АГЗК + АТ «АвтоГазоЗаправочный Комплекс + + Альтернативное топливо»
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 9 (114) 2016 г. **Издается с января 2002 г.** **Периодичность – ежемесячно**

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА

Грушников В.А.
Энергетические инновации. Часть 1: генерация и теплообмен 3
Энергосбережение, точнее, энергоэффективность является одним из важнейших факторов существования жизни на Земле, не только из-за необходимости потребления энергии для нужд жизнедеятельности, но и в плане экологических мероприятий ослабления нагрузки на окружающую среду.

Чикишев Е.М.
Расширение использования природного газа путем рационального строительства АГНКС (на примере г. Тюмени) 8
В исследовании рассмотрена проблема расширения использования природного газа в качестве моторного топлива путем рационального территориального и количественного расположения АГНКС. Определены ключевые факторы, которые могут повлиять на это. С учетом выбранных факторов на примере г. Тюмени предложен вариант территориального расположения четырех АГНКС, способных удовлетворить потребность в природном газе автомобильным транспортом в ближайшей перспективе.

Подвойский А.О., Решетников А.Д., Крылов П.В., Шарохин В.Ю.
Методика расчета на прочность магистральных трубопроводов из обетонированных труб для подводных переходов 14
Рассмотрены основные положения методики расчета на прочность трубопроводов из обетонированных труб при строительстве и капитальном ремонте подводных переходов через водные преграды. Приведен расчет минимально допустимого радиуса упругого изгиба обетонированного трубопровода.

Абдуллаева Н.Р., Амирасланова М.Н., Алиева Р.В., Бекташи Н.Р., Мустафаев А.М., Рустамов Р.А., Мамедзаде Ф.А., Алиева Ш.Р. и Алиева А.П.
Исследование молекулярно-массового распределения фенолформальдегидных олигомеров, модифицированных имидазолинами на основе дистиллированных природных нефтяных кислот и полиаминов 22
Гель-хроматографическим методом исследовано молекулярно-массовое распределение фенолформальдегидных олигомеров, модифицированных имидазолинами на основе дистиллированных природных нефтяных кислот и полиаминов. Изучена зависимость средневесового и среднечислового молекулярных масс, полимолекулярности модифицированных олигомеров от их компонентного и количественного состава. Выявлены закономерности и высказаны предположения относительно числа фенолформальдегидных фрагментов в составе олигомерных макромолекул.

Патрахальцев Н.Н., Савастенко А.А., Хоссейн Бех-джуйан
Применение легковоспламеняющейся жидкости для повышения эффективности разгонов дизеля после пуска 26
Приведены результаты расчетно-экспериментальных исследований экстренных разгонов дизеля после пусков, в том числе после пусков из холодного состояния в условиях низких температур окружающего воздуха. Повышение эффективности пусков – разгонов достигается оперативной, т.е. во время работы дизеля, добавкой к основному дизельному топливу легко воспламеняющееся жидкости.

ИНФОРМАЦИЯ

Суворов А.С.
17-я Международная выставка "Строительная техника и технологии СТТ-2016" 32
С 31 мая по 4 июня 2016 г. в "Крокус-Экспо" состоялась 17-я Международная специализированная выставка "Строительная техника и технологии". На сегодняшний день СТТ-2016 является пятой в мире по величине выставкой строительного оборудования. Итак, кто и что представил в этом году.

Жерар де Рой – легенда отвечает на вопросы 37
Почему на ралли "Дакар-2016" победил Iveco и проиграл КАМАЗ, про альтернативное топливо в спорте, а также о своем участи в гонке "Шелковый путь" рассказывает легендарный гонщик Iveco Жерар де Рой.

Малинина Н.В.
Новые горизонты ТОНАРА 39
20 мая 2016 г. на машиностроительном заводе ТОНАР прошла очередная ежегодная презентация. Традиционно вниманию гостей были представлены основные модели техники, выпускаемой заводом. Невзирая на непогоду, на открытой площадке посетители могли увидеть образцы самосвальной техники, тентовые и изотермические полуприцепы, сортиментовозы, контейнеровозы, линейку сельскохозяйственной техники, карьерные самосвалы.

Савченко А.С.
Территория экспертов DAF 41
23 июня 2016 г. на территории одного из знаковых для автомобильной промышленности России мест – "Центр испытаний НАМИ" прошло яркое мероприятие "Территория экспертов DAF", посвященное пятому Дню рождения компании.

Быкова Е.Г.
"КАМАЗ-мастер" на ралли-рейде "Шелковый путь" 42

Новости 45–48

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. **И.М. Коклин** (ООО "Газпром Трансгаз Ставрополь")
член-корр. НАН **Ю.Н. Литвишков** (Азербайджан, г. Баку)
академик НАН **И.И. Лиштван** (Беларусь, г. Минск)
академик РАЕН **С.В. Мещеряков** (МИНГП, г. Москва)
д.э.н. **А.В. Николаенко** (МГТУ МАМИ, г. Москва)
О.Н. Румянцева (ООО "Издательство "Инновационное машиностроение")
д.х.н. **Р.М. Талышинский** (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 26.08.2016 г.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49

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.

© ООО “Издательство “Инновационное машиностроение”, “АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо”, 2016

АГЗК + АТ «AutoGas Filling Complex + + Alternative fuel»
AN INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL MAGAZINE

№ 9 (114) 2016 г. **Published from January, 2002** **Periodicity – monthly**

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

CONTENTS

SCIENCE

Grushnikov V.A.
Energy innovation. Part 1: generation and heat transfer 3
Energy saving, more accurate energy efficiency is one of the most important factors for life on Earth, not only because of the need for energy for the needs of life, but also in terms of environmental measures easing the load on the environment.

Chikishev E.M.
Expansion of natural gas use by rational construction of NGV FS (on the example of tyumen) 8
The problem of expansion of the use of natural gas as a motor fuel by a ration territorial and quantitative arrangement of the NGVFS is considered in this study. The main factors which can affect it are defined. Taking into account the chosen factors on the example of Tyumen the option of a territorial arrangement of 4 NGVFS, capable to satisfy the demand for natural gas by motor transport in the short term is offered.

Podvoisky A.O., Reshetnikov A.D., Krylov P.V., Sharokhin V. Yu.
The method of calculating the strength of pipelines of concrete coated pipes for underwater crossings 14
The basic method of calculating the position of strength of pipelines of concrete coated pipes at construction and repair of underwater river crossings. The calculation of the minimum bending radius of the elastic pipe encased in concrete.

Abdullayeva N.R., Amiraslanova M.N., Aliyeva R.V., Bektashi N.R., Mustafayev A.M., Rustamov R.A., Mamedzade F.A., Alieva Sh.R. and Alieva A.P.
Study of molecular-weight distribution of phenolformaldehyde oliqomers, modified with imidazolines, based on distilled natural petroleum acids and polyamines 22
The molecular-weight distribution of the phenolformaldehyde oligomers, modified with imidazolines based on distilled natural petroleum acids and polyamines, have been investigated by means of gel-chromatographic method. The dependence of the weight average and number average molecular weights, polymolecularity of modified oligomers on their component and quantity composition have been studied. The regularities have been identified and assumptions have been spoken on the number of phenolformaldehyde fragments composed of macromolecules.

Patrahaltsev N.N., Savastenko A.A., Hossain B.
The use flammable liquid to improve the efficiency of a diesel engine acceleration after start 26
There presented some results of investigation of diesel cold starting and accelerating in extraordinary conditions. The rising of effectiveness of those regimes is attained by addition of light inflammable liquid into diesel fuel during the engine operation.

INFORMATION

Suvorov A.S.
17-th International exhibition "Construction Equipment and Technologies CTT-2016" 32
From May 31 to June 4, 2016 in the "Crocus Expo" held the 17-th International specialized exhibition "Construction Equipment and Technologies". To date, CTT-2016 is the world's fifth largest exhibition of construction equipment. So, who and what is presented in this year.

Gerard de Rooy – legend answers questions 37
Why the rally "Dakar-2016" won and lost KAMAZ Iveco, about the alternative fuel in the sport, as well as its participation in the race "Silk Road", says legendary racer Gerard De Rooy Iveco.

Malinina N.V.
New Horizons "Tonar" 39
May 20, 2016 at an engineering plant "TONAR" was held regular annual presentation. Traditionally, the guests were presented basic models of equipment produced by the plant. Despite the bad weather, the open area visitors can see samples of dump equipment, tent and isothermal semi-log trucks, container, range of agricultural machinery, dump trucks.

Savchenko A.S.
Experts territory DAF 41
June 23, 2016 on the territory of one of the most significant for the automotive industry places in Russia – "Test Center of us" took a bright event "experts Territory DAF", devoted to the fifth day of birth.

Bykova E.G.
"KAMAZ-master" in the rally-raid "Silk Way" 42

News 45–48

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. Kornyushko – 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. **I.M. Koklin** (LLC "Gazpom Transgaz Stavropol")
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, Kolodezniy 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 620:92

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ. ЧАСТЬ 1: ГЕНЕРАЦИЯ И ТЕПЛООБМЕН

В.А. Грушников, канд. техн. наук, ВИНИТИ РАН, г. Москва

Энергосбережение, точнее, энергоэффективность является одним из важнейших факторов существования жизни на Земле, не только из-за необходимости потребления энергии для нужд жизнедеятельности, но и в плане экологических мероприятий ослабления нагрузки на окружающую среду.

Ключевые слова: энергия; топливо; агрегаты; термодинамические циклы; генерация энергии;теплообменные процессы; энергоэффективность.

ENERGY INNOVATION. PART 1: GENERATION AND HEAT TRANSFER

Grushnikov V.A., Ph.D. of technical sciences, VINITI RAS, Moscow

Energy saving, more accurate energy efficiency is one of the most important factors for life on Earth, not only because of the need for energy for the needs of life, but also in terms of environmental measures easing the load on the environment.

Keywords: energy; fuel; parts; thermodynamic cycles; energy generation, heat transfer processes; energy efficiency.

Оборот энергии в хозяйственной деятельности человечества можно разделить на стадии производства или генерации, хранения и аккумулирования/или и использования, в основе которых лежат одни и те же термодинамические процессы. Современные инновационные технологии позволяют значительно повысить энергосбережение и/или энергоэффективность используемых систем и устройств, совершенство которых оценивается коэффициентами преобразования энергии. И будущее принадлежит альтернативным технологиям генерации, аккумулирования и использования энергии – в первую очередь из возобновляемых источников. Некоторые их реализации рассмотрим на примере производства электроэнергии и совершенствования термодинамических процессов, используемых в энергетических агрегатах.

Для целенаправленного отбора публикаций из огромных массивов анализируемой информации по рассматриваемой проблеме воспользуемся возможностями поисковых систем электронной библиотеки РАН (elibrary) и базы данных ВИНИТИ РАН. Поскольку инновации, в первую очередь, отражаются в патентных материалах, они и станут основными источниками аналитического исследования.

Энергоэффективность и экологичность с минимизацией отходов производственно-хозяйственной деятельности всех без исключения систем, агрегатов и устройств, используемых во всех отраслях экономики, и энергосберегающие технологии их реализации являются решающими факторами конкурентоспособности технических объектов.

Поскольку используемая в производственно-хозяйственной деятельности и в быту энергия сначала вырабатывается, производится или генерируется, потом аккумулируется с целью длительного или кратковременного хранения, а затем, при

необходимости, восстанавливается, будем рассматривать ее оборот в этой последовательности: генерация, аккумулирование и использование с разным уровнем преобразования с целевой установкой на энергосбережение и/или энергоэффективность. Под первым понятием подразумевается реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования.

Наряду с углеводородным топливом, электрическая энергия является самым массовым и востребованным видом энергетических ресурсов. Их добыча, производство или генерация – один из важнейших производственных процессов. И он постоянно совершенствуется. Этот инновационный процесс самым наглядным образом проявляется в запатентованных разработках, отражающих ноу-хау в самой насущной – энергетической сфере производственно-хозяйственной деятельности. Ее высокая затратность требует использования энергоемких и одновременно энергоэффективных процессов и устройств. И они ищутся, находятся и разрабатываются в соответствии с физическими законами природопользования – главным образом – законами термодинамики с применением современных технологий. Они реализуются во многих приложениях, начиная с производства самой энергии.

Так, способ получения электроэнергии при регазификации сжиженного природного газа в промышленных масштабах в термодинамическом цикле Ренкина с нагреванием, предпочтительно возобновляемыми источниками энергии, изобретателями предлагается [1] энергоэффективно реализовывать без внешнего подвода тепловой энергии системой с двумя турбодетандерами в холодильном процессе термодинамического цикла с последовательным расширением и конденсацией газа в двух его стадиях с полезным падением давления от 0,7–3,5 МПа на первой до 35–350 кПа на второй. Энергия возобновляемых источников находит все большее применение в самых разных термодинамических процессах, циклах и устройствах промышленного и бытового назначения.

Запатентованный способ повышения до 95 % вместо традиционных 40 % энергоэффективности или коэффициента полезного действия, используемого в автомобилях и промышленных установках двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных двигателях, основан [2] на замене термодинамического цикла Карно (рис. 1) циклом Ренкина или Брайтона (рис. 2) с включением в контур циркуляции теплоносителя в виде воздуха, воды, аммиака, углекислого газа, этана, гелия, водорода, азота, аргона, неона, криптона, ксенона теплового насоса с испарителем и конденсатором, а также расширительного клапана и турбины с генератором электрического тока. Но и вырабаты-

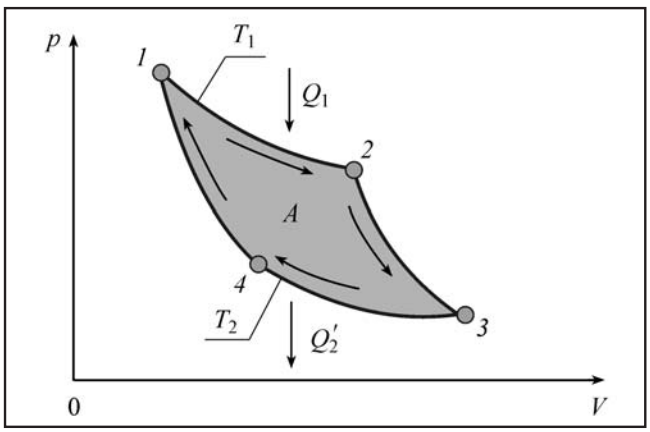


Рис. 1. *Термодинамический цикл Карно:*
1–2 – изотермическое расширение с возрастанием энтропии; *2–3* – адиабатическое расширение без теплообмена с окружающей средой с постоянной энтропией; *3–4* – изотермическое сжатие с уменьшением энтропии; *4–1* – адиабатическое сжатие с постоянной энтропией

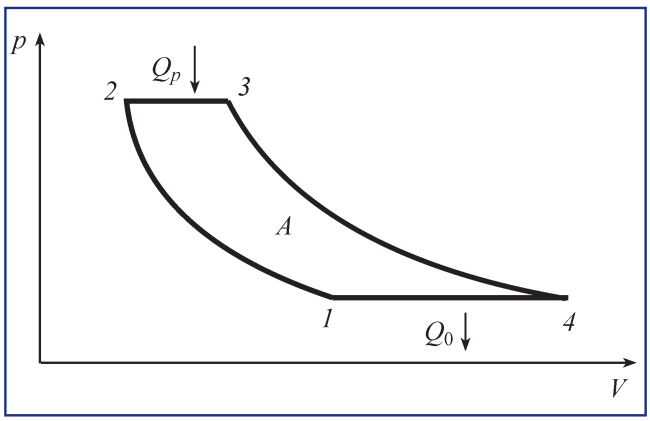


Рис. 2. *Термодинамический цикл Брайтона:*
1–2 – изоэнтропическое сжатие; *2–3* – изобарический подвод теплоты; *3–4* – изоэнтропическое расширение; *4–1* – изобарический отвод теплоты

ваемая при эксплуатации ДВС тепловая энергия тоже может быть эффективно использована.

Несомненный интерес представляет усовершенствованная система утилизации тепловой энергии отработавших газов системы выпуска и/или масла, например, ДВС, промышленной энергоустановки и/или колесного транспортного средства. Она реализуется с помощью настроенного на определенные параметры контроллера с использованием термодинамического цикла Ренкина (рис. 3) или органического цикла Ренкина с циркулирующим в контуре с котлом, конденсатором или турбиной теплоносителем в виде перегретого водяного пара или углеводородного (толуол, додекан, неопентан, октан и т.п.) пара высокого давления. Эта система позволяет [3] вырабатывать подзаряжающую аккумуляторы, конденсаторы высокого напряжения электроэнергию и/или охлаждать отработавшие газы системы выпуска дизеля, например, для эффективной нейтрализации содержащихся в них окислов азота.

Инновационная система регенерации, основанная на утилизации тепловой энергии отработавших газов автомобильного ДВС по термодинамическому циклу Ренкина, усовершенствована изобретателями в патенте [4] в плане повышения производительности насоса/компрессора прокачки/сжатия хладагента/теплоносителя при изменении температуры окружающей среды и емкости конденсатора за счет сообщения выпуска насоса с выпуском конденсатора перепускным каналом контура циркуляции. Это приводит к контролируемости количества хладагента/теплоносителя и предотвращению его вскипания и образования пузырьков воздуха при переохлаждении. Эта система реализуется теплообменником контура, интегрированным в систему выпуска отработавших газов автомобильного ДВС, с R134a в качестве хладагента/теплоносителя, прокачиваемого/сжимаемого насосом/компрессором с нагреванием и испарением, и расширяемого с выработкой генератором электрической энергии, а затем конденсируемого и возвращаемого в жидком состоянии в начало цикла. Наряду с регенерацией энергии, эффективность процессов возрастает при использовании соответствующих их природе, сущности и особенностям термодинамических циклов и компонентов агрегатов.

Так, до двух раз повышение энергоэффективности без увеличения габаритов и использования

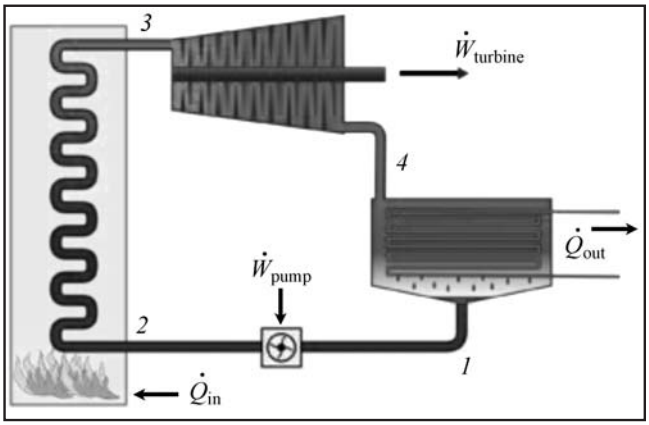


Рис. 3. *Классический термодинамический цикл Ренкина реализуется нагреваемым и охлаждаемыми теплообменниками, насосом и турбиной в качестве расширителя с изобарными и адиабатными процессами*

дорогостоящих агрегатов (например, дополнительного компрессора) в инновационной схеме регенерации энергии системы охлаждения с компрессором, конденсатором и испарителем в контуре циркуляции хладагента достигается [5] заменой расширительного клапана между конденсатором и испарителем турбиной, раскручиваемой под давлением подаваемого на нее из сопла хладагентом. В результате замены стандартного адиабатического холодильного цикла изоэнтропическим с регенерацией энергии повышается холодопроизводительность. Важность энергоэффективных инноваций ярко демонстрируется многими примерами эксплуатации энергоемких и жизненно необходимых установок в условиях дефицита энергии, как, например, при водоснабжении в засушливых районах.

Повышенного внимания и совершенствования требует и стремительно развивающаяся информационно-вычислительная область человеческой деятельности, связанная с использованием высокопроизводительной компьютерной техники, все более превращающейся в автоматизированного менеджера, управляющего производственными и бытовыми процессами, обрабатывающего огромные массивы информации и требующего строгого поддержания своих температурных кондиций.

Повышение энергоэффективности холодильно-вентиляционного процесса поддержания функционального состояния компонентов, главным образом компактных, в том числе автомо-

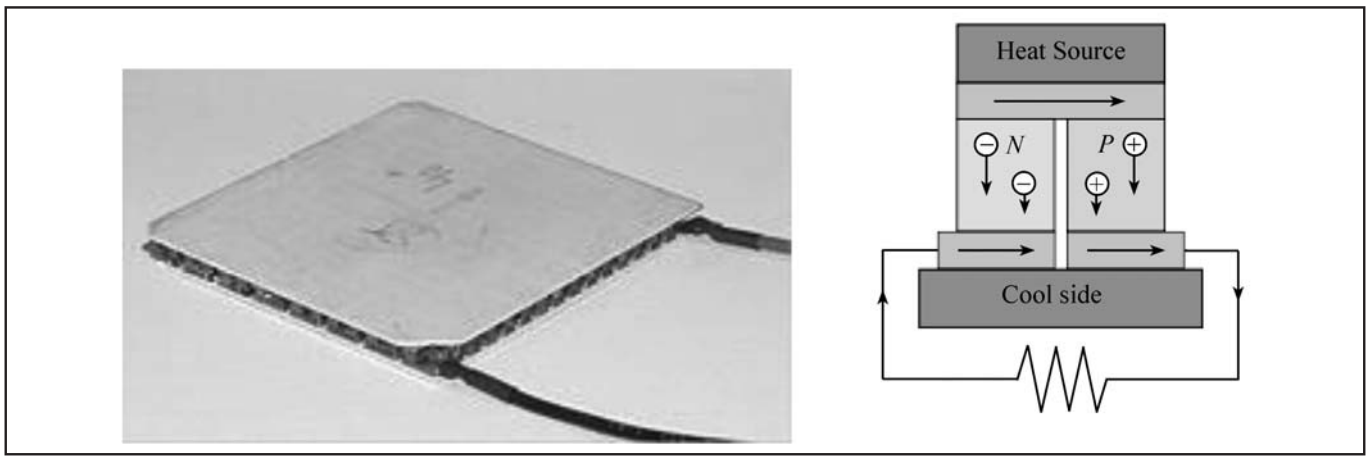


Рис. 4. Слева – внешний вид элемента Пельтье. При пропускании тока тепло переносится с одной стороны на другую; справа – термоэлектрический генератор на элементах Пельтье из материалов с различными коэффициентами полупроводимости Зеебека. При снятии нагрузки ток прекращается и схема функционирует как термопара

бильных бортовых, электронных устройств, достигается [6] способом и системой твердотопливной теплопередачи, реализуемой комбинированной термопарой по обратному Пельтье принципу Зеебека (рис. 4), основанному на возникновении электродвижущей силы в контактах материалов с разной электро- и теплопроводностью при возникновении градиента температуры. Задача решается использованием управляемых интерфейсов в контактах отрезков термопары их сплава на основе теллурида висмута с добавками, способствующих повышению термодинамической добротности и электродвижущей силы в контуре за счет увеличения электропроводности и уменьшения теплопроводности. То же самое наблюдается и в торгово-бытовой сфере деятельности.

