



БЕЗОПАСНОСТЬ
МГП

БЕЗАВАРИЙНАЯ
ЭКСПЛУАТАЦИЯ
РЕЗЕРВУАРОВ

УСТОЙЧИВОСТЬ
ТРУБОПРОВОДОВ

10 лет

Neftegaz.RU

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

[12] 2017

ИНТЕРЕСНО О СЕРЬЕЗНОМ

ISSN 2410-3837

ТРАНСПОРТИРОВКА НЕФТИ
С СЕВЕРНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ



Входит в перечень ВАК

МОДУЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ГАЗОПОДГОТОВКИ

ENERPROJECT group



СЕПАРАЦИЯ



ОСУШКА



СЕРООЧИСТКА



КОМПРИМИРОВАНИЕ



ИНДИВИДУАЛЬНОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ



ДОСТАВКА
И ШЕФМОНТАЖ



ПУСКОНАЛАДКА
И ИСПЫТАНИЯ



РЕКЛАМА
СЕРВИСНОЕ
ОБСЛУЖИВАНИЕ

ЭНЕРГАЗ
ГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

105082, Москва, ул. Б. Почтовая 55/59, стр. 1.
Тел.: +7(495) 589-36-61. Факс: +7(495) 589-36-60.

ВНИМАНИЕ К ДЕТАЛЯМ – ОТ ИДЕИ ДО ВОПЛОЩЕНИЯ

info@energias.ru www.energias.ru

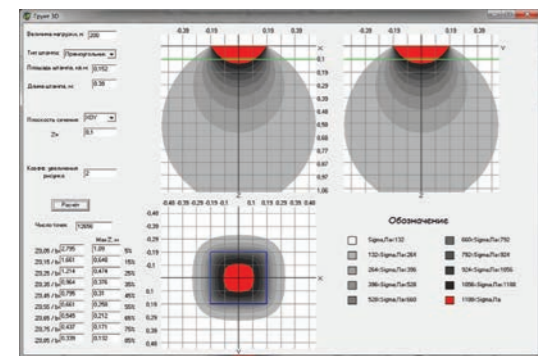
Транспортный фактор

12

Безаварийная эксплуатация резервуаров

14

Устойчивость трубопроводов



18

Защита нефтепроводов в многолетнемерзлых грунтах

34

Эпохи НГК

4

РОССИЯ *Главное*

Вторая жизнь Самотлора, или Сюрприз на 100 миллиардов

«Турецкий поток» потечет в газовый хаб Баумгартен?

6

8

События

10

ПЕРВАЯ СТРОЧКА

Транспортный фактор

12

ХРАНЕНИЕ

Безаварийная эксплуатация резервуаров

14

ХРАНЕНИЕ

Устойчивость трубопроводов

18

Год экологии в ООО «Газпром ПХГ»: это только начало

26

ТРАНСПОРТИРОВКА

Газопроводы года

30

Защита нефтепроводов в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов

34

СКИН-СИСТЕМА энергоэффективное решение для обогрева протяженных трубопроводов

38

Безопасность МГП

42

Пути улучшения низкотемпературных показателей транспортируемой парафинистой нефти

48

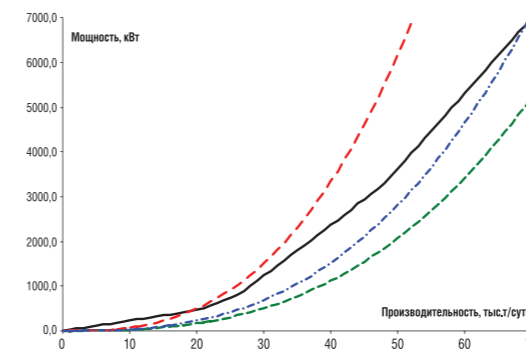
Безопасность МГП



42

Оптимизация режимов и энергоресурсосбережение при транспортировке углеводородов

52



Энергия для Арктики



66

Ремонт на объектах трубопроводного транспорта



74

ТРАНСПОРТИРОВКА

Оптимизация режимов и энергоресурсосбережение при транспортировке углеводородов

52

Газ в регионы

58

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

Импортозамещение в нефтегазодобывающем комплексе

62

ОБОРУДОВАНИЕ

Энергия для Арктики

66

Календарь событий

69

Иновационные двигатели от электротехнического концерна РУСЭЛПРОМ

70

АВТОМАТИЗАЦИЯ

Ремонт на объектах трубопроводного транспорта

74

Оптимизация энергопотребления и качества продукции. Технологии моделирования от Yokogawa

78

Россия в заголовках

83

Рациональная эксплуатация

84

Хронограф

87

ОТДЫХ

«Марьин Остров» – зимняя сказка Горного Алтая

90

ЭКОЛОГИЯ

Усиление континентальности климата и адаптивная рекультивация нарушенных тундровых почв

92

Нефтегаз Life

98

Цитаты

100

СОДЕРЖАНИЕ

1670 лет назад

В 347 году в Китае впервые пробурили скважины в земле для получения нефти. В качестве труб использовались полые стволы бамбука.

292 года назад

В 1725 году Петром I была утверждена первая в России инструкция о правилах перевозки нефти на судах по Каспию и Волге. Для этого использовали гребные, парусные и паровые суда, на которые нефть грузилась в амфорах или бочках.

140 лет назад

В 1877 году по заказу «Товарищества братьев Нобель» был построен первый в мире танкер – «наливной пароход» под именем «Зороастр». Пароход грузоподъемностью 15 тыс. пудов (около 250 тонн) использовался для доставки керосина из Баку в Царицын (Волгоград) и Астрахань.

138 лет назад

В 1879 году под руководством В.Г. Шухова на Апшеронском полуострове создали первый в Российской империи промышленный нефтепровод для доставки нефти с Балаханского месторождения на нефтеперерабатывающие заводы Баку. Его длина составила 12 км.

110 лет назад

В 1907 году также по проекту В. Г. Шухова построили первый магистральный нефтепровод длиной 813 км, соединивший Баку и Батуми, который эксплуатируется по сей день.

69 лет назад

В 1948 году мировой танкерный флот располагал 1963 морскими танкерами водоизмещением 1 тыс. тонн и больше. Из этого числа 521 танкер был зарегистрирован в США, 13 – в Мексике, 4 – в Гондурасе, 181 – в Панаме и 27 – в Канаде.

57 лет назад

В 1960 году началось строительство «Дружбы» – крупнейшей в мире системы магистральных нефтепроводов. На сегодняшний день в нее входит 8900 км трубопроводов, 46 насосных станций, 38 промежуточных насосных станций, резервуарные парки которых вмещают 1,5 млн м³ нефти.

8 лет назад

В 2009 году была запущена первая очередь трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО). Это один из самых длинных трубопроводов в мире, его длина – 4770 км. Соединяет месторождения Западной и Восточной Сибири с рынками Азии и США.

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор
Светлана Вяземская

Шеф-редактор
Анна Павлихина

Редактор
Анастасия Никитина

Ведущий аналитик
Артур Гайгер

Журналисты
Анна Игнатьева,
Татьяна Абрамова,
Елена Алифирова
Ольга Цыганова

Дизайн и верстка
Елена Валетова

Корректор
Виктор Блохин

Редколлегия
Ампилов Ю.П.
Галиулин Р.В.
Гриценко А.И.
Данилов А.М.
Данилов-Данильян В.И.
Макаров А.А.
Мастепанов А.М.
Салыгин В.И.
Третьяк А.Я.



Издательство:
ООО Информационное агентство
Neftegaz.RU

Директор
Ольга Бахтина

Отдел рекламы
Дмитрий Аверьянов
Ольга Иванова
Валентина Горбунова
Ольга Щербакова
Ольга Ющенко
Дмитрий Муханов
Юлия Косыгина
Станислав Будылёв
reklama@neftegaz.ru

Представитель в Евросоюзе
Виктория Гайгер

Тел.: +7 (495) 650-14-82

**Выставки, конференции,
распространение**
Татьяна Петрова

**Служба технической
поддержки**
Сергей Прибыткин
Алексей Бродский

**Менеджер по работе
с клиентами**
Сергей Густов

Деловой журнал
Neftegaz.RU
зарегистрирован
федеральной
службой по надзору
в сфере массовых
коммуникаций, связи
и охраны культурного
наследия в 2007 году,
свидетельство
о регистрации
П/И №ФС77-46285

Адрес редакции:
127006, г. Москва,
ул. Тверская, 18,
корпус 1, оф. 812
Тел. (495) 650-14-82,
694-39-24
www.neftegaz.ru
e-mail: info@neftegaz.ru
Подписной индекс
МАП11407

Перепечатка материалов журнала Neftegaz.RU невозможна без письменного разрешения главного редактора. Редакция не несет ответственности за достоверность информации, опубликованной в рекламных объявлениях, а также за политические, технологические, экономические и правовые прогнозы, представленные аналитиками. Ответственность за инвестиционные решения, принятые после прочтения журнала, несет инвестор.

Отпечатано в типографии
«МЕДИАКОЛОР»

Заявленный тираж
8000 экземпляров



Мы в Вашей команде



Вы хотите, чтобы кто-то разделял Ваше видение будущего и понимал, какие задачи требуют решения. Партнер по интеграции активов, процессов и персонала в единый механизм для создания безупречных цепочек поставок и безопасного производства. Для налаживания межфункционального взаимодействия. Так, из постоянной и незамедлительной реакции партнера, оказывающего всестороннюю поддержку, появляется процесс совместных инноваций, который приводит к устойчивому развитию и созданию системных решений, отвечающих Вашим целям. Yokogawa. Вместе с вами – в будущее.

Co-innovating tomorrow®

yokogawa.com/on

Co-innovating tomorrow является зарегистрированной торговой маркой корпорации Yokogawa Electric Corporation.

YOKOGAWA

Yokogawa Electric Corporation



Госдума ввела инвестиционные стимулы для Самотлора на 10 лет



Преференции для Роснефти обойдутся государству в 350 млрд руб.



В 2018 г. российским предприятиям придется доплатить больше 100 млрд руб.



По данным Минэнерго, в РФ две трети разведанных запасов относятся к трудноизвлекаемым

ВТОРАЯ ЖИЗНЬ САМОТЛОРА, или СЮРПРИЗ НА 100 МИЛЛИАРДОВ

Анна Павлихина

Госдума РФ приняла закон о поправках в Налоговый кодекс, согласно которому вводятся инвестиционные стимулы для Самотлорского нефтяного месторождения в форме снижения НДС в течение 10 лет.

Добиваться преференций для легендарного Самотлора глава Роснефти начал еще в 2016 г. Тогда Минфин отказался предоставлять льготы, но спустя пару месяцев сам предложил протестировать на Самотлоре новую систему налогообложения нефтегазовой отрасли. Пакет инвестстимулов заработает уже с 2018 г.

Роснефть аргументирует свой запрос необходимостью долгосрочного увеличения объемов бурения, сохранения текущего уровня добычи, а также обещает создать новые рабочие места и развивать региональную инфраструктуру. Благодаря инвестиционным стимулам компания сможет в полной мере раскрыть ресурсный потенциал месторождения. И все это государству обойдется в 35 млрд руб. в год. К слову, в 2016 г. на Самотлоре пробурено 233 скважины, что на 40% больше, чем в 2015 г. Т.е. компания неплохо справлялась и без доинвестирования, а о повышении КИН добывающие предприятия всегда заботились самостоятельно.

По данным Минэнерго, в РФ 2/3 разведанных запасов относятся к трудноизвлекаемым, в том числе 13% – высоковязкая нефть, 36% – коллекторы с низкой проницаемостью, 14% – подгазовые зоны, 4% – малые толщины пластов. Получается, что лишь треть российских запасов пригодна к рентабельной разработке.

Помимо роснефтянского Самотлора, с которого начали тестировать налоговые льготы, есть еще Ромашкинское месторождение, принадлежащее Татнефти, Федоровское, которое разрабатывает Сургутнефтегаз, и др.

Тенденция к снижению КИН обусловлена не только высокой выработкой. Эксперты отмечают, что существенным фактом



является слабое использование новых знаний, полученных в последние десятилетия. В ведущих российских научных центрах разработаны современные методы увеличения нефтеотдачи.

На поздней стадии разработки, к которым относится и Самотлор, доминирующая роль принадлежит геле-технологиям, увеличивающим охват пласта заводнением, снижающим обводненность продукции и увеличивающим добычу. Специально для увеличения КИН на таких месторождениях в ИПНГ РАН созданы технологии, позволяющие управлять флюидопотоками и увеличивать нефтеотдачу пластов с большой степенью обводненности. Ученые института химии нефти СО РАН разработали термотропные гелеобразующие системы, которые в поверхностных условиях являются маловязкими водными растворами, в пластовых – превращаются в гели. Гелеобразование происходит под действием тепловой энергии пласта или закачиваемого теплоносителя, без сшивающих агентов.

Неорганические термотропные гелеобразующие композиции на основе системы «соль алюминия – карбамид – вода» и полимерные на основе эфиров целлюлозы с различным временем гелеобразования способствуют снижению обводненности с 97 до 58% после обработки пласта. Технологии показали высокую эффективность и были рекомендованы к промышленному применению.

Стоит отметить, что поддержка бизнеса, умение видеть в нем партнера – это хорошая тенденция. Жаль, что она распространяется только на одну компанию, причем за счет всех остальных.

В 2018 г. российским предприятиям придется доплатить больше 100 млрд руб. Такой предновогодний сюрприз, под видом разного рода выплат, правительство вписало в проект трехлетнего бюджета, несмотря на обещание не менять фискальную нагрузку до конца 2018 г. С 2014 г., когда был введен мораторий на новые налоги, появилось множество разных сборов, которые хоть и не называются налогами, но явно не делают жизнь предприятий легче.

«Ведомости» пишут, что проект бюджета вводит сразу три новых платежа: пошлины на импорт станков и оборудования, на средства производства тяжелого и энергетического машиностроения, инвестиционный сбор в морских портах. Это приведет к сокращению инвестиций, росту цен на средства производства и на конечную продукцию практически по всем отраслям.

Страдают и нефтегазовые предприятия, в 2017 г. нагрузка на которые увеличилась YoY на 600 млрд руб.

А как же столь любимые чиновниками инновации, модернизация и инвестиционная привлекательность? Тактическая непоследовательность в реализации налоговой политики и заведомо проигрышные инвестиционные проекты, наиболее явный из которых подарок Венесуэле в 6 млрд долл, оставляют от этих трех составляющих, объявленных столпами российского ренессанса, лишь фантом. ●

«ТУРЕЦКИЙ ПОТОК» ПОТЕЧЕТ В ГАЗОВЫЙ ХАБ БАУМГАРТЕН?

Елена Алифирова

Газпром думает над тем, чтобы пустить вторую нитку магистрального газопровода «Турецкий поток» через Болгарию, Сербию, Венгрию, Австрию в Баумгартен.

Недавно были обнародованы параметры технического задания для проведения технико-экономического анализа вариантов продолжения МГП «Турецкий поток» по территории европейских стран.

Как уже известно, подрядчиком по данному предынвестиционному исследованию выступит НИИГазэкономика.

Газпром сообщает, что данная работа необходима для выбора оптимальной конфигурации проектов по созданию новых и расширению существующих газотранспортных мощностей на территории Болгарии, Сербии, Венгрии и Австрии, необходимых для поставок и транзита российского газа по территории данных стран.

Конечная точка прорабатываемой трассы – хаб Баумгартен в Австрии.

В рамках техзадания подрядчику необходимо будет выполнить анализ существующих ГТС на территории Болгарии, Сербии, Венгрии и Австрии, а также анализ возможности использования ранее проработанных вариантов трасс газопроводов на территории рассматриваемых стран с целью их возможного применения в проектах.

Варианты маршрутов будут сопоставлены по критериям срока реализации проекта и суммарных дисконтированных затрат.

Между тем Болгария, отказавшись в свое время от МГП «Южный поток», теперь с надежной смотрит на «Турецкий поток» в ожидании, что он пойдет по ее территории.

Российский газ Болгарии нужен для реализации своего амбициозного плана по созданию Балканского газового хаба. ●

Рейтинги Neftegaz.RU

Госдума РФ приняла в 3-м окончательном чтении закон о поправках в Налоговый кодекс, согласно которому вводятся инвестиционные стимулы для Самотлорского нефтяного месторождения в форме снижения НДС в размере 35 млрд руб./год сроком на 10 лет. Нуждается ли «Роснефть» в доинвестициях для увеличения КИН на Самотлоре?

Нужны ли льготы для увеличения КИН на Самотлорском месторождении?

18%

Да, за 10 лет на Самотлоре будет добыто 50 млн т нефти, а это 1,7 трлн руб налогов

27%

Нет, власти РФ уже достаточно много помогают Роснефти

18%

Да, компания сможет в полной мере раскрыть ресурсный потенциал Самотлора

36%

Нет, вкладываться нужно я в развитие технологий, а не в добычную компанию

Объем предложения на рынке СПГ в 2018 г в мире вырастет на 35 млн т.

Рост предложения на рынке СПГ прогнозируется за счет запуска новых заводов по производству СПГ. Станет ли сжиженный природный газ основным энергоносителем?

Станет ли СПГ основным энергоносителем?

27%

Да, как минимум он займет место угля

18%

Нет, возникают проблемы с логистикой

9%

Да, США намерены перевести на свой СПГ всю Европу

12%

Нет, это не устроит нефтяные державы

21%

Да, не зря строятся все больше СПГ-заводов и инфраструктуры

13%

Нет, основными энергоносителями будут ВИЭ

Новинка от концерна РУСЭЛПРОМ

Электродвигатель
7AVE 3e

Economical
Environmentally friendly
Energy efficient*



- Напряжение 380 - 660 В
- Мощность 7,5 - 30 кВт
- Частота вращения 3000 - 500 об/мин
- Монтажное исполнение на лапах, с фланцем, комбинированное
- Датчик температуры обмотки
- Места под установку датчиков вибрации

Снижен нагрев изоляции статора, что увеличивает срок службы обмотки

Установлено новое ядро 7AVE с уменьшенными электромагнитными потерями

Используется в составе частотно-регулируемого привода

Увеличен КПД. Класс энергоэффективности IE2 (высокий) и IE3 (очень высокий)

Высокий момент в диапазоне регулирования от 50 до 100%

Искробезопасный антикоррозийный алюминиевый корпус

*Экономичный, экологичный, энергоэффективный

✉ mail@ruselprom.ru
🌐 ruselprom.ru

тел.: 8 (800) 301-35-31
тел.: 8 (495) 788-28-27

РУСЭЛПРОМ
РОССИЙСКИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОНЦЕРН

*Выборы президента**Обвал рынка акций**Второй виток ВСТО**Продажа квот**Запуск нового производства**Газовые войны**Богданская ТЭС запущена**Второй виток кризиса**Цены на нефть**Смещение капиталов**Отмена пошлин**Южный поток**Дошли руки до Арктики**Новый глава Роснефти**Северный поток достроили**Цены на газ**Северный поток*

ВСТО-2. Причем НПС № 29 стала первой станцией, построенной в рамках проекта расширения на участке от НПС № 21 Сковородино до порта Козьмино.

НПС № 29 расположена на 3461 км трассы МНП ВСТО и является промежуточной станцией, без резервуарного парка. Она позволит поддержать необходимый объем перекачки нефти, поступающей от вышестоящей НПС-27 в Екатеринбург.

Далее станция обеспечит транспортировку нефти на НПС № 30 в Облучье, Еврейской автономной области.

В соответствии с проектом на НПС № 29 построены магистральная насосная станция, узел запорной арматуры, фильтры-грязеуловители, операторная, закрытое распределительное устройство, дизельная электростанция, насосная станция пожаротушения, резервуары противопожарного запаса воды, станция биологической очистки сточных вод, насосная хозяйственно-питьевого водоснабжения, бытовой корпус со столовой, производственная мастерская, служебно-бытовой корпус, закрытая стоянка техники с ремонтным блоком.

Объект включает 4 нефтяных насоса типа НМ 7000-250 производительностью 5145 м³/час каждый.

Кроме НПС № 29, проектом по расширению ВСТО-2 предусмотрено строительство НПС №№ 23, 26 и 32, а также реконструкция НПС №№ 27, 34 и 41.

хаба и хорошая перспектива для развития региона.

Кондинское месторождение запущено первым среди месторождений Эргинского кластера Роснефти, который включает в себя Эргинский участок недр, а также Кондинское, Чапровское, Западно-Эргинское и Ендырское месторождения. Общая площадь лицензионных участков недр превышает 5 тыс. км².

Начальные извлекаемые запасы нефти Эргинского кластера составляют 259 млн т (ABC1+C2), из которых 90% составляют ТРИЗ.

В Амурской области построена первая станция в рамках расширения проекта ВСТО-2

ЦУП ВСТО, «дочка» Транснефти, завершила строительство нефтеперекачивающей станции № 29 в Амурской области. НПС № 29 построена в рамках проекта по увеличению пропускной способности второй очереди МНП

Старт Кондинского

Роснефть ввела в эксплуатацию первое месторождение Эргинского кластера – Кондинское.

В первый пусковой комплекс вошли: ЦПС мощностью на первом этапе 2,3 млн т/год нефти и более 120 млн м³/год газа, 27 кустовых площадок, трубопровод протяженностью 68 км, обеспечивающий транспортировку нефти в систему магистральных нефтепроводов Транснефти, газотурбинная электростанция мощностью 42 МВт, высоковольтные линии электропередачи. Абсолютное большинство высокотехнологичного оборудования, агрегатов, узлов, которые здесь использованы, – это оборудование российского производства. В эксплуатацию введены 133 скважины протяженностью до 4500 м.

Принявший участие в церемонии открытия Д. Медведев отметил, что это важный шаг к созданию в РФ нового нефтегазового

Межпоселковые газопроводы: строительство продолжается

В 2017 г. Газпром завершил строительство 5 межпоселковых газопроводов, строительство еще 7 продолжается. Ход реализации соглашения о сотрудничестве 23 ноября 2017 г. обсудили губернатор Оренбургской области Ю. Берг и глава Газпрома А. Миллер. Речь шла о газификации. В 2003–2016 гг. Газпром построил в регионе 54 межпоселковых газопровода. Уровень газификации Оренбургской области к началу 2017 г. увеличен до 97,3%. В 2017 г. Газпром завершил сооружение 5 межпоселковых газопроводов.

Также А. Миллер и Ю. Берг рассмотрели перспективы развития рынка газомоторного топлива (ГМТ) в Оренбургской области. В настоящее время сеть автомобильных газонаполнительных компрессорных станций Газпрома в регионе состоит из 9 станций. До конца 2018 г. компания планирует построить третью АГНКС. В свою очередь правительство Оренбургской области приняло программу по развитию рынка ГМТ.

Завод Ямал СПГ готов к работе

Первая линия завода Ямал СПГ готова к запуску, равно как и морской порт Сабетта.

В ходе встречи с В. Матвиенко глава ЯНАО рассказал об обстановке, которая сегодня сложилась в регионе, а также о крупных проектах, которые будут запущены в ближайшее время. За

несколько дней до выступления в Совете Федераций, на Ямал с рабочим визитом приезжала делегация из представителей Госдумы, побывавшая на заводе Ямал СПГ и в порту Сабетта. Гендиректор проекта Ямал СПГ Е. Кот показал технологические линии, электростанцию, резервуары СПГ. Все объекты находятся в высокой степени готовности.

В начале ноября 2017 г. завод произвел первую партию СПГ. Партия газа – пробная, была произведена с целью проверки оборудования первой линии завода. В морском международном порту Сабетта в настоящее время находится и танкер-газовоз «Кристоф де Маржери», готовый к заливке первого СПГ.

Стоимость проекта Ямал СПГ оценивается в 26,9 млрд долл США. Мощность СПГ завода составит 16,5 млн т/год. Запланировано строительство трех линий (train) мощностью 5,5 млн т/год каждая.

Ресурсной базой проекта является Южно-Тамбейское месторождение, доказанные и вероятные запасы газа которого по стандартам PRMS составляют 926 млрд м³.

Санкции сближают

Под влиянием новых американских санкций НОВАТЭК намерен наладить тесное сотрудничество с китайскими компаниями и финансовыми институтами для развития своих амбициозных проектов. Компания 1 ноября 2017 г. в Китае подписала ряд соглашений о стратегическом сотрудничестве в рамках визита Д. Медведева на 22-ю регулярную встречу глав правительств РФ и Китая. НОВАТЭК заключил соглашение о стратегическом сотрудничестве с China National Petroleum Corporation.

Подписанное соглашение закрепляет намерения компаний по совместной работе в рамках проекта Арктик СПГ-2, а также в различных сегментах рынков СПГ и природного газа, включая реализацию СПГ и развитие газовой инфраструктуры. НОВАТЭК подписал меморандум о взаимопонимании с Банком развития Китая. В рамках MoU стороны договорились об участии банка в проекте Арктик СПГ-2, включая вопросы финансирования и привлечения инвестиций в капитал. Более того, есть предложение, что первый газ с проекта Ямал СПГ пойдет в адрес китайских партнеров – CNPC. ●

ТРАНСПОРТНЫЙ ФАКТОР

РОЛЬ ТРАНСПОРТИРОВКИ В СОВРЕМЕННОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОГРОМНА. ДОСТУПНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЗАЧАСТУЮ ЯВЛЯЕТСЯ ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ ФАКТОРОМ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО РЕШЕНИЯ О РЕАЛИЗАЦИИ ТОГО ИЛИ ИНОГО ДОБЫВАЮЩЕГО ПРОЕКТА. ЗАПУСК НОВЫХ КРУПНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПОЗВОЛИЛ РОССИЙСКИМ КОМПАНИЯМ НАЧАТЬ РАЗРАБОТКУ НЕСКОЛЬКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЗНАЧИТЕЛЬНО УВЕЛИЧИТЬ ДОБЫЧУ НЕФТИ

Мария Кутузова

Восточный нефтяной приоритет

Ценовая конъюнктура, а также действующее в этом году соглашение об ограничении добычи нефти России со странами ОПЕК+ оказали существенное влияние на перераспределение транспортных потоков российской нефти и нефтепродуктов. Так, с января по июль текущего года в систему «Транснефти» было принято около 280 млн т нефти, что на 1,8 млн т меньше, чем за семь месяцев прошлого года. По итогам девяти месяцев 2017 г. объемы транспортировки и сдачи нефти грузополучателям сократились на 0,9% или 3,3 млн т по сравнению с аналогичным периодом прошлого года до 356,9 млн т нефти, а также на 1,2% или 0,3 млн т до 25 млн т нефтепродуктов.

Экспорт из России, по итогам первых семи месяцев текущего года, сократился на 3,2 млн т до 136,5 млн т по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Тогда как на российские НПЗ в это время было поставлено на 1,8 млн т нефти больше – порядка 141,4 млн т. В этом году Российская Федерация лидирует в качестве крупнейшего поставщика нефти в Китай, опередив Саудовскую Аравию. Экспорт за первые семь месяцев 2017 г. по ответвлению в КНР от нефтепровода ВСТО достиг 15,2 млн т нефти, что на 2,1 млн т больше, чем в январе-июле 2016 г. Объемы поставок российской нефти в Китай вышли на рекордную отметку в 1,5 млн баррелей, или 6,3 млн т нефти. По сравнению с прошлым годом рост уже достиг 60%. В ноябре этого года CNPC завершила сварочные работы на второй ветке нефтепровода Мохэ-Дацин, по которой 1 января 2018 г. стартуют поставки в

рамках проекта Сковородино-Мохэ-Дацин мощностью до 30 млн т нефти. Длина нового отвода, позволяющая увеличить вдвое поставки российской нефти по этому направлению, превышает 940 км.

Восточное направление стало целевым для развития поставок углеводородного сырья из России. «Транснефть» реализует ряд проектов по увеличению пропускных мощностей магистрального нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан». Планирует к 2020 г. обеспечить поставки по ВСТО-1 в объеме 80 млн т, ВСТО-2, от Сковородино до Козьмино – 50 млн т нефти.

В прошлом году компания ввела в эксплуатацию более 2,8 тыс. км магистральных трубопроводов. Год назад стартовал нефтепровод Заполярье-Пурпе, поставки по которому достигли в настоящее время около 5 млн т в год, на 2018 г. запланированы поставки на уровне 11,1 млн т. Однако его пропускная способность достигает 45 млн т нефти в год. Предполагается, что запуск этого трубопровода создаст возможность освоения порядка десяти новых месторождений на Севере страны: Мессояхской, Уренгойской и Большетской групп, ресурсным потенциалом в 2 млрд т нефти. Еще один проект, введенный в эксплуатацию в 2016 г., магистральный нефтепровод Куюмба-Тайшет, ориентирован на разработку новых месторождений в Красноярском крае: Куюбинского и Юрубчено-Тохомского. В 2017 г. «Транснефть» планирует поставить по нему нефть в объеме 1 млн т, а в 2018 г. – порядка 2,9 млн т нефти. К 2023 г. мощность трубопровода должна составить 15 млн т нефти в год. Компания ведет расширение магистральных нефтепроводов для нефти Тимано-Печорской нефтегазовой провинции. Руководство «Транснефти» заявило об отсутствии необходимости строительства других маршрутов для транспортировки российской

нефти. Однако в конце ноября этого года стало известно о планах «Роснефти» о строительстве арктического порта Индига и строительства трубопровода к нему, эти мощности должны позволить российской ВИНК создать возможности для самостоятельного экспорта нефти месторождений Требса и Титова. Представители «Транснефти» пока не видят необходимости в этом дорогостоящем проекте и отмечают существующий профицит мощностей по перевалке нефти в Усть-Луге и Приморске, который будет только расти по мере роста объемов поставок западносибирской нефти в Китай по ВСТО.

Согласно прогнозам, в период до 2019 г. в России ожидаются объемы добычи нефти до 553 млн т, экспорт к этому времени будет составлять порядка 277,6 млн т, в том числе в страны дальнего зарубежья будет поставляться до 252,2 млн т нефти. Рост экспортных поставок возможен в основном в направлении стран АТР. Прогнозируется изменение структуры экспорта продукции российской нефтепереработки – постепенное замещение темных светлыми нефтепродуктами и падение объемов экспортных поставок до 145,5 млн т к 2019 г., что на 8,1% меньше по сравнению с показателями 2016 г.

Запад: с нефти на нефтепродукты

Среди наиболее крупных инвестиционных проектов «Транснефти» можно отметить строительство нефтепровода – отвода от ВСТО до Комсомольского НПЗ, а также два проекта по

расширению этого нефтепровода на участке Тайшет-Сковородино до 80 млн т в год и на участке Сковородино-Козьмино до 50 млн т. Реализуются несколько проектов по развитию поставок российских нефтепродуктов, в том числе в порт Приморск до 25 млн т в год (проект «Север»); двухэтапный проект «Юг», включающий реконструкцию магистральных трубопроводов Тихорецк – Новороссийск, а также строительство трубопровода Волгоград – Тихорецк; реконструируется система магистральных трубопроводов для увеличения поставок нефтепродуктов в Москву и Подмоскovie. «Транснефть» уже в 2018 г. должна завершить реконструкцию нефтепродуктопроводов в Приволжском и Центральном федеральных округах для увеличения поставок нефтепродуктов в Московский регион.

Так, в самое ближайшее время «Транснефть» собирается ввести в строй первую очередь нового продуктопровода «Юг», который соединит Волгоградский НПЗ ЛУКОЙЛа с Новороссийским морским портом. Оттуда российский дизель будет поставляться на зарубежные рынки, в том числе страны Средиземноморья, где российская ВИНК активно работает почти уже 10 лет. По информации «Транснефти», этой осенью магистральные нефтепродуктопроводы Волгоград-Тихорецк и Тихорецк-Новороссийск уже начали заполнять дизельным топливом. Крупный проект позволил создать инфраструктуру для транспортировки российского дизеля в объеме порядка 6 млн т в год до Новороссийского порта.

Планируется нарастить мощность трубы в будущем до 11 млн т в год, после завершения строительства участка Самара-Волгоград. Уже в начале декабря 2017 г. стартуют

поставки топлива от Волгоградского НПЗ в порт Новороссийск в объеме порядка 250 тыс. т ежемесячно.

Создаваемая «Транснефтью» система магистральных нефтепродуктопроводов должна обеспечить к 2020 г. объемы поставок российских светлых нефтепродуктов до 56 млн т в год. Проекты «Север» и «Юг» обеспечат возможность экспорта для отечественных НПЗ из российских портов на Балтике и Черном море.

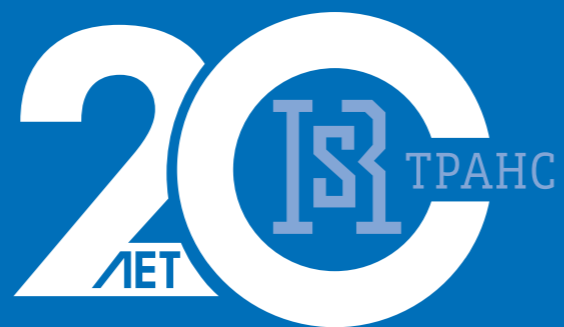
Что касается западного направления поставок, одной из целей «Транснефти» является выполнение поручения правительства РФ о переориентации грузопотока из прибалтийских портов в российские: Усть-Лугу, Приморск и Новороссийск. В частности, планировалось к 2018 г. полностью прекратить перевалку через соседние прибалтийские государства. Благодаря значительному профициту мощностей на Балтике, конкуренция между портами продолжает расти. Экспортная перевалка нефти в российских портах продолжает расти. По итогам прошлого года, через Козьмино, Приморск, Усть-Лугу и Новороссийск перевалено рекордные 142,9 млн т нефти. На Балтике необходимо отметить Приморск с его 50,6 млн т нефти и 15,2 млн т дизельного топлива, отправленных на экспорт в 2016 г. В этом балтийском порту сейчас существует профицит мощностей по перевалке нефти: сейчас «Транснефть» использует их для поставок на экспорт нефтепродуктов. Уже к 2021 г. экспортные мощности по дизелю в Приморске должны достичь 25 млн т. Не отстает и Усть-Луга: в прошлом году через порт поставлены на экспорт рекордные 30,1 млн т нефти. Здесь существует

потенциал увеличения мощностей до 38 млн т нефти в год. Через черноморский Новороссийск в 2016 г. отправлено на экспорт 30,4 млн т нефти, а на дальневосточный порт Козьмино поставлено в прошлом году 31,8 млн т нефти.

Рост объемов транспортировки нефтепродуктов у «Транснефти» привел к тому, что компания стала перепрофилировать мощности неиспользуемых нефтепроводов под продуктопроводы. В частности, под поставки дизеля из Приморска была переведена часть Балтийской трубопроводной системы. Сейчас на долю компании приходится порядка 25% поставок нефтепродуктов в стране, главным образом это дизельное топливо. В перспективе эти объемы будут лишь расти.

Что касается нефти, одной из самых острых проблем для «Транснефти» остается поддержание качества поставок, идущих на экспорт. В стране сокращаются объемы запасов среднесернистой нефти, в результате увеличивается прием в транспортную систему сырья с осложненными характеристиками. Разрабатываемые месторождения стареют, качество извлекаемой нефти не становится лучше, ее все сложнее добывать, содержание серы увеличивается по многим направлениям поставок. Сейчас «Транснефть» ставит задачу стабилизации качества нефти, ведет реконструкцию систем по смешению нефти. Для государства и его транспортной компании борьба за максимизацию прибыли, получаемой от каждого барреля нефти, извлекаемой в стране, является безусловным приоритетом. ●





ПУТЬ К УСПЕХУ – ЭТО ДОРОГА С ИСР ТРАНС!



ООО «ИСР Транс» в этом году отмечает 20-летие со дня основания компании, и для нас эта дата – еще одна возможность выразить уважение и благодарность за стабильное сотрудничество и эффективное взаимодействие своим партнерам, клиентам, коллегам.

20 лет – небольшой срок для компании, движимой амбициозными планами, но вполне достаточный, чтобы подвести промежуточный итог и оценить верность избранной стратегии, принятых решений и действий.

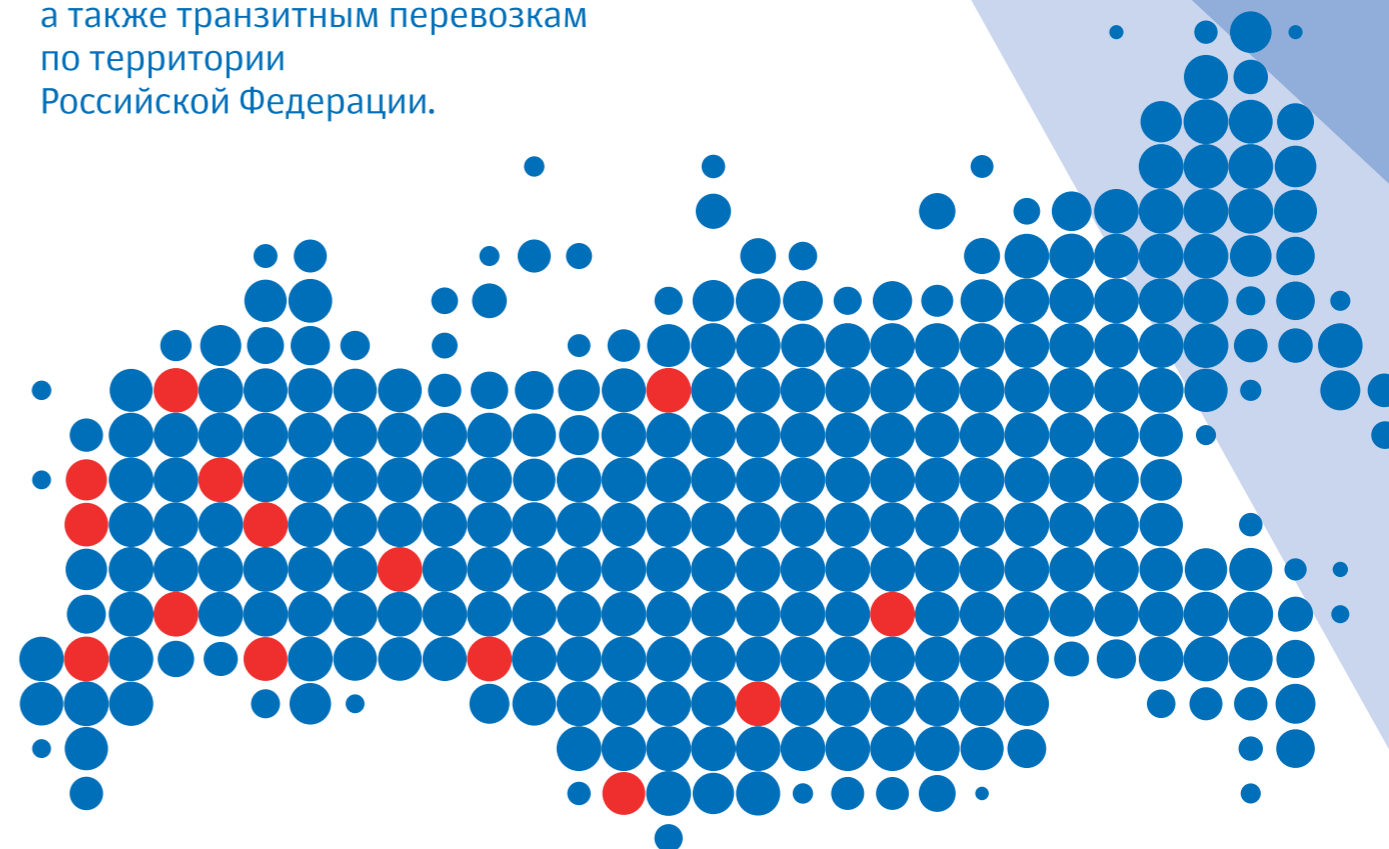
С удовлетворением отмечу, что на протяжении двух десятилетий мы смогли продемонстрировать уверенный рост всех основных показателей эффективности, ключевые факторы которой остались неизменными с 1997 года – это профессионализм, ответственность и надежность.

Доверяя нам, вы неизменно получаете высокий уровень сервиса, индивидуальный подход, гарантию сохранности и безопасности ваших грузов на протяжении всего пути.

В год 20-летия ООО «ИСР Транс» я хочу пожелать нашим клиентам и партнерам успеха и процветания! Потому что ваш успех вдохновляет нас на движение. Синергия же общего успеха стимулирует развитие отечественной экономики, что, в свою очередь, гарантирует стабильность государства.

С уважением,
Рахман Халилов,
председатель правления ООО «ИСР Транс»

Транспортно-экспедиторская компания «ИСР Транс» предоставляет полный спектр услуг по перевозке грузов железнодорожным транспортом, интермодальным контейнерным перевозкам, а также транзитным перевозкам по территории Российской Федерации.

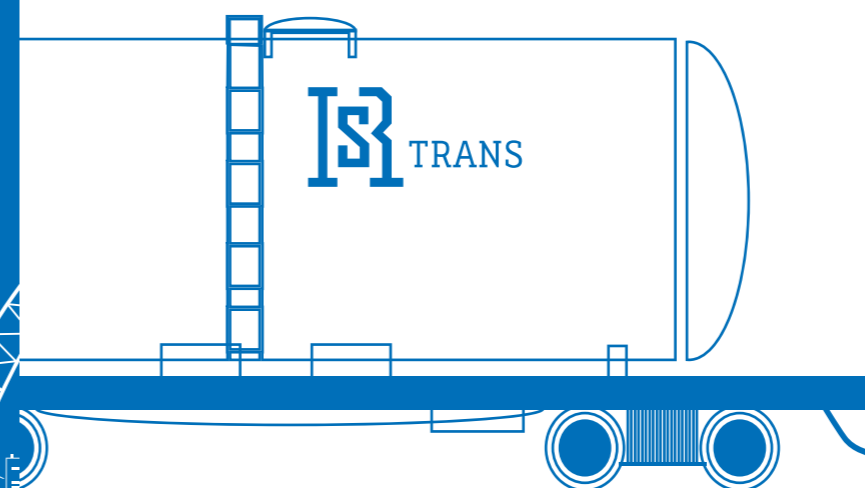


Для повышения качества услуг, уровня управления подвижным составом, скорости реагирования на запросы клиентов и расширения зоны присутствия образована сеть представительств в **Нижнем Новгороде, Санкт-Петербурге, Краснодаре** и грузовые отделы в **Орске** и **Саратове**.

Величина парка подвижного состава
ООО «ИСР Транс» – **20 тыс. ед.**,
в том числе собственного – **13 тыс. ед.**

Компания располагает и другими транспортными активами, позволяющими предлагать клиентам единую логистическую услугу, включающую железнодорожную перевозку в порт, перевалку и морскую транспортировку грузов.

ООО «ИСР Транс» отправляет грузы как на внутренний рынок, так и на экспорт в сторону морских портов и погранпереходов, а также работает на международных маршрутах.



БЕЗАВАРИЙНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ РЕЗЕРВУАРОВ

Оценка напряженно-деформированного состояния стального цилиндрического резервуара с дефектом типа «трещина» с использованием ПК ANSYS

СТАЛЬНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ (РВС) ДЛЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ОСТАЮТСЯ ОДНИМИ ИЗ НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМЕ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА НЕФТИ. В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРОВ ПОЯВЛЯЮТСЯ РАЗЛИЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ, СНИЖАЮЩИЕ НАДЕЖНОСТЬ РЕЗЕРВУАРОВ И ПРИВОДЯЩИЕ К АВАРИЯМ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ. ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ РЕЗЕРВУАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЯВЛЯЕТСЯ АКТУАЛЬНОЙ, ЕЕ РЕШЕНИЕ ПРИВЕДЕТ К ИХ БЕЗАВАРИЙНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ. В ДАННОЙ СТАТЬЕ ПРЕДСТАВЛЕН АНАЛИЗ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РЕЗЕРВУАРА РВСП-5000 С ДЕФЕКТОМ ТИПА «ТРЕЩИНА» С УЧЕТОМ ЕГО РАЗМЕРА, РАСПОЛОЖЕНИЯ В КОНСТРУКЦИИ РЕЗЕРВУАРА И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК ПРИ ПОМОЩИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

STEEL VERTICAL TANKS (RVS) FOR OIL AND PETROLEUM PRODUCTS ARE AMONG THE MOST DANGEROUS OBJECTS IN THE SYSTEM OF MAIN PIPELINE TRANSPORT OF OIL. DIFFERENT DEFECTS MAY APPEAR DURING OPERATION OF THE TANKS. DEFECTS REDUCE THE RELIABILITY OF THE TANK AND LEAD TO ACCIDENTS OF VARYING SEVERITY. THE PROBLEM OF ENSURING OPERATIONAL RELIABILITY AND DURABILITY OF TANK STRUCTURES IS ACTUAL, ITS SOLUTION WILL LEAD TO ACCIDENT-FREE OPERATION OF TANKS. THE WORK IS DEVOTED TO SOLVING THE PROBLEM OF THE SAFETY OPERATION OF STEEL VERTICAL CYLINDRICAL TANKS BY THE EXAMPLE OF THE ANALYSIS OF RESIDUAL LIFE OF TANK RVSP-5000 WITH A DEFECT THE "CRACK" WITH ALLOWANCE FOR ITS SIZE, LOCATION IN THE TANK STRUCTURE AND OPERATING LOADS, USING FINITE ELEMENT MODELING

Ключевые слова: *стальной вертикальный цилиндрический резервуар, напряженно-деформированное состояние, остаточный ресурс, безопасная эксплуатация, дефект, трещина, метод конечных элементов.*

Самигуллин Гафур Халафович,
к.т.н., доцент,
заведующий кафедрой
транспорта и хранения
нефти и газа,
Санкт-Петербургский
горный университет

Лягова Анастасия Андреевна,
к.т.н.,
ассистент кафедры
транспорта и хранения
нефти и газа,
Санкт-Петербургский
горный университет

Дмитриева Алена Сергеевна,
магистрант кафедры
транспорта и хранения
нефти и газа,
Санкт-Петербургский
горный университет

Резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов являются объектами повышенной опасности, которые при аварии могут нанести вред окружающей среде, персоналу предприятия, прилегающим сооружениям. Несмотря на использование современных технологий и достигнутый опыт в резервуаростроении, аварии на данных объектах становятся распространенным явлением. Следует отметить, что значительная часть резервуарного парка России практически исчерпала свой назначенный ресурс эксплуатации или имеет дефекты не допустимые с точки зрения нормативно-технической документации [1].

В процессе эксплуатации резервуаров появляются различные дефекты, снижающие надежность резервуаров и приводящие к авариям различной степени опасности. Опасность возникновения аварийных ситуаций оценивается тяжестью причиняемого ущерба, который

зависит от того, как проявляется авария: в виде взрывов и пожаров от разлившегося нефтепродукта, в виде хрупких разрушений или локальных отказов резервуаров.

Как показывает практика, аварии РВС в большинстве случаев сопровождаются значительными потерями нефтепродуктов,

отравлением местности и гибелью людей [2]. Общий материальный ущерб превышает первичные затраты на сооружение резервуаров. Это является одним из главных оснований утверждать, что проблема обеспечения надежной эксплуатации резервуарных конструкций остается актуальной. А также приводит к необходимости разработки методов определения фактической опасности обнаруженных во время диагностирования резервуара дефектов, оценки напряженного деформированного состояния конструктивных элементов резервуаров с дефектами, определения сроков и условий возможной безаварийной эксплуатации.

На сегодняшний день имеется немало работ по проблеме анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) резервуаров [3]. Прежде всего, стоит отметить, что все авторы данных работ, указывают на несовершенство аналитических методик расчета НДС резервуаров, которые не позволяют реально оценивать ресурс эксплуатируемых РВС. Связано это с тем, что расчеты НДС резервуаров по нормативным документам [4–8] не учитывают конструктивные особенности РВС, условия эксплуатации, внешние и технологические факторы, наличие и расположение дефектов.

В настоящее время проводятся многочисленные исследования остаточного ресурса резервуаров с различными дефектами, предлагаются новые методики расчета НДС резервуара с применением современных программных комплексов.

