающих в черте крупных городов: прогулочных и экскурсионных судов, буксиров, теплоходов портового флота и лоцманских катеров. С одной стороны, именно для этих судов проблема экологической безопасности стоит особенно остро, а с другой — сохранении речных биоресурсов и чистой воды для целей водоснабжения крупных населенных пунктов. С учетом данных факторов, использование природного газа в качестве моторного топлива целесообразно, в первую очередь, для судов Волжского, Московского, Камского, Волго-Донского, Северо-Западного, Кубанского и Западно-Сибирского пароходств.

Перспективным является также использование судов-газоходов смешанного и внутреннего плавания в районах Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера, где находятся предприятия по добыче природного газа и отсутствуют нефтепе-

перерабатывающие предприятия, что вызывает трудность в обеспечении флота топливом нефтяного происхождения.

**Первый российский опыт создания
отечественного судна-газохода
на сжиженном природном газе**

Природный газ, как моторное топливо, на транспортном средстве может находиться в двух состояниях: сжиженном (СПГ) и сжатом, т.е. компримированном (КПГ). Во всех случаях в цилиндры двигателя подается в газообразном виде, поэтому выбору подлежит состояние, в котором перевозится запас газа на транспортном средстве. В сжиженном состоянии природный газ находится при температуре -160°C , а для его сохранения в этом состоянии используются криогенные емкости.

Однако для таких видов транспорта, как авиационный, железнодорожный и водный, использование компримированного газа весьма проблематично, и перевод этих видов транспорта на газовое топливо возможен только на основе СПГ. Это связано с тем, что применение СПГ позволяет существенно улучшить технические показатели транспортных средств по сравнению с использованием КПГ: уменьшить габариты и массу системы хранения бортового топлива; увеличить полезную грузоподъемность и запас хода от одной заправки; сократить за счет более редких заправок непроизводительные затраты, свя-

занные с холостыми пробегами. Преимущества сжиженного природного газа при использовании в качестве моторного топлива объясняются более высокой его плотностью (в 3 раза) по отношению к компримированному природному газу. Сжижение позволяет уменьшить объем газа, занимаемый в обычных условиях, почти в 600 раз, что приводит, по сравнению со сжатием газа, к уменьшению массы системы хранения природного газа на транспортном средстве в 3–4 раза, а объема в 1,5 – 3 раза [6].

Перевод речных судов на применение СПГ – общемировой тренд в развитии судовой энергетики. Так, в ноябре 2015 г. исследовательская компания DNV GL Netherlands завершила работы по оценке создания Трансевропейской транспортной сети на основе СПГ-коридора на маршруте рек Рейн-Майн и Дунай. Исследования финансировал консорциум, состоящий из 50 европейских компаний, в том числе Группы портов Рейна, включающей в себя порты Роттердама, Антверпена, Страсбурга и Мангейме. Эти порты играют ведущую роль в Европе по развитию использования СПГ в качестве топлива для внутренних водных путей. Представители DNV GL отмечают, что исследование помогло завершить дискуссии вокруг вопроса использования СПГ в качестве судового топлива для речного транспорта, и начать развитие данного инновационного направления. Кроме Европы, и другие развитые страны разрабатывают меры по улучшению экологической обстановки на внутренних водных путях. Так, по инициативе китайской национальной газовой компании CNGC на всем протяжении судоходной части реки Янцзы (более 2500 км) строятся береговые комплексы для заправки судов сжиженным природным газом и вводятся в опытную эксплуатацию суда на сжиженном природном газе [7].

Ранее сжиженный природный газ на отечественном речном транспорте не использовался. Основной причиной являлось отсутствие отечественного опыта в создании судовых энергетических установок, использующих СПГ в качестве



Рис. 1. Внешний вид приобретенного теплохода "Нева-6" перед модернизацией для работы на сжиженном природном газе



ве моторного топлива. Однако в настоящее время ситуация кардинально изменилась — создано первое отечественное судно—газоход на СПГ, что явилось технологическим прорывом использования сжиженного природного газа в судовой энергетике [8].

В настоящее время под руководством автора специалистами компании ООО "НПО "Санкт-Петербургская электротехническая компания" (ООО "НПО "СПбЭК") завершены опытно-конструкторские работы (ОКР) по созданию первого российского судна-газохода на сжиженном природном газе. В рамках данной работы на использование сжиженного природного газа был переведен специально приобретенный теплоход "Нева-6" валовой вместимостью около 210 рег. т., ранее работавший только на дизельном топливе.

В ходе выполнения ОКР специалистами ООО "НПО "СПбЭК" были разработаны новые отечественные технологии:

- по переводу судовых дизелей на двухтопливный газодизельный режим работы с использованием СПГ в качестве основного моторного топлива (коэффициент замещения 70 %);
- по конструктивному исполнению и размещению изотермических емкостей с криогенным топливом;
- по конструктивному исполнению промежуточного контура с теплоносителем для испарения сжиженного природного газа;
- по системам автоматизированного управления двухтопливным режимом работы судовой энергетической установки на основе двух газодизелей;
- по системам пожаротушения и ликвидации аварийных ситуаций при эксплуатации судов-газоходов на СПГ.

При переводе судовых дизелей 3Д6 модернизируемого судна "Нева-6" на двухтопливный режим был выбран вариант внешнего смесеобразования. При таком смесеобразовании природный газ подается во впускной воздушный коллектор, из которого газовоздушная смесь посту-

пает в цилиндры дизельного двигателя. В конце такта сжатия в цилиндр впрыскивается запальная доза дизельного топлива (порядка 30 % от номинальной цикловой подачи), которое необходимо вследствие того, что давление в конце сжатия не обеспечивает достижения температуры самовоспламенения метана, составляющей 650–720 °С и значительно превышающей температуру самовоспламенения дизельного топлива (350–400 °С). Такой способ воспламенения, обеспечивающий возможность быстрого перехода с газового топлива на дизельное и обратно [9].

Уникальность указанного ОКР заключается в том, что перевод судовой энергетической установки пассажирского судна типа "Нева" на двухтопливный газодизельный режим работы производится без демонтажа штатных судовых дизелей. Судно дополнительно оснащается комплектом навесного газового оборудования с системой автоматического управления двухтопливным режимом, оптимизированной на береговом испытательном стенде для замещения 70 % дизельного топлива при работе на номинальной мощности. Такой подход в значительной степени позволяет снизить затраты на перевод судна или другого транспортного средства на газодизельный цикл работы.

Основные рабочие параметры газодизеля, такие как температура выхлопных газов, температура масла и охлаждающей жидкости, остаются в пределах допусков, установленных заводом-изготовителем. Как только в двигатель поступает газ, регулятор уменьшает подачу дизельного топлива, сохраняя номинальные обороты и обеспечивая необходимую выходную мощность. Система автоматизированного управления двухтопливным режимом позволяет обеспечивать автоматический перевод работы судовых двигателей с газового топлива на дизельное и ручной перевод работы судовых двигателей с дизельного топлива на газовое. Контролируемые параметры газодизеля: температура выхлопных газов, дав-



Рис. 2. Комплект навесного газового оборудования для подачи природного газа, размещенного на боковой стенке машинного отделения судна-газохода "Нева-6"

ление и температура воздуха во впускном коллекторе, разрежение на впуске и вибрация двигателя, давление природного газа на входе и на выходе из регулятора и др.

Система автоматического управления двухтопливным режимом переводит работу двигателя на использование только дизельного топлива, при сохранении необходимого уровня выходной мощности, при возникновении одной из следующих ситуаций: отсутствие природного газа; предельно низкое или высокое давление природного газа после испарителя; высокая температура выхлопных газов; низкая нагрузка по сравнению с номинальной мощностью (менее 15 %); нагрузка более 100 % от номинальной мощности. Пуск и остановка газодизеля на основе модернизированного двигателя ЗДб происходит только на дизельном топливе.

Решения по обеспечению безопасности опытной эксплуатации судна, переоборудованного для работы СПГ, основывалось на положениях, предусмотренных дополнением № 2 "Временные технические требования к судам-газоходам, использующим компримированный природный газ" к

Правилам классификации и постройки судов внутреннего плавания Российского Речного Регистра, которые были утверждены распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации № НС-17-р от 30.01.2004.

При создании судна-газохода на СПГ специалистами НПО "СПбЭК", впервые в мире и России, была разработана и применена технология применения быстросъемных криогенных модулей для хранения сжиженного природного газа на борту судна. Разработанная технология предусматривает погрузку уже заправленных сжиженным природным газом быстросъемных криогенных

модулей, что снижает затраты потенциальных судовладельцев и исключает все проблемы связанные с вопросами технологического обслуживания модулей (заправки, расхолаживания, захолаживания, дегазации, слива, хранения СПГ и т.д.), которые осуществляются непосредственно на месте заправки модулей сжиженным природным газом квалифицированными специалистами по криогенной технике.

Доставка быстросъемных криогенных модулей может быть осуществлена от места производства (места заправки) СПГ до места бункеровки (например, речного порта) специализиро-



Рис. 3. Погрузка быстросъемных криогенных модулей со сжиженным природным газом СПГ на теплоход "Нева-6"





Рис. 4. Быстросъемные криогенные модули СПГ, установленные на фундаменте из металлических двутавровых балок (верхняя палуба теплохода "Нева-6")

ванными грузовыми автомобилями. Замена криогенных модулей с СПГ может быть осуществлена в любом месте, где возможна швартовка судна и есть место для установки погрузчика (например, автомобильного крана). Замена криогенных модулей будет занимать не более 3 ч.

В соответствии с разработанной технологией, на открытой верхней палубе судна был временно подготовлен фундамент для быстросъемных криогенных модулей, который представляет собой каркас из соединенных металлических двутавровых балок, приваренных к бортам судна.

В настоящее время с учетом накопленного опыта специалисты НПО "СПбЭК" готовы разработать техническую документацию по дооборудованию отечественных судов смешанного и внутреннего плавания для работы на СПГ.

Экспериментальные швартовые и ходовые испытания судна-газохода проходили в аква-

тории г. Волгограда и показали, что использование сжиженного природного газа в качестве моторного топлива на судах внутреннего плавания не только технически возможно, но и экономически целесообразно. Так, результаты швартовых испытаний судна-газохода "Нева-6" позволяют сделать несколько важных выводов:

- не нужно вносить значительных изменений в существующие судовые двигатели и топливную аппаратуру;
- газосмесительное оборудование конструктивно просто, не содержит сложных и прецизионных деталей и узлов и при серийном выпуске сравнительно недорого;

- при эксплуатации снижение финансовых расходов на топливо практически пропорционально соотношению цен "дизельное топливо — сжиженный природный газ";

- при отсутствии сжиженного природного газа всегда можно вернуться к 100 %-му использованию только дизельного топлива;

- существенную статью расхода составляет оборудование для хранения запаса СПГ. Его стоимость зависит от вида емкостей для



Рис. 5. Судно-газоход "Нева-6" на ходовых испытаниях в районе речного порта г. Волгоград

хранения и способа их размещения на судне;

— при использовании двухтопливного режима было достигнуто значительное снижение концентрации вредных веществ в отработанных газах от 20 до 40 %;

— значительное снижение шумности и увеличение ресурса судовой двигательной установки и др.