Энергоэффективность функционирования холодильного и кондиционерного оборудования крупного супермаркета даже в зоне жаркого климата за счет увеличения пропускной способности хладагента с большей разницей энтальпии обеспечивается инновационной системой [7] повышенной холодопроизводительности, устраняющей недостатки затратной инжекторной экономайзерной или эжекторной всасывающей системы. Цель достигается встраиванием в общий регулируемый электромагнитными клапанами комбинированный контур циркуляции сжимаемого внутренним компрессором хладагента между наружным теплообменником с уменьшающейся в нем энтальпией хладагента и температурой атмосферного воздуха 27–50 °С и теплообменником/теплообменниками в зоне/зонах охлаждения (заморозки) перед компрессором внутри супермаркета с увеличивающейся энтальпией хладагента и температурой воздуха 1,5–13 °С промежуточного воздушно-хладагентного теплообменника с уменьшающейся (–30––1 °С) в дополнение к внешнему теплообменнику энтальпией хладагента и температурой воздуха 21–27 °С. Эти же принципы в миниатюрном исполнении применимы и для оптимизации режимов работы и повышения энергоэффективности автомобильного кондиционера.

Продолжаются постоянные поиски способов, процессов, средств и режимов эффективной эксплуатации различных энергетических агрегатов. Например, на инженерно-механическом факультете университета шт. Миннесота (США) экспериментальными исследованиями на основе выявления зависимости эффективности и удельной мощности сжатия и расширения газа от теплообменных процессов удалось установить [8] возможность за счет использования пористых вставок значительного увеличения поверхности теплопередачи в компрессоре/детандере для сокращения времени завершения процесса сжатия или расширения и, следовательно, для увеличения термодинамической эффективности при фиксированной удельной мощности. Как выяснилось в эксперименте, вставки из алюминиевой пены размерами пор 2,5 и 5 мм и их количеством 10–40 на каждые 25,4 мм позволяют при 95%-м увеличении до 100 кВт/м^3

удельной мощности повысить удельную эффективность на 18 %, а при ее увеличении до 150 кВт/м^3 – на 7 %. Такой усовершенствованный жидкостной поршневой компрессор/детандер с пористой средой может быть использован в системах, требующих высокой степени сжатия, высокой эффективности и высокой удельной мощности, таких как открытые системы аккумулирования энергии сжатого воздуха типа CAES или компрессор сжатия природного газа.

А вот, например, использование теплового насоса (рис. 5) в инновационном способе и устройстве отопления трансформируемой энергией атмосферного воздуха позволяет [9] повысить энергоэффективность без использования громоздких неэффективных аэродинамических компрессоров и воздуходувок и преодолеть проблему обледенения узлов агрегатов и необходимости фильтрации потенциально загрязненных охлаждающих сред. Цель достигается объединением в термодинамически активном атмосферном воздухе источника тепла и рабочего тела, используемого в компактном поршневом тепловом насосе адиабатического или изотермического сжатия с встроенным теплообменником, реализующим изобарический процесс, и множеством (до 3000 ед.) шариковых или пластинчатых впускных клапанов быстродействием до 1500 мин$^{-1}$. Такой оппозитный двухцилиндровый тепловой насос с диаметром противофазно перемещающихся поршней 500 мм и ходами до 30–70 мм и теплообменником с расходом воздуха до 5 м^3/с, обладая коэффициентом полезного действия теплообмена 90 %, коэффициентом теплопроизводительности 4,54 и скоростью функционирования по циклам 800 мин$^{-1}$, при мощности привода 11 кВт позволяет нагреть рабочую среду в виде атмосферного воздуха от исходной температуры 10 °С до 90 °С.

Это только несколько примеров эффективного решения проблемы экономичного производства используемой в различном оборудовании энергии за счет применения инновационных методов, способов, термодинамических процессов и современных агрегатов с инновационными технологиями. Но все они наглядно демонстрируют стремление разработчиков идей, концепций, ноу-хау и производителей энергетических систем к их совершенствованию в плане снижения потребления энергии и выбросов в атмосферу токсичных веществ, определяющих не только конкурентоспособность продукции, но и качество самой жизни на Земле.

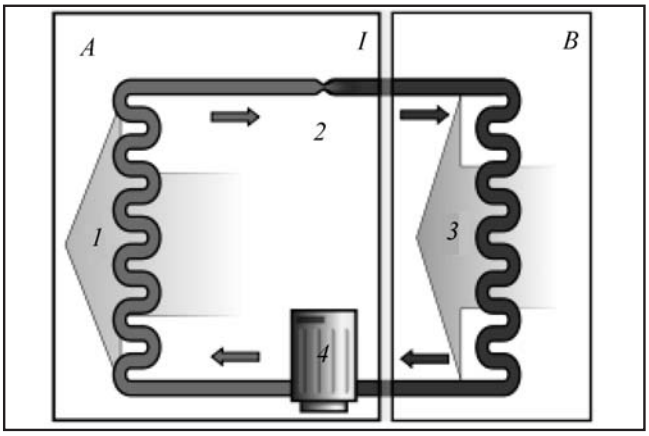


Рис. 5. *Компрессионный тепловой насос:*
1 – конденсатор; *2* – дроссель; *3* – испаритель;
4 – компрессор

Все они уже нашли или ждут своего применения в автомобилестроении и автозаправочной инфраструктуре, уже сегодня отличающейся своим многообразием и широкими возможностями – по производительности, в первую очередь. Особенно широкие перспективы широкого внедрения рассмотренных и других инноваций – у газовой, главным образом, водородной и электрической топливной энергетики, используемой в приводе колесных транспортных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Regasification** and Power Generation. Пат. 8661820 США.

2. **Ultra-High-Efficiency** Engines and Corresponding Thermodynamic System. Пат. 8707701 США.

3. **Systems** and Methods for Efficient Pumping of High-Pressure Fluids for Energy. Пат. 8733095 США.

4. **Exhaust** Heat Recovery System. Пат. 8713939 США.

5. **Energy** Recovery Apparatus for a Refrigeration System. Пат. 8716879 США.

6. **Method** and Systems for Solid State Head Transfer. Пат. 8904809 США.

7. **Refrigerant** System Performance Enhacement by Subcooling at Intermediate Temperatures. Пат. 8925336 США.

8. **Yan B., Wieberdink J., Shirazi F., Li Y., Simon T.W., Van de Ven J.D.** Experimental Study of Heat Transfer Enhancement in a liquid Piston Compressors/Expander Uaing Porous Media Insets // Appl. Energy. [Электронный ресурс]. 2015. 154. P. 4050.

9. **Apparatus** for Use a Heat Pump. Пат. 8883101 США.

РАСШИРЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПУТЕМ РАЦИОНАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА АГНКС (НА ПРИМЕРЕ г. ТЮМЕНИ)

Е.М. Чикишев, канд. техн. наук, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В исследовании рассмотрена проблема расширения использования природного газа в качестве моторного топлива путем рационального территориального и количественного расположения АГНКС. Определены ключевые факторы, которые могут повлиять на это. С учетом выбранных факторов на примере г. Тюмени предложен вариант территориального расположения четырех АГНКС, способных удовлетворить потребность в природном газе автомобильным транспортом в ближайшей перспективе.

Ключевые слова: газобаллонный автомобиль; ГБА; компримированный природный газ; КПГ; автомобильная газонаполнительная компрессорная станция; АГНКС.

EXPANSION OF NATURAL GAS US BY RATIONAL CONSTRUCTION OF NGV FS (ON THE EXAMPLE OF TYUMEN)

The problem of expansion of the use of natural gas as a motor fuel by a ration territorial and quantitative arrangement of the NGVFS is considered in this study. The main factors which can affect it are defined. Taking into account the chosen factors on the example of Tyumen the option of a territorial arrangement of 4 NGVFS, capable to satisfy the demand for natural gas by motor transport in the short term is offered.

Keywords: gas cylinder vehicle; GCV; compressed natural gas; CNG; natural gas vehicle filling station; NGVFS.

В апреле 2016 г. многими странами было подписано Парижское соглашение, которому предшествовала в конце 2015 г. 21-я конференция (COP 21) Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Оно регулирует меры по снижению углекислого газа в атмосфере, чтобы удержать рост глобального потепления, начиная с 2020 г. Целью конференции являлось подписание международного соглашения по поддержанию увеличения средней температуры планеты на уровне ниже 2 °С, применимого ко всем странам. Данное соглашение придет на смену одному из первых глобальных документов, регулирующих пагубное воздействие человека на окружающую среду Киотскому протоколу (COP 3), принятому в Японии в 1997 г. Подписи под Парижским протоколом поставили 175 стран, в том числе Великобритания, Китай, Россия, США, Франция и др., таким образом, подтвердив важность вопросов экологии и изменения климата во всем мире.

При этом известно, что одним из основных антропогенных источников, загрязняющих окружающую среду, является автомобильный транспорт, численность которого в мире уже свыше 1 млрд.

Для снижения вредного влияния от эксплуатации автомобилей, в качестве моторного топлива используют более экологичные альтернативные источники энергии, такие как: природный или нефтяной газ, биотопливо, электричество, водород и др. Применение данных видов топлива в разной степени развито в некоторых странах.

Для России, наиболее актуальным является использование природного газа, так как наша страна обладает самыми большими мировыми запасами данного ископаемого (24,6 %) и занимает второе место по его добыче (18 %) [16]. Также на законодательном уровне принят ряд законодательных инициатив, которые в ближайшее время должны способствовать популяризации природного газа на автомобильном транспорте.

Согласно программе строительства АГНКС и КриоАЗС, разработанной ПАО "Газпром" и ООО "Газпром газомоторное топливо", в России до 2030 г. планируется осуществить строительство 2158 АГНКС и 462 КриоАЗС [4]. При этом предполагается перевести 524 тыс. автомобилей на природный газ. Данная программа способствует повышению экологической и экономической эффективности использования автомобилей, повышает энергетическую безопасность страны и соответствует государственной программе РФ "Энергоэффективность и развитие энергетики" от 15.04.2014 г. № 321 (ред. Постановления Правительства РФ от 09.10.2015 г. № 1079; от 07.12.2015 г. № 1339 и от 25.05.2016 г. № 464) и распоряжению Правительства РФ № 767-р от 13.05.2013 "О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива, в том числе природного газа в качестве моторного топлива".

Анализируя представленные документы, можно отметить, что целью Программы "Энергоэффективность и развитие энергетики" (ред. от 07.12.2015 г. № 1339) является надежное обеспечение страны топливно-энергетическими ресурсами, повышение эффективности их использования и снижение антропогенного воздействия топливно-энергетического комплекса на окружающую среду. Целью подпрограммы "Развитие газовой отрасли" является – развитие газовой отрасли, эффективно обеспечивающей газом потребности внутреннего рынка и выполнение контрактных обязательств по поставкам природного газа на экспорт, увеличение производства и экспортных поставок сжиженного природного газа, увеличение объемов и глубины переработки газового сырья в рамках диверсификации и ухода от экспортно-сырьевой модели отрасли. А целевыми индикаторами и показателями являются в том числе: расход сжатого газа на работу автотранспорта и количество автогазонаполнительных станций.

В распоряжении Правительства РФ № 767-р предлагается: гармонизация правовых актов РФ в области стандартизации с соответствующими международными документами в сфере использования природного газа в качестве моторного топлива; обосновать целесообразность разработки технического регламента Таможенного союза в сфере использования природного газа.

Поручается разработать комплекс мер по доведению к 2020 г. в субъектах РФ уровня использования природного газа на общественном автомобильном транспорте и транспорте дорожно-коммунальных служб в следующих пропорциях:

в городах с численностью населения более 1 млн чел. – до 50 % от общего количества транспортных средств;

в городах с численностью населения более 300 тыс. чел. – до 30 % от общего количества транспортных средств;

в городах и населенных пунктах с численностью населения более 100 тыс. чел. – до 10 % от общего количества транспортных средств.

Предлагается разработать механизм снижения (обнуления) ставки ввозной таможенной пошлины на компоненты, необходимые для производства автомобилей, использующих природный газ в качестве моторного топлива, а также на оборудование и механизмы, используемые для заправки транспортных средств природным газом.

Отмечается о разработке предложений о субсидировании перевода транспортных средств на использование природного газа с целью обновления автобусного парка, автомобилей дорожно-коммунальных служб и др.

На основе представленных документов можно предположить, что рост числа газобаллонных автомобилей и газовых заправочных станций в ближайшее время будет стремительно расти. Однако на сегодняшний день, например, АГНКС сосредоточены в основном в европейской части России и их количества недостаточно для роста популяризации газового топлива. Таким образом, расширение использования природного газа на автомобильном транспорте в регионах является актуальным.

Вопросам перспектив использования природного газа на автомобильном транспорте путем строительства и развития инфраструктуры АГНКС в мире и России посвящено много работ [2, 5, 6, 8, 9, 11–15, 17–21 и др.]. С технической точки зрения слабую разветвленность АГНКС в восточных Федеральных Округах страны можно объяснить несколькими причинами, среди которых основными являются:

1. Слабая разветвленность (или полное отсутствие) газотранспортной системы в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Как известно, основная часть газотранспортной системы нашей страны расположена в западной, центральной и южной частях, а также на Урале. А для снабжения заправочных станций природным газом необходимо наличие газопровода.

2. Значительные по протяженности территории данных Федеральных Округов и, как следствие, проблематичность создания так называемых "голубых коридоров", т.е. когда транспортные средства передвигаются по разным населенным пунктам и используют при этом преимущественно природный газ. Как отмечено профессором Я.С. Мкртычаном [8], расстояние между АГНКС на автомагистралях должно быть в диапазоне 70–250 км.

Однако ввиду продолжающегося обустройства ряда новых газовых месторождений (Чаяндинское, Ковыктинское, Кшукское, Нижне-Квакчикское, Сахалинское и др.), строительством газотранспортной системы "Сила Сибири" и вводам в эксплуатацию газопроводов "Соболево – Петропавловск-Камчатский", "Сахалин – Хабаровск – Владивосток" и др. можно заключить, что проблемы с газификацией Востока интенсивно решаются. Это может способствовать, в ближайшей перспективе, расширять возможности использования природного газа на автомобильном транспорте в этих регионах.

В данной работе предлагается на примере одного из городов Западной Сибири – Тюмени – рассмотреть расширение использования природного газа путем рационального территориального и количественного строительства АГНКС. В городе по состоянию на июнь 2016 г. функционирует одна АГНКС, расположенная на 12 км Ялуторовского тракта.

Выбор Тюмени обусловлен тем, что город является одним из крупнейших транспортных узлов Уральского Федерального округа, связывающих восточные и западные территории страны, а также ее северные нефтегазовые районы – ХМАО и ЯНАО.

Для определения необходимого числа АГНКС в городе и их территориального расположения предлагается учитывать ряд факторов:

1. Разветвленность газотранспортной системы в населенном пункте (численность и территориальное расположение газораспределительных станций (ГРС) и газорегуляторных пунктов (ГРП), протяженность газопроводов и их пропускная способность, удаленность от основных автомагистралей).

2. Требования пожарной безопасности в части удаленности АГНКС от различных объектов городской инфраструктуры [10].

3. Количество крупных автомагистралей, проходящих через населенный пункт.

4. Количество потенциальной автомобильной техники, которую можно переоборудовать для работы на КПГ.

5. Наличие и территориальное расположение уже существующих АГНКС.

Подберем оптимальное число АГНКС для г. Тюмени с учетом этих факторов.

Природный газ поступает на юг Тюменской обл. с его северных районов по магистральным газопроводам "Уренгой – Челябинск I", "Уренгой – Челябинск II". На территории города функционирует 2 ГРС, около 30 ГРП, общая протяженность газопроводов более 1000 км, а пропускная способность более 1 млн м^3 газа в день (ежедневно с КС-11 на нужды Тюмени подается 1 млн м^3 газа) (рис. 1). Это позволяет расположить АГНКС во многих его частях. Однако согласно [3, 10] расположение АГНКС в центральных частях города практически невозможно.

Как правило, диаметр газопроводов от ГРС до ГРП составляет 120 мм, а от ГРП до потребителей – 35 мм. Давление в газопроводах внутри трассы от ГРС до ГРП составляет 0,6 МПа, а после ГРП к потребителям, как правило, подается под давлением 0,05 МПа.

Как отмечено в РД 3112199-1095-03 и распоряжении Правительства РФ № 767-р, при внутригородских перевозках наиболее эффективно использовать КПГ в первую очередь на автобусах различной вместимости и транспорте дорожно-коммунальных служб.

При выборе мест расположения АГНКС в Тюмени предлагается рассматривать территории, прилегающие к следующим автомобильным магистралям города:

Р402 (Тюмень – Ялуторовск – Ишим – Омск) – примыкает с юго-востока, на подходе к городу и называется Ялуторовским трактом;

Р351 (Тюмень – Екатеринбург) – примыкает с запада, на подходе к городу и называется Московским трактом;

Р404 (Тюмень – Тобольск – Сургут – Нефтеюганск – Ханты-Мансийск) – примыкает с востока, на подходе к городу и называется Тобольским трактом;

Тюмень – Курган – примыкает с юга, на подходе к городу и называется Червишевским трактом.

По этим автомобильным дорогам проходит большое количество транзитных транспортных средств, которые потенциально могут также заправляться на АГНКС Тюмени.

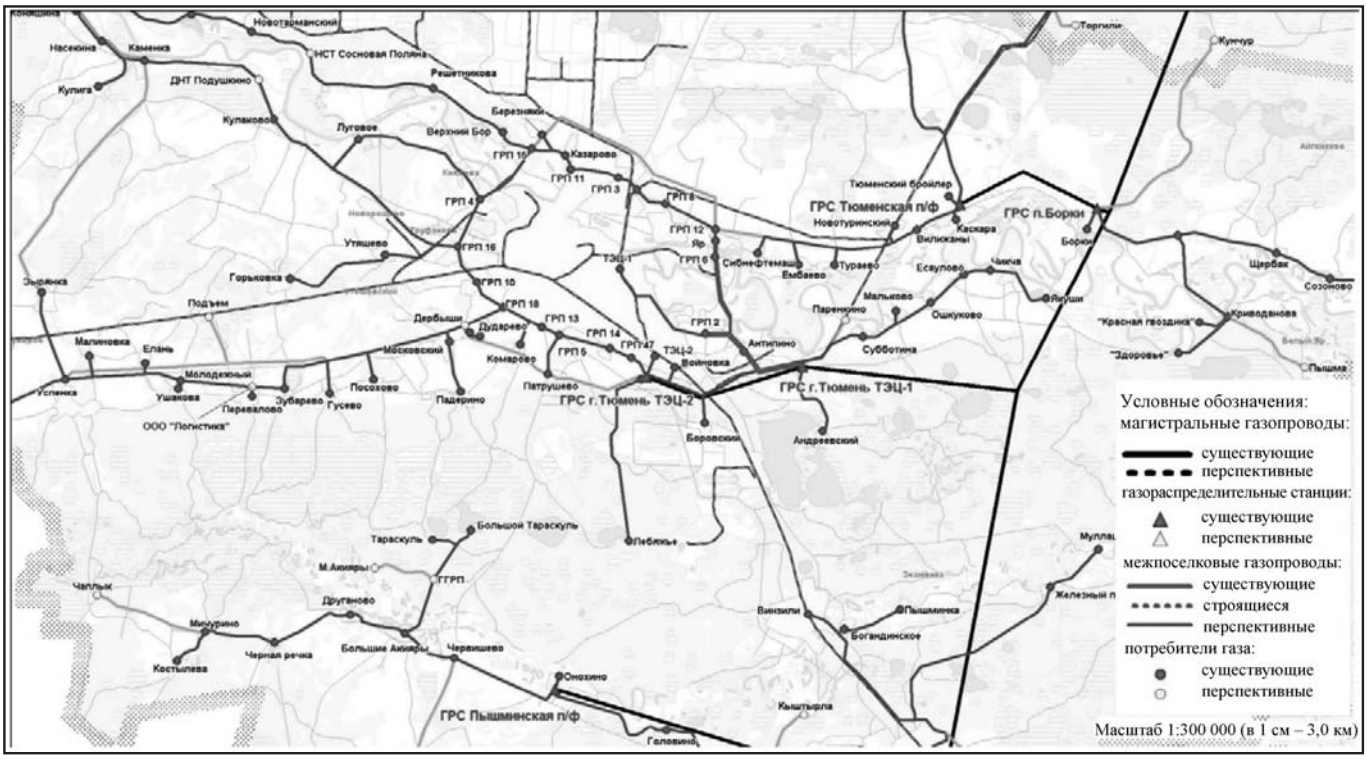


Рис. 1. *Фрагмент системы газоснабжения Юга Тюменской обл.*

В части определения количества потенциальной техники, которую можно перевести на природный газ можно отметить следующее.

1. По данным [1] транспортное обслуживание населения в г. Тюмени осуществляется 1162 ед. техники. Количество автобусов большой вместимости М3 составляет 593 автобуса, М2 – 569.

2. Согласно [7], по основным подрядным организациям Тюмени в наличии имеется 624 ед. коммунальной спецтехники. А на случай форс-мажорных обстоятельств администрация города заключила договора с рядом организаций, имеющих дорожно-коммунальную технику в количестве 503 ед. транспортных средств.

То есть всего 2289 ед. транспортных средств. При этом для выбора АГНКС оптимальной производительности необходимо знать, каков их суммарный ежедневный расход КПГ. Расход топлива автобусов класса М3 (например, МАЗ-206) в среднем составляет 20 м^3/100 км в городских условиях. Автобусы М2 (например, Peugeot Boxer) расходуют около 11 м^3/100 км. Расход топлива комбинированных дорожных машин (например, ЭД-405АГ) составляет около 50 м^3/100 км.

При этом известно, что в г. Тюмени каждый автобус в день осуществляет около 150 км пробега, а дорожно-коммунальный транспорт около 100 км.

Таким образом, зная примерный дневной пробег и расход КПГ определим суточный расход топлива парка автомобилей (по видам транспорта) по следующей формуле:

$$Q_{\text{дн}} = 0{,}01 \cdot H_s \cdot A_{\text{н}} \cdot L_{\text{М}}, \qquad (1)$$

где H_s – базовая норма расхода природного газа на пробег автомобиля, м^3/100 км; $A_{\text{н}}$ – число автомобилей, шт.; $L_{\text{М}}$ – дневной пробег 1 автомобиля, км.

Определим дневную потребность в топливе автобусов М3:

$$Q_{\text{дн-М3}} = 0{,}01 \times 20 \times 593 \times 150 = 17790 \text{ м}^3;$$

автобусов М2:

$$Q_{\text{дн-М2}} = 0{,}01 \times 11 \times 569 \times 150 = 9388б5 \text{ м}^3;$$

комбинированных дорожных машин:

$$Q_{\text{дн-КДМ}} = 0{,}01 \times 11 \times (624 + 503) \times 100 = 12397 \text{ м}^3.$$

Далее определим совокупную суточную потребность в топливе всего парка:

$$Q_{\text{О}} = Q_{\text{дн-М3}} + Q_{\text{дн-М2}} + Q_{\text{дн-КДМ}}. \qquad (2)$$

Подставив значения, получим:

$$Q_{\text{О}} = 17790 + 9388{,}5 + 12397 = 39575{,}5 \text{ м}^3.$$

Полученные значения составляют всего 4 % от общего суточного количества природного газа, потребляемого г. Тюменью.