Самые распространенные из них – программы, использующие расчет на основе метода конечных элементов. Данный метод позволяет получать достаточно корректные результаты прочностных расчетов резервуара при моделировании конструкции РВС, приближенной к реальной, задании всех граничных условий, нагрузок и оптимального количества узлов сетки разбиения.

Постановка задачи

Одним из распространенных дефектов в конструкции резервуара является дефект типа «трещина» [9]. Хрупкие разрушения объектов нефтяной и газовой промышленности с катастрофическими последствиями происходят при образовании и распространении трещины в металлоконструкции. Возникновение дефектов в процессе эксплуатации стальных вертикальных резервуаров является неизбежным процессом из-за коррозионного износа и малоциклового усталости металла. Усталостные трещины появляются в результате циклических нагрузок в местах концентрации напряжений.

Остаточный ресурс стенки резервуара определяется согласно РД 153-112-017-97 [4] по параметрам малоциклового усталости металла. В основе методики расчета лежит уравнение Пэриса, которое связывает скорость распространения трещиноподобного дефекта и коэффициент интенсивности напряжений (КИН):

$$\frac{db}{dN} = C \cdot \Delta K^n, \quad (1)$$

Здесь C и n – эмпирические коэффициенты,

db/dN – скорость роста трещины,
 N – число циклов.

$\Delta K = K_{max} - K_{min}$ – размах коэффициента интенсивности напряжений за один цикл нагружения, определяемый по формуле:

$$\Delta K = Y_I \cdot \Delta \sigma \cdot \sqrt{\pi b}, \quad (2)$$

где $\Delta \sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min}$ – размах действующих напряжений;

Y_I – К-тарировочная функция, безразмерный коэффициент, зависящий от геометрии тела, параметров трещины и условий нагружения;

b – глубина трещины.

Коэффициент интенсивности напряжений (КИН) – это параметр, который характеризует напряженно-деформированное состояние в вершине трещины и зависит от условий эксплуатации, геометрии рассматриваемой конструкции и размеров трещины. Для расчета КИН трещин в простых конструкциях, например, цилиндрах или пластинах, существуют аналитические зависимости, представленные в справочнике Ю. Мураками «Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений». Однако для трещин в нижних поясах резервуаров вблизи приемо-раздаточных патрубков и уторного узла такие формулы использовать не корректно. Представим расчет КИН численным методом в ПК ANSYS на основе результатов технического диагностирования резервуара РВСП-5000 с учетом размера трещины, ее расположения и эксплуатационных нагрузок. В рамках данного моделирования так же выполним анализ КИН вертикальной и горизонтальной трещин, расположенных на внутренней и внешней стороне резервуара, с варьированием размера дефекта.

Рассматриваемый резервуар используют для хранения автобензина, выполнен из стали СтЗсп ($\sigma_t = 245$ МПа, $\sigma_v = 370$ МПа). Визуально-измерительный контроль резервуара показал, что в первом поясе резервуара имеется трещина с размерами: глубина – 2 мм, длина – 10 мм. Направление и расположение трещины (с внутренней или внешней стороны стенки резервуара) не известны.

Реализация задачи

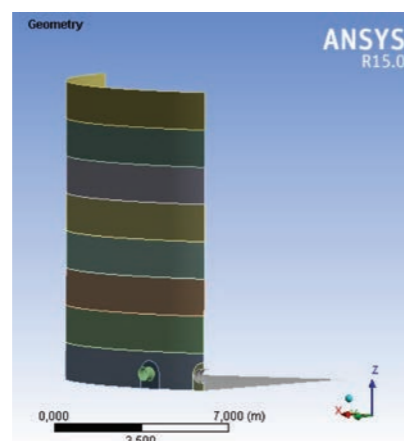
Расчет НДС в ПК Ansys проходит следующим образом.

УДК 621.642-034.14



Создается математическая модель исследуемого объекта, включающая построение его геометрии, задание материала изготовления с помощью физических свойств металла, разбиение модели конечно-элементной сеткой, задание нагрузок и давлений, граничных условий и выбор выходных данных. В качестве геометрии модели была построена одна четверть резервуара с двумя приемораздаточными патрубками с усиливающим листом и обечайкой (см. рис. 1).

РИС. 1. Модель резервуара РВСП-5000



Так, методом конечных элементов были определены: общая деформация резервуара, кольцевые напряжения (рис. 2) и продольные напряжения в резервуаре.

Затем выполняется построение дефекта «трещина». Для моделирования трещины целесообразно использовать метод подмоделирования, который позволяет создать сетку достаточной плотности в отдельной области модели для получения более точных результатов. Применение МКЭ для описания роста трещины обычно предполагает оперативную

перестройку конечно-элементной сетки по мере развития трещины. Основным преимуществом подмоделирования является не только получение более точного результата в локальной области, но и возможность экспериментирования с различными вариантами конструкции в выбранной области. Основной принцип подмоделирования заключается в переносе результатов (перемещений), полученных из расчета полной модели в местах размещения границ подмодели

на узлы подмодели с более мелкой сеткой. В ПК Ansys для интерполяции перемещений из полной модели в подмодель необходимо использовать функцию «Structural DOF» с указанием типа подмоделирования shell-solid [10].

После расчета НДС модели резервуара, была создана копия геометрии конструкции резервуара, в которой была создана подмодель, пластина 400×400×9,4 мм, «вырезанная» из первого пояса резервуара между патрубками. На подмодель необходимо так же приложить нагрузки, которые испытывает расчетная область в полной модели. Для моделирования трещины в ПК Ansys WB имеется инструмент «Fracture-Crack», который автоматически создает поверхностные полуэллиптические трещины требуемого размера.

Задача состояла в том, чтобы получить коэффициенты интенсивности напряжений с увеличением глубины трещины, варьируя расположением трещины: вертикальное и горизонтальное с внешней и внутренней сторон стенки резервуара (рис. 3). Изначальные размеры трещины: глубина – 2 мм, длина – 10 мм. Рост

ТАБЛИЦА 1. Значения КИН моделей трещин

Глубина L, мм	$\Delta K_{I_{max}}, МПа \cdot \sqrt{м}$			
	Сторона резервуара			
	Внешняя		Внутренняя	
	Положение трещины			
	Вертикальное	Горизонтальное	Вертикальное	Горизонтальное
2	25,354	22,243	26,800	21,584
3	26,907	22,551	28,192	21,872
4	28,132	22,900	29,342	22,148
5	29,441	23,189	30,258	22,346
6	31,134	23,467	31,255	22,481
7	31,909	23,614	31,983	22,619

трещины выполняем с шагом 1 мм до глубины, равной 7 мм, при этом длина трещины с каждым шагом увеличивается в два раза.

Чтобы решить поставленную задачу, для определения коэффициентов интенсивности напряжений необходимо воспользоваться «Sparse Solve». В меню «Solution-Fracture Tool-SIF» будет задан вывод значений КИН.

Модель вертикальной трещины глубиной L = 2 мм, расположенной на внешней стороне стенки резервуара, с результатами распределения КИН представлена на рисунке 4.

ресурса резервуара до образования лавинообразной трещины по описанной выше методике [4] с использованием КИН, полученных по кинетической диаграмме циклической трещиностойкости сталей [11] и методом конечных элементов для горизонтальной и вертикальной трещин глубиной 2 мм и длиной 10 мм.

Результаты расчетов обосновывают необходимость определения точного КИН для трещины, расположенной в стенке резервуара, так как данный коэффициент существенно влияет на величину остаточного ресурса резервуара. Зная конкретное расположение поверхностной трещины в стенке резервуара, можно получить результаты определения остаточного срока эксплуатации, отличающиеся в большую или меньшую сторону от величины, найденной без учета локации трещины.

Таким образом, расчет остаточного ресурса резервуара с использованием ПК ANSYS позволяет корректно оценивать напряженно-деформированное состояние резервуара в зависимости от размера и направления поверхностного дефекта типа «трещина» и прогнозировать дальнейший безаварийный срок эксплуатации.

Результаты расчета

Значения КИН для всех вариаций размера и расположения трещины представлены в таблице 1.

Оценивая полученные данные, можно сделать вывод, что с увеличением глубины трещины КИН возрастает. В целом, значения КИН вертикальных трещин больше, чем горизонтальных. Наибольшие значения КИН наблюдаются у вертикальных трещин, расположенных на внутренней стороне резервуара.

В таблице 2 представлены результаты расчета остаточного

Литература

1. Текущее состояние системы ТНП на фоне необходимости расширения существующих и строительства новых мощностей.
2. Хроника аварий // Научно-производственный журнал «Безопасность труда в промышленности».
3. Гайсин Э.Ш., Гайсин М.Ш. Современное состояние проблем обеспечения надежности резервуаров для нефти и нефтепродуктов // Транспорт и хранение нефтепродуктов. 2016. № 2.
4. РД 153-112-017-97 Инструкция по диагностике и оценке остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров. – Уфа: ЗАО «Нефтемонтаждиагностика», 1997. – С. 70.
5. РД 25.160.10-КТН-050-06 Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных и вертикальных резервуаров. – М.: ОАО «АК «Транснефть», 2005. – С. 259.
6. Руководство по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. – М: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. – С. 240.
7. РД-23.020.00.-КТН-296-07 Руководство по оценке технического состояния резервуаров ОАО «АК «Транснефть». – Введ. 2007-11-02. М.: Транснефть, 2007. – С. 135.
8. РД 08-95-95 Положение о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов. – Введ. 1995-09-01.: АО «ВНИИмонтажспецстрой», 2013. – С. 19.
9. Сафина И. С., Каузова П. А., Гуцин Д. А. Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных// ТехНадзор – 2016. – № 3.
10. Герасименко А.А. Прогнозирование остаточного ресурса стальных резервуаров по параметрам циклической трещиностойкости в условиях двухосного нагружения: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Санкт-Петербург, 2014. – 159 с.
11. Лустовой В.Н. Металлоконструкции грузоподъемных машин. Разрушение и прогнозирование остаточного ресурса. – М.: Транспорт, 1992. – 256 с.

РИС. 2. Распределение кольцевых напряжений в стенке резервуара РВСП-5000

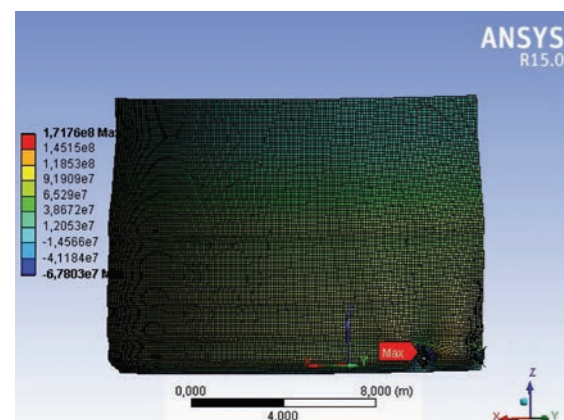


РИС. 3. Модель вертикальной трещины

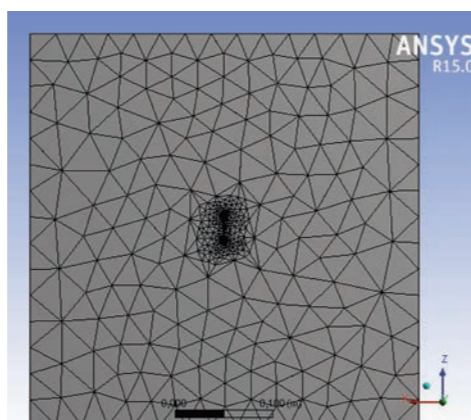


РИС. 4. Распределение КИН в вертикальной трещине, расположенной на внешней стороне резервуара

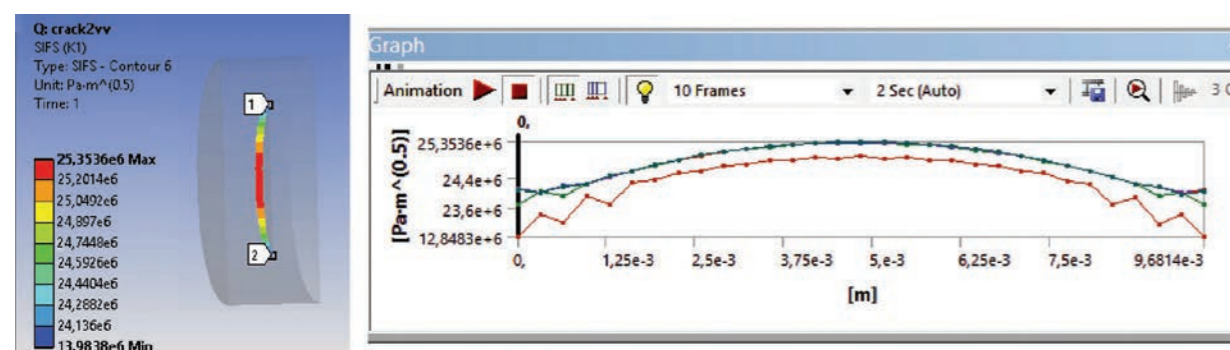


ТАБЛИЦА 2. Остаточный ресурс резервуара РВСП-5000

Способ определения КИН	Справочные данные, $\Delta K = 24,2 МПа \cdot м^{1/2}$	МКЭ, вертикальная трещина, $\Delta K = 26,8 МПа \cdot м^{1/2}$	МКЭ, горизонтальная трещина, $\Delta K = 21,58 МПа \cdot м^{1/2}$
Остаточный ресурс T, лет	5,5	4,4	6,3

KEYWORDS: Steel Vertical Cylindrical Tank, Stress-strain State, Residual life, Safe Operation, Operational Defect, Crack, Finite Element Method.

УСТОЙЧИВОСТЬ ТРУБОПРОВОДОВ

Влияние геометрии фундаментов объектов трубопроводного транспорта углеводородов на пространственное распределение сжимающих напряжений в их грунтовых основаниях



Грузин Андрей Васильевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», кафедра «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология» доцент каф. НГДСИМ к.т.н.



Грузин Владимир Васильевич, «Казахский агротехнический университет им. Сакена Сейфуллина», кафедра «Вычислительная техника и программное обеспечение» д.т.н., академик Академии военных наук РК, профессор

ПОСТОЯННО ИЗМЕНЯЮЩИЕСЯ НАГРУЗКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА УГЛЕВОДОРОДОВ И РАЗНООБРАЗИЕ ГРУНТОВ ВНОВЬ ОСВАИВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОБУСЛАВЛИВАЮТ ПОИСК ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРЕБОВАНИЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ «ГРУНТОВОЕ ОСНОВАНИЕ – ФУНДАМЕНТ» ДАННЫХ ОБЪЕКТОВ. В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ К ТАКИМ ТРЕБОВАНИЯМ ОТНОСЯТСЯ ОГРАНИЧЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ВЕЛИЧИНАМИ ДОПУСТИМЫХ АБСОЛЮТНЫХ И ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОСАДОК ФУНДАМЕНТОВ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПИ. ПРЕДЛАГАЕТСЯ НА ПРАКТИКЕ ПРИ НЕВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ВЕЛИЧИН НАГРУЗОК ОТ НИХ КОНТРОЛИРОВАТЬ ТРЕБУЕМУЮ ВЕЛИЧИНУ ОСАДКИ ГРУНТА ИЗМЕНЕНИЕМ ФОРМЫ НАГРУЗКИ ЧЕРЕЗ ГЕОМЕТРИЮ ФУНДАМЕНТОВ. ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ БЛИЗКО РАСПОЛОЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОЗВОЛИТ СНИЗИТЬ ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ИХ ДРУГ НА ДРУГА ПО ГРУНТУ ОСНОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧИТЬ ДОПУСТИМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ АБСОЛЮТНЫХ И ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОСАДОК ГРУНТА БЕЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ

CONSTANTLY CHANGING ACTIVITIES IN THE TECHNOLOGICAL CHAIN OF HYDROCARBONS GASLINE TRANSPORT AND SOILS VARIETY OF NEWLY DEVELOPED DEPOSITS STIPULATE THE RESEARCH FOR INNOVATIVE APPROACHES TO ENSURING THE RELIABILITY REQUIREMENTS OF THE SYSTEM "EARTH BASE – FOUNDATION" OF THESE FACILITIES. FIRST OF ALL, SUCH CLAIMS INCLUDE LIMITATION CAUSED BY THE PERMISSIBLE ABSOLUTE AND RELATIVE VALUES OF THE TECHNOLOGICAL CHAIN OBJECTS OF FOUNDATIONS SEDIMENTATION. IF IT IS NOT POSSIBLE TO REDUCE THE VALUES OF THE WORKLOAD, IS ENCOURAGED TO CONTROL IN PRACTICE THE REQUIRED AMOUNT OF GROUND SUBSIDENCE BY CHANGING THE SHAPE OF THE WORKLOAD FORM THROUGH THE FOUNDATIONS GEOMETRY. APPLICATION OF RESEARCH'S RESULTS OF THE FOUNDATION WORK OF TECHNOLOGICAL CHAIN OF CLOSELY LOCATED OBJECTS WILL ALLOW TO REDUCE RECIPROCAL EFFECT ON THE GROUND AND TO PROVIDE PERMISSIBLE QUANTITY OF ABSOLUTE AND RELATIVE VALUES OF THE GROUND SETTLEMENT WITHOUT ADDITIONAL MATERIAL COSTS

Ключевые слова: *трубопроводный транспорт углеводородов, объект, технологическая цепь, фундамент, грунтовое основание, сжимающее напряжение, устойчивость, осадка грунта.*

Освоение новых нефтяных и газовых месторождений, реконструкция существующей технологической инфраструктуры трубопроводного транспорта углеводородов, как правило, сталкивается с необходимостью обеспечения устойчивости зданий и сооружений по грунту основания в течение всего срока

их эксплуатации. Использование материалоёмкого оборудования на территориях, сложенных грунтами, имеющими невысокие значения расчётного сопротивления, увеличивает риск потери ими устойчивости. Следствием потери устойчивости по грунту основания возможно развитие неконтролируемых осадок,

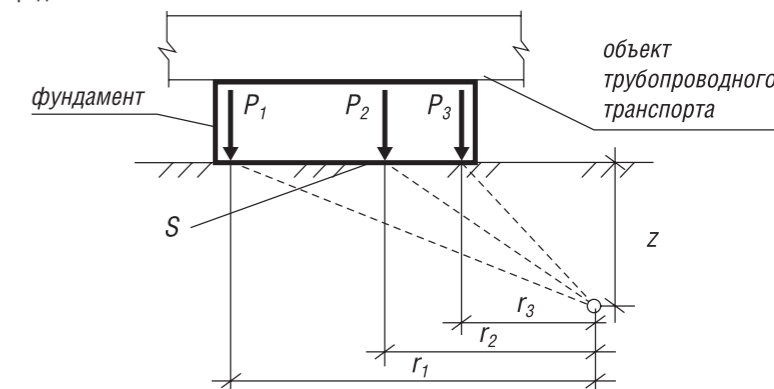
превышающих допустимые значения. Задача уменьшения осадки грунтов оснований строящихся и реконструируемых объектов трубопроводного транспорта углеводородов в настоящее время решается путём использования технологий локального уплотнения с применением специальных средств механизации или путём рационального размещения имеющегося технологического оборудования [1–3].

Проблема рациональной расстановки оборудования на технологических площадках транспорта углеводородов с целью недопущения развития неконтролируемых осадок в настоящее время решена не в полной мере. Причиной тому является характер пространственного распределения вертикальных сжимающих напряжений от нагрузки, передаваемой на дневную поверхность грунта фундаментом объекта трубопроводного транспорта углеводородов. Аддитивный характер суперпозиции пространственных полей вертикальных сжимающих напряжений от близко расположенных объектов может приводить к возникновению в грунтовом пространстве между ними вертикальных сжимающих напряжений, по величине превышающих предельные значения такового под каждым из объектов в отдельности.

Следствием этого возможно активное развитие осадки грунта на границе соседних объектов, превышающее предельно допустимые значения, с последующей потерей устойчивости обоими объектами. Решение данной проблемы требует изучения возможности влияния на характер пространственного распределения вертикальных сжимающих напряжений за счёт изменения формы нагрузки на грунтовое основание.

Достижение указанной цели позволит обеспечить не только возможность использования материалоёмкого оборудования на грунтах с невысокими значениями расчётного сопротивления, но так же и более компактное его размещение на технологической площадке.

РИС. 1. Определение вертикальных сжимающих напряжений от действия нескольких сосредоточенных сил



Теория

Для изучения особенностей влияния геометрии подошвы фундамента на пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений в грунтовом полупространстве предлагается использовать решение задачи о действии вертикальной сосредоточенной силы, приложенной к поверхности упругого полупространства, полученное в 1885 г. Ж. Буссинеском. Такой подход позволяет определить тензор напряжений в любой точке полупространства от действия сосредоточенной силы. Для устройства и дальнейшей эксплуатации оснований и фундаментов объектов трубопроводного транспорта углеводородов наибольшее значение имеет величина осадки грунта, вызываемая возникающими от внешней нагрузки P вертикальными сжимающими напряжениями σ_z [4]:

$$\sigma_z = k \cdot \frac{P}{z^2}, \quad (1)$$

где z – глубина положения точки, в которой определяется напряжение σ_z ; k – коэффициент, зависящий от взаимного положения рассматриваемой точки в грунтовом полупространстве и точки приложения сосредоточенной силы P на поверхности упругого полупространства.

Коэффициент k рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad (2)$$

где r – расстояние от места приложения сосредоточенной силы P до точки, в которой определяется вертикальное сжимающее напряжение σ_z .

В случае приложения к дневной поверхности грунтового полупространства равномерно распределённой по площади ограниченных размеров нагрузки напряжение в любой точке грунтового массива может быть найдено по принципу независимости действия сил – как сумма напряжений, возникающих от сосредоточенных нагрузок, заменяющих действие равномерно распределённой нагрузки на элементарных площадках и приложенных в центре тяжести последних (см. рисунок 1).

Таким образом, применяя принцип суперпозиции, можно определить значение вертикального сжимающего напряжения σ_z в каждой точке грунтового полупространства под действием нескольких сосредоточенных сил P_1, P_2, \dots, P_n , приложенных к дневной поверхности грунта:

$$\sigma_z = k_1 \cdot \frac{P_1}{z^2} + k_2 \cdot \frac{P_2}{z^2} + \dots + k_n \cdot \frac{P_n}{z^2} = \frac{1}{z^2} \cdot \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i. \quad (3)$$

Для анализа влияния как известных существующих форм и величин нагрузки на пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений, так и поиска новых, рациональных был разработан специализированный программный продукт «Грунт 3D».

В основе алгоритма специализированного программного продукта «Грунт 3D» для расчёта величин и пространственного распределения вертикальных сжимающих напряжений σ_z в грунтовом полупространстве была использована зависимость (3). В качестве исходных данных при выполнении расчётов были

УДК 624.131.5: 624.131.7

РИС. 2. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений для прямоугольной нагрузки с соотношением сторон 1:1

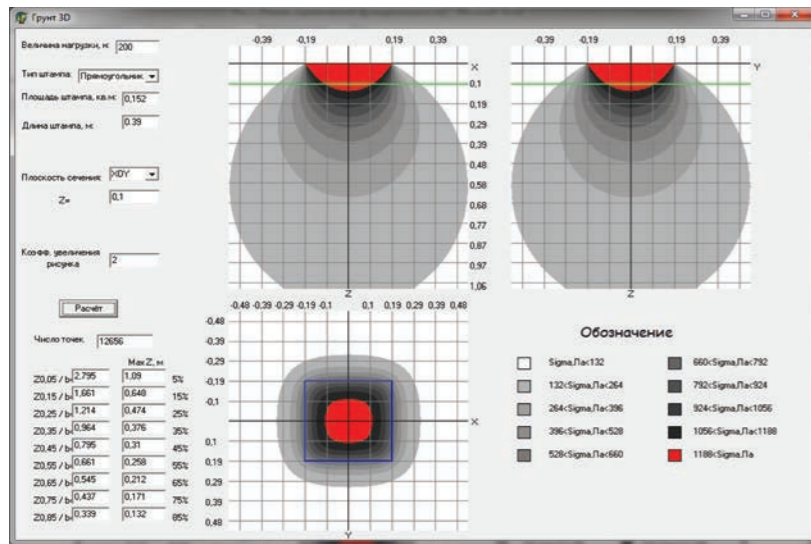


РИС. 3. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений для прямоугольной нагрузки с соотношением сторон 2:1

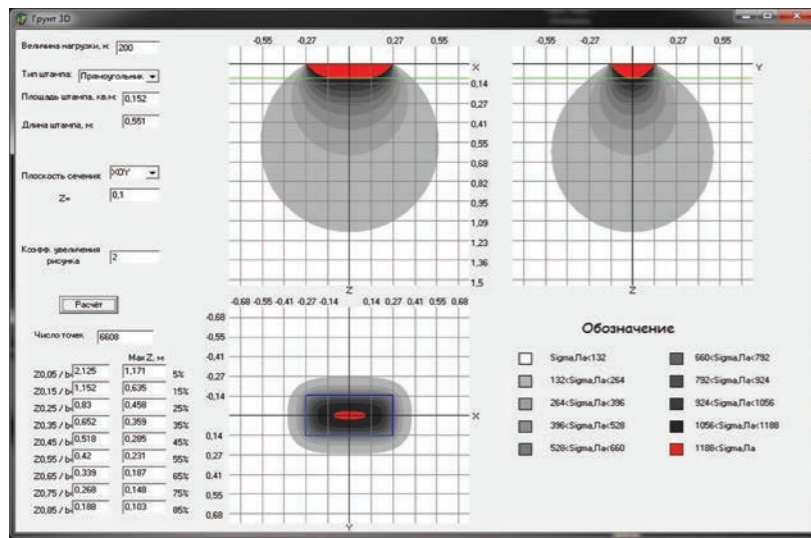
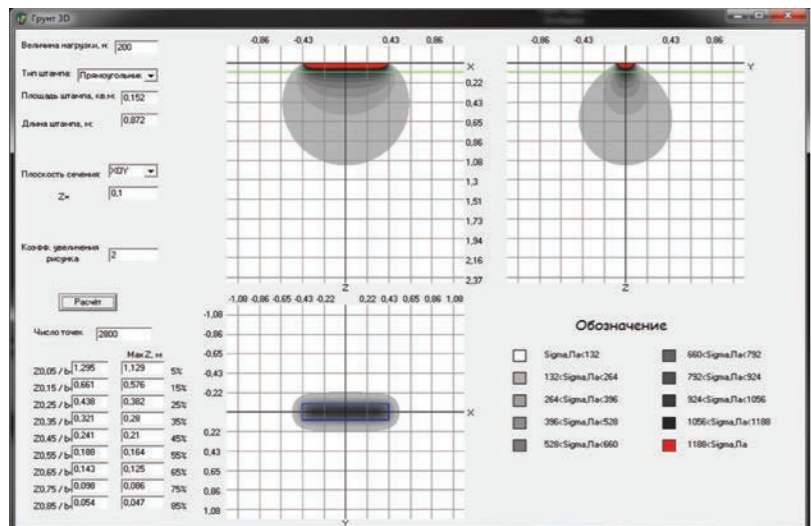


РИС. 4. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений для прямоугольной нагрузки с соотношением сторон 5:1



приняты: величина нагрузки P , площадь нагружения S , форма нагрузки в плане – прямоугольник с различным соотношением длин сторон, равносторонний n -угольник и укороченная трёхлучевая гипоциклоида с различными коэффициентами скольжения (гипотрохоида).

Результаты численного моделирования

В ходе численного моделирования с помощью программного продукта «Грунт 3D» было исследовано влияние нагрузки, передаваемой подошвой фундамента, в форме прямоугольника на пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений σ_z в зависимости от соотношения длин сторон. Были исследованы прямоугольные нагрузки с соотношением сторон: 1:1, 2:1, 5:1 и 10:1 (см. рисунки 2–5). Результаты численного моделирования представлены в графическом виде. С помощью условных цветов было визуализировано пространственное распределение полей вертикальных сжимающих напряжений различной интенсивности.

Программный продукт «Грунт 3D» позволяет визуализировать пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений σ_z как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях на заданном расстоянии от центра приложения нагрузки. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений σ_z в вертикальных, взаимно перпендикулярных, плоскостях представлено на верхних левом и правом графических полях окна программного продукта «Грунт 3D». Горизонтальное распределение вертикальных сжимающих напряжений σ_z представлено на нижнем графическом поле окна программного продукта «Грунт 3D». Положение горизонтальной плоскости на верхних, левом и правом, графических полях окна программного продукта «Грунт 3D» отмечено горизонтальной зелёной линией. Форма нагрузки представлена на нижнем графическом поле окна программного продукта «Грунт 3D» синей линией. Для удобства анализа для всех значений соотношения сторон

нагрузки в форме прямоугольника были выбраны равные значения площадей подошвы фундамента S , равные значения нагрузки P и одинаковые значения глубины расположения горизонтальной плоскости z .

Так же в ходе численного моделирования с помощью программного продукта «Грунт 3D» было исследовано влияние нагрузки в форме равностороннего n -угольника на пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений σ_z в грунтовом полупространстве в зависимости от числа сторон n . Были исследованы нагрузки в форме равносторонних треугольника, четырёхугольника (квадрата), шестиугольника и круга (число сторон $n = \infty$) (см. рисунки 6–9).

Особый интерес для практического инженерного использования представляют замкнутые кривые, обеспечивающие максимальную величину отношения их длины (периметра) к ограничиваемой ими площади поверхности [1]. К числу таких плоских кривых относится гипоциклоида. В ходе численного моделирования с помощью программного продукта «Грунт 3D» в качестве формы нагрузки была выбрана укороченная трёхлучевая гипоциклоида с различным коэффициентом скольжения (гипотрохоида). Гипоциклоида представляет собой плоскую кривую, уравнения которой в параметрической форме имеют следующий вид [5]:

$$\begin{cases} x = (R_n - r_n) \cdot \cos \psi + \lambda \cdot r_n \cdot \cos \left(\frac{R_n - r_n}{R_n} \cdot \psi \right) \\ y = (R_n - r_n) \cdot \sin \psi - \lambda \cdot r_n \cdot \sin \left(\frac{R_n - r_n}{R_n} \cdot \psi \right) \end{cases}, \quad (4)$$

где R_n – радиус направляющей окружности; r_n – радиус производящей окружности; ψ – параметр изменяется в диапазоне $[0; 2\pi]$; λ – коэффициент скольжения. Радиусы направляющей R_n и производящей r_n окружностей связаны зависимостью:

$$n = \frac{R_n}{r_n}, \quad (5)$$

где n – в проведённом исследовании – целое число, равное 3. Выполненные исследования позволили установить характер влияния коэффициента скольжения λ

РИС. 5. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений для прямоугольной нагрузки с соотношением сторон 10:1

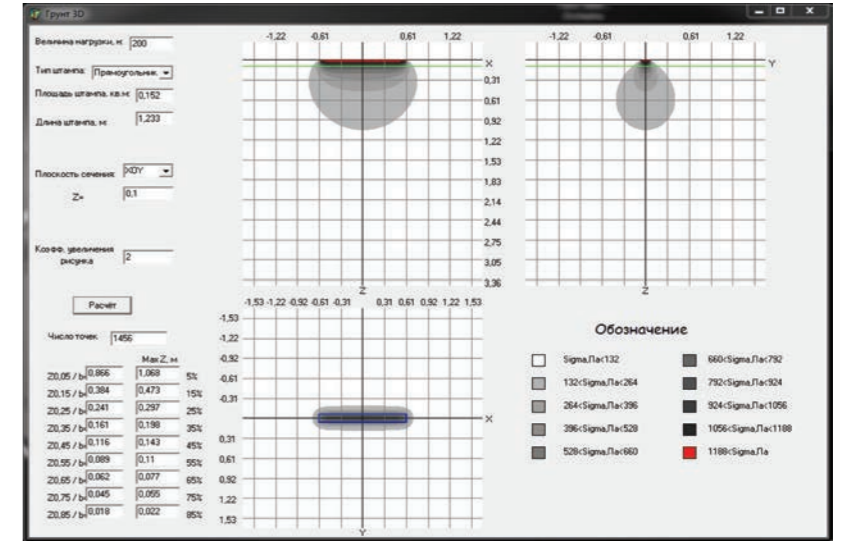


РИС. 6. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений для нагрузки в форме равностороннего треугольника ($n = 3$)

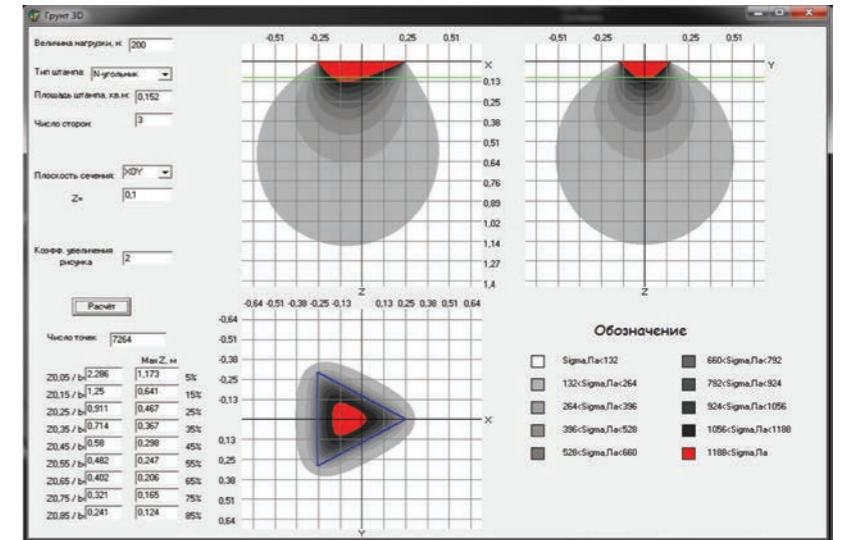


РИС. 7. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений для нагрузки в форме квадрата ($n = 4$)

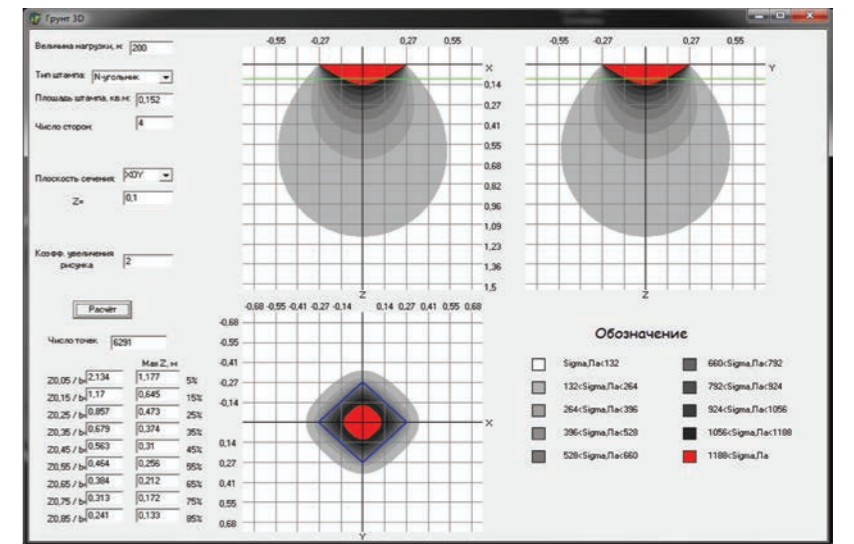


РИС. 8. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений для нагрузки в форме равностороннего шестиугольника ($n = 6$)

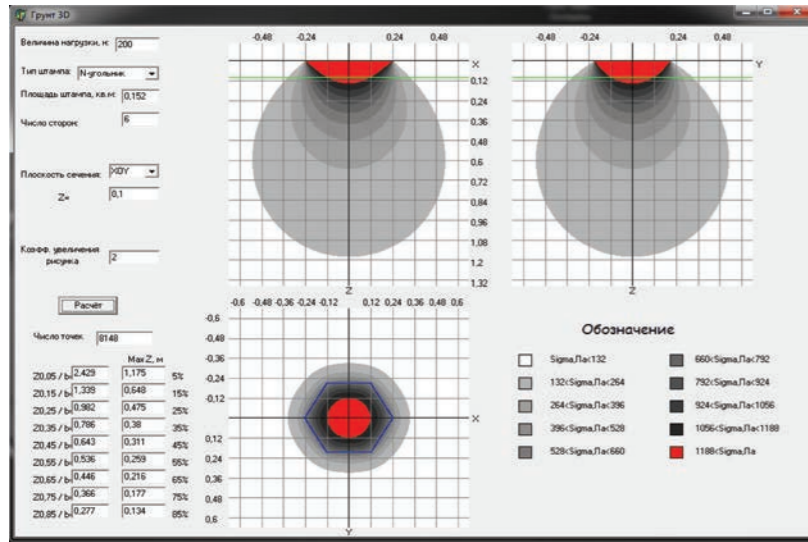


РИС. 9. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений для нагрузки в форме равностороннего десятиугольника ($n = 10$)

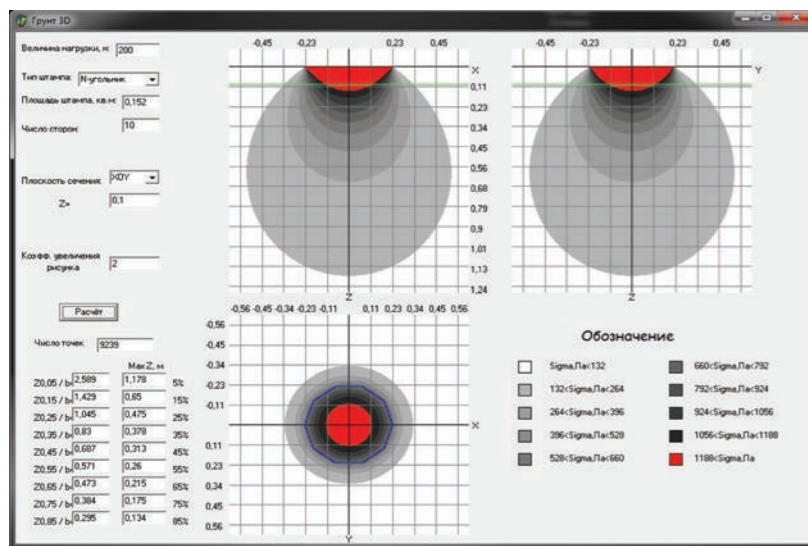
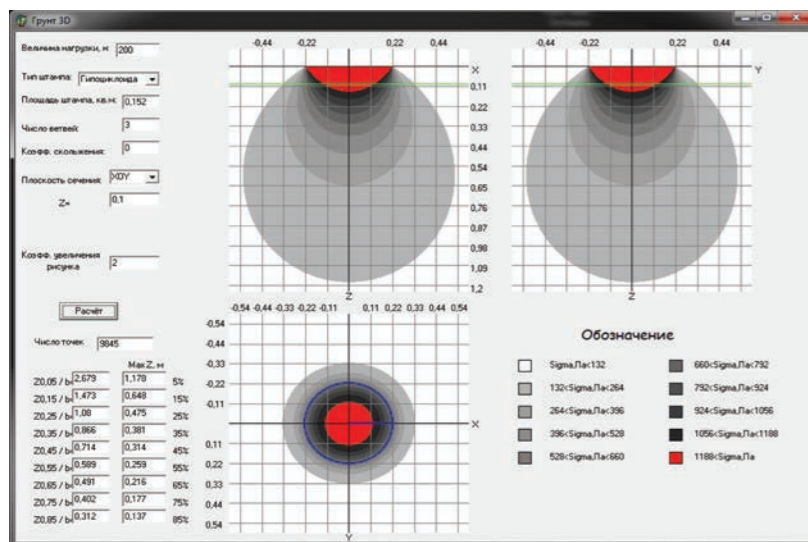


РИС. 10. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений для нагрузки в гипотроихиды (коэффициент скольжения $\lambda = 0,0$)



гипоциклоиды на пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений σ_z в грунтовом полупространстве (см. рисунки 10–13).

Обсуждение

В ходе численного моделирования было исследовано влияние формы подошвы фундамента объекта трубопроводного транспорта углеводородов на пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений в грунтовом основании. Величина нагрузки P и площадь нагружения S для всех форм были приняты соответственно одинаковыми. Как видно из полученных результатов численного моделирования (см. рисунки 2–5), в случае использования нагрузки в форме прямоугольника изменение соотношения сторон приводит к существенному изменению характера пространственного распределения вертикальных сжимающих напряжений σ_z . Увеличение соотношения сторон с 1:1 до 10:1 приводит к уменьшению глубины z максимального распространения вертикальных сжимающих напряжений σ_z , составляющих 15 % от напряжения по подошве нагрузки σ_n , с 0,648 м до 0,473 м или в 1,37 раза (см. рисунок 14).

Для вертикальных сжимающих напряжений σ_z , составляющих 85% от напряжения по подошве нагрузки σ_n , имеет место уменьшение глубины z с 0,132 м до 0,022 м или в 6 раз. Таким образом, с точки зрения уменьшения глубины z распространения вертикальных сжимающих напряжений σ_z в грунтовом основании предпочтительными являются фундаменты, имеющие в плане форму прямоугольника с максимально возможным соотношением длин сторон.

В случае использования нагрузки в форме равностороннего n -угольника изменение числа сторон n так же приводит к существенному изменению характера пространственного распределения вертикальных сжимающих напряжений σ_z в грунтовом полупространстве основания (см. рисунки 6–9).

В отличие от нагрузки в форме прямоугольника, для нагрузки в форме равностороннего n -угольника с нечётным числом

сторон n имеет место асимметрия пространственного распределения вертикальных сжимающих напряжений σ_z во взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях, проходящих через центр нагрузки. Тем не менее, при увеличении числа сторон n наблюдается уменьшение асимметричности распределения и незначительное увеличение глубины z распределения вертикальных сжимающих напряжений σ_z в грунтовом основании. Так, например, увеличение числа сторон n равностороннего n -угольника с 3 до 10 приводит к увеличению глубины z максимального распространения вертикальных сжимающих напряжений σ_z , составляющих 15 % от напряжения по подошве нагрузки σ_n , с 0,641 м до 0,65 м или в 1,01 раза (см. рисунок 15).

Для вертикальных сжимающих напряжений σ_z , составляющих 85% от напряжения по подошве нагрузки σ_n , наблюдается увеличение глубины z с 0,124 м до 0,134 м или в 1,08 раза. Таким образом, с точки зрения уменьшения глубины z распределения вертикальных сжимающих напряжений σ_z в грунтовом основании изменение числа сторон даёт незначительный эффект, не превышающий 8%. Тем не менее, использование в качестве формы нагрузки равностороннего n -угольника с нечётным числом сторон n , приводит к существенной асимметрии пространственного поля вертикальных сжимающих напряжений. Так, например, для нагрузки в форме равностороннего треугольника асимметрия относительно его периметра (см. рисунок 6) достигает 1,5-кратной величины для вертикальных сжимающих напряжений σ_z , составляющих 15 % от напряжения по подошве нагрузки σ_n . Однако увеличение числа сторон n приводит к уменьшению асимметрии.