Заключение

Использование СПГ как универсального моторного топлива XXI века — интенсивно развивающееся направление, которое уже в ближайшее время может превратиться в самостоятельную высокорентабельную отрасль отечественной экономики. В рамках этого направления полученный специалистами ООО "НПО "СПбЭК" уникальный опыт по созданию первого в России судна-газохода на СПГ с судовой энергетической установкой, работающей в двухтопливном режиме, даст уже в ближайшее время мощный толчок российским судостроителям к созданию высокоэкономичных и экологических судов речного и смешанного плавания. Трудность решения указанных задач определялась полным отсутствием отечественного практического опыта по использованию сжиженного природного газа в судовой энергетике.

Переход на сжиженный природный газ позволит снизить себестоимость перевозок речным транспортом и переключить часть грузов с автомобильного и железнодорожного видов транспорта на речной транспорт.

Однако для масштабного перехода водного транспорта на использование сжиженного природного газа предусматривается:

— стимулирование разработки и производства судов внутреннего и смешанного плавания,

работающих на СПГ, повышение их надежности, безопасности и энергоэффективности, развитие сопутствующей сервисной инфраструктуры;

— развитие заправочной инфраструктуры СПГ на внутренних водных путях Российской Федерации;

— разработка механизмов стимулирования использования природного газа в качестве газомоторного топлива и совершенствование нормативно-правового обеспечения в сфере использования СПГ и др.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Денисов В.Н.** Экологизация автомобильного транспорта: Передовой опыт России и стран Европейского союза. Изд. СПбГУ, 2004. 158 с.
2. **Кириллов Н.Г.** Проблемы экологизации автомобильного транспорта в России // Энергетика и промышленность России, 2003. № 12. С. 36–38.
3. **Кириллов Н.Г.** Природный газ как моторное топливо и экология автомобильного транспорта России. М.: ИРЦ "Газпром", 2003. 31 с.
4. **Елифанов В.С.** Применение природного газа в судовых энергетических установках // Речной транспорт. 2008. № 4. С. 77–84.
5. **Голубев Г.Н.** Геоэкология. М.: ГЕОС, 1999.
6. **Кириллов Н.Г.** Сжиженный природный газ как универсальное моторное топливо XXI века: технологии производства и системы долгосрочного хранения. М.: ИРЦ "Газпром", 2002. 64 с.
7. **Кириллов Н.Г., Лазарев А.Н.** Сжиженный природный газ: анализ мирового рынка и перспективы отечественного производства // Газохимия, 2011. № 6. С. 23–29.
8. **Кириллов Н.Г.** Новые технологии в применении сжиженного природного газа как моторного топлива и хладагента для авторефрижераторной техники и автотранспортных средств. М.: ИРЦ "Газпром", 2003. 30 с.
9. **Апкаров И.А., Колосов К.К.** Внешние показатели различных способов смесеобразования в малоразмерных судовых дизелях // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2011. № 2. С. 55–58.



НА КОНФЕРЕНЦИИ АССОЦИАЦИИ "РОССИЙСКИЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДИЛЕРЫ"

В.П. Павлова

На пресс-конференции Ассоциации "Российские автомобильные дилеры" (РОАД) президент В.Н. Моженков и вице-президенты А.А. Петренко, В.А. Жигалов, А.В. Леценко и А.Г. Подщеколкин подвели итоги работы РОАД и автомобильной отрасли в 2015 г. и рассказали о целях на 2016 г.

Подводя итоги 2015 г., В.Н. Моженков отметил, что рост продаж на российском рынке показали легковые автомобили марок премиум-сегмента (Porsche, Lexus и Mercedes-Benz), а самым продаваемым отечественным автомобилем в России традиционно стала Lada. При этом Владимир Николаевич подчеркнул, что продолжает прослеживаться тенденция снижения числа регистраций в РФ новых автомобилей. По сравнению с 2014 г. это число уменьшилось на 44 %. По данным Ассоциации европейского бизнеса (АЕБ) в 2015 г. было продано 1,6 млн автомобилей, при этом зарегистрировано только 1,4 млн.

Благодаря государственной поддержке программ, разработанных при участии РОАД (trade-in, программа утилизации, программа льготного автокредитования и лизинга для физических лиц) было продано порядка 600 тыс. автомобилей. В.Н. Моженков поблагодарил Правительство РФ за выделение в 2016 г. 50 млрд руб. на поддержку отрасли.

Важнейшим итогом 2015 г. президент РОАД назвал вступление в ряды Ассоциации 153 новых дилерских компаний. Важно, что данный показатель наблюдается на фоне продолжающегося сокращения дилерских центров. На сегодняшний день остаются работать 3800 компаний, что на 10 % меньше, чем в 2014 г. Владимир Николаевич подчеркнул, что, исходя из снижения покупательской способности граждан и ухода с рынка ряда автопроизводителей, объединение под эгидой ассоциации помогает решать общие задачи авторитейла. Во многом это обусловлено участием РОАД в разработке программ поддержки отрасли, постоянной работе с Правительством РФ, Правительством Москвы, ФАС и Минпромторгом.

Говоря о приоритетных направлениях деятельности Ассоциации в 2015 г., Вице-президент РОАД А.А. Петренко назвал работу с Правительством

Москвы с целью учета специфики дилерских предприятий при расчете сумм налогов на здания дилерских центров. Изучив данные автомобильных дилеров за 2014 и 2015 гг., отмечено увеличение налоговой нагрузки от 25 до 50 %. Решение данной задачи Андрей Андреевич видит в объединении усилий по сбору необходимых данных, отражающих налоговую нагрузку на каждый дилерский центр, и формировании алгоритма действий по снижению налогового бремени для дилеров г. Москвы.

Под руководством вице-президента ассоциации РОАД В.А. Жигалова в 2015 г. были разработаны поправки к федеральному закону "О защите прав потребителей". Данная работа велась в тесном контакте с представителями Роспотребнадзора, ТПП РФ, аппарата уполномоченного по защите прав предпринимателей при Президенте РФ и общественными организациями потребителей и предпринимателей.

Данные поправки позволяют исключить возможности для неосновательного обогащения, так называемого потребительского экстремизма, не ущемляя права законопослушных граждан. В 2015 г. РОАД обратилась к Председателю прави-



В.Н. Моженков назвал важнейшим итогом 2015 г. — вступление в ряды Ассоциации РОАД 153 новых дилерских компаний

А.А. Климашин отметил, что переход на масла "Газпромнефть — смазочные материалы", позволил различным дилерским предприятиям экономить порядка 40 % бюджета



тельства РФ Медведеву Д.А. с просьбой внести на рассмотрение в ГД ряд поправок к федеральному закону "О защите прав потребителей", среди которых: учет амортизации автомобиля в случае его возврата продавцу из-за существенного недостатка; введение квалификационных требований для негосударственных экспертов; снижение размеров пеней. С целью защиты авторитета от недобросовестных покупателей в 2016 г. ассоциация будет продолжать вести данную работу.

Возвращаясь к теме дилерских центров, вице-президент РОАД А.В. Лещенко, отметил усиливающуюся тенденцию расторжения дилерских контрактов. В 2015 г. эта цифра составила 746 случаев. С целью формирования открытых и равноправных взаимоотношений между автопроизводителями и официальными дилерами ассоциация РОАД совместно с Экспертным советом ФАС ведет работу по внесению изменений в существующий Кодекс автопроизводителей.

Представитель генерального партнера ассоциации РОАД А.А. Климашин, заместитель генерального директора по продажам "Газпромнефть — смазочные материалы", рассказал об эффективности совместной работы с официальными дилерами, членами Ассоциации. Александр Александрович отметил активное вовлечение членов РОАД в реализацию программы импортозамещения, подчеркнув, что активизация данного процесса на российском рынке смазочных материалов носит исключительно экономический характер. Данное утверждение подтверждает то, что переход на масла производства "Газпромнефть — смазочные материалы" позволил различным предприятиям экономить порядка 40 % бюджета. Возможность комплексного подхода к реализации программы им-

портозамещения и использование самых современных технических сервисов позволяют компании в кратчайшие сроки подобрать лучшие аналоги импортным продуктам. Те предприятия, которые выбирают продукцию "Газпромнефть — смазочных материалов" располагают серьезной технической поддержкой — в компании разработаны и внедрены две программы: Oil Testing Service (OTS), предполагающая испытание и тестирование смазочных материалов перед началом применения, и Oil Expert Service (OES) — экспертиза и анализ эксплуатационных ситуаций во время применения. Таким образом, потребитель получает уникальный уровень сервиса, основанный на контроле полного цикла деятельности продукта.

По мнению А.Г. Подщеколдина в 2016 г. особое внимание руководителям дилерских центров следует уделить продаже автомобилей с пробегом и развитию непрофильных активов. В этой связи становится актуальным обучение персонала новым методикам и практическим техникам продаж, предлагаемых в программах академии РОАД, разработанных совместно с экспертами России, США и Чехии.

Подводя итоги, В.Н. Моженков отметил успешную деятельность Ассоциации в 2015 г. Основными задачами 2016 г. президент РОАД назвал отстаивание интересов дилерского сообщества и помощь в сохранении дилерской сети. Академия РОАД продолжит работу по проведению обучающих семинаров, мастер-классов и тренингов на всей территории России. В текущем году Ассоциация соберет за круглым столом владельцев дилерских предприятий в Воронеже, Челябинске и Нижнем Новгороде.

По материалам РОАД



АГЗК+АТ, № 4 (109) / 2016



10-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ AUTOINVEST-2016

А.С. Суворов, специальный корреспондент журнала
"АГЗК+АТ"

24–26 февраля с.г. в Санкт-Петербурге состоялась 10-я международная конференция по привлечению инвестиций в производство комплектующих для автомобильной промышленности AutoInvest-2016. Традиционно конференция прошла при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ и Правительства Санкт-Петербурга.

Деловая программа юбилейной конференции AutoInvest-2016 позволит узнать об экспортных направлениях автомобильных компаний, обсудить механизмы поддержки отрасли и возможности развития локализации, найти поставщиков и заказчиков автомобильных комплектующих, оценить инвестиционный потенциал регионов России и перспективы развития газомоторного транспорта и электромобилей.

Конференция AutoInvest-2016 будет сфокусирована на трех ключевых направлениях:

- перспективы расширения российского автоэкспорта. Государственная поддержка автопрома. Меры долгосрочного стимулирования рынка. Инструменты поддержки экспорта автомобильной продукции. Опыт и стратегия автопроизводителей;

- локализация производства автокомпонентов. Инвестиционная привлекательность регионов. Парки поставщиков. Механизмы ОЭЗ. Импортозамещение. Возможности сотрудничества с локальными поставщиками компонентов;

- возможности применения альтернативных видов топлива. Газомоторный транспорт. Электромобили. Беспилотные автомобили. Инновации для автопрома.