Кроме рассмотренного транспорта потенциально на КПГ можно также перевести автомобили, обслуживающие предприятия торговли, частные и служебные легковые автомобили.

Далее подберем АГНКС необходимой производительности с учетом четырех крупных автомагистралей, проходящих через г. Тюмень и общей потенциальной дневной потребности в КПГ. Согласно классификации АГНКС по производительности они обычно делятся на 500, 250, 125 и т.д. условных заправок. Под условной заправкой понимается количество заправок грузовых транспортных средств в сутки из расчета 55 м^3 на 1 автомобиль. Суточная производительность АГНКС:

$$\text{П}_{\text{АГНКС-250}} = 250 \times 55 = 13750 \text{ м}^3.$$

$$\text{П}_{\text{АГНКС-125}} = 125 \times 55 = 6875 \text{ м}^3.$$

Таким образом, при максимальной, рассчитанной по формуле 2, суточной потребности в КПГ 39575,5 м^3 достаточно построить 2 АГНКС-250 и 2 АГНКС-125:

$$\text{П}_{\text{АГНКС}_{\text{общ}}} = (250 \times 2 + 125 \times 2)55 = 41250 \text{ м}^3.$$

Территориально предлагается расположить АГНКС в следующих местах:

на выезде из Тюмени по автомагистрали Р402 рядом с ТЭЦ-2 (АГНКС-125);

на выезде из Тюмени по автомагистрали Р351 рядом с п. Дербыши (АГНКС-250);

на выезде из Тюмени по автомагистрали Р404 рядом с с. Яр (АГНКС-250);

на выезде из Тюмени по автомагистрали "Тюмень – Курган" рядом с д. Патрушево (АГНКС-125).

Схематично расположение предлагаемых АГНКС в г. Тюмени показано на рис. 2.

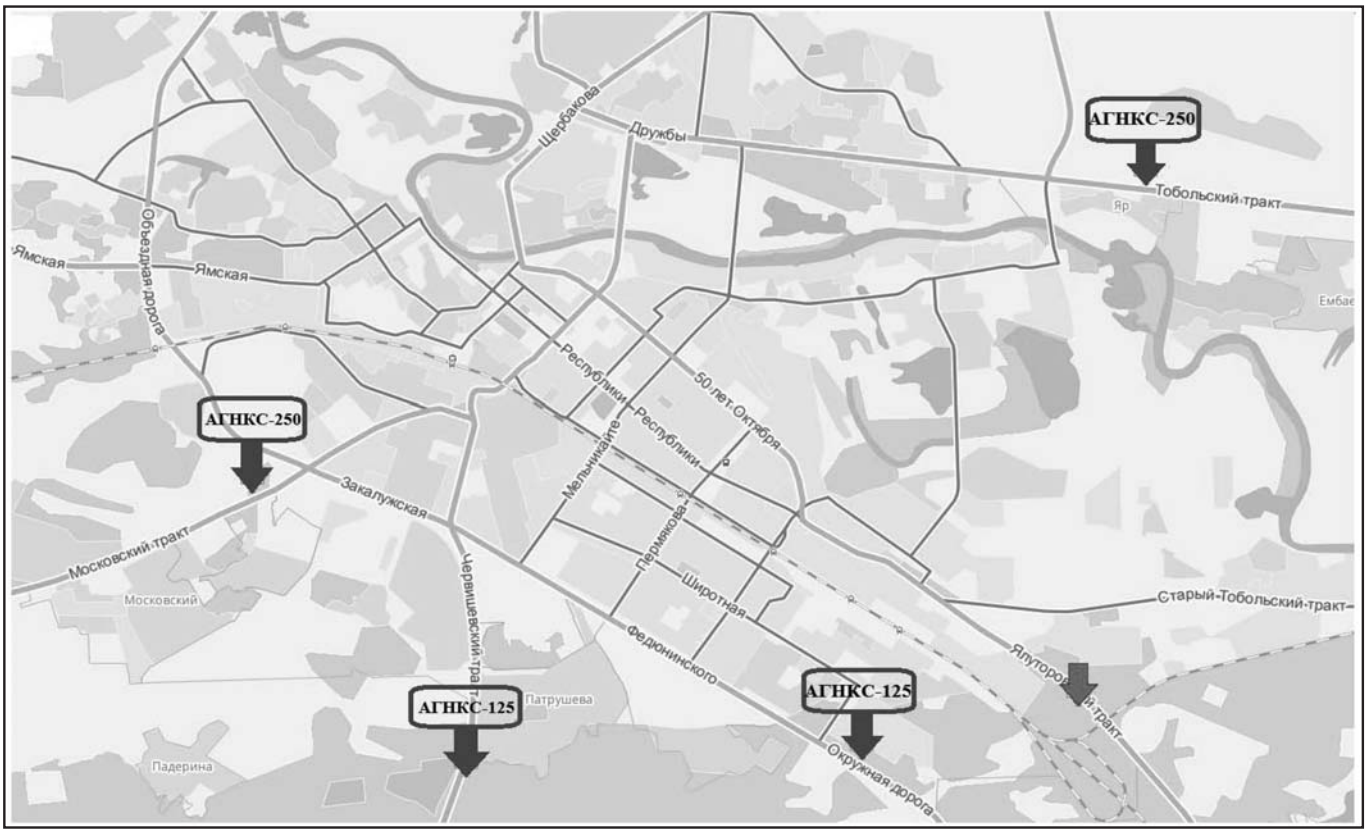


Рис. 2. *Схематичное расположение АГНКС в г. Тюмени (стрелкой выделена уже существующая АГНКС, синими стрелками выделены предлагаемые места расположения АГНКС)*

Таким образом, расположив АГНКС в непосредственной близости к предложенным трассам, можно удовлетворять потребности в природном газе как автовладельцев города, так и транзитного транспорта.

В перспективе данные АГНКС могут стать частью всероссийского (соединяющего западные и восточные регионы России, а также северные территории Западной Сибири) и международного (соединяющего территории России, Казахстана и Китая) "голубого транспортного коридора".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Автобусные** страсти: тарифы повышаются – растет ли качество? [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://newsprom.ru/news/Obschestvo/ 208061.html (дата обращения 15.05.2016 г.).

2. **Бондаренко Е.В., Филиппов А.А., Фазуллин М.Р., Шайлин Р.Т.** К вопросу о необходимости развития сети метановых заправок в г. Оренбурге // Мир транспорта и технологических машин, 2012. №4 (39). С. 15–23.

3. **Гордиенко Д.М., Малкин В.Л., Ильичев В.В., Смирнов Е.В.** Особенности пожарной опасности автозаправочных станций с наличием компримированного природного газа // Пожарная безопасность, 2015. № 1. С. 60–62.

4. **Дементьев В.В., Коклин И.М.** О программе строительства АГНКС и Крио-АЗС с целью расширения использования газомоторного рынка // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. М.: Инновационное машиностроение, 2014. № 4 (85). С. 34–50.

5. **Евстифеев А.А.** Методология рационального построения и непрерывного совершенствования региональной сети АГНКС // Транспорт на альтернативном топливе, 2014. № 3 (39). С. 53–60.

6. **Коклин И.М., Потапенко М.С., Маленкина И.Ф.** Развитие региональных систем газоснабжения для обеспечения потребителей газомоторным топливом // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо, 2013. № 5 (74). С. 7–18.

7. **Материалы** пресс-службы Главы Администрации города Тюмени [Электронный ресурс]. Режим доступа: 19674.html (дата обращения 10.05.2016 г.).

8. **Мкртычан Я.С.** Основные принципы построения городской сети газоснабжения автотранспорта // Транспорт на альтернативном топливе, 2013. № 3 (33). С. 10–14.

9. **Певнев Н.Г., Банкет М.В., Бакунов А.С.** Перспективы развития инфраструктуры использования КПГ в Омске // Транспорт на альтернативном топливе, 2014. № 5 (41). С. 7–11.

10. **Приказ** МЧС России от 5 мая 2014 г. № 221 "Об утверждении свода правил "Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности"", 2014. 52 с.

11. **Пронин Е.Н., Самсонов Р.О., Маленкина И.Ф.** Международные транспортные коридоры с использованием природного газа – моторного топлива // Газовая промышленность, 2010. № 11. С. 8–9.

12. **Чикишев Е.М.** Выявление причин, сдерживающих газификацию автомобильного транспорта природным газом // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. М.: Инновационное машиностроение, 2016. № 1 (106). С. 3–8.

13. **Чикишев Е.М.** К вопросу рационального размещения автомобильных газонаполнительных компрессорных станций в г. Тюмени // Материалы Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции "Новые технологии – нефтегазовому региону". Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. Т. III. С. 171–173.

14. **Чикишев Е.М.** Необходимость сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций в г. Тюмени // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. М.: Инновационное машиностроение, 2015. № 9 (102). С. 10–13.

15. **Чикишев Е.М., Иванов А.С., Анисимов И.А.** Перспективы использования природного газа и приборов его учета на автомобильном транспорте // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. М.: Инновационное машиностроение, 2015. № 4 (97). С. 3–9.

16. **Совокупное** потребление энергии. [Электронный ресурс]: URL: https://yearbook.enerdata.ru/ (дата обращения: 12.05.2016 г.).

17. **Chinese D., Patrizio P., Bonotto M.** A service station location model to explore prospects and policies for alternative transport fuels: A case of CNG distribution in Italy // Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 262, pp. 71–84, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-04630-3_6.

18. **Farzaneh-Gord M., Deymi-Dashtebayaz M., Rahbari H.R.** Optimising Compressed Natural Gas filling stations reservoir pressure based on thermodynamic analysis // International Journal of Energy, Vol. 10, Issue 3, pp. 299–320, 2012, doi: 10.1504/IJEX.2012.046836.

19. **Frick M., Axhausen K.W., Carle G., Wokaun A.** Optimization of the distribution of compressed natural gas (CNG) refueling stations: Swiss case studies // Transportation Research Part D: Transport and Environment, 12 (1), pp. 10–22, 2007, doi: 10.1016/j.trd.2006.10.002.

20. **Han J., Li Y.** Beijing necessity of development of natural gas buses // Advanced Materials Research / 2011 International Conference on Materials and Products Manufacturing Technology, ICMPMT, Vol. 339, Issue 1, 28–30 Oct. 2011, Chengdu; China, pp. 509–516, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.339.509.

21. **Ogunlowo O.O., Bristow A.L., Sohail M.** Developing compressed natural gas as an automotive fuel in Nigeria: Lessons from international markets // Energy Policy, Vol. 76, p. 7–17, 2015, doi: 10.1016/j.enpol.2014.10.025.

УДК 622.692.4

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ ОБЕТОНИРОВАННЫХ ТРУБ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

А.О. Подвойский, канд. техн. наук;
А.Д. Решетников, д-р техн. наук, ОАО "Оргэнергогаз", г. Москва;
П.В. Крылов, канд. техн. наук, **В.Ю. Шарохин,** ЗАО "Газпром СтройТЭК Салават", г. Москва

Рассмотрены основные положения методики расчета на прочность трубопроводов из обетонированных труб при строительстве и капитальном ремонте подводных переходов через водные преграды. Приведен расчет минимально допустимого радиуса упругого изгиба обетонированного трубопровода.

Ключевые слова: обетонированная труба; радиус упругого изгиба; изгибная жесткость; прочность; анализ; методика.

THE METHOD OF CALCULATING THE STRENGTH OF PIPELINES OF CONCRETE COATED PIPES FOR UNDERWATER CROSSINGS

Podvoisky A.O., Ph.D. of technical sciences;
Reshetnikov A.D., Dr. of technical sciences JSC "Orgenergogaz", Moscow;
Krylov P.V., Ph.D. of technical sciences, **Sharokhin V.Yu.,** JSC "Gazprom StroyTEK Salavat", Moscow

The basic method of calculating the position of strength of pipelines of concrete coated pipes at construction and repair of underwater river crossings. The calculation of the minimum bending radius of the elastic pipe encased in concrete.

Keywords: pipe encased in concrete; the elastic bending radius; bending stiffness; strength; analysis technique.

При пересечении магистральными трубопроводами водных преград, как правило, строят подводные переходы (ПП). Несмотря на сравнительно небольшую долю ПП в общем объеме магистральных трубопроводов именно они являются наиболее ответственными элементами.

К надежности и эксплуатационной безопасности ПП предъявляются высокие требования, так как даже незначительные их повреждения могут привести к экологической катастрофе.

Эксплуатация ПП через водные преграды показала, что в основном аварийные ситуации при их строительстве и ремонте возникают в результате потери трубопроводом проектного положения, т.е. происходит его всплытие.

Проектное положение трубопровода обеспечивается различными средствами балластировки – одиночными кольцевыми чугунными или железобетонными грузами и т.д. Наиболее надежным и эффективным способом балластировки являются обетонированные трубопроводы с арматурным каркасом.

Обетонированные трубы позволяют снизить число критических дефектов трубопровода при строительстве и капитальном ремонте, а также исключить смещения балластного покрытия при укладке, например, методом протаскивания.

Теория проектирования магистральных трубопроводов подземного, наземного (в насыпи) и надземного типов изложена в работах [1–7]. Расчеты на прочность и устойчивость ПП рассмотрены в работах [8–10].

Однако нет завершенного и приближенного к инженерной практике расчета на прочность и устойчивость ПП из обетонированных труб, что и обусловливает актуальность данного исследования.

Цели данной работы:

– теоретическое обоснование экстраполяции основных положений расчета железобетонных элементов гражданских, промышленных и гидротехнических сооружений на проектирование бетонных балластных покрытий с арматурой;

– получение формулы минимально допустимого радиуса упругого изгиба из условия ограничения ширины нормальной поперечной трещины в растянутой зоне балластного покрытия;

– получение формулы предельной ширины раскрытия трещины;

– формулирование условия по радиусу упругого изгиба;

– коррекция формул минимально допустимого радиуса упругого изгиба из условий прочности и деформации с учетом изгибной жесткости балластного покрытия.

Для автоматизации расчетов по предлагаемой методике в пакете Mathcad было разработано программное обеспечение.

Предлагаемая методика основывается на нормативных документах для гражданских, промышленных и гидротехнических сооружений [11–14].

Для обетонирования выбраны трубы типа II (СТО Газпром 2-2.2-334–2009 [15]) – коаксиально расположенные стальные электросварные прямошовные трубы с защитным антикоррозионным покрытием и металлополимерной оболочкой, пространство между которыми заполнено армированным бетоном.

Заметим, что нормативные документы на расчет бетонных и железобетонных конструкций ограничены плотностью бетона $\rho = 2500$ кг/м^3 [11, 12], а минимальная плотность бетонного балластного покрытия, например, по ТУ 2248-041-04005951–2010 "Трубы полимерные с балластным покрытием в металлополимерной защитной оболочке" (ОАО "МТЗК") составляет $\rho \geq 3100$ кг/м^3. Следовательно, указанные нормативные документы нельзя использовать при проектировании балластных покрытий.

Однако можно воспользоваться следующим приемом. Основное назначение балластного покрытия – обеспечение проектного положения трубопровода при эксплуатации, поэтому в качестве управляющего параметра следует принять массу m покрытия. Далее, используя соотношения между плотностью, массой и объемом $m = \rho V$ при сохранении массы балласта ($\rho V = \text{const}$) снизим плотность до $\rho_2 = 2500$ кг/м^3 и вычислим требуемую толщину h_2 покрытия, которая соответствует плотности ρ_2, по формуле

$$\frac{h_2}{h_1} = \varphi_1(\rho,\ \eta) = \frac{\sqrt{\rho(\eta^2 - 1) + 1} - 1}{\eta - 1}, \qquad (1)$$

где h_1 – толщина балластного покрытия с $\rho_1 = 3100$ кг/м^3; $\eta = D_б / D_{из} > 1$; $D_б$ и $D_{из}$ – наружный и внутренний диаметр балластного покрытия; $\rho = \rho_1 / \rho_2 < 1$.

Согласно зависимости $\varphi_1(\rho,\ \eta)$ при $\rho < 1$ с увеличением η отношение h_2 / h_1 уменьшается, однако при этом, как и ожидалось, $h_2 / h_1 > 1$.

Очевидно, что увеличение толщины балластного покрытия при сохранении длины зоны сопряжения оболочки с трубой приведет к увеличению момента инерции J сечения и, как следствие, к увеличению минимально допустимого радиуса $[r]$ упругого изгиба:

$$\frac{J_2}{J_1} = \varphi_2(\rho,\ \eta) = \frac{1 - [1 - \rho(1 - \eta^2)]^2}{1 - \eta^4}. \qquad (2)$$

Зависимость $\varphi_2(\rho,\ \eta)$ показывает, что бóльшим значениям η соответствуют бóльшие значения момента инерции J_2 сечения (соответствует плотности ρ_2).

Таким образом, расчет радиуса $[r]$ упругого изгиба будет консервативным относительно действительной толщины покрытия.

Перейдем к расчету балластного покрытия на прочность по концепции предельных усилий. Согласно нормативу [12] расчет изгибаемых элементов кольцевого сечения при отношении внутреннего и наружного радиусов больше 0,5 с арматурой, равномерно распределенной по окружности (при числе продольных стержней не менее шести), следует выполнить, как для внецентренно сжатых

элементов, принимая продольную силу N равной нулю.

Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов кольцевого сечения с ненапрягаемой арматурой выполняют с учетом относительной площади сжатой зоны бетона, определяемой по формуле

$$\xi_{cir} = \frac{N + R_s A_{s,\ tot}}{R_b A_b + 2{,}7 R_s A_{s,\ tot}},$$

где N – продольная сила (в данном случае $N = 0$); R_s – расчетное сопротивление растяжению арматуры; $A_{s,\ tot}$ – площадь сечений всей продольной арматуры; R_b – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию; A_b – площадь сечения бетона.

В зависимости от значений ξ_{cir} в расчетах используют следующие условия:

при $0{,}15 \le \xi_{cir} \le 0{,}60$ имеем:

$$M \le (R_b A_b r_m + R_s A_{s,\ tot} r_s)\frac{\sin(\pi\xi_{cir})}{\pi} + \\ + R_s A_{s,\ tot} r_s (1 - 1{,}7\xi_{cir})(0{,}2 - 1{,}3\xi_{cir}), \quad (3)$$

где M – изгибающий момент; r_s – радиус окружности, проходящий через центры тяжести стержней арматуры;

при $\xi_{cir} \le 0{,}15$ имеем:

$$M \le (R_b A_b r_m + R_s A_{s,\ tot} r_s)\frac{\sin(\pi\xi_{cir1})}{\pi} + \\ + 0{,}295 R_s A_{s,\ tot} r_s, \quad (4)$$

где $\xi_{cir1} = \dfrac{N + 0{,}75 R_s A_{s,\ tot}}{R_b A_b + R_s A_{s,\ tot}}$, $r_m = \dfrac{D_б - D_{из}}{4}$;

при $\xi_{cir} \ge 0{,}6$ имеем:

$$M \le (R_b A_b r_m + R_s A_{s,\ tot} r_s)\frac{\sin(\pi\xi_{cir2})}{\pi}, \quad (5)$$

где $\xi_{cir2} = \dfrac{N}{R_b A_b + R_s A_{s,\ tot}}$.

Относительно *образования трещин* в балластном покрытии: согласно нормативу [12] (если балластное покрытие рассматривать как трубу с категорией требований по трещиностойкости 3в) принимается условие, что образование поперечных трещин в покрытии допускается.

В расчете по раскрытию нормальных к продольной оси балластного покрытия трещин используют формулу [12]

$$a_{cr} = \frac{\sigma}{E}\psi(R_r) \le \Delta_{cr}, \quad (6)$$

где σ – растягивающее напряжение, равное для ненапрягаемой арматуры напряжению σ_s в наиболее растянутых (крайних) стержнях; E – модуль упругости ненапрягаемой арматуры (E_s), выбираем по нормативу [12]; ψ – коэффициент раскрытия трещин, определяемый в зависимости от радиуса R_r армирования (учитываются влияние бетона растянутой зоны, деформации арматуры, ее профиль и условия работы элемента); Δ_{cr} – предельная расчетная ширина трещины.

Коэффициенты ψ раскрытия трещин относительно радиуса R_r армирования составляют:

$0{,}35R_r$ – для гладкой стержневой арматуры, арматурных пучков из гладкой проволоки и для стальных закрытых канатов;

$1{,}5\sqrt{R_r}$ – для стержневой арматуры периодического профиля, проволок периодического профиля класса Вр, пучков из этой проволоки, канатов класса К7 и пучков из них, стальных канатов со спиральной и двойной свивкой, а также для любой арматуры в стенках.

Радиус армирования определяем по формуле [12]

$$R_r = A_r / \Sigma\beta n d,$$

где A_r – площадь зоны взаимодействия для нормального сечения, ограниченная наружным контуром и радиусом взаимодействия (для непрямоугольных сечений $r = 3d$); β – коэффициент, учитывающий степень сцепления арматурных элементов с бетоном [12]; n – число арматурных элементов одинакового диаметра; d – диаметр одного стержня (включая расположения стержней группами).

Растягивающее напряжение в симметрично расположенной арматуре допускается определять по формуле [14]:

$$\sigma_s = \left[\frac{M(h_0 - y_c)}{J_b + 2\alpha_{s1} J_s}\right]\alpha_{s1}.$$

Здесь h_0 – рабочая высота сечения; y_c – расстояние от наиболее сжатого волокна бетона до центра

тяжести приведенного поперечного сечения элемента; J_b – момент инерции бетонного сечения относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения элемента; $J_s = A_s (h_0 - y_c)^2$ – момент инерции площади A_s сечения сжатой арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения; $\alpha_{s1} = E_s / E_{b,\ red}$, где $E_{b,\ red} = R_{b,\ ser} / \varepsilon_{b1,\ red}$ – приведенный модуль деформации сжатого бетона, учитывающий его неупругие деформации ($R_{b,\ ser}$ – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для предельных состояний второй группы; $\varepsilon_{b1,\ red}$ – относительные деформации, определяемые по двухлинейной диаграмме состояния сжатого бетона).

Предельную расчетную ширину раскрытия трещины предлагается определять по предельному изгибающему моменту $[M]$ из условия прочности:

$$\Delta_{cr} = \alpha_{s1}\left[\frac{[M](h_0 - y_c)}{J_b + 2\alpha_{s1} J_s}\right]\frac{\psi(R_r)}{E_s}.$$

Здесь

$$[M] = W_0\left(\psi_1 \frac{m}{0{,}9k_{\text{н}}} R_2^{\text{н}} - \right.$$
$$\left. - |\mu_0 \sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} - \alpha_t E_0 \Delta t| - \frac{T_{\text{пр}}}{A_0}\right), \quad (7)$$

где W_0 – момент сопротивления сечения трубы; $T_{\text{пр}}$ – продольное усилие; A_0 – площадь поперечного сечения трубы.