Таким образом, использование нагрузок в форме равностороннего n -угольника с нечётным числом сторон n позволяет изменить пространственную форму вертикальных сжимающих напряжений σ_n в грунтовом основании – получить его асимметричное распределение – и тем самым снизить взаимное влияние близко расположенных объектов трубопроводного транспорта углеводородов по грунту основания. При этом наиболее

РИС. 11. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений для нагрузки в гипотроихиды (коэффициент скольжения $\lambda = 0,4$)

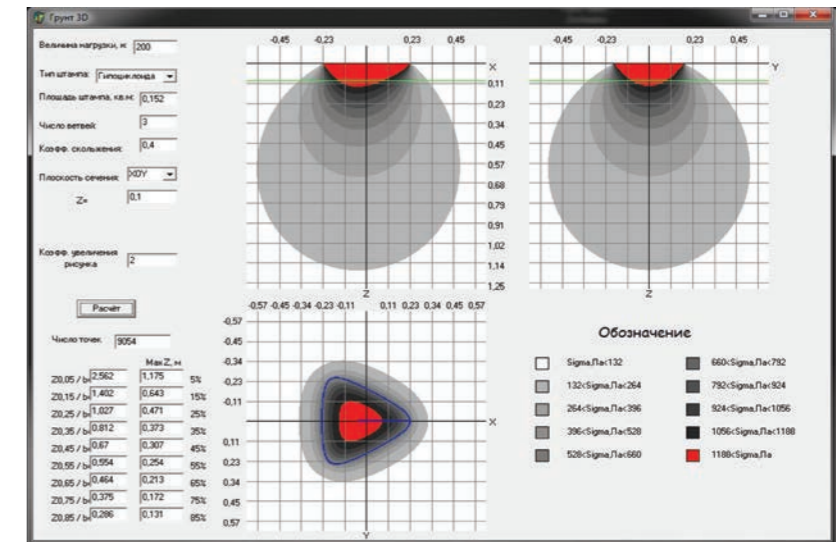


РИС. 12. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений для нагрузки в гипотроихиды (коэффициент скольжения $\lambda = 0,8$)

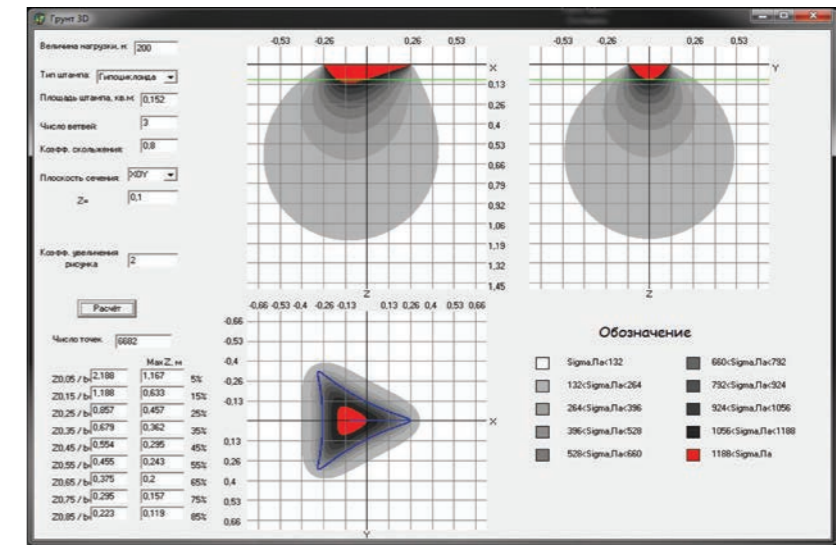


РИС. 13. Пространственное распределение вертикальных сжимающих напряжений для нагрузки в гипотроихиды (коэффициент скольжения $\lambda = 1,0$)

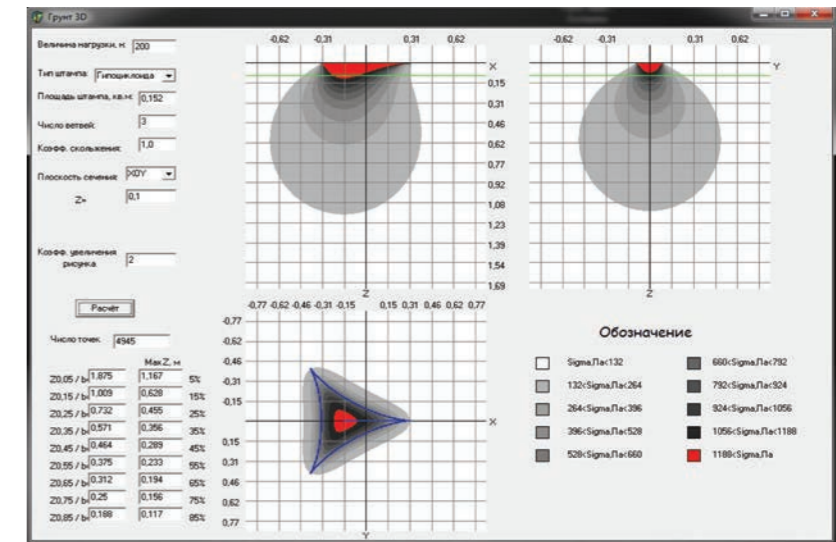


РИС. 14. Влияние формы прямоугольной нагрузки на максимальную глубину распространения вертикального сжимающего напряжения

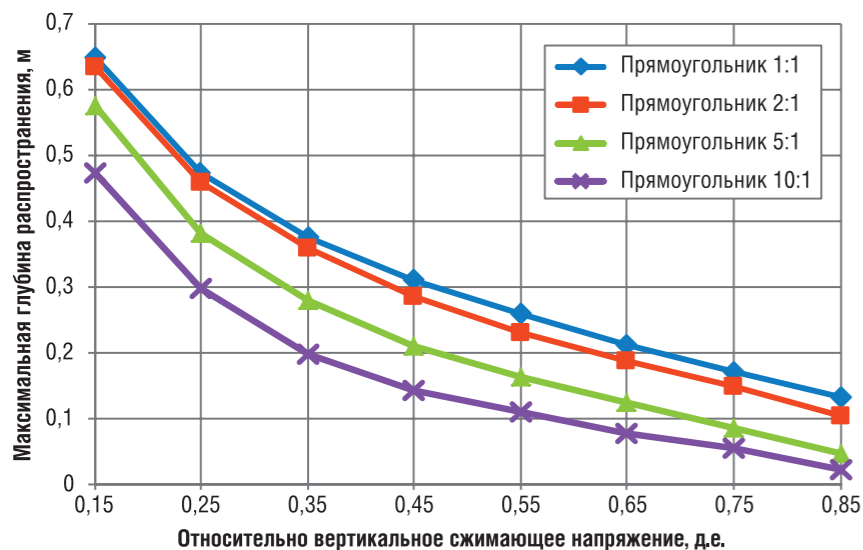


РИС. 15. Влияние числа сторон равностороннего *n*-угольника на максимальную глубину распространения вертикального сжимающего напряжения

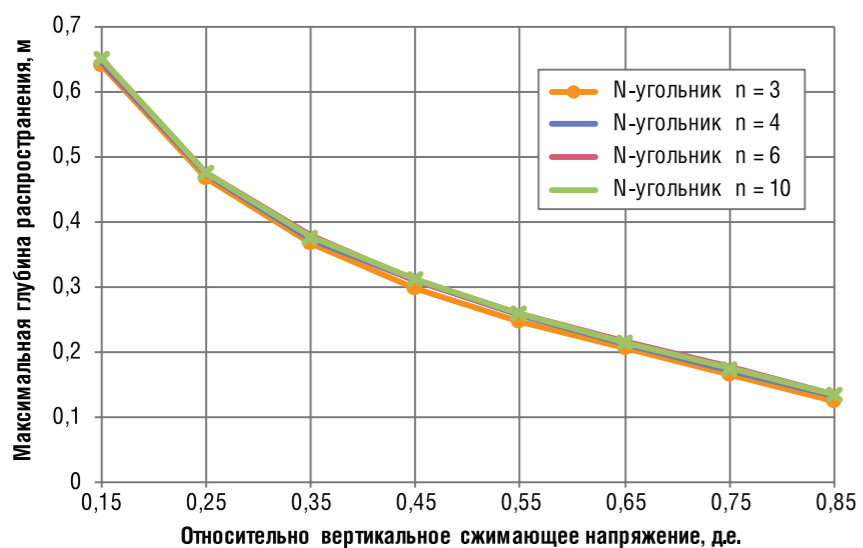
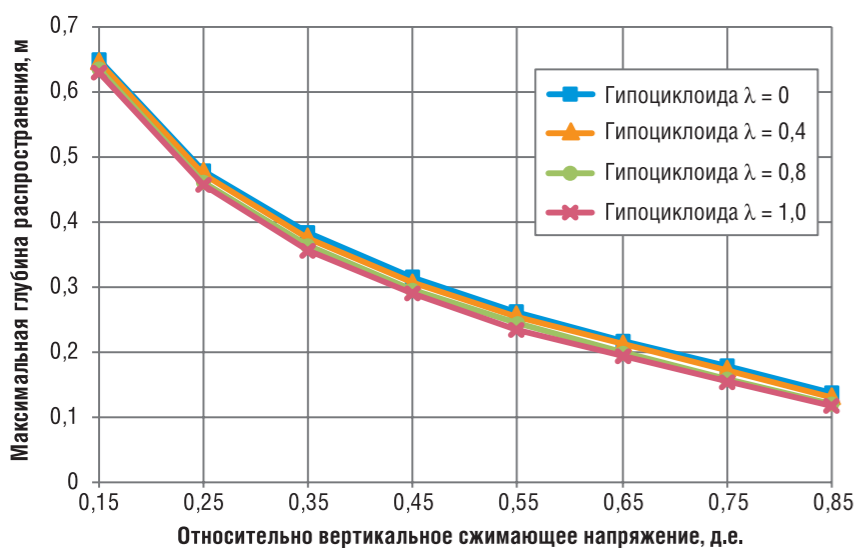


РИС. 16. Влияние коэффициента скольжения числа трёхлучевой гипоциклоиды на максимальную глубину распространения вертикального сжимающего напряжения



предпочтительным является использование фундаментов в форме равностороннего треугольника.

Достичь большего эффекта в уменьшении глубины *z* максимального распространения вертикальных сжимающих напряжений σ_z и большей асимметрии в сравнении с нагрузками в форме равностороннего *n*-угольника позволяют нагрузки в форме укороченной трёхлучевой гипоциклоиды (гипотрохоиды) (см. рисунки 10–12). Использование трёхлучевой гипоциклоиды с коэффициентом скольжения $\lambda = 1,0$ в сравнении с равносторонним треугольником позволит уменьшить глубину *z* максимального распространения вертикальных сжимающих напряжений σ_z , составляющих 15 % от напряжения по подошве нагрузки σ_n , с 0,641 м до 0,628 м или в 1,02 раза.

Для вертикальных сжимающих напряжений σ_z , составляющих 85% от напряжения по подошве нагрузки σ_n , глубина *z* уменьшится с 0,124 м до 0,117 м или в 1,06 раза. Кроме этого, при использовании нагрузки в форме трёхлучевой гипоциклоиды наблюдается и более выраженный характер асимметрии пространственного распределения вертикальных сжимающих напряжений σ_z в грунтовом основании. В ходе исследований так же было установлено, что увеличение коэффициента скольжения λ гипотрохоиды приводит к уменьшению глубины *z* максимального распространения вертикальных сжимающих напряжений σ_z . Так, например, для вертикальных сжимающих напряжений σ_z , составляющих 15 % от напряжения по подошве нагрузки σ_n , увеличение коэффициента скольжения λ от 0,0 до 1,0 приводит к уменьшению глубины *z* с 0,648 м до 0,628 м или в 1,03 раза (см. рисунок 16).

В свою очередь, для вертикальных сжимающих напряжений σ_z , составляющих 85% от напряжения по подошве нагрузки σ_n , глубина *z* уменьшится с 0,137 м до 0,117 м или в 1,17 раза. Очевидным преимуществом использования нагрузки в форме гипоциклоиды является возможность существенного влияния на форму пространственного распределения вертикальных сжимающих напряжений σ_z в

грунтовом основании. Таким образом, использование фундаментов в форме трёхлучевой гипоциклоиды с коэффициентом скольжения $\lambda = 1,0$ позволяет эффективнее, чем в случае равностороннего треугольника, изменить пространственную форму вертикальных сжимающих напряжений σ_n в грунтовом основании – получить его асимметричное распределение – и тем самым снизить взаимное влияние близко расположенных объектов трубопроводного транспорта углеводородов по грунту основания, а так же уменьшить глубину *z* максимального распространения вертикальных сжимающих напряжений σ_z , что позволяет активнее использовать грунты, имеющие невысокие значения расчётного сопротивления.

Заключение

Численное моделирование, основанное на решении задачи о действии вертикальной сосредоточенной силы, приложенной к поверхности упругого полупространства,

и выполненное с помощью программного продукта «Грунт 3D», позволило установить характер пространственного распределения вертикальных сжимающих напряжений σ_z в грунтовом основании для фундаментов объектов трубопроводного транспорта в форме прямоугольника, равностороннего *n*-угольника и укороченной трёхлучевой гипоциклоиды. На основе полученных данных были определены ключевые геометрические параметры формы подошвы фундаментов, позволяющие эффективно влиять на величину и характер пространственного распределения вертикальных сжимающих напряжений в грунтовом основании объектов трубопроводного транспорта углеводородов.

Выбор рациональных форм нагружения грунтовых оснований позволит не только реализовывать проекты на слабых грунтах и уменьшать величину осадки проектируемого объекта без дополнительных материальных затрат, но компактно размещать

технологическое оборудование с учётом обеспечения величин допустимых абсолютных и относительных значений осадки их грунтовых оснований на объектах инфраструктуры трубопроводного транспорта углеводородов.

Литература

1. Грузин, А.В. Грунтовые среды в условиях статистического и динамического нагружения: монография / А.В. Грузин, В.В. Грузин, Э.А. Абраменков. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2009. – 140 с.
2. Абраменков, Д.Э. Средства механизации и технология строительного производства: монография / Д.Э. Абраменков, А.В. Грузин, В.В. Грузин; под общ. ред. д.т.н., проф. Э.А. Абраменкова. – Saarbrücken, Germany: Palmarium academic publishing, 2012. – 327 с.
3. Абраменков, Д.Э. Технология и механизация возведения фундаментов на уплотнённом основании: монография / Д.Э. Абраменков, А.В. Грузин, В.В. Грузин, Л.В. Нурдин. – Караганда: Болашак-Баспа, 2002. – 264 с.
4. Механика грунтов, основания и фундаменты. Под ред. С.Б. Ухова. М.: Высшая школа, 2007. – 566 с.
5. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 976с.

KEYWORDS: pipeline transportation of hydrocarbons, the object of the technological chain, Foundation, subgrade, and compressive stress, stability, soil settlement.

Работаем по индивидуальным заказам



Златоустовская
Оружейная
Фабрика
1815

Пулемет «Максим»
украшенный

www.z-o-f.ru

тел.: 8-800-100-1815



ГОД ЭКОЛОГИИ В ООО «ГАЗПРОМ ПХГ»: ЭТО ТОЛЬКО НАЧАЛО

УКАЗОМ ПРЕЗИДЕНТА РФ В.В. ПУТИНА 2017 ГОД ОБЪЯВЛЕН В РОССИИ ГОДОМ ЭКОЛОГИИ. ЦЕЛЬ ЭТОГО РЕШЕНИЯ – ПРИВЛЕЧЬ ВНИМАНИЕ К ПРОБЛЕМНЫМ ВОПРОСАМ, СУЩЕСТВУЮЩИМ В ПРИРОДООХРАННОЙ СФЕРЕ, И УЛУЧШИТЬ СОСТОЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ. «ГИГАНТСКИЙ ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РОССИИ ИМЕЕТ ПЛАНЕТАРНОЕ ЗНАЧЕНИЕ, – ОТМЕТИЛ ГЛАВА ГОСУДАРСТВА НА ЗАСЕДАНИИ ГОССОВЕТА В КРЕМЛЕ В ДЕКАБРЕ ПРОШЛОГО ГОДА. – НАША СТРАНА – ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ДОНОР МИРА: ОБЕСПЕЧИВАЕТ ПОЧТИ 10 ПРОЦЕНТОВ БИОСФЕРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ». СРЕДИ КЛЮЧЕВЫХ ВОПРОСОВ ВЛАДИМИРОМ ПУТИНЫМ БЫЛИ НАЗВАНЫ ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ, СБРОСОВ НА ПОЧВУ И В ВОДОЁМЫ, ПОДГОТОВКА НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ. ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПОСТАВЛЕННЫХ ПЕРЕД ОБЩЕСТВОМ ЗАДАЧ ПАО «ГАЗПРОМ» ТАКЖЕ ОБЪЯВИЛО 2017 ГОД ГОДОМ ЭКОЛОГИИ. ПРЕДПРИЯТИЯМИ ГРУППЫ ГАЗПРОМ БЫЛО ЗАПЛАНИРОВАНО ПРОВЕСТИ БОЛЕЕ 8,5 ТЫС. МЕРОПРИЯТИЙ К КОНЦУ ГОДА

DECREE OF THE PRESIDENT OF THE RUSSIAN FEDERATION V.V. PUTIN DECLARED 2017 AS THE YEAR OF ECOLOGY IN RUSSIA. THE PURPOSE OF THIS DECISION IS TO DRAW ATTENTION TO THE PROBLEMATIC ISSUES THAT EXIST IN THE ENVIRONMENTAL SPHERE AND IMPROVE THE STATE OF THE COUNTRY'S ECOLOGICAL SECURITY. "THE HUGE NATURAL POTENTIAL OF RUSSIA HAS A PLANETARY SIGNIFICANCE", – THE HEAD OF THE STATE SAID AT A MEETING OF THE STATE COUNCIL IN KREMLIN LAST DECEMBER. "OUR COUNTRY IS AN ECOLOGICAL DONOR OF THE WORLD: IT PROVIDES ALMOST 10 PERCENT OF THE BIOSPHERIC STABILITY". AMONG THE KEY ISSUES, VLADIMIR PUTIN MENTIONED THE PROBLEMS OF REDUCING EMISSIONS TO THE ATMOSPHERE, DISCHARGES TO SOIL AND WATER BODIES, PREPARATION OF THE NORMATIVE BASE, IMPROVEMENT OF THE ENVIRONMENTAL INFORMATION SYSTEM. TO IMPLEMENT THE TASKS SET FOR THE COMPANY, PAO "GAZPROM" ALSO ANNOUNCED THE YEAR 2017 AS THE YEAR OF ECOLOGY. GAZPROM GROUP ENTERPRISES PLANNED TO HAVE CONDUCT MORE THAN 8.5 THOUSAND OF EVENTS BY THE END OF THE YEAR

Ключевые слова: Год Экологии, Газпром ПХГ, моторное топливо, подземное хранение газа, природоохранные мероприятия.

УДК 622.691

ПХГ – подземное хранение газа

Одному из самых молодых предприятий ПАО «Газпром», ООО «Газпром ПХГ», в этом году исполнилось 10 лет. Образованное путем консолидации российских подземных хранилищ газа, сегодня Общество является оператором 26 объектов подземного хранения газа, из которых 17 созданы в истощенных газовых месторождениях, 8 – в водоносных

Ленинградской обл. до Кубани – и обеспечивают стабильную работу Единой системы газоснабжения и покрытие сезонной неравномерности потребления природного газа.

Глобальные цифры

При осуществлении всех видов деятельности Общество признаёт приоритет жизни и здоровья работников предприятия и населения, проживающего в

С 2007 года:

- на **43%** сокращено количество выбросов вредных веществ в атмосферу,
- на **33%** снижен объем загрязненных сточных вод в водоемы,
- на **14%** уменьшена доля отходов, направляемых на захоронение.

Моторное топливо

Сегодня уже практически каждый, а не только профессиональные экологи, знает о том, что основным загрязняющим фактором окружающей среды в населённых пунктах является не промышленность, а автотранспорт. По данным экспертов, именно на его долю приходится до 90% загрязнений воздушного бассейна городов. Выходом из возникшей

По данным экспертов, на долю автотранспорта приходится до 90% загрязнений воздушного бассейна городов

структурах и 1 – в отложениях каменной соли. Хранилища находятся на территории 19 субъектов РФ – от Калининграда до Ханты-Мансийского округа и от

зоне влияния объектов Газпром ПХГ, по отношению к результатам производственной деятельности. И в этом направлении уже достигнуто немало.

экологической угрозы может стать массовый переход на использование газа в качестве моторного топлива.

Следуя реализации Программы ПАО «Газпром» по созданию газозаправочной инфраструктуры на промышленных площадках дочерних обществ, в 2017 году Обществом был приобретен 41 автомобиль с газовым двигателем. Началась эксплуатация 5 передвижных автогазозаправщиков. Также в итоге международного автопробега техники на природном газе «Голубой коридор – 2017: Иберия – Балтия» Обществу была передана в опытно-промышленную эксплуатацию передвижная мастерская с краново-манипуляторной установкой «Урал NEXТ» на СПГ, построенная по заказу ООО «Газпром ПХГ».

От частного к общему

Территориальная рассредоточенность филиалов по всей России позволяет Обществу максимально эффективно вносить свой вклад в природоохранную миссию страны. Так, во Всероссийском ежегодном экологическом проекте «Зелёная Весна», который объединил более 5,5 млн человек в 80 субъектах Российской Федерации, приняли участие многие подразделения Общества. На открытии мероприятия московский парк «Сокольники» приводили в порядок работники Администрации, Инженерно-Технического центра,



Филиал ООО «Газпром ПХГ» «Касимовское УПХГ»

В 2017 году ПАО «Газпром» приобрел 41 автомобиль с газовым двигателем

Московского управления аварийно-восстановительных работ и капитального ремонта скважин (УАВР и КРС), Московского управления подземного хранения газа (УПХГ) и Управления материально-технического снабжения и комплектации. В Саратовском УАВР и КРС для «Зелёной весны» был выбран памятник природы «Андреевские пруды». Работники активно трудились, чтобы навести чистоту и порядок на его территории. Прделанную работу по достоинству оценил управляющий научно-экологической станцией

«Андреевская застава» Андрей Рагуля, и коллектив предприятия получил благодарность от «Русского географического общества». И, наверное, высокая оценка в некоторой мере сподвигла филиал на новые успехи: благотворительный субботник в подшефной «Школе-интернате для детей, обучающихся по адаптированным программам № 1 г. Саратова», уборка природного парка «Кумысная поляна». Работники Краснодарского УПХГ провели «День труда» на памятной аллее Коноковского сельского поселения.

В Республике Башкортостан поработали в Парке Победы города Кумертау, очистили берега реки Куксыр и родника «Тукмак-Каран». В Ставропольском крае привели в порядок лесопарковую зону, прилегающую к велотреку, облагородили водоохранную зону реки Чла.

Но одной общественной экологической акцией дело, конечно же, не ограничилось. Работники филиала «Касимовское УПХГ» в июле и сентябре текущего года приняли участие в мероприятиях «Нашим рекам и озерам – чистые берега», проводимых в рамках Всероссийской акции «Вода России». За время уборки территории, прилегающей к



Филиал ООО «Газпром ПХГ» «Ставропольское УПХГ»

береговой линии озера Святое, было собрано и вывезено 12 т мусора.

Ежегодно в Саратовской области проходит масштабный проект «Волге – чистые берега». В этом году активное участие в нём приняли работники саратовских подразделений «Газпром ПХГ». Великая река, один из символов России, с их помощью стала чище, а её берега – обихоженной.

В Калининградской области газовики присоединились к международной общественной акции «Марш парков» в Национальном парке «Куршская коса». Забот было много: расчищали спуски к морю, красили деревянные ограждения, укрепляли береговые валы Балтийского моря. «Наш трудовой десант действовал дружно и слаженно, помогая друг другу в равных условиях, от рабочего до руководителя, – делились работники УПХГ. – Это позволило быстро справиться с поставленной задачей».

Беречь экологию смолоду

Самый ценный вклад в любой проект – это задел с перспективой на будущее. А потому во многих филиалах всегда с радостью ждут на экскурсии юных жителей

региона. Здесь, находясь в непосредственной близости и к природе, и к производству, можно наглядно объяснить школьникам и студентам, что нужно делать для того, чтобы сохранить и защитить окружающую среду. Всего за 2017 год было организовано 17 экскурсий. Часто работники и сами приезжают в учебные и воспитательные заведения с открытыми уроками и семинарами. Например, в рамках поддержки Всероссийского фестиваля энергосбережения «Вместе Ярче» проведены конкурсы детских рисунков и плакатов на темы: «Лишним тратам скажем нет – сбережём тепло и свет» и «Энергосбережение и его связь с экологией». Прочитаны лекции для студентов на тему: «Энергосберегающие технологии в ПХГ».

Для себя

Не забывают хранители газа и о себе. Для работников проводятся разнообразные тематические мероприятия, цель которых – ещё раз напомнить о важности экологической составляющей на производстве ООО «Газпром ПХГ». Тщательно убираются собственные и близлежащие территории, организуются

разнообразные походы в зоны памятников природы регионального значения.

Фундаментально и новаторски

«Любовь к родной стране начинается с любви к природе», – сказал великий русский писатель К.Г. Паустовский. Масштабные природоохранные мероприятия во всех регионах осуществления деятельности, высокий уровень экологической культуры работников Общества позволяют утверждать, что газовики ответственно относятся к актуальной задаче по охране и защите окружающей среды. И Год экологии станет фундаментом для новых традиций и отличным стартом для многих новаторских свершений. ●

Служба по связям с общественностью и СМИ
ООО «Газпром ПХГ»



KEYWORDS: *The year of Ecology, Gazprom UGS, motor fuels, underground storage of gas, environmental protection.*



22-25 мая 2018
УФА ➤ ВДНХ ЭКСПО

Порядка 400 участников
из 16 стран мира ежегодно

Свыше 12 000 посетителей
из 45 регионов России



РОССИЙСКИЙ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКИЙ ФОРУМ

XXVI международная выставка



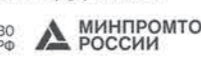
ГАЗ. НЕФТЬ. ТЕХНОЛОГИИ



ОРГАНИЗАТОРЫ



ТРАДИЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



Адрес: Уфа, ул. Менделеева, 158

Тел: +7 (347) 246 41 77, 246 41 93

E-mail: gasoil@bvkepo.ru

@gazneftufa

#газнефтьуфа

#гнт



ЗАБРОНИРОВАТЬ СТЕНД
www.gntexpo.ru



ГАЗОПРОВОДЫ ГОДА



2017 ГОД ПОДОШЕЛ К КОНЦУ И УЖЕ СМЕЛО МОЖНО НАЗВАТЬ ЕГО ГОДОМ ГАЗОПРОВОДОВ. РАСЦЕНИВАТЬ ЭТО МОЖНО ПО-РАЗНОМУ. С ОДНОЙ СТОРОНЫ, ЭТО ГОВОРИТ О ТОМ, ЧТО СТРАНА ВСЕ ЕЩЕ ДЕЛАЕТ ГЛАВНУЮ СТАВКУ НА ПРОДАЖУ СВОИХ УГЛЕВОДОРОДОВ, С ДРУГОЙ, НОВЫЕ КИЛОМЕТРЫ ТРУБ – ЭТО КРЕПКИЕ ТОРГОВЫЕ СВЯЗИ С ЗАРУБЕЖНЫМИ ПАРТНЕРАМИ, ГАЗИФИКАЦИЯ РЕГИОНОВ СТРАНЫ И ВКЛЮЧЕНИЕ САМЫХ СЕВЕРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЛОГИСТИЧЕСКУЮ ЦЕПОЧКУ БОЛЬШОЙ ЗЕМЛИ

THE YEAR 2017 HAS COME TO AN END AND WE CAN EASILY CALL IT THE YEAR OF GAS PIPELINES. ONE CAN EVALUATE IT IN DIFFERENT WAYS. ON THE ONE HAND, THIS INDICATES THAT THE COUNTRY STILL MAINLY COUNTS ON THE SALE OF ITS HYDROCARBONS; ON THE OTHER HAND, THE NEW KILOMETERS OF PIPES ARE STRONG TRADE TIES WITH FOREIGN PARTNERS, THE GAS INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT OF THE COUNTRY REGIONS AND THE INCLUSION OF THE MOST NORTHERN FIELDS IN THE LOGISTIC CHAIN OF LARGE LAND

Ключевые слова: газопроводы, Ямал, Бованенково-Ухта, Куюмба-Тайшет, Заполярье-Пурпе.

В самом начале года, 18 января, В. Путин в режиме видеомоста дал старт сразу трем трубопроводным проектам – МНП Заполярье – Пурпе, Куюмба – Тайшет и МГП Бованенково – Ухта-2. За счет проекта Заполярье – Пурпе нефтяники получили возможность доступа к богатейшей нефтеносной провинции. В 2018 г. прокачка нефти по МНП Заполярье – Пурпе составит 12 млн т, а к 2020 г. она вырастет до 21 млн т. По МНП Куюмба – Тайшет ожидается выход на плановые 8 млн т к 2020 г.

Система МНП Заполярье – Пурпе – Самотлор является самой северной нефтяной магистралью в России. Ресурсной базой нефтепровода являются новые месторождения Ямало-Ненецкого автономного округа и севера Красноярского края. Нефтепровод позволит подключить к системе ВСТО Юрубчено-Тохомское и Куюбинское месторождения.

Развивая в 2017 г. региональную сеть внутри страны, к августу только в Подмосковье Газпром построил 22 газопровода. Для газификации восточных районов страны и в рамках международного сотрудничества к концу года построено около 1340 км МГП «Сила Сибири-1». Но обо всем по порядку.

Газ народу

За 8 месяцев 2017 г. в рамках самой масштабной за последние десятилетия губернаторской программы «Развитие газификации Подмосковья» введено в эксплуатацию 22 газопровода. В прошлом году природный газ пришел в дома 28 тыс. жителей 80 населенных пунктов. Построено почти 400 км газопроводов. Это рекорд в современной истории Подмосковья, и в 2017 г. темпы газификации не снижались. Всего в 2017 г. в Подмосковье построено 80 газопроводов в 82 населенных пунктах. За четыре года темпы газификации Московской области выросли вчетверо.

В 2005–2016 гг. Газпром направил на развитие газификации регионов более 295 млрд руб.

За это время построено свыше 28 тыс. км газопроводов, уровень газификации вырос с 53,3 до 67,2%, в т.ч. в городах – с 60 до 70,9%, в сельской местности – с 34,8 до 57,1%.



Газопроводы Подмосковья

А. Миллер заявил, что в 2018 г. Газпром планирует увеличить объем финансирования программы газификации на 25%, в целом программы инвестиций на 2018 и 2019 гг. станут самыми масштабными за всю историю компании. В 2018 г. их объем составит 1 трлн 280 млрд рублей, а в 2019 г. – 1 трлн 400 млрд рублей.

Это связано с пиком инвестиционных потребностей по реализации важнейших стратегических проектов компании, один из которых – поставка газа в Китай по восточному маршруту – МГП «Сила Сибири-1».

Стратегический маршрут

К газификации республики Саха и Амурской области позволит приступить строительство МГП «Сила Сибири-1».

По итогам 2017 г. Газпром построил около 1340 км МГП «Сила Сибири-1».



«Сила Сибири»

Подрядными организациями для строительства первого участка газопровода завезено порядка 2 тыс. км труб большого диаметра. В общей сложности построено 45% от общей протяженности первоочередного участка от Чайядинского месторождения до г. Благовещенска. Общая протяженность газопровода составит около 4 тыс. км, его работу будет обеспечивать 8 компрессорных станций совокупная мощность которых составит 1331 МВт.

Связь с большой землей

В рамках проекта по созданию газотранспортной системы, связывающей полуостров Ямал и центральные районы России, сооружается система магистральных газопроводов «Ухта – Торжок».

Ключевое значение для развития единой системы газоснабжения России от п-ва Ямал до Финского залива играют МГП «Ухта – Торжок» и «Ухта – Торжок-2». Они предназначены для доставки дополнительных объемов газа на Северо-Запад России для газоснабжения и газификации отечественных потребителей и экспортных поставок.

Строительство газопровода «Ухта – Торжок» началось в 2011 г. Линейная часть и первоочередные компрессорные мощности введены в эксплуатацию в 2012 г. «Ухта – Торжок-2» начали строить в октябре 2015 г. В настоящее время ведутся строительно-монтажные работы на линейной части.

При строительстве первой очереди за сооружение 483 км газопровода отвечало ООО «СТРОЙГАЗМОНТАЖ».

Около 70% от общей протяженности проходит по местностям с обводненными и заболоченными почвами. Работы зачастую велись в сложных погодных условиях, при значительном превышении норм осадков весной и летом 2017 года.

ФАКТЫ

970 км

протяженность газопровода «Ухта – Торжок»

1420 мм

диаметр труб газопровода

100 атм

рабочее давление в газопроводе

Помимо линейной части, было построено четыре компрессорных станции: «КС «Новоюбилейная», «КС «Новосиндорская», «КС «Новоприводинская» и «КС Новонюксеницкая».

Основными объектами, смонтированными в рамках компрессорных цехов, стали газоперекачивающие агрегаты мощностью 25 МВт, а также оборудование пылеуловителей (6 ПУ на каждой КС), аппаратов воздушного охлаждения газа (32 аппарата), установка подготовки газа (УПТИГ), монтаж трубопроводов (включая шлейфы), а также здания вспомогательного и обслуживающего назначения, такие как производственно-энергетический блок (ПЭБ), ремонтно-механическая мастерская (РММ) и другие.

Сегодня ООО «СГМ» приступило к реализации объектов в рамках строительства «Система магистральных газопроводов Ухта – Торжок (2 нитка) – Ямал».

На трех участках I очереди, запущенной в этом году, сооружена линейная часть протяженностью 284 км, смонтированы крановые узлы и узлы подключения к компрессорным станциям, включая узлы приема и запуска средств очистки и диагностики, состоялись врезки в действующую систему и пуск газа, заканчиваются работы по благоустройству, сооружению подъездных дорог.

В настоящее время продолжается работа по строительству участков второй очереди – это еще 202 км, сдача которых запланирована на 2018 год.



«Ухта – Торжок»



«Бованенково – Ухта»

Газпром формирует на Ямале принципиально новый центр газодобычи, который в перспективе станет одним из основных для развития отечественной газовой промышленности. В настоящее время добыча газа на полуострове ведется на самом крупном ямальском месторождении – Бованенковском.

Для транспортировки газа с полуострова Ямал в Единую систему газоснабжения России построены МГП «Бованенково – Ухта» и «Бованенково – Ухта-2».

Строительство газопровода началось в 2008 г. Линейная часть и первоочередные компрессорные станции введены в эксплуатацию в 2012 г. В 2017 году газопровод был введен в эксплуатацию.

Семь участков второй нитки газопровода «Бованенково – Ухта» общей протяженностью около 200 км строили специалисты ООО «СТРОЙГАЗМОНТАЖ».

МГП «Бованенково – Ухта» спроектирован на рабочее давление 11,8 МПа. Специально для строительства газопроводов российские трубные заводы освоили производство уникальных труб диаметром 1420 мм с толщиной стенки до 33,4 мм из стали марки К65 (Х80) с внутренним гладкостным покрытием. Они рассчитаны на рекордное для сухопутных газопроводов давление – 120 атм. Это дает возможность значительно снизить металлоемкость проекта и повысить эффективность транспортировки газа. Такие технологические решения позволили более чем в два раза повысить пропускную способность газопровода.

Трасса газопроводов преодолевает Байдарацкую губу – один из наиболее крупных заливов Карского моря, большую часть года покрытого льдом. Район подводного перехода газопровода находится в ее центральной части. Прокладка газопроводов с такими техническими параметрами в столь суровых природных условиях была осуществлена впервые в мире. В береговой зоне Байдарацкой губы широко развиты абразионно-аккумулятивные процессы, обусловленные активностью основных берегоформирующих факторов. Опасность абразионного вреза для эксплуатации

ФАКТЫ

1200 км

протяженность каждого газопровода

1420 мм

основной диаметр труб

120 атм

рабочее давление

115 млрд м³

в год суммарная проектная производительность двух газопроводов

трубопровода заключается в постепенном уменьшении слоя осадков над трубопроводом, в результате чего труба может оголиться, что может вызвать её прогиб или повреждение льдами. Проектом было предусмотрено устройство специальных противозерозионных мер и были применены противооползневые решения, позволившие не допустить размыв грунта и сохранить мохо-кустарниковый плодородный слой.

Для минимизации воздействия на окружающую среду в ряде районов трубопровод проходит под землей, в условиях вечной мерзлоты, для поддержания необходимой температуры проектом предусмотрено устройство специальной кольцевой теплоизоляции.

Были выполнены 6 подводных переходов методом подводно-технических работ. Трубы укладывались на глубину 2-3 м, но достигали и 10 м на подводных переходах.

Как отметил В. Путин, развитие северного коридора, создание новых мощностей на северо-западе Единой системы газоснабжения служит базой для поставок газа в Европу по МГП «Северный поток-2». От решения этих задач напрямую будут зависеть и укрепление энергетической безопасности России, и дальнейшая газификация регионов страны, и гарантированное выполнение экспортных контрактов. ●

KEYWORDS: pipelines, Yamal, Bovanenkovo-Ukhta, Kuyumba-Taishet, to the Zapolyarye-Purpe.

ЗАЩИТА НЕФТЕПРОВОДОВ

в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов

В СТАТЬЕ ПРЕДЛОЖЕН АЛГОРИТМ, ПОЗВОЛЯЮЩИЙ ОПРЕДЕЛИТЬ ОПТИМАЛЬНОЕ СОЧЕТАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕР ЗАЩИТЫ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА, ПРОКЛАДЫВАЕМОГО В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ, ЧТО ОБЕСПЕЧИВАЕТ БЕЗОПАСНОСТЬ СООРУЖЕНИЯ ПРИ МИНИМАЛЬНЫХ ЗАТРАТАХ

THE ARTICLE PROPOSES AN ALGORITHM TO DETERMINE THE OPTIMUM COMBINATION OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL MEASURES TO PROTECT THE MAIN OIL PIPELINE LAID UNDER CONDITIONS OF PERMAFROST SOILS, THEREBY ENSURING SAFETY FACILITY AT MINIMUM COST

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, многолетнемерзлые грунты, опасные геокриологические процессы, инженерная защита, технологический режим, экономическая эффективность.

Чехлов Александр Николаевич, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа природных ресурсов, Кафедра транспорта и хранения нефти и газа Магистрант

Чухарева Наталья Вячеславовна, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа природных ресурсов, Кафедра транспорта и хранения нефти и газа Доцент, к.х.н.

Согласно Энергетической стратегии РФ [1], для поддержания и увеличения текущих объемов добычи жидких углеводородов, на ближайшее будущее намечено введение в эксплуатацию новых месторождений, территориально расположенных в Восточно-Сибирском, Дальневосточном регионах и на территории Крайнего Севера.

С одной стороны, для реализации указанной задачи, потребуется строительство значительной протяженности магистральных трубопроводов для транспорта нефти в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ). С другой стороны, следует учитывать факт возможности развития ряда осложняющих процессов при эксплуатации трубопроводов (температурное влияние на грунт, которое является причиной морозного

пучения, растепления и осадки), приводящие, согласно [2], к изменению его пространственного положения и напряженно-деформированного состояния (НДС). Поэтому, для обеспечения безаварийной перекачки нефти, еще на стадии проектирования следует разрабатывать комплекс защитных мер, позволяющих ограничить воздействие указанных опасных факторов на магистральный нефтепровод (МН).

Согласно современному представлению о воздействии опасных геокриологических процессов на МН, его защита может быть решена при помощи технических решений во время проектирования и строительства, а также, при помощи изменения технологических режимов во время эксплуатации. Опираясь на исследования [3, 4] к типовым техническим решениям относится тепловая изоляция труб, замена льдистого грунта в основании траншеи, применение наземного способа прокладки. А к технологическим решениям – контроль температурного режима перекачки углеводородной среды.

Исходя из вышеуказанного, целью работы является разработка алгоритма оптимального сочетания технических и технологических решений для обеспечения безопасности работы МН в условиях распространения ММГ. При проведении данной работы следует учитывать

УДК 622.692.4

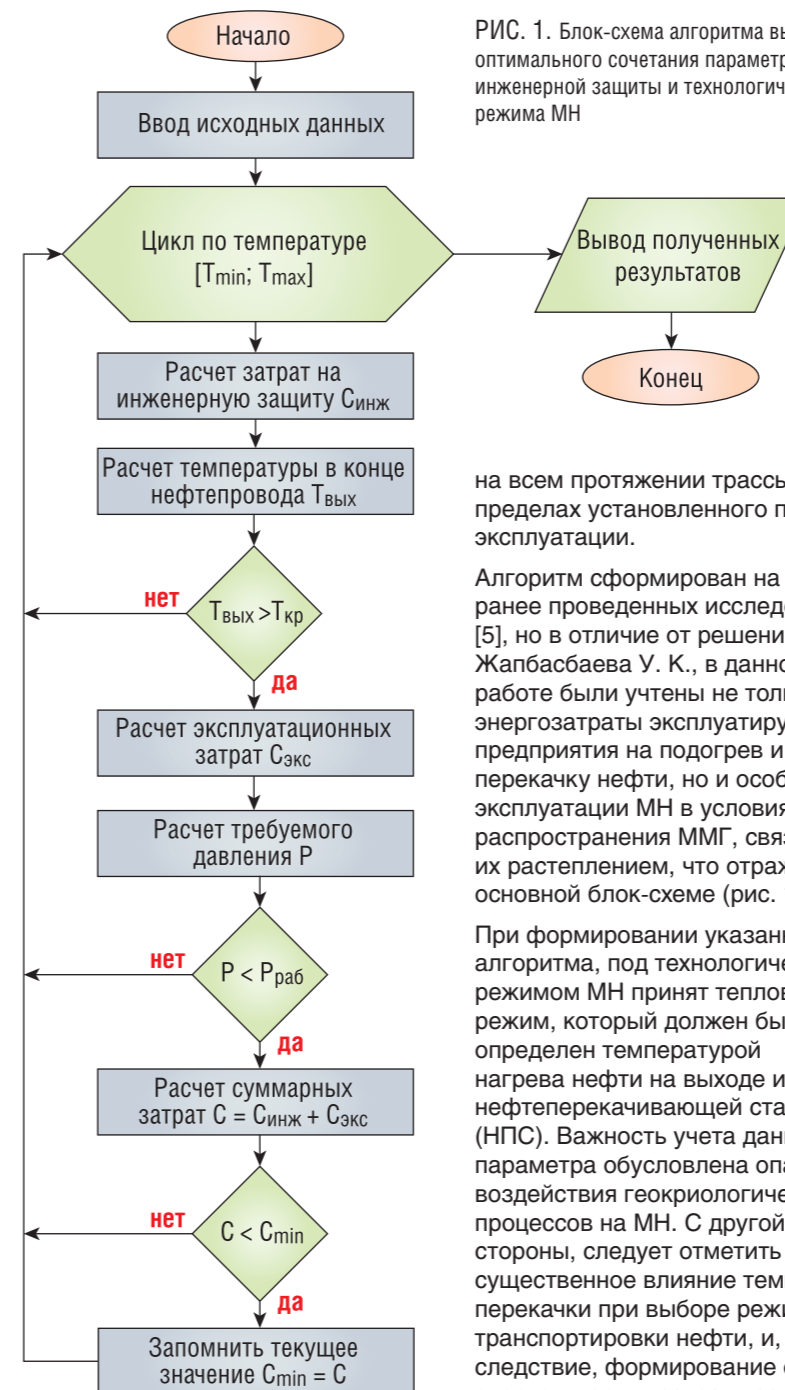


РИС. 1. Блок-схема алгоритма выбора оптимального сочетания параметров инженерной защиты и технологического режима МН

на всем протяжении трассы в пределах установленного периода эксплуатации.

Алгоритм сформирован на основе ранее проведенных исследований [5], но в отличие от решений Жапбасбаева У. К., в данной работе были учтены не только энергозатраты эксплуатирующего предприятия на подогрев и перекачку нефти, но и особенности эксплуатации МН в условиях распространения ММГ, связанные с их растеплением, что отражено на основной блок-схеме (рис. 1).

При формировании указанного алгоритма, под технологическим режимом МН принят тепловой режим, который должен быть определен температурой нагрева нефти на выходе из нефтеперекачивающей станции (НПС). Важность учета данного параметра обусловлена опасностью воздействия геокриологических процессов на МН. С другой стороны, следует отметить существенное влияние температуры перекачки при выборе режима транспортировки нефти, и, как следствие, формирование объема энергетических затрат предприятия.

Работа алгоритма. Первоначально рассматриваем цикл по температуре нагрева нефти на НПС в пределах, определяемых технологическими ограничениями оборудования (шаг цикла зависит от требуемой степени точности и производственных возможностей на стадии проектирования). Далее, для каждого технологического режима при эксплуатации МН определяем перечень оптимальных мер инженерной защиты от опасных геокриологических процессов и проводим расчет их стоимости. При этом выделяем разные участки трассы МН с учетом характерных свойств ММГ и зон их распространения.

При выборе мер инженерной защиты МН учитываем регламентированные принципы использования ММГ в качестве основания (СП 25.13330.2012 [6], СП 36.13330.2012 [7]). Первый принцип заключается в сохранении мерзлого состояния грунтов основания во время строительства и в течение всего срока эксплуатации трубопровода, которое осуществляют надземным способом прокладки с применением свайного фундамента опор. Второй принцип основан на использовании ММГ основания в растепленном состоянии (с предварительным оттаиванием до начала сооружения или допущением оттаивания в процессе эксплуатации объекта).

Так как самым распространенным способом сооружения МН является подземная прокладка, которая, как было отмечено выше, в условиях криолитозоны осложняется воздействием ряда геокриологических процессов (активизируются при растеплении грунта в основании нефтепровода и приводят к изменению НДС), то для обеспечения безопасной эксплуатации, согласно [7], следует учитывать пластические деформации в стенке трубы и предотвращать их при помощи средств инженерной защиты:

$$|\sigma_{np}| \leq \psi_1 \cdot \frac{m}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^n \quad (1)$$

где σ_{np} – суммарные продольные напряжения, МПа;

ψ_1 – коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб;

m – коэффициент условий работы; k_n – коэффициент надежности по ответственности;

R_2^n – минимальное значение предела текучести стали, МПа.

Суммарные продольные напряжения должны быть рассчитаны с учетом дополнительных напряжений, возникающих при изгибе трубопровода, вызванного неравномерной осадкой грунта основания. Величина напряжений может быть определена как с помощью аналитических методов строительной механики, так и с помощью численных методов в программных комплексах ANSYS, SPipe, СТАРТ и др. [8]. В качестве исходных данных для расчета, в соответствии с [6], выступает величина осадки грунта в основании нефтепровода:

$$S = \sum_{i=1}^n (A_i + a_i \cdot \sigma_{zg,i}) \cdot h_i \quad (2)$$

где S – осадка ММГ, м;

A_i – коэффициент оттаивания i -го слоя грунта;

a_i – коэффициент сжимаемости i -го слоя грунта, 1/МПа;

$\sigma_{zg,i}$ – давление от вышележащего грунта и трубопровода в середине i -го слоя грунта, МПа;

h_i – толщина i -го слоя оттаявшего грунта, м.

При определении осадки следует учитывать влияние толщины слоя растепления грунта в основании МН, которое зависит от температуры перекачиваемой нефти, свойств применяемой тепловой изоляции и характеристик грунтов основания. Толщина слоя растепления грунта за весь период эксплуатации МН может быть рассчитана так же в соответствии с [6], или с помощью специализированных программ, например, Frost 3D Universal [9].

По указанным выше методикам производим расчеты подземного МН с различными вариантами инженерной защиты (в алгоритме допускается варьирование толщиной и материалами тепловой изоляции, глубиной замены льдистого грунта в основании траншеи), и те технические решения, для которых выполняется условие (1), принимаем, как допустимые.

Наряду с подземным способ прокладки МН, в районах распространения неустойчивых ММГ в соответствии с [7], на отдельных участках допускается использовать и надземный способ прокладки трубопровода, с одной стороны, обеспечивая его надежность в условиях криолитозоны, с другой, увеличивая затраты на сооружение указанного объекта. Поэтому, при выборе оптимального способа прокладки МН с привязкой к конкретному участку трассы требуется обоснование при помощи технико-экономических расчетов, подтверждающих экономическую эффективность выбранного технического решения.

Для отнесения технического решения по надземной прокладке МН на ММГ к группе допустимых, необходимо обеспечить устойчивость свайного фундамента основания к осадке и воздействию сил морозного пучения в соответствии с [6]:

$$F \leq \frac{F_u}{\gamma_u}, \quad (3)$$

где F – расчетная нагрузка на основание, кН;

γ_u – коэффициент надежности по ответственности сооружения;

F_u – несущая способность основания, кН.

$$\tau_{fn} \cdot A_{fn} - F' \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} F_r, \quad (4)$$

где τ_{fn} – расчетная удельная касательная сила пучения, кПа;

A_{fn} – площадь боковой поверхности смерзания фундамента, м²;

F' – расчетная нагрузка на фундамент, кН;

γ_c – коэффициент условий работы;

γ_n – коэффициент надежности по назначению сооружения;

F_r – расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания, кН.

Выполнение условий (3)–(4) при надземной прокладке МН на территориях распространения ММГ можно обеспечить за счет применения свай определенной длины, при которой силы, удерживающие сваю за счет смерзания с грунтом, окажутся больше сил морозного пучения и силы тяжести, вызывающей осадку сваи. Также, согласно исследованиям [10, 11], возможно применение сезоннодействующих охлаждающих устройств, для обеспечения локального замораживания грунта вокруг свай фундамента опоры.

Для всех допустимых вариантов инженерной защиты участка МН необходимо рассчитать сметную стоимость их реализации и по принципу минимальных затрат выбрать оптимальное решение.

Далее по формуле В.Г. Шухова рассчитываем изменение температуры нефти на конкретном участке МН:

$$t = t_0 + (t_n - t_0) \cdot e^{-\frac{k \cdot \pi \cdot d \cdot x}{G \cdot C_p}}, \quad (5)$$

где t – температура нефти в конце участка, °С;

t_0 – температура окружающей среды (грунта/воздуха), °С;

t_n – температура нефти на входе в участок, °С;

k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°С);

d – внутренний диаметр трубопровода, м;

x – длина участка, м;

G – массовый расход нефти, кг/с;

C_p – удельная массовая теплоемкость нефти, Дж/(кг·°С).

По аналогичной схеме рассматриваем все последующие участки. Затраты на меры инженерной защиты МН складываем из стоимости реализации защитных мер на всех участках трассы.

После того, как были рассмотрены все участки МН и определена температура в конце нефтепровода, необходимо проверить соблюдение технологического ограничения по минимальной температуре. Значение температуры нефти в конце МН должно быть таковым, чтобы при остановке перекачки (на срок, не превышающий 72 часа) не произошло остывание нефти до значения ниже температуры кристаллизации. Если условие не выполняется, то данный вариант является неприемлемым и необходимо переходить к рассмотрению следующего технологического режима. Если условие может быть выполнено, то производим расчет эксплуатационных затрат с учетом неравномерного изменения температуры нефти по длине трубопровода.

Эксплуатационные затраты (зависящие от температуры нефти) складываются из затрат на перекачку и затрат на подогрев нефти за весь период эксплуатации МН:

$$C_{экс} = C_3 + C_m, \quad (6)$$

где $C_{экс}$ – эксплуатационные затраты, руб.;

C_3 – затраты на электроэнергию, руб.;

C_m – затраты на топливо, руб.

Эти данные необходимы для сравнения различных вариантов при выборе оптимального. Но следует отметить, что затраты на обслуживание и ремонт МН, оплату труда персонала и другие эксплуатационные затраты, не зависящие от температуры транспортировки, для рассматриваемых технологических режимов приняты как постоянная величина, которая может быть учтена дополнительно.

Затраты на топливо, в качестве которого используется нефть из того же трубопровода, рассчитываются по формуле:

$$C_m = Q \cdot G \cdot \tau \cdot C_m, \quad (7)$$

где C_m – затраты на топливо, руб.;

Q – удельный расход топлива, кг топлива/кг нефти, определяемый по формуле 8;

τ – продолжительность перекачки нефти, с;

G – массовый расход нефти, кг/с;

C_m – стоимость топлива, руб./кг.

$$Q = \frac{C_p \cdot (t_n - t_{вх})}{U_n \cdot \eta}, \quad (8)$$

где Q – удельный расход топлива, кг топлива/кг нефти;

C_p – удельная массовая теплоемкость нефти, Дж/(кг·°С);

t_n – температура нефти на выходе установок подогрева, °С;

$t_{вх}$ – температура нефти на входе в установки подогрева, °С;

U_n – низшая теплотворная способность нефти, Дж/кг;

η – КПД установок.