Среди приглашенных докладчиков конференции: Александр Морозов, заместитель министра промышленности и торговли Российской Федерации; Альфия Когогина, член комитета Государственной Думы по промышленности, председатель экспертного совета при Комитете по промышленности и инновационному развитию автомобильной промышленности; Максим Мейксин, председатель Комитета по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга; Сергей Гайсин, и.о. генерального директора ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ"; Бу Андерссон, президент ОАО "АвтоВАЗ"; Дмитрий Михайлов, генеральный директор ООО "Ниссан Мануфэкчуринг РУС"; Ино Муберг, генеральный директор ООО "Скания-Питер"; Чой Донг Ель, генеральный директор ООО "Хендэ

Мотор Мануфактуринг Рус"; Ёсинори Мацунага, исполнительный директор по производству ООО "Тойота Мотор"; Клаус Мангольд, председатель "Мангольд Консалтинг ГмбХ".

С учетом сложных экономических условий и кризиса на автомобильном рынке России планируется привлечь к участию топ-менеджеров головных офисов автомобильных предприятий, имеющих производство в России, для обсуждения ключевых проблем отрасли.

В первый день участники конференции посетили автосборочные предприятия Санкт-Петербурга, в частности, завод "Хендэ Мотор Мануфактуринг Рус". 26 февраля состоялась Биржа деловых контактов, ставшая эффективным инструментом для проведения прямых переговоров с потенциальными партнерами и установления взаимовыгодных деловых связей. С помощью специальной он-лайн системы участники формируют индивидуальное расписание деловых встреч. Такой формат позволяет повысить результативность участия.

Кроме пленарных заседаний и круглых столов в рамках юбилейной конференции AutoInvest-2016 были проведены специальные презентации по проекту "Кортеж", беспилотным автомобилям, тест-драйву электромобиля Nissan LEAF, работе Консультационного центра по развитию экспорта автомобильной продукции.

Юбилейная конференция AutoInvest-2016 стала центральным мероприятием комплексного события – Форума автомобильной промышленности России AutoForum Russia. AutoForum Russia – это целый ряд конгрессно-выставочных мероприятий, посвященных всему производственному и эксплуатационному циклу автомобиля. Организаторами форума выступили АНО "Северо-Западное агентство развития и привлечения инвестиций" и ООО "ЭкспоФорум-Интернэшнл".

На площадке AutoForum Russia прошли специализированные выставки для профессионалов автомобильного рынка. Свой потенциал, разработки, технологии, материалы, товары и услуги представят автосборочные производства, поставщики автомобильных компонентов, инжиниринговые центры, промышленные парки, регионы России, а также дилерские центры, станции техобслуживания, ремонта и центры обучения персонала для автотранспортной отрасли.

ПРО ГАЗОВЫЕ МОТОРЫ И МАСЛО ДЛЯ НИХ

Ю.И. Буцкий, канд. техн. наук, журнал "АБС-Авто", г. Москва

Говоря о маслах для газового двигателя, порой приходишь к мысли, что у многих наших сограждан нет четкого представления о видах газового топлива и типах газовых двигателей. Они часто путают сжиженный нефтяной и сжиженный природный газы, не знают, что такое конвертированный дизель. Словом, нужна систематизация терминологии и основных понятий. С нее и начнем.

Газификация как цель

За последние десять-пятнадцать лет автор этих строк побывал на множестве "газовых" конференций и семинаров. Из года в год солидные люди оглашали ужасающие цифры вредных выбросов автотранспорта. Прогнозировали, какой кошмар будет в "две тысячи таком-то году". Пугали, что запасы нефти не вечны, а потому надо искать альтернативное топливо. Радовались: "но зато в России природного газа огромные запасы, а потому...". И так далее в разных вариациях.

Но "газовый воз", как ни странно, долго не трогался с места, пока кто-то из небожителей российских не сказал: давайте, наконец, переходить от болтовни к делу. Думаете, он сам до этого додумался? Увы, нет. Просто производство газа в России к тому счастливому времени превысило спрос по причине сокращения последнего в силу всем известных причин. И вот в 2013 г. за газификацию транспорта взялись по-взрослому, нахмутив брови и сжав зубы. Прозвучала четкая задача: не менее

половины общественного транспорта страны перевести на газовое топливо.

Половина! Это ж с ума сойти. И начались пресс-конференции и презентации. На автомобильных выставках стали популярными грузовики, работающие на метане, газовые двигатели и городские автобусы с газобаллонным оборудованием заполнили собой выставочные стенды. Все как-то сразу поумнели, и топ-менеджеры компаний с серьезными лицами объясняли невежественной публике про все преимущества газа для автомобильных моторов.

Природный газ, он же метан

Природный газ — это практически чистый метан, простейший насыщенный углеводород, газ без цвета и запаха. Для обнаружения утечек в него также добавляют одоранты. Самым известным можно назвать этилмеркаптан — сернистое соединение, даже микроскопическая доза которого придает газу всем известный тревожный аромат. Метан легче воздуха, при утечках быстро улетучивается вверх и поэтому не так взрывоопасен, как пропан-бутан. Метан вполне экологичен, поскольку при его сгорании образуется гораздо меньше вредных веществ, чем при сгорании нефтяного газа. Этому способствует простая молекула, более охотно вступающая в реакцию с кислородом. Сжатый метан именуется аббревиатурой КПП (компримированный природный газ). Зарубежное название — CNG (Compressed Natural Gas). Но природный газ может храниться и в сжиженном виде. У нас его называют СПГ (сжиженный природный газ), за рубежом — LNG (Liquified Natural Gas).

Для использования в качестве моторного топлива метан сжимается на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС) до 200 бар, и под этим давлением закачивается в баллоны. По мере расходования газа давление в баллоне падает, но система питания должным образом реагирует на это. Использовать сжиженный природный газ выгоднее, чем сжатый еще и по той причине, что его можно взять с собой в дорогу гораздо больше. LNG увеличивает пробег тяжелого магистрального грузовика примерно вдвое.



На автомобильных выставках стали популярными легковые автомобили и грузовики, работающие на метане



АГЗК+АТ, № 4 (109) / 2016

КОНФЕРЕНЦИИ. СЕМИНАРЫ. ВЫСТАВКИ

Нефтяной газ

В былые времена у наших водителей был очень популярен пропан-бутан. На нем еще тридцать лет назад ездили переделанные карбюраторные грузовики и немногочисленные легковушки газовых энтузиастов. Этот газ — не природный, а "рукотворный", он побочный продукт переработки нефти, смесь газообразных пропан-бутановых фракций. Пропан-бутан хранится в баллонах в жидком состоянии. Давление в баллоне зависит от температуры и при 45 °С достигает 16 бар. По экологичности этот газ превосходит бензин, но уступает метану.

Официальное название пропан-бутана — СНГ (сжиженный нефтяной газ). Зарубежная аббревиатура — LPG (Liquified Petroleum Gas). По причине своей побочности пропан-бутан относительно дешев, но он все-таки дороже метана. Газ не имеет цвета и запаха, поэтому для обнаружения утечек в него тоже добавляют пахучие вещества — одоранты. Кстати, пропан-бутан тяжелее воздуха, при утечках он скапливается в низких местах, это надо учитывать.

Внимание! Не путайте сжиженный нефтяной и сжиженный природный газ (LNG). Это разные виды топлива.

Чем газ лучше жидкого топлива?

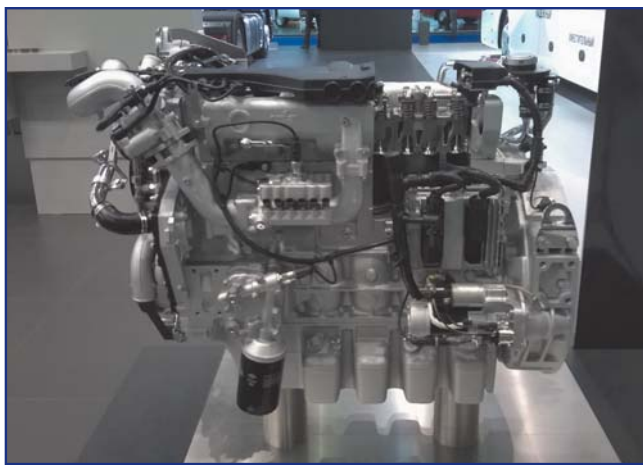
Действительно, запасы нефти на Земле исчерпаемы, вернее, их можно исчерпать, если нефть будет потребляться быстрее, чем образовываться в недрах. Зато природного газа человечеству хватит надолго. Одни аналитики говорят, на 200 лет, другие — на 400. Проверить эти цифры на практике невозможно — столько не живут. Поэтому сходятся оба варианта. Одно бесспорно: в России сосредото-

чено примерно 40–45 % разведанных газовых месторождений. Кроме того, природный газ не обязательно течет из проделанных в земной коре дырок. Метан, вообще, можно не только добывать из скважин на месторождениях, но и получать из любого органического сырья, в том числе отходов ферм, на свалках и даже из канализации (биогаз). Он по праву считается самым дешевым в мире топливом, а его запасы огромные и, самое главное — возобновимые. Нефть и уголь когда-нибудь на Земле, может быть, иссякнут, но метан — никогда! Пока нам светит звезда по имени Солнце, и на планете бурлит жизнь, бактерии обеспечат народы горючими газами.

Углеводородные газы нетоксичны. Метан — вообще, самое нетоксичное из всех органических соединений, что многих удивляет. Да, оказывается, что людей при утечках газа в квартирах и в шахтах убивает, вопреки всеобщему мнению, не сам метан, а всего лишь недостаток кислорода, который природный газ заместил собой в замкнутом пространстве. Так что выражение "отравиться бытовым газом" не совсем правильное. Метан немного легче воздуха и быстро улетучивается из помещений. Попав в атмосферу, все углеводородные газы довольно быстро и незаметно под действием солнечных лучей реагируют с тем же кислородом, превращаясь в углекислый газ и воду.

Во многих цивилизованных странах приняты долгосрочные государственные программы по переводу на газовое топливо большинства автомобильных (и не только автомобильных) двигателей, прежде всего — городских грузовиков и автобусов. Октановое число метана — 105–115 ед., это больше чем даже у изооктана, у пропан-бутана — под сотню, так что с детонацией проблем нет и никакие дорогостоящие присадки не нужны. Можно поднять степень сжатия в цилиндрах, а вместе с ней и мощность, и экономичность. Кстати, из-за неудобства оценки детонационной стойкости газов октановым числом принята отдельная характеристика — метановое число (MZ), его упоминание иногда можно увидеть в инструкциях к газовым двигателям грузовиков с дизелями, переделанными под газовое топливо (см. ниже). Метановое число равно содержанию в объемных процентах метана в смеси с водородом, при котором эта смесь эквивалентна по детонационной стойкости данному топливу.

Метановое число 100 соответствует чистому метану (он стойкий к детонации). Метановое число 0 — водороду (нестойкий). Для большинства газовых двигателей рекомендуется метановое число не ниже 70. Некоторые газы имеют метановое число больше 100, такие топлива сравниваются со сме-



Дизель MAN E0836 LOH01 EEV, переделанный под газовый цикл

сию метана и углекислого газа. Оно в этом случае рассчитывается как 100 + объемное содержание (в процентах) CO_2 в смеси с метаном.