Ввиду сложности учета особенностей адгезионного поведения слоя на границе "изоляционное покрытие трубопровода – балластное покрытие" введем допущение, что балластное покрытие и трубопровод работают параллельно и независимо друг от друга, тогда

$$E_0 J_\Sigma = E_0 J_0 + E_b J_b,$$

где $E_0 J_\Sigma$ – приведенная жесткость сечения; E_0 – модуль упругости металла трубопровода; J_0 – момент инерции сечения трубопровода.

Допустимость такого упрощения подтверждена в работе [16].

Считаем следующее:

изгибающий момент от трубопровода на балластное покрытие передается без искажений;

на сварную нитку действует нагрузка интенсивностью q_0 и к концам нитки приложена сила, равная усилию $T_{\text{пр}}$ протаскивания;

интенсивность действующих на трубопровод нагрузок определяется по формуле

$$q_0 = q_{\text{тр}0} - q_{\text{бал. в}} - q_{\text{в.в}}, \quad (8)$$

где $q_{\text{тр}0}$ – интенсивность от собственного веса металла трубопровода и изоляционного покрытия; $q_{\text{бал. в}}$ – интенсивность балластировки в воде; $q_{\text{в.в}}$ – интенсивность выталкивающей силы воды.

Составляющие формулы (8) определяем по нормативу [17].

Для определения продольного усилия $T_{\text{пр}}$ используем рекомендации работы [18] или [19] (для укладки трубопровода методом протаскивания).

Тогда для схемы продольно-поперечного изгиба (учитывается геометрическая нелинейность системы), уравнения изгибающего момента и изогнутой оси балки примут вид [20]:

$$M_{\text{изг}}^{q}(z) = \frac{q_0}{k^2} \times$$
$$\times\left[1 - \text{ch}^{-1}\left(k\frac{L}{2}\right)\text{ch}\left[k\left(z - \frac{L}{2}\right)\right]\right];$$

$$w_q(z) = \frac{q_0}{E_0 J_\Sigma k^4} \times$$
$$\times\left[1 - \frac{\text{ch}\left[k\left(z - \frac{L}{2}\right)\right]}{\text{ch}\left(k\frac{L}{2}\right)} - \frac{k^2 L z}{2}\left(1 - \frac{z}{L}\right)\right],$$

где z – координата балки; $k = \sqrt{\frac{T_{\text{пр}}}{(E_0 J_\Sigma)}}$; L – длина пролета балки, ch(..) – символ гиперболического косинуса.

Максимальный изгибающий момент в середине пролета составит:

$$M_{\max} = M_{\text{изг}}^{q}\left(\frac{L}{2}\right) =$$
$$= \frac{q_0}{k^2}\left[1 - \text{ch}^{-1}\left(k\frac{L}{2}\right)\right]. \quad (9)$$

Зная $M_{\max}$, можно выполнить расчет на прочность балластного покрытия по условиям (3), (4) и

(5), затем рассчитать минимально допустимый радиус $[r]_1$ упругого изгиба. Однако прежде необходимо вычислить изгибную жесткость балласта.

Если имеем сплошное балластное покрытие трубопровода, не ослабленное щелевыми надрезами, расчет управляющих параметров при укладке магистрального трубопровода целесообразно выполнить в зависимости от ширины a_{cr} трещины, из условия ограничения ширины нормальной поперечной трещины в растянутой зоне балластного покрытия.

Изгибную жесткость $D_{\max}$ балластного покрытия с ненапрягаемой арматурой на участках с трещинами, ширина которых превышает $15\cdot10^{-5}$ м в растянутой зоне, допускается определять по нормативу [14], а на участках с трещинами, ширина которых не превышает $15\cdot10^{-5}$ м – по нормативу [12], т. е. как $0{,}8E_bJ_b$.

Таким образом, получим:

$$D=\begin{cases}0{,}8E_bJ_b \text{ при } a_{cr}<15\cdot10^{-5}\text{ м;}\\ E_{b,\,red}J_{red}(a_{cr}) \text{ при } a_{cr}<15\cdot10^{-5}\text{ м;}\end{cases}$$

$$J_{red}(a_{cr})=J_b+[\alpha_{s1}+\alpha_{s2}(a_{cr})]J_s;$$

$$\alpha_{s2}(a_{cr})=\frac{E_s}{E_{b,\,red}\psi_s(a_{cr})};$$

$$\psi_s(a_{cr})=1-0{,}8\frac{\sigma_{s,\,crc}}{\sigma_s}=1-0{,}8\frac{M_{crc}}{M(a_{cr})}, \qquad (10)$$

где $J_{red}(a_{cr})$ – момент инерции приведенного поперечного симметричного сечения; $M_{crc}=R_{bt,ser}W$ – момент образования трещины; ($R_{bt,ser}$ – расчетное сопротивление бетона осевому растяжению для предельного состояния второй группы; W – момент сопротивления приведенного сечения для крайнего растянутого волокна); $M(a_{cr})$ – изгибающий момент как функция ширины раскрытия трещины:

$$M(a_{cr})=\frac{a_{cr}E_s(J_b+2\alpha_{s1}J_s)}{\alpha_{s1}(h_0-y_c)\psi(R_r)}.$$

Жесткость $D=E_{b,\,red}J_{red}(a_{cr})$ [см. первую из формул (10)] можно записать как

$$E_{b,\,red}J_{red}(a_{cr})=E_{b,\,red}J_b+E_sJ_s\times$$
$$\times\left[1+\frac{1}{1-0{,}8\dfrac{\alpha_{s1}M_{crc}(h_0-y_c)}{a_{cr}E_s(J_b+2\alpha_{s1}J_s)}\psi(R_r)}\right]. \qquad (11)$$

Тогда минимально допустимый радиус упругого изгиба из условия ограничения ширины раскрытия нормальной поперечной трещины [с учетом формул (10) и (11)] по формуле Навье составит:

$$[r]_1\ge\begin{cases}\dfrac{0{,}8E_bJ_b+E_0J_0}{M} \text{ при } a_{cr}<10^{-5}\text{ м;}\\ [E_{b,\,red}J_{red}(a_{cr})+E_0J_0]\dfrac{\alpha_{s1}(h_0-y_c)}{a_{cr}E_s(J_b+2\alpha_{s1}J_s)} \\ \text{при } a_{cr}\ge15\cdot10^{-5}\text{ м.}\end{cases} \qquad (12)$$

Сопряженное условие по минимально допустимому радиусу упругого изгиба можно записать как

$$[r]\ge\max([r]_1,\ [r]_2), \qquad (13)$$

где $[r]$ – исполнительный радиус изгиба; $[r]_1$ – минимально допустимый радиус упругого изгиба балластного покрытия; $[r]_2$ – минимально допустимый радиус упругого изгиба трубопровода.

Изгибающий момент $M^q_{\text{изг}}(L/2)$, выраженный через изгибную жесткость $E_{b,\,red}J_{red}$ балластного покрытия, зависит от ширины a_{cr} раскрытия нормальной поперечной трещины, определяемой по формуле (6).

Таким образом, вычислить изгибающий момент, не зная ширины раскрытия поперечной трещины, в данном случае нельзя.

В первом приближении допустимо пренебречь влиянием изгибной жесткости балластного покрытия и вычислить $M^q_{\text{изг}}(L/2)$ по формуле (9) с заменой E_0J_Σ на E_0J_0.

Ошибку, возникающую при определении изгибающего момента вследствие уменьшения значения $k=\sqrt{\dfrac{T_{\text{пр}}}{E_0J_\Sigma}}$, находим по формуле

$$G(L,\ k_0,\ k)=\frac{\theta}{k^2}\left[1-\text{ch}^{-1}\left(k\frac{L}{2}\right)\right], \qquad (14)$$

где $\theta=k_0^2\dfrac{\text{ch}\left(k_0\dfrac{L}{2}\right)}{\text{ch}\left(k_0\dfrac{L}{2}\right)-1}$; $k_0=\sqrt{\dfrac{T_{\text{пр}}}{E_0J_0}}$.

Согласно формуле (14) для пролета трубопровода порядка $100DN$ ошибка вычисления изгибающего момента предложенным методом не превышает 6 %.

Радиусы поворотов трубопровода в вертикальной плоскости определяют из двух условий: прочности и жесткости – условия прилегания трубопровода ко дну траншеи под действием собственной массы [2].

Значение $[r]_2$ – большее из значений радиуса упругого изгиба, найденных из условия жесткости (деформации) $r_{\smile}^{\text{жт}}$ и условия прочности $r_{\smile}^{\text{пр}}$, т.е. $[r]_2 = \max[r_{\smile}^{\text{жт}};\ r_{\smile}^{\text{пр}}]$. Указанные радиусы составляют:

в вертикальной плоскости на вогнутых кривых при укладке трубопровода непрерывной ниткой (условие жесткости) [21]:

$$r_{\smile 1}^{\text{жт}} \geq \sqrt[3]{\frac{384E_0J_\Sigma\left(1-\cos\frac{\alpha}{2}\right)}{3q_0\alpha^4}}, \qquad (15)$$

где α – угол поворота трассы трубопровода; в вертикальной плоскости на вогнутых кривых при укладке трубопровода отдельными плетями (условие жесткости) [21]:

$$r_{\smile 2}^{\text{жт}} \geq \sqrt[3]{\frac{384E_0J_\Sigma\left(1-\cos\frac{\alpha}{2}\right)}{5q_0\alpha^4}};$$

в вертикальной плоскости на вогнутом участке радиус $r_{\smile}^{\text{пр}}$ из условия прочности определяют по формуле [18]

$$r_{\smile}^{\text{пр}} \geq \frac{3E_0D_{\text{н}}}{5\sigma_{\text{и}}}, \qquad (16)$$

где $D_{\text{н}}$ – наружный диаметр трубопровода; $\sigma_{\text{и}}$ – максимально допустимые напряжения изгиба, определяемые как [18]

$$\sigma_{\text{и}} \leq \psi_1\frac{m}{0{,}9k_{\text{н}}}R_2^{\text{н}} - |\mu_0\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} - \alpha_t E_0\Delta t|;$$

$$\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} = \frac{pD_{\text{вн}}}{2\delta_{\text{н}}},$$

$$\psi_1 = \begin{cases} 1 \text{ при } \mu_0\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} - \alpha_t E_0\Delta t > 0, \\ \sqrt{1-0{,}75\left(\dfrac{\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}}}{\dfrac{m}{0{,}9k_{\text{н}}}R_2^{\text{н}}}\right)^2} - 0{,}5\dfrac{\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}}}{\dfrac{m}{0{,}9k_{\text{н}}}R_2^{\text{н}}} \\ \text{при } \mu_0\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} - \alpha_t E_0\Delta t < 0, \end{cases} \qquad (17)$$

где $\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}}$ – кольцевые напряжения от нормативного рабочего давления; μ_0 – коэффициент поперечной деформации стали (коэффициент Пуассона); α_t – коэффициент линейного расширения; Δt – температурный перепад; p – рабочее нормативное давление; $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубопровода; $\delta_{\text{н}}$ – номинальная толщина стенки трубопровода; m – коэффициент условий работы трубопровода, принимаемый по нормативу [17, табл. 1] $k_{\text{н}}$ – коэффициент надежности по ответственности трубопровода, принимаемый по [17 табл. 13]; $R_2^{\text{н}}$ – нормативное сопротивление растяжению (сжатию) металла труб и сварных соединений, равное минимальному значению предела текучести.

Под рабочим нормативным давлением p понимают разность между расчетным внутренним эксплуатационным давлением $p_{\text{эк}}$ и внешним давлением $q_{\text{в}}$ окружающей трубопровод воды (давление столба воды над рассматриваемой точкой подводного трубопровода), т.е. $p = p_{\text{эк}} - q_{\text{в}}$ [3, 8].

Определив минимально допустимый радиус $[r]$ упругого изгиба с учетом условия (13), переходим к проверке условий по критериям прочности и недопустимых пластических деформаций.

Согласно работе [3] *проверку* прочности трубопровода следует проводить по нормативному документу [17]:

$$|\sigma_{\text{пр}}| \leq \psi_2 R_2;$$

$$R_2 = \frac{R_2^{\text{н}}m}{k_2k_{\text{н}}};$$

$$\psi_2 = \begin{cases} 1 \text{ при } \sigma_{\text{пр}} > 0 \\ \sqrt{1\text{-}0{,}75\left(\dfrac{\sigma_{\text{кц}}}{R_2}\right)^2} - \dfrac{\sigma_{\text{кц}}}{2R_2} \text{ при } \sigma_{\text{пр}} > 0. \end{cases} \qquad (18)$$

Здесь R_2 – расчетное сопротивление по пределу текучести; k_2 – коэффициент надежности по мате-

риалу [17, табл. 12]; ψ_2 – коэффициент, учитывающий двуосное напряженное состояние металла труб; $\sigma_{кц} = npD_{вн} / (2\delta_н)$ – кольцевые напряжения от расчетного внутреннего давления, где n – коэффициент надежности по нагрузке – рабочему давлению в трубопроводе [17, табл. 15].

В формуле (18) продольные напряжения $\sigma_{пр}$ определяются в соответствии с правилами строительной механики, а трубопровод рассматривается как прямолинейный или криволинейный стержень.

Проверку деформаций трубопроводов согласно работе [3] следует проводить по [17, п. 12.4.2].

Для предотвращения недопустимых пластических деформаций необходимо выполнять условие:

$$|\sigma^{н}_{пр}| \le \psi_1 \frac{m}{0{,}9k_н} R^{н}_2;$$

$$\sigma^{н}_{кц} \le \frac{m}{0{,}9k_н} R^{н}_2. \qquad (19)$$

Максимальные суммарные продольные напряжения $\sigma^{н}_{пр}$ в формуле (19) определяют с учетом сочетания всех нормативных нагрузок и всех воздействий, вызывающих поперечные и продольные перемещения трубопровода в соответствии с правилами строительной механики. В частности, для прямолинейных и упругоизогнутых участков трубопроводов при отсутствии продольных и поперечных перемещений трубопровода (схема "защемленного" трубопровода), просадок и пучения грунта максимальные суммарные продольные напряжения от нормативных нагрузок и воздействий – давления и перепада температуры, определяют по формуле

$$\sigma^{н}_{пр} = \tilde{\mu}\sigma^{н}_{кц} - \alpha_t \tilde{E}\Delta \pm \frac{\tilde{E}D_н}{2[r]}, \qquad (20)$$

где $\tilde{\mu}$ – переменный коэффициент поперечной деформации; $\tilde{E}$ – переменный модуль упругости.

Переменные параметры упругости в формуле (20):

$$\tilde{E} = \frac{\sigma_i / \varepsilon_i}{1 + \frac{1-2\mu_0}{3E_0}\frac{\sigma_i}{\varepsilon_i}};$$

$$\tilde{\mu} = \frac{\frac{1}{2} - \frac{1-2\mu_0}{3E_0}\frac{\sigma_i}{\varepsilon_i}}{1 + \frac{1-2\mu_0}{3E_0}\frac{\sigma_i}{\varepsilon_i}},$$

где σ_i – интенсивность напряжений, определяемая через главные напряжения; ε_i – интенсивность деформаций, определяемая по интенсивности напряжений σ_i в соответствии с диаграммой деформирования, рассчитываемой по нормированной диаграмме растяжения $\sigma - \varepsilon$ по формулам:

$$\sigma_i = \sigma; \quad \varepsilon_i = \varepsilon - \frac{1-2\mu_0}{3E_0}\sigma.$$

Согласно нормам проектирования магистральных газопроводов расчет деформативности проводится по нормативным нагрузкам и воздействиям с учетом упругопластической работы металла труб в соответствии с пределом текучести материала. Поэтому для расчета используется нормативная диаграмма, а при определении напряжений не учитывается их увеличение из-за минусового допуска и приближенности расчетной схемы [2].

При расчетах магистральных трубопроводов в условиях превышения предела упругости первостепенное значение имеет исходная диаграмма деформации, которая основывается на диаграмме растяжения материала. Для практических расчетов можно рекомендовать приведенную в работе [2] аппроксимацию диаграммы напряжение–деформация, представляемую в виде участков упругой работы, упругопластической работы и упрочнения.

Наряду с расчетом на воздействие внутреннего давления необходим прочностной расчет подводного трубопровода на воздействие на определенных глубинах внешнего гидростатического давления, создающее кольцевые сжимающие напряжения, превышающие допустимые [22] и способные смять стенку трубопровода.

Расчет ПП магистрального трубопровода из обетонированных труб на устойчивость к сохранению положения выполняется с учетом приведенной изгибной жесткости $E_0 J_\Sigma$ сталежелезобетонного сечения [17].

П р и м е р. Рассчитаем минимально допустимый радиус упругого изгиба ПП магистрального трубопровода из обетонированных труб типа II по СТО Газпром 2-2.2-334–2009 при строительстве ПП методом протаскивания по дну траншеи.

Исходные данные: $m = 0{,}75$; $k_н = 1{,}05$, $\mu_0 = 0{,}3$; $\alpha_t = 12 \cdot 10^{-6} 1/^\circ$ С; $\Delta t = 50^\circ$ С; $E_0 = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа; $R_2^н = 360$ МПа; $L = 50$ м; $D_н = 1{,}219$ м; $\delta_н = 0{,}027$ м; $h_1 = 0{,}1$ м; $D_{из} = 1{,}227$ м; $J_0 = 1{,}797 \cdot 10^{-2}$ м^4; $W_0 = 0{,}059$ м^3; $A_0 = 0{,}101$ м^2; $\alpha = 8^\circ$; $p = 7$ МПа; $q_{тр0} =$ $= 7937$ Н/м; $q_{в.в} = 13600$ Н/м; $q_{из} = 312$ Н/м; $D_б =$ $= 1{,}424$ м; $A_б = 0{,}506$ м^2; $E_б = 36 \cdot 10^3$ МПа; $E_{b,\,red} = 1{,}208 \cdot 10^4$ МПа; $R_s = 210$ МПа; $R_b = 20$ МПа; $A_{s,\,tot} = 0{,}001$ м^2.

Расчет.

По формулам (1), (2) определяем коррекцию толщины балластного покрытия и момента инерции сечения: $h_2 = 0{,}122$ м; $J_b = 0{,}119$ м^4.

По формуле (7) для схемы продольно-поперечного изгиба находим максимально допустимый изгибающий момент в сечении: $[M] = 5{,}743$ МН·м.

Определяем, что изгибающие напряжения $\sigma_{из}^{q}(L/2)$ в сечении трубы от действующих нагрузок не превышают допустимые напряжения по условию (17).

По формулам (12), (16) и (15) находим минимально допустимые радиусы упругого изгиба из условий ограничения ширины раскрытия трещины $[r]_1 = 1252$ м; прочности $r_{\cup}^{пр} = 1570(r_{\cup}^{пр})$ м и деформативности $r_{\cup 1}^{жт} = 1328$ м.

Проверяем условия по критерию прочности (18) и недопустимых пластических деформаций (19): получено, что при заданных параметрах радиус $[r] \geq 1570$ м упругого изгиба обеспечивает нормальную эксплуатацию ПП.

Предлагаемая методика расчета учитывает особенности напряженно-деформированного состояния трубопроводов из обетонированных труб и повышает безопасность их эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бабин Л.А., Быков Л.И., Волохов В.Я.** Типовые расчеты по сооружению трубопроводов. М.: Недра, 1979. 176 с.

2. **Айнбиндер А.Б.** Расчет магистральных и промысловых трубопроводов на прочность и устойчивость: Спр. пособие. М.: Недра, 1991. 288 с.

3. **Капустин К.Я., Камышев М.А.** Строительство магистральных трубопроводов. М.: Недра, 1982. 207 с.

4. **Камерштейн А.Г., Рождественский В.В., Ручимский М.Н.** Расчет трубопроводов на прочность. Справочная книга. М.: Недра,1963. 440 с.

5. **Коршак А.А., Нечваль А.М.** Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов. Учебник для вузов. СПб.: Недра, 2008. 488 с.

6. **Петров И.П., Спиридонов В.В.** Надземная прокладка трубопроводов. М.: Недра, 1965. 447 с.

7. **Азметов Х.А., Матлашов И.А., Гумеров А.Г.** Прочность и устойчивость подземных трубопроводов. СПб.: Недра, 2005. 248 с.

8. **Бородавкин П.П., Березин В.Л., Шадрин О.Б.** Подводные трубопроводы. М.: Недра, 1979. 415 с.

9. **Шаммазов А.М., Мугаллимов Ф.М., Нефедова Н.Ф.** Подводные переходы магистральных нефтепроводов. М.: Недра-Бизнесцентр, 2000. 237 с.

10. **Левин С.И.** Подводные трубопроводы. М.: Недра, 1970. 230 с.

11. **СП 63.13330.2012.** Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М.: ФАУ "ФЦС", 2012.

12. **СП 35.13330.2011.** Мосты и трубы. М.: Центр проектной продукции массового применения, 2011.

13. **СП 52-101–2003.** Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения. СПб.: ДЕАН, 2005.

14. **СП 52-102–2004.** Предварительно напряженные железобетонные конструкции. М.: НИЦ "Строительство", 2005.

15. **СТО Газпром 2-2.2-334–2009.** Ремонт и строительство магистральных газопроводов в обводненной и заболоченной местности, на подводных переходах с применением обетонированных труб. М.: ОАО "Газпром", 2009.

16. **Елисеев В.В., Зиновьева Т.В.** Нелинейно-упругая деформация подводного трубопровода в процессе укладки // Вычислительная механика сплошных сред. 2012. Т. 5. № 1. С. 70–78.

17. **СП 36.13330.2012.** Магистральные газопроводы. М.: ФАУФУС, 2012.

18. **Типовые** расчеты при сооружении и ремонте газонефтепроводов / Л.И. Быков, Ф.М. Мустафин, С.К. Рафиков и др. СПб.: Недра, 2006. 824 с.

19. **Бородавкин П.П., Березин В.Л.** Сооружение магистральных трубопроводов. М.: Недра, 1979. 407 с.

20. **Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В.** Справочник по сопротивлению материалов. Киев: Наукова думка, 1988. 736 с.

21. **Справочник** по проектированию магистральных трубопроводов / А.К. Дерцакян, М.Н. Шпотаковский, Б.Г. Волков и др. Л.: Недра, 1977. 519 с.

22. **НД № 2-020301–003.** Правила классификации и постройки морских подводных трубопроводов. СПб: Российский морской регистр судоходства, 2012. 283 с.