Затраты на электроэнергию для питания двигателей насосов рассчитываются по формуле:

$$C_3 = P \cdot \tau \cdot C_3, \quad (9)$$

где C_3 – затраты на электроэнергию, руб.;

P – мощность электродвигателей, кВт;

τ – время работы электродвигателей, ч;

C_3 – стоимость электроэнергии, руб./кВтч.

Потребляемая мощность электродвигателей зависит от величины напора, который необходимо создать на НПС для транспортировки нефти. Требуемый полный напор складывается из потерь напора на трение на каждом из участков нефтепровода, которые следует определять по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g}, \quad (10)$$

где h – потери напора на трение, м;

λ – коэффициент гидравлического сопротивления;

ω – скорость потока нефти, м;

l – длина участка нефтепровода, м;

d – внутренний диаметр нефтепровода, м;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с².

На значение коэффициента гидравлического сопротивления

влияют технологические параметрами нефти, меняющиеся по длине трубопровода (вязкость и плотность). Значения параметров необходимо рассчитывать по методикам, предложенным в соответствующих нормативных документах, с учетом изменения температуры нефти.

Определив полный напор, необходимо проверить соблюдение технологического ограничения по максимальному давлению. Рассчитанное давление должно быть меньше рабочего давления в нефтепроводе, предусмотренного проектом. Если условие не выполняется, то данный вариант является неприемлемым и необходимо переходить к рассмотрению следующего технологического режима.

Суммарные затраты складываем из затрат на реализацию технических решений по инженерной защите линейной части МН и эксплуатационных затрат, рассчитанных на весь срок службы нефтепровода. Это значение является критерием оптимальности, по которому следует осуществлять выбор сочетания технических и технологических решений по защите трубопровода от воздействия опасных геокриологических процессов.

После рассмотрения всех предложенных технологических режимов, должен быть получен результат в виде значения суммарных затрат на инженерную защиту и эксплуатацию МН, которое является минимальным из всех рассмотренных вариантов, допустимым по технологическим ограничениям. Этот вариант следует считать оптимальным, и он может быть рекомендован для реализации в рассматриваемых условиях.

Представленный алгоритм был использован в исследовании [12] для проектирования МН, прокладываемого по модельной трассе, сложной ММГ. Был произведен сравнительный анализ технического и технологического путей оптимизации сооружения и эксплуатации МН в криолитозоне и сделан вывод о целесообразности сочетания этих направлений.

Алгоритм позволяет рассматривать задачи с широким спектром исходных данных (различные вязкости нефтей, свойства ММГ, диаметры трубопроводов и т.д.)

без внесения в него существенных поправок. Таким образом, предложенный алгоритм является универсальным и может быть использован при проектировании МН, прокладываемых в районах распространения ММГ. ●

Литература

1. Распоряжение П. Р. Ф. от 13.11.2009 № 1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года» // Собрание законодательства РФ. – 2009. – №. 48.
2. Димов Л. А. Строительство нефтепроводов на многолетнемерзлых грунтах в южной части криолитозоны Центральной и Восточной Сибири // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 2. – С. 104 – 106.
3. Лисин Ю. В. и др. Создание и реализация инновационных технологий строительства в проектах развития нефтепроводной структуры Западной Сибири (проекты «Пурпе–Самотлор», «Заполярье–Пурпе») // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2013. – № 4 – С. 6–11.
4. Лисин Ю. В. и др. Технические решения по способам прокладки нефтепровода Заполярье – НПС «Пурпе» // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2014. – № 1. – С. 24–28.
5. Жалбасбаев У. К. и др. Расчет оптимальной температуры перекачки для транспортировки нефти // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2015. – № 4. – С. 61–65.
6. СП 25.13330.2012 Основания зданий и сооружений на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88.
7. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85*.
8. Зотов М. Ю. и др. Опыт применения программных комплексов для расчета напряженно-деформированного состояния нефтепроводов, прокладываемых на вечномерзлых грунтах // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2012. – № 2 – С. 61–65.
9. Гишкелюк И. А. и др. Прогнозирование оттаивания многолетнемерзлых грунтов вокруг подземного трубопровода большой протяженности // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2015. – № 1 – С. 20–25.
10. Сапсай А. Н. и др. Конструктивные решения термостабилизаторов грунтов и оценка их эффективности для обеспечения твердомерзлого состояния грунтов оснований фундаментов при надземной прокладке трубопровода // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2014. – № 1 – С. 36–41.
11. Паздерин Д. С. Расчет ореола промерзания грунта вблизи двух сезоннодействующих охлаждающих устройств // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 20–21.
12. Чехлов А. Н. Анализ путей повышения эффективности сооружения и эксплуатации магистрального нефтепровода в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов // Трубопроводный транспорт углеводородов: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Омск, 28–29 сентября 2017. – Омск: ОмГТУ, 2017 – С. 83–88.

KEYWORDS: *the main pipeline, permafrost, dangerous geocryological processes, engineering protection, technological mode, economic efficiency.*

СКИН-СИСТЕМА

энергоэффективное решение для обогрева протяженных трубопроводов

СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА ТРЕБУЕТ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ РАБОТЫ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА С УЧЕТОМ ВЫСОКИХ ТРЕБОВАНИЙ К БЕЗОПАСНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ. ОДНИМ ИЗ ТАКИХ РЕШЕНИЙ ЯВЛЯЕТСЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРООБОГРЕВА НА ОСНОВЕ СКИН-ЭФФЕКТА, КОТОРАЯ ПОЗВОЛЯЕТ ПОДДЕРЖИВАТЬ ТЕМПЕРАТУРУ ПО ВСЕЙ ДЛИНЕ ТРУБОПРОВОДА, ПРЕДОТВРАЩАЕТ ЗАМЕРЗАНИЕ И ОБЕСПЕЧИВАЕТ ВОЗМОЖНОСТЬ РАЗОГРЕВА ПРОДУКТА В ДЛИННЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ПРИ ПИТАНИИ ТОЛЬКО ИЗ НАЧАЛЬНОЙ ТОЧКИ

THE CURRENT LEVEL OF DEVELOPMENT OF THE OIL AND GAS COMPLEX REQUIRES NEW TECHNOLOGIES TO ENSURE THE SMOOTH OPERATION OF PIPELINE TRANSPORT, TAKING INTO ACCOUNT THE STRICT REQUIREMENTS FOR SAFETY, RELIABILITY AND ENVIRONMENTAL IMPACT. ONE OF THESE SOLUTIONS IS THE SKIN-EFFECT HEAT-TRACING SYSTEM, WHICH PREVENTS THE PRODUCT FROM FREEZING AND MAINTAINS THE REQUIRED TEMPERATURE IN PIPELINES UP TO HUNDREDS OF KILOMETERS LONG

Ключевые слова: *скин-эффект, системы электрообогрева на основе скин-эффекта, ГК «ССТ», энергоэффективность, системы электрообогрева, обогрев протяженных трубопроводов, электрообогрев трубопроводов, обогрев трубопроводов.*

Хренков Н. Н.,
советник генерального
директора ГК «ССТ»,
К. Т. Н.,
член-корреспондент
АЭН РФ

Постников А. Л.,
заместитель
генерального директора
по развитию бизнеса,
«СТК» (входит
в ГК «ССТ»)

На предприятиях нефтегазовой, химической, перерабатывающей и прочих отраслей промышленности часто ставится задача по обогреву трубопроводов большой протяженности. Доставка углеводородного сырья с удаленных площадок на центральный пункт сбора осуществляется по межплощадным трубопроводам, зачастую проходящим по ненаселенной территории, на которой отсутствуют источники энергии. Протяженность трассы может составлять от 2 до 40 км.

Системы электрообогрева на основе саморегулирующихся кабелей, которые отлично зарекомендовали себя на технологических (внутриплощадочных) трубопроводах, в данном случае неприменимы из-за ограничений максимальной длины нагревательных секций. Максимум составляет не более 160 м для саморегулирующегося кабеля линейной мощностью 15–25 Вт/м и не более 80 м – при линейной мощности кабеля 45–60 Вт/м. Применение саморегулирующихся кабелей для обогрева протяженных трубопроводов осложняется необходимостью подачи питания к распределительным коробкам, которые требуется устанавливать каждые 100–200 метров.

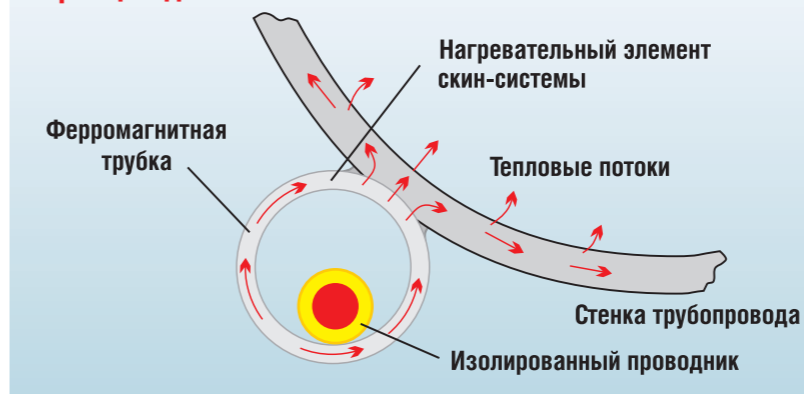
Трехжильные нагревательные кабели LLS позволяют обогревать трубопроводы длиной до 3 км. В случае необходимости обогрева более длинных трубопроводов потребуется значительно увеличить сечение проводников нагревательного кабеля и, как следствие, увеличатся размеры кабеля и существенно повысится цена.

В связи с этим наиболее эффективным решением задачи по обогреву протяженных трубопроводов считаются системы электрообогрева на основе скин-эффекта, особенно с учетом их высокой надежности и защищенности.

Впервые такая технология появилась в Японии в 60-х годах XX века. Система электрообогрева на основе скин-эффекта (или индукционно-резистивная система нагрева) является единственной конструкцией, позволяющей обогревать плечо трубопровода до 60 км и подавать питание с одного конца без сопроводительной сети. В настоящее время в мире всего несколько производителей освоили такую технологию. Скин-системы производятся только в Японии, США и России. Российская группа компаний «Специальные системы и технологии» (ГК «ССТ») – один из четырех мировых производителей

УДК 622.279

Принцип действия скин-системы



систем электрообогрева на основе скин-эффекта. Основанная в 1991 году, группа компаний является центром компетенций и отраслевой экспертизы в области электрообогрева. Начиная с 2002 года на десятках объектов, как в России, так и за рубежом, успешно эксплуатируются системы ГК «ССТ» на основе скин-эффекта. Общая протяженность сверхдлинных трубопроводов, обогреваемых данным решением, составляет более 500 км.

Принцип действия скин-системы

Принцип действия рассматриваемой системы основан на двух явлениях: эффекте близости и скин-эффекте (поверхностном эффекте).

Нагревательным элементом в СЭО выступает труба из ферромагнитной стали наружным диаметром 15–60 мм и толщиной стенки не менее 3,0 мм, в которую свободно помещен изолированный проводник из немагнитного материала сечением 8–40 мм². Проводник в конце плеча обогрева электрически соединяется с трубкой, а в начале плеча между трубкой и проводником подается переменное напряжение от источника электропитания.

Ток, протекающий по жиле проводника, индуцирует магнитное поле, взаимодействующее с током обратного направления, протекающим по трубе. Вследствие чего в ферромагнитном внешнем проводнике (стальной трубке) возникает ярко выраженный скин-эффект: ток протекает не по всей толщине стенки трубки, а в тонком (около 1 мм) поверхностном слое. Причем этот слой расположен у внутренней поверхности стальной трубки. Так как на

внешней поверхности трубки ток практически отсутствует, потенциал наружной поверхности остается нулевым, что делает скин-систему электробезопасной.

Стоит отметить, что выделение тепла при протекании тока происходит и в проводнике, и в трубке. При правильном конструировании системы 60–80%

тепла выделяется в стальной трубке и только 20–40% – в проводнике с медной жилой. Выделение тепловой энергии в ферромагнитной трубке происходит за счет протекающего по ней тока обратного направления и индукционного нагрева трубы в переменном электромагнитном поле. Далее отвод тепла от нагревателя скин-системы к трубопроводу обеспечивается за счет хорошего контакта с транспортной трубой и применения специальной теплопроводной пасты Silarm. Управление системой обогрева осуществляется из шкафа управления, расположенного в комплектной трансформаторной подстанции (КТП) или с общего пункта управления данным объектом. Дистанционное управление скин-системой реализуется с помощью протокола ModBus. На жидкокристаллический экран выводится технологическая и аварийная информация о состоянии индукционно-резистивной системы нагрева.

Конструкция скин-системы

1. Высоковольтная линия.
2. Комплектная трансформаторная подстанция.
3. Индукционно-резистивный нагреватель.
4. Индукционно-резистивный проводник.
5. Теплоизоляция.
6. Обогреваемый трубопровод.



ТАБЛИЦА 1. Технические характеристики системы электрообогрева на основе скин-эффекта ГК «ССТ»

Длина обогреваемого трубопровода	до 30 км без сопроводительной сети	до 60 км без сопроводительной сети
Мощность системы обогрева	до 120 Вт/м	до 150 Вт/м
Максимальная рабочая температура	180°C	200°C
Максимальная допустимая температура (без нагрузки)	200°C	260°C
Диапазон температур окружающей среды	-60°C...+55°C	-60°C...+70°C
Напряжение на нагревательном элементе	до 5 кВ	до 7 кВ
Сечение ИП проводника	до 40 мм ²	до 40 мм ²

Преимущества скин-систем

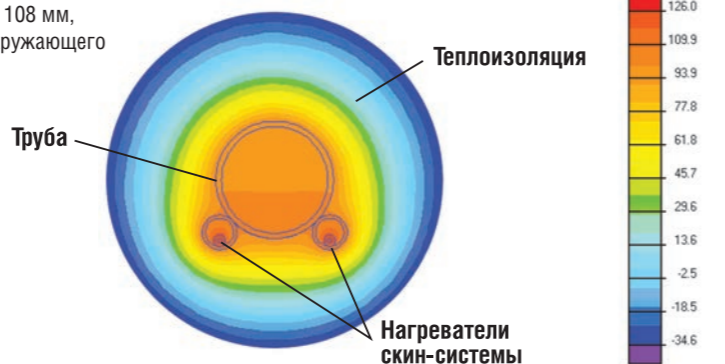
Скин-системы обладают определенными преимуществами для обогрева длинных и сверхдлинных трубопроводов по сравнению с другими (кабельными) системами электрообогрева:

- **Запитка с одного конца.** Малое сопротивление системы на метр длины наряду с высоким напряжением питания позволяет подключить к одному источнику несколько плеч обогрева длиной до 60 км и отказаться от сопроводительной электросети.
- **Электробезопасность.** Наружная поверхность нагревательного элемента заземлена и имеет нулевой потенциал относительно земли.
- **Хороший тепловой контакт.** Металлический нагревательный элемент непосредственно прикрепляется к транспортному трубопроводу специальными крепежными элементами. Для улучшения теплового контакта используется теплопроводящая паста.
- **Простота монтажа.** Тепловыделяющие элементы не имеют наружной электрической изоляции, которую можно повредить при монтаже.
- **Высокая механическая прочность.** В конструкции скин-системы применяются испытанные долговечные материалы. Стальная труба обеспечивает механическую прочность и защиту проводника от повреждений.
- **Эксплуатация во взрывоопасных зонах.** Безопасность применения подтверждена сертификатами соответствия требованиям Технического регламента Таможенного союза, предъявляемым к работам во взрывоопасных средах, а также разрешена Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору.
- **Высокие рабочие температуры.** Максимальная рабочая температура – 200 °С.

Виды скин-систем

Каждая скин-система проектируется индивидуально под конкретные исходные данные проекта. В зависимости от рабочей и максимально возможной температуры трубопровода можно

Расчетное распределение температур на примере обогрева теплоизолированного трубопровода двумя нагревательными элементами скин-системы суммарной мощностью 120 Вт/м. Диаметр трубы 108 мм, температура окружающего воздуха -35°С



выделить три исполнения скин-системы. *Низкотемпературный вариант* обеспечивает защиту от замерзания водоводов, поддерживая температуру от 3 до 5°С. Скин-система в *среднетемпературном исполнении* предназначена для поддержания температур до 85°С и применяется для обогрева трубопроводов, транспортирующих сырую нефть и нефтепродукты. *Высокотемпературный вариант* скин-системы может поддерживать температуру до 200°С и используется для обогрева трубопроводов, по которым транспортируются вязкие нефтепродукты, жидкая сера, химические вещества.

В зависимости от схемы прокладки трубопровода конструктивное исполнение скин-систем может быть трех типов: надземным, подземным и подводным. В рамках одной системы возможна комбинация нескольких исполнений, например, надземный трубопровод имеет участки прохода под дорогами (подземное исполнение) или под реками (подводное исполнение). Каждое из исполнений требует применения своих конструктивных решений и материалов.

Группой компаний «Специальные системы и технологии» разработаны системы: классический скин, открытый скин с двумя нагревательными элементами (трубками) и гибким соединением, а также гибкий скин с проводником, помещенным в герметичную стальную гофрированную оболочку.

Важную роль при монтаже скин-систем играет тип применяемой теплоизоляции. Возможен вариант монтажа систем на предварительно изолированные трубы, либо изоляция в виде скорлуп укладывается на месте.

Группа компаний «Специальные системы и технологии» обладает опытом проектирования, производства и монтажа всех описанных выше типов скин-систем, включая систему обогрева подводных трубопроводов. Производственная и научно-исследовательская база ГК «ССТ» позволяет предлагать заказчикам комплексные проекты обогрева трубопроводов на основе скин-систем с гарантией 5 лет с момента ввода в эксплуатацию. Решения ГК «ССТ» имеют российский сертификат соответствия, международный сертификат МЭК (IEC), разрешение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, аттестацию Российского Морского регистра судоходства.

Скин-системы получили применение на крупнейших объектах ПАО «Газпром», Total, ПАО «НК «Роснефть», ПАО «ЛУКОЙЛ», среди которых Харьягинское, Южно-Шапкинское, Ванкорское, Песцовое, Заполярное, Новопортовское месторождения, участки магистрального нефтепровода Куюмба-Тайшет и другие. ●

Литература

1. Струпинский М. Л., Хренков Н. Н., Кувалдин А. Б. «Проектирование и эксплуатация систем электрического обогрева в нефтегазовой области». Справочная книга. – Москва – Вологда; Изд-во «Инфра – Инженерия», 2015. – 272 с.
2. Струпинский М. Л., Хренков Н. Н., Кувалдин А. Б. «Научные исследования, разработка, организация производства и внедрение системы индукционно-резистивного обогрева длинных и сверхдлинных трубопроводов», журнал «Промышленный электрообогрев и электроотопление», № 1–3, 2015.

KEYWORDS: skin-effect heat-tracing system, SST Group, energy efficiency, cable-heating systems, heating of pipelines, long pipeline heating.

КЛЮЧЕВОЕ СОБЫТИЕ ОТРАСЛИ: в центре внимания, в центре Москвы

НАЦИОНАЛЬНЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ ФОРУМ

16–18 апреля 2018
Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.oilandgasforum.ru

18-я международная выставка НЕФТЕГАЗ–2018

16–19 апреля 2018
Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.neftgaz-expo.ru

12+
Реклама



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



БЕЗОПАСНОСТЬ МГП



Ревазов А.М.,
доктор технических наук, профессор
Российский государственный университет (национальный исследовательский университет) нефти и газа им. И.М. Губкина



Алекперова Саялы Тагиевна,
директор по управлению проектами и перспективному развитию
ООО «ИДК Эксперт»

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЕКТОВ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ВЫЯВИЛ НЕОБХОДИМОСТЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ БЕЗОПАСНОСТИ. ПРИ ЭТОМ ОБЪЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗМОЖЕН ПРИ УСЛОВИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ПРОЦЕСС СТРОИТЕЛЬСТВА И В НАИБОЛЬШЕЙ СТЕПЕНИ ПРОЯВЛЯЮЩИХ СЕБЯ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ. КРОМЕ ТОГО, СТЕСНЕННЫЕ УСЛОВИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МГП, С ОДНОЙ СТОРОНЫ, УСУГУБЛЯЮТ ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ, А С ДРУГОЙ – ЯВЛЯЮТСЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ПРОВОЦИРУЮЩИМ ФАКТОРОМ. ЦЕЛЬ ПРОВЕДИМОГО АВТОРОМ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКЛЮЧАЛАСЬ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ МГП ПУТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНО РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМЫ, УЧИТЫВАЮЩЕЙ УСЛОВИЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РАБОТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ, РЕКОНСТРУКЦИИ И ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ, ИМЕЮЩИХ ПЕРЕМЕНЧИВЫЙ ХАРАКТЕР

ANALYSIS OF THE CONDITIONS FOR THE MODERN PROJECTS IMPLEMENTATION ON THE CONSTRUCTION OF NEW AND RECONSTRUCTION OF EXISTING MAIN GAS LINES HIGHLIGHTED THE NEED TO ENSURE THEIR SAFETY. AT THE SAME TIME, AN OBJECTIVE SAFETY ANALYSIS IS POSSIBLE IF FORECASTING AND RISK ASSESSMENT WERE CARRIED OUT TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF NEGATIVE FACTORS ACCOMPANYING THE CONSTRUCTION PROCESS AND WHICH ARE FOREMOST MANIFEST THEMSELVES AT THE OPERATIONAL STAGE. IN ADDITION, CRAMPED CONDITIONS FOR CONSTRUCTION AND OPERATION OF IHP ON THE ONE HAND EXACERBATE IMPACT OF THE CONSEQUENCES OF AN EMERGENCY SITUATION, AND ON THE OTHER HAND THEY ARE AN ADDITIONAL AGGRAVATING FACTOR. THE PURPOSE OF SURVEY CONDUCTED BY THE AUTHOR WAS TO ENSURE THE SAFETY OF THE IHP THROUGH ADDITIONAL MEASURES PLANNING USING A SPECIALLY DEVELOPED SYSTEM THAT TAKES INTO ACCOUNT CONDITIONS FOR THE CONSTRUCTION, RECONSTRUCTION AND FURTHER OPERATION OF MAIN GAS LINES IN THE FACE OF IMPACTS THAT HAVE CHANGEABLE NATURE

Ключевые слова: магистральные трубопроводы, линейная часть, факторы влияния, управление риском.

В основе Системы поэтапного обеспечения безопасности магистральных трубопроводов (СПОБ) лежит выбор дополнительных мероприятий, обеспечивающих безопасность магистральных трубопроводов (МТ). Для удобства интерпретации в данной статье введем понятие «дополнительные мероприятия» (далее – ДМ), подразумевающие любые мероприятия, в дополнение к требованиям обязательных нормативных документов, указанных в пункте 2 статьи 5 Федерального закона от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

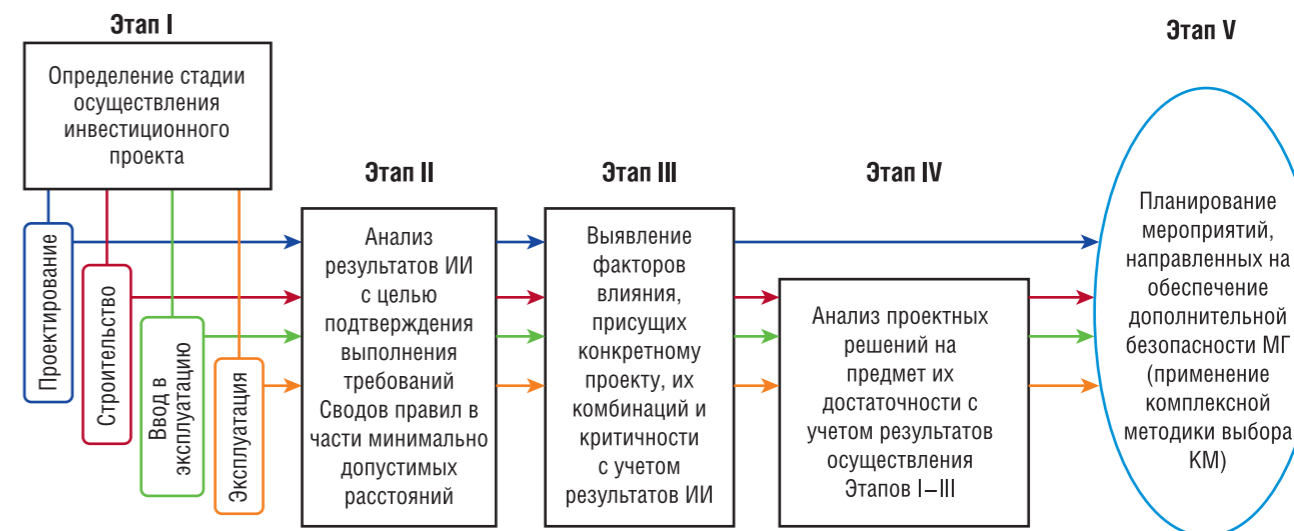
ДМ обеспечивают безопасность МТ как в случае несоблюдения минимально допустимых расстояний, так и в условиях наличия негативных факторов влияния в процессе эксплуатации МТ [1–4].

К определяющим целям СПОБ (рис. 1) относятся:

- 1) Совершенствование системы принятия решений в части обеспечения безопасности МТ с учетом наличия конкретных факторов влияния.
- 2) Всесторонний учет факторов влияния при прогнозировании риска аварий линейной части

УДК 622.692.4

РИС. 1. Описание этапов, лежащих в основе Системы поэтапного обеспечения безопасности МТ



МТ, а также условий их строительства и дальнейшей эксплуатации.

- 3) Сбор, хранение и обновление базы данных на основе знаний в части обеспечения безопасности МТ, получаемых при осуществлении проектов их строительства и реконструкции.
- 4) Оптимальное применение базы данных в смежных проектах.

Выбор ДМ осуществляется по следующим критериям:

- преимущество технических мероприятий перед организационными;
- преимущество предупреждения аварии перед её локализацией;
- преимущество направленности ДМ непосредственно на МТ;

При выборе ДМ должны быть обеспечены:

- гарантия достаточности ДМ;
- использование принципа «расстановки» барьеров безопасности при выборе актуальных ДМ, определяющего достаточность предлагаемого набора ДМ для случаев нарушения минимально допустимых расстояний (МДР). Ниже приводится краткая характеристика каждого из вышеперечисленных критериев.

- 1) Преимущество технических мероприятий перед организационными с целью обеспечения направленности ДМ непосредственно на трубопровод и минимизации зависимости

технологического процесса от «человеческого фактора».

Среди прочих причин возникновения аварии значится пункт «ошибочные действия персонала». В этой связи повышение надежности трубопровода за счет внедрения ДМ является приоритетной с точки зрения уменьшения зависимости технологического процесса от эксплуатационных служб.

Кроме того, как было отмечено выше, технические мероприятия носят конкретный характер, направленный на повышение надёжности МТ и обеспечение его безопасности.

- 2) Преимущество предупреждения аварии перед её локализацией для сведения к минимуму последствий аварии.

При выборе ДМ наибольшее внимание следует уделять способам предотвращения аварии посредством повышения надежности трубопровода и его составных частей.

Адекватная расстановка приоритетов при выборе ДМ возможна при условии анализа причин возникновения аварий на МТ и факторов, провоцирующих эти причины.

Информация, полученная в ходе выявления и оценки факторов влияния [1], позволила определить наиболее критичные из них, а также наблюдать перераспределение степеней критичности факторов влияния в зависимости от значения

несоблюдения МДР до объектов инфраструктуры.

- 3) Преимущество направленности ДМ непосредственно на МТ.

В большинстве случаев авария обусловлена повреждением или разрушением стенки трубопровода. Поэтому дополнительные мероприятия должны быть направлены прежде всего на повышение надежности и безопасности трубопровода на каждой из стадий осуществления инвестиционного проекта.

Обеспеченность безопасности МТ в условиях наличия факторов влияния определяется вероятностью выживания системы [9], учитывающей эффективность ДМ, способных как предотвратить аварийную ситуацию, так и снизить негативные последствия в случае её наступления. В данном случае имеется в виду ситуация, когда ввиду ограничений, связанных со стадией реализации инвестиционного проекта, нет возможности внедрить мероприятия, направленные на предупреждение аварии.

Рассматривая риск возникновения аварий на МТ как произведение вероятности возникновения аварии на ущерб от аварии, под эффективностью ДМ подразумевается то, в какой степени внедрение того или иного ДМ может снизить ущерб от аварии.

Для определения эффекта от внедрения ДМ рассмотрим МТ как некую систему, цель которой состоит в её функционировании

на протяжении интервала времени [0, t]. Под функционированием системы понимается стабильное, бесперебойная поставка заданного объема углеводородного сырья потребителям, что обеспечивается непрерывной его перекачкой с момента ввода трубопровода в эксплуатацию до наступления аварии, обуславливающей необходимость приостановки поставки. Системе угрожает возможность наступления событий, представляющих опасность её существованию, – аварий.

В свою очередь ДМ будем рассматривать как резервы системы, необходимые для её подготовки к авариям. Выбор ДМ осуществляется с применением метода нечетких множеств.

Допустим, что функционированию системы угрожает наступление *n* аварий. Если система не успевает подготовиться к наступлению аварии и эта авария произойдет до момента *t*, то возникшие, к примеру, дефектные отверстия (трещина, свищ, гильотинный разрыв) уменьшают время функционирования системы. Считается, что цель функционирования системы достигнута, если на протяжении всего периода эксплуатации отсутствует необходимость замены или внепланового ремонта линейной части МТ по причине возникновения вышеуказанных дефектных отверстий.

Вопросы предотвращения аварийных ситуаций необходимо рассматривать в контексте своевременного обнаружения предпосылок аварии. Поэтому эффективность комплекса ДМ определяется условием **R** сочетания «конструктив + мониторинг». Таким образом, рассматривая безопасность МТ как подготовленность его к возникновению аварии, применительно к поставленной задаче оптимального планирования мероприятий, направленных на обеспечение безопасности МТ, для **R** справедливо равенство:

$$R = \sum_{i=1}^k R_{ki} + \sum_{i=1}^m R_{mi} \quad (1)$$

где

R_k – мероприятия, направленные на конструктив;

R_m – мероприятия, направленные на мониторинг.

Количество ДМ определяется с учетом наличия конкретных факторов влияния.

После предоставления нечеткого множества ДМ задается информация о стадии реализации проекта, после чего система оставляет только те ДМ, направленные на конструктив и мониторинг, которые удовлетворяют следующим двум условиям:

- учет фактических факторов влияния, характерных для конкретного проекта;
- учет стадии реализации проекта.

Для получения объективной картины снижения ущерба от аварии необходимо задать значения эффективности ДМ.

Будем считать известными:

$X = \{X_1, X_2, \dots, X_k\}$ – множество вариантов, которые подлежат многокритериальному анализу;

$G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$ – множество количественных и качественных критериев, которыми оцениваются варианты.

Задача состоит в упорядочивании элементов множества X по критериям из множества G .

Пусть $\mu_{G_i} \{X_j\}$ – число в диапазоне [0, 1], которое характеризует уровень оценки варианта $X_j \in X$ по критерию $G_i \in G$: чем больше число $\mu_{G_i} \{X_j\}$, тем выше оценка варианта X_j по критерию G_i , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, k}$. Тогда критерий G_i можно представить в виде нечеткого множества \tilde{G}_i на универсальном множестве вариантов X :

$$\tilde{G}_i = \left\{ \frac{\mu_{G_i}(X_1)}{X_1}, \frac{\mu_{G_i}(X_2)}{X_2}, \dots, \frac{\mu_{G_i}(X_k)}{X_k} \right\} X_j \in, \quad (2)$$

где $\mu_{G_i} \{X_j\}$ – степень принадлежности элемента X_j нечеткому множеству \tilde{G}_i .

Находить степени принадлежности нечеткого множества удобно методом построения функций принадлежности на основе парных сравнений [5]. При использовании этого метода необходимо сформировать матрицы парных сравнений вариантов по каждому

критерию. Общее количество таких матриц совпадает с количеством критериев и равняется n .

Наилучшим вариантом будет тот, который одновременно является лучшим по всем критериям. Нечеткое решение \tilde{D} представляет собой результат пересечения частных критериев:

$$\tilde{D} = \tilde{G}_1 \cap \tilde{G}_2 \cap \dots \cap \tilde{G}_n = \left\{ \frac{\min_{i=1, n} \mu_{G_i}(X_1)}{X_1} \cdot \frac{\min_{i=1, n} \mu_{G_i}(X_2)}{X_2} \dots, \frac{\min_{i=1, n} \mu_{G_i}(X_k)}{X_k} \right\} \quad (3)$$

Согласно полученному нечеткому множеству \tilde{D} , наилучшим вариантом следует считать тот, для которого степень принадлежности является наибольшей.

При неравновесных критериях:

$$\tilde{D} = \left\{ \frac{\min_{i=1, n} (\mu_{G_i}(X_1))^{\alpha_i}}{X_1} \cdot \frac{\min_{i=1, n} (\mu_{G_i}(X_2))^{\alpha_i}}{X_2} \dots, \frac{\min_{i=1, n} (\mu_{G_i}(X_k))^{\alpha_i}}{X_k} \right\}, \quad (4)$$

где α_i – коэффициент относительной важности критерия G_i , $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$

Показатель степени α_i в формуле (4) свидетельствует о концентрации нечеткого множества \tilde{G}_i в соответствии с мерой важности критерия G_i .

Коэффициенты относительной важности критериев могут быть определены различными методами, например, с помощью парных сравнений по шкале Саати [6].

Руководствуясь Классификатором [5] и критериями выбора ДМ, примем следующую градацию показателей эффективности ДМ (таблица 1).

Качество расходования ресурсов, т.е. степень подготовленности системы к аварии будет определяться наличием ДМ, сочетающих в себе все три приоритетных классификационных признака.

Подготовленность системы к аварии при наличии конкретного фактора влияния максимальна, в случае если каждое из ДМ, входящих в равенство, сочетает в себе все три приоритетных классификационных признака.

ТАБЛИЦА 1. Показатели эффективности ДМ

Приоритетные классификационные признаки ДМ		Показатели эффективности одного ДМ
E_{IA}	Направленность ДМ на предотвращение аварии	0,5
E_{IVA,B}	Область внедрения ДМ – металл трубы, конструкция трубопровода, вспомогательные устройства	0,3
E_{IB}	Технический характер компенсирующего мероприятия	0,2

То есть считаем, что внедрение двух таких мероприятий (одно – в части конструктива, второе – в части мониторинга) обеспечивает 100%-ную подготовленность системы к возникновению аварии при наличии конкретного фактора влияния на протяжении заданного количества лет (т.е. ущерб от аварии практически исключен). Вместе с тем следует учитывать, что эффективность мероприятия будет максимальна только в случае оптимального планирования остальных мероприятий, предлагаемых в совокупности с данным мероприятием.

На данном этапе возникает необходимость объединения ДМ в группы приоритетности с учетом результатов классификации.

Таким образом, результирующее значение индекса 100%-ной эффективности ДМ, будет иметь вид функции:

$$M_1 = F\{E_{IA}, E_{IB}, E_{IVA,B}\} = 1.$$

Выполнение данного условия возможно только в случае планирования мероприятия на этапе проектирования.

Определим все возможные результирующие значения индексов эффективности ДМ для случая наличия хотя бы одного приоритетного признака:

$$M_2 = F\{E_{IA}, E_{IVA,B}\} = 0,8$$

$$M_3 = F\{E_{IA}, E_{IB}\} = 0,7$$

$$M_4 = F\{E_{IB}, E_{IVA,B}\} = 0,5$$

Для случая, если ввиду стадии реализации проекта для каждого фактора влияния невозможно обеспечить наличие мероприятий, показатели эффективности которых отвечали бы приоритетным, требуются альтернативные компенсирующие решения, сочетание которых обеспечит подготовленность системы к аварии при заданных

параметрах. Тогда определение перечня ДМ сводится к задаче принятия решений в условиях нечетких множеств.

Принятие решения – это выбор ДМ, которые одновременно удовлетворяют и нечетким целям (сочетание *n* мероприятий, обеспечивающих подготовленность системы к аварии в условиях наличия конкретного фактора влияния), и ограничениям (необходимость учета стадии реализации проекта при выборе ДМ).

Наиболее приемлемой, применительно к поставленной задаче, является схема принятия решений Беллмана-Заде [8].

Планирование мероприятий, направленных на обеспечение безопасности проектируемых МТ на каждой из стадий осуществления инвестиционного проекта должно осуществляться с обязательным учетом факторов влияния, характерных для конкретного проекта, а также сведений о наличии ненормативных сближений с соседствующими объектами.

Информация о факторах влияния является ключевой при определении комбинаций ДМ, окончательный состав которых формируется после того, как заданы сведения о стадии реализации проекта. Предварительный перечень ДМ представляет собой нечеткое множество, а комбинации ДМ четко структурированы и выверены на соответствие друг другу.



Рассмотрим пример применения СПОБ с целью планирования мероприятий для участка магистрального газопровода (далее – МГ), оказавшегося под влиянием наиболее неблагоприятного сочетания факторов влияния на каждом из этапов реализации проекта.

Как отмечалось ранее, с момента проектирования до момента ввода трубопровода в эксплуатацию, окружающие его условия могут измениться, что сделает предусмотренные проектные решения неактуальными и недостаточными на этапе эксплуатации МГ.

Пусть первоначальная исходная информация, поступающая в СПОБ представляет собой набор следующих параметров:

- Диаметр газопровода: 1 400 мм;
- Рабочее давление: 9,5 МПа;
- Способ прокладки трубопровода – подземный;
- Протяженность участка МГ – 20 км.

По результату инженерных изысканий выявлено, что участок МГ подвержен влиянию факторов f_{13} , f_{15} , f_{16} , f_{17} :

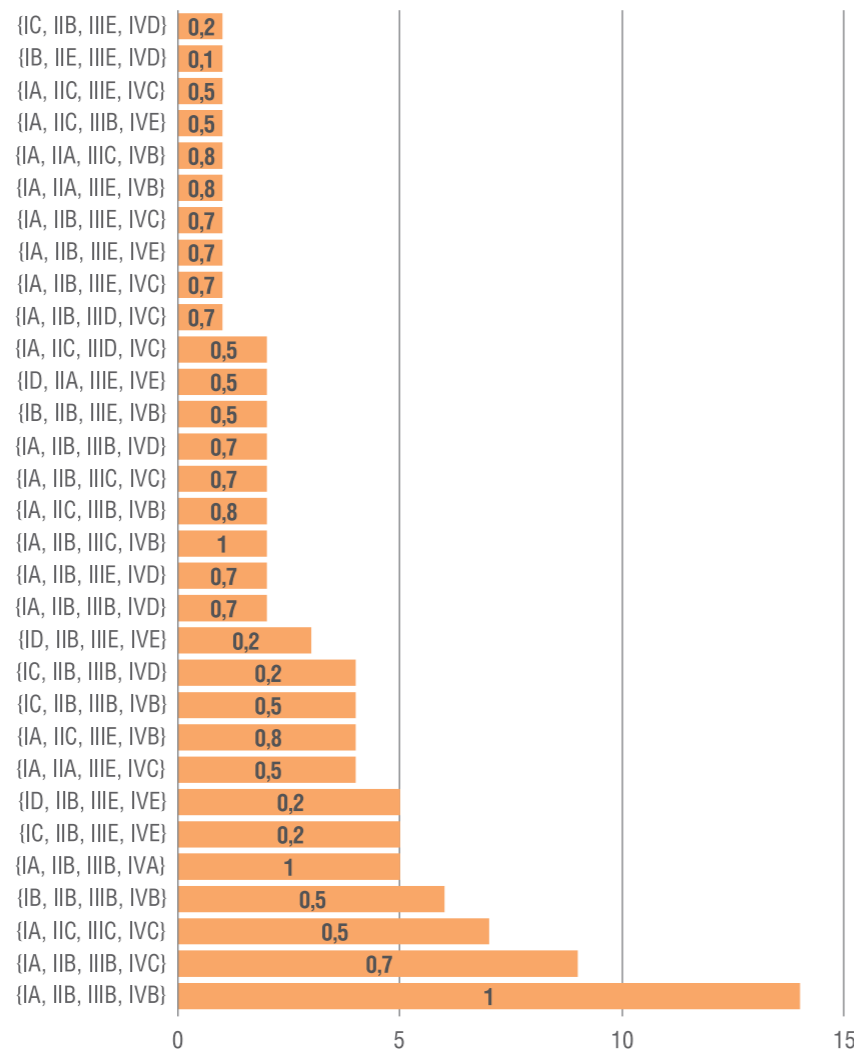
- Высокая грозовая активность района строительства;
- Низкая несущая способность грунтов;
- Наличие коррозионной активности грунта;
- Заболоченность района строительства.

С целью объективной оценки безопасности объекта проектирования СПОБ автоматически учитывает все факторы влияния, не зависящие от природно-климатических характеристик района, а также от условий пересечения МГ с автомобильными и железными дорогами.

Также учтем, что с определенной долей вероятности возможно наличие следующих факторов:

- Несоблюдение требований нормативных документов при изготовлении труб и оборудования.
- Несоблюдение правил приемки готовых труб и оборудования.

РИС. 2. Полученные результаты



- Нарушение норм и правил осуществления работ при строительстве.
- Отступления от проектных решений.
- Некачественная внутритрубная диагностика перед вводом газопровода в эксплуатацию.
- Применяемые защитные покрытия не в полной мере удовлетворяют условиям эксплуатации.
- Недостаточный мониторинг состояния трубы в процессе эксплуатации.
- Недостаточная компетентность эксплуатирующего персонала.
- Некачественное проведение аттестации персонала.
- Несвоевременное обновление технологического регламента по безопасной эксплуатации газопровода.
- Несоблюдение сроков эксплуатации газопровода.

Имеется критическое ненормативное сближение с населенным пунктом, что обуславливает наличие и других факторов влияния:

- Некорректное осуществление плановых работ;
- Нарушение правил пользования охранной зоной газопровода.

Таким образом, для данного проекта характерно наличие 17 факторов влияния.

СПОБ предоставляет выборку ДМ по критериям количества и показателей факторов влияния. С учетом результатов классификации предварительный перечень будет состоять как минимум из 34 ДМ. При этом каждое ДМ характеризует свой набор (количество и перечень контролируемых параметров).

Далее точное количество ДМ определяется с учетом стадии реализации проекта: если решение о введении тех или

РИС. 3. Распределение ДМ в зависимости от стадии осуществления проекта



иных ДМ принимается на этапе проектирования, то имеется возможность предусмотреть ДМ, отвечающие всем критериям приоритетности и нейтрализующие несколько факторов влияния, что уменьшит общее количество ДМ, направленных на конструктив.

Разработанный Классификатор позволил выделить следующие классы ДМ, применяемые для обеспечения безопасности МГ, с учетом стадии осуществления проекта и наличия факторов влияния:

- $M_{\{IA, IIB, IIIB, IVA\}}$, $M_{\{IA, IIB, IIIB, IVD\}}$,
- $M_{\{IA, IIB, IIIB, IVC\}}$, $M_{\{IA, IIA, IIIB, IVB\}}$,
- $M_{\{IA, IIB, IIIB, IVB\}}$, $M_{\{IA, IIC, IIIB, IVB\}}$,
- $M_{\{IA, IIB, IIIC, IVC\}}$, $M_{\{IA, IIC, IIIC, IVC\}}$,
- $M_{\{IA, IIA, IIIE, IVC\}}$, $M_{\{IA, IIC, IIIE, IVB\}}$,
- $M_{\{IA, IIB, IIIB, IVD\}}$, $M_{\{IB, IIB, IIIB, IVB\}}$,
- $M_{\{IB, IIB, IIIE, IVB\}}$, $M_{\{IB, IIC, IIIE, IVD\}}$,
- $M_{\{IC, IIB, IIIB, IVB\}}$, $M_{\{IC, IIB, IIIB, IVD\}}$,
- $M_{\{IC, IIB, IIIE, IVE\}}$, $M_{\{ID, IIB, IIIE, IVE\}}$,
- $M_{\{ID, IIA, IIIE, IVE\}}$, $M_{\{ID, IIB, IIIE, IVE\}}$.

Приоритетные классы для каждой из стадии реализации проекта определяются исходя из условия возможности их применения на данной стадии. Это значит, что, априори, любое из мероприятий можно предусмотреть на этапе проектирования, но не каждое из них может быть применено на последующих стадиях (строительство, ввод в эксплуатацию и эксплуатация).

Как было отмечено ранее, эффективность подготовленности

системы к авариям определяется сочетанием мероприятий «конструктив+мониторинг». При этом мероприятия, составляющие данный «тандем», как правило, относятся к разным группам.

Следует отметить, что сочетания двух и более ДМ возможны как в составе одного класса, так и разных классов.

Распределение ДМ по группам представлено на рисунке 2, где ось у характеризует группы ДМ, ось х – количество групп. Цветом выделены численные показатели эффективности выявленных ДМ.

Распределение ДМ в зависимости от стадии осуществления проекта представлено на рисунке 3.

Представленная диаграмма позволяет отследить распределение ДМ в зависимости от стадии реализации проекта. Так, например, количество ДМ, возможных к внедрению на этапе строительства весьма ограничено по сравнению с иными этапами. При этом, под этап эксплуатации адаптировано больше мероприятий, но ни одно из них не имеет наивысший показатель приоритетности.

Таким образом, применение СПОБ позволяет выбрать наиболее приемлемое сочетание ДМ из множества альтернативных вариантов, а также определить степень подготовленности системы к наступлению аварии с учетом стадии осуществления инвестиционного проекта и связанных с ним ограничениями в выборе ДМ. ●

Литература

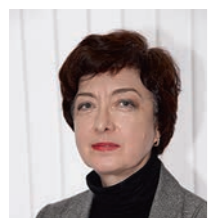
1. А.М. Ревазов, С.Т. Алекперова «Идентификация и оценка влияния факторов эксплуатации, провоцирующих аварийность на магистральных газопроводах // Управление качеством в нефтегазовом комплексе». 2015. – № 3, с. 39–42.
2. А.М. Ревазов, С.Т. Алекперова «Система поэтапного обеспечения безопасности магистральных трубопроводов на всех стадиях реализации инвестиционных проектов» // Бурение и нефть – 2015. – № 3, с. 39–42.
3. А.М. Ревазов, С.Т. Алекперова «Управление риском возникновения аварий на линейной части магистральных газопроводов на основе мониторинга эксплуатационных факторов» // Газовая промышленность 2015 – № 12.
4. А.М. Ревазов, С.Т. Алекперова «Аспекты практического применения Системы поэтапного обеспечения безопасности магистральных трубопроводов» // Трубопроводный транспорт. Теория и практика 2016 – № 4, с. 32–35.
4. Алекперова С.Т. Систематизация результатов классификации мероприятий, направленных на обеспечение безопасности магистральных трубопроводов. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017621123 от 29.09.2017.
5. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений: учебник / А.И. Орлов. – М.: КНОРУС, 2010. – 568 с.
6. Т. Саати Принятие решений «Метод анализа иерархий» Перевод с английского Р.Г. Вачнадзе – М.: «Радио и связь», 1993. – 278 с.
7. Р. Беллман и Л. Заде. Вопросы анализа и процедуры принятия решений. Сборник переводов – М.: «Радио и связь», 1976. – 232 с.
8. П.М. Брусиловский «О вероятности выживания системы, готовящейся к наступлению катастроф». УДК 35.073.5. Башкирский государственный университет им. 40-летия Октября. «Модели организации, управления и методы их исследования». Уфа, 1975 г.

KEYWORDS: oil and gas trunkline, operational factors, accident risk prediction, risk management.