Газ хорошо смешивается с воздухом при любой температуре, каждая молекула кислорода в камере сгорания легко находит себе пару, и в результате, такая однородная смесь сгорает очень чисто, практически без образования сажи, нагара, альдегидов и тому подобного. Вредных соединений на выхлопе газового мотора будет в 1,5–2 раза меньше чем при бензиновом питании.

Газ, содержащийся в баллоне, в отличие от бензина, не портится неограниченно долго. Он к тому же не конденсируется на холодном зеркале цилиндра при пуске, не смывает с него масляную пленку и не разжижает масло в картере. Благодаря этому возрастает ресурс деталей цилиндропоршневой группы, меньше загрязняются масло и фильтр, дольше служат свечи и нейтрализатор.

Еще есть преимущество – газ, в отличие от жидкого топлива без специальной аппаратуры невозможно похитить из баллона на машине.

Во многих странах налог на "газовое" транспортное средство ниже. Но это еще не все. Метан позволяет автомобилям выбрасывать гораздо меньше углекислого газа на единицу пути пробега. Эта "экономия" может составить 33 % по сравнению с бензиновым двигателем той же мощности.

Жаль только, что мощность двигателя, работающего на газе, заметно падает (на 15–20 %), а баллон (баллоны) занимает в легковом автомобиле добрую треть багажника и весит как пассажир-подросток. Газовый двигатель в морозы, правда, все равно лучше запускается на бензине, а впрысковой газовый мотор – в обязательном порядке. Причина – высокая температура, необходимая для надежного воспламенения газа в цилиндре (540–600 °C). Зато такая совместная газобензиновая система питания увеличивает пробег машины на одной заправке практически вдвое, что иногда бывает не лишним. Для сравнения: кубометр газа при атмосферном давлении примерно эквивалентен по заключенной в нем энергии литру бензина.

О газовых двигателях

Эти моторы можно поделить на три группы. К первой принадлежат обычные бензиновые ДВС, оснащенные газовой аппаратурой. Они могут работать как на газе, так и на бензине.

Ко второй группе относятся серийные дизели, переделанные под так называемый газодизельный цикл. В цилиндры этих моторов подается не воздух, а бедная газозоудшная смесь. В конце такта сжатия, как в обычном дизеле, происходит

впрыск жидкого топлива, которое воспламеняется и поджигает газ. Дизельного топлива здесь требуется примерно втрое меньше – ровно столько, чтобы сыграть роль запала, "жидкой свечи".

Третья группа газовых моторов – это дизели, конвертированные под искровое зажигание и переставшие по этой причине быть дизелями. В их цилиндры подается только газозоудшная смесь, воспламеняемая от привычной искровой свечи, ввернутой вместо форсунки.

Система газодизеля кажется сложной, но конвертировать существующие дизели под газодизельный цикл или под зажигание от свечи намного дешевле, чем строить специализированные моторы под газ. Поэтому на коммерческом и пассажирском транспорте активно используются газовые двигатели второй и третьей групп.

Двигатели первой группы работают на пропан-бутане или на природном газе в зависимости от аппаратуры. А двигатели второй и третьей групп – только на метане.

Инфраструктура

Сеть АГНКС для заправки компримированным природным газом пока невелика. Поэтому эксплуатация автомобилей с чисто газовыми двигателями возможна только вблизи таких станций. В основном это городской транспорт – автобусы и коммунальная техника. А вот автомобили с газодизельными двигателями могут полноценно работать и на газе, и на дизельном топливе. Их можно использовать на трассах со значительным удалением от АГНКС. Заправка автомобиля газом происходит несколько дольше, но, в общем, она не сложнее заправки жидким топливом. Современные газовые системы питания обеспечивают вполне безопасную эксплуатацию, правда, при постоянном и жестком контроле их состояния. В частности, по правилам, баллон, как любой сосуд, находящийся под большим давлением, приходится пе-



Сеть АГНКС для заправки компримированным природным газом пока невелика



КОНФЕРЕНЦИИ. СЕМИНАРЫ. ВЫСТАВКИ

реосвидетельствовать (со снятием его с машины) раз в два года.

Главная же проблема сегодня более тривиальна — отсутствие газовых колонок на каждой АЗС. Поэтому, повторюсь, чисто газовые машины могут нормально функционировать пока только в городах. На газовых автомобилях сохраняют резервную бензиновую систему питания и, соответственно, относительно низкую, рассчитанную на бензин, степень сжатия в цилиндрах. Это уменьшает выгоду от использования газового топлива.

О моторном масле

Какое масло требуется двигателю, работающему на газе, и как влияет газ на изменение свойств масла? Начнем с хрестоматийного примера: при пуске двигателя масляная пленка со стенок цилиндра не смывается, разжижения масла топливом не происходит, а следовательно, старение масла замедляется. Есть и другие благоприятные факторы:



За последнее время было презентовано немало моторных масел, специально разработанных для грузовиков и автобусов, работающих на природном газе

тепловое воздействие газа на масло существенно ниже, чем у бензина. Светимость пламени у жидких топлив больше: сравните мягкое голубое пламя газа, и резкое, белое горящего бензина или керосина. Поэтому термическая нагрузка на масляную пленку на стенках цилиндров при работе на газе ниже. Вот еще одна причина более медленного старения масла при работе на газе. По данным исследований НАМИ, при эксплуатации на газе срок службы масла для двигателей первой группы может быть увеличен на 80–100 %. Впрочем, сказан-

ное не значит, что масло можно менять вдвое реже. Без одобрения завода-производителя подобных рекомендаций давать не следует. Но факт остается фактом: при работе на газе масло утрачивает свои качества гораздо медленнее. Однако полагать, что газовое топливо действует на масло чуть ли не благотворно, было бы неверно. И вот почему.

Газ в сравнении с жидким топливом содержит больше водорода и меньше углерода: вспомним формулу метана. Поэтому при сгорании газового топлива в конечных продуктах образуется больше воды. Чем это плохо? Если вентиляция картера недостаточна, или двигатель еще не прогрет, в картере происходит конденсация влаги, а значит — об-

воднение масла, снижение его рабочих свойств. Кроме того, такое масло становится склонным к вспениванию. Отсюда четкое требование: масла для газовых двигателей должны содержать эффективные антипенные присадки.

Но это еще не все неприятности, которыми грозит влага. Некоторые компоненты синтетических масел, например эфиры, под воздействием воды начинают разлагаться. То же самое может происходить с некоторыми присадками. Поэтому если для газового двигателя выбирается синтетическое масло, необходимо, чтобы оно в своем составе не содержало эфиров.

Пределы воспламеняемости газового топлива несколько шире, чем у бензина. Поэтому газовые двигатели регулируют на обедненную смесь. В подобном стремлении сэкономить есть свои минусы: сгорание обедненной смеси из-за избытка кислорода вызывает повышенное образование оксидов азота, которые в свою очередь образуют азотную и азотистую кислоты. А там, где присутствует азотная кислота, возникает нитрование масла, — иными словами, взаимодействие кислоты с углеводородами. В результате вязкость масла начинает расти. Поэтому можно сформулировать еще два правила: во-первых, масло, применяемое в газовых двигателях, должно быть стойким к нитрованию. Во-вторых, для надежной нейтрализации азотной и азотистой кислот щелочное число масла должно быть не менее 6–8 мг КОН на грамм.

Бывает, эксплуатационники сталкиваются с проблемой преждевременного воспламенения газозвушной смеси в чисто газовых моторах. Причина этого кроется в образовании зольных отложений в камере сгорания. Тлеющие или сильно нагретые частицы могут раньше времени поджечь смесь.

Сказанное справедливо для двигателей, работающих по газодизельному циклу. А дизели, переделанные под искровое зажигание, выдвигают дополнительные требования к зольности масла: отложения, образующиеся при сгорании металлоорганических присадок, нередко "выстраивают" мостики на электродах, после чего свеча перестает работать. Поэтому масло, применяемое в газовых двигателях и конвертированных дизелях, должно иметь невысокую сульфатную зольность. Как правило, ее ограничивают величиной 0,8–1 %. И чем она меньше, тем лучше.

В заключение отметим, что ведущие производители моторных масел всерьез занимаются развитием газомоторного транспорта в России. За последний год они презентовали немало новинок, специально разработанных для грузовиков и автобусов, работающих на газе. И этот сегмент "масляного" рынка будет, несомненно, развиваться.

РАФАЭЛЬ БАТЫРШИН: "РАРИТЭК" – СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР КАМАЗА В РАЗВИТИИ ГАЗОМОТОРНОЙ ОТРАСЛИ



"Вместо того чтобы субсидировать сельское хозяйство, нужно обязать заводы делать трактора на газомоторном топливе, которое втрое дешевле", — считает Рафаэль Батыршин, совладелец компании "РариТЭК", которая выступает стратегическим партнером КАМАЗа в развитии газомоторной отрасли, а также продает челнинскую технику в Якутии и Краснодарском крае. Почему Китай давно ездит на российском природном газе, а Россия так и не научилась, он рассказал в интервью.

— Рафаэль Римович, с 2004 г. "РариТЭК" является дилером КАМАЗа в Якутии. Какой путь прошла компания за это время, насколько удалось нарастить долю челнинских грузовиков?

— Я не помню, какая была картина тогда, но доля КАМАЗа не всегда была самой крупной. Сегодня в Якутии среднегодовой спрос составляет порядка 900 грузовых машин. Каждый второй — это "КАМАЗ", их в прошлом году было реализовано около 500. Лучше всего продаются полноприводные, независимо от типа надстройки, так как в Якутии не очень развитая инфраструктура и техника нужна всякая. А в 2004 г. у "РариТЭКа" штат был 10 чел., мы не блистали, занимали 58-е место среди всех дилеров КАМАЗа по продажам. Прибыли от реализации техники не хватало на покрытие расходов, мы выживали за счет услуг — предлагали сервис на Севере. Сегодня мы стабильно в десятке лучших. По итогам 2013 г. — вторые в рейтинге дилеров.

— *Между тем зарегистрированы вы в 2000 г., а чем компания занималась первые годы?*

— Лично я до 1999 г. работал на Крайнем Севере, одно время была и своя многопрофильная компания, которая занималась в числе прочего поставкой запчастей, в основном камазовских. Работал и в структуре "Лукойла", в управлении буровых работ — словом, у меня на Севере сложились хорошие связи. В 1999 г. я решил вернуться на историческую родину и попробовать себя в качестве дилера КАМАЗа в Якутии. Этот регион оставался лакуной на карте покрытия КАМАЗа. Но на первом этапе мы занялись поставкой светлых нефтепродуктов на КАМАЗ. Отсюда и "РариТЭК". ТЭК — это топливно-энергетическая компания. Дилерские поставки в 2004 г. начали с организации сервисных центров, а спустя три года мне предложили курировать газовое направление. Мы сразу начали его системно — не с продаж, а с изучения документации и номенклатуры.