УДК 678.632;539.2

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИМИДАЗОЛИНАМИ НА ОСНОВЕ ДИСТИЛЛИРОВАННЫХ ПРИРОДНЫХ НЕФТЯНЫХ КИСЛОТ И ПОЛИАМИНОВ

Н.Р. Абдуллаева, канд. хим. наук; **М.Н. Амирасланова,** канд. хим. наук;
Р.В. Алиева, д-р хим. наук; **Н.Р. Бекташи,** канд. хим. наук; **А.М. Мустафаев,** канд. техн. наук;
Р.А. Рустамов, канд. хим. наук; **Ф.А. Мамедзаде, Ш.Р. Алиева, А.П. Алиева,** ИНХП НАНА, г. Баку

Гель-хроматографическим методом исследовано молекулярно-массовое распределение фенолформальдегидных олигомеров, модифицированных имидазолинами на основе дистиллированных природных нефтяных кислот и полиаминов. Изучена зависимость средневесового и среднечислового молекулярных масс, полимолекулярности модифицированных олигомеров от их компонентного и количественного состава. Выявлены закономерности и высказаны предположения относительно числа фенолформальдегидных фрагментов в составе олигомерных макромолекул.

Ключевые слова: гель-хроматография; фенолформальдегидные олигомеры; модификация; дистиллированные нефтяные кислоты; полиамины; имидазолины.

STUDY OF MOLECULAR-WEIGHT DISTRIBUTION OF PHENOLFORMALDEHYDE OLIQOMERS, MODIFIED WITH IMIDAZOLINES, BASED ON DISTILLED NATURAL PETROLEUM ACIDS AND POLYAMINES

**Abdullayeva N.R., Amiraslanova M.N., Aliyeva R.V., Bektashi N.R.,
Mustafayev A.M., Rustamov R.A., Mamedzade F.A., Alieva Sh.R., Alieva A.P.,** NANA, Baku

The molecular-weight distribution of the phenolformaldehyde oligomers, modified with imidazolines based on distilled natural petroleum acids and polyamines, have been investigated by means of gel-chromatographic method. The dependence of the weight average and number average molecular weights, polymolecularity of modified oligomers on their component and quantity composition have been studied. The regularities have been identified and assumptions have been spoken on the number of phenolformaldehyde fragments composed of macromolecules.

Keywords: gel chromatography; phenolformaldehyde oligomers; modification; distilled petroleum acids; polyamines; imidazolines.

Как известно, с целью улучшения комплекса свойств фенолформальдегидных олигомеров (ФФО) их подвергают модификации различными соединениями, среди которых особое место занимают азотсодержащие [1–3]. Преимущество их в качестве модификаторов в основном заключается в высокой полярности, реакционноспособности, а также роли в уменьшении содержания свободного

фенола, что является показателем экологической безопасности продукта.

Введение азотсодержащих функциональных групп в состав макромолекул ФФО способствует их обогащению полярными фрагментами (наряду с фенольными гидроксилами и метилольными группами) и определяет высокую адгезию к поверхности металла, тем самым усиливая защитные свойства [4, 5]. Для синтеза нового ряда азотсодержащих ФФО в качестве модификаторов использованы имидазолины на основе дистиллированных природных нефтяных кислот (ДПНК) и полиаминов (ПА) – диэтилентриамина (ДЕТА), триэтилентетраамина (ТЭТА), полиэтилен полиаминов (ПЭПА). Выбор их в качестве модификаторов связан с наличием сырьевых ресурсов, существованием реальных технологий их синтеза, насыщенностью азотом, одним из электроотрицательных элементов, а также успешным применением подобных соединений в качестве ингибиторов коррозии [6, 7].

В предлагаемой статье приведены результаты гель-хроматографического исследования молекулярно-массового распределения (ММР) ФФО, модифицированных имидазолинами различного состава. Олигомеры были анализированы на высокоэффективном жидкостном хроматографе с рефрактометрическим детектором производства фирмы "Ково" (Чехия) методом эксклюзивной хроматографии. Была использована неподвижная фаза Separon-SGX размером 3,3×150 мм, с размером частиц – 7 мкм и пор 100 A^0, а в качестве элюента был взят диметилформамид со скоростью течения 0,3 мл/мин. Анализы проведены при температуре 20–25 °С. При определении ММР параметров калибровочная зависимость lg м от V_R в диапазоне $M = (1{,}5\times100)\cdot10^2$ получена с использованием полиэтиленгликоля в качестве стандарта. Эта зависимость выражается $V_R = C_1 - C_2\lg M$, где $C_1 = 24{,}4$; $C_2 = 4{,}0$. Вычисления проведены по уравнениям:

$$M_w = \Sigma M_i \omega_i;$$

$$M_n = \frac{1}{\frac{\omega_i}{\Sigma M_i}},$$

где M – молекулярная масса, соответствующая i площади хроматограммы; ω_i – доля площади части i.

Хроматограммы ФФО, модифицированных имидазолинами различного состава, приведены на рисунке.

На рисунке изображены хроматограммы образцов модифицированных ФФО следующего состава:

а) ФФО, модифицированный имидазолином на основе ДПНК и ДЭТА (полученного при их мольном соотношении 1:1), при этом мольное соотношение фенола, формальдегида и имидазолина составляет 1:0,85:0,05;

б) ФФО, полученный аналогично образцу 1) при продолжительности процесса модификации в 2 раза дольше;

в) ФФО, синтезированный аналогично пункту 1) с использованием смеси фенола с моноалкил (C_8–C_{12}) фенолами, где последние составляют половину мольного количества фенольных компонентов;

г) олигомер, полученный модификацией синтезированного ФФО имидазолином в растворителе – диоксане, в качестве исходного компонента использован фенол, а в качестве азотсодержащего модификатора имидазолин на основе ДПНК и ДЭТА;

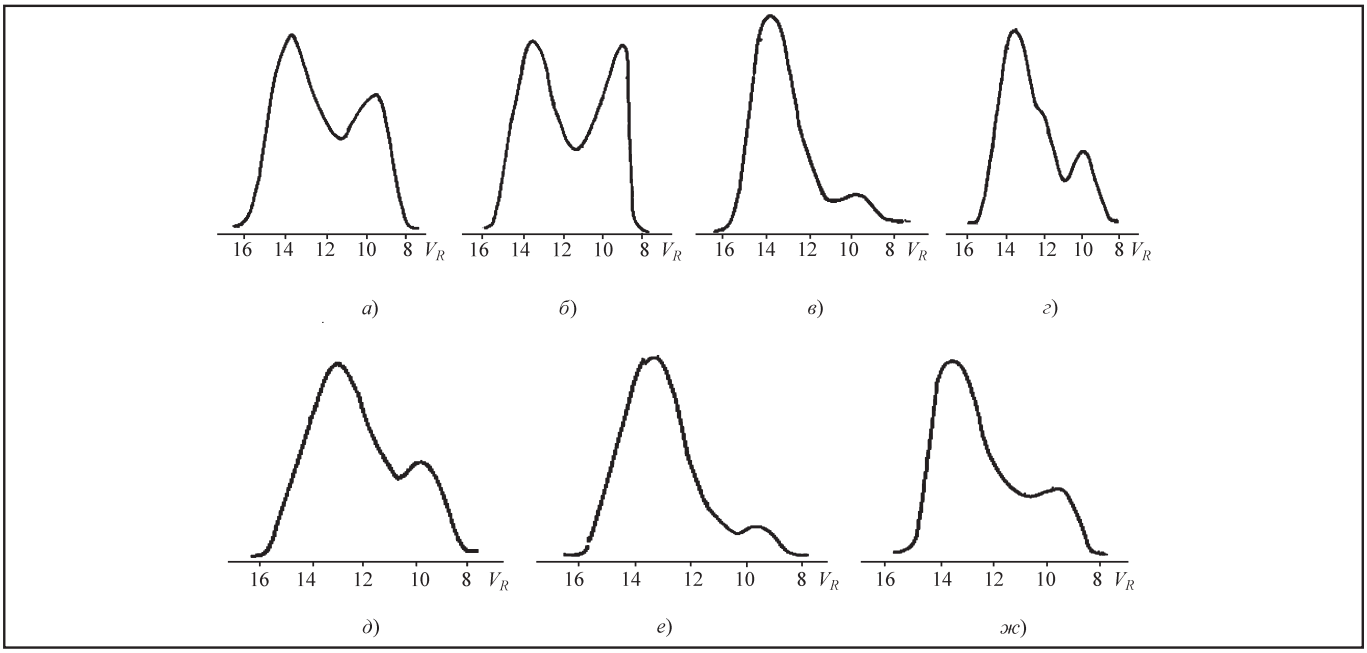
д) олигомер, синтезированный аналогично пункту 4), где массовое количество имидазолина на основе ДПНК и ДЭТА в два раза меньше;

е) ФФО, модифицированный имидазолином на основе ДПНК и ТЭТА (полученного при их мольном соотношении 2:1), при этом мольное соотношение фенола, формальдегида и имидазолина составляет 1:0,85:0,015;

ж) ФФО, модифицированный имидазолином на основе ДПНК и ПЭПА (полученного при их мольном соотношении 3:1), при этом мольное соотношение фенола, формальдегида и имидазолина составляет 1:0,85:0,01.

Показатели средневесовых (M_w) и среднечисловых (M_n) молекулярных масс, рассчитанных по хроматограммам, приведены в таблице.

Как видно из таблицы, независимо от состава использованных имидазолинов, а также метода проведения модификации (образцы № 4 и № 5 получены способом модификации готового ФФО в растворителе), все образцы состоят из отличающихся по молекулярным массам высокой (I) и низкой (II) фракций: для ФФО, модифицированных имидазолином на основе ДПНК и ДЭТА (образцы



Гель-хроматограммы, модифицированные имидазолинами ФФО

Показатели молекулярно-массового распределения ФФО, модифицированных имидазолинами различного состава

№	Содержание фракции, %	ММР		
		M_w	M_n	M_w / M_n
1	33,5	5300	4340	1,22
	66,5	780	475	1,64
	–	2305	668	3,45
2	43,5	5354	4260	1,25
	56,5	670	470	1,42
	–	2757	780	3,53
3	14,0	4943	4268	1,16
	86,0	617	435	1,42
	–	990	470	2,11
4	15,0	4580	4098	1,12
	85,0	783	550	1,42
		1363	630	2,16
5	23,0	5250	4456	1,12
	87,0	790	522	1,50
	–	1868	665	2,81
6	8,5	5020	4550	1,10
	91,5	704	446	1,58
	–	1058	480	2,20
7	18,0	5194	4643	1,12
	82,0	870	562	1,55
	–	1636	658	2,49

Примечание: Выделенные числа соответствуют итоговым значениям средней молекулярной массы образцов олигомеров.

№ 1 и № 2), при содержании I фракции 33,5–43,5 %, M_w = 5300 – 5354, M_n = 4260 – 4340, а для II фракции при содержании 56,5–66,5 % аналогичные показатели составили M_w = 670 – 780, M_n = 470 – 475.

Отчетливо видно отличие ФФО, полученных модификацией в растворителе (образцы № 4 и № 5), от отмеченных ранее по низкому содержанию высокой фракции. Меняясь в интервале 15–23 %, среднемассовая и среднечисловая молекулярные массы принимают значения M_w = = 4580 – 5250, M_n = 783 – 790. При использовании смеси фенола и алкил (С8-С12) фенолов (образец № 3) происходит приблизительно то же самое и аналогичные показатели для высокой фракции с процентным количеством 14 %, равны M_w = 4943, M_n = 4268, тогда как для низкой фракции, составляющей 86 % – M_w = 617, M_n = 435. Следует отметить, что в составе олигомеров, модифицированных с более высокомолекуляными имидазолинами на основе ТЭТА и ПЭПА (образцы № 6 и № 7), содержание высокой фракции меньше – 8,5–18 %, а показатели меняются в интервале M_w = 5020 – 5194, M_n = 4550 – 4643, при этом 82–91,5 % приходится на долю низкой фракции: M_w = 704 – 870, M_n = 446 – 562.

Однако, как правило, высокая фракция всех олигомеров характеризуется более узкой полидисперсностью – 1,10–1,25, очень близкой к показателю мономолекулярной системы. По сравнению с высокой фракцией полидисперсность низкой фракции в целом больше в 1,14–1,44 раза, меняясь в интервале 1,42–1,64. Иными словами, высокие фракции обладают низкой полидисперсностью. Как видно, высокомолекулярные фракции являются частью олигомеров, состоящей из макромолекул, в состав которых входят фрагменты имидазолинов и значительно малое мольное количество модификатора по сравнению с фенольным компонентом определяет тот факт, что фрагменты имидазолина входят в состав очень малого количества макромолекул.

С другой стороны, учитывая вероятность подвержения имидазолинов гидролизу и превращения в моноацилированные диамины, их функциональность, будучи равной 2 и более, может способствовать росту цепи в нескольких направлениях. Следовательно, это скажется на средней молекулярной массе высокой фракции и т.д. На основании вышесказанного предполагается, что число фенольных фрагментов, повторяющихся в высоких фракциях, равно ~ 30–35 и больше, а в низких фракциях ~ 5–7.

Резкое различие показателей средневесовой и среднечисловой молекулярных масс отдельных фракций отражается на конечном значении средней молекулярной массы, которая меняется в интервале M_w = 990 – 2757, M_n = 470 – 780, а также общая полидисперсность по сравнению с отдельными фракциями принимает более высокие значения, составив 2,11–3,53.

В заключение приведены наблюдаемые закономерности:

– ФФО, модифицированные имидазолинами различного состава, состоят из двух фракций – низкой и высокой средней молекулярной массы;

– ФФО, модифицированные с более низкомолекулярным имидазолином (на основе ДПНК и ДЭТА), обладают большим процентным содержанием высокой фракции;

– отдельным фракциям присуще более узкое значение ММР, а конечному продукту более широкое;

– на основе анализа полученных результатов можно предположить, что число фенолформальдегидных фрагментов, повторяющихся в высоких фракциях, составляет ~ 30–35 и более, а в низких фракциях ~ 5–7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Амирасланова М.Н.** Новые способы синтеза фенолформальдегидных олигомеров // Журнал "Пластические массы", 2015. № 3/4. С. 18–23.

2. **Мачуленко Л.Н., Нечаев А.И., Салазкин С.Н., Камарова Л.И.** Синтез и термические свойства новых фенолформальдегидных сополимеров на основе смесей фенола и фталидсодержащего анизола // Пластические массы, 2012. № 9. С. 21–25.

3. **Espinoza M.A., Cadiz V., Galia M.** Synthesis and characterization of benzoxazine-based phenolic resins. Crosslinking study // J. Appl. Polym. Sci., 2003. V. 90. № 2. P. 470–481.

4. **Hu X.M., Wang D.M., Cheng W.M., Zhou G.** Effect of polyethyleneglycol on the mechanical property, microstructure, thermal stability, and flame resistance of phenol-urea-formaldehyde foams // Journal of Materials Science, 2014. V. 49. № 4. P. 1556–1565.

5. **Lecka Janina, Dukarska Dorota, Mirski Rodoslav.** The effect of modification of phenol-formaldehyde resin with bisphenol A and urea on properties of particle boards // Ann. Warsaw Univ. Life Sci. Forest. And Wood Technol., 2007. № 62. P. 12–16.

6. **Мамедова Г.Ф.** Синтез и исследование ингибирующих свойств нефте- и водорастворимых производных на основе полиаминов: Дисс... канд. хим. наук. Баку. 2009. 165 с.

7. **Аббасов В.М., Мамедова Т.А., Велиев Х.Р., Кесеменли Х.Г.** Использование ультразвуковой кавитации в синтезе амино- и гидроксиэтил имидазолинов жирных кислот // Автогазозаправочный Комплекс + Альтернативное топливо, 2014. № 5. С. 17–24.

УДК 629.621.436.018.001

ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗГОНОВ ДИЗЕЛЯ ПОСЛЕ ПУСКА

Н.Н. Патрахальцев, д-р техн. наук;
А.А. Савастенко, Бехджуйан Хоссейн (Иран), Российский университет дружбы народов, г. Москва

Приведены результаты расчетно-экспериментальных исследований экстренных разгонов дизеля после пусков, в том числе после пусков из холодного состояния в условиях низких температур окружающего воздуха. Повышение эффективности пусков – разгонов достигается оперативной, т.е. во время работы дизеля, добавкой к основному дизельному топливу легко воспламеняющееся жидкости.

Ключевые слова: дизель; холодный пуск; разгон; альтернативные топлива; легко воспламеняющиеся жидкости.

THE USE FLAMMABLE LIQUID TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF A DIESEL ENGINE ACCELERATION AFTER START

Patrahaltsev N.N., Dr. of technical sciences; **Savastenko A.A.,**
Behdzhuyan Hossain, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

There presented some results of investigation of diesel cold starting and accelerating in extraordinary conditions. The rising of effectiveness of those regimes is attained by addition of light inflammable liquid into diesel fuel during the engine operation.

Keywords: diesel; cold starting; acceleration; alternative fuels; light inflammable liquids.

В условиях эксплуатации транспортные дизели до 80–90 % времени работают на неустановившихся режимах (НУР), что приводит к снижению показателей эффективности работы установок [1]. Наиболее важными эксплуатационными режимами работы автотранспортных двигателей являются разгоны. В различных экстремальных ситуациях это могут быть разгоны сразу после пуска. Предельно возможным является разгон после "холодного" пуска, т.е. пуска холодного дизеля в условиях низких температур окружающего воздуха. В предельных ситуациях по тепловому состоянию такие пуски происходят с использованием средств облегчения пуска, например, с применением легко воспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), которые подаются достаточно кратковременно на впуске дизеля [2]. Однако внешнее смесеобразование по ЛВЖ в период пуска-разгона опасно из-за возможности появления преждевременного, до достижения поршнем верхней мертвой точки, самовоспламенения смеси в результате прогрева двигателя. Это создает опасные повышенные динамические нагрузки на детали кривошипно-шатунного механизма, а также опасность остановки и проворачивания вала двигателя в обратном направлении. Для устранения этих недостатков целесообразно подавать ЛВЖ в основное дизель-

ное топливо с помощью клапанов регулирования начального давления (РНД) [3] вблизи форсунки в периоды между очередными циклами топливоподачи [4, 5]. Благодаря этому полученное таким образом смесевое топливо впрыскивается в цилиндры дизеля вблизи ВМТ, устраняется вероятность преждевременного самовоспламенения смеси и достигается возможность работы дизеля с добавкой ЛВЖ во всем диапазоне возможных режимов.

В связи с потерями производительности и экономичности дизеля, работающего на неустановившихся режимах, актуальными являются разработки методов и средств повышения эффективности НУР. То есть повышения относительных показателей качества НУР (П) по моменту ($П_{Me}$) или мощности ($П_{Ne}$) двигателя или установки, относительных отклонений (ΔП) средних моментов или мощностей за время переходных процессов (n) разгонов, которые были предложены в работе [6] и которые могут быть представлены в следующем виде:

$$П_{Me} = \frac{\overline{M_{e.n}^{нур}}}{\overline{M_{e.n}^{ур}}} = \frac{\int_0^{t_{пр}} M_{e.n}^{нур}(t)dt}{\int_0^{t_{пр}} M_{e.n}^{ур}(t)dt}; \quad (1)$$

$$П_{Ne} = \frac{\overline{N_{e.n}^{нур}}}{\overline{N_{e.n}^{ур}}} = \frac{\int_0^{t_{пр}} N_{e.n}^{нур}(t)dt}{\int_0^{t_{пр}} N_{e.n}^{ур}(t)dt}; \quad (2)$$

$$П_{Me} = \frac{\overline{M_{e.n}^{нур}}}{\overline{M_{e.n}^{ур}}} - 1; \quad (3)$$

$$П_{Ne} = \frac{\overline{N_{e.n}^{нур}}}{\overline{N_{e.n}^{ур}}} - 1, \quad (4)$$

где t, $t_{пр}$ – время текущее и время приемистости, продолжительности переходного процесса пуска – разгона; $\overline{N_{e.n}^{нур}}$; $\overline{N_{e.n}^{ур}}$; $\overline{M_{e.n}^{нур}}$; $\overline{M_{e.n}^{ур}}$ – средние мощности и моменты за время переходного процесса (п) при фактическом неустановившемся режиме (НУР) и при расчетном – квазистатическом представлении НУР.

Важным является создание возможностей повышения коэффициентов их загрузки ($K_з$) по моменту и мощности в таких условиях,

$$K_{з.Me} = \overline{M_{e.n}^{нур}} / M_{e.н}; \quad (5)$$

$$K_{з.Ne} = \overline{N_{e.n}^{нур}} / N_{e.н}, \quad (6)$$

а также определение относительных показателей по моменту или мощности при НУР и УР:

$$K_{Me} = M_{e.n}^{нур} / M_e^{ур}; \quad (7)$$

$$K_{Ne} = N_{e.n}^{нур} / N_e^{ур}, \quad (8)$$

где $M_{e.n}^{нур}$, $M_e^{ур}$, $N_{e.n}^{нур}$ и $N_e^{ур}$ – текущие значения моментов и мощности в сходственных (по положениям регулирующего органа ТНВД и частоты вращения) циклах (режимах) НУР и УР; $M_{e.н}$, $N_{e.н}$ – номинальные значения момента и мощности (при УР). Анализ эффективности предлагаемого метода регулирования дизеля добавкой ЛВЖ к основному топливу проведен также с определением относительного выигрыша во времени выполнения операций пусков – разгонов двигателя или установки с ним:

$$\overline{\Delta t} = 1 - (t_{пр.\ лвж} / t_{пр.\ шт}), \quad (9)$$

где $t_{пр.\ шт}$, $t_{пр.\ лвж}$ – время приемистости двигателя в штатном состоянии (шт) и с подачей ЛВЖ при реализации режимов разгонов горячего или холодного дизеля после пуска соответственно в нормальных условиях и условиях низ кой температуры окружающего воздуха.

Ранее было показано [1, 6], что в начале разгонов от пусковой частоты вращения относительные показатели качества протекания неустановившихся режимов дизеля в штатном исполнении для горячего состояния могут снижаться на величины до 60 %. Для холодного – до

80 %, а средние за время приемистости установки (т.е. системы дизель – потребитель энергии) относительные показатели качества НУР снижаются на 14–34 % для горячего и на 56–81 % для холодного состояния. Коэффициенты загрузки двигателя по моменту в тех же условиях для горячего двигателя составляют 0,70–0,85, а для холодного – 0,20–0,40. Снижение коэффициента загрузки по моменту двигателя по сравнению с квазистатическим представлением НУР составляет 30 и 80 % для горячего и холодного состояний дизеля при самом коротком разгоне и 14 и 57 % – при достаточно длительном в этих условиях. (Показатели качества при квазистатическом представлении НУР определены математическим моделированием режимов разгонов.)

В данной работе показаны возможности повышения показателей качества протекания НУР разгонов дизеля типа Д-240 (4Ч11/12,5) и установок с ним путем использования метода "физико-химического" регулирования (ФХР) дизеля [7], т.е. регулирования его рабочего процесса путем изменения физико-химических и моторных свойств топлива. Это достигается оперативной, т.е. во время работы дизеля, добавкой в основное дизельное топливо (ДТ) вблизи форсунки жидкой фазы легко воспламеняющейся жидкости (ЛВЖ) с помощью систем с регулированием начального давления топлива (РНД). При этом добавки в необходимые моменты вводятся в линии высокого давления топливных систем в периоды между очередными циклами топливоподачи в максимальной близости к форсунке, где смешиваются с основным ДТ, а затем впрыскиваются в цилиндры двигателя штатной форсункой обычным порядком в виде смесевых топлив, эмульсий.