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТИРУЕМОЙ ПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ



Власова Галина Владимировна,
к.т.н., доцент кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа»



Пивоварова Надежда Анатольевна,
д.т.н., профессор, кафедра «Химическая технология переработки нефти и газа»



Куликова Екатерина Дмитриевна



Хафизуллина Нелля Рамиловна

ФГБОУ «Астраханский государственный технический университет»

В РАБОТЕ ПОКАЗАНА ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ЕГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ ОТ МЕСТ ДОБЫЧИ ДО ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ. ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЛИЯНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА И ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ТАКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТИРУЕМОЙ НЕФТИ, КАК ПЛОТНОСТЬ, ТЕМПЕРАТУРА ЗАСТЫВАНИЯ, КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ВЯЗКОСТЬ И СРЕДНИЙ ДИАМЕТР ЧАСТИЦ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ

THE PAPER SHOWS THE POSSIBILITY OF USING THE WAVE PROCESSING OF HYDROCARBON RAW MATERIALS IN THE PROCESS OF ITS TRANSPORTATION THROUGH PIPELINES FROM PRODUCTION AREAS TO CONSUMERS IN ORDER TO IMPROVE ITS LOW-TEMPERATURE PERFORMANCE. THE RESULTS OF THE STUDY ON THE EFFECT OF ULTRASOUND EXPOSURE AND A CONSTANT MAGNETIC FIELD ON SUCH FACTORS AS THE QUALITY OF TRANSPORTED OIL DENSITY, POUR POINT, KINEMATIC VISCOSITY AND AVERAGE PARTICLE DIAMETER OF THE DISPERSED PHASE

Ключевые слова: парафинистая нефть, волновая обработка, ультразвук, постоянное магнитное поле, низкотемпературные свойства нефти, кинематическая вязкость, температура застывания, дисперсная система, смолы, парафины.

Задача улучшения низкотемпературных свойств в процессе добычи и транспортировки парафинистых и тяжёлых асфальтеновых нефтей еще далека от разрешения.

Для её решения наряду с применением различных депрессорных реагентов используют различные волновые методы. Так, например, ультразвуковое воздействие [1, 2], а также сочетание его с добавками растворителей, кислот, щелочей, спиртов [3]. Снижает вязкость нефти высокочастотные и сверхвысокочастотные магнитные поля [4]. Волновые воздействия комбинируют, повышая эффективность методов. Для этого на поток нефти воздействуют ультразвуком мощностью до 25 Вт/см², а затем постоянным, импульсным или сверхвысокочастотным полем большой мощности [5, 6].

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных

исследований улучшения низкотемпературных свойств нефти посредством низкоэнергетических воздействий ультразвука до 45 кГц и постоянного магнитного поля до 0,31 Тл. Этот способ является эффективным, малозатратным, экологически чистым и несложным в эксплуатации.

В качестве ультразвукового излучателя использовали устройство с частотой излучателя 45 кГц, расположенное внутри емкости, через которую проходил поток исследуемой нефти. Магнитную обработку углеводородного сырья осуществляли на проточной лабораторной установке с использованием магнитного туннеля в интервале значений магнитной индукции от 0,08 до 0,31 Тл.

Объектом исследования являлась нефть месторождения им. Ю.М. Корчагина, которая добывается и проходит стадию первичной подготовки на ЛСП-1 в Каспийском море для

УДК 665.6

ТАБЛИЦА 1. Характеристика нефти месторождения им. Ю.М. Корчагина

Показатель	Значение
Плотность при 20°C, кг/м ³	813
Температура застывания, °C	минус 10
Кинематическая вязкость при 20°C, мм ² /с	2,07
Средний диаметр частиц дисперсной фазы, нм	260

ТАБЛИЦА 2. Методы определения характеристик углеводородного сырья

Показатель	ГОСТ, метод испытания
Плотность, кг/м ³	ISO 3675-2014
Кинематическая вязкость, мм ² /с	33-2000
Размер частиц дисперсной фазы, нм	Методика РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина [7]
Температура застывания, °C	20287-91

дальнейшей транспортировки по трубопроводам потребителю. Основные показатели качества нефти представлены в таблице 1.

Физико-химические характеристики углеводородного сырья были исследованы стандартными методами и специальными методиками и указаны в таблице 2.

В результате экспериментальных исследований (см. рис. 1, 2) было выявлено, что при воздействии магнитного поля в интервале значений магнитной индукции от 0,08 до 0,31 Тл кинематическая вязкость нефтяного сырья снижается на 20 %, а температура застывания снижается на 4-6°C.

Воздействие ультразвуком практически не отражалось на вязкости нефти, но приводило к увеличению значения температуры застывания на 6°C.

Комбинированная обработка нефтяного сырья ультразвуком и магнитным полем позволяет достичь снижения вязкости транспортируемой нефти в среднем в 2 раза, по сравнению с ультразвуком и магнитным полем по отдельности.

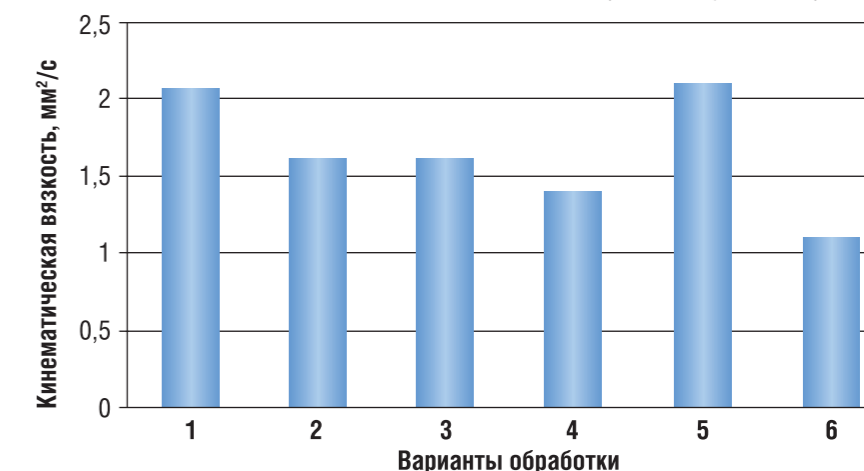
Анализируя полученные экспериментальные данные, можно заключить, что в результате воздействия магнитного поля на исходное углеводородное сырье происходит высвобождение иммобилизованного внешнего слоя сложной структурной единицы (ССЕ) в дисперсионную

среду, в результате чего незначительно улучшаются показатели транспортируемой нефти, такие как вязкость и температура застывания. Ультразвук, наоборот, приводит к нарушению гомогенности системы в целом, что облегчает процесс образования кристаллов парафина в объеме, тем самым ухудшая низкотемпературные показатели сырья.

Как известно, значения вязкости нефти коррелируют со значениями плотности. Это подтверждается данными, представленными на рисунке 3.

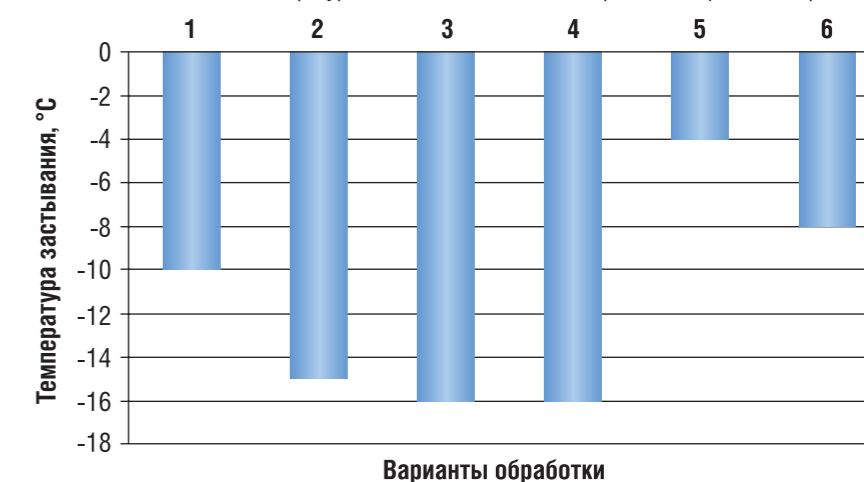
Установлено также, что средний размер частиц дисперсной фазы после воздействия магнитным полем уменьшается в среднем

РИС. 1. Зависимость кинематической вязкости от способа обработки нефтяного сырья



Варианты обработки: 1 – без обработки; 2 – магнитная обработка (0,08 Тл); 3 – магнитная обработка (0,15 Тл); 4 – магнитная обработка (0,31 Тл); 5 – обработка ультразвуком (45 кГц); 6 – комбинированная обработка (0,15 Тл и 45 кГц)

РИС. 2. Зависимость температуры застывания от способа обработки нефтяного сырья



Варианты обработки: 1 – без обработки; 2 – магнитная обработка (0,08 Тл); 3 – магнитная обработка (0,15 Тл); 4 – магнитная обработка (0,31 Тл); 5 – обработка ультразвуком (45 кГц); 6 – комбинированная обработка (0,15 Тл и 45 кГц)

на 20 %, после комбинированной обработки – на 40 %, т.е. дисперсная система становится более однородной (см. табл. 3).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при волновых воздействиях происходит перераспределение углеводородов и органических соединений в надмолекулярных образованиях: ультразвуковые колебания «расшатывают и дробят» ассоциаты – сложные структурные единицы, а магнитное поле не только выводит из них внешние слои, но и упорядочивает ССЕ, содержащие парамагнитные компоненты в направлении вектора магнитного поля. Гомогенность НДС возрастает [8]. При этом освобождённые из ССЕ компоненты внешних слоёв переходят в дисперсионную среду, разбавляя её и таким образом препятствуя росту кристаллов парафинов при понижении температуры системы. Кроме того, молекулы смол, обладающие, как известно парамагнитной активностью, склонны к гомолитической диссоциации [9]. Она ведёт к образованию новых парамагнитных центров, которые в магнитном поле также ориентируются в соответствии с вектором магнитного поля, повышая гомогенность и упорядоченность нефтяной дисперсной системы. В результате рост кристаллов парафинов и образование пространственной сетки в нефти затрудняется, что отражается на показателях вязкости и температуры застывания.

Таким образом, воздействуя на нефть ультразвуком или магнитным полем на характер взаимодействия между компонентами в нефтяной системе можно управлять структурообразованием в ней, а вместе с тем и низкотемпературными характеристиками, имеющими принципиальное значение при транспортировке нефти. ●

РИС. 3. Зависимость плотности от способа обработки нефти

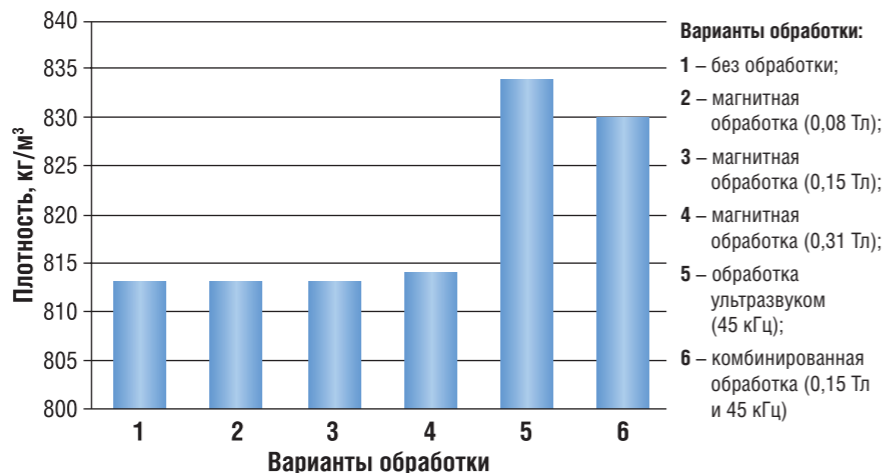


ТАБЛИЦА 3. Зависимость среднего диаметра частиц дисперсной фазы от способа обработки нефтяного сырья в динамическом режиме

Способ обработки	Средний диаметр частиц дисперсной фазы, нм
Без обработки	260
Магнитная обработка 0,08 Тл	223
Магнитная обработка 0,15 Тл	208
Магнитная обработка 0,31 Тл	183
Ультразвуковая обработка 45 кГц	175
Комбинированная обработка (0,15 Тл и 45 кГц)	155

Литература

- Каберник, Е.А. Регулирование низкотемпературных и реологических свойств высокозастывающей нефти методом ультразвуковой обработки. / Е.А. Каберник, Е.А. Чернышева, Фьюнг Лыу Хоай // Актуальные вопросы развития науки. Сб. статей Международной научно-практ. конференции. 14 февраля 2014. – Изд-во Башкирский государственный университет. – 2014. – С. 55–58.
- Муллагаев, М.С. Исследование влияния ультразвукового воздействия и химических реагентов на реологические свойства вязких нефтей. / М.С. Муллагаев, В.О. Абрамов, Г.И. Волкова, И.В. Прозорова // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2010. – №5. – С. 31–34.
- Ширяева, Р.Н. Влияние на реологические свойства высоковязких нефтей неионогенных ПАВ и магнитного поля. / Р.Н. Ширяева, Ф.Х. Кудашева, Р.Н. Гимаев // Химия и технология топлив и масел. – 2008. – №3. – С. 31–33.
- Винокуров, В.А. Исследование влияния волнового воздействия на нефти. / В.А. Винокуров, В.И. Фролов, М.П. Крестовников, С.В. Лесин // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2012. – №8. – С. 3–8.
- Козачок, М.В. Обоснование технологии перекачки высокопарафинистой нефти харьтинского месторождения с использованием комплексного воздействия магнитного поля и ультразвуковых колебаний / Автореферат на соиск. уч. ст. к.т.н. наук. – Нац. Минерально-сырьевой институт «Горный» СПб. – 2012.
- Пивоварова, Н.А. Магнитные технологии добычи и переработки углеводородного сырья: Обз. информ. – М.: ООО «Газпромэкспо», 2009. – 120 с.
- Глаголева О.Ф., Клокова Т.П., Володин Ю.А. Определение параметров частиц дисперсной фазы в нефтяных системах колориметрическим методом. Метод. руководство. – Москва, Издательство РГУ НИГ, 1996. – 141 с.
- Пивоварова Н.А. Интенсификация процессов переработки углеводородного сырья воздействием постоянного магнитного поля: диссертация ... доктора технических наук: 05.17.07. – Москва, 2005. – 362 с.
- Унгер Ф.Г. Фундаментальные и прикладные результаты исследования нефтяных дисперсных систем / Ф.Г. Унгер. – Уфа: Изд-во ГУП ИНХП РБ, 2011. – 264 с.

KEYWORDS: paraffinic oil, wave treatment, ultrasound, static magnetic field, low temperature properties of oil, kinematic viscosity, pour point, dispersion, resins, waxes.

TIMELESS ELEGANCE ALONG AMSTERDAM’S CANALS



A beautiful collection of six 17th and 18th century canal palaces, Waldorf Astoria Amsterdam spans across the prestigious ‘Gentlemen’s canal’, the greatest of them all. Each of the 93 unique rooms, lofts and suites offer unforgettable views of Amsterdam. The setting of this storied destination is matched by its unparalleled facilities, including a two Michelin-starred restaurant and luxurious Guerlain Spa.



THE STORIES BEGIN HERE

NEW YORK | BERLIN | CHICAGO | BEIJING | SHANGHAI | AMSTERDAM | DUBAI | RAS AL KHAIMAH | PARK CITY | JEDDAH
NAPLES | ORLANDO | JERUSALEM | BOCA RAON | PANAMA | KEY WEST | PUERTO RICO | ROME CAVALIERI | EDINBURGH
ARIZONA BILTMORE | THE BOULDERS | GRAND WAILEA | LA QUINTA RESORT & CLUB | TRIANON PALACE VERSAILLES | THE ROOSEVELT NEW ORLEANS

WALDORFASTORIA.COM/AMSTERDAM



HERENGRACHT 542-556
1017 CG | AMSTERDAM | NETHERLANDS

+31-20-7184600

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ И ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЯ ДАЕТ РАЦИОНАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ, ОСНОВАННОЕ НА ОПТИМАЛЬНОМ ПЛАНИРОВАНИИ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПЕРЕНОСЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА МЕНЕЕ НАГРУЖЕННЫЕ ПЕРИОДЫ ВРЕМЕНИ И В РЕГИОНЫ С БОЛЕЕ ДЕШЕВОЙ ЭНЕРГИЕЙ, СНИЖЕНИИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРУЗКИ НА ОБОРУДОВАНИЕ И УМЕНЬШЕНИИ РИСКА АВАРИЙ И ОТКАЗОВ. В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ПРИНЦИПЫ И КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ. ПОКАЗЫВАЕТСЯ НЕОБХОДИМОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ

A SIGNIFICANT EFFECT IN MEETING THE CHALLENGES OF ENERGY CONSERVATION IS PROVIDED BY A RATIONAL PLANNING OF TECHNOLOGICAL REGIMES OF HYDROCARBON TRANSPORTATION BASED ON OPTIMAL PLANNING OF ENERGY RESOURCES CONSUMPTION, IMPROVING THE USAGE OF PUMPING EQUIPMENT, TRANSFERRING OF THE ENERGY LOAD TO LIGHTLY LOADED PERIODS AND REGIONS WITH CHEAPER ENERGY, REDUCING OF EQUIPMENT LOAD IMBALANCE AND MITIGATION OF ACCIDENTS AND FAILURES RISKS. THE ARTICLE DEALS WITH BASIC CONCEPTS, OPTIMIZATION CRITERION OF TECHNOLOGICAL REGIMES AND ILLUSTRATES THE NECESSITY OF COMPLEX CRITERIA USAGE IN ORDER TO PLAN THE HYDROCARBON TRANSPORTATION

Ключевые слова: магистральный трубопровод, технологический режим, производительность перекачки, энергоэффективность, критерии эффективности.



Мызников Михаил Олегович,
к.т.н.,
доцент кафедры
«Нефтегазовое дело,
стандартизация
и метрология»,
Омский государственный
технический университет

Энергоресурсосбережение является одной из важнейших хозяйственных задач. Рациональное расходование природных ресурсов позволяет не только экономить энергетические ресурсы, но и уменьшить вредную нагрузку на окружающую природную среду. Транспортировка углеводородов по магистральным трубопроводам на большие расстояния связана со значительным потреблением энергии. Стоимость этой энергии составляет немалую часть в цене энергетического продукта [1].

Наиболее значимые эффекты от решения задачи энергоресурсосбережения при транспортировке углеводородов получаются путем рационального планирования технологических режимов перекачки, основанного на оптимизации расхода энергии энергоресурсов, повышении эффективности использования силового оборудования, переносе энергетической нагрузки на менее нагруженные периоды времени и в регионы с более дешевой энергией,

на снижении неравномерности загрузки оборудования и уменьшении риска аварий и отказов.

В современных условиях, в силу ряда экономических и политических обстоятельств, многие трубопроводы эксплуатируются в условиях недогрузки или неравномерной загрузки. При этом предприятия вынуждены эксплуатировать имеющееся оборудование не на максимальных проектных технологических режимах, обеспечивающих полную загрузку и максимальный КПД насосного или компрессорного оборудования, а на пониженных производительностях, используя не все имеющиеся мощности, либо работая циклически. При этом снижается эффективность использования имеющегося оборудования.

В основе оптимизации энергопотребления при транспортировке углеводородов лежит понятие технологический режим. До настоящего времени нет корректного и однозначного

УДК 656.56

РИС. 1. Примеры толкований понятий технологического и переходного режимов

ОР-03.220.99-КТН-092-08
«РЕГЛАМЕНТ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ, РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ ОАО «АК «ТРАНСНЕФТЬ»»

Технологический режим работы МН –
работа магистрального нефтепровода, которая характеризуется величиной пропускной способности нефтепровода, значениями давления на входе, в коллекторе и выходе работающих НПС, количеством и номерами включенных в работу насосных агрегатов

Переходный режим –
режим работы нефтепровода при переходе с одного технологического режима на другой, который включает в себя режимы запуска нефтепровода в работу, остановки, перехода с одного режима на другой с включением и отключением насосных агрегатов на НПС

РИС. 2. Толкование понятий установившегося режима, в должной мере не позволяющее осуществлять контроль технологического процесса

ОР-03 100 50-КТН-093-08 от 05.10.2012
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ЗА РАБОТОЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

Установившийся режим работы магистрального нефтепровода: режим работы нефтепровода, при котором обеспечена заданная производительность, отсутствуют изменения (колебания) давления в течение 10 минут после завершения всех необходимых пусков/остановок магистральных насосных агрегатов, магистральных насосных станций, подпорных насосных агрегатов, подпорных насосных станций, пусков/остановок передвижных насосных агрегатов (подпорных насосных агрегатов, подпорных насосных установок), переключения с одного резервуара на другой, подключения/отключения лупингов, узлов учета, изменение объемов сброса на нефтеперерабатывающем заводе и подкачек от грузоотправителей и др.

В СДКУ должна автоматически формироваться аварийная световая и звуковая сигнализация, если фактическое давление будет меньше расчетного на 0,04 МПа (0,4 кгс/см²) и более при наружном диаметре нефтепровода до 820 мм включительно или меньше расчетного на 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) и более при наружном диаметре нефтепровода свыше 820 мм, а также если фактическое давление будет больше расчетного на 0,2 МПа (2,0 кгс/см²) и более

понятия технологического режима или режима перекачки. Различные нормативные документы трактуют это понятие по-разному. Самое простое толкование: режим – это набор включенных перекачивающих агрегатов. В одном случае определяющей характеристикой режима ставится производительность перекачки, в другом – учитывается электропотребление, где-то в первооснову берутся удельные показатели перекачки.

В качестве примера на рисунке 1 приведена трактовка

понятий режимов в одном из регламентов ОАО «АК «Транснефть», организующем разработку технологических карт, обеспечивающих планирование и эксплуатацию технологических участков.

Для полноценного контроля перекачки, планирования потребления электроэнергии, создания предпосылок ее экономии этих определений явно недостаточно. В более сложных конструкциях в

характеристики режима включают технологические особенности гидравлической схемы, свойства перекачиваемой жидкости, степень наполнения емкостей, концентрации ввода присадок, температуру перекачиваемого продукта, характеристики оборудования.

Кроме того, в нормативных документах используется нечеткое понятие стационарного или установившегося режима (рисунок 2). Это не позволяет в должной мере осуществлять контроль и установившихся режимов, размывает границу между ними.

Как правило, долгосрочное планирование перекачки на участке выполняется на основе набора ряда установившихся режимов. Чтобы эта работа имела смысл, необходимо иметь достаточно полное, однозначное и технически выполнимое определение установившегося режима, позволяющее отличить один режим от другого. При этом считается, что переходный процесс при смене режима занимает пренебрежимо малую долю времени и вклад его в общую сумму потребления энергии незначителен.

Но, строго говоря, любой турбулентный режим является неустановившимся. И кроме



РИС. 3. Цель программы энергосбережения

ОР-03.100.50-КТН-144-11
Порядок разработки, утверждения, корректировки и контроля исполнения Программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «АК «Транснефть»»

«Программа энергосбережения и повышения энергоэффективности ОАО «АК «Транснефть» имеет своей целью уменьшение потребления топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации объектов ОАО «АК «Транснефть» при безусловном обеспечении непрерывности технологических процессов и надежности работы оборудования, выполнении существующих санитарных норм, и на этой базе снижение затрат на топливно-энергетические ресурсы в бюджете ОАО «АК «Транснефть»»

Энергетическая эффективность:
 характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю

Энергосбережение:
 реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования

того, поскольку в процессе перекачки имеет место изменение уровня наполнения резервуаров, изменение температуры и смещение партий жидкости с различными свойствами, любой стационарный режим превращается в режим с медленно изменяющимися параметрами. Т.е. на практике можно говорить о квазиустановившихся режимах, но при этом возникает проблема определения границ, отличающих один режим от другого. Не разрешив для каждого технологического участка вопрос идентификации режима, невозможно говорить об эффективном планировании и контроле технологического режима.

Более корректное понятие технологического режима можно дать в следующем виде: **Технологический режим – это воспроизводимый с заданной точностью набор определенных параметров, позволяющий идентифицировать режим и осуществлять контроль технологического процесса.**

При этом следует заметить, что для разных трубопроводов, с учетом имеющегося оборудования и поставленной технологической задачи перекачки или

контроля, набор параметров, определяющих режим, может быть различным. В наиболее широком смысле каждый режим

РИС. 4. Мероприятия по экономии энергоресурсов

Методика расчета (обоснования) энергосберегающего эффекта от реализации технических мероприятий

- Оптимизация технологических режимов
- Очистка внутренней поверхности трубопроводов и фильтров грязеуловителей.
- Применение ЧРП магистральных насосов и вспомогательного оборудования.
- Замена и капитальный ремонт насоса.
- Замена устаревших станций управления электродвигателей магистральных и подпорных насосных агрегатов на современные цифровые регуляторы возбуждения.
- Внедрение АИИС КУЭ и АСТУЭ.
- Применение автоматической системы управления освещением.
- Замена ламп накаливания на люминесцентные или энергосберегающие лампы в помещениях.
- Повышение КПД электродвигателя после проведения капитального ремонта.
- Сокращение потерь от испарения светоустановки понтонов.
- Применение дежурного отопления в зданиях.
- Повышение КПД котельного оборудования.
- Установка водяных и тепловых счетчиков.
- Капитальный ремонт тепловых сетей.
- Реконструкция заполнений оконных проемов с использованием стеклопакетов с повышенными теплозащитными свойствами.

отличают производительность, энергопотребление, характеристики оборудования, стоимость электроэнергии, безопасность, простота запуска, возможности регулирования, возможности резервирования оборудования, ограничения по давлению или скорости в заданных точках, производительности сбросов и подкачек, требования к стабильности, свойства перекачиваемой жидкости и другие технологические ограничения и особенности. При планировании перекачки необходимо осуществлять подбор наилучшей, экономически целесообразной комбинации режимов, отвечающей всем предъявляемым ограничениям.

В настоящее время долгосрочное планирование и программы энергосбережения основываются на минимизации потребления электроэнергии и топливных ресурсов, снижение затрат на топливно-энергетические ресурсы идет во втором эшелоне.

Это приводит к тому, что государственные программы энергосбережения часто строятся не на эффективном и экономически целесообразном

РИС. 5. Планирование требуемой насосной мощности



расходе энергии, а на частных случаях экономии энергоресурсов. В рекомендациях по их формированию лежит перечень мероприятий, часто не связанных друг с другом, каждое из которых должно дать эффект экономии. Например, повышение КПД насосного оборудования, применение противотурбулентных присадок, замена насосного оборудования, применение частотно регулируемого привода, строительство лупингов, замена ламп, исключение дросселирования, экономия топлива при отоплении и технологических операциях и др. При этом общий эффект получается простым суммированием эффектов отдельных мероприятий (рисунок 4).

На простых методиках доказываем, что каждое из этих мероприятий позволяет сэкономить энергоресурсы. При этом часто в стороне остаются вопросы, какой ценой достигается эффект экономии электроэнергии, повышения КПД, сбережения топлива; как мероприятия влияют друг на друга; как они сказываются на безопасности транспортировки; дают ли мероприятия выигрыш только при краткосрочном планировании; обеспечивают ли покрытие расходов на реконструкцию, ремонт, строительство в долгосрочном

планировании; оказываются ли в целом предприятие и страна в выигрыше или реализация мероприятий приведет к необоснованной трате средств.

Рассмотрим планирование энергопотребления на примере одного из технологических участков нефтепровода, работающего в условиях недогрузки

РИС. 6. Эффективность преобразования энергии на технологическом участке



(рисунок 5). Трубопровод с оборудованием, по проекту рассчитанный и построенный на производительность 70 тыс.т/сутки, перекачивает 20 тыс.т/сут.

На рисунке 5 зеленая пунктирная линия показывает зависимость требуемой гидравлической мощности для прокачки нефти на технологическом участке от производительности. Черная линия отображает реальную потребляемую мощность установленного насосного оборудования.

Разность между черной и зеленой линией показывает ту максимальную экономию энергии, которая может быть достигнута совершенствованием преобразования энергии в насосно-силовом оборудовании, вплоть до достижения КПД, равного 100%, что требует больших вложений в науку. При этом свойства жидкости, геометрия трубопровода, характер течения остаются неизменными. Синяя штрихпунктирная линия показывает планируемое потребление мощности, где за точку отсчета взята проектная производительность участка с соответствующим этой производительности КПД насосных агрегатов. При этом принимается, что КПД насосных агрегатов не изменяется с уменьшением расхода.

На рисунке 6 показана реальная зависимость КПД насосного оборудования технологического

участка от производительности перекачки. Желание повысить эффективность преобразования энергии требует замены насосного оборудования на насосы меньшей производительности с более высоким КПД. Такая замена не всегда целесообразна, ввиду того, что затраты на реконструкцию и обслуживание нового оборудования могут быть существенно выше стоимости сэкономленной энергии, либо срок окупаемости мероприятия окажется слишком большим.

Красная линия на рисунке 5 показывает планирование от достигнутого, когда в качестве точки отсчета берутся фактические данные за прошлый период в условиях незагрузки и делается прогноз, что если сохранить эффективность использования насосного оборудования, то при увеличении объемов перекачки можно получить экономию энергопотребления. Но это мнимая экономия.

Существование подходов планирования от проектного и фактического потребления объясняется простотой реализации. Они не требуют расчетов и комбинирования большого количества режимов. Построение же реальных характеристик оптимальных режимов технологических участков трудоемко, но позволяет осуществлять более точное планирование.

Необходимость выполнения программ энергосбережения подводит к постановке задач эффективного долгосрочного грамотного планирования. Грамотное планирование следует понимать не просто как составление плана дел на завтра или на следующий месяц. Это, прежде всего, процесс постоянной разработки каскада взаимосвязанных, построенных на долгосрочных прогнозах и современных достижениях науки и техники планов, включающих планы создания, внедрения новой техники и технологий, планы строительства, реконструкции и ремонта, планы подготовки специалистов и развития социальной сферы.

Все вышеперечисленные планы в большей или меньшей

степени представлены в планах транспортировки, а следовательно, имеют отражение и в планируемых каскадах технологических режимов.

Бездумная погоня за сэкономленными киловатт-часами электроэнергии, иногда может оборачиваться излишними тратами средств и труда.

Не следует также забывать о так называемом «человеческом факторе». Планируя переключения с режима на режим сложного технологического объекта, которым является трубопровод, следует учитывать и его сложность, и особенности перехода с режима на режим, и день недели, и время суток, и погодные условия, и присутствие квалифицированного персонала, и праздники, и степень нагружения трубопровода. Иногда безопасность и безотказность работы объекта важнее нескольких сэкономленных киловатт-часов электроэнергии.

В настоящее время при принятии решений в планировании часто решающим фактором является опыт технологов и интуиция руководства. Более надежным подспорьем в принятии решений должен стать оптимизационный анализ каскада технологических режимов при планировании на долгосрочный период.

Сама по себе эта задача оптимизации режимов и экономии энергоресурсов с учетом всех перечисленных выше особенностей кажется неподъемной с учетом большого числа неопределенностей планирования будущих периодов. Решить эту задачу можно с помощью формирования комплексных критериев для оптимизации технологических режимов [2]. Критерии не следует рассматривать как догму. В процессе жизни объекта составляющие критериев могут менять приоритетную важность, добавляться или исчезать. Для различных технологических участков значимыми могут оказаться разные критерии.

Самым универсальным критерием должна выступать экономическая целесообразность мероприятий в долгосрочном (год, 5, 10 лет и т.д.) планировании. При этом затраты на ремонт реконструкцию, строительство, эксплуатацию, охрану объекта и окружающей

среды рассматриваются в комплексе с затратами на транспортировку.

Ввод в нормативную документацию более четких базовых понятий, в частности понятий технологического режима, установившегося критериев, определяющих эффективность транспортировки по трубопроводам позволят с минимальными затратами осуществлять поиск эффективных решений и осуществлять планирование эффективной работы трубопроводов. Как показывает практика внедрения программ энергосбережения, наибольший эффект достигается именно в мероприятиях, связанных с планированием режимов перекачки.

Из всего сказанного выше вытекают следующие принципы оптимизации технологических режимов:

- Оптимизация режимов и программы энергоресурсосбережения при транспортировке углеводородов по трубопроводам должны строиться на основе четких и однозначных понятий технологических режимов и комплексных критериев оценки эффективности.
- В основе оптимизации энергоресурсосбережения при транспортировке углеводородов лежит не один режим, а взаимосвязанный каскад технологических режимов, построенный на основе выбранного комплексного критерия эффективности, обеспечивающий наилучшее решение на планируемый долгосрочный период работы предприятия (страны).
- Комплексный критерий должен учитывать не только наиболее простые характеристики электропотребления (мощность, потребленную электроэнергию, удельные показатели электропотребления, КПД оборудования), но и особенности поставки углеводородов, особенности технологического участка, затраты на приобретение электро и других видов энергии, безопасность технологического процесса, надежность работы оборудования, затраты на

эксплуатацию, обслуживание, ремонт, реконструкцию, строительство, модернизацию, наличие и квалификацию персонала, цикличность работы оборудование, наличие резерва, природные и погодные условия, сложность выполнения технологических операций и др.

- Комплексный критерий не является догмой и в процессе жизни предприятия, может по мере изменения общественных или политических приоритетов совершенствоваться, упрощаться или усложняться.
- Планы, построенные на основе комплексных критериев, должны корректироваться по мере изменения критериев и уточнения исходных данных. Планирование работы трубопровода – непрерывный процесс, связанный с привлечением многих служб (товарно-транспортных, технологических, энергетиков, механиков, эксплуатации трубопроводов, автоматизации, промышленной и экологической безопасности, экономистов и др.).

Выводы

Наибольший эффект энергосбережения при транспортировке углеводородов достигается в мероприятиях, связанных с планированием режимов перекачки.

Ввод в нормативную документацию более четких базовых понятий, в частности понятий технологического режима, установившегося критериев, определяющих эффективность транспортировки по трубопроводам, позволит с минимальными затратами осуществлять поиск эффективных решений и планировать экономичную работу трубопроводов.

Разработка и применение комплексных критериев эффективности дает возможность на основе автоматизированных комплексов расчетов технологических режимов строить системы планирования. Инженеры-технологи должны решать задачи не просто

экономии электроэнергии, а задачи эффективного использования энергетических, топливных, человеческих, природных ресурсов на долгосрочный период применительно к технологическому участку, предприятию, отрасли, стране.

Решение перечисленных задач предопределяет успех поиска эффективных путей энергоресурсосбережения при транспортировке углеводородов. ●

Литература

1. Мызников М.О. Оптимизация режимов и энергоресурсосбережение при транспортировке углеводородов // Всероссийская научная конференция «Трубопроводный транспорт углеводородов». 28–29 сентября 2017 г. Омск, Россия. С. 160–163.
2. Мызников М.О., Исакова Е.В., Куликов А.С. Сравнительный анализ удельных показателей транспортировки нефти на технологических участках // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2013, № 4. С. 34–39.

KEYWORDS: *the main pipeline operation, the pumping performance, energy efficiency, criteria of efficiency.*

ATAMAN
www.atamanguns.ru

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ВИНТОВКИ
АКСЕССУАРЫ

НОВИНКИ

ООО «МЗВО»
+7 (495) 9847629

ГАЗ В РЕГИОНЫ

Анастасия Никитина

ГАЗИФИКАЦИЯ СУБЪЕКТОВ РФ – ОДНО ИЗ НАИБОЛЕЕ МАСШТАБНЫХ, СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ И АКТИВНО ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ ПРАВИТЕЛЬСТВОМ РФ НАПРАВЛЕНИЙ РАБОТЫ КОМПАНИИ «ГАЗПРОМ» НА ВНУТРЕННЕМ РЫНКЕ. НАЧИНАЯ С 2001 ГОДА, КОМПАНИЕЙ УТВЕРЖДАЮТСЯ ПРОГРАММЫ ГАЗИФИКАЦИИ РЕГИОНОВ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ СОВМЕСТНО С ВЛАСТЯМИ СУБЪЕКТОВ РФ. В ЭТОЙ СВЯЗИ «ГАЗПРОМ» НЕ ТОЛЬКО АКТИВНО ФИНАНСИРУЕТ СТРОИТЕЛЬСТВО МЕЖПОСЕЛКОВЫХ ГАЗОПРОВОДОВ, НО И ПЫТАЕТСЯ РЕШИТЬ ВСЕ ЕЩЕ ОСТРО СТОЯЩУЮ ПРОБЛЕМУ РЕМОНТА ДЕЙСТВУЮЩИХ, НО НАХОДЯЩИХСЯ В ИЗНОШЕННОМ СОСТОЯНИИ СЕТЕЙ. ЧТО СЕГОДНЯ ДЕЛАЕТСЯ В ЭТОМ НАПРАВЛЕНИИ?

GAS INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT OF THE CONSTITUENT ENTITIES OF THE RUSSIAN FEDERATION IS ONE OF THE MOST LARGE-SCALE, SOCIALLY SIGNIFICANT AND ACTIVELY SUPPORTED BY THE GOVERNMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION DIRECTIONS OF THE WORK OF GAZPROM COMPANY IN THE DOMESTIC MARKET. STARTING FROM 2001, THE COMPANY APPROVES GAS INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT PROGRAMS FOR THE REGIONS, IMPLEMENTED JOINTLY WITH THE AUTHORITIES OF THE CONSTITUENT ENTITIES OF THE RUSSIAN FEDERATION. IN THIS REGARD, GAZPROM NOT ONLY ACTIVELY FINANCES THE CONSTRUCTION OF INTER-SETTLEMENT GAS PIPELINES, BUT ALSO TRIES TO SOLVE THE STILL ACUTE PROBLEM OF REPAIRING ACTIVE NETWORKS THAT ARE IN BAD CONDITION. WHAT IS BEING DONE IN THIS DIRECTION TODAY?

Ключевые слова: «Газпром», газопроводы, газификация регионов, ремонт трубопроводов, инвестиции, КИПиА, реконструкция газопроводов.

Продолжая многолетнюю тенденцию, ПАО «Газпром», развивая бизнес, наряду со строительством магистральных газопроводов, созданием Единой системы газоснабжения, обустройством газовых месторождений, уделяет огромное внимание газоснабжению и газификации субъектов РФ. При этом акцент делается не только на строительстве новых, но и ремонте уже действующих газопроводов.

Так, во время рабочей встречи с премьер-министром РФ Д. Медведевым глава «Газпрома» А. Миллер сообщил, что к 1 января 2018 года компания намерена выйти на средний уровень газификации по России – 68,1% (на 1 января 2017 г. – 67,2%).

Программу газификации 68 регионов страны компания реализует с 2001 г., постоянно увеличивая объем инвестиций. В 2016 г. на проектно-изыскательские работы, разработку и корректировки генеральных схем газоснабжения и газификации регионов, а также на строительство газораспределительных сетей в 67 субъектах РФ было выделено 25 млрд рублей. В 2017 году финансирование программы составило уже 29,5 млрд рублей. В рамках выделенных средств построено 1700 км газопроводов, введено в строй 160 котельных, газифицировано почти 76 тыс. домовладений (газом будет обеспечено более 200 населенных пунктов). Все это позволит выйти на те самые 68,1% газификации России. Останавливаться «Газпром» не планирует – в 2018 году финансирование программы вновь будет увеличено.

Растут не только инвестиции, но и статистика реализации. В 2005 году цифры были довольно скромными: 54% газификации в целом по стране (60% – город, 34% – село), но к 2018 году ситуация значительно изменится – в сельских населенных пунктах газификация будет составлять 58,3%, в городах и поселках городского типа – 71,1%.

ФАКТЫ

68,1 %

уровень газификации РФ к 1 января 2018 г.

в 68

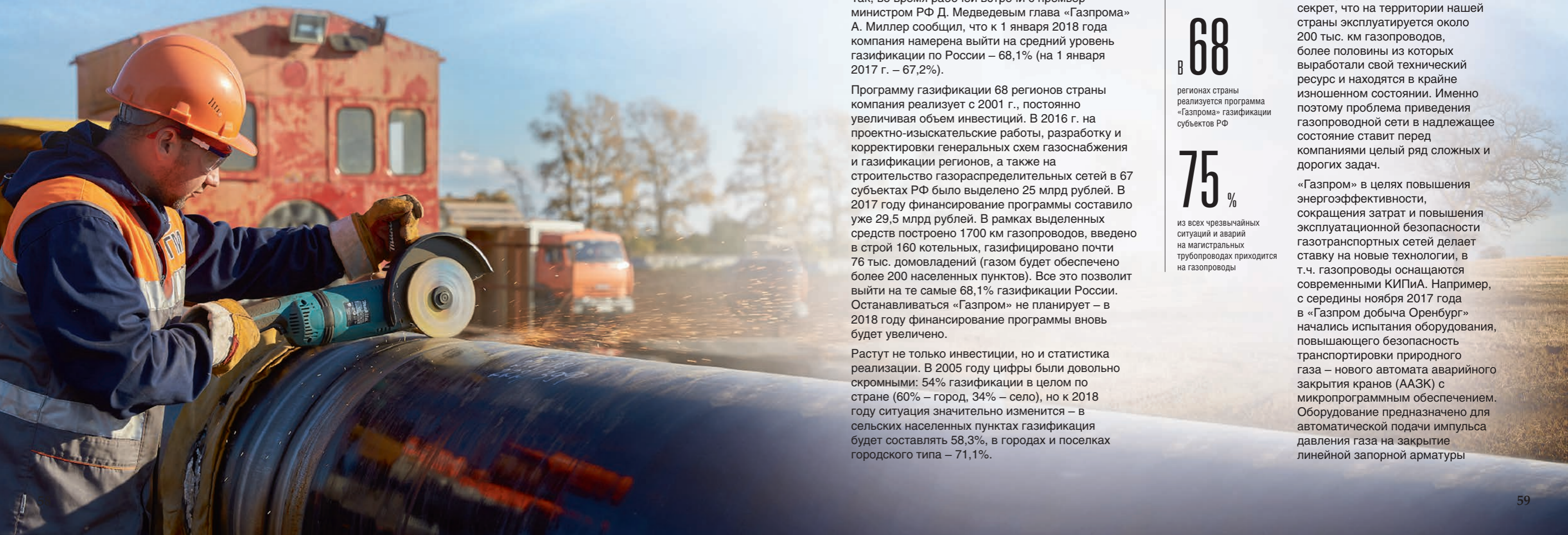
регионах страны реализуется программа «Газпрома» газификации субъектов РФ

75 %

из всех чрезвычайных ситуаций и аварий на магистральных трубопроводах приходится на газопроводы

Стараясь максимально увеличить темпы газификации и объемы потребления газа домовладениями, «Газпром», кроме строительства газораспределительных станций и газопроводов, в т.ч. межпоселковых, большое внимание также уделяет ремонту действующих мощностей. Не секрет, что на территории нашей страны эксплуатируется около 200 тыс. км газопроводов, более половины из которых выработали свой технический ресурс и находятся в крайне изношенном состоянии. Именно поэтому проблема приведения газопроводной сети в надлежащее состояние ставит перед компаниями целый ряд сложных и дорогих задач.

«Газпром» в целях повышения энергоэффективности, сокращения затрат и повышения эксплуатационной безопасности газотранспортных сетей делает ставку на новые технологии, в т.ч. газопроводы оснащаются современными КИПиА. Например, с середины ноября 2017 года в «Газпром добыча Оренбург» начались испытания оборудования, повышающего безопасность транспортировки природного газа – нового автомата аварийного закрытия кранов (ААЗК) с микропрограммным обеспечением. Оборудование предназначено для автоматической подачи импульса давления газа на закрытие линейной запорной арматуры





для отключения участков магистральных газопроводов (МГП) при аварии и аварийных ситуациях. Это очень важно, ведь по официальной статистике, из всех чрезвычайных ситуаций и аварий на магистральных трубопроводах 75% приходится именно на газопроводы.

Газопроводные магистрали – это болевая точка нефтегазовой отрасли в целом по стране. Их своевременный ремонт и реконструкция – одно из основных направлений деятельности управляющих компаний и их подрядчиков. «Газпром» активно ведет работу по реконструкции действующих мощностей, в том числе совместно с компанией «СТРОЙГАЗМОНТАЖ».

Речь в частности идет о газопроводе «Оханск – Киров» протяженностью 343 км, который успешно эксплуатировался 40 лет, после чего рабочее давление трубопровода и его пропускная способность снизились. Было принято решение о его реконструкции. «СТРОЙГАЗМОНТАЖ» был привлечен к строительству шести пусковых комплексов (ПК), включающих в себя такие объекты, как газоизмерительные станции «Очер» и «Яр», операторные, узлы приема и запуска внутритрубно устройства и др. Причем в ходе ремонта необходимо было учитывать тот факт, что, например, 5-ый пусковой комплекс проходит вблизи от города, в связи с чем было много переходов через авто- и железные дороги. 6-ой ПК проходит через р. Коса, что тоже прибавило дополнительных трудностей. 7-й пусковой комплекс – лупинг, т.е. участок трубопровода, прокладываемый параллельно основным трубопроводам – в данном случае 1-ому, 2-ому и 3-ему.

На сегодняшний день «СТРОЙГАЗМОНТАЖ» выполнил полный комплекс строительных-монтажных работ по 1-ому, 2-ому и 3-ему ПК. По 6-му пусковому комплексу работы также практически завершены, за исключением работ по комплексу инженерно-технических средств охраны (КИТСО). Готовность 5-ого пускового

комплекса – 95%, осталось завершить комплекс работ по тому же КИТСО. К настоящему моменту уже был выполнен пуск газа. В планах завершить работы в 2019 году.

Другой объект работы компании «СТРОЙГАЗМОНТАЖ» – двухниточный газопровод-отвод «Чусовой-Березники-Соликамск», где была выполнена комплексная реконструкция, включавшая в себя строительство двух новых газопроводов параллельно действующим ниткам, а также отключение и демонтаж старых газопроводов.

В начале 2015 года были завершены строительные-монтажные работы на первой нитке газопровода-отвода, а в 2017 году завершены основные строительные-монтажные и специальные работы (проведена электрохимическая защита трубопровода (ЭХЗ), ВЛ, телемеханика, КИТСО, РРЛ, укладка кабеля ГТМ) на второй нитке. В общей сложности было построено 371 км трубопровода, сооружены подводные переходы на обеих нитках через реки Вильва, Усьва, Косьва и Яйва. Кроме того, была частично демонтирована старая труба, уложенная еще в 1970 году. В настоящее время работы выполнены на 98%. Тем не менее, крайне важно, чтобы работа в этом направлении не останавливалась, ведь для трети населения России газ продолжает оставаться недостижимой роскошью.

На данный момент «Газпром» заявляет, что по итогам реализации ежегодных программ газификации компания взяты на себя обязательства выполняет в срок и в полном объеме. Дальнейшее развитие программы будет направлено на достижение максимального уровня газификации населения, преимущественно в сельской местности, а также на рост экономического потенциала субъектов РФ. Но пока экспорт газа приносит «Газпрому» больше выгоды, чем продажа его на внутреннем рынке. ●

KEYWORDS: *Gazprom, natural gas pipelines, gasification of regions, the repair of pipelines, investments, Instrumentation, reconstruction of gas pipelines.*

ФАКТЫ

343 км

протяженность газопровода «Оханск – Киров»

58,3 %

будет составлять газификация в сельских населенных пунктах в 2018 г.

2019 г.

будет завершена реконструкция газопровода «Оханск – Киров»

ПОДАРИТЕ ВРЕМЯ ЛЮБИМЫМ

Наступает самое прекрасное и волшебное время года, когда снег хрустит и искрится, а в камине потрескивают дрова. В тот момент, когда уже открыто шампанское, но еще есть время загадать желания на следующий год, так хочется сделать приятный сюрприз любимому человеку...

Её время



Вы мечтаете подарить любимой звезду? Или всё звездное небо? Часы Frederique Constant **Slimline Moonphase Stars Manufacture** сделают эту мечту реальностью: взгляните на их циферблат, и мириады небесных светил сами опустятся к Вам на ладонь.

Модель Slimline Moonphase Stars Manufacture – это изысканное сочетание женственного дизайна и безупречного мастерства исполнения; они станут восхитительным украшением вашей любимой! Таинственная аура, созданная изящной формой и ослепительными бриллиантами, делает часы воплощением истинной грации и стиля.