— *Вы говорите "мы". У вас есть партнеры?*

— Да, я говорю от лица партнеров, с которыми мы вместе идем по жизни. Нельзя сказать, что работа "РариТЭКа" — это заслуга Батыршина, результата добились группа людей. С 2008 г. создавались новые компании по разным направлениям деятельности. Возглавляют их наемные менеджеры. Головная компания занимается газовой и дизельной техникой, запасными частями, "РМЗ РариТЭК" ставит на "КАМАЗы" и "НЕФАЗы" газовое оборудование и спецнадстройки, "РариТЭК-сервис" — это каркасы и тенты, складские помещения, укрытия для буровых установок, тоже востребованное направление. "РариТЭК-Строй" — строительное управление, возведение быстроборных ангаров.

— *А зачем "РариТЭК" вообще начал строить, к примеру, ангары? Вроде бы далеко от основной деятельности?*

— Это все из северной практики. Начали с того, что стали укрывать буровые, а для буровых нужны склады под химреагенты. Стали строить склады. Потом появилась нужда в условиях для ремонта техники на Крайнем Севере. Поэтому мы начали предлагать ангары — это полностью наша технология, сами проектируем, изготавливаем и возводим. Я просто знал, что в этом есть потребность и направление будет выгодным. Мы ответили предложением на спрос, вот и все. В 1980 гг., когда я работал на Севере, мне пришла в голову идея, что надо сделать укрытия для буровых, и спустя годы я воплотил это в жизнь. Сегодня мы работаем со всеми буровыми компаниями.

— *Благодаря газомоторному направлению "РариТЭК" занял особое место в ряду дилеров КАМАЗа. Почему именно вы и как КАМАЗ влияет на политику компании?*

— С КАМАЗом у нас всегда были партнерские отношения, а с 2007 г., когда с одобрения генерального



ИНТЕРВЬЮ

директора ОАО "КАМАЗ" Сергея Когогина мы взяли развивать газомоторное направление, они стали стратегическими. Мы не только продаем эту технику, но и совместно с ОАО "КАМАЗ" входим во все существующие в России рабочие группы — по линии министерств энергетики и транспорта. Большое внимание газомоторному направлению уделяет и сам Когогин, который держит руку на пульсе и всегда готов помочь в решении любых вопросов. Сейчас сделали у себя модель учебного центра и пропагандируем ее на региональном уровне. Это составляющая комплексного подхода к продвижению газомоторной техники, такие центры нужны в каждом регионе, который определен министерством энергетики как пилотный. И конечно, необходимы сервисные центры — либо на базе камазовского сервиса, либо на собственной базе крупного покупателя.

КАМАЗ хочет от нас именно этого — чтобы мы решали данные задачи в масштабах России, от Сахалина до Калининграда. Основным куратором является сам КАМАЗ, но направления обучения и сервиса КАМАЗ доверил нам. Поэтому я постоянно в разъездах. В 2014 г. я примерно 250 дней провел в командировках, и это прежде всего разъяснительная работа.

— **Какова сегодня доля газомоторных "КАМАЗов" в общих продажах?**

— Пока небольшая. Все новое приживается с трудом, и на первом этапе необходимо субсидирование покупателей. Изначально газовая техника дороже — разница с дизельным "КАМАЗом" составляет 10–25 %. Но сегодня субсидия на покупку предлагается до 40 %, поэтому газомоторная техника пока дешевле дизельной. Огромная работа ведется и нашим депутатом в Госдуме Альфией Когогиной, которая в законодательном поле активно занимается популяризацией природного газа в качестве моторного топлива. Однако нужны дополнительные инвестиции, потому что клиент, видя дешевизну, не понимает другого — где он может обучить водителей и техперсонал, какие нужны инструменты, запчасти... Тут мы и приходим на помощь. В первую очередь работаем с сервисными центрами КАМАЗа.

— **Когда компания крепко встала на ноги?**

— Как раз 2007 г. и был переломным, но тогда у всех дилеров фиксировались хорошие продажи. Рынок был раскручен на подъеме строительства по всей России. Была ипотека, начинал строиться нефтепровод Восток — Сибирь — Тихий океан. А где стройка, там нужна грузовая техника. 2008–2010 гг. стали проверкой на прочность. Мы выжили за счет наработанных отношений и не бросили это направление.

— **На данный момент вы по-прежнему работаете только с Якутией?**

— Нет, в 2013 г. мы построили в Ханты-Мансийском автономном округе, в Югорске, сервисный центр. А до этого, в 2008 г., зашли в г. Сочи под Олимпиаду. У КАМАЗа там не было дилера. Чтобы зайти

на такой активный рынок, требовалось доказать свое право. Строились определенные отношения с партнерами по бизнесу, предложенная нами модель понравилась. Сейчас мы являемся официальным дилером ОАО "КАМАЗ" по Краснодарскому краю.

— **Каковы сегодня общая площадь подразделений группы, штат?**

— Списочная численность персонала на начало 2015 г. — 480 чел. Мы занимаем 17 га, из них 12 — это производственные площади. Это данные по группе, но без дочерних предприятий, расположенных в регионах.

— **Вы продолжаете инвестировать в производство?**

— Если человек намерен развиваться, он всегда ищет пути, работать без развития глупо. Рынок — это гонка, в ней надо успевать, чтобы оставаться сильным и технологичным. Практически каждый год мы вкладываемся в производство, суммы разные. В последнее время выкупили помещение для производства газобаллонного оборудования, обновили собственный автопарк, закупили высокотехнологичное оборудование для металлообработки и для тентовых конструкций.

— **В этом году инвестиции сократились?**

— Наоборот. Это кажется нелогичным, но при меньшем обороте и прибыли мы вложили больше, используя при этом больше кредитных ресурсов. Это осознанный шаг совета директоров.

— **Рост инвестиций в кризисный год следует воспринимать как антикризисную меру?**

— Конечно, кризис оказал влияние на это решение. Кроме того, есть намеченный план, он хронологически расписан и не зависит от внешнеэкономических коррективов. Мы как спутник, летающий вокруг своей планеты. Если изменить орбиту, спутник упадет. Раз нам неизвестно, когда закончится кризис, так какой смысл тянуть? Не вложишься сейчас — не сможешь конкурировать. Именно сейчас приходится быть более оперативным. Весь наш руководящий состав перешел на шестидневку, мы скрупулезно обсуждаем проекты, просчитываем экономические риски.

— **В 2008 г. вы тоже ответили кризису контратакой, нарастили инвестиции?**

— Нет, в 2008 г. у нас была жесткая экономия. Но мы крупно вложились перед этим, в 2007 г., при запуске сервисного центра. 7 лет назад мы были не готовы к переменам, а сейчас натренированы, у нас есть иммунитет. И сами эти явления разные — сегодня мы наблюдаем сложности в политических отношениях. В прошлый раз факторы были чисто экономическими. Рынок на тот момент был перенасыщен, мы избаловались, можно было вообще не работать при том спросе. При желании все решалось по телефону. И вот рынок резко обрушился, стало тяжело. В ново-

годнюю ночь с 2008 на 2009 г. я уехал из офиса в 22:30. Я не понимал, куда мы идем, прежде всего был страх перед неизвестностью. Потом уже все организовались и вырулили ситуацию — просто стали эффективнее работать. И сейчас лекарство то же самое — быть эффективным во всем. Продукт все равно нужен, надо лишь быть конкурентным.

— Ваша готовность к кризису подразумевает запас средств на черный день?

— Запас требуется прежде всего кадровый. Люди должны быть готовы к мобилизации. А деньгами не запасешься — они должны работать, незачем держать их в банке.

— Кто сегодня ваши прямые конкуренты?

— Группа ГАЗ, МАЗ, УралАЗ. На Севере вторым после КАМАЗа идет УралАЗ, но с большим отрывом. В ногу с ним идут китайские компании. У Группы ГАЗ на газу автобусы ЛИАЗы и ПАЗы, только недавно они начали заниматься газовыми грузовиками. У МАЗа только автобусы. В целом по итогам года Группа ГАЗ пододвинулась к КАМАЗу. Конкурент тоже работает.

— На рынке Татарстана вы ведете какую-либо деятельность?

— С 2013 г. мы поставляем муниципалитетам, которые участвуют в программе госсубсидирования, всю газомоторную спецтехнику. В этом году участвуют Набережные Челны, Альметьевск, Буинск, Бугульма, Зеленодольск — города, где есть газозаправочные станции.

— Каковы перспективы рынка газомоторной техники, на ваш взгляд?

— Один из сдерживающих факторов — это недостаток газозаправочных станций, их всего 10 в Татарстане. Сегодня в Челнах всего одна заправка, а люди привыкли к тому, что станций должно быть много. По всему Татарстану пока нельзя проехать на газу — в Арск или Лаишево не доедешь.

Но перелом наступает. Появился единый оператор — "Газпром газомоторное топливо". Эта компания заходит со своими инвестициями, у нее подписано соглашение с республикой о развитии сети станций. Татарстан по соглашению закупает столько техники, сколько готовы обслужить новые заправочные комплексы. В этом году будет построено порядка 6–7 заправок. Намечается строительство завода СПГ (сжижение природного газа — ред.) в одном из технопарков — скорее всего, в Чистополе, но есть вариант и с Елабугой. Инвестиции "Газпрома" превышают 3 млрд руб. Этот завод — главный успех, он быстро развяжет нам руки. Строительство, наверное, займет года два, и в 2017 г. мы должны хорошо пойти вперед. А пока шесть заправок будут введены в новых городах, и они тоже начнут закупать нашу технику.

— А почему вы ограничиваетесь республикой?

— В других регионах тоже есть движение, но Татарстан — единственный, где тема развивается четко

и понятно, для этого существует рабочая группа. Она конкретно формулирует, кто что должен делать — "Газпром", республика, муниципалы. Есть "дорожная карта", сроки контролируются. В других регионах могут закупить, могут не закупить — хаотично все это идет пока. Сам "Газпром" говорит, что так, как в Татарстане, развитие газомоторной техники не организовано больше нигде. И так во всем, за что берется Татарстан: если это выгодно, республика доводит начинание до конца. А это выгодно — тут и привлечение субсидий, и инвестиции "Газпрома", и сохранение муниципальных предприятий, тарифов на перевозки, и главные инвестиции — экология. Главное, чтобы в программе субсидирования не было паузы — она должна идти как минимум пять лет. Это как должность президента — человек назначается на срок, потому что за год ничего сделать нельзя.

— Речь идет только о муниципальной технике?

— Еще сельскохозяйственная. Для этого сейчас надо отрабатывать НИОКР. Кроме того, следует прибавить сюда речной транспорт — надо работать с Зеленодольским заводом, чтобы все катера, корабли, баржи переходили с дизельного топлива. Железнодорожный транспорт. Все это — огромное число новых рабочих мест и производств. Одно лишь строительство завода СПГ привлечет много побочных инвестиций.

— Но вы ведь занимаетесь дооснащением "КАМАЗов". Или речным и железнодорожным транспортом вы тоже планируете заняться?

— Конечно, этим должны заниматься прежде всего заводы—изготовители техники, но в части криогенных компонентов и в целом технологии мы готовы помочь как сервисная компания. Однако НИОКР должны готовить заводы. То же и с тракторной техникой. Трактор, например, может работать только со сжиженным газом — у него маленькая монтажная рама, на ней невозможно разместить баллоны, только криогенный бак на место дизельного. Это надо отрабатывать с МТЗ, с Кировским заводом ну и с импортной сельхозтехникой.