Повышенные относительные показатели качества НУР, т.е., по существу, возможности форсирования дизеля при вводе ЛВЖ через РНД, связаны с улучшением процессов смесеобразования – сгорания, благодаря легким фракциям, с интенсификацией топливоподачи в начальной стадии, благодаря повышению начального давления топлива в линии высокого давления, а также благодаря увеличению суммарной цикловой подачи при тех же частотах вращения и положениях рейки ТНВД. Добавки ЛВЖ к ДТ снижают дымность ОГ и позволяют форсировать двигатель по мощности без превышения установленного предела дымления. В результате достигается форсирование дизеля по мощности, заметно сокращаются времена приемистости дизеля и установки ($t_{пр.\,д}$ и $t_{пр.\,уст}$). Так, разгон горячего дизеля (т.е. $t_{пр.\,д}$) сократился с 5,5 с до 4,5 с, а холодного – с 9,3 до 8 с. Разгоны горячей и холодной установок (т.е. $t_{пр.\,уст}$) сократились с 7,4 и 12,5 с соответственно в горячем или холодном состоянии до 6 и 10,8 с.

Потеря эффективности в зоне низких оборотов для случая разгона горячего дизеля ($Me_{(Г)}$) связана с наличием переходных процессов в топливной аппаратуре, в системе воздухоснабжения, с отставанием теплового состояния двигателя от уровня теплового состояния при установившихся режимах (УР) внешней скоростной характеристики (ВСХ). Разгоны с добавками ЛВЖ горячего (Г) и холодного (Х) двигателя ($Me_{(Г).лвж}$ и $Me_{(Х)\,лвж}$) протекают не только после пуска с вводом ЛВЖ через РНД, но и во время процессов разгонов. Поэтому эффективность дизеля в горячем разгоне даже превышает эффективность дизеля, работающего по ВСХ. Это связано прежде всего с повышением цикловых подач топлива, благодаря вводу ЛВЖ через РНД. Кроме того, ввод ЛВЖ через РНД стабилизирует топливоподачи, исключает появление переходных процессов в линии высокого давления (ЛВД) топливной системы.

На эффективность развиваемых моментов при пусках – разгонах холодного дизеля с вводом ЛВЖ через РНД ($Me_{(Х).\,лвж}$) влияет прежде всего низкое тепловое состояние двигателя. Ввод ЛВЖ через клапан РНД не только устраняет переходные процессы в топливной системе, не только повышает производительность топливоподач, но и уменьшает задержки воспламенения. Повышенная эффективность приводит к более высокому ускорению разгона дизеля. В ре-

зультате дизель в этом случае быстрее достигает той же частоты вращения, на что тратится меньше времени. Однако дизель к этому моменту прогревается в меньшей степени. Это отрицательно сказывается на развиваемом моменте ($M_{e.(X).\ лвж}$), который все же остается выше, чем крутящие моменты холодного дизеля в разгоне после пуска с кратковременным вводом ЛВЖ на всасывании ($M_{e.(X)}$) (рис. 1).

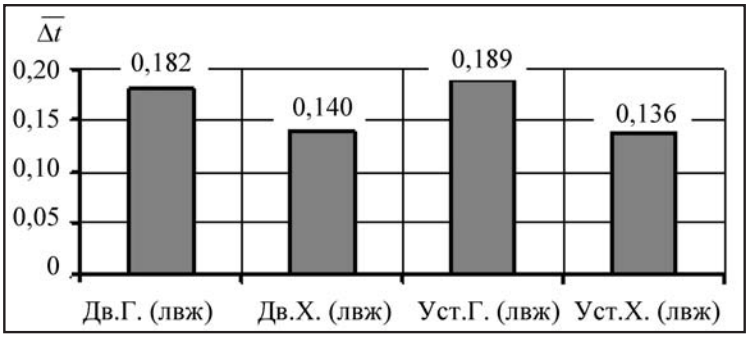


Рис. 1. *Сравнение относительных выигрышей ($\overline{\Delta t}$) во времени выполнения операций разгонов от 100 мин$^{-1}$ двигателя (Дв) или установки (Уст) при применении метода физико-химического регулирования (ФХР) добавкой ЛВЖ к основному топливу*

Видно, что наибольшая интенсивность разгона получена при применении системы РНД для подачи ЛВЖ на "горячем" двигателе. "Холодный" двигатель с такой системой также разгоняется достаточно быстро, причем у него, в отличие от разгонов холодного дизеля без ФХР, нет режимов неустойчивого пуска [8], т.е. пуска – разгона из холодного состояния, когда происходит самовыключение двигателя при некоторой, уже повышенной, частоте вращения из-за чрезмерного увеличения угла задержки воспламенения при снижающейся задержке в единицах времени (из-за быстрого повышения частоты вращения). Таким образом, при реализации длительных разгонов из горячего состояния добавкой ЛВЖ удается сократить время приемистости на 18–19 %, а из холодного состояния – на 13–14 %, вне зависимости от продолжительности разгона в выявленных пределах (двигатель или установка). В то же время следует отметить, что холодное состояние двигателя снижает достижимый выигрыш от применения метода ФХР примерно на 20 %. Можно отметить, что средние моменты и мощности штатного двигателя и установки возрастают с ростом длительности разгона, так как возрастает доля времени работы вблизи повышенного скоростного режима после окончания разгона (за 4,1 с) (рис. 2).

Существенно более низкие значения показателей при коротком (за 4,1 с) разгоне холодного двигателя или установки объясняются незавершенностью разгона, полная длительность которого равна 10,8 с. Коэффициенты загрузки по моменту двигателя или установки в штатном исполнении близки к единице, как для коротких, так и для длительных разгонов, как для штатного исполнения, так и для горячего состояния при

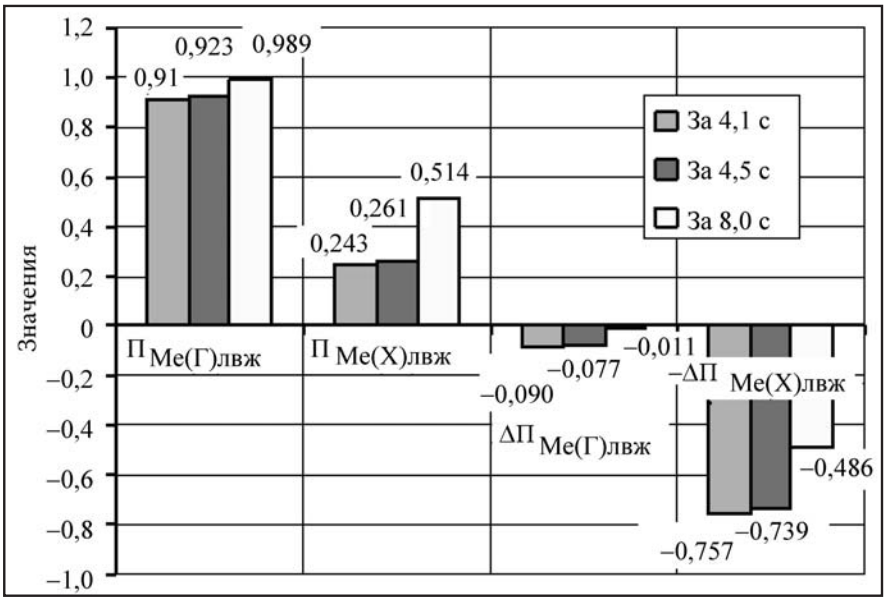


Рис. 2. *Изменения средних (за время работы t, т.е. время разгона от 100 мин$^{-1}$ плюс некоторое время работы при конечном УР) относительных показателей качества НУР по моменту ($П_{Me}$), а также изменения относительных отклонений средних крутящих моментов ($\Delta П_{Me}$) за переходные процессы разгонов горячего (Г) или холодного (Х) двигателей при применении метода ФХР (добавкой ЛВЖ к топливу)*

Сравнение показателей качества (по моменту ($П_{Me}$) и по мощности ($П_{Ne}$) процессов НУР с коэффициентами загрузки по моменту ($K_{з.Me}$) и по мощности ($K_{з.Ne}$) по результатам разгонов двигателя (от 100 мин$^{-1}$) с применением ЛВЖ

$t_{пр}$	$П_{Me(Г)лвж}$	$K_{з.Me(Г)лвж}$	$П_{Me(Х)лвж}$	$K_{з.Me(Х)лвж}$	$П_{Ne(Г)лвж}$	$K_{з.Ne(Г)лвж}$	$П_{Ne(Х)лвж}$	$K_{з.Ne(Х)лвж}$
4,1	0,91	0,89	0,243	0,238	0,82	0,429	0,075	0,039
4,5	0,923	0,905	0,261	0,256	0,856	0,484	0,084	0,048
8,0	0,989	0,978	0,514	0,508	0,982	0,742	0,358	0,271

применении ЛВЖ. А вот при холодном состоянии двигателя эти коэффициенты уменьшаются почти в 4 раза для коротких разгонов и в 2 раза – для длительных. В коротких разгонах горячего двигателя и установки (с ЛВЖ) коэффициенты загрузки по мощности на 15 и 30 % ниже, чем в штатном исполнении.

В коротких разгонах холодного двигателя или установки (даже с ЛВЖ) коэффициенты загрузки по мощности снижаются практически в 10 раз по сравнению со штатными условиями. В длительных режимах эти показатели снижаются лишь в 1,5–3 раза.

Можно проследить изменение показателей качества НУР (П) и коэффициентов загрузки двигателя ($K_з$) в условиях только времен приемистости ($t_{пр}$), которые для каждого случая разгона конечно различны. Так, если в горячем состоянии $K_{з.Me}$ за $t_{пр}$ = 4,5 с составляет 0,923, то в холодном состоянии, т.е. за $t_{пр}$ = 8,0 с, этот показатель снижается до 0,514. Еще существеннее изменяются показатели качества НУР и коэффициенты загрузки по мощности. Так, для $t_{пр}$ = = 4,5 с (разгон горячего двигателя) $П_{Ne}$ и $K_{з.Ne}$ составляют 0,856 и 0,484, а для длительного холодного разгона за 8,0 с – 0,358 и 0,271, т. е. холодное состояние привело к снижению (относительно горячего состояния) показателей П и $К_з$ в 2,3 и 1,8 раз соответственно. Указанные закономерности примерно сохраняются и для разгонов установки (горячей и холодной, при применении ЛВЖ) (таблица).

Для установки с дизелем коэффициенты загрузки по моменту и показатели качества НУР по моменту близки по своим значениям. Для холодного состояния они в 2–4 раза ниже, чем для горячего. Показатели качества и коэффициенты загрузки по моменту достаточно близки между собой при одинаковом тепловом состоянии (Г или Х), а по мощности для одинаковых условий существенно различаются, что связано с влиянием на них частоты вращения. Очевидно, что с увеличением длительности режима показатели качества НУР и коэффициенты загрузки по мощности возрастают.

На рис. 3 показано, что в разгонах от пусковой частоты вращения как двигателя, так установки, как из горячего, так и из холодного состояний применение ЛВЖ позволяет примерно на 15–20 % повысить показатели П и $К_з$. Из приведенных данных видно, что, хотя время приемистости ($t_{пр}$) в условиях холодных двигателей, конечно, больше, чем горячих, но применение ЛВЖ заметно улучшает эти показатели.

Так, выигрыш в относительном времени выполнения операций разгонов холодных двигателя или установки за счет применения ЛВЖ достигает 18 %, а в условиях горячего – лишь 14 %. Коэффициенты загрузки по моменту и показатели качества НУР по моменту разгонов установки близки по своим значениям.

Для холодного состояния они в 2–4 раза ниже, чем для горячего. Аналогичные исследования проведены с использованием времени разгона от минимально устойчивой частоты вращения (n = 700 мин$^{-1}$) до номинальной. При этом конечно проводились пуски и разгоны, но регистрация характеристик разгона проводилась после достижения 700 об/мин.

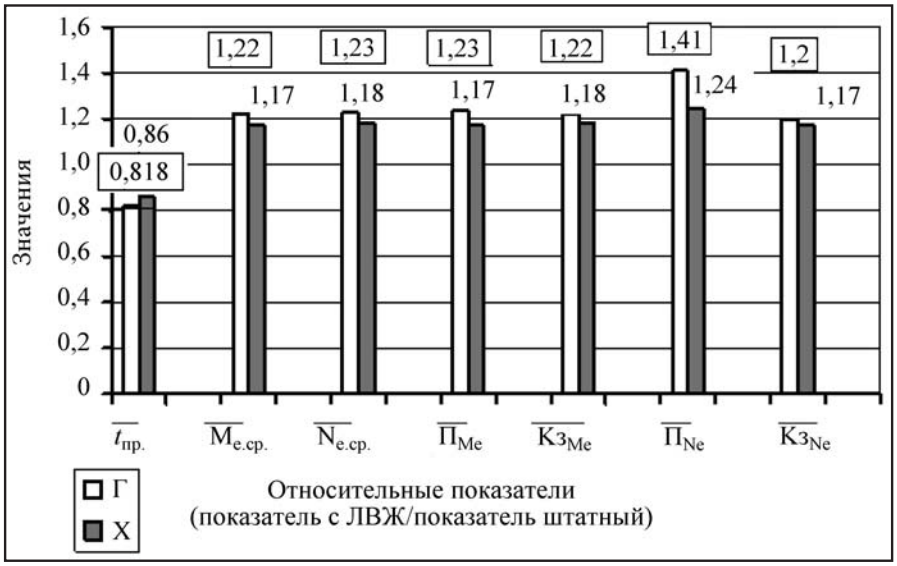


Рис. 3. *Изменение относительных показателей эффективности НУР разгона двигателя от 100 мин$^{-1}$ при применении метода ФХР добавкой ЛВЖ к основному топливу:* $\overline{t_{пр}} = t_{пр.лвж} / t_{пр.шт}$, $\overline{M_{е.ср}} = M_{е.ср.лвж} / M_{е.ср.шт}$ *и т.д. за время приемистости установки с холодным двигателем* ($t_{пр}$ = *10,8 с)*

Применение ЛВЖ повышает средний крутящий момент $M_{ср}$ на 22 и 18 % при разгонах двигателя от пусковой частоты вращения соответственно в горячем и холодном состояниях. Применение ЛВЖ в разгонах от пусковой частоты вращения более эффективно, чем при разгонах от минимально устойчивой частоты, как для холодного, так и для горячего состояний. При этом эффективность применения ЛВЖ более высока для горячего состояния двигателя (24–27 %), чем для холодного (около 16–18 %). Применение ЛВЖ в разгонах от минимальной частоты дает более низкие приращения условной средней эффективности (12,3–15,1 %). При этом увеличение эффективности для холодного состояния несколько более высоко, чем для горячего (13–15,1 %). Эффективность применения ЛВЖ более высока при реализации неустановившихся режимов (повышение моментов и мощностей на 12–20 %), чем при установившихся (около 10 %). Отсюда следует важный вывод, что применение метода ФХР добавкой ЛВЖ через клапан РНД к основному топливу дает при реализации неустановившихся режимов более высокий эффект, чем применение этого же метода на установившихся режимах.

Проведенное исследование позволило сделать выводы об эффективности метода использования ЛВЖ по принципу внутреннего смесеобразования для повышения эффективности пусков – разгонов дизеля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Патрахальцев Н.Н.** Неустановившиеся режимы работы двигателей внутреннего сгорания. М.: РУДН. 2009. 330 с.

2. **Купершмидт В.Л.** Средства облегчения пуска двигателей в холодных условиях // Тракторы и сельхозмашины, 2001. № 1. С. 30–32.

3. **Патрахальцев Н.Н.** Дизельные системы топливоподачи с регулированием начального давления // Двигателестроение. 1980. № 10. С. 33–38.

4. **Патрахальцев Н.Н., Фомин А.В., Соболев И.А.** Повышение эффективности пуска дизеля в условиях низких температур окружающего воздуха // Автомобили, специальные и технологические машины для Сибири и Крайнего Севера. Материалы 59-й Междунар. науч.-техн. конф. Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ). Омск: Издательство "СибАДИ", 2007. С. 206–209.

5. **Патрахальцев Н.Н., Соболев И.А., Кузнецов М.В.** Устранение неустойчивости холодного пуска дизеля отключением цилиндров или циклов (статья) // Автомобили, специальные и технологические машины для Сибири и Крайнего Севера. Материалы 59-й Междунар. науч.-техн. конф. Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ). Омск: Издательство "СибАДИ", 2007. С. 209–213.

6. **Костин А.К., Пугачёв Б.П., Кочинев Ю.Ю.** Работа дизелей в условиях эксплуатации: Справочник. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд. 1989. 284 с.

7. **Патрахальцев Н.Н., Соболев И.А., Силин Е.Л.** Повышение динамических качеств автотракторного дизеля изменением физико-химических свойств топлива // Автомобильная промышленность, 2008. № 7. С. 10–13.

8. **Леонов О.Б., Патрахальцев Н.Н., Фомин А.В.** Проблема неустойчивого пуска дизеля и пути ее решения // Известия вузов. Машиностроение. 1999. № 3. С. 69–75.

17-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА "СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТТ-2016"

А.С. Суворов

С 31 мая по 4 июня 2016 г. в "Крокус-Экспо" состоялась 17-я Международная специализированная выставка "Строительная техника и технологии". На сегодняшний день СТТ-2016 является пятой в мире по величине выставкой строительного оборудования. Итак, кто и что представил в этом году.

КАМАЗ И DAIMLER

В своей обширной экспозиции КАМАЗ показал продукцию, актуальную для строительного сегмента. Наибольший интерес посетителей вызвали представители тяжелого ряда семейства перспективных автомобилей, выпуск которых стартовал в марте 2016 г. На выставке демонстрируются самосвалы КАМАЗ-6580 и КАМАЗ-65801. Планируется, что со временем "новички" заменят на дорогах России своих предшественников – КАМАЗ-6520 и КАМАЗ-65201. На выставке также презентован абсолютно новый седельный тягач КАМАЗ-65806 с полуприцепом.

Помимо этого, в камазовской экспозиции представлены самосвал с кран-манипуляторной установкой ИМ-150N на шасси КАМАЗ-65115-3094-19, два автобетоносмесителя на шасси КАМАЗ-6540 и КАМАЗ-65115, полуприцеп-битумовоз и бетонносмесительная установка "Базальт 60 Д".

Перспективный самосвал КАМАЗ-6580

Если говорить о немецких автомобилях для строительной отрасли, то здесь Mercedes-Benz является лидером. Так, по самосвалам 6×4 доля составляет 25 % (статистика регистраций новых автомобилей), а если обратить внимание на строительные предприятия (по российской классификации), то марке "Мерседес-Бенц" отдают предпочтение 29 % рынка, учитывая то, что такие предприятия приобретают различные автомобили, не только самосвалы, но и шасси, и тягачи.

"Daimler предлагает автомобили для строительства и горно-добывающей, нефтеперерабатывающей промышленностей, там, где наиболее сложные условия эксплуатации. Наши грузовики созданы для самых трудных дорог и задач" – подчеркнул генеральный директор Хайко Шульце во время пресс-конференции.

Расскажем о главной новинке – это Mercedes-Benz Arocs 3243K 8×4/4, самосвал с трехсторонней разгрузкой, дооборудованный кузовом Meiller с объемом 14 м^3 и предназначенный для перевозки сыпучих грузов. Электронная тормозная и противооткатная системы позволяют использовать автомобиль в условиях крутых спусков и подъемов. На выставке представлен вариант с полной массой 32 т (7,5/7,5/9,5/9,5). В оснащение входят: планетарные ведущие мосты, дисковые тормозные механизмы с защитой от грязи, бескамерные шины 315/80 R22,5, система переключения передач Mercedes-Benz PowerShift третьего поколения с режимом Offroad и конструкция шасси, соответсвующая категории N3G, позволяют эффективно использовать самосвал, как на дорогах общего пользования, так и в условиях бездорожья. Кабина M Classic Space шириной 2,3 м значительно облегчает труд водителя.

Кроме самосвала был показан сортиментовоз Mercedes-Benz Actros 3346 с краном-гидроманипулятором 6×4. Автомобиль оборудован сортиментовозной надстройкой "Новтрак" с краном Palfinger. Конструкция транспортного средства позволяет осуществлять перевозку сортимента длиной до 6 м. Просторная кабина L шириной 2,5 м, оснащена

Самосвал Mercedes-Benz Arocs 3243K 8×4/4 с трехсторонней разгрузкой

Почтовый фургон "ГАЗель NEXT"

спальным местом, бескамерные шины 315/80R22,5 максимально соответствуют потребностям компаний, работающих на лесозаготовках.

"ГАЗЕЛИ" И "ГАЗОНЫ"

"Группа ГАЗ" впервые представила на выставке СТТ-2016 коммерческую спецтехнику на базе фургона "ГАЗель NEXT", российские продажи которого начались в апреле 2016 г.

Авторефрижератор "ГАЗель NEXT" для перевозки охлажденной и замороженной продукции позволяет поддерживать в кузове температуру от –20 до +12 °С при температуре окружающей среды от –30 до +30 °С. Низкий коэффициент теплопроводности (до 0,4 Вт/Мк) обеспечивается за счет использования вакуумных панелей из экструдированного пенополистирола толщиной 80 мм и листового стеклопластика толщиной 1,5 мм, двух контуров уплотнения дверных проемов и повышенной герметичности кузова. Накладки на задние и боковую двери изготовлены из термостойкого АБС-пластика. Холодопроизводительность рефрижераторной установки – 2770 Вт при 0 °С и 1460 Вт при –20 °С. Стальные оцинкованные рейки по обеим сторонам кузова обеспечивают удобное размещение груза.

Сервисная мастерская на базе "ГАЗель NEXT" укомплектована набором модульного оборудования Sortimo. В состав оборудования входят открытые и закрытые полки с перегородками и боксами, выдвижные ящики, комплект крепежа, откидной верстак с тисками. За счет модульного принципа оснащения салона клиент сможет подобрать оптимальный набор оборудования в соответствии с потребностями бизнеса. Высокий, просторный и эргономичный салон с дополнительным освещением обеспечивает комфорт сервисной службы на выезде.

Почтовый фургон "ГАЗель NEXT" предназначен для доставки корреспонденции. 31 мая, в день открытия выставки, первые пять таких фургонов были переданы в опытную эксплуатацию Почте России.