Его время

Сегодня, когда человек превратился в настоящего гражданина мира, путешествовать стало таким же естественным занятием, как бегать или читать. Трудно найти более распространенное увлечение! Часы Frederique Constant **Classic Worldtimer Manufacture** станут незаменимым спутником в путешествиях вашего любимого человека. Благодаря индикации времени в 24-х часовых поясах он всегда будет помнить о той, кто ждет его дома. А вы подарите ему весь мир на его запястье.



ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ

ЕЩЕ СОВСЕМ НЕДАВНО РОССИЙСКИЙ НЕФТЕСЕРВИС СЧИТАЛСЯ ОДНОЙ ИЗ НАИБОЛЕЕ ИМПОРТООРИЕНТИРОВАННЫХ ОТРАСЛЕЙ, И В КОНЕЧНОМ СЧЕТЕ, ВВИДУ ПОСТОЯННО МЕНЯЮЩЕЙСЯ ПОЛИТИЧЕСКОЙ И РЫНОЧНОЙ КОНЪЮНКТУРЫ, ЭТО СТАВИЛО ПОД УГРОЗУ СОХРАНЕНИЕ ДОСТИГНУТОГО УРОВНЯ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В СТРАНЕ. В РЯДЕ СЕГМЕНТОВ ДОЛЯ ИМПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДОХОДИЛА ДО 80%. СОБЫТИЯ ПОСЛЕДНИХ ЛЕТ ПОКАЗАЛИ, ЧТО ЗНАЧЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПАНИЙ, КАК НА РЫНКЕ ОБОРУДОВАНИЯ, ТАК И НЕПОСРЕДСТВЕННО НА РЫНКЕ УСЛУГ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИМ КОМПАНИЯМ, ПОСТЕПЕННО И НЕУКЛОННО УВЕЛИЧИВАЕТСЯ

UNTIL RECENTLY THE RUSSIAN OIL RELATED SERVICES REPRESENTED ONE OF THE MOST IMPORT-DRIVEN INDUSTRIES, AND DUE TO THE CONSTANTLY CHANGING POLITICAL AND MARKET SITUATION THIS REPRESENTED A THREAT TO THE ACHIEVED LEVEL OF HYDROCARBONS EXTRACTION IN THE COUNTRY. IN A NUMBER OF MARKET SEGMENTS THE SHARE OF IMPORTED EQUIPMENT REACHED 80%. THE RECENT EVENTS DEMONSTRATED THAT THE SIGNIFICANCE OF RUSSIAN COMPANIES AT THE MARKET OF EQUIPMENT, AS WELL AS AT THE MARKET OF SERVICES PROVIDED BY OIL AND GAS COMPANIES CONSTANTLY INCREASES

Ключевые слова: нефтесервис, добыча углеводородов, нефтесервисное оборудование, импортозамещение, российские компании.

**Яценко Алена
Викторовна,**
к.э.н., АО «ССК»

Alena V. Yatsenko,
Ph.D., Siberian Service Company

**Малахова Ирина
Александровна,**
АО «ССК»

Irina A. Malakhova,
Siberian Service Company

Современная политическая ситуация способствовала тому, что ряд иностранных нефтесервисных компаний и производителей оборудования для добывающей промышленности был вынужден приостановить свою работу в России. Эта так называемая, «шоковая терапия», безусловно, имела свои негативные последствия, но вместе с тем определенно

послужила серьезным толчком к более интенсивному развитию и расширению сферы влияния отечественного нефтесервиса.

Сегодня уже можно смело говорить, что уход иностранных компаний не так уж сильно затронул поле деятельности отечественных игроков, поскольку зарубежные предприятия были представлены преимущественно технологическими направлениями, а объем выполняемых ими станочных работ на российских месторождениях был крайне невелик. В арсенале же российских нефтесервисных компаний есть все необходимое, чтобы выполнять работы на должном уровне и с качеством не ниже, а в ряде случаев, и выше, чем у зарубежных коллег.

АО «Сибирская Сервисная Компания» – негосударственная независимая отечественная компания, один из отраслевых лидеров в России по бурению и ремонтам нефтегазовых скважин – с каждым годом увеличивает конкурентоспособность и укрепляет свои позиции на рынке. Совместно с заказчиками в ССК планируют, подбирают оптимальные технологии,

оперативно анализируют достигнутые результаты, чтобы учесть их в очередном цикле работ. Это позволяет не только сократить сроки строительства скважин и снизить капитальные затраты, но и планомерно повышать безопасность проводимых работ.

Российские нефтесервисные компании постепенно заполняют освободившуюся нишу за счет развития технологических направлений, таких как: телеметрия с гидравлическим каналом, роторно-управляемые системы и ряда других. Именно технологические инновации позволяют брать за самые сложные проекты, выдерживая конкуренцию и сохраняя коммерческую составляющую. Для России это, безусловно, освоение трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья в северных регионах.

Для Сибирской Сервисной Компании ХМАО, ЯНАО, Томская и Новосибирская области, Восточная Сибирь и Якутия – это традиционные территории деятельности, где реализуют свои проекты «Роснефть», «Газпром нефть», «ЛУКОЙЛ», «НОВАТЭК», «Иркутская нефтяная компания» и другие заказчики ССК.

Поддержка и активное привлечение заказчиками к работе российских компаний, без сомнений, идет внутреннему рынку на пользу, причем уже в среднесрочной перспективе. Немаловажную роль здесь играет проблема, связанная с оборудованием для нефтесервиса. И в последние годы ситуация также меняется в лучшую сторону: в настоящее время у российских сервисных компаний уже есть возможность выбора, правда, на некоторые технические решения цена все еще оказывается достаточно высокой.

Тем не менее, по ряду позиций (в первую очередь – тяжелым станкам, установкам для эшелонного бурения) отечественные разработки

уже сейчас ничем не уступают зарубежным аналогам. Располагая необходимыми техническими возможностями и опытом работы в отрасли тяжелого машиностроения, отечественные поставщики бурового оборудования обеспечивают полный цикл производства от разработки конструкторской документации по техническому заданию до пуска-наладочных работ и сдачи буровой установки в эксплуатацию. И производят весь комплекс бурового оборудования для ССК: буровые установки, насосы, лебедки, оборудование талевой системы, силовые верхние приводы.

Например, на многих месторождениях ССК активно применяет телесистемы, долота, ВЗД российского производства. Отечественные производители успешно поставляют для Компании современное оборудование для наклонно-направленного бурения скважин, которое соответствует «Правилам безопасности в нефтяной и газовой промышленности». Семейство телеметрических систем российского производства имеет ряд определенных преимуществ, к которым относятся надежность, практичность, точность и безопасность.

Широкий выбор химреагентов отечественного производства, используемых в ССК. Различные добавки, растворы, ингибиторы и реагенты поставляются российскими компаниями, уже хорошо зарекомендовавшими себя.

Для цементирования скважин применяются методы и технологии, максимально соответствующие требованиям и потребностям заказчиков. При выборе учитываются геологические особенности нефтегазоносной области, климат, погодные условия в конкретный период, технические параметры. Цемент используется российский, соответствующий государственному стандарту РФ. Цементировочные флоты комплектуются современными цементировочными агрегатами, насосными установками, одно- и двухнасосными мобильными и блочными цементировочными комплексами.

Применяемые при бурении нефтяных и газовых скважин для свинчивания и развинчивания бурильных и обсадных труб при спуско-подъемных операциях, буровые ключи АКБ-4 поставляются ведущими российскими предприятиями нефтяного машиностроения.

УДК 622.24



Отечественные предприятия, специализирующиеся на выпуске противовибросового оборудования, предназначенного для повышения безопасности ведения работ и обеспечения предупреждения выбросов и открытых фонтанов при герметизации устья скважин при их строительстве и ремонте, заняли прочные позиции среди поставщиков Сибирской Сервисной Компании.

В 2017 году Компания приобрела несколько насосных блоков с электродвигателями российского производства, на которые были установлены аналоговые частотные преобразователи российского производства. Частотный преобразователь дает экономию по потреблению энергии до 50%. Появляется возможность включения обратных связей между смежными приводами, т.е. самонастройки оборудования под поставленную задачу и изменения условий работы всей системы.

Поскольку еще недавно в отрасли процент импортного оборудования доходил до 60% (особенно в энергетическом оборудовании, электронике, АСУ и 100% в



внедрение сервисных линий для систем верхнего привода. Эти кабельные линии по своим характеристикам имеют более высокие показатели для работы при низких температурах в отличие от импортных. При этом

Уже можно смело говорить о том, что процесс импортозамещения в России постепенно превратился из проблемы в задачу, решение которой заключено в том, что у отечественных производителей есть ощутимый технологический потенциал, и это не может не радовать. Санкции пошли на пользу российскому ТЭК – стали хорошим стимулом для развития национальной производственной базы. Как результат, уже сегодня большинство компаний сходятся во мнении, что необходимо строить деятельность, используя товары и услуги, производимые локально, ведь это не только позволяет снижать уровень рисков, уменьшать капитальные и операционные затраты за счет географической близости производителей и не зависеть от колебания курсов валют, но и способствует развитию национальной экономики. Особое значение подобный вектор приобретает в стратегическом нефтегазовом секторе. И Сибирская Сервисная Компания в своих предпочтениях по обеспечению оборудованием сегодня уверенно идет по линии импортозамещения. ●

KEYWORDS: oil service, hydrocarbon production, oil service equipment, import substitution, the Russian company.

Парк бурового оборудования ССК составляет 63 собственных буровых установки. В основном это установки, вышедшие из цехов российских производителей. Парк постоянно обновляется и модернизируется

системах верхних приводов), остается потребность в закупке запасных частей и расходных материалов иностранных производителей. И здесь бывают задержки плановых поставок.

Однако ССК использует российские разработки в силовых цепях отечественных реле контроля и защиты, которые позволяют оградить цепи от завышенных параметров и сберечь электродвигатели. Кроме того, ССК закупила и внедрила светильники аварийного освещения российского производства, постепенно переходит к установке отечественных пускателей и автоматических выключателей.

Знаковым опытом для отрасли является изготовление и

экономический показатель обеспечивает в 3 раза большую выгоду от такого приобретения.

Помимо ведущих мировых производителей, доказавших ранее свою эффективность, которые поставляют системы силовых верхних приводов, ССК присматривается к отечественным разработкам.

Учитывая тот факт, что до сих пор все верхние приводы грузоподъемностью 320 тонн и более, используемые на буровых установках в России, были импортными, сам факт, что российские разработки появляются и набирают популярность, – это крайне позитивный сигнал и для отечественных компаний, и для нефтегазовой отрасли в целом.

Global Oil&Gas

17-я Северо-Каспийская
Региональная выставка
"Атырау Нефть и Газ"

10-12 апреля 2018

Казахстан, г. Атырау

подробная информация:
www.oil-gas.kz



ЭНЕРГИЯ ДЛЯ АРКТИКИ

ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ ЗНАЧИТЕЛЬНО ИЗМЕНИЛИ КАРТУ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАПАСОВ НАШЕЙ СТРАНЫ. ЗА ПОЛЯРНЫМ КРУГОМ БЫЛО ОТКРЫТО 400 НАЗЕМНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ, КОТОРЫЕ, ПО ПОСЛЕДНИМ ОЦЕНКАМ, ХРАНЯТ 80% ВСЕЙ АРКТИЧЕСКОЙ НЕФТИ. НА 60 ИЗ НИХ СЕГОДНЯ ВЕДЁТСЯ ДОБЫЧА, ОСТАЛЬНЫЕ ЕЩЕ ПРЕДСТОИТ РАЗРАБАТЫВАТЬ. НО СУРОВЫЙ КЛИМАТ АРКТИКИ ЗАТРУДНЯЕТ РАБОТУ ДОБЫВАЮЩИХ И СЕРВИСНЫХ КОМПАНИЙ. ПРЕОДОЛЕВАТЬ НИЗКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИХОДИТСЯ НЕ ТОЛЬКО ЛЮДЯМ, НО И ТЕХНИКЕ. КАКИЕ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДЛАГАЮТ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАЗРАБОТЧИКИ НЕФТЕСЕРВИСНЫМ КОМПАНИЯМ ДЛЯ РАБОТЫ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ? ОБ ЭТОМ МЫ ПОГОВОРИЛИ С ГЕНЕРАЛЬНЫМ ДИРЕКТОРОМ КОМПАНИИ ТЭЭМП СЕРГЕЕМ КУРИЛОВЫМ

THE LAST DECADES HAVE SIGNIFICANTLY CHANGED THE MAP OF OUR COUNTRY'S HYDROCARBON RESERVES. 400 GROUND HYDROCARBON DEPOSITS, WHICH, BY THE LATEST ESTIMATES, STORE 80% OF ALL ARCTIC OIL, WERE DISCOVERED IN THE ARCTIC CIRCLE. 60 OF THEM ARE CURRENTLY BEING MINED; THE REST IS YET TO BE DEVELOPED. HOWEVER, THE HARSH CLIMATE OF THE ARCTIC AFFECTS THE OPERATION OF MINING AND SERVICE COMPANIES. NOT ONLY PEOPLE, BUT ALSO EQUIPMENT HAVE TO OVERCOME THE LOW TEMPERATURES. WHAT MODERN TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT DO THE DOMESTIC DEVELOPERS OFFER TO OILFIELD SERVICE COMPANIES FOR WORKING IN THE FAR NORTH? WE HAVE TALKED ABOUT THIS WITH SERGEY KURILOV, THE GENERAL DIRECTOR OF TEEMP

Ключевые слова: суперконденсаторы, накопители энергии, батареи, аккумуляторы, нефтесервис в Арктике.



Сергей Владимирович Курилов,
генеральный директор
ТЭЭМП

– **Сергей Владимирович, сегодня российский нефтегаз идет в Арктику, где существуют совершенно особые требования к стартерам и накопителям энергии. За Полярным кругом – обычное явление, когда автомобили работают в круглосуточном режиме, наносят вред экологии, неэффективно расходуют ГСМ... Потому что в лютые морозы завести двигатель просто невозможно. Какие решения предлагает ваша компания?**

– Компания ТЭЭМП разрабатывает и производит системы накопления энергии на основе суперконденсаторов. В слове «суперконденсатор» приставка «супер» – это не маркетинговый ход, а устоявшееся понятие. Оно обозначает конденсатор с увеличенной емкостью, который вмещает в себя больше энергии, чем обычные электролитические конденсаторы.

Задача конденсаторов в электронике и электротехнике проста: накопить заряд и в нужный момент быстро его отдать. Сравнивая аккумуляторную батарею и суперконденсатор, уместно привести пример с сосудами: из бутылки с узким горлышком жидкость вытекает долго, а из сосуда с широким горлом – быстрым и мощным потоком. Такова суть суперконденсатора, и именно это определяет его функционал.

Он незаменим там, где необходимо обеспечить высокую плотность мощности.

– **И чем такие устройства могут быть полезны добывающим и нефтесервисным компаниям?**

– Как я уже сказал, способы применения суперконденсаторов определяются их главным качеством: способностью обеспечивать большие токи. Конкретные решения и устройства мы разрабатываем, исходя именно из этой логики. Для нефтегазовых и нефтесервисных компаний будут интересны, прежде всего, два способа применения суперконденсаторов: в составе систем запуска различных двигателей и для решения вопросов в области обеспечения качества энергоснабжения.

Начнем с запуска двигателей. Сегодня многие компании ведут работы на северных месторождениях, где тяжелый колесный и гусеничный транспорт эксплуатируется в самых суровых условиях. Заряда штатных аккумуляторных батарей при температурах ниже минус 20°C хватает для старта предпускового обогревателя, а вот на пуск стартера ДВС, где токи могут достигать значений в 1200А энергетики может не хватить. В этих условиях технику либо просто не глушат, умножая тем самым расход топлива, либо ее запуск превращается в многочасовые «танцы с бубном».

Здесь мы рекомендуем использовать суперконденсаторный модуль. Он полностью берет на себя нагрузку по запуску и обеспечивает комфортный для батареи режим работы, тем самым снижая расход топлива и повышая мобилизационную готовность техники.

– **Это касается всех видов транспорта?**

– Так или иначе, да. И не только наземного. Например, в региональной авиации несовершенство существующих накопителей также приводит к существенному перерасходу топлива. Заряда штатной свинцово-



Проведенные нами испытания показали возможность использования суперконденсаторных модулей ТЭЭМП для запуска двигателей внутреннего сгорания мощностью до 1100 лошадиных сил при температуре до -60°C

кислотной батареи легендарного самолёта Ан-2 хватает на однократный запуск двигателя. Полностью батарея заряжается за 40 минут полёта, в то время как самолёт может выполнить местный рейс за 15–20 минут. Оставшееся время двигатель просто не глушат, если аэродром не оборудован инфраструктурой (мы говорим о местных рейсах!). Это приводит к дополнительному расходу драгоценного топлива, износу двигателя, повышению стоимости перевозок... Суперконденсаторный модуль заряжается за 6 минут. Почувствуйте разницу.

Не менее сложная задача – запуск дизельных локомотивов. Сейчас в стране их более 10 тысяч. При этом дизельные локомотивы не глушат при температуре уже ниже +15°C! Во-первых, не факт что он заведется, а во-вторых, каждый запуск двигателя снижает срок службы аккумуляторов. Установив суперконденсаторы в батарейном отсеке, мы добились интересного эффекта: размер накопителя на борту локомотива сократился, он стал легче, появилось больше пространства в технической зоне. Учитывая, что суперконденсатор способен заводить двигатель при любых температурах, расход топлива локомотива на холостом ходу сократился на 43%. По году экономия составляет 15–17%, срок окупаемости системы – 1,5 года. Не удивительно, что нашим первым заказчиком стала

Корпорация «Трансмашхолдинг», которая поставляет системы «старт/стоп» с применением наших суперконденсаторов в «Российские железные дороги».

– **Всё это довольно традиционные виды транспорта. Как насчет электромобилей?**

Суперконденсаторы уже сейчас эффективно применяются в гибридных схемах, где ДВС сочетается с генератором и накопителем. На малых скоростях работает электрический привод. Он обеспечивает разгон до 50–60 км/ч, далее вступает ДВС. При торможении кинетическая энергия рекуперирована и возвращается в батарею. Это даёт значительную экономию на топливе и кратно снижает выбросы в атмосферу. Однако из-за постоянных циклов заряда-разряда бортовые батареи довольно быстро – за 2–3 года – деградируют и приходят в негодность. А вот суперконденсаторные модули в «гибридах» работают по 10 лет и, в отличие от аккумуляторов, не нуждаются в термостатировании, т. к. сохраняют полную работоспособность при температурах до -65°C. Иначе говоря, для гибридного транспорта суперконденсатор – наилучшее решение.

Обращаясь к практической плоскости, могу привести пример, который вот-вот выйдет на дорогу. В Минске вместе с

компанией «Белкоммунмаш» мы ставим в опытную эксплуатацию гибридный автобус на наших суперконденсаторах. Это позволит на практике подтвердить их преимущества.

– **Получается, на транспорте суперконденсаторы уже нашли своё применение. А что насчет сетей и просадок напряжения?**

– Да, запуск специальной техники – не единственный способ применения суперконденсаторов. Напомним, суперконденсатор способен моментально отдать запасенный заряд, т. е. быстро отреагировать на потребность в энергии.

Просадка напряжения в сети даже на 10–15% зачастую приводит к сбою в работе оборудования. При этом существующие системы, например, источники бесперебойного питания, не всегда эффективны. Они основаны на аккумуляторах, в которых накопление и отдача энергии – химический процесс, требующий времени. Суперконденсатор работает на другом принципе: энергия в нём хранится физически, в порах активного слоя. Из-за этого он обладает меньшей, чем у батареи ёмкостью, но срабатывает значительно быстрее – за доли секунды. Этим определяется и сфера его применения в сетевом хозяйстве: не вместо батареи, а рядом с ней.

Приведу пример: добывающие компании используют насосные системы поддержания пластового давления, от стабильности работы которых во многом зависит уровень нефтеотдачи пласта. При запуске мощных насосов, часто довольно сильно просаживается напряжение

в сети. Поэтому существует немало относительно доступных технических средств для компенсации просадок. В частности, частотно-регулируемые приводы, устройства плавного пуска и т.д. Но одно из лучших решений – системы компенсации просадок на основе суперконденсаторов. Они долговечны, т. к. не имеют механических узлов и агрегатов. Суперконденсаторы бесперебойно работают в самых суровых климатических условиях, поэтому могут конкурировать с распространенными сегодня решениями.

Нашлось место суперконденсаторам и в возобновляемой энергетике. В ветроэнергетике они используются для изменения наклона лопастей при резких порывах ветра. Высокая скорость поворота лопастей (т.е. и мощность источника энергии) очень важна – иначе ветер может просто поломать лопасти установки. В солнечной энергетике суперконденсаторы служат буферными накопителями для сглаживания пиков и спадов активности. Неравномерность солнечного света в облачную погоду приводит к тому, что активная мощность удаленных друг от друга модулей различается. Если такой пульсирующий режим пустить в сеть, он вызовет сбой и может привести к поломке оборудования. Накопители добавляют энергии там, где «провал», и снижают там, где пик.

– Есть ли на рынке аналогичные устройства?

– Да, но, как правило, они все работают на традиционных батареях. Производители указывают нижнюю рабочую температуру на уровне -40°C, но в такой мороз они уже не работают, т. е. для наших условий такие устройства не предназначены. Российские аналоги существуют, но по основным характеристикам значительно проигрывают.

– У вас особая технология?

– Наша технология – полностью российская разработка, результат сотрудничества с ведущими научными центрами. Основной исследовательский центр работает на базе МИСиС, кроме того, мы сотрудничаем с Институтом высоких температур и МГУ. Наши специалисты разработали технологию изготовления электролита, который легко выдерживает температуру до -65°C, это подтвердили недавние испытания по запуску газотурбинной

установки с помощью нашего суперконденсатора. Важно отметить, что мы уже запустили серийное производство, продукцию которого поставляем на предприятия России.

Благодаря технологии производства низкотемпературного электролита и особенностям технологии изготовления самого суперконденсатора, наши решения превосходят мировые аналоги. Мы добились электрической емкости кратно большей, чем у других российских производителей и получили изделие, конкурентное даже на мировом рынке. Это редкий пример успешной кооперации с научными центрами. Сегодня мы утверждаем программу НИОКР на 2018–2019 гг. и ожидаем, что будем выдавать устройства с еще более высокими характеристиками.

– Это импортозамещающая продукция?

– Я бы сказал – импортообгоняющая.

– Насколько, на Ваш взгляд, мы нуждаемся в импортозамещении в этом сегменте?

– Это зависит от того, насколько мы нуждаемся в собственном производстве газовых турбин, самолетов, развитии собственных нефтегазовых технологий. Да, страна может существовать без некоторых технологий накопления энергии. Но всегда есть нюансы. Например, при реализации амбициозного проекта в условиях санкций выясняется, что предназначенные для него накопители на 2000 Фарад изготавливаются в США и проходят строгий экспортный контроль перед поставкой в Россию. В данном случае модульные накопители для большой энергетики и ОПК оказываются стратегическим продуктом. Иными словами, суперконденсаторы могут не быть предметом первой необходимости, но являются базой для очень многих технологий.

– Над чем в настоящее время работают ваши специалисты?

Мы активно работаем над созданием новых электродных структур и электролитов. Мы четко понимаем, что включились в сложную гонку, в которой очень легко оказаться на обочине, если не уделять должное внимание разработке новых решений. Наша цель – создать гибридный накопитель, который бы совместил характеристики хорошей батареи и суперконденсатора.

Плотность энергии в таком накопителе должна превышать 100 Вт/ч на килограмм, а плотность мощности – более 120 кВт на килограмм. Это основная задача нашего научного центра, и эту работу мы планируем завершить максимум за 2 года.

Сегодня ТЭЭМП – одна из немногих компаний в РФ серийно производит источники тока с действительно высокими – на уровне мировых – характеристиками. Серийно – очень важное слово. В лаборатории можно изобрести самые удивительные вещи, гораздо сложнее запустить их в промышленное производство и, главное, суметь обеспечить его экономическую эффективность.

– Каков путь от лаборатории до промплощадки?

– У лидера отрасли, компании Maxwell, от разработки изделия до его внедрения в производство в среднем проходит 1,5–2 года. За это же время мы поставили в серию шесть изделий. Жесткие сроки заставляют находить нестандартные решения, возможно поэтому на запуск уходит менее квартала. При этом процесс разработки включает в себя не только лабораторные исследования и разработку экспериментального образца, но также испытание, подготовку технической документации, производство опытной партии и ее испытание у конкретного заказчика. Доведение разработки до серийного производства – непростой и длительный процесс. Когда мы говорим об инвестициях в НИОКР, то имеем в виду все стадии от создания лабораторного прототипа до момента передачи продукции в производство.

– Планируете ли вы расширить географию поставок?

– Сегодня наша главная задача – отладить технологию серийного производства по таким сферам применения, как транспорт и энергетика (традиционная и альтернативная). После этого мы придём к развилке: упрёмся в потолок производственных мощностей, и возникнет необходимость расширить производство. Как и где именно? Ответ очевиден: там, где мы видим спрос. Я буду счастлив, если такой спрос обеспечат российские компании. ●

KEYWORDS: *supercapacitors, energy storage devices, batteries, batteries, oil service in the Arctic.*

КАЛЕНДАРЬ СОБЫТИЙ

21–24 января

Международная выставка-конференция пластмасс и нефтехимии

Saudi Plastics & Petrochem 2018

Эр-Рияд, Саудовская Аравия

21–24 января

14-я Международная выставка нефтегазовой промышленности и энергетики

KISH ENEX 2018

Иран, остров КИШ

24–25 января

Международная Азиатско-Тихоокеанская конференция по нефти и газу

OIL & GAS COUNCIL ASIA-PACIFIC ASSEMBLY AND GALA DINNER 2018

Сингапур

ЯНВАРЬ

П	1	8	15	22	29
В	2	9	16	23	30
С	3	10	17	24	31
Ч	4	11	18	25	
П	5	12	19	26	
С	6	13	20	27	
В	7	14	21	28	

23–25 января

Международная выставка и конференция по химической промышленности

ChemTech Gujarat World Expo 2018

Индия, г. Ахмадабад

25–26 января

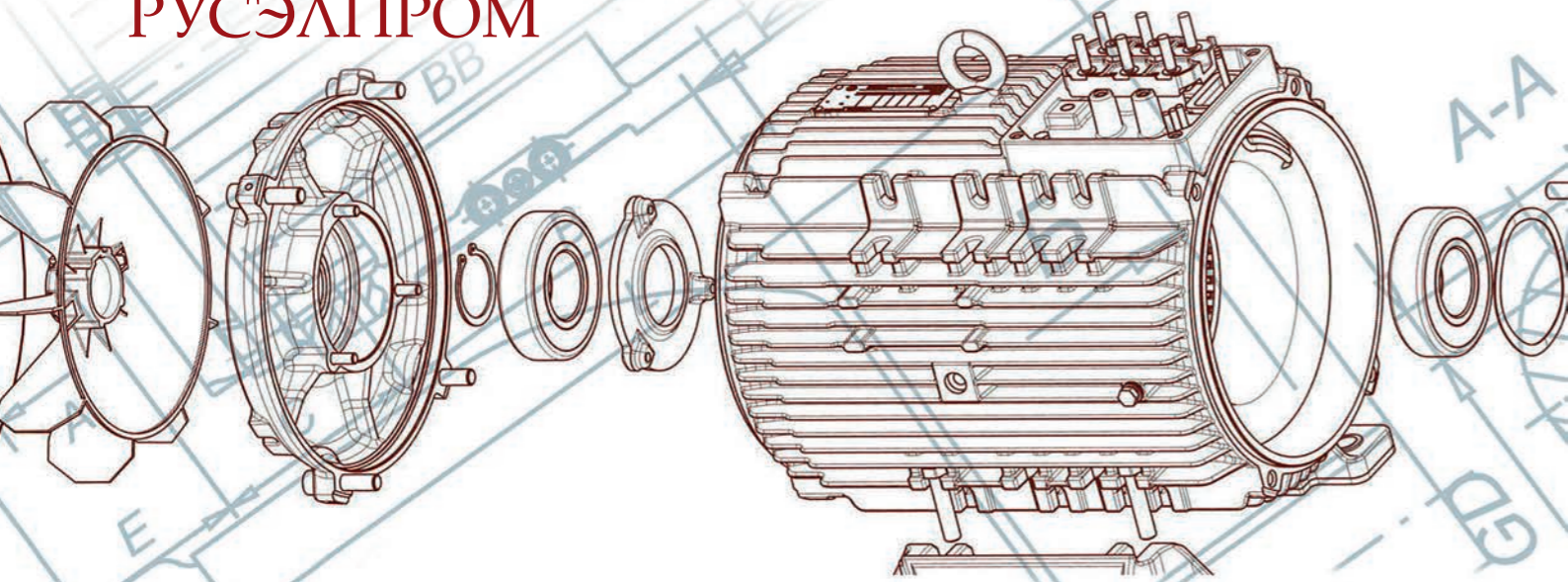
8-я нефтегазовая выставка и конференция Мьянмы

MYANMAR OIL & GAS SUMMIT 2018

Мьянма, Янгон

ИННОВАЦИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

от электротехнического концерна РУСЭЛПРОМ



ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, РАЗРАБОТАННЫЕ ЕЩЕ В КОНЦЕ XIX ВЕКА, ИСПОЛЗУЮТСЯ И СЕГОДНЯ. НО ИСТОРИЯ ИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНО ДВИЖЕТСЯ В СТОРОНУ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ (УВЕЛИЧЕНИЯ КПД), СНИЖЕНИЯ МАССЫ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ. НАряду с этим, современные требования обязывают разработчиков электрооборудования решать задачи уменьшения уровня шума – одного из ключевых показателей эргономичности электродвигателя

THE BASIC OPERATING PRINCIPLES OF ELECTRIC MACHINES DEVELOPED IN THE LATE XIX CENTURY ARE STILL USED TODAY. BUT THE HISTORY OF THEIR IMPROVEMENT MOVES TOWARDS ENHANCEMENT OF EFFICIENCY, REDUCTION OF WEIGHT AND OPERATING COSTS. AT THE SAME TIME, THE PRESENT DAY REQUIREMENTS MAKE DESIGNERS OF ELECTRIC EQUIPMENT FIND SOLUTIONS FOR NOISE REDUCTION – ONE OF THE KEY PARAMETERS OF AN ELECTRIC MOTOR

Ключевые слова: электрооборудование, коэффициент полезного действия, малошумные двигатели, электродвигатели, эргономика производства.



Макаров Лев Николаевич,
генеральный конструктор
ООО «Русэлпром»

В настоящее время компания «Газпром нефть» проводит масштабную модернизацию Омского НПЗ – крупнейшего НПЗ в России (фото 1). Программа направлена на обновление технологических установок, повышение экологической безопасности и энергоэффективности производства. Второй этап модернизации рассчитан до 2020 года и предполагает реновацию производственных мощностей с целью повышения надежности и безопасности производственных процессов. Цель программы – не только усовершенствовать процесс производства нефтепродуктов, но и создать на предприятии

благоприятные условия для сотрудников, снизить показатели производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

В соответствии с этим появилась необходимость применения на предприятии взрывозащищенных электродвигателей с повышенным КПД и со сниженным уровнем шума. Федеральная программа импортозамещения требует искать решение этой задачи у отечественных производителей, но российский рынок электрических машин, в отличие от зарубежного, ранее не нуждался в подобном оборудовании. Успешным решением этой проблемы стало сотрудничество с концерном

РЕКЛАМА

РУСЭЛПРОМ, инженеры которого взяли на себя обязательства решить задачу и справились с ней в срок.

Разработка «малошумного» энергоэффективного электродвигателя (фото 2) потребовала комплексного подхода, так как шумы, сопровождающие работу электрической машины, имеют различную природу.

Во-первых, это механические шумы. Они обычно связаны с работой подшипникового узла и зависят от типа и размера подшипника. Во-вторых, электромагнитные шумы, которые вызываются колебаниями магнитопровода статора и ротора под действием магнитного поля. И аэродинамические шумы, которые



ФОТО 1. Омский НПЗ – крупнейший в России

В процессе разработки инновационного электродвигателя был решен комплекс задач

возникают в результате работы системы охлаждения и зависят от частоты вращения и диаметра вентилятора, а также формы его лопаток. Достичь поставленных целей удалось, пошагово воздействуя на каждую из причин. Для снижения уровня механических шумов подшипники качения со стальным сепаратором были заменены на подшипники более высокого класса с латунным сепаратором. Этот металл тяжелее стали и значительно мягче, что позволяет эксплуатировать подшипник в условиях большей нагрузки. Также латунь обладает высокой вибростойкостью. Такой сепаратор обеспечивает идеальный

контроль положения вращающихся тел качения даже при наличии неравномерных динамических нагрузок. Все эти преимущества, в комплексе, существенно повышают качество работы подшипникового узла, снижают уровень исходящего от него шума, нагрева и, как следствие, минимизируют потери.

Борьба с электромагнитными шумами потребовала усовершенствования электромагнитного ядра.

РУСЭЛПРОМ вплотную приблизился к массовому выпуску агрегатов, соответствующих стандарту энергоэффективности IE3

Электромагнитный шум имеет широкий частотный спектр и по интенсивности отрицательного воздействия на человека зачастую превосходит механический. Снижение его достигается уменьшением электромагнитных нагрузок, выбором рационального соотношения зубцов статора и ротора, введением скоса пазов, укорочением шага обмотки, что зачастую снижает использование активных материалов.

Особенностью данной работы было то, что все разрабатываемые машины должны были иметь скорость оси вращения 3000 об/мин.

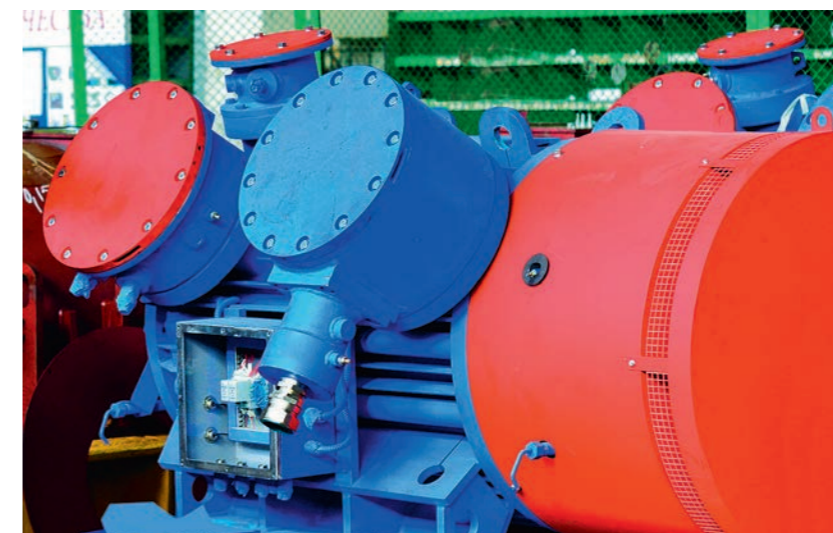


ФОТО 2. Взрывозащищенный электродвигатель с повышенным КПД и сниженным уровнем шума

Преобладающую роль в подобных машинах играет аэродинамический шум, и снижение именно его уровня потребовало особого внимания.

Источником шума в данном случае является вентилятор системы охлаждения, который является необходимым элементом асинхронных электродвигателей. Он располагается на валу ротора, приводится в движение валом машины и вращается вместе с ним. В результате происходит охлаждение двигателя. Вне зависимости от системы охлаждения, которая бывает сосредоточенной или распределенной, в стандартных электрических машинах, как правило, применяется центробежный вентилятор с прямыми лопатками.

«Решение пришло не сразу. Был ряд возможных вариантов, и нужно было выбрать оптимальный, – комментирует один из инженеров проекта, специалист по аэродинамике. – Но основная трудность заключалась в том, что работать пришлось в условиях дефицита времени».

Эффективным решением задачи снижения уровня аэродинамического шума электродвигателя стала разработка нового типа вентилятора (рисунок и фото 3), который обеспечивает

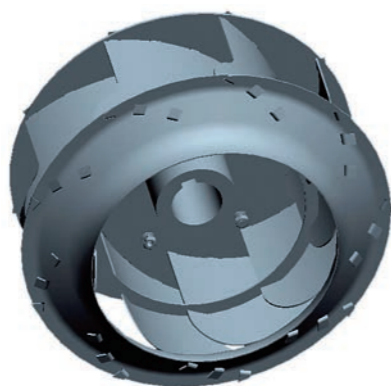


РИС. И ФОТО 3. Одна из конструктивных особенностей двигателя – вентилятор нового типа

Новые электрические машины концерна отвечают самым жестким стандартам качества

более высокие объемы подаваемого воздуха, а главное, резкое снижение уровня шума по сравнению с обычным. Также был разработан специальный кожух особой формы с внутренним звукопоглощением.

В результате применения новых технологий уменьшились потери, а КПД увеличился в среднем на 0,7% от общей мощности двигателя. Это позволило концерну РУСЭЛПРОМ вплотную приблизиться к массовому выпуску машин, соответствующих стандарту энергоэффективности IE3. В настоящее время данная технология применима, если двигатель имеет только одно направление вращения. Но наши инженеры уже разрабатывают технологию, подходящую для применения и на реверсивных машинах.

«Принципиально задача для реверсивных машин уже решена, имеется в виду аэродинамическая и мощностная эффективность, – утверждает специалист по аэродинамике. – Сейчас идет процесс оптимизации и упрощения

конструкции для получения малошумного исполнения».

Следует отметить, что стоимость полученных машин отечественного производства существенно ниже аналогичных по характеристикам, но изготовленных зарубежными производителями.

«Конкуренты не ожидали, что мы справимся с решением поставленной задачи, но мы сделали это, – говорит руководитель проекта, – что в очередной раз доказывает наличие у нас талантливых, прекрасно подготовленных конструкторов и специалистов!».

Комплекс проведенных мероприятий позволил не просто удовлетворить требования заказчика – компании «Газпром нефть» – и произвести «малошумные» низковольтные и высоковольтные взрывозащищенные электродвигатели с повышенным уровнем КПД для модернизации Омского НПЗ. Тем самым совершен прорыв в отечественном машиностроении, так как данная

технология применима и к общепромышленным машинам.

В результате командной работы конструкторов РУСЭЛПРОМа получены энергоэффективные электрические машины с уровнем шума от 67 до 79 дБА (в зависимости от высоты оси вращения) и уровнем вибрации около 1 мм/с. Работы в данном направлении продолжаются, и с освоением новой энергоэффективной серии 7А открываются возможности по дальнейшему совершенствованию выпускаемой концерном продукции, соответствующей самым жестким европейским стандартам качества. ●

KEYWORDS: *electrical efficiency, low noise motors, electric motors, ergonomica production.*



109029, Москва, Нижегородская ул., 32, стр.15
Тел.: 8 (800) 301-35-31
Факс: (495) 600-42-54
mail@ruselprom.ru
ruselprom.ru

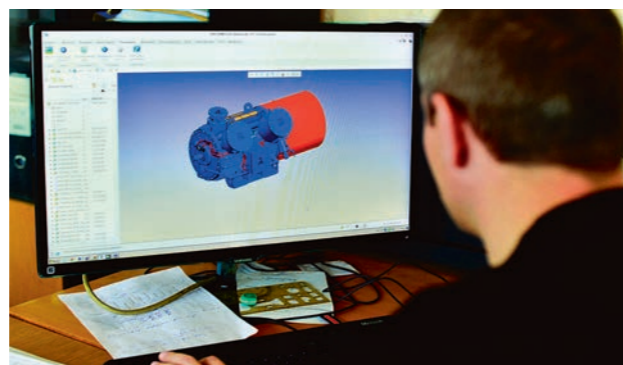


ФОТО 4, 5. Инновационные электрические машины – результат командной работы конструкторов концерна



Клуб Путешествий
ПЕРСОНА

Индивидуальные путешествия:

Авторские программы
Уникальные экспедиции, круизы
Аренда островов, замков, яхт, частных самолетов
Организация деловых и личных событий

107045, Москва
Костянский переулок 14
+7 495 607 1515
www.personne.ru

Международный туроператор
входит во всемирную ассоциацию Traveller Made®
и получил официальный статус Дизайнера Путешествий.
Реклама.

РЕМОНТ НА ОБЪЕКТАХ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

В РАБОТЕ РАССМАТРИВАЕТСЯ КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЭВМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕДУРЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ ЗА СИСТЕМОЙ МРО СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА (КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ). С ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПОД АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ КОНТРОЛЕМ ЗА СИСТЕМОЙ МРО ПОНИМАЕТСЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЦЕДУРА, КОТОРАЯ ОСУЩЕСТВЛЯЕТ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЯ ПОНЯТИЯ НЕКОТОРОЙ КОНКРЕТНОЙ УЗКОСПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ЗНАНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ОБ ЭТОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ. ПРИМЕНЯЕМЫЙ МЕТОД ИНТЕРПРЕТАЦИИ МОЖЕТ БЫТЬ ОСНОВАН НА ОПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ ПРАВИЛ, БЛИЗКИХ ПО ФОРМЕ К ПРАВИЛАМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ ЭКСПЕРТАМИ, ЧТО ПОЗВОЛИТ ОБЕСПЕЧИТЬ ОТНОСИТЕЛЬНО ПОДРОБНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ И ВОЗМОЖНОСТЬ ОБЪЯСНЕНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ НА ПОНЯТНОМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЮ ЯЗЫКЕ

THE PAPER DEALS WITH THE CONCEPT OF USING A COMPUTER TO AUTOMATE THE PROCEDURE OF INTERPRETATION OF TESTING RESULTS OF THE SYSTEM OF MATERIAL AND RESOURCE MAINTENANCE OF BUILDING PRODUCTION (QUANTITATIVE AND QUALITATIVE DATA). FROM A FUNCTIONAL POINT OF VIEW, UNDER THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR MATERIAL AND RESOURCE SUPPORT UNDERSTAND THE INFORMATION TECHNOLOGY PROCEDURE, WHICH ANALYZES THE RESULTS OF OBSERVATIONS WITH A VIEW TO THEIR INTERPRETATION, USING THE CONCEPT OF A SPECIFIC HIGHLY SPECIALIZED DOMAIN EXPERTS AND KNOWLEDGE ABOUT THE SUBJECT AREA. THE APPLIED METHOD OF INTERPRETATION CAN BE BASED ON A CERTAIN SYSTEM OF RULES, SIMILAR IN FORM TO THE RULES USED BY AN EXPERT, WHICH WILL PROVIDE A RELATIVELY DETAILED VIEW OF KNOWLEDGE AND THE OPPORTUNITY TO EXPLAIN THE RESULTS TO THE USER IN AN UNDERSTANDABLE LANGUAGE

Ключевые слова: материально-ресурсное обеспечение (МРО); трубопроводы; технологические ресурсы (ТР); организационно-технологическая надежность; ремонтные работы; функционирование ремонтного предприятия.

Колотилев Юрий Васильевич,
профессор кафедры
«Нефтепродуктообеспечение и газоснабжение»
Российского государственного университета
нефти и газа (национальный исследовательский
университет) имени И.М. Губкина, д.т.н.

Лисин Игорь Юрьевич,
аспирант кафедры «Нефтепродуктообеспечение
и газоснабжение»
Российского государственного университета
нефти и газа (национальный исследовательский
университет) имени И.М. Губкина

Неганов Дмитрий Александрович,
начальник отдела технологии и технических
средств электрохимзащиты ООО «НИИ –
Транснефть», к.т.н.

Ефремов Александр Михайлович,
аспирант кафедры «Нефтепродуктообеспечение
и газоснабжение»
Российского государственного университета
нефти и газа (национальный исследовательский
университет) имени И.М. Губкина

Эффективность контроля за материально-ресурсным обеспечением (МРО) строительного производства в значительной степени связана с общим уровнем автоматизации. Современные средства вычислительной техники, в частности персональные компьютеры, позволяют не только автоматизировать сбор информации о состоянии системы МРО строительного производства, но и осуществлять моделирование исследуемых процессов, изучение которых традиционными средствами затруднено или невозможно. Решению этих вопросов служат интеллектуальные диалоговые системы анализа результатов наблюдений – системы принятия решений.

Конечной целью анализа системы МРО является интерпретация получаемых результатов наблюдений за исследуемым процессом. Под интерпретацией результатов наблюдений подразумеваем сравнение их с существующей суммой эмпирических и теоретических знаний с целью получения в результате такого сравнения новых знаний. Обобщенно-содержательная часть новых знаний может быть выражена утверждениями следующих типов: совокупность полученных в результате наблюдения и контроля данных полностью согласуется с существующей совокупностью знаний о процессе; для согласования некоторой

группы результатов наблюдения и контроля с совокупностью знаний о процессе требуется внести в эти знания такие-то изменения; для того чтобы понять причины расхождения некоторой группы результатов наблюдения и контроля за системой МРО с совокупностью имеющихся знаний о процессе требуется провести такие-то дополнительные исследования.

Структура обобщенной системы анализа результатов наблюдения за объектом исследований и поддержки принятия решений экспертом состоит из следующих функциональных блоков: согласованная (рабочая) модель объекта исследований; априорная «текущая» модель объекта исследований; модель «наблюдаемых» данных; анализ противоречий; «наблюдаемые» данные в стандартном представлении; дополнительная обработка данных; формирование модели объекта исследования и «наблюдаемых» данных; набор альтернатив для корректировки; блок дополнительной обработки «наблюдаемых» данных; база данных (знаний) предметной области; данные (знания); запрос; расчет не наблюдаемых параметров объекта исследования; корректирующие предположения; эксперт; база данных наблюдений; уточненная процедура прямых расчетов «наблюдаемых» данных.

Управление функционированием системы осуществляется «экспертом» – специалистом в соответствующей предметной области, который, выбирая из базы данных набор экспериментальных данных, инициирует формирование априорной «текущей» модели объекта исследований, модели наблюдаемых данных и организует их согласование с наблюдаемыми данными.

Одним из важнейших факторов организационно-технологической надежности функционирования строительного-монтажной организации является качественное и надежное обеспечение строительного производства технологическими ресурсами [1–3].

Ресурсное обеспечение производства ремонтных работ тесно взаимосвязано с основными организационно-технологическими подсистемами

строительной организации. Оно зависит и в значительной степени определяет качество и организационно-технологическую надежность выполнения работ в установленный срок. Срыв или некачественные, некомплектные поставки технологических ресурсов (ТР) могут поставить под угрозу функционирование системы строительного производства.

Зачастую, при поставке на объект первичных материалов, снабжение сводится к выполнению поставок по валу, независимо от технологии работ. Конструкции же и готовые изделия должны подаваться непосредственно на строительную площадку для немедленного применения в дело, т.е. процесс снабжения должен быть синхронно увязан с календарным планом производства ремонтных работ, организационно-технологической последовательностью ведения процесса на строительной площадке.

В современных рыночных условиях особенно важно, чтобы процесс ресурсного обеспечения превратился в составную часть единого технологического процесса производства ремонтных работ – комплектацию объектов готовыми конструкциями для бесперебойной работы.

Сам процесс снабжения строительного-монтажных работ ресурсами определяется не только плановыми решениями, но и множеством стохастических конструктивных, технологических, организационных факторов, воздействие которых может существенно осложнить функционирование строительной организации [4–6]. К числу факторов, которые могут значительно повлиять на расход материалов при выполнении различных рабочих операций и процессов относятся климатические, районные и сезонные условия, способы и методы выполнения работ, применяемые материалы и т.п.

Автоматизированный расчет организационно-технологической надежности ресурсного обеспечения процесса производства ремонтных

УДК 622.279



работ – один из возможных путей учета негативного воздействия случайных факторов на ход строительного производства.

Подобно комплексу производственных норм требуется развитие сметного нормирования ресурсов [7]. Действующие сметные нормы формируются, как правило, на основании производственных норм. В сметных нормах предусматриваются усредненные условия производства работ для наиболее распространенных технологических процессов и средств механизации, однако при этом учитывается весь комплекс процессов производства ремонтных работ на линейной части магистральных трубопроводов.