— Вы уже контактируете с судостроительными и вагоностроительными заводами?

— Мы начали этим заниматься — пока в рамках проекта. Поскольку завода СПГ еще нет, мы пока думаем привозить топливо из Перми, чтобы быть полезными потребителю. Сельскому хозяйству, например. Понимая, на какие логистические сложности себя обрекаем, мы хотим таким образом продвинуть тематику, чтобы строительство завода ускорилося. Но это в любом случае выгодно. Взять речной транспорт — сегодня для частных катеров и яхт вообще отсутствуют заправочные комплексы, как минимум в Волго-Камском бассейне, а скорее всего, и по всей России. Ни бензина, ни дизеля, потому что есть запреты, обусловленные риском разливов ГСМ на воде.



ИНТЕРВЬЮ

А если бы это были катера на газу, запрета бы не было. В дальнейшей перспективе мы видим плавающие платформы, которые могут заправляться на том же заводе и потом заправлять суда.

Это всеобъемлющая тема. Развив концепцию, мы поняли: все, что работает от двигателя, может работать на природном газе. Сегодня в некоторых акваториях, в Балтийском море, например, уже не допускается эксплуатация судов на традиционном нефтяном топливе. Я мечтаю построить с зеленодольцами прогулочный семейный катер. У нас же сегодня из Челнов нельзя уйти, например, до Елабуги или Казани. Даже пристани не осталось. А почему? Из-за цены топлива. Топливо монопольное, цена его растет, речной круизный бизнес становится нерентабельным. Но если сделать опрос населения, не сомневаюсь, спрос был бы, это было бы прибыльно. Потому что газ — это совсем другая себестоимость, не говоря уж о доставке грузов. Вот почему мы, сельскохозяйственный регион, картошку закупаем в Египте? Потому что сегодня главные расходы, 28–30 %, — это ГСМ. Мы субсидируем сельское хозяйство, а нужно другое — обязать завод делать трактора на газомоторном топливе, которое в три раза дешевле. Имеется в виду обязать через ННКО. Газомоторная техника — это не просто программа, это отрасль, и при правильном подходе в Татарстане можно делать компоненты для всей страны. Те же баки криогенные — и не только автомобильные, а и железнодорожные, и судовые...

— *А сегодня где они изготавливаются?*

— Закупаются в Европе, Китае, Америке. Мы, в частности, закупаем в Китае. У них сейчас много заводов по сжижению газа, и буквально на днях запустился первый трамвай на водороде. Первая страна, которая это сделала. Но водород — это завтрашний день, просто у них природного газа нет, но техники на СПГ много, все автобусы гибридные — электричество и газ. А газ они покупают у нас.

— *Почему у Китая идет, а у нас — нет? Где сдерживающий фактор?*

— Надо меньше говорить и больше делать, причем директивно. Касательно муниципальных предприятий не должно быть двух мнений. Если мы хотим продавать природный газ, который сегодня конкурирует с нефтяными компаниями, то надо соответственно расставлять приоритеты. Раз есть программа субсидирования, надо идти по этому направлению, но не по всей стране, а в конкретных регионах, не размазывая икру. Или просто отдать все деньги Татарстану, ну пусть еще Башкортостану рядышком, и сделать пилотный проект, насытить местный рынок, тогда и остальные потянутся по проторенному пути.

Тогда муниципальное предприятие не станет искать любую причину, лишь бы не ходить на газомоторном топливе.

— *Конкуренция на этом рынке намечается?*

— Смело могу сказать, что сюда уже стучится Китай, скоро на рынке появится "Урал" с газовым двигателем, возросли продажи у МАЗа. У Iveco, Scania есть сборка дизельной техники, которая тоже скоро может стать газовой. Никто не запрещает заниматься реализацией любой техники и другим дилерам. Сам пакет сервиса по газобаллонной технике стоит порядка 4,5 млн руб. В регионах, где программа работает, все сервисные центры обязаны его покупать. Сегодня таких сервисных центров 45.

— *Чем вы занимаетесь в свободное время?*

— Личного времени становится все меньше. То ли время стало быстрее течь... Да и рабочий день у нас "восьмичасовой" — с восьми до восьми. А в девять куда хочется пойти? Только домой, отдыхать. От выходных у нас остается только полсубботы и воскресенье. Это категорически неправильный режим работы и отдыха, но сейчас вот подписана программа субсидирования — 3 млрд на этот год. Мы, конечно, можем пойти в футбол поиграть, в бассейне искупаться, но битву так не выиграешь. В основном живу в командировках. В 2007 г., когда газомоторную тему нам поручили, это все шло в режиме монолога. Мы стучались во все министерские двери, а на сегодня перешли в режим диалога. Мировой опыт показывает, что без помощи государства нигде не обходилось.

Когда удастся, стараюсь и на лыжах покататься, и на рыбалку сходить, и просто с книжкой полежать. Все успеть. Очень люблю просто ходить по лесу. Выезжаю и гуляю, причем могу ходить очень долго, пройти 15–20 км. В прогулках по лесу уходят плохие мысли. Каждое утро бегаю и всем рекомендую.

— *Вы жесткий или мягкий руководитель?*

— Справедливый. Нет такого, что я начальник и точка. Не всегда руководитель прав и не всегда нужно упираться в свои принципы. Я никогда не принимаю решения без обсуждения. По любому шагу решение принимается коллегиально — не только с советом директоров, но и с подчиненными. У рабочих спрашиваю разъяснения по каким-либо вопросам.

— *Дайте, пожалуйста, три совета для успешного бизнеса.*

— Надо быть порядочным, целеустремленным и организованным. Без самодисциплины не обойтись. И еще нужна идеологическая база — надо понимать, ради чего ты идешь вперед.

По материалам "БИЗНЕС Online" ■

ТЕСТ-ДРАЙВ ГАЗОБАЛЛОННОГО АВТОМОБИЛЯ КРАЗ-5401К2

Ю.Л. Гоголев, фото автора

КРАЗ и газ. Что между ними общего? Оказывается, много. И мы в этом убедились, отправившись на испытание первого кременчугского грузовика, работающего на метане.

Знакомство с газовым КРАЗом обещало быть интересным. Нам предстояло не только оценить сердце автомобиля, работающее на "голубом топливе", но и почистить дорогу от мусора. Именно так, ведь КРАЗ-5401К2 был в варианте вакуумного подметально-уборочного автомобиля.

Чистота спасет мир

Идея поставить КРАЗ на газ весьма актуальна в свете все ужесточающихся экологических норм для автомобилей. Тем более важен чистый выхлоп для подметально-уборочной техники, работающей в непосредственной близости от жилых домов. КРАЗ-5401К2 соответствует стандартам "Евро-5", действующим в странах ЕС уже не первый год. В основе машины лежит шестицилиндровый двигатель Mercedes-Benz M906LAG, работающий на метане, мощностью 279 л.с. Его "питают" девять газовых баллонов общей вместимостью 1155 л.

Первое, на что обращаешь внимание — тихая работа двигателя. Причем это заметно не только внутри кабины, но и снаружи: стоя рядом с работающей машиной, кажется, что это не тяжелый грузовик, а легкий развозной фургон. Кабина КРАЗ-5401К2, хорошо знакомая нам по предыдущим моделям КРАЗов, взята от французского грузовика Renault Kerax. Что и говорить, она впечатляет своей эргономикой и качеством материалов. Кресло водителя имеет многочисленные регулировки: например, подушку можно настроить по углу наклона, причем отдельно переднюю и заднюю часть.

На ходу газовый двигатель приятно удивляет своей эластичностью, уверенно разгоняя автомобиль снаряженной массой 14500 кг. Механическая, девятиступенчатая коробка передач китайской фирмы Shaanxi нам уже хорошо знакома. Рычаг переключения передач

для нее взят от грузовика Renault, на нем присутствуют клавиши верхнего/нижнего диапазонов и делителя, которые в данном случае не востребованы. Схема переключения коробки выполнена по двойной Н-образной схеме. Переход с нижнего диапазона (1–4 передачи) на верхний диапазон (5–8) осуществляется перемещением рычага вправо, до характерного щелчка. Передачи включаются четко, вот только усилия на рычаге ве-



Кабину для газового КРАЗа позаимствовали у известного французского грузовика Renault Kerax



Место водителя имеет отличную эргономику



АГЗК+АТ, № 4 (109) / 2016

ТЕСТ-ДРАЙВ

ликоваты, особенно при включении самой "дальней", 8-й передачи.

Одно из основных преимуществ газового двигателя — экономичность. И КрАЗ-5401К2 не исключение. Средний расход метана у машины варьируется в пределах 25–30 м³ на 100 км пути. В дизельном эквиваленте это получается где-то 15 л солярки на 100 км пути. Неплохой результат для тяжелого грузовика.

Чудо-пылесос

Проверив ходовые качества базового шасси КрАЗ-5401К2, самое время перейти к его надстройке — подметально-уборочному оборудованию с электронным управлением от турецкого производителя Katmercilер. Это не первая тестируемая нами "подметалка" КрАЗ. Два года назад у нас на испытаниях уже побывал пылесос КрАЗ К12.2, укомплектованный спецоборудованием немецкой фирмы Bucher-Schrling. Имея уже определенный опыт в уборке дороги, приступаем к делу — очистке опавших листьев на внутривозвратной территории.

Для начала на специальном пульте управления, установленном рядом с креслом водителя, поворачиваем ключ в замке зажигания и запускаем автономный дизельный двигатель мощностью 120 л.с., установленный позади кабины. Наш подопытный был оборудован двумя дисковыми щетками — справа и слева, а также поворотной цилиндрической щеткой. С двух сторон имеются по всасывающему раструбу от пылесоса. В итоге ширина уборки дороги может варьироваться от 600 до 3700 мм.



Под кабиной — газовый двигатель Mercedes-Benz мощностью 279 л.с., а за ней — баллоны с метаном



Задний всасывающий шланг длиной 4000 мм, диаметром 250 мм

Для смачивания щеток имеется резервуар для воды емкостью 1500 л.

Работу левой дисковой щетки легко контролировать через наружное зеркало, а вот правой щетки — при помощи камеры и большого цветного дисплея в кабине. Да уж, немецкий аналог был лишен видеообзора. Весь мусор скапливается в шестикубовый бункер, который легко очищается путем опрокидывания назад на угол в 55°. При этом механизм подъема активируется двумя способами: пультом из кабины и наружным пультом, расположенном на корме бункера.

А что, если нужно убрать мусор там, где машина не пройдет — например, в узком проезде? Для этого имеется выносной задний всасывающий шланг длиной 4 м и диаметром 250 мм. Мы, конечно же, не упустили возможность немного поработать им, благо держать его в руках не составляет особого труда.

Особо хочется сказать о хорошей маневренности машины, что немаловажно для работы на тесных улочках. Так, при длине шасси 7,95 м радиус разворота у нее составляет всего 8,5 м.