Две сервисные мастерские на базе бортовых автомобилей "ГАЗель NEXT" и "ГАЗон NEXT City" – пример широких возможностей настройки автомобилей ГАЗ под требования различных видов бизнеса. Кузов мастерской "ГАЗель NEXT" создан из высокопрочных пластиковых сэндвич-панелей толщиной 25–30 мм. Сварная рамная конструкция обеспечивает высокую степень жесткости. Установленные сзади автомобиля рольставни обеспе-

Эвакуатор на базе городского среднетоннажного грузовика "ГАЗон NEXT City" с удлиненным шасси

чивают дополнительное удобство при интенсивной повседневной эксплуатации, а гидроборт с алюминиевой платформой позволяет поднимать грузы весом до 750 кг. Мастерская на базе "ГАЗон NEXT City" имеет краново-манипуляторную установку (КМУ) с вылетом стрелы 1150/3800 мм грузоподъемностью до 990 кг. В передней части автомобиля установлен фургон-мастерская, а в задней расположен вместительный грузовой отсек.

Эвакуатор изготовлен на базе городского среднетоннажного грузовика "ГАЗон NEXT City" с удлиненным шасси. Внутренняя длина ломаной платформы – 4300 мм. Краново-манипуляторная установка Amco Veba с вылетом стрелы от 2,55 м до 6 м имеет грузоподъемность на максимальном вылете 1670 кг, что достаточно для эвакуации большинства легковых автомобилей. По желанию заказчика на эвакуатор может быть установлена КМУ грузоподъемностью до 2500 кг.

Совместное предприятие "ИВЕКО-АМТ" продемонстрировало последние модели тяжелых и среднетоннажных грузовиков

Еще одна сервисная мастерская создана на базе внедорожника "Соболь 4×4" и предназначена для ремонтных работ в труднодоступной местности. Как и мастерская на базе "ГАЗель NEXT", "Соболь" укомплектован модульной системой ремонтного оборудования Sortimo, нескользящим покрытием пола и дополнительным освещением салона. Накрышный багажник позволяет перевозить дополнительное оборудование.

ДЕ РОЙ И IVECO

В этом году посетители международной специализированной выставки СТТ-2016 смогли увидеть гоночный грузовик Trakker, на котором испанский пилот Пеп Вила выступил в завершившемся сезоне знаменитого ралли "Дакар", а также пообщаться с победителем и капитаном команды Iveco Жераром де Роем. Напомним, что в этом году команда Iveco одержала победу, а Пеп Вила вошел в десятку лидеров общего зачета.

Главное отличие омологированного Trakker от серийных моделей – сравнительно небольшая снаряженная масса: грузовик весит всего 9,7 т, обладая идеальной развесовкой по осям. А вот рамная конструкция и двигатели практически идентичны, что дает Iveco полное право называть "Дакар" реальной площадкой для полевых испытаний своей продукции на прочность. Шестицилиндровый мотор Cursor 13 был форсирован FPT Industrial до 840 л.с., а крутящий момент командные механики подняли до внушительных 3 600 Нм, однако доработка не коснулась блока цилиндров.

Совместное предприятие "ИВЕКО-АМТ" продемонстрировало последние модели тяжелых и среднетоннажных грузовиков: седельный тягач Trakker 633910 (6×6) с полной массой автопоезда 97 т; самосвал Trakker 753910 (8×8) с грузоподъемностью до 32 т и самосвальным кузовом "ИВЕКО-АМТ" из стали Hardox; 21-тонный экскаватор-планировщик Eurocargo 493920 (6×6) с белорусской надстройкой "Святовит", способный работать на дизельном топливе и метане; шасси Eurocargo ML120E20 CNG (4×2), с газовым двигателем 200 л.с. и полной массой 12 т.

Массимилиано Перри, глава представительства Iveco в России, прокомментировал: "Наша победа на ралли "Дакар-2016" – это отличный повод в очередной раз представить широкой аудитории грузовик Trakker в столь необычном исполнении. Вход на выставку СТТ открыт не только для профессионалов строительной индустрии, но и простых посетителей, поэтому мы с удовольствием примем на нашем стенде всех болельщиков, желающих прикоснуться к легендарному болиду. Отдельную благодарность выражаю нашему партнеру "ИВЕКО-АМТ", который в этом году порадовал гостей выставки отличными моделями внедорожных грузовиков".

"ГАЛИЧАНИН" И SCANIA

Автокран КС-75721-8 на шасси Scania P 360 CB8×4HHZ грузоподъемностью 70 т

На СТТ-2016 состоялась премьера комплектного автокрана на шасси Scania с крановой надстройкой производства Галичского автокранового завода.

Автокран КС-75721-8 на шасси Scania P 360 CB8×4HHZ грузоподъемностью 70 т с длиной стрелы 42 м + гусек 15,1 м предназначен для погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работ на рассредоточенных объектах. Краны данной серии созданы для работы в условиях современного города и обладают уникальными характеристиками маневренности и особыми грузовысотными характеристиками. Шасси Scania с колесной формулой 8×4 позволило разместить производительную крановую установку грузоподъемностью 70 т в стандартных габаритах дорожной машины, совместив маневренность, эффективность и безопасность работы.

Овоидная стрела, двуступенчатый гусек, система управления крановыми операциями LS (Load Sensing), большой опорный контур, дополнительные противовесы, одиночный блок и маслоохладитель – все эти инновации позволяют обеспечить высокие технические показатели на уровне мировых стандартов краностроения, высокий уровень надежности, удобство эксплуатации и транспортировки.

Автокран оснащен системой LS-привода производства HYDAC (Германия) с электропропорциональным управлением крановыми операциями. Система безотказно работает благодаря многофункциональным джойстикам и приборам фирмы Hirschmann (Германия) с бесступенчатым регулированием защиты крана от перегрузки.

Менеджер по строительной технике ООО "Скания-Русь" Александр Иванов комментирует: "Это наш первый совместный проект с компанией "Галичанин". Потенциальные покупатели – строительные, логистические, горно-добывающие компании. В рамках строительной выставки некоторые предприятия уже выразили интерес в пополнении своих парков данной моделью. На очереди у специалистов ГАКЗ и "Скания-Русь" расширение линейки автокрановой техники на шасси шведского производителя Scania с включением в нее, в том числе, полноприводных моделей различной грузоподъемности".

EXXONMOBIL И "АВТОДИЗЕЛЬ"

На выставке ExxonMobil объявила о результатах оценки влияния масла на изменение топливной экономичности. Испытания такого рода впервые в России провели специалисты ОАО "Автодизель" совместно с кафедрой ДВС ЯГТУ при содействии компании ExxonMobil.

По результатам тестов экономия топлива при различных режимах работы двигателя с маслом Mobil Delvac 1 LE 5W-30 составила от 0,5 до 1,4 %. Более того, ранее, при испытаниях в двигателе ЯМЗ-5340 с EGR на соответствие требованиям к маслам спецификации ЯМЗ-6-12, продукт продемонстрировал исключительную способность сохранять детали двигателя в чистоте: уровень загрязнения нагаро- и лакоотложениями верхней

На выставке ExxonMobil объявила о результатах оценки влияния масла на изменение топливной экономичности

поршневой канавки составил 5,1 балла, где 0 – отсутствие отложений (при типичных значениях 9,0–9,5 баллов); второй канавки – 0,5 балла (при типичных значениях 1,0–2,5 балла).

В рамках исследований было также определено, что масло очень устойчиво к термической и механической деструкции и с запасом выдерживает требования по испаряемости и гидролитической стабильности.

ОАО "АВТОДИЗЕЛЬ" (Ярославский моторный завод), признанный лидер по разработке и производству двигателей для грузовых автомобилей и автобусов, производит дизели высоких экологических классов, отвечающие международным требованиям. Ранее, в рамках российской государственной программы перевода транспорта на газовое топливо им было также разработано семейство современных, высокотехнологичных четырех- и шестицилиндровых газовых двигателей ЯМЗ-530 CNG для комплектации автотранспортной техники экологического класса 5. Масло Mobil Delvac 1 LE 5W-30 было включено в список основных масел с максимальным интервалом смены для этого семейства двигателей.

Ранее Mobil Delvac 1 LE 5W-30 уже продемонстрировало надежную защиту двигателя при стендовых испытаниях в двигателе ЯМЗ-5340 с EGR на соответствие требованиям к маслам спецификации ЯМЗ-6-12, и было принято решение оценить потенциал этого масла в деле экономии топлива. Оценка влияния масла Mobil Delvac 1 LE 5W-30 на изменение топливной экономичности производилась на дизеле новейшей разработки ЯМЗ-6567 экологического класса 5 (V-6, номинальная мощность 330 л.с. при 1900 об/мин, впрыск топлива – Common Rail, система SCR) для грузовых автомобилей АЗ Урал и МАЗ. Испытания вели на стационарных и переменных режимах по циклу, имитирующему движение автомобиля по городским трассам, сельским дорогам и автомагистралям.

"Исследования, проведенные компанией ExxonMobil совместно со специалистами ОАО "Автодизель", доказали, что масло Mobil Delvac 1 LE 5W-30 способно обеспечить надежную защиту и снизить расход топлива при различных режимах работы. Для ExxonMobil имеет большое значение тот факт, что именно при этих испытаниях впервые в России была определена возможность экономии топлива в дизельном двигателе за счет применяемого масла, – рассказала Галина Волощук, советник по маркетингу смазочных материалов для коммерческого транспорта в России, Украине, Белоруссии и Казахстане, ExxonMobil Fuels & Lubricants. – Перечисленные преимущества стали основанием для выбора синтетического моторного масла Mobil Delvac 1 LE 5W-30 в качестве основного для всей гаммы дизельных и газовых двигателей, производимых ОАО "Автодизель" для грузовых автомобилей и автобусов, применяемых в транспортных целях, в горно-рудной промышленности, строительстве и сельском хозяйстве".

На стенде компании посетители также смогли узнать о преимуществах смазочных материалов Mobil Delvac для коммерческого транспорта и строительной техники, использовать при подборе смазочных материалов для техники собственное приложение Mobil Performance и получить информацию о программе анализа масла Mobil Serv.

В рамках деловой программы выставки прошли презентации новинок от компаний-участников, а также заседание по импортозамещению и контрафакту в строительной промышленности Экспертного Совета Комитета по земельным отношениям и строительству Государственной Думы РФ, круглый стол по безопасности на строительных объектах Московской торгово-промышленной палаты. Представители НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО "НИЦ "Строительство" обсудили современные технологические решения в строительной практике использования бетона и железобетона, эксперты группы компаний "Бико" провели бизнес-семинар по участию в государственных тендерах для участников и посетителей выставки СТТ-2016.

ЖЕРАР ДЕ РОЙ – ЛЕГЕНДА ОТВЕЧАЕТ НА ВОПРОСЫ

Почему на ралли "Дакар-2016" победил Iveco и проиграл КАМАЗ, про альтернативное топливо в спорте, а также о своем участи в гонке "Шелковый путь" рассказывает легендарный гонщик Iveco Жерар де Рой.

Недавно Жерар де Рой принес команде Iveco первое место в ралли "Дакар-2016". Кроме того, он владелец и руководитель крупной голландской транспортной компании De Rooy Transport. В качестве гостя стенда Iveco-AMT на выставке CTT-2016 он выступил на пресс-конференции и ответил на вопросы журналистов.

Рассказывая о своей победе на ралли, Жерар отметил, что очень трудные условия этой гонки требуют как надежного грузовика, так и слаженной работы команды. Двигатели гоночных грузовиков команды Iveco – это серийные дизели Cursor 13 Euro-6, доработанные в собственном исследовательском центре FPT Industrial. После всех доработок доля оригинальных заводских компонентов этих гоночных двигателей составила 70 %. Моторы хорошо показали себя в условиях высоких температур и экстремальных условий гонки.

Жерар де Рой (справа) на пресс-конференции

Команда Де Роя также показала отличные результаты. В первую десятку общего зачета вошли пять пилотов на машинах Iveco: Федерико Виллагра, Тон ван Генугтен, Пепа Вилу, Алёша Лопрайс. Всего на трассе было пять грузовиков – три капотных и два с обычной кабиной.

Отвечая на вопрос журналистов об отношениях с Iveco, Жерар сказал, что там готовят к соревнованию двигатель, помогают, если есть проблемы с мостами, трансмиссией, с маслом. "Если появляется необходимость, мы общаемся с итальянскими инженерами" – сказал он. Жерар также сообщил, что Iveco больше заинтересовано в бескапотной версии гоночных грузовиков, поскольку именно такие грузовики предназначены для эксплуатации на тесных трассах и улицах европейских городов.

Рассказывая о подготовке машин к сезону, гонщик отметил: "В основе своей это очень простой, можно сказать, базовый автомобиль. С 2002 г. мы начинали как бы с начального уровня, эволюционным путем улучшая его. Каждый год наши шасси обязательно испытывают небольшие изменения. В 2016 г. основные перемены коснулись шин. Теперь мы пользуемся продукцией Goodyear. Они намерены в ближайшие год–два вывести на рынок новую шину, предназначенную для повышенных температур пустынь Ближнего Востока и стран Азии. Остальные гонщики пользуются шинами Michelin". Де Рой отметил, что в последние годы стратегия команды направлена на минимизацию времени остановок на этапах.

– Сколько человек в Вашей команде?

– Всего 50 человек участвует от нас на "Дакаре". Но постоянно у меня работает всего шестеро. На "Дакар" мы каждый раз набираем по контракту новых любителей, волонтеров.

– Почему в этот раз не выиграл "КАМАЗ-мастер"?

– Мне кажется, на эту команду оказывается слишком большое государственное давление. Там много людей задействовано, настоящих профес-

Жерар де Рой отвечает на вопросы журналистов

сионалов, большие средства вкладываются. Команда имеет возможность гоняться 5–6 раз в году. Это и хорошо и плохо одновременно. У нас совсем другое дело, постоянная команда состоит всего из нескольких человек. Я считаю, что гонки – это не только работа, но и отдых, увлечение. У нас есть и профессионалы, и любители, и почти дилетанты . Они не боятся проиграть и в результате выигрывают!

– Как Вы относитесь к перспективе использования альтернативных видов топлива в автоспорте?

– Я думаю, что для грузовиков на 90 % это останется дизель. Сейчас в моей компании уже есть несколько газовых автомобилей, поскольку Iveco является одним из мировых лидеров в использовании метана. Но газовый автомобиль заставляет ездить все время на повышенных оборотах. Есть несколько компромиссных вариантов, но дизель все же остается основой. Развиваются, разумеется, и электромобили, и гибриды. В рекламных целях это важно, но для гонок, думаю, не подойдет.

– Кто Ваши спонсоры?

– Во-первых, это мой бюджет, он составляет 50 % бюджета команды. Остальное – Petronas, Iveco и небольшие производители автокомпонентов.

– Каким будет состав Дакара в 2017 г.?

– На 90 % состав будет тот же в "Дакаре-2016". Любой новой команде понадобится 5–7 лет участвовать в гонке, чтобы добраться до призовых мест. Необходимо приобрести свой собственный опыт, дабы справиться со всеми, даже мелкими ошибками. В гонке любая мелочь может стоить очень большого времени и потерь очков.

– Примете ли Вы участие в гонке "Шелковый путь 2016"?

– "Шелковый путь" – это прекрасная гонка и у нее есть мощный потенциал составить конкуренцию "Дакару". Если стартовать из Пекина и финишировать в Москве, будет много желающих. Мы будем участвовать, если позволят финансы. Я бы хоть завтра поехал. В 2008 г. в Китае были прекрасные дюны, уникальные пески! Вопрос в финансировании. Подготовка предстоит, как к "Дакару". Бюджет гонки в этом году составил 3 млн евро, а на следующий год надо сделать два грузовика. Нашим грузовикам по 4–5 лет, шасси уже изношены и требуют замены. Каждый грузовик обходится в миллион...

– Когда Вы открывали в России филиал транспортной команды "Де Рой Транс Рус", Вы планировали занять определенную долю на рынке или просто осуществляли российскую часть логистических цепей?

– Если грузовик зарегистрирован в Нидерландах, он не может выполнять российские перевозки. Для этого нужно регистрировать местные машины. В 2013 г. мы перегнали грузовики из Нидерландов. Однако сейчас объем российских перевозок упал.

– Какие грузовые автомобили в Вашем автопарке?

– У нас 250 шт. марки DAF и 180 Iveco. Всего 450 грузовиков.

– Какие перевозки осуществляете?

– До 2008 г. перевозили легковые машины, теперь – грузовики, тягачи, строительное оборудование.

– Ваш папа, Ян де Рой как-то участвует в работе компании?

– Нет, он уже примерно лет пять, как отошел от дел.

– У Вас есть ученики в спорте и бизнесе?

– Пока нет.

– А дети?

– Мои дети еще слишком малы.

– Желаем Вам новых побед!

– Огромное спасибо!

Вопросы задавал А. Савченко, записала Л. Золотова

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ТОНАРА

Н.В. Малинина

20 мая 2016 г. на машиностроительном заводе ТОНАР прошла очередная ежегодная презентация. Традиционно вниманию гостей были представлены основные модели техники, выпускаемой заводом. Невзирая на непогоду, на открытой площадке посетители могли увидеть образцы самосвальной техники, тентовые и изотермические полуприцепы, сортиментовозы, контейнеровозы, линейку сельскохозяйственной техники, карьерные самосвалы.

Верный самому себе, ТОНАР экспонировал новейшие инновационные разработки. Среди них не имеющий аналогов на российском рынке полуприцеп-зерновоз 9386 ("Хоппер"). Благодаря донной выгрузке и отсутствию гидравлического оборудования данная модель имеет достаточно небольшую снаряженную массу (6900 кг), что позволяет увеличить вес перевозимого груза и, как следствие, существенно сократить сроки окупаемости.

Экспортный образец техники – шестиосный самосвальный полуприцеп-гигант с боковой разгрузой, изготовленный по спецзаказу для одной из стран Ближнего Востока. Размеры и технические характеристики этого исполина впечатляют даже искушенных специалистов: грузоподъемность – 70 000 кг, объем кузова – 70 м^3, три подъемные оси, три поворотных (подруливающих) оси.

Ну и, конечно, самая ожидаемая и самая востребованная на сегодняшний день модель нового облегченного самосвального полуприцепа ТОНАР-9523, обладающего несомненными достоинствами по сравнению с рядовыми представителями данной техники. Использование высокопрочных сталей марок HARDOX и DOMEX позволило облегчить собственный вес полуприцепа до 6600 кг! Без лишних слов понятно, что в сегодняшних условиях (после вступления в силу в июле 2015 г. ФЗ № 248) каждый перевозчик заинтересован эксплуатировать технику с минимальной снаряженной массой, дабы избежать перегрузов и в то же время перевезти как можно больше.

Именно эта модель на все сто процентов решает проблему перевозки нерудных материалов без превышения допустимых нагрузок по полной массе и по осям. Более того, приятным дополнением стало введение автоматического тента в базовую комплектацию.

Возвращаясь к представленной экспозиции, нельзя обойти вниманием линейку осей ТОНАР, которая была представлена наиболее популярными моделями: серийная (типовая) девятититонная ось с барабанными тормозами и односкатной ошиновкой (модель 9042), 13-тонная ось (модель 1342), 25-тонная ось (модель 2542), низкорамная ось (мо-

Экспортный образец техники – шестиосный самосвальный полуприцеп-гигант с боковой разгрузкой, изготовленный по спецзаказу для одной из стран Ближнего Востока

Новый облегченный самосвальный полуприцеп ТОНАР-9523

Юрий Павлович Вайнштейн, технический директор и один из основателей завода, проводит экскурсию по заводу

дель 1130) и новая ось с дисковыми тормозами (модель 9043)!

Производство осей в настоящее время активно развивается. Помимо того, что 95 % выпускаемой техники сходит с конвейера на осях собственного производства, многие предприятия, занимающиеся производством прицепной техники, все чаще и чаще устремляют свой взгляд на оси именно нашего завода.

По заведенной традиции не обошлось и без демонстрации техники в работе. Свои возможности показали кассетный самосвал, шестиосный полуприцеп самосвал и уже завоевавший популярность карьерный автомобиль-самосвал – "Рыжик".

В рамках презентации состоялась пресс-конференция, которая прошла в цехе завода. Среди выступающих были: Генеральный директор МЗ "Тонар" – Денис Юрьевич Кривцов, технический директор и один из основателей завода – Юрий Павлович Вайнштейн, а также приглашенные гости и партнеры завода: Алексей Владимирович Волков – зам. Главы Орехово-Зуевского муниципального района, Баканов Александр Александрович – представитель Кузбасского ГТУ им. Т.Ф. Горбачева, Александр Алексеевич Барашков – начальник отдела Дмитровского автополигона и Олег Геннадьевич Прохоров – главный конструктор "Тутаевского моторного завода".

Позже все желающие смогли принять участие в уникальной экскурсии по заводским цехам, где своими глазами в реальном времени могли наблюдать, как "рождается" кузов, ось или рама нового полуприцепа. Продолжая модернизацию производства, руководство завода каждый год запускает новые робототехнические комплексы, работу которых также можно было наблюдать в ходе экскурсии.

Закончилось мероприятие в заводской столовой, где в теплой и дружественной обстановке, продолжилось общение гостей и представителей завода.

За один день презентацию посетило более 100 специалистов из разных регионов страны. По данным регистрации больше половины из них являются руководителями предприятий, отделов, высококвалифицированными специалистами.

ТЕРРИТОРИЯ ЭКСПЕРТОВ DAF

А.С. Савченко

23 июня 2016 г. на территории одного из знаковых для автомобильной промышленности России мест – "Центр испытаний НАМИ" прошло яркое мероприятие "Территория экспертов DAF", посвященное пятому Дню Рождения компании.

Гостями праздника стали все члены большой семьи DAF – клиенты, дилеры и партнеры, представители СМИ и, конечно же, сотрудники компании "ДАФ Тракс Рус", без которых этот праздник бы не состоялся. "Пять лет это только начало, мы ставим перед собой амбициозные цели и уверенно идем к успеху. Нам доверяют и мы ценим это, именно поэтому мы не останавливаемся на достигнутом" – сказал Ари Хендрикс, генеральный директор представительства DAF в России.

Насыщенная программа праздника включала тест-драйвы на специально подготовленной трассе, в ходе которых гости смогли дать экспертную оценку каждой из эксплуатационных характеристик, которые вместе обеспечивают знаменитую эффективность автомобилей DAF, а также показательные заезды на грузовом эвакуаторе на базе шасси DA F FAD XF105, где гости получили незабываемые эмоции, от прохождения трассы с уклоном 30 %. За вечер клиенты совершили более 100 тестовых заездов на каждом из представленных транспортных средств. Транспортную эффективность DAF подтвердили более 200 клиентов, прибывших на автополигон.

Гостям мероприятия также была продемонстрирована линейка трейлеров, предоставленных партнером мероприятия ООО "Шмитц Каргобулл Руссланд" и демонстрирующих широкие возможности использования тягачей DAF в комплектации с полуприцепами Schmitz Cargobull.

За вечер клиенты совершили более 100 тестовых заездов

Ари Хендрикс, генеральный директор представительства DAF в России

Помимо оценки автомобилей на тест-драйвах, гости смогли стать экспертами в стрельбе из луков и арбалетов, а также, управляя квадрокоптером, пройти полосу препятствий.