Объектные нормы разрабатываются при традиционной технологии на основе проектно-сметной документации отобранных для этой цели объектов-представителей, как правило, из числа отремонтированных объектов, дифференцирование по отдельным отраслям и подотраслям промышленности. Действующие объектные нормы периодически пересматривались и заменялись новыми по мере разработки более прогрессивных проектов производства ремонтных работ на линейной части магистральных трубопроводов.

На практике планы капитального ремонта и технического снабжения формируются практически одновременно, в условиях отсутствия полного перечня участков магистральных трубопроводов для ремонта, включаемых в титульные списки планируемого года. В связи с этим зачастую приходилось использовать средние отраслевые нормы расхода материалов, определяемые на основе объектных норм и внутриотраслевой структуры строительно-монтажных работ.

Подобный подход в современных рыночных условиях неприемлем, так как не отражает конкретной специфики подрядной организации, сложившихся в ней

условий снабжения и производства ремонтных работ на линейной части магистральных трубопроводов.

Реальная возможность повысить надежность ресурсного обеспечения строительно-монтажных работ при ремонте участков магистральных трубопроводов – разработка автоматизированной системы ведения баз данных по снабжению объектов аналогов с возможностью не только формировать собственные объектные нормативы, но и в интерактивном режиме давать возможность анализа, коррекции факторов обеспечения организационно-технологической надежности ресурсного снабжения [8, 9].

Использование автоматизированной системы позволяет учесть конкретные факторы, определяющие надежность снабжения для каждой строительной организации: дополнительная потребность в материалах на объекты ремонта в сложных природно-климатических условиях; дополнительная потребность в материалах, связанная с производством работ в зимнее время; территориальное размещение объектов ремонта; обеспечение строительно-монтажных работ эффективными видами технологических ресурсов; внедрение достижений научно-технического прогресса в проектировании и ремонте и связанная с этим возможная экономия материалов; в необходимых случаях – изменение сметной стоимости ремонта; сложившиеся связи с поставщиками технологических ресурсов; наличие собственной ресурсной базы; учет взаимозаменяемости ряда материалов.

Автоматизированная система обеспечивает возможность оперативно проводить варианты плановые расчеты, обоснованность которых подтверждается фактическими данными по объектам-аналогам конкретной строительной организации-производителя работ.

По мере совершенствования и расширения информационной базы и методов решения отдельных задач открываются возможности использования математических методов и все более активного внедрения средств

вычислительной техники в практику обеспечения организационно-технологической надежности ресурсного снабжения.

Уровень технологических ресурсов (ТР) убывает в процессе производства ремонтных работ не с постоянной интенсивностью [10–12], т.е. темп производства строительно-монтажных работ (м/сутки) меняется во времени t по некоторому закону $W = W(t)$. Введем в рассмотрение функцию, описывающую общее количество использованных к моменту τ ТР:

$$V(\tau) = \int_{0,\tau} W(t) dt. \quad (1)$$

Функция $V(\tau)$ является неубывающей кривой, так как $W(t) \geq 0$. В общем случае нам необходимо определить, в какие моменты данного периода T следует подавать заказ на ТР и каковы должны быть размеры партий, чтобы суммарные затраты на хранение были минимальными. Будем считать, что число партий N , приобретаемых за период T , известно заранее (например, два раза в месяц).

Обозначим моменты прибытия партий через $t_0, t_1, \dots, t_{i-1}, t_i, t_{i+1}, \dots, t_N$ (начальный момент $t_0 = 0$ и конечный момент $t_n = T$, остальные моменты неизвестны). Размеры партий в моменты времени t_{i-1} и t_i будут соответственно равны:

$$\begin{aligned} Q_{i-1} &= V(t_i) - V(t_{i-1}); \\ Q_i &= V(t_{i+1}) - V(t_i). \end{aligned} \quad (2)$$

Стоимость хранения ТР за интервал $[t_{i-1}, t_{i+1}]$ пропорциональна площади криволинейных треугольников, которую можно определить с помощью определенного интеграла:

$$\begin{aligned} \int_{t_{i-1}, t_i} [V(t_i) - V(t)] dt &= \\ = V(t_i) \cdot (t_i - t_{i-1}) - \int_{t_{i-1}, t_i} V(t) dt, \end{aligned} \quad (3)$$

который, очевидно, выражает разность площадей прямоугольника с ординатой $V(t_i)$ и криволинейной трапеции с основанием $t_i - t_{i-1}$.

Суммарные затраты Z за интервал времени $[0, T]$ равны:

$$\begin{aligned} Z &= N \cdot C_0 + C_1 \sum_{i=1, n} V(t_i) \cdot \\ &\cdot (t_i - t_{i-1}) - C_1 \int_{0, t_n=T} V(t) dt, \end{aligned} \quad (4)$$

где C_0 – накладные расходы, связанные с поставкой ТР (например, труб); C_1 – ежедневная стоимость хранения единицы ТР (одной трубы).

Задача сводится к определению таких неизвестных t_i ($i = 1, 2, \dots, N-1$), для которых достигается минимум суммарных затрат Z :

$$\sum_{i=1, n} V(t_i) \cdot (t_i - t_{i-1}) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Последнее выражение достигает минимума, если частные производные относительно t_i ($i = 1, 2, \dots, N-1$) равняются нулю, т.е.:

$$V'(t_i) \cdot (t_i - t_{i-1}) = V(t_{i+1}) - V(t_i). \quad (6)$$

Таким образом, мы получили систему $(N-1)$ уравнений с $(N-1)$ неизвестными, решая которую, находим неизвестные t_i ($i = 1, 2, \dots, N-1$), т.е. моменты подачи и использования заказа, минимизирующие общие затраты.

Размеры поставляемых партий ТР Q_i определяются из рекуррентных соотношений:

$$\begin{aligned} Q_i &= V(t_{i+1}) - V(t_i) = \\ &= \int_{t_{i+1}, t_i} W(t) dt - \int_{t_{i-1}, t_i} W(t) dt. \end{aligned} \quad (7)$$

О числе заказов на период T можно сказать, что выбор N следует производить исходя из соотношений C_0/C_1 . Отсюда следует, что если затраты по заказам C_0 относительно высоки, то заказы подаются реже и ТР доставляются большими партиями, если же высоки затраты хранения C_1 , то заказы следует подавать чаще и ТР будут поступать мелкими партиями. Отметим, что в случае использования определенного (например, аварийного) запаса ТР рассмотренная модель будет иметь свои особенности, связанные с тем, что потребность в ТР возникает не в определенные моменты времени (случай планирования капитального ремонта участка магистрального трубопровода), а в моменты наступления отказов, прогнозирование которых связано с использованием вероятностно-статистических методов моделирования. ●

Литература

1. Ширшиков Б.Ф. Организация, управление и планирование в строительстве. – М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2016. – 528 с.
2. Шаныгин С.И. Стратегическое управление организацией. Теоретико-методологический подход. – М.: Наука, 2011. – 188 с.
3. Субботин В.А., Миклуш А.С., Колотилов Ю.В. Мониторинг строительно-монтажных работ при ремонте магистральных газопроводов. – М.: Известия, 2016. – 548 с.
4. Юзевфович А.Н. Организация, планирование и управление строительным производством. – М.: Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2008. – 248 с.
5. Соколов Г.К. Технология и организация строительства. – М.: Академия, 2013. – 528 с.
6. Харитонов В.А. Основы организации и управления в строительстве. – М.: Академия, 2013. – 224 с.
7. Ермолаев Е.Е., Шумейко Н.М., Сборщиков С.Б. и др. Основы ценообразования и сметного дела в строительстве. – М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2009. – 136 с.
8. Бузырев В.В., Суворова А.П., Федосеев И.В. и др. Экономика строительства. – М.: Академия, 2010. – 336 с.
9. Бузырев В.В., Федосеев И.В., Гусев А.В. и др. Планирование на строительном предприятии. – М.: КноРус, 2010. – 536 с.
10. Загидуллина Г.М., Романова А.И., Гимадиева Л.Ш. Современные методы технико-экономического анализа деятельности в строительстве. – М.: Академия, 2011. – 208 с.
11. Kolotilov Yu., Arbuzov Yu., Reshetnikov A. et al. Expert Systems for the Construction Operations in the Information Environment. – New York: CreateSpace EStore, 2012. – 544 p.
12. Kolotilov Yu., Arbuzov Yu., Kuznetsov P. et al. Simulation of Construction Operations in the Analytical Systems. – New York: CreateSpace EStore, 2013. – 548 p.

KEYWORDS: material and resource support; pipelines; technological resources; organizational and technological reliability; repairs; operation repair facility.



ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Технологии моделирования от Yokogawa

YOKOGAWA РАЗРАБОТАЛА ТЕХНОЛОГИЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ, КОТОРАЯ МОЖЕТ ВЫДЕЛИТЬ ВСЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССА ИЗ ИСТОРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ. МЫ СТАВИМ СЕБЕ ЦЕЛЮ УЛУЧШИТЬ ПРОЦЕСС ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НАШИХ ЗАКАЗЧИКОВ С ПОМОЩЬЮ ДАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ, КОТОРАЯ МОЖЕТ СОЗДАВАТЬ МОДЕЛИ, СПОСОБНЫЕ УСТАНОВИТЬ СВЯЗЬ МЕЖДУ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ, СТОИМОСТЬЮ ЭКСПЛУАТАЦИИ, КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И ВЫВЕСТИ ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ УНИКАЛЬНЫХ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ YOKOGAWA

YOKOGAWA HAS DEVELOPED A MODELING TECHNOLOGY THAT CAN EXTENSIVELY EXTRACT ALL CHARACTERISTICS OF PROCESS VARIABLES FROM HISTORICAL OPERATION DATA OF ACTUAL PLANTS. YOKOGAWA AIMS TO IMPROVE THE OPERATION OF CUSTOMERS' PLANTS WITH THIS TECHNOLOGY THAT CAN CREATE MODELS ELUCIDATING RELATIONSHIPS AMONG ENERGY CONSUMPTION, OPERATION COST, AND PRODUCT QUALITY, AND DERIVE OPTIMUM OPERATING CONDITIONS OF PLANTS THROUGH YOKOGAWA'S UNIQUE OPTIMIZATION ALGORITHMS

Ключевые слова: потребление энергии, качество продукции, оптимизация алгоритмов, нефтегазовые предприятия, интернет вещей.

Кен-ичи Камада,
Митсунори Фукузака,
Innovation Center,
Yokogawa Electric
Corporation

Интернет вещей позволяет повсеместно получать отклик реального мира на результаты сбора, накопления и анализа цифровых данных, что было невозможно в прошлом. Таким образом Интернет вещей наталкивает нас на мысль о предстоящем изменении в обществе, которое можно назвать информационной революцией. Соответственно и эксплуатация предприятий должна стать более интеллектуальной и устойчивой посредством анализа больших массивов данных из различных источников, превращая эти данные в ценное знание, на основании которого принимаются решения и реализуются изменения. Мы предполагаем, что в будущем создание ценности и эксплуатация производств будут абсолютно автономными и основанными на использовании искусственного интеллекта.

Промышленный Интернет вещей позволит эффективно использовать огромные объемы данных об эксплуатации, которые ранее были рассеяны, что приведет к тотальной оптимизации производств, в том числе к

эффективному использованию энергии. Управление по методике RENKEI (согласованное управление) – подход к эффективному использованию энергии на производстве, продвигается Японской Отраслевой Ассоциацией Электроники и Информационных Технологий, для оптимизации энергопотребления системы в целом посредством координирования устройств и систем, вовлеченных в генерацию и потребление энергии. В дополнение к результатам использования методики RENKEI в энергетике, Yokogawa нацелена на достижение аналогичной эффективности при сохранении баланса между себестоимостью производства и качеством продукции.

Эффективный способ достижения идеально сбалансированной между энергопотреблением и качеством эксплуатации, согласно методике RENKEI – смоделировать все оборудование, приборы и процессы, провести оптимизационные вычисления, построить планы эксплуатации и установить множество значений уставок. Однако, требуется профессионализм в большом

наборе различных областей знаний для моделирования предприятия, на котором различные процессы и устройства связаны между собой. Требуемые знания включают физику, термодинамику, химическую технологию, анализ данных, статистику, методы оптимизации, такие как математическое программирование, и разработку программного обеспечения. Тем самым качество построенной модели в огромной степени зависит от навыков и знаний инженеров. Другая проблема заключается в том, что модель становится слишком крупной и сложной для достижения согласованности управления и требует огромного количества трудозатрат.

Для решения данных задач Yokogawa разработала технологию моделирования для оптимизации основанную на данных (DDMO), которая может автоматически создавать модели оборудования на основании реальных данных об эксплуатации.

DDMO: ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

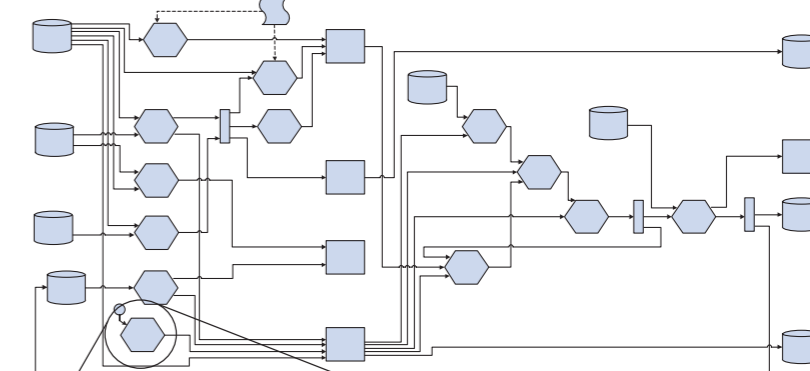
Для оптимизации процесса эксплуатации, работа предприятия описывается математически и далее для получения оптимального решения используются методы математической оптимизации.

При моделировании предприятия целиком, характеристики каждого прибора представлены в виде соответствующей математической модели, далее множество моделей соединяются для построения сетевой модели, описывающей предприятие. Рис. 1 показывает пример такой модели. В верхней части изображена полная модель завода. Прямоугольники, шестиугольники и цилиндры представляют компоненты предприятия, также на схеме указаны входные и выходные связи между компонентами. В нижней части рис. 1 представлена модель оборудования, определяющая отношения между переменными в оборудовании.

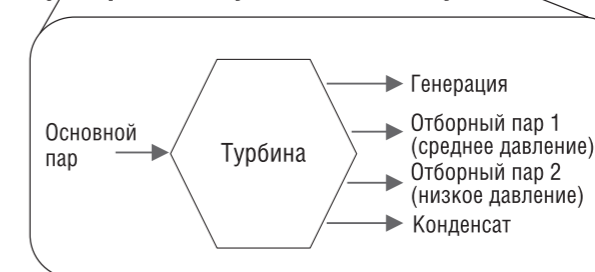
Для эффективного моделирования предприятия, Yokogawa разработала технологию DDMO, которая автоматически создает модели оборудования (компоненты модели предприятия), такие как показаны в нижней части рис. 1.

РИС. 1. Блок-схема оптимизационного моделирования

Полная сетевая модель завода



Пример индивидуальной модели установки



Генерация
= a × Основной пар +
b × Отборный пар 1 +
c × Отборный пар 2 + d

Основной пар
= Отборный пар 1 +
Отборный пар 2 +
Конденсат

DDMO

Технология DDMO автоматически создает модели оборудования завода, исходя из актуальных данных эксплуатации посредством применения множества методов статистического анализа. DDMO тщательно извлекает не только выходные характеристики, но и отношения между переменными оборудования в виде характеристического уравнения. В связи с тем, что характеристики большинства установок не могут быть представлены одним уравнением, оборудование представляется несколькими уравнениями балансов одновременно, например материальным и энергетическим балансами. DDMO может автоматически определить необходимое количество характеристических уравнений и детерминировать их.

DDMO раскрывает лежащие в основе связи по реальным производственным данным и создает модели оборудования. Поэтому, даже если физические характеристики не ясны, технология может выделить взаимосвязи до тех пор, пока они различимы в данных.

Так как DDMO автоматически оценивает количество и коэффициенты характеристических уравнений, пользователи не должны обладать знаниями статистического анализа или математического программирования. Полученные характеристические уравнения автоматически трансформируются в модель, которая задается в оптимизационном ПО. Тем самым пользователи также не должны знать программирование. Ранее эти знания были нужны для вызова интерфейса прикладного программирования оптимизационной среды из неспециализированных языков программирования или для написания модели на языке оптимизационного моделирования.

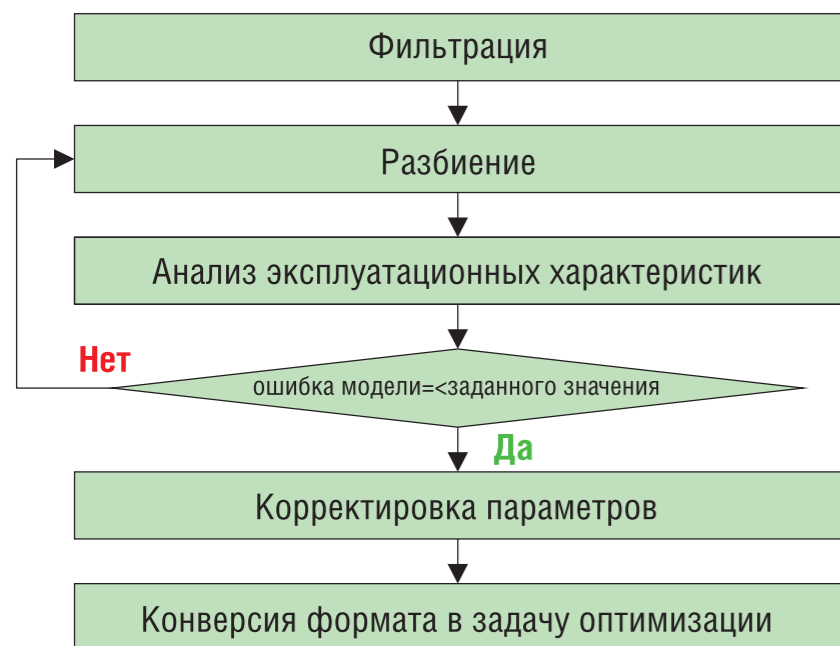
При использовании DDMO инженеры должны иметь знания о целевых процессах, а не писать уравнения.

Фильтрация

Производственные данные содержат аномальные величины (выбросы) обусловленные многими факторами, например неисправностями датчиков,

УДК 622.279

РИС. 2. Алгоритм работы технологии DDMO



шумами, остановами предприятия. Перед созданием моделей оборудования, основанных на производственных данных, эти выбросы отсекаются посредством фильтрации.

Модель DDMO показывает зависимости между переменными. Для того чтобы модель была более точной, также необходимо выделить и удалить точки в которых зависимость не фиксирована, как часть точек выброса. Эти точки определяются не только посредством просчета каждой величины по отдельности, но также с учетом взаимосвязей между величинами.

Разбиение

Характеристики заводского оборудования не всегда линейные, а значит требуются также нелинейные представления. Однако современные математические оптимизационные методы могут работать только с ограниченным числом нелинейных типов, и характеристические уравнения должны быть определены в рамках данных ограничений.

Для этих целей DDMO использует кусочно-линейную модель, в которой реальные данные разделены на несколько интервалов и характеристики в каждом интервале принимаются линейными. Эта кусочно-линейная модель предполагает возможность

изменения характеристических уравнений в зависимости от объема производства.

DDMO разделяет данные, автоматически выделяя блоки и определяя их границы таким образом, чтобы минимизировать ошибки моделирования.

Характеристический анализ

На данном шаге актуальные данные переменных, ассоциированных с оборудованием, анализируются и выделяются все характеристические уравнения, представляющие зависимости между переменными. Существует несколько зависимостей, которым должны подчиняться множество величин, например материальный баланс, и они должны быть записаны как уравнения связи в задачах оптимизации. Данные зависимости получаются автоматически на данном этапе. Когда для представления имеющихся данных необходимо несколько характеристических уравнений, их количество определяется автоматически и характеристические уравнения выделяются соответственно.

Корректировка параметров

Смещение характеристических уравнений может быть скорректировано для улучшения точности расчета улучшения

оперативных показателей посредством оптимизации. Основываясь на текущих эксплуатационных данных во время моделирования оптимизации, смещение может корректироваться автоматически или могут подстраиваться верхние и нижние пределы переменных. При моделировании предыдущих периодов для корректировки могут использоваться ранее собранные данные. При прогнозном моделировании для корректировки могут использоваться текущие данные процесса.

Конвертирование формата в задачу оптимизации

Характеристическое уравнение, полученное с помощью DDMO состоит из нескольких прямых линий в соответствии с разбиением. Для решения данного уравнения в рамках задачи оптимизации на полном интервале значений переменных, формулы из каждого кусочного интервала унифицируются, а также для них указываются граничные условия, для обеспечения единственности решения в любой точке. Эта конвертация позволяет проводить оптимизацию на участках между разными интервалами. После результат выгружается в виде программы, написанной на языке среды оптимизации.

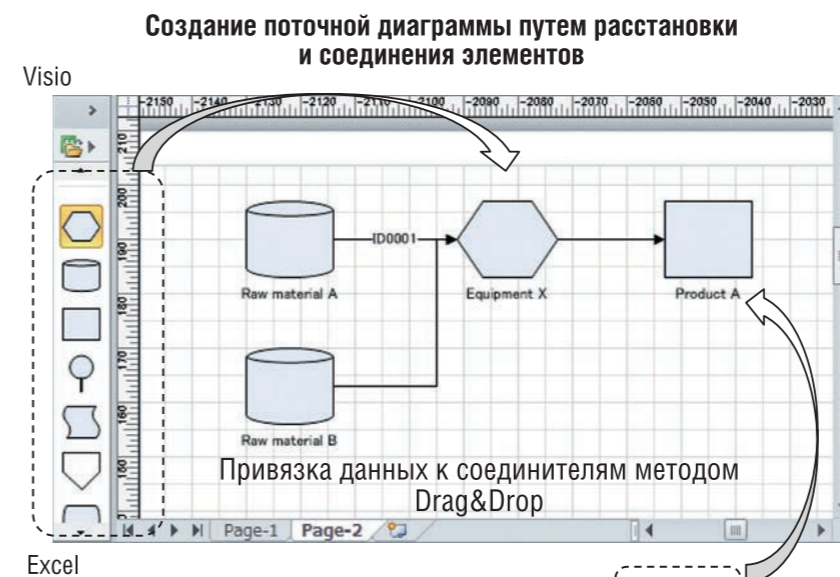
Программный инструмент DDMO

Yokogawa разработала инструмент для последовательной обработки данных процесса и последующего определения потенциала улучшения рабочих характеристик в едином интерфейсе.

Обычно инженеры вручную создавали модели оборудования предприятия и собирали все эти модели для создания сетевой модели завода. Эта процедура требовала больших трудозатрат.

Новый программный инструмент (рис. 3) позволяет избежать необходимости заранее создавать модели оборудования. Модели оборудования создаются автоматически после создания поточной диаграммы процесса (схема, представляющая потоки энергии и продуктов через производственные установки) и указания связи

РИС. 3. Окна клиентского интерфейса

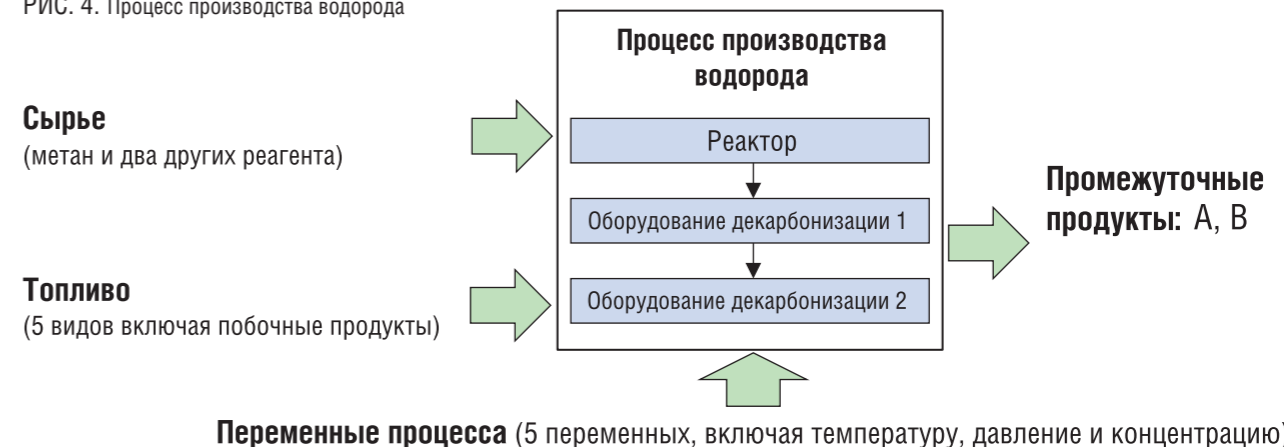


Tag ID	Outlier	ID0001	ID0002	ID0003	ID0004	ID0005
Dead Time						
Relationship						
Tag Name		F100.PV	F200.PV	F300.PV	F400.PV	F500.PV
Equipment Name						
Comment 1		Flow rate of raw material A	Flow rate of raw material B	Flow rate of raw material C	Flow rate of product A	Flow rate of product B
Comment 2						
Unit						
upper bound						
lower bound						
2013/11/1 0:00		0.6206944	0.3495058	0.2189411	0.6549337	0.2466598
2013/11/1 1:00		0.5606835	0.8795061	0.953943	0.8392889	0.4306835
2013/11/1 2:00		0.7536723	0.11167	0.0925454	0.2121801	0.4379889
2013/11/1 3:00		0.4508317	0.9752817	0.4767521	0.5677286	0.2218724
2013/11/1 4:00		0.5209528	0.622338	0.7143913	0.5779883	0.5691295
2013/11/1 5:00		0.9804718	0.1378236	0.3432081	0.63396	0.0628063

между соединителями поточной диаграммы и реальными данными в интерфейсе пользователя. Далее этот инструмент может быть использован для расчета оптимизации и оценки результатов.

Как клиентское приложение для создания поточных диаграмм и обработки данных процесса данный инструмент использует Microsoft Visio и Excel, оба приложения знакомы пользователям.

РИС. 4. Процесс производства водорода



Верхняя часть рис. 3 показывает, что поточная диаграмма создается расстановкой и соединением подготовленных шаблонов, таких как оборудование, потребность/баланс и источник/хранилище в Visio.

Нижняя часть рис. 3 демонстрирует, что производственные данные подготовлены в Excel и связаны с соединителями в Visio методом drag&drop.

После того как поточные диаграммы построены и данные процесса подготовлены, можно создать модели оборудования и оценить эффект от оптимизации.

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Сокращение трудозатрат

Сначала мы проверили, сколько человеко-часов может быть сэкономлено при моделировании с помощью данного инструмента. Мы взяли прошлый проект, в котором завод был целиком смоделирован инженерами вручную и рассчитали, какие трудозатраты были бы нужны при моделировании с использованием данного инструмента. Рассматривалось большое количество установок, для описания задачи оптимизации требовалось 20 000 переменных. Результат показал, что использование инструмента DDMO позволяет создать модель со сравнимой точностью, при этом значительно снизив трудозатраты.

Снижение энергопотребления

Следующий пример – оптимизация процесса производства водорода, основанная на сокращении издержек при сохранении качества.

РИС. 5. Реальные данные и расчет по модели для производства водорода

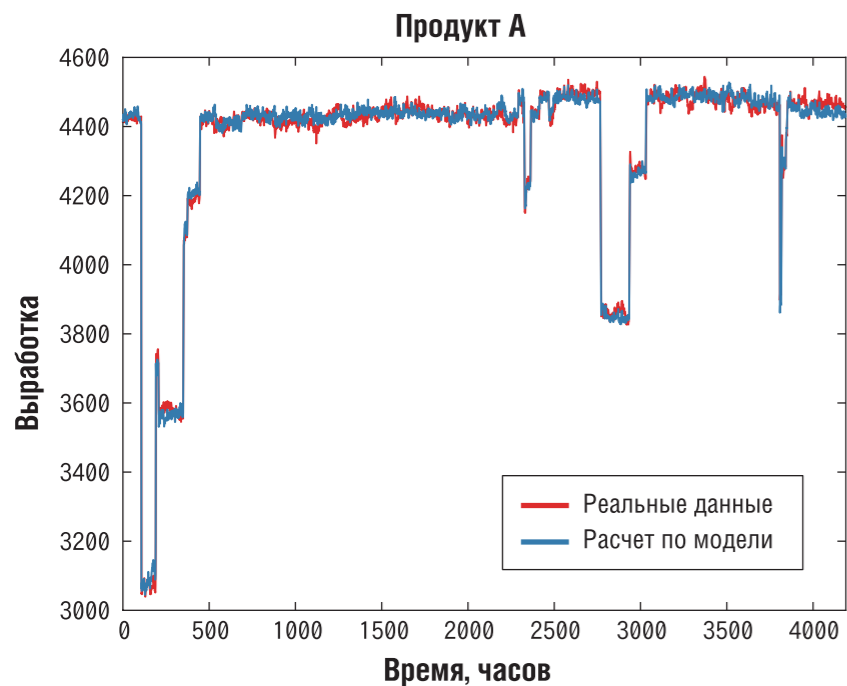


РИС. 6. Результаты оптимизации

Переменные	Затраты	Изменения при оптимизации
Промежуточный продукт А		→
Промежуточный продукт В		→
Сырье А	✓	↓
Сырье В	✓	↓
Сырье С	✓	↓
Температура в реакторе		↑
Давление в реакторе А		↓
Давление в реакторе В		↓
Температура воздуха		→
Концентрация кислорода		↓
Топливо А	✓	↑
Топливо В	✓	↓
Топливо С	✓	↑
Топливо D	✓	→
Топливо E	✓	→

Как показано на рис. 4, метан и другое сырье реагирует в реакторе с выделением газовой смеси, состоящей из промежуточных продуктов (А и В). Закупленное топливо и побочные продукты, восстановленные и переработанные на поздних стадиях, используются для нагрева реактора. В дополнение к этим вводным и выводным переменным, пять параметров процесса, включая

температуру, давление и концентрацию, использовались для моделирования процесса. Для определения точности построенной модели, данные процесса были заменены на характеристические уравнения и посчитаны потоки промежуточных продуктов А и В. На рис. 5 показаны реальные данные процесса и полученные на модели для промежуточного продукта А. Точность модели определялась

в виде средней абсолютной ошибки в процентах. На рис. 6 показаны эффекты оптимизации, рассчитанные на данной модели. Общая стоимость сырья и топлива была минимизирована при условии сохранения выработки промежуточных продуктов на том же уровне, что и в актуальных данных процесса. Эти условия были заданы для сохранения объема производства и качества (структурный коэффициент) промежуточных продуктов. Правая колонка рис. 6 демонстрирует изменения, полученные от оптимизации. Детальная информация об эффектах оптимизации не показана, так как содержит специфичную информацию заказчика. Оценка показывает, что более высокая температура реактора повышает затраты на топливо, но в свою очередь увеличивает выработку, а следовательно, уменьшает затраты на сырье. Как результат совокупные производственные издержки могут быть сокращены на 300 тыс. долларов в год.

В данной симуляции верхний и нижний пределы температуры и давления были определены основываясь на реальных данных. Также возможно оценить эффект от подъема температуры выше верхнего предела, что значит экстраполяция модели в температурный диапазон, для которого нет реальных производственных данных, что может привести к появлению различных связанных проблем, включая статистическую, связанную со сложностью оценки правильности результатов, и физическую, связанную с ухудшением характеристик реактора от повышенных температур. Как бы то ни было, этот метод может быть использован как инструмент для изучения возможности ресурсосбережения за пределами текущего диапазона эксплуатации. ●

Наименования организаций и продуктов, упомянутые в статье являются зарегистрированными торговыми марками соответствующих правообладателей.

KEYWORDS: energy consumption, product quality, optimization of algorithms, oil and gas companies, the Internet of things.



ВОПРОСЫ О «СВЯЗЯХ» НЕМЕЦКИХ ПОЛИТИКОВ С «РОССИЙСКИМ ТРУБОПРОВОДОМ»

theguardian

Филип Олтерманн

Вокруг кандидата, претендующего на должность следующего министра финансов Германии, возникают вопросы по поводу его возможной причастности к лоббированию газопровода «Северный поток-2», на фоне того как его партия вступает в решающие переговоры о формировании нового правительства.



Электронное письмо, активно пропагандирующее преимущества «Северного потока-2», было отправлено через неделю после выборов группе европейских аналитических центров. Автором письма, обещающего, что «Северный поток-2» снизит на 32% оптовую цену газовых закупок ЕС к 2020 г. и что «не будет юридической необходимости в соглашении между ЕС и Россией», чтобы дать добро на проект, является бывший посол Германии со связями с СвДП Ф.Эльбе. Поскольку СДПГ, вероятно, уйдет в оппозицию, политики из партии Меркель начали обещать более критический подход

к проекту, поддерживаемому Россией. «Понятно, что новое правительство будет гораздо более критично настроено в отношении проекта, чем предыдущее», – заявил политик от ХДС Н. Рёттген.

СДЕЛКА РОСНЕФТИ УКРЕПЛЯЕТ РОССИЙСКО-КИТАЙСКИЕ ОТНОШЕНИЯ

FT FINANCIAL TIMES

Генри Фой

Роснефть договорилась со своим новым партнером CEFC China Energy о поставке ему почти 61 тонны нефти в ближайшие пять лет. Это укрепит самые важные корпоративные узы в рамках активно развивающихся отношений между Москвой и Пекином.

Россия заинтересована в укреплении связей со своим восточным соседом, т.к. ее отношения с Западом испортились в последние годы. Она поощряет свои энергетические компании к заключению торговых и инвестиционных сделок с китайскими партнерами и пытается получить финансирование у китайских заимодателей, чтобы заместить перерезанные кредитные линии.

В то же время Китай – крупнейший импортер нефти в мире – считает огромные российские запасы энергетических ресурсов полезными для создания интегрированной цепочки поставок сырой нефти. Сделка вступит в силу 1 января.

ВОКРУГ РОССИИ ВОЗНИКАЕТ «ГИГАНТСКАЯ ТОКСИЧНАЯ ЗОНА»

DIE WELT

Эдуард Штайнер

Новые американские санкции, направленные против российских компаний, нависли над Европой, подобно дамклову мечу. Госдепартамент США представил новый санкционный список с перечнем из 33 российских компаний, большинство из которых представляют оборонную отрасль. Теперь им грозят ограничения, связанные с выдачей кредитов, и ужесточение въездных процедур для менеджеров. В этот список также вошли ФСБ, СВР и ГРУ. Тем самым американцы дают понять, что не стремятся к активному сотрудничеству с русскими в деле борьбы с терроризмом.



Теперь запрет на сотрудничество и инвестиции для граждан США затронет и международные проекты, если доля участия в них российских компаний превышает 33%. Коснутся эти ограничения, в том числе, проектов в Норвегии и Мексике. «Теперь и иностранные компании будут взяты в заложники», – съязвил замминистра иностранных дел С. Рябков. Против большинства предприятий оборонного сектора и так давно введены санкции, они уже успели приспособиться, заявил министр торговли РФ Д. Мантуров.

Однако среди самих компаний царят напряженность и осторожность. Немецкий бизнес также напуган последствиями новых санкций и пока не торопится с инвестициями в РФ.

Наряду с оборонным сектором CAATS затрагивает целый ряд других отраслей: железнодорожные перевозки, транспортный, металлургический и горнодобывающий сектор, а также нефтегазовую промышленность. ●

РАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Алгоритмическое обеспечение для разработки автоматизированной системы анализа технического состояния объектов трубопроводного транспорта

В РАБОТЕ ПРЕДЛОЖЕНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА, ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И В СЛУЧАЕ НЕОБХОДИМОСТИ РЕМОНТА НА ОСНОВЕ СОЧЕТАНИЯ ДОЛГОСРОЧНОГО И КРАТКОСРОЧНОГО ОЦЕНИВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОБЪЕКТОВ

IN THIS PAPER WE PROPOSE A MODEL OF FORECASTING OF INDICATORS OF TECHNICAL CONDITION OF PIPELINE TRANSPORTATION, THE CHOICE OF A RATIONAL STRATEGY OF OPERATION AND, IF NECESSARY, REPAIR THROUGH A COMBINATION OF LONG-TERM AND SHORT-TERM PERFORMANCE EVALUATION FACILITIES

Ключевые слова: техническое состояние, объекты трубопроводного транспорта, коэффициент готовности, работоспособность объекта, период эксплуатации.

**Субботин Владимир
Анатольевич,**
генеральный директор
ООО «Газпром трансгаз Самара»

**Колотилев Юрий
Васильевич,**
профессор кафедры
«Нефтепродуктообеспечение
и газоснабжение»
РГУ нефти и газа (национальный
исследовательский университет)
имени И.М. Губкина,
д.т.н.

**Лим Владимир
Григорьевич,**
доцент кафедры
«Информационные технологии
и безопасность»
Астраханского государственного
университета,
к.т.н.

Целями построения модели являются: прогнозная оценка показателей технического состояния объектов и их элементов, комплексного показателя технического состояния в целом и выбор рациональной стратегии эксплуатации объектов на прогнозируемый период, включая определение критических элементов, требующих ремонта.

В качестве показателя работоспособности объекта в целом целесообразно использовать коэффициент готовности (K_p) – вероятность того, что объекты трубопроводного транспорта будут находиться в работоспособном состоянии в произвольный момент времени в течение установленного периода эксплуатации.

Для оценки вклада каждого из отдельных объектов в величину этого показателя и построения функциональной зависимости характеристики организационно-

технологической надежности (ОТН) системы от надежности отдельных ее объектов логично соотнести с перечнем решаемых задач, в интересах выполнения которых и обеспечивается технологическая работоспособность.

В соответствии с основными задачами прогнозирования показателей технического состояния объектов трубопроводного транспорта наиболее укрупненное деление может быть следующим [1–7]:

- строительно-экологический мониторинг, инструментальный контроль и инженерная диагностика;
- экспертиза промышленной безопасности объектов трубопроводного транспорта;
- расчет и анализ показателей ОТН объектов трубопроводного транспорта;
- проектные работы по ремонту объектов трубопроводного транспорта;
- строительно-монтажные работы в процессе производства ремонта объектов трубопроводного транспорта.

Очевидно, что для решения каждой из перечисленных задач имеет свое значение. Показатель, характеризующий техническую готовность объекта, должен представлять из себя свертку

показателей технического состояния и надежности объектов, входящих в состав системы трубопроводного транспорта. При этом для каждого объекта должны учитываться характеристики, определяющие степень надежности объекта (внутренние) и важность данного объекта в общем перечне объектов системы (внешние). В качестве внутренних характеристик логично использовать коэффициенты готовности K_{pz} , $Z = 1, 2, \dots, N$ – количество выбранных объектов системы.

Выбор внешних характеристик связан с учетом вклада отдельных объектов в готовность системы в целом и с получением функциональной зависимости K_{pc} от K_{pz} . Построение точной функциональной зависимости K_{pc} от K_{pz} трудновыполнимо из-за различий техногенных объектов, особенностей их конструкции и решаемых ими задач. Поэтому важность каждого из объектов системы целесообразно задать коэффициентом значимости данного объекта K_{ez} (определяется методом экспертных оценок). Тогда при нормированных K_{ez} :

$$K_{pc} = \sum_{Z=1,N} K_{ez} \cdot K_{pz}; \quad (1)$$

$$\sum_{Z=1,N} K_{ez} = 1.$$

При разработке модели приняты следующие исходные положения, допущения и ограничения:

- 1) Критерием работоспособного состояния подсистемы является работоспособное состояние всех ее элементов.
- 2) Для каждого элемента подсистемы определено состояние отказа или неработоспособного состояния, при котором выходной эффект данной подсистемы будет ниже заданного уровня.
- 3) Отказы элементов подсистемы – независимые события, связанные со старением и износом в процессе эксплуатации.
- 4) Интенсивность отказов элементов на предыдущих по рассмотрению этапах эксплуатации известна и может быть оценена на последующих этапах путем обработки статистических данных эксплуатации.
- 5) Функции распределения времени восстановления элементов после отказов, а также продолжительность плановых ремонтов элементов подсистем по состоянию на момент рассмотрения известны.

6) Процесс эксплуатации элементов подсистем предполагает комплекс мероприятий по поддержанию технического состояния и обеспечению надежности данных элементов, а также определенные затраты для обеспечения данных мероприятий, которые можно выразить конкретными значениями финансовых показателей.

7) Стоимость, выраженная в денежных единицах, и продолжительность проведения каждого мероприятия по поддержанию технического состояния и обеспечению надежности элементов подсистем известны.

8) Влияние выполнения каждого мероприятия по поддержанию технического состояния и обеспечению надежности элементов подсистем на показатели надежности данных элементов для предшествующих рассмотрению периодов эксплуатации известно, т.е. имеются количественные оценки изменений интенсивности отказов, продолжительности времени восстановления элементов подсистем и т.д.

9) Комплекс мероприятий по поддержанию технического состояния и обеспечению надежности элементов подсистем может содержать: проведение контроля и диагностики, оценка показателей надежности; определение причин возникновения отказов, разработка и проведение мероприятий по их устранению; ремонт объектов и замена отдельных конструктивных элементов; обеспечение требуемых условий эксплуатации; определение влияния условий и режимов эксплуатации объектов на их надежность; установление новых или продление гарантийных сроков эксплуатации; проведение ремонтно-восстановительных работ; проведение работ по техническому обслуживанию; определение номенклатуры и количества, пополнение запасных изделий (частей), инструмента и материалов; проведение мероприятий по защите от воздействия внешней среды; разработка и совершенствование методов эксплуатации, корректировка соответствующей технической документации; определение и обеспечение режимов рационального использования и хранения комплектующих изделий;

составление показателей надежности изделий, изготовленных различными предприятиями.

10) Стратегия эксплуатации системы трубопроводного транспорта (отдельного объекта или подсистемы) – выбор и распределение мероприятий по поддержанию технического состояния и обеспечению надежности на заданном уровне подсистем (элементов подсистем) и, соответственно, распределение материально-технических и денежных средств, проводимое с целью рационального использования ресурса эксплуатируемых систем трубопроводного транспорта и сокращения затрат.

При принятых допущениях подсистему можно представить системой с последовательной структурой с восстановлением (последовательное соединение M ремонтируемых элементов).

Техногенные объекты в составе подсистем могут иметь более сложную структуру, но в общем случае, учитывая резервирование отдельных элементов подсистем, могут быть описаны последовательно-параллельными схемами.

Коэффициент готовности системы с последовательной структурой с восстановлением находится как произведение коэффициентов готовности ее элементов и для Z -ой подсистемы равен:

$$K_{pz} = \prod_{i=1,M} K_{pzi}. \quad (2)$$

При этом необходимо отметить разницу при оценивании коэффициентов готовности (как системного, так и элементов) для долгосрочного и краткосрочного прогноза характеристик надежности.

В этом случае элементы подсистемы имеют ВФИ-распределение (возрастающая функция интенсивности отказов) времени безотказной работы. Класс ВФИ-распределений является довольно широким и включает в себя такие часто используемые параметрические семейства, как экспоненциальное, усеченное нормальное, вейбулловское распределение и др. При обосновании выбора одного из названных распределений с соответствующими параметрами можно решать задачу прогноза

УДК 621.646



темпов изменения показателей технического состояния объектов трубопроводного транспорта. Для решения практических задач необходима корректировка модели и получение промежуточных достоверных значений оценок и краткосрочных прогнозов технического состояния с использованием новых данных, полученных по результатам отработки и моделирования исследуемых объектов.

Во втором случае рассматривается такой период эксплуатации подсистемы (T_{E2}), на котором для оценки K_{PZ} можно принять неизменными интенсивности отказов и восстановления. В этом случае использование экспоненциального распределения времени безотказной работы и связанных с ним методов оценки надежности является оправданным и удобным.

В основе построения данной модели прогнозирования темпов изменения показателей технического состояния объектов трубопроводного транспорта лежит использование сочетания долгосрочного и краткосрочного оценивания K_{PZ} [8–10]. При этом отслеживается общая тенденция изменения интенсивности потока отказов элементов подсистем на периоде T_E , и на ее основе с учетом новых данных эксплуатации и моделирования производится оценка K_{PZE} , выбор рациональной стратегии эксплуатации и соответствующая корректировка снижения надежности на период T_{E3} .

Продолжительность периода долгосрочного прогноза T_E связана со средней продолжительностью жизненного цикла подсистем и с учетом возможных продлений срока эксплуатации может быть выбрана в пределах 20–30 лет.

Выбор продолжительности периода краткосрочного прогноза диктуется практикой сбора и обобщения статистических данных эксплуатации, периодичностью проведения мероприятий по обеспечению надежности, а также принятым периодом финансирования, чему, как правило, соответствует 3–5 лет.

Поскольку при расчетах системных показателей надежности приходится иметь дело с оценками показателей надежности элементов

системы, полученных различными способами (статистика испытаний и эксплуатации, моделирование и т.д.) и на основании различных объемов статистических данных, то для обеспечения достоверности результатов целесообразно использование доверительных оценок с заданной доверительной вероятностью [11, 12].

Результаты моделирования также дают обоснованные основания для решения о продлении или прекращении эксплуатации подсистем, значения K_P которых в предстоящем или следующих периодах эксплуатации опускаются ниже критического уровня.

Решение о прекращении эксплуатации Z -ой подсистемы может быть принято на основе следующих данных прогнозирования:

1) K_{PZ} подсистемы в следующем прогнозируемом периоде снижается ниже критического уровня;

2) стоимость компенсации снижения K_{PZ} подсистемы до требуемого уровня выше заданной.

При заданных значениях критических уровней $K_{PZ.CP}$ значение критического уровня системы $K_{P.CP.S}$ определяется выражением:

$$K_{P.CP.S} = \sum_{Z=1, N} K_{Ez} \cdot K_{PZ.CP} \quad (3)$$

Поэтому при оптимальном распределении выделенного ресурса на очередной период эксплуатации решающим правилом для лица, принимающего решение [13–15], по которому проводится оценка целесообразности замены элемента подсистемы (объекта трубопроводного транспорта), является снижение прогнозного значения $K_{P.S}$ ниже $K_{P.CP.S}$. При возникновении такого события из приведенного выражения определяется подсистема или подсистемы с K_{PZ} ниже $K_{PZ.CP}$. Далее анализируется прогнозное состояние критических элементов данных подсистем.

Общий алгоритм выбора рациональной стратегии эксплуатации может быть реализован как на весь период T_E , так и на отдельных его участках. Оптимальное прогнозирование с помощью описанной модели будет при периодической ее коррекции (с периодом T_{E3}) по результатам реальной эксплуатации и моделирования.

Для калибровки модели при выборе нижних доверительных оценок коэффициентов готовности подсистем трубопроводного транспорта целесообразно использовать результаты имитационного моделирования и известные статистические методы. ●

Литература

1. Антипов В.И., Бахмат Г.В., Земленков Ю.Д. Техническая и параметрическая диагностика в трубопроводных системах. – Тюмень: Вектор Бук, 2002. – 432 с.
2. Хренов Н.Н. Основы комплексной диагностики северных трубопроводов. Наземные исследования. – М.: Газоил пресс, 2005. – 608 с.
3. СТО Газпром 2-2.3-412-2010. Инструкция по определению потенциально опасных стресс-коррозионных участков и техническому диагностированию технологических трубопроводов газа компрессорных станций. – М.: Газпром экспло, 2010. – 33 с.
4. СТО Газпром РД 1.10-098-2004. Методика проведения комплексного диагностирования трубопроводов и обвязок технологического оборудования газораспределительных станций магистральных газопроводов. – М.: ИРЦ Газпром, 2004. – 68 с.
5. Костюков В.Е., Ващев Ю.В., Вышиванный И.Г. и др. Диагностика и мониторинг технического состояния газопроводов при обеспечении надежности, экологической безопасности и управляемости транспорта газа. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет (НГТУ), 2007. – 204 с.
6. Шаммазов А.М., Мастоаев Б.Н., Писаревский В.М. и др. Основы технической диагностики трубопроводных систем нефти и газа. – СПб.: Недра, 2009. – 511 с.
7. Р Газпром 2-2.3-922-2015. Экспертиза промышленной безопасности технологических трубопроводов и оборудования компрессорных станций ОАО «Газпром». Основные требования. – М.: Газпром экспло, 2014. – 19 с.
8. Павлов И.В. Статистические методы оценки надежности сложных систем по результатам испытаний. – М.: Радио и связь, 1982. – 168 с.
9. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Политехника, 2000. – 248 с.
10. Харионовский В.В. Надежность и ресурс конструкций газопроводов. – М.: Недра, 2000. – 467 с.
11. Труханов В. М. Методы обеспечения надежности изделий машиностроения. – М.: Машиностроение, 1995. – 336 с.
12. Шор Я.Б., Кузьмин Ф.И. Таблицы для анализа анализа и контроля надежности. – М.: Советское радио, 1968. – 288 с.
13. Демидова Л.А., Кираковский В.В., Пылькин А.Н. Принятие решений в условиях неопределенности. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 288 с.
14. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде. Количественный подход. – М.: Физматлит, 2005. – 176 с.
15. Трахтенгерц Э.А., Степин Ю.П. Методы компьютерной поддержки формирования целей и стратегий в нефтегазовой промышленности. – М.: Синтез, 2007. – 344 с.