В заключение отметим, что КрАЗ-5401К2 — весьма интересный автомобиль для коммунального хозяйства. Газовый двигатель отличают сверхчистый выхлоп и низкий расход топлива. Думается, что машина найдет свое место на рынке как шасси под установку широкой гаммы специальных надстроек различного назначения. Тестируемая машина уже прошла ходовые испытания на улицах Кременчуга и Донецка. И, нужно сказать, городские службы ее оценили по достоинству.

НИИОГАЗ – БОЛЕЕ 80 ЛЕТ НА ЗАЩИТЕ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА

С.А. Мошкина, канд. техн. наук, генеральный директор ОАО "НИИОГАЗ", г. Москва

НИИОГАЗ уже более 80 лет занимает лидирующие позиции в области охраны воздушного бассейна от вредных загрязнений.

История института НИИОГАЗ началась с создания Центральной научно-исследовательской лаборатории по очистке газов – НИЛОГАЗ, которая в 1949 г. была преобразована в Государственный научно-исследовательский институт по промышленной и санитарной очистке газов – НИИОГАЗ. В 1972 г. решением правительства на НИИОГАЗ возложена функция головной организации в стране по межотраслевой координации научных исследований в области защиты воздушного бассейна от загрязнений вредными выбросами. Вместе с заводами-изготовителями институт постоянно принимал участие в межведомственных испытаниях фильтров различных типов для подготовки их к серийному производству и внедрению во многих отраслях промышленности. На базе НИИОГАЗа было создано три филиала: Семибратовский, Запорожский, Дзержинский, работающие сейчас как самостоятельные организации. За все эти годы институт оставался единственной организацией в стране, целиком и полностью решающей задачи технологической очистки газов и защиты воздушного бассейна от выбросов вредных веществ с целью доведения их до санитарных норм.

Теоретические основы отечественной газоочистки заложены в НИИОГАЗе. Сотрудниками института было опубликовано более 1100 книг, брошюр, статей, монографий, справочных и учебных пособий, охватывающих практически все вопросы газоочистки. Среди них такие фундаментальные работы, такие как "Аэродинамика технологических аппаратов" и

"Справочник по гидравлическим сопротивлениям" И.Е. Идельчика; "Очистка промышленных газов от пыли" В.Н. Ужова, А.Ю. Вальдберга, Б.И. Мягкова, И.К. Решидова; "Справочник по пыле- и золоулавливанию"; справочник "Пылеулавливание в металлургии"; "Образование туманов и каплеулавливание в системах очистки газов" А.А. Мошкина, А.Ю. Вальдберга, И.Г. Каменщикова; Каталоги газоочистного оборудования; Методические указания по проведению пылегазовых замеров и расчетов.

Ученые, конструкторы, инженеры, основоположники отечественной газоочистки – это сотрудники НИИОГАЗа, такие как В.Н. Ужов, И.Е. Идельчик, В.А. Пинаев, Б.И. Мягков, Ю.Н. Бродский, С.М. Голянд, А.А. Мошкин, И.К. Решидов, Г.К. Лебедюк, А.Ю. Вальдберг, Ю.М. Афанасьев, В.М. Ткаченко, Л.Я. Градус, М.М. Зайцев, Ф.Е. Дубинская, В.И. Лазарев, В.П. Александров, В.П. Приходько, Т.А. Леонова и др. С институтом в разные годы активно сотрудничали многие ведущие ученые страны: академики В.И. Попков, Б.Е. Патон, А.А. Стырикович, В.В. Кафаров, И.В. Петрянов-Соколов, профессора В.И. Левитов, Н.А. Фукс, И.П. Верещагин, Н.В. Кельцев и др. Одновременно развивалось международное сотрудничество с США, ФРГ и Финляндией.

С самого начала работа в институте имела три основных направления: электрические и механические методы для очистки газов от взвешенных твердых (пыль) и жидких (туман) частиц и химические методы очистки газов от газообразных примесей.

В области электрической очистки газов создано несколько поколений разнообразных типов электрофильтров, начиная от малогабарит-



ИМЕНА. ДАТЫ. ЮБИЛЕИ

ных двухзонных типа РИОН для санитарной очистки газа объемом 3–5 тыс. м³/ч с рабочим напряжением 13 кВ и заканчивая типоразмерным рядом современного электрофилтра УГТ, ЭГВ 80 и 110 кВ общепромышленного применения для очистки газов объемом от 38 тыс. до 1 млн 310 тыс. м³/ч.

За прошедшие десятилетия институт являлся основным разработчиком аппаратов электрической очистки газов. В номенклатуре созданных аппаратов типоразмерные ряды: высокотемпературные (до 425 °С) электрофилтры ЭГТ, вертикальные электрофилтры типа ЭВ для неагрессивных газов и аспирационного воздуха, низкотемпературные электрофилтры марки С для очистки газов от смолы и масляного тумана, электрофилтры типа ЭСТ для улавливания сажи и т.д. Разработан и запатентован новый тип коронирующего электрода для сухого электрофилтра — пружинно-зубчатый электрод. Данный электрод повышает эффективность процесса газоочистки, так как сочетает в себе достоинства двух электродов — игольчатого (зубчатого) и спирального, предназначен для модернизации всех ранее разработанных и сконструированных в институте НИИОГАЗ основных типоразмеров электрофилтров сухой очистки, таких как УГ, ЭГА, ЭГБ, ЭГВ, которые сегодня успешно эксплуатируются в цементной промышленности, производстве строительных материалов, на тепловых электростанциях, предприятиях черной и цветной металлургии, в химической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Одной из перспективных разработок НИИОГАЗа в области электрической очистки газов является электрофилтр с применением полимерного композиционного материала, разработанный заслуженным изобретателем СССР А.А. Мошкиным. Этот аппарат пришел на смену мокрым электрофилтрам, выполненным из дефицитных металлов (свинец, титан, никельсодержащие нержавеющие стали и т.д.). Аппарат предназначен для очистки высокоагрессивных газов от тумана и капель серной кислоты, мышьяка,

селена, фтористых соединений и возгонов тяжелых металлов. Электрофилтр обеспечивает предельно высокую эффективность очистки (на уровне следов) и на мировом рынке находится вне конкуренции.

В настоящее время созданное НИИОГАЗом дочернее предприятие ООО "Промгазоочистка-АКС", занимается изготовлением, поставкой, выполнением проектно-конструкторской документации на полимерные электрофилтры. Он проводит шеф-монтажные и пусконаладочные работы с выдачей гарантийных обязательств по поставляемому оборудованию.

Конструкции полимерных электрофилтров, технологии изготовления и материал разработаны ООО "Промгазоочистка-АКС", которое является патентообладателем на данный вид оборудования. Важным моментом в настоящее время является модернизация устаревших мокрых электрофилтров типа ШМК-, М- и других путем замены внутреннего механического оборудования на электроды разработки института при сохранении корпуса аппарата. Комплекс работ по модернизации включает изготовление и поставку оборудования, проведение шефмонтажных и пусконаладочных работ, гарантийное и послегарантийное обслуживание.

В области химической очистки газов НИИОГАЗом еще в 1930-е гг. был разработан абсорбционно-окислительный мышьяково-содовый процесс очистки коксового газа от сероводорода. Процесс оказался очень технологичным и получил широкое распространение в промышленности. Было построено и внедрено в эксплуатацию несколько десятков установок очистки коксового газа от сероводорода этим методом. При этом практически для каждой такой установки (в технической литературе "установки сероочистки") НИИОГАЗ корректировал регламент на ее проектирование. Это связано с тем, что состав коксового газа зависит от содержания серы в углях, используемых для получения кокса, поэтому концентрация H₂S в коксовом газе колеблется от 2–5 г/м³ (Кузнецкие угли) до

30–40 г/м³ (Кизеловские угли). В качестве продукта утилизации уловленного сероводорода на мышьяково-содовых установках сероочистки получается элементарная сера, в качестве побочного — тиосульфат натрия, который выводится из поглотительного раствора как товарный продукт. Успешное использование мышьяково-содового процесса для очистки коксового газа позволило применить его для очистки от сероводорода генераторного газа, водяного газа и газов подземной газификации угля.

В первые послевоенные годы для удовлетворения потребностей развивающейся нефтеперерабатывающей и газовой промышленности в НИИОГАЗе были развернуты работы по изучению алканоламиновых процессов очистки углеводородных газов от H₂S и CO₂, а также по переработке уловленного SO₂ в элементарную серу. Такие работы проводились в то время и рядом зарубежных фирм, и важно отметить, что в монографиях ведущих западных специалистов по очистке газов всегда есть ссылки на публикации НИИОГАЗа как разработчика физико-химических основ процесса очистки газов водным раствором моноэтаноламина. По результатам выполненных исследований были созданы десятки установок алканоламиновой очистки от H₂S различных технологических газовых потоков на всех нефтеперерабатывающих заводах страны, а также в ряде зарубежных стран.

По регламенту НИИОГАЗа в 1970-е был спроектирован и построен Мубарекский газоперерабатывающий завод, который успешно эксплуатируется по настоящее время. Для очистки газов с низким содержанием H₂S и относительно высоким содержанием CO₂ использование алканоламинового метода невыгодно экономически. Применительно к таким газам в НИИОГАЗе был разработан адсорбционный метод очистки с использованием цеолитов в качестве адсорбента. Метод успешно реализован для очистки природного газа на месторождении "Шуртан". В природном газе некоторых месторождений, как и в попутном нефтяном газе, кро-

ме сероводорода присутствуют и меркаптаны, содержание которых в товарном газе также регламентируется. В связи с этим в НИИОГАЗе в 1960 гг. были развернуты исследовательские работы по очистке газов от меркаптанов. Разработаны два способа удаления меркаптанов — абсорбционный и адсорбционный.

Абсорбционный способ был внедрен на месторождении "Жонажол" для очистки от меркаптанов попутного нефтяного газа, а также на многих НПЗ для очистки жидких углеводородов от меркаптанов, сероуглерода и сероокиси углерода. Адсорбционный способ был внедрен в 1976 г. на Волжском автомобильном заводе. Технологический регламент на проектирование установки разработан НИИОГАЗом, проект установки и ее изготовление выполнены самим заводом. Учитывая острую необходимость в этой установке, ее проектирование, изготовление, монтаж и пусконаладочные работы заняли всего два месяца.

В 1978 г. на Оренбургском газоперерабатывающем заводе по проекту ЮжНИИГИПРОГАЗа на основании регламента НИИОГАЗа введена в эксплуатацию одна из крупнейших в мире установок по очистке природного газа от меркаптанов с использованием в качестве адсорбента цеолита 13X. Установка состоит из двух идентичных блоков, работающих параллельно, с проектной производительностью по газу 9 млрд м³/г каждый. Установка успешно эксплуатируется до настоящего времени, очищая газ от меркаптанов и осушая его до точки росы минус 70 °С. Успешной оказалась разработка НИИОГАЗа абсорбционного щелочно-гидрохинонового метода удаления сероводорода и сероуглерода, внедренного на всех заводах по производству вязкозного волокна. На 1-й ступени процесса происходит удаление H₂S с получением коллоидной серы и тиосульфата, на 2-й — адсорбцией улавливается сероуглерод с возвратом его в производство.