Квест, организованный в кабине Super Space DAF XF 105, имел необычайный успех и не прекращался в течение всего мероприятия (прим. автора – более 100 квестов).

Самые маленькие члены семьи DAF были заняты дизайном воздушных змеев и сборкой грузовиков DAF.

Яркой кульминацией праздника стали розыгрыши сертификатов на поездку на завод по производству тягачей DAF, расположенных в г. Эйндховен (Нидерланды), обладателями которых стали партнеры и клиенты DAF в России Юлия Гайнутдинова, Татьяна Колбасова и Александр Стрельцов.

Подводя итоги прошедших 5 лет, генеральный директор ООО "ДАФ Тракс Рус" Ари Хендрикс отметил:

– На российском рынке мы представляем лучшую коммерческую технику DAF Trucks, созданную для успешной доставки грузов. Широкая сервисная сеть, круглосуточная помощь и профессиональная техническая поддержка делают DAF серьезным инструментом для получения прибыли. Адаптированные к дорожным и климатическим условиям России, грузовики текущего модельного ряда обеспечивают водителю максимальный комфорт, а владельцу автопарка – низкие эксплуатационные затраты и быструю окупаемость. Это слагаемые максимальной транспортной эффективности грузовиков DAF, к которой мы стремимся. За минувшие 5 лет сделано многое, предстоит сделать еще больше, и мы к этому готовы!

"КАМАЗ-МАСТЕР" НА РАЛЛИ-РЕЙДЕ "ШЕЛКОВЫЙ ПУТЬ"

Е.Г. Быкова, пресс-служба ралли "Шелковый путь"

8 июля 2016 г. на Красной Площади Москвы состоялся торжественный старт ралли "Шелковый путь", в ходе которого участникам предстоит за шестнадцать дней преодолеть более 10 тыс. км невероятных приключений и жаркой спортивной борьбы.

Старт на Красной Площади

Экипаж Дмитрия Сотникова (штурман Руслан Ахмадеев, механик Иван Романов) первым из грузового зачета выехал на подиум торжественного старта ралли-рейда "Шелковый путь", начало которому было положено вечером 8 июля. Это право спортсмены команды "КАМАЗ-мастер" завоевали в 2013 г., выиграв гонку, проходившую по маршруту "Москва – Астрахань". Кстати, 2013 г. стал для экипажа Сотникова золотым. Спортсмены не только выиграли "Шелковый путь", но и гонку Africa Race. Как действующие чемпионы "Шелкового пути", камазовцы будут выступать под номером 300. Перед экипажем ставится задача страховать товарищей по команде, так как им выпала роль быстрой технички. Однако во время марафона все может измениться в зависимости от результатов.

Пока экипаж Дмитрия Сотникова открывал гонку, дакаровские чемпионы Эдуард Николаев, Айрат Мардеев и Андрей Каргинов провели на Красной Площади автограф-сессию, организованную партнером команды компанией Red Bull. Запланированная на несколько минут встреча с болельщиками затянулась больше чем на час. И если бы пилотам не надо было стартовать, раздавать автографы они могли бы до глубокой ночи. Удивительно, многие поклонники автоспорта пришли на встречу с пилотами в фирменных футболках и кепках команды. Дети не стеснялись просить автографы про запас для своих друзей.

Болельщики не только могли познакомиться с любимыми спортсменами, за которых болеют на всех гонках, но и посмотреть на импровизированной выставке, как выглядят гоночные комбинезоны спортсменов и шлемы, а также победные трофеи команды с предыдущих выпусков ралли "Шелковый путь".

Отдельный стенд был посвящен семикратному чемпиону "Дакара" в грузовом зачете, рекорд которого так до сих пор никто и не побил, тим-менеджеру команды Владимиру Чагину. Болельщики

Экипаж Дмитрия Сотникова первым из грузового зачета въехал на подиум торжественного старта ралли-рейда "Шелковый путь"

Экипаж 310 Эдуарда Николаева вкатился в гонку на новой машине капотного исполнения

смогли увидеть шлем и перчатки, в которых пилот выиграл свой пятый "Дакар". Среди необычных экспонатов можно выделить матрешку с портретом легендарного пилота. Правда, что скрывалось внутри, организаторы выставки не рассказали.

Но кто бы сомневался, что самый большой интерес вызовет боевой "КАМАЗ". Возле него выстроилась отдельная очередь из числа желающих запечатлеть себя на фоне победной машины "синей армады".

После старта у экипажей "КАМАЗ-мастера" было всего несколько часов, чтобы отдохнуть. В два часа ночи команда взяла курс на Казань, где намечен первый день соревнований.

Первое испытание

Несколько часов смогла урвать на сон команда "КАМАЗ-мастер" после старта ралли-рейда "Шелковый путь" на Красной Площади. После торжественных проводов нужно было собираться в обратную дорогу – в Казань. На 9 июля был запланирован лишь короткий спецучасток на берегу реки Казанки. Однако до него еще нужно было добраться. 850 км – дорога по федеральной трассе М7 от Москвы до Казани – утомительная поездка для экипажей, привыкших к высоким скоростям. Нарушать правила дорожного движения строго запрещено. За этим даже не нужно следить сотрудникам ГИБДД, в каждой машине установлен прибор, фиксирующий нарушение скоростного режима. Нарушение правил чревато штрафом от организаторов гонки.

Грузовик команды "КАМАЗ-мастер" совершает прыжок в Казани

Оттянуться по полной камазовцы смогли лишь на коротком песчаном спецучастке, намытом специально для ралли. Свою лепту внес дождь, сделав пески вязкими и тяжелыми. Организаторам гонки пришлось отказаться от первоначального плана чередовать внедорожники и грузовики. После большегрузов многие джипы не прошли бы. Однако экипажам внедорожников и так было тяжело. Если на сложность первого скоростного отрезка жаловались опытные гонщики, что уж говорить про тех, кто делает только первые шаги на ралли. Два джипа плотно засели в песках, из-за чего старт грузовиков все время откладывался.

Когда появился первый "КАМАЗ", болельщики взорвались. Как и во время торжественного старта, открывал гонку в грузовом зачете триумфатор последнего "Шелкового пути-2013" экипаж Дмитрия Сотникова, выступающий на этом марафоне под номером 300.

По словам пилота, не часто выпадает честь выступать в родных стенах. "Здорово, что нас пришли поддержать свои родные болельщики. Приятно ощущать, что нас поддерживают".

Экипаж 310 Эдуарда Николаева вкатился в гонку на новой машине капотного исполнения. Публика терялась в догадках, кто выступает на мощном красивом черном грузовике, пока ведущий не объявил знакомую всем фамилию. Так как экипаж Николаева стартовал в числе последних, на Казань опустилась ночь. Эдуард говорит, что это даже очень хорошо. Он смог испытать машину в темноте при свете мощных фар. Собственно, за этим он и отправился на "Шелковый путь", чтобы как следует испытать новую машину. "Мне еще нужно привыкнуть к тому, что впереди капот, подстроиться под новую машину, почувствовать ее. Мы в команде постоянно работаем над тем, чтобы у нас была самая лучшая техника, чтобы показывать самые высокие результаты".

Экипажи пообещали, что не разочаруют своих поклонников. Несмотря на то, что по итогам первого двухкилометрового скоростного участка никто из экипажей "синей армады" не вошел в тройку лидеров, это еще ничего не значит.

На родине "КАМАЗ-мастера"

Караван "Шелкового пути" в автограде встречали тысячи болельщиков. Горожане высыпали на улицы, которые были

На родине "КАМАЗ-мастера" караван "Шелкового пути" встречали тысячи болельщиков

оформлены флагами гонки и где должны были пройти все гоночные машины. Болельщики желали спортсменам хорошего пути, от души радовались, что международный марафон прошел через Набережные Челны.

И когда в город въехали грузовики команды "КАМАЗ-мастер" поклонники не скрывали эмоций. Мэр Набережных Челнов Наиль Магдеев прилюдно признался в большой любви к команде. Он сказал, что "это герои нашего города и нашей страны, уверен, что "КАМАЗ-мастер" победит".

После теплого приема дома экипажи "синей армады" взяли курс на Уфу. После продолжительного лиазона спортсменам надо было набраться сил, чтобы к пяти часам утра 11 июля уже быть готовым к новому спецучастку.

Экипажи "Шелкового пути" покинут Россию и начнут свое путешествие по Казахстану. Во время третьего этапа участников гонки ждет 200-километровый спецучасток по грунтовым дорогам. Но надо еще и преодолеть очередной рекордный лиазон. До бивуака в Костанае они будут добираться в общей сложности свыше 800 км.

Глотая пыль

200-километровый спецучасток выиграл экипаж 314 Андрея Каргинова (2 ч 5 мин 48 с). Третья позиция у экипажа 310 Эдуарда Николаева (2 ч 7 мин 32 с). "Синяя армада" только въезжает в гонку, еще пару дней – и расклад в итоговой таблице может сильно измениться.

По словам меденжера команды Сергея Савостина: "Команда застоялась. Проехали уже свыше 2 тыс. км только по лиазонам, без спортивной борьбы. Поэтому сегодняшний спецучасток можно рассматривать как разминку. Путь лежал через степные извилистые дороги. Было много пыли, поэтому грузовики не могли ехать в привычном темпе. На это жаловались все экипажи. В итоге результаты получились очень плотными. Думаю, что во время четвертого этапа, когда экипажи стартуют в смешанном режиме, все изменится. Через денек-другой все выровняется, и каждый экипаж найдет свое место".

Андрей Каргинов тоже жаловался на пыль: "Грузовки стартовали после джипов, вскоре нагнали слабые экипажи. Глотали за ними пыль. Трасса хорошая, но этап получился разогревочным. Хорошо, что все только начинается, – не перегореть в первые же дни".

Эдуард Николаевич, тестирующий новый капотный автомобиль, вынес после скоростного спецучастка первый урок. За ночь механики должны внести корректировки в настройки его боевого грузовика. По словам Эдуарда Николаевича, надо настроить подвеску и поменять колеса. Поставить те, на которых сейчас ездят остальные "КАМАЗы". Пилот рассказал, что машина вела себя хорошо, но нужно время, чтобы вкатиться в гонку и набрать свой темп.

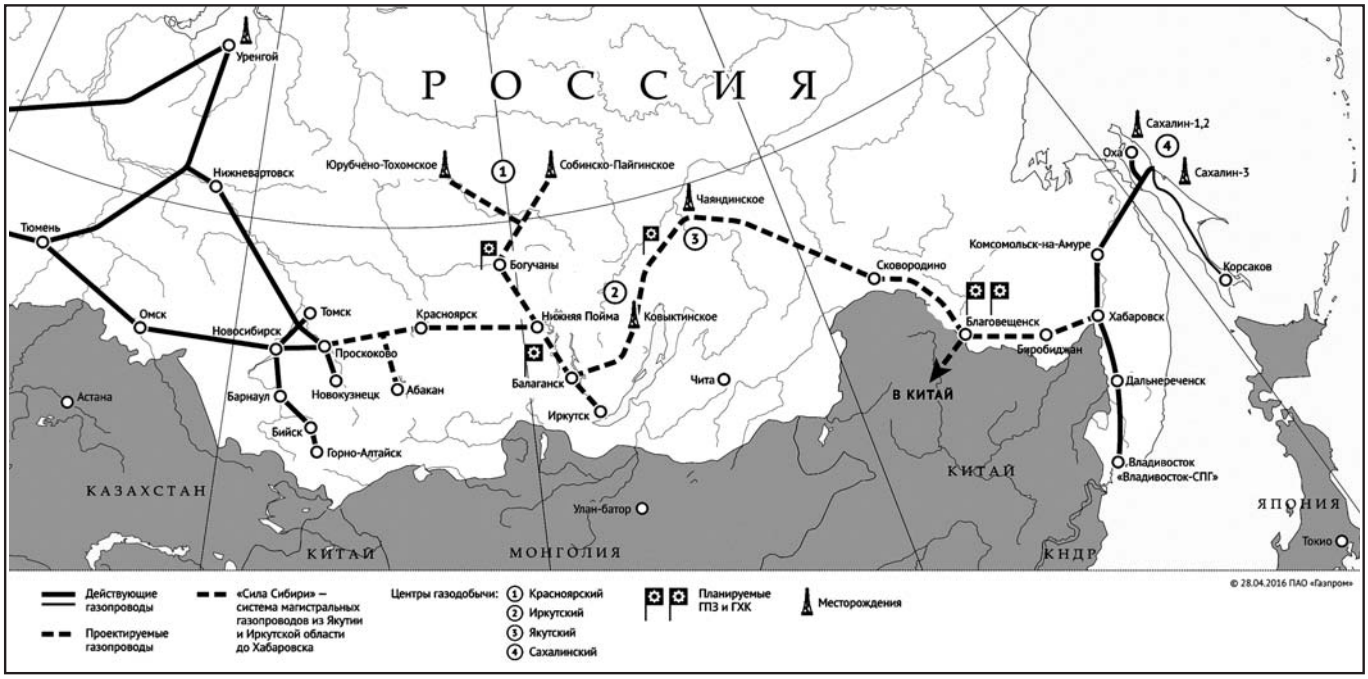
Кстати, новый грузовик Николаева вызвал настоящий фурор у болельщиков. Они не ожидали увидеть "КАМАЗ" в новом облике. На всех точках этапа, куда разрешили прийти зрителям, яблоку негде было упасть. И все ждали, когда пройдут "КАМАЗы". Экипажам было приятно чувствовать такую поддержку публики.

Организаторы назвали этот спецучасток одним из самых красивых на гонке. Путь пролегал через хребет Уральских гор. Но любоваться красотами на скоростном участке пилотам было некогда.

Айрат Мардеев, занявший на этапе четвертую строчку, охарактеризовал этап всего в нескольких словах – "Пыльно, извилисто, узко, много растительности". Пилот говорит, что сильно утомили лиазоны. Но преодолевать длинные перегоны предстоит по всему Казахстану. "Готовимся к тому, что будем приезжать поздно ночью. Буте очень тяжело". Нужно преодолеть еще свыше 700 км, чтобы попасть в Астану. Путь неблизкий. Населенных пунктов на карте – единицы. Вокруг только одна степь.

Продолжение следует

ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ДИНАМИКИ СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИИ И КНР В ГАЗОВОЙ СФЕРЕ



Освоение газовых ресурсов и формирование газотранспортной системы на Востоке России

В Сочи 31 мая 2016 г. состоялась рабочая встреча Председателя правления ПАО "Газпром" Алексея Миллера и Первого заместителя Премьера Государственного Совета КНР Чжан Гаоли.

Стороны отметили положительную динамику развития двусторонних отношений в газовой сфере. Особое внимание было уделено ходу переговоров по проекту поставок российского газа в Китай по "западному" маршруту, а также поставкам газа из района Дальнего Востока, подземному хранению газа, электроэнергетике. Реализация проекта "Сила Сибири" идет строго по графику.

Алексей Миллер и Чжан Гаоли посетили построенный "Газпромом" лыжно-биатлонный комплекс "Лаура". Первый заместитель Премьера Государственного Совета КНР ознакомился с работой этого объекта в преддверии зимних Олимпийских игр 2022 г. в Пекине. На "Лауре" были успешно проведены соревнования по биатлону и лыжным гонкам в рамках зимних Олимпийских и Паралимпийских игр 2014 г., а также другие крупные российские и международные соревнования.

"ГАЗПРОМ" И LINDE AG ОБСУДИЛИ ХОД РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА АМУРСКОГО ГПЗ

5 июля 2016 г. в Санкт-Петербурге состоялась рабочая встреча Председателя Правления ПАО "Газпром" Алексея Миллера и Генерального директора Linde AG Вольфганга Бюхеле.

Стороны рассмотрели ход реализации проекта строительства Амурского газоперерабатывающего завода (ГПЗ). Linde AG является поставщиком основного технологического оборудования для криогенного разделения газа с получением гелия и ценных компонентов для нефтехимии. На сегодняшний день немецкая компания начала изготовление основного оборудования I пускового комплекса Амурского ГПЗ, ведет разработку рабочей документации установок криогенного разделения газа.

Амурский ГПЗ будет построен в районе г. Свободного Амурской области. Проектная мощность завода составит 42 млрд м^3 газа в год. ГПЗ будет включать крупнейшее в мире производство гелия. На предприятие по газопроводу "Сила Сибири" будет поступать многокомпонентный газ Якутского и Иркутского центров газодобычи, создаваемых "Газпромом" в рамках реализации Восточной газовой программы.

Особое внимание Алексей Миллер и Вольфганг Бюхеле уделили вопросам потенциального партнерства в сфере локализации в России производства оборудования для газопереработки и сжижения природного газа.

Linde AG является одной из крупнейших в мире компаний, специализирующихся в области промышленных технологий по подготовке и разделению природного газа с выделением этана, пропана и более тяжелых углеводородных фракций. Немецкая компания также проектирует и строит криогенные установки по сжижению природного газа и гелия.

Стороны также обсудили перспективы дальнейшего развития взаимовыгодного сотрудничества компаний.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГРУЗОВИКИ SCANIA ВЫШЛИ НА ДОРОГУ!

Клас Эриксон, глава подразделения исследований и разработок Scania

В городе Евле на востоке Швеции во время торжественной церемонии была введена в эксплуатацию первая в мире электрифицированная автомагистраль, ставшая результатом объединенных усилий в рамках уникального партнерства по внедрению экологичных перевозок. В этом проекте Scania выступила поставщиком электрических грузовых автомобилей, которые будут работать в реальных дорожных условиях.

На открытом двухкилометровом участке автомагистрали Е16 электрогрузовики Scania смогли передвигаться в общем транспортном потоке с помощью технологии передачи электроэнергии, разработанной концерном Siemens.

Вся прелесть новой технологии, которая стала плодом нескольких лет сотрудничества между правительством Швеции и частным сектором, состоит в том, что она позволяет грузовикам во время движения по электрифицированной дороге работать от электропривода, а в остальное время — на гибридной тяге. Все поставленные грузовики Scania являются гибридными, имеют сертификат Евро-6 и работают на биотопливе.

"Электрифицированная автодорога является важной вехой на пути к безуглеродному транспорту, — заявил Клас Эриксон, глава подразделения исследований и разработок Scania. — Scania твердо намерена добиться успеха в этом проекте и продолжать создавать устойчивые транспортные решения".

Грузовики получают электроэнергию через пантографный токоприемник, установленный на раме за кабиной. Пантографы, в свою очередь, могут быстро и легко подсоединяться и отсоединяться от линии электропередачи, расположенной над правой полосой, что обеспечивает автомобилям возможность выполнять эту операцию прямо во время движения.

Когда грузовик выезжает за пределы электрифицированного участка пантограф отключается от контактной сети, и грузовик начинает работать от двигателя внутреннего сгорания или электромотора на аккумуляторе. Тот же принцип действует, когда водитель хочет обогнать другое транспортное средство на электрифицированном участке автодороги.

Scania считает электрифицированные автодороги ключевым компонентом для достижения грандиозной цели Швеции — полностью перевести свой автопарк на безуглеродное топливо к 2030 году. Они также будут способствовать повышению конкурентоспособности Швеции в стремительно развивающемся сегменте экологичного транспорта.

Нильс-Гуннар Вогстедт, отвечающий за исследования в области электрификации в Scania, добавляет: "Возможная экономия топлива за счет электрификации очень существенна, и у этой технологии есть все шансы стать краеугольным камнем в системе безуглеродных дорожно-транспортных услуг".

Финансирование проекта электрификации участка автомагистрали Е16 в Евле было получено в рамках программы общественных закупок инновационных решений, реализуемой властями Швеции. Размер инвестиций составляет около 77 млн шведских крон, поступающих из бюджета страны, и 48 млн шведских крон — от бизнеса и властей региона Евлеборга, в котором находится электрифицированный участок автомагистрали.

Транспортная администрация Швеции, шведское энергетическое агентство, шведское агентство по инновациям, Scania и Siemens стали основными инвесторами этой технологии, в то время как правительство Евлеборга занималось координацией проекта.

Электрифицированная дорогая является лишь одним из серии передовых проектов, над которыми работает Scania в целях продвижения устойчивых решений для городского и магистрального транспорта. Компания также разрабатывает технологии для альтернативных видов топлива, гибридные и полностью электрические, автономные и дистанционно управляемые транспортные средства параллельно с работой по дальнейшему улучшению и совершенствованию своих будущих продуктов.

ГАЗИФИКАЦИЮ РОССИИ ТОРМОЗЯТ НЕПЛАТЕЖИ И ОТСТАВАНИЯ В ПОДГОТОВКЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К ПРИЕМУ ГАЗА

Просроченная задолженность всех категорий потребителей перед "Газпромом" в 2015 г. выросла на 20 % – до 152,1 млрд руб. За первый квартал 2016 г. она увеличилась еще на 24,4 % – до 189,3 млрд руб.

В регионах с низким уровнем платежной дисциплины и неисполненными обязательствами по подготовке потребителей к приему газа "Газпром" вынужден сокращать объем инвестиций в газификацию.

Недавно в центральном офисе ПАО "Газпром" состоялась пресс-конференция "Поставки газа на внутренний рынок. Реализация Программы газификации российских регионов". Ее участником стал член правления, начальник департамента ПАО "Газпром", генеральный директор ООО "Газпром межрегионгаз" Кирилл Селезнев.

В ходе пресс-конференции было отмечено, что российский рынок является приоритетным для компании. В 2015 г. здесь была реализована половина всего проданного "Газпромом" газа – 221,2 млрд м^3 (по международным стандартам финансовой отчетности). Снижение этого показателя на 5,5 % по сравнению с 2014 г. было, в частности, обусловлено аномально теплыми погодными условиями в течение 2015 г. Выручка от реализации газа Группой "Газпром" на внутреннем рынке составила 805,6 млрд руб., что на 1,8 % ниже, чем в 2014 г.

Как и в предыдущие годы, в 2015 г. "Газпром" полностью выполнил свои обязательства по газификации российских регионов. Всего в 2005–2015 гг. инвестиции компании по этому социально значимому направлению работы составили около 270,2 млрд руб. За этот период построено 1889 газопроводов протяженностью свыше 27 тыс. км, обеспечены условия для газификации 4269 котельных, более 740 тыс. домовладений и квартир. В том числе в 2015 г. было построено 87 газопроводов протяженностью порядка 1275 км. В результате средний уровень газификации в России вырос на 12,9 % и к началу 2016 г. достиг 66,2 %.

В то же время неисполнение администрациями субъектов РФ обязательств по подготовке потребителей к приему газа и накапливающаяся задолженность за поставленный газ продолжают сдерживать темпы газификации в России.

Так, отставание региональных властей от подписанных планов-графиков привело к тому, что газ не пришел в около 138,8 тыс. домовладений и квартир, остались негазифицированными более 1000 котельных. В 2015 г. из 34 регионов, где "Газпром" завершил строительство межпоселковых газопроводов, только в девяти субъектах РФ обязательства администраций выполнены своевременно.