Особое внимание институт на протяжении всех лет уделял проблеме очистки газов ТЭС от SO₂. Разработаны и проверены в опытно-про-



ИМЕНА. ДАТЫ. ЮБИЛЕИ

мышленных условиях: аммиачно-циклический метод (ТЭЦ-12 Мосэнерго, Дрогобужская ГРЭС, Уфимская ТЭЦ); внедрены: известняковый метод (Новокузнецкая аглофабрика, Северо-Донецкая ТЭЦ, Магнитогорский металлургический комбинат, Губкинская ТЭЦ, ЗАО "Эй-Си-Пи", Армения); содовый (Ново-Джамбулский фосфорный завод); поташный (производство ультрамарина в г. Ростов-на-Дону); адсорбционный (Стерлитамак в Башкирии).

В настоящее время институт занимается разработкой регламентов на проектирование установок очистки газов от различных групп веществ: сероводорода, сероуглерода, меркаптанов, диоксида серы, паров неорганических веществ, фтористого водорода, цианистых соединений. Спектр применяемых методов широк: жидкостные, сорбционные, хемосорбционные, адсорбционные, циклические и их комбинации.

Наиболее интересной разработкой за последние годы в области химической очистки газов является сорбент АУ-644 на основе импрегнированного активного угля (сорбент защищен патентом РФ). Сорбент успешно применен на Астраханском ГПЗ, Руновской КНС (г. Москва). Сорбент рекомендован как для очистки отходящего вентиляционного воздуха, так и приточного для помещений с контролируемым климатом (операторных, электрораспределительных подстанций и др.). Аккредитованная лаборатория в составе химического подразделения многие годы успешно выполняет работы по проведению отборов проб и анализу загрязняющих веществ промышленных выбросов и атмосферного воздуха, проводит инвентаризацию источников выбросов в атмосферу, определяет дисперсный состав пыли, составляет тома ПДВ, ПДС, ПНООЛР.

В области механической очистки газов НИИОГАЗом разработана и внедрена широкая номенклатура пылеуловителей различных типов. Разработаны теоретические основы осажде-

ния взвешенных частиц с использованием центробежных сил и при фильтрации через пористые перегородки, решен целый ряд вопросов по подготовке газов к очистке: охлаждение высокотемпературных газов и их увлажнение, предварительная коагуляция и электризация взвешенных частиц, влияние физических параметров частиц на процесс осаждения и фильтрации. Среди аппаратных разработок лаборатории следует выделить пенные аппараты с провальными тарелками, скрубберы Вентури, скруббер с конфузорным подводом газов типа СПВК, центробежный скруббер СЦВБ-20, скруббер с псевдоожиженной шаровой насадкой. Важно отметить, что НИИОГАЗ продолжает оказывать техническую помощь в решении возникающих проблем по своим разработкам.

В течение всех лет институт принимал участие в различных конференциях, симпозиумах, выставках, проводимых как в нашей стране, так и за рубежом, проводил активную работу по публикации результатов своих исследований.

Работы института защищены 265 патентами и авторскими свидетельствами, отмечены 346 медалями ВДНХ, в том числе 28 золотыми и 74 серебряными, медалями и дипломами различного достоинства. Сотрудники института и его филиалов награждены 102 орденами и медалями. В 2006 г. ОАО "НИИОГАЗ" награжден Федеральным агентством по науке и инновациям Почетной грамотой "За большой вклад в развитие научных исследований в области газоочистки". В 2008 г. на 4-й Всероссийской конференции "Новые приоритеты национальной экологической политики в реальном секторе экономики" в Кремле институт удостоен звания "Лидер природоохранной деятельности в России 2008" с вручением Почетной грамоты. Почетной медалью "За экологическую безопасность" награжден Генеральный директор института С.А. Мошкин, почетными медалями "За высокие инновационные достижения" — главный инженер С.А. Васьков и главный специалист В.И. Лазарев.



РОСКОСМОС СОЗДАСТ РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ НА МЕТАНЕ

Роскосмос планирует начать разработку ракетного двигателя на природном газе в ближайшее время. Финансирование соответствующей разработки заложено в проекте Федеральной космической программы на 2016–2025 гг. (ФКП), направленном на согласование в министерства. Работы по созданию двигателя на метане предусмотрены опытно-конструкторской работой "Двигательные установки средств выведения" (ДУ СВ).

В рамках ДУ СВ планируется разработка базовых элементов маршевых двигательных установок на кислородно-углеводородном топливе. На ОКР "ДУ СВ" Роскосмос просит выделить 25,223 млрд руб. (в 2016 г. 470,8 млн руб.), однако не все средства предназначены на создание метанового двигателя. В ДУ СВ включены работы по созданию опытных образцов жидкостных ракетных двигателей нового поколения, оснащенных системой диагностики и аварийной защиты, и базовых элементов двигателей на основе композитных материалов, а именно — сопел, сопловых насадок радиационного охлаждения и донных экранов.

Как рассказал один из составителей проекта ФКП, планируется сделать демонстратор двигателя на метане несмотря на то, что носителя с таким двигателем пока строить не предусмотрено. Тем самым будет обеспечен задел, который не позволит допустить отставание от зарубежных конкурентов в плане технологий. Пока речь идет о создании двигателя средней тяги для второй ступени перспективной ракеты. Изначально задумывалось, что метановыми двигателями будет комплектоваться ракета "Феникс" (ее разработка также запланирована проектом ФКП). Но позднее с учетом ситуации с бюджетом решили принципиально новую ракету не делать, а вернуться к идее воссоздания российского "Зенита" с модернизированным двигателем РД-171.

Возможность использования метана в качестве ракетного топлива изучалась еще в СССР. В России тема метановых двигателей прорабатывалась химкинским НПО "Энергомаш", воронежским Конструкторским бюро химв автоматики и самарским ЦСКБ "Прогресс". В 2012 г. в НПО "Энергомаш" прошел научно-технический совет по созданию ракетного двигателя, работающего на природном газе, где было предложено начать разработку однокамерного двигателя тягой в 200 т на топливе жидкий кислород — сжиженный метан.

В 2014 г. ЦСКБ "Прогресс" представило свое видение ракеты будущего — это перспективный носитель сверхтяжелого класса, все двигатели ко-



торого работают на сжиженном природном газе (СПГ). При этом самарцы обосновывали свой выбор метана в качестве топлива следующими аргументами: "Предлагаемое горючее является перспективным, активно осваивается другими отраслями промышленности, обладает более широкой сырьевой базой по сравнению с керосином и низкой стоимостью. Это является важным моментом, учитывая срок создания и планируемый период эксплуатации комплекса, а также возможные (прогнозируемые) проблемы производства керосина через 30–50 лет".

В ЦСКБ уже ощущают проблемы производства ракетного керосина. Ракеты "Союз", которые делают в Самаре, сейчас летают на искусственно созданном топливе, потому что изначально для создания керосина для этих ракет использовались только определенные сорта нефти из конкретных скважин.

В ЦСКБ "Прогресс" посчитали, что использование двигателей на СПГ позволит "обеспечить относительно низкую стоимость пуска (в 1,5–2 раза ниже, чем на керосиновых двигателях), более высокие экологичность и удельные характеристики, единый тип двигателя и топлива "СПГ + жидкий кислород", что значительно упростит наземную инфраструктуру".

Главный конструктор НПО "Энергомаш" В.К. Чванов ранее заявлял в прессе, что с конструкционной точки зрения метан привлекателен при создании многоразовых носителей.

"Метановое топливо более приемлемо с точки зрения создания двигателя многоразового использования и летательного аппарата многоразового применения, — пояснял В.К. Чванов. — В то же время удельный импульс у двигателя на СПГ высокий, но это преимущество нивелируется тем, что у метанового топлива меньшая плотность, поэтому в сумме получается незначительное энергетическое преимущество".

Метановый двигатель упоминают применительно к полетам на Марс: считается, что марсианскую ракету есть смысл комплектовать метановым двигателем, так как метан можно синтезировать из воды и диоксида углерода из атмосферы Марса.



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ TIAF 2016



Торжественная церемония разрезания ленточки на Международном форуме автомобилестроения TIAF 2016

В начале февраля 2016 г. в выставочном центре "Казанская ярмарка" столицы Татарстана прошел Международный форум автомобилестроения TIAF.

В открытии форума приняли участие: Президент Республики Татарстан Р.Н. Минниханов, вице-премьер — министр промышленности и торговли РТ А.А. Каримов, директор департамента транспортного и специального машиностроения Министерства промышленности и торговли РФ А.Н. Наумов, генеральный директор Ассоциации европейского бизнеса (АЕБ) Ф. Шауфф, руководители крупных автомобилестроительных предприятий России и мира (ПАО "КАМАЗ", СП Ford Sollers, ОАО "ПО ЕлАЗ",



Генеральный директор "РариТЭК" Р.Р. Батыршин рассказывает Президенту Татарстана Р.Н. Минниханову об экспериментальном экземпляре газомоторного трактора "Кировец"

ОАО "АВТОВАЗ" и др.), представители федеральных и республиканских министерств и ведомств.

В форуме приняла участие компания "РариТЭК" из Набережных Челнов. Генеральный директор Р.Р. Батыршин презентовал две модели седельных тягачей марок КАМАЗ и Mercedes-Benz. Автомобили работают на двух видах топлива — природном газе и дизеле.

Помимо этого, Рафаэль Римович рассказал Рустаму Нургалиевичу об экспериментальном экземпляре газомоторного трактора "Кировец".

Выступая на церемонии открытия, Р.Н. Минниханов отметил, что данный форум проходит уже во второй раз и является отличной площадкой, объединяющей в себе достижения российских и европейских автопроизводителей.

Ф. Шауфф подчеркнул, что для Ассоциации европейского бизнеса большая честь принимать участие в данном форуме. "Сейчас времена не совсем простые. В таких условиях важно показать людям, что есть много возможностей для занятия бизнесом, — сказал Франк. — В свою очередь, Татарстан — регион открытый для иностранных инвестиций и сотрудничества в области автомобильного строения".

Директор департамента транспортного и специального машиностроения Минпромторга РФ А.Н. Наумов пожелал всем участникам форума продуктивной работы и призвал отечественных производителей активнее сотрудничать с иностранными партнерами. "Данная площадка очень удобна для поиска новых выгодных контактов", — заметил Александр Николаевич.

После торжественной церемонии разрезания ленточки Р.Н. Минниханов и другие почетные гости осмотрели выставку, на которой были представлены передовые достижения в области автомобилестроения, а также новые виды сырья и автокомпонентов.

Далее на полях форума прошло пленарное заседание "Автомобильная индустрия в России: тенденции, прогнозы, перспективы". С главным докладом на мероприятии выступил заместитель премьер-министра — министр промышленности и торговли РТ А.А. Каримов. В начале доклада Альбертом Анваровичем были представлены основные меры государственной поддержки автомобильной промышленности, среди которых "Программа стимулирования спроса на автобусы и технику для ЖКХ, работающих на газомоторном топливе".