KEYWORDS: *the technical condition of the objects of pipeline transport, uptime, performance object, the operation period.*

О ЧЕМ ПИСАЛ Neftegaz.RU 10 ЛЕТ НАЗАД...

Связаны трубами Прикаспийского газопровода

В декабре 2007 г., утвердив договор о строительстве Прикаспийского трубопровода, Россия смогла добиться от среднеазиатских партнеров газовой лояльности и заставить задуматься Европу и США, чем они будут заполнять «Nabucco».

В соответствии с соглашением вдоль побережья Каспия должно было начаться строительство трубопроводных магистралей. Под проектом строительства Прикаспийского газопровода понималась реконструкция существующего газопровода Окарем-Бейнеу, а также самого САЦ. Ожидалось, что это позволит нарастить транспортные мощности по экспорту газа из Средней Азии в Европу до 75–85 млрд м³ газа/год. Стороны рассчитывали, что газопровод будет введен в действие не позднее конца 2010 г.



Комментарий Neftegaz.RU

Расчеты Казахстана заработать на транзите туркменского газа по своей территории в Россию не сбылись. Одним из итогов визита президента РФ Д. Медведева в Туркменистан в 2010 г. стало решение о замораживании проекта, ведь изначально предполагалось, что Прикаспийский трубопровод будет соединен с South Stream, который также не удалось реализовать. В 2007 г. рынок был «голоден», а Россия была готова перекупать газ в Центральной Азии и пускать его по своей территории, чтобы убрать

конкурентов. В январе 2017 г. состоялось очередное заседание Специальной рабочей группы по разработке Конвенции о правовом статусе Каспийского моря, где ожидалось обсуждение, в том числе, перспектив разморозки проекта, но революционных решений не случилось.

Южно-Русское месторождение запущено в эксплуатацию

18 декабря 2007 г. Южно-Русское месторождение начало свою работу. Запасы газа – более 1 трлн м³, в работе 34 скважины, из которых будет добываться 20 млн м³ газа ежедневно.

По словам А. Медведева, общий объем капиталовложений в месторождение составит около 2 млрд руб., при этом доля экономического участия немецкого BASF на всем протяжении реализации проекта будет составлять 35%. В скором времени к проекту присоединится и E.ON.

Комментарий Neftegaz.RU

В августе 2009 г. Южно-Русское месторождение вышло на проектную мощность в 25 млрд м³/год газа. На сегодняшний день оно служит основной ресурсной базой для магистрального газопровода «Северный поток». Сделка с E.ON Ruhrgas состоялась и позволила Газпрому консолидировать пакет в 2,95% собственных акций, ранее находившийся в распоряжении немецкой компании. В 2012 г. на Южно-Русском НГКМ была начата добыча газа туронской газовой залежи, относящейся к ТРИЗ, в опытно-промышленной разработке – туронская залежь.



Пустые трубы в обход России

В 2007 г. администрация Дж. Буша проводила «трубопроводную дипломатию» и пыталась организовать поставки энергоносителей в Европу в обход России, но рисковала столкнуться с дефицитом нефти и газа для своих «альтернативных» проектов.



«Остается неясным, имеются ли в достаточном количестве поставки нефти и газа для поддерживаемых США альтернативных маршрутов», – подчеркивалось в докладе исследовательской группы конгресса США, где отмечалось, что в отличие от «американских» трубопроводов, поддерживаемые Россией проекты выглядят более перспективными.

Комментарий Neftegaz.RU

Такая «трубопроводная дипломатия» реализуется США по сей день с переменным успехом. Так, трубопровод «Nabucco» – малоцелесообразный проект ЕС, который активно поддерживали США с целью создать альтернативный путь поставок среднеазиатского газа в обход России, был закрыт в 2013 г. Еще один проамериканский проект трубопровода Турция-Греция-Италия заглох в 2009 г. Но и России за последние годы пришлось попрощаться и с Прикаспийским газопроводом и с многострадальным «Южным потоком». ●

- ▶ Термошкафы и термочехлы. Обогреватели
- ▶ Предизолированные пучки технологических трубок
- ▶ Приборы контроля уровня и расхода
- ▶ Оборудование КОБОЛД
- ▶ Комплексный подход



Термошкафы и термочехлы

- Термошкафы стеклопластиковые и металлические RizurBox
- Термочехлы РИЗУР для КИПиА
- Козырьки защитные стеклопластиковые и металлические
- Термочехлы и кожухи для фланцевых соединений и арматуры



Приборы контроля уровня и расхода

- Ультразвуковой сигнализатор уровня РИЗУР-900
- Байпасные индикаторы уровня РИЗУР-NBK
- Овально-шестереночные расходомеры РИЗУР-ДОМ
- Ультразвуковые и рефлекс-радарные уровнемеры серий РИЗУР-1000, РИЗУР-1300, РИЗУР-2000

Обогреватели и терморегуляторы

- Обогреватели взрывозащищенные ОША-Р, Оур, Оур-ПЛ, ОНП
- Кабель греющий саморегулирующийся РИЗУР-СГЛ
- Сверхнадежные взрывозащищенные обогреватели РИЗУР-Арктик, РИЗУР-ТЕРМ
- Цифровые терморегуляторы РИЗУР-ЦСУ2, РИЗУР-ТБ-ЦСУ



с цифровым регулятором

Визуальные индикаторы потока серии РИЗУР-ВИП

- Индикаторы потока со смотровым стеклом
- Индикаторы потока с крыльчаткой
- Индикаторы потока с заслонкой (защита от обратного хода)
- Индикаторы потока с шариковой индикацией



Предизолированные пучки технологических трубок RizurPak

- Утепленные с электрическим обогревом RizurPak-E
- Утепленные с паровым обогревом RizurPak-H, RizurPak-L
- Утепленные и неутепленные без обогрева RizurPak-S



Комплексный подход

- Предлагаем комплексные решения по обогреву любых типов контрольно измерительного оборудования, анализаторов и оборудования автоматики.
- Реализуем полный спектр услуг от предварительного моделирования/проектирования до поставки оборудования и шеф-монтажа на объекте установки.

«МАРЬИН ОСТРОВ» – зимняя сказка Горного Алтая



ЗИМА – ПОРА АКТИВНОГО ОТДЫХА, СЕМЕЙНОГО УЮТА И НОВОГОДНЕЙ СКАЗКИ. ПРОВЕСТИ ВРЕМЯ В КРУГУ РОДНЫХ И БЛИЗКИХ ВДАЛИ ОТ ЕЖЕДНЕВНОЙ СУЕТЫ ЖЕЛАЕТ КАЖДОЕ СЕМЕЙСТВО. И ЗИМОЙ ЛУЧШИМ МЕСТОМ ДЛЯ ЭТОГО ЯВЛЯЕТСЯ ЭКО-КУРОРТ «МАРЬИН ОСТРОВ». КОМПЛЕКС ЕВРОПЕЙСКОГО УРОВНЯ ТАКЖЕ ТРАДИЦИОННЫЕ ДЛЯ РУССКОЙ ДУШИ ЦЕННОСТИ. БОЛЬШОЕ КОЛИЧЕСТВО ВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ И ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕДУР НА ОСНОВЕ ДАРОВ ПРИРОДЫ, ДЕРЕВЕНСКАЯ КУХНЯ, АЛТАЙСКИЕ БЛЮДА ИЗ БАРАНИНЫ И МАРАЛЯТИНЫ, ПРОГУЛКИ ПО ХВОЙНОМУ ЛЕСУ, СЕМЕЙНЫЕ ПРАЗДНЕСТВА С ВЕСЕЛЬЕМ И ВОЛШЕБСТВОМ

WINTER IS THE TIME OF LEISURE ACTIVITIES, FAMILY AFFECTION AND OF A NEW YEAR'S FAIRY TALE. EVERY FAMILY DESIRES TO SPEND TIME WITH RELATIVES AND FRIENDS FAR AWAY FROM THE DAILY BUSTLE. AND IN THE WINTER THE ECO-RESORT "MARYIN OSTROV" IS THE BEST PLACE FOR THIS. A EUROPEAN LEVEL COMPLEX KEEPS TRADITIONAL FOR THE RUSSIAN SOUL VALUES. A LARGE NUMBER OF HEALING AND HEALTH-IMPROVING PRACTICES THAT ARE BASED ON THE GIFTS OF THE NATURE, RUSTIC CUISINE, ALTAIC DISHES OF MUTTON AND MARAL MEAT WALKS IN THE CONIFEROUS WOODS, FAMILY FESTIVALS FULL OF FUN AND MAGIC

Ключевые слова: Горный Алтай, эко-курорт, оздоровительные процедуры, туризм, отдых на природе.

**Марьин Никита
Геннадьевич,
Генеральный директор
ЭКО-КУРОРТА**

Горный Алтай – место невероятной красоты. Его часто называют «Русской Швейцарией» и даже «Русским Непалом». Массивные горы, шумные реки, бирюзовые озера, цветущие долины. Горный Алтай гармонично соединяет восток с западом, сохраняя свою уникальность и притягивая туристов со всего мира. Именно здесь расположен эко-курорт «Марьин Остров». Он находится в Чемальской долине, которая славится не только красотой природы, но и уникальным целебным климатом.

Зимой Горный Алтай манит заснеженными вершинами и белоснежными равнинами. Многие едут сюда за оздоровительным отдыхом, активными прогулками и за глотком чистого воздуха, образец которого присутствует в «Эталонной палате». Такой воздух особенный, он насыщен большим количеством легких ионов, терпенов, фитонцидов, которые благотворно влияют на организм. «Марьин Остров» уютно спрятан от посторонних глаз – он окружен горным массивом с одной стороны

и бурной рекой с другой. Звуки шумящей воды дарят покой и крепкий здоровый сон.

Гостеприимство и комфорт

Современный человек устает не только от работы. Сегодня мы перенасыщены общением, нам хочется спокойствия и уединения, природы и тишины. «Марьин Остров» позволяет побыть вдали от шумной толпы, в узком кругу близких по духу людей. Каждый, кто приезжает на Остров, чувствует себя не клиентом, а желанным гостем.

Все на эко-курорте создано с теплом и заботой. В ресторане, шикарном одиннадцатиметровом срубе из кедра, работает главный принцип приготовления блюд – «вкусно, как дома». Деревенское молоко, творог, масло, экологически чистые овощи и фрукты, собственная пасека и чай из алтайских трав. Из таких свежих и качественных продуктов получаются вкусные и полезные блюда.

А в меню есть и блюда алтайской кухни – маралятина, хариус, таймень, колба, – приготовленные шеф-поваром по традиционным рецептам.

Все блюда готовятся на минеральной воде из собственного подземного источника. Эта вода подается в краны во все номера эко-курорта, а также используется в качестве основы для оздоровительных процедур.

Забота о теле

Тело – наш дом на всю жизнь, стоит чаще радовать его. Для такой заботы на территории эко-курорта работает оздоровительный гидротермальный комплекс «Пять стихий».

Стихию воды символизирует большой бассейн, оснащенный гидромассажем, водопадом, аэромассажем и системой противотока. Стихию огня – банный комплекс курорта. Русская баня с печью на дровах, финская сауна, турецкий хаммам. Сочетание всех пяти стихий помогает организму восстановиться. Добавьте к этому ароматерапию, косметические процедуры на основе алтайской, швейцарской и французской косметики – и вы почувствуете себя обновленным!



Современное оздоровление

Только здоровый человек может развиваться, создавать, преумножать, менять мир. Поэтому на эко-курорте «Марьин Остров» создан центр восстановительной медицины «Долголетие». Мы изучаем человека и окружающий мир в единстве двух концепций – восточной и европейской.

Первый шаг – природная программа восстановления энергии. На земле Горного Алтая, в особом энергетическом месте, организму проще снять энергетические блоки, прийти в гармонию с собой.

Второй шаг заключается в использовании лучших научно-технических достижений современной европейской медицины. Специалисты центра оказывают более 50 видов оздоровительных и косметических услуг, а также проводят уникальные процедуры на основе пантов: ванны, обертывания, очистительные процедуры. Мы предлагаем нашим гостям сеансы фитопаротерапии, терапию с втиранием фитомасел, обертывания с применением настоев трав и водорослей и, конечно же, травяной чай с медом.

Дорог много – путь один

Эко-курорт принимает гостей в любое время года, радуя постояльцев сменой пейзажных красок.

Сюда приезжают парами, семьями, целыми поколениями. Организации отправляют сотрудников на эко-курорт: для развития компании нужны здоровые и энергичные работники. Любят «Марьин Остров» и те, кто занимается йогой, телесными практиками. Йога-туры, сра-туры – организованные группы желающих получить от отдыха максимум.

Кажется, «Марьин Остров» – живой. Чувствует, помогает, поддерживает, лечит. Уносит вместе с рекой все печали. Особое место, особенный отдых. Разумный, душевный и осознанный. Он открывает для каждого самое важное, помогает посмотреть на свою жизнь со стороны и выбрать правильную дорогу.

Как говорят на самом эко-курорте, «дорог много, путь один: Россия – Горный Алтай – эко-курорт «Марьин Остров».

KEYWORDS: *Altai mountains, an eco-resort, wellness treatments, tourism, camping.*



Адрес: Республика Алтай,
Чемальский район, п.Чемал,
ул.Уожанская, 58а

Телефон отдела бронирования:

8 (800) 222-01-04

www.marin-ostrov.ru

sale@marin-ostrov.ru

УСИЛЕНИЕ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА И АДАПТИВНАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ТУНДРОВЫХ ПОЧВ



В.Н. Башкин,
доктор биологических наук,
профессор,
главный научный сотрудник
ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и
Института физико-химических
и биологических проблем
почвоведения РАН



Р.В. Галиулин,
доктор географических наук,
ведущий научный сотрудник
Института фундаментальных
проблем биологии РАН



А.К. Арабский,
доктор технических наук,
заместитель главного
инженера ООО «Газпром
добыча Ямбург»

ПОКАЗАНЫ УСИЛЕНИЕ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА И ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПОСЛЕДСТВИЕ, А ТАКЖЕ НАЗВАНЫ ФАКТОРЫ НАРУШЕНИЯ ТУНДРОВЫХ ПОЧВ НА ПОЛУОСТРОВЕ ЯМАЛ (ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ). ПРЕДСТАВЛЕНА АДАПТИВНАЯ К КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ КРАЙНЕГО СЕВЕРА – БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ТУНДРОВЫХ ПОЧВ, КОТОРАЯ УСПЕШНО АПРОБИРОВАНА НА ТАЗОВСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ (ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ)

THE STRENGTHENING OF CLIMATE CONTINENTALITY AND ITS ECOLOGICAL CONSEQUENCE ARE SHOWN AND ALSO FACTORS OF DISTURBANCE OF TUNDRA SOILS ON THE YAMAL PENINSULA (YAMALO-NENETS AUTONOMOUS OKRUG) ARE CALLED. IT IS PRESENTED THE ADAPTIVE TO CLIMATIC CONDITIONS OF THE FAR NORTH – THE BIOGEOCHEMICAL TECHNOLOGY OF RECULTIVATION OF DISTURBED TUNDRA SOILS, WHICH SUCCESSFULLY IS APPROVED ON THE TAZ PENINSULA (YAMALO-NENETS AUTONOMOUS OKRUG)

Ключевые слова: усиление континентальности климата, экологическое последствие, факторы нарушения тундровых почв, биогеохимическая технология рекультивации.

Как известно, континентальный климат характеризуется стабильно жарким летом и стабильно морозной зимой и малым количеством осадков. При этом усиление континентальности климата или повышение индекса этого феномена свидетельствует о грядущем глобальном похолодании, которое может происходить как за счет уменьшения потока солнечной радиации, поступающей на Землю, так и за счет сокращения потока тепла из океана в атмосферу [1–5].

Что касается континентального климата полярных широт, то для него характерны большие годовые колебания температуры воздуха и теплое, но короткое лето, а также очень студеной и длительной зима. Именно в таких климатических условиях Крайнего Севера, и, в частности, в Ямало-Ненецком автономном округе (67°15' с.ш., 74°40' в.д.), где находится самое большое поголовье домашних оленей на Земле и сосредоточены

самые большие запасы природного газа в стране, идет добыча и транспорт этого углеводородного сырья [6]. При этом в процессе подобного рода производственной деятельности не исключаются механические воздействия на почвенно-растительный покров при проезде техники, связанной с осуществлением разведки, бурением скважин и обустройством промыслов. В результате целостность тундровых почв нарушается, так как они частично или полностью лишаются растительного покрова и органогенного слоя, а минеральные нижележащие горизонты выходят на дневную поверхность, то есть нарушается их морфологический профиль [7].

Между тем в Ямало-Ненецком автономном округе в последние годы интенсивно реализуются мероприятия по рекультивации (восстановлению плодородия) нарушенных тундровых почв [7–11]. При этом наибольший эффект дают технологии,

адаптированные к климатическим условиям Крайнего Севера. Именно к таким технологиям можно отнести описанную здесь биогеохимическую технологию рекультивации нарушенных тундровых почв, суть которой заключается в рациональном использовании для этой цели местного торфа и получаемого из него гумата калия (соли гуминовых кислот). В этом случае дозы торфа подбираются в зависимости от гранулометрического состава или полной влагоемкости почв для использования на территориях, различающихся рельефом.

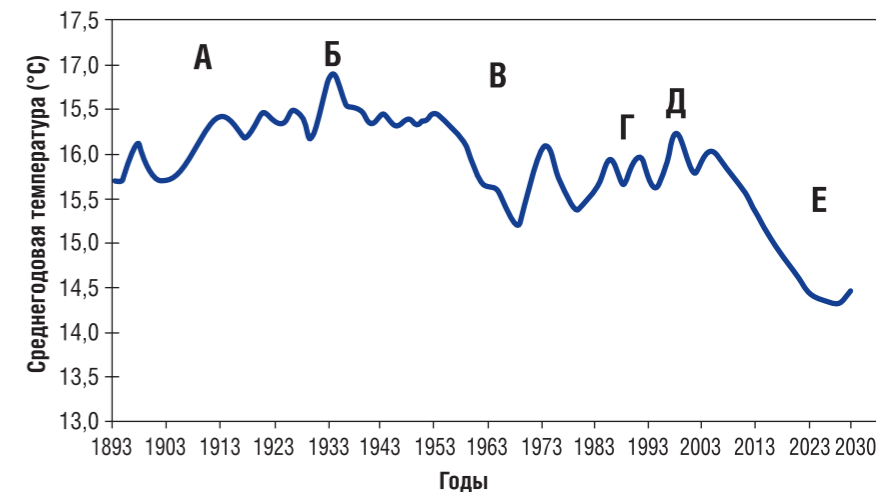
Основная цель данной работы заключалась в анализе, систематизации и обобщении информации, связанной с усилением континентальности климата, его экологическим последствием и факторами нарушения тундровых почв на полуострове Ямал (71° с.ш., 70° в.д.) и, наконец, представлении адаптивной к климатическим условиям Крайнего Севера биогеохимической технологии рекультивации нарушенных тундровых почв.

Усиление континентальности климата

Усиление континентальности климата свидетельствует о наступлении очередного глобального похолодания, что выражается в изменении климата Земли в целом или отдельных ее регионов с течением времени, что выражается в статистически достоверных отклонениях параметров погоды от их многолетних значений за период времени от десятилетий до миллионов лет. Рядом авторов [12–15] было установлено, что изменение климата, в частности в эпоху четвертичного периода – голоцена, которая продолжается последние 11 тыс. лет вплоть до современности, характеризуется сочетаниями периодов похолодания и потепления в различные интервалы времени, что свидетельствует о циклическом характере изменения этого феномена на Земле.

Иллюстрацией приближения периода похолодания служат данные рис. 1, где в рассматриваемом интервале

РИС. 1. Кривая среднегодовой температуры до 2030 г.



А – выход из очередного Малого ледникового периода; Б – теплый период в 1930–1950 гг.; В – резкое похолодание в 1970-е годы; Г – спутниковая регистрация температуры; Д – температурный пик Южной осцилляции (течение Эль-Ниньо) в 1998 г., то есть колебание температуры поверхностного слоя воды в экваториальной части Тихого океана, имеющее заметное влияние на климат; Е – начавшийся и ожидаемый температурный минимум [16]

времени продолжительностью в 137 лет, характеризующемся циклическостью холодных и теплых периодов, с начала 2000-х годов, уже происходит падение температуры, как предвестник очередного Малого ледникового периода [13, 16].

В настоящее время Земля оказалась на пороге повторения такого же Малого ледникового периода, который охватил Северное полушарие в XVII–XVIII веках. Похолодание наступает из-за резкого снижения мощности излучения Солнца как единственного источника энергии для Земли, а следовательно, основного фактора изменения ее климата. Существуют две физические причины для изменений инсоляции (облучения поверхности Земли солнечным светом) на верхнем слое атмосферы – это долгопериодические вариации элементов орбиты Земли и короткопериодические вариации солнечной постоянной, то есть суммарной мощности солнечного излучения, составляющей 1367 Вт/м² [17]. При этом изменение солнечной постоянной измерялись эмпирически только за эпоху спутниковых наблюдений, а на промежутке вплоть до 11 тыс. лет назад (начало голоцена) восстанавливались по содержанию радиоуглерода (изотоп ¹⁴C) в кольцах деревьев. Доказана взаимосвязь циклов солнечной

активности с масштабными изменениями климата на Земле и установлены факты, что при глубоком минимуме солнечной активности происходит похолодание. Считается, что наступление фазы глубокого минимума в нынешней квазидвухвековой циклической деятельности Солнца можно ожидать в начале 27-го (±1) 11-летнего солнечного цикла, ориентировочно в 2043±11 г., что связано с началом эпохи нового 19-го Малого ледникового периода за последние 7500 лет [14].

Между тем усиление континентальности климата как признак наступления очередного глобального похолодания находит подтверждение в работах ряда авторов, проведенных в различных регионах. Так, результаты исследований [1] показали, что в начале XXI в. (2001–2006 гг.) на всех метеостанциях в Тувинской горной области (50–54° с.ш., 89–99° в.д.) наметилась тенденция к повышению индекса континентальности климата (К), определяемого суровостью холодного периода и рассчитываемого по формуле Л. Горчинского:

$$K = (1,7 A / \sin \varphi) - 20,4,$$

где А – годовая амплитуда температуры воздуха; sin – тригонометрическая функция; φ – географическая широта.

УДК 551.56/58+631.4:502.76

Индекс континентальности климата показывает долю годовой амплитуды температуры воздуха в данном районе, которая создается за счет суши. Так, этот показатель для Тувинской горной области составляет 56,3–89,0 единиц.

Согласно [2], в первой декаде нынешнего столетия начался переход северо-атлантической региональной климатической системы к очередному относительно холодному сценарию, который, судя по всему, будет продолжаться до 2030–2035 гг., то есть наметилась тенденция перехода данной системы к новой фазе, по ряду характеристик подобной сценарию 1940–1970-х годов (холодная фаза), который сопровождался усилением континентальности климата на материках. Между тем результаты анализа пространственно-временных изменений температурно-ветрового режима по Северному полушарию, в зоне умеренных широт (30–70° с.ш.) за период 1948–2013 гг., показали, что с начала XXI столетия зимние температуры стали понижаться, а летние, начиная с 1975 г., наоборот, возрастать в широтной зоне 50–70° с.ш., что может свидетельствовать об усилении континентальности климата [3]. Исследования [4], проведенные в Центральноазиатском регионе, позволили предположить, что наметилась тенденция перехода региональной климатической системы к новой фазе – относительно похолоданию, подобно сценарию 1940–1974 гг., сопровождающемуся усилением континентальности климата.

Аналогичная картина изменения климата описана и в работе [5], проведенной на территории Республики Татарстан. Так, с начала XXI века отмечается усиление континентальности климата в регионе, так как в результате похолодания зим и повышения летних температур годовая амплитуда колебания температуры воздуха увеличилась.

Между тем наблюдения показывают, что усиление континентальности климата в полярных широтах, и в частности на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, имело определенное экологическое последствие.

Экологическое последствие усиления континентальности климата на полуострове Ямал

Экологическое последствие усиления континентальности климата проявилось в виде аномальной жары в 2016 г. (29–34°C в июне-июле) на полуострове Ямал, что вызвало вспышку эпидемии сибирской язвы, возбудителем которой является бактерия *Bacillus anthracis* [18, 19]. В результате эпидемии заболело 2650 северных оленей, и как следствие контакта с больными и павшими животными было инфицировано 36 человек с одним летальным исходом. Негативное воздействие аномальной жары на иммунную систему оленей на фоне прекращения вакцинации, а также увеличение численности кровососущих насекомых, очевидно, стало причиной массового заболевания сибирской язвой северных оленей.

Как известно, сибирская язва является особо опасной бактериальной зоонозной инфекцией, то есть инфекцией, передающейся к человеку от животных и способной, благодаря длительному нахождению в почве спор *Bacillus anthracis*, сохранять угрозу возвращения и повторных вспышек на пораженных территориях в течение многих десятилетий. Основным источником инфекции для человека является большое животное или его труп, факторами передачи служат продукты животноводства, почва и другие объекты окружающей среды. Так, в частности, отмеченная температурная аномалия на полуострове Ямал способствовала увеличению глубины сезонного таяния многолетней мерзлоты и перемещению спор *Bacillus anthracis* из глубинных слоев к поверхности почвы с межмерзлотными водами. При этом первичные почвенные очаги данной бактерии образуются в результате непосредственного инфицирования почвы выделениями больных животных на пастбищах, в местах стойлового содержания животных и захоронения трупов оленей (скотомогильники), а вторичные очаги создаются путем смыва или заноса спор на новые территории дождевыми, тальными и сточными водами [19].

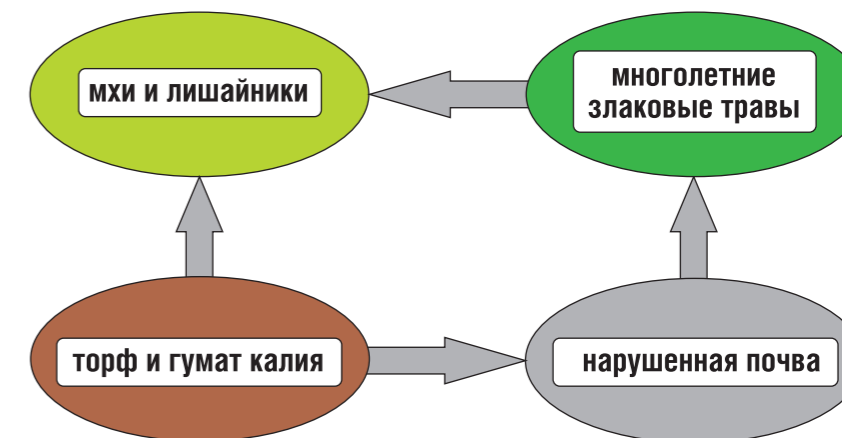
Как видно из сказанного, именно в условиях усиления континентальности климата на полуострове Ямал, проявившегося в виде такого экологического последствия, как вспышки эпидемии сибирской язвы, развивается оленеводство и идет добыча и транспорт природного газа. Однако, в свою очередь, эти виды антропогенной деятельности приводят к не менее серьезному экологическому последствию, выражаемому в нарушении тундровых почв.

Факторы нарушения тундровых почв на Ямале

Согласно исследованиям [20], проведенным на полуострове Ямал негативное воздействие на целостность тундровых почв оказывают два антропогенных фактора: оленеводство как основная традиционная форма природопользования коренного населения и интенсивное техногенное освоение территории (геологоразведка, промышленность, транспорт и строительство). Поскольку выпас оленей производится на всей территории полуострова Ямал, не занятой промышленными объектами, он является наиболее широкомасштабной формой использования природных ресурсов и ведущим фактором антропогенного воздействия на природно-территориальные комплексы полуострова. Техногенные же нарушения, в частности связанные с освоением месторождений углеводородного сырья, пока еще могут рассматриваться как локальные [21]. Потери пастбищных площадей от их перегрузки оленями и активизация дефляционных процессов на почвах, то есть их разрушение под действием ветра, в настоящее время превосходят потери пастбищ от промышленного освоения полуострова минимум в 3 раза [20]. При этом безвозвратная утрата пастбищных площадей из-за образования песчаных обнажений более чем в 20 раз превышает такие потери от строительства известного Бованенковского месторождения на полуострове Ямал. Более того, высокие пастбищные нагрузки привели к снижению запасов зеленых кормов на площади в несколько миллионов гектаров. Как показывают наблюдения, естественное восстановление выбитых оленьих пастбищ может исчисляться несколькими десятилетиями.

В этой связи становится чрезвычайно актуальной своевременная рекультивация тундровых почв, нарушенных под действием вышеназванных антропогенных факторов, чтобы не допустить их безвозвратного «опустынивания».

РИС. 2. Схема адаптивной к климатическим условиям Крайнего Севера – биогеохимической технологии рекультивации нарушенных тундровых почв, осуществляемой путем использования местного торфа, получаемого из него гумата калия и посева многолетних злаковых трав, впоследствии естественно замещаемых мхами и лишайниками, являющимися в свою очередь одним из важных источников образования торфа



Биогеохимическая технология рекультивации нарушенных тундровых почв

Под биогеохимической технологией рекультивации нарушенных тундровых почв подразумевается технология, включающая подход по восстановлению в них нарушенных биогеохимических циклов химических элементов на уровне микроорганизмов, низших беспозвоночных организмов и фитоценозов. Суть данной технологии состоит во внесении местного торфа в нарушенные почвы с учетом их гранулометрического состава или полной влагоемкости, посева и выращивании на них многолетних злаковых трав с использованием получаемого из местного торфа гумата калия, как стимулятора роста и развития этих трав, со временем естественно вытесняемых коренными для тундры растениями – мхами и лишайниками, в свою очередь, являющихся одним из важных источников образования того же торфа (рис. 2). Именно такое содержание биогеохимической технологии рекультивации нарушенных тундровых почв придает ей адаптивный характер к климатическим условиям Крайнего Севера.

Основу описываемой здесь биогеохимической технологии рекультивации нарушенных тундровых почв составляют четыре

способа, защищенные четырьмя патентами Российской Федерации на изобретения [22–25]. Данная технология включает перечень операций, выполняемых последовательно в три стадии [11].

Первая стадия: а) на крупномасштабной картосхеме территории (масштаб 1:200000 и крупнее), предназначенной для рекультивации почв, выделяют отдельные участки с нарушенными почвами с измерением их площадей, а также определяют места расположения торфяных залежей;

б) с указанных участков и залежей отбирают, соответственно, усредненные репрезентативные образцы почвы и торфа (из слоя 0–5–6 см), как для определения гранулометрического состава или полной влагоемкости почвы, так и с целью последующего выбора дозы торфа в виде соотношения торф:почва, необходимого для рекультивации конкретного участка [22, 23];

в) гранулометрический состав почвы, то есть относительное содержание в ней частиц различной величины (гранул), определяют в случае рекультивации нарушенных почв на территориях с волнистым рельефом и неоднородным почвенным покровом;

г) полную влагоемкость почвы, то есть наибольшее количество влаги, которое содержится в почве при полном насыщении всех пор, определяют в случае рекультивации нарушенных почв

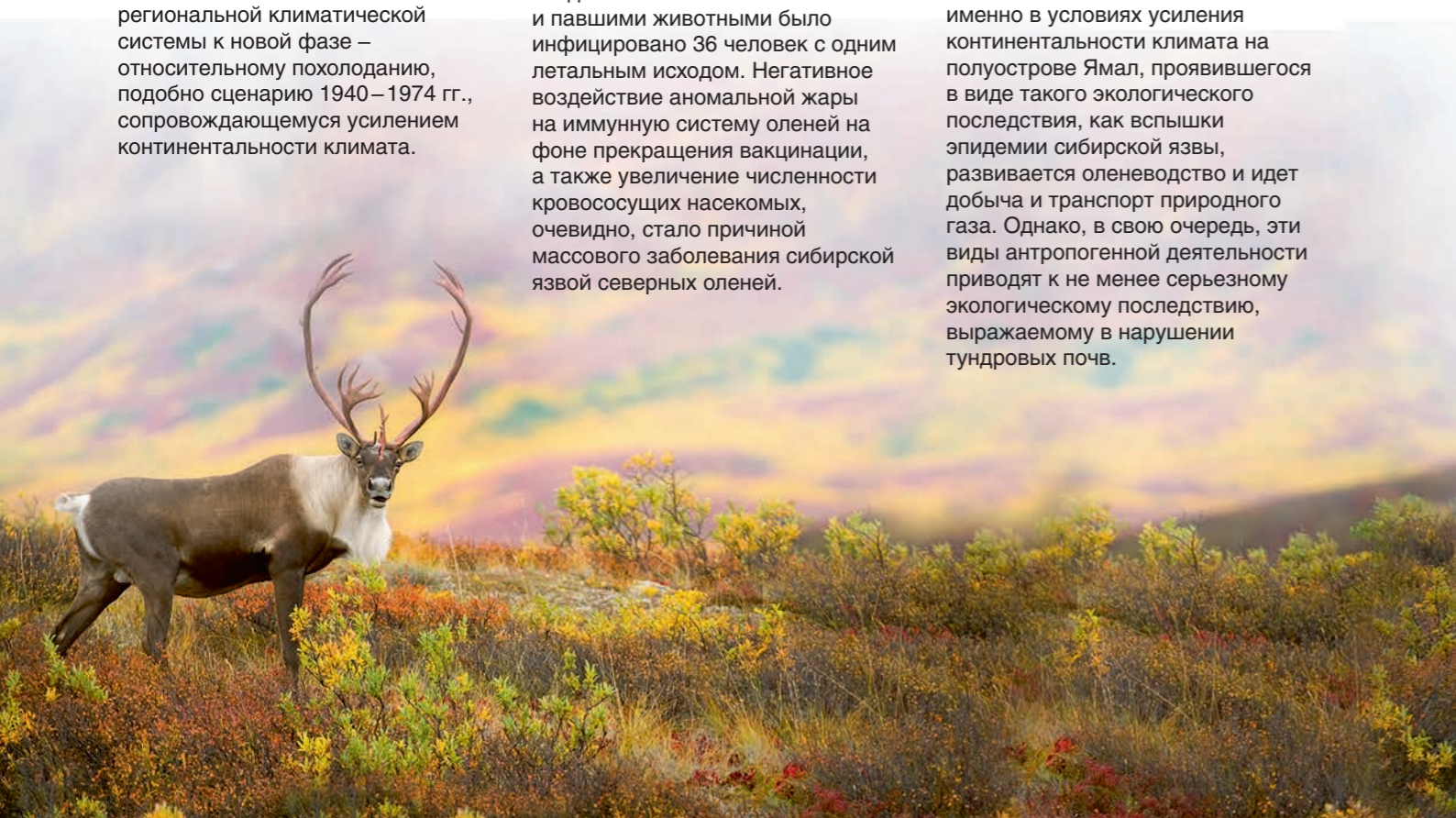


РИС. 3. Диплом лауреата премии имени Н.К. Байбакова, присужденной Башкину В.Н.



РИС. 4. Диплом лауреата премии имени Н.К. Байбакова, присужденной Башкину В.Н.



на территориях с равнинным или слаборасчлененным рельефом и однообразным почвенным покровом.

Вторая стадия: а) на основе выбранного соотношения торф:почва рассчитывают, как массу торфа, заделываемую в 0–5–6 см слой нарушенной почвы, так и массу самой нарушенной почвы в слое 0–5–6 см, исходя из площади рекультивируемого участка;

б) массу торфа предварительно доводят до рассыпчатого состояния путем воздушной сушки, что

необходимо для удобства его равномерного распределения по всей площади рекультивируемого участка и дальнейшей заделки в слой нарушенной почвы;

в) заделку торфа в соответствующих дозах в 0–5–6 см слой нарушенной почвы участка и посев семян многолетних злаковых трав осуществляют по принципу устройства газонов на больших площадях или методом «залужения», то есть создания сплошного травяного покрова на участке, используя соответствующие технологии и технику;

г) в составе травосмеси, формируемой из многолетних злаковых трав могут быть кострец безостый (*Bromus inermis*), пырейник сибирский (*Elymus sibiricus*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*), овсяница красная (*Festuca rubra*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense*) и другие виды, которые позволяют получить густой травостой и плотный дерн на рекультивируемом участке;

д) эффективным приемом повышения устойчивости произрастания вновь создаваемых фитоценозов на нарушенных почвах является посев вышеуказанной травосмеси с включением различных видов местной флоры.

Третья стадия: а) для улучшения посевных свойств семян, регулирования состояния растений на различных стадиях их роста и развития, в процессе формирования их продуктивности, а также повышения устойчивости растений к неблагоприятным воздействиям внешней среды применяют препарат гумата калия, используемый в определенных дозах для замачивания семян перед посевом, корневой подкормки и некорневой подкормки (опрыскивания) в период вегетации, с использованием соответствующей технологии и техники;

б) препарат гумата калия выделяют оригинальным способом из местных торфов Ямало-Ненецкого автономного округа, когда извлечение прежде всего гуминовых кислот из гумуса торфа и их очистка производится по всем правилам продуцирования химически чистых веществ, практически не затрагивающих молекулярные структуры гуминовых кислот, что в конечном счете гарантирует получение стабильного препарата гумата калия [24];

в) дальнейший уход за растительностью на рекультивируемом участке осуществляют, также используя соответствующие технологии и технику; при изреживании травостоя по тем или причинам, проводят дополнительный посев семян многолетних злаковых трав;

г) в целом об эффективности рекультивации нарушенных почв с использованием торфа и гумата калия судят по результатам сравнительного анализа биохимической активности, и в частности активности фермента дегидрогеназы рекультивируемой нарушенной почвы и ненарушенной (фоновой) почвы, определяемой методом спектрофотометрии [22, 23, 25].

Высокая эффективность представленной здесь биогеохимической технологии рекультивации нарушенных тундровых почв была ранее подтверждена даже в условиях аномально жаркого и сухого лета 2016 г. Тазовского полуострова как проявления усиления континентальности климата [26]. Следует также отметить, что в 2017 г. авторам названной технологии была присуждена премия имени Н.К. Байбакова за большие достижения в решении проблем устойчивого развития энергетики и общества (рис. 3, 4).

Заключение

Таким образом, очевиден факт усиления континентальности климата, проявляемого в температурных аномалиях как признак грядущего глобального похолодания Земли. Экологическим последствием усиления этого явления, в виде аномальной жары, наблюдавшейся в 2016 г., явилась вспышка эпидемии сибирской язвы на полуострове Ямал. Ведущим фактором широкомасштабного нарушения тундровых почв на полуострове Ямал, приводимого к потере пастбищных площадей, является их перегрузка, вследствие перевыпаса оленей. Нарушения же тундровых почв, связанные с освоением месторождений углеводородного сырья, имеют локальный характер. На фоне усиления континентальности климата в последние годы на территории Тазовского полуострова успешно апробирована адаптивная к климатическим условиям Крайнего Севера – биогеохимическая технология рекультивации тундровых почв, нарушенных вследствие добычи и транспорта природного газа, основу которой составляют способы, защищенные 4 патентами Российской Федерации на изобретения. ●

Литература

1. Андрейчик М.Ф., Монгуш М.М. Особенности распределения индекса континентальности в Тувинской горной области // Вестник Тувинского государственного университета. 2009. № 2. С. 50–53.
2. Анисимов М.В., Бышев В.И., Залесный В.Б., Мошонкин С.Н., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О междекадной изменчивости климатических характеристик океана и атмосферы в регионе Северной Атлантики // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 2. С. 304–311.
3. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Мониторинг изменений температуры воздуха и скорости ветра в атмосфере Северного полушария за последние десятилетия // Российский журнал прикладной экологии. 2015. № 2. С. 3–8.
4. Каримов К.А., Крымская Д.Н. Особенности термодинамического режима нижней атмосферы в Центральноазиатском регионе под влиянием центров действия в Северной Атлантике // Международный научный журнал «Инновационная наука». 2016. № 1. Часть 3. С. 35–38.
5. Мустафина А.Б. Изменения основных климатических показателей на территории Республики Татарстан за период 1966–2013 гг. // Географический вестник. 2017. № 2 (41). С. 99–108.
6. Головнев А.В., Абрамов И.В. Олени и газ: стратегии развития Ямала // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2014. № 4 (27). С. 122–131.
7. Arabskii A.K., Arno O.B., Galiulin R.V., Bashkin V.N. Express assessment of recultivation efficiency of disturbed tundra soils in natural gas production area // International Gas Union Research Conference (IGRC 2014). Gas Innovations Inspiring Clean Energy. Copenhagen, Denmark. 17–19 September 2014. V. 1. P. 858–862.
8. Пыстина Н.Б., Баранов А.В., Листов Е.Л., Будников Б.О. Совершенствование технологий рекультивации нарушенных и загрязненных земель на месторождениях углеводородов Крайнего Севера // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2016. № 2 (91). С. 4–8.
9. Пыстина Н.Б., Унанян К.Л., Ильякова Е.Е., Хохлачев Н.С., Лужков В.А. Совершенствование технологий рекультивации ландшафтов на склонах в условиях Крайнего Севера // Арктика: экология и экономика. 2017. № 2 (26). С. 27–34.
10. Galiulin R.V., Bashkin V.N., Alekseev A.O., Galiulina R.A., Arabsky A.K. Biogeochemical technology for recultivating disturbed soils of the island Bely (Kara sea) // In: Ecological and Biogeochemical Cycling in Impacted Polar Ecosystems. New York: Nova Science Publishers, 2017. P. 141–153.
11. Galiulin R.V., Bashkin V.N., Alekseev A.O., Galiulina R.A., Arabsky A.K. Innovative biogeochemical technology for recultivating disturbed soils of the Taz peninsula // In: Ecological and Biogeochemical Cycling in Impacted Polar Ecosystems. New York: Nova Science Publishers, 2017. P. 155–166.
12. Dansgaard W., Johnsen S.J., Moller J., Longway C.C. Jr. One thousand centuries of climatic record from camp century on the Greenland ice sheet // Science. 1969. V. 166 (3903). P. 377–380.
13. Абдусаматов Х.И. Двухвековое снижение солнечной постоянной приводит к несбалансированному тепловому бюджету Земли и Малому ледниковому периоду // Солнечная и солнечно-земная физика – 2011. Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца. Санкт-Петербург, 2011. С. 295–298.
14. Абдусаматов Х.И. Долговременный отрицательный среднегодовой энергетический баланс Земли приведет к Малому ледниковому периоду // Солнечная и солнечно-земная

15. Башкин В., Галиулин Р. «Золотое время» природного газа в «Малом ледниковом периоде» // Neftegaz.RU. 2012. № 8. С. 38–43.
16. Archibald D. Climate outlook to 2030 // Energy and Environment. 2007. V. 18. № 5. P. 615–619.
17. Скаун А.А., Волобуев Д.М. Вклад изменений солнечной постоянной в расчет инсоляции за период голоцена // Солнечная и солнечно-земная физика – 2016. Труды XX Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца. Санкт-Петербург, 2016. С. 287–290.
18. Попова А.Ю., Демина Ю.В., Ежлова Е.Б., Куличенко А.Н., Рязанова А.Г., Малеев В.В., Плоскирева А.А., Дятлов И.А., Тимофеев В.С., Нечепуренко Л.А., Харьков В.В. Вспышка сибирской язвы в Ямало-Ненецком автономном округе в 2016 году, эпидемиологические особенности // Проблемы особо опасных инфекций. 2016. Выпуск 4. С. 42–46.
19. Шестакова И.В. Сибирская язва ошибок не прощает: оценка информации после вспышки на Ямале летом 2016 года // Журнал инфектологии. 2016. Т. 8. № 3. С. 5–27.
20. Логинов В.Г., Игнатьева М.Н., Балащенко В.Г. Вред, причиненный ресурсам традиционного природопользования, и его экономическая оценка // Экономика региона. 2017. Т. 13. Выпуск 2. С. 396–409.
21. Краймицкий Ф.В., Маклаков К.В., Морозова Л.М., Эктова С.Н. Системный анализ биогеоценозов полуострова Ямал: имитационное моделирование воздействия крупнотоннажного оленеводства на растительный покров // Экология. 2011. № 5. С. 323–333.
22. Патент Российской Федерации на изобретение № 2491137. Способ контроля эффективности рекультивации нарушенных тундровых почв различного гранулометрического состава посредством анализа активности дегидрогеназы. Арно О.Б., Арабский А.К., Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А., Маклюк О.В., Припутина И.В. Опубликовано: 27.08.2013. Бюллетень № 24.
23. Патент Российской Федерации на изобретение № 2611159. Способ оценки эффективности рекультивации посредством торфа нарушенных тундровых почв с различной полной влагоемкостью. Арно О.Б., Арабский А.К., Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А., Алексеев А.О., Салбиев Т.Х.-М., Серебряков Е.П. Опубликовано: 21.02.2017. Бюллетень № 6.
24. Патент Российской Федерации на изобретение № 2610956. Способ получения гумата калия из местных торфов Ямало-Ненецкого автономного округа. Арно О.Б., Арабский А.К., Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Алексеев А.О., Галиулина Р.А., Мальцева А.Н., Ямников С.А., Николаев Д.С., Мурзагулов В.Р. Опубликовано: 17.02.2017. Бюллетень № 5.
25. Патент Российской Федерации на изобретение № 2611165. Способ оценки эффективности рекультивации нарушенных тундровых почв посредством внесения местного торфа и гумата калия. Арно О.Б., Арабский А.К., Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А., Алексеев А.О., Ямников С.А., Николаев Д.С., Мурзагулов В.Р. Опубликовано: 21.02.2017. Бюллетень № 6.
26. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А., Башкин В.Н., Алексеев А.О., Арабский А.К. Технология рекультивации нарушенных тундровых почв Тазовского полуострова // Современные проблемы состояния и эволюции таксона биосферы. Труды Биогеохимической лаборатории. Т. 26. Москва: ГЕОХИ РАН, 2017. С. 276–281.

KEYWORDS: strengthening of climate continentality, ecological consequence, factors of disturbance of tundra soils, biogeochemical technology of recultivation.



К. Фирсов, Г. Бедрик, Ю. Костин



С. Шутько



Д. Кинэ и Ю. Мелехов



А. Тимурзиев



О. Тимофеев



Ю. Костин



Ю. Атякшев и С. Мартынов



А. Шефтор



Р. Богданов и М. Тайссен



Стенд компании БУРИНТЕХ на конференции Технологии в области разведки и добычи нефти 2017



Л. Померанец



Участники конференции Технологии в области разведки и добычи нефти-2017



Ю. Кириченко и А. Кирсанов



А. Шабловский



С. Шутько, Э.Миколаевский, А. Соколов и С. Донцов



Г. Бедрик и Г. Егоров



Ю. Церковский



Р. Багаутдинов



А. Гимаев и В. Попов



Ади Карев



М. Силкин



Стенд компании ТМК на выставке Металл-Экспо-2017



А. Уткин



«Siemens готов участвовать в проектах модернизации российских электростанций»

Д. Мёллер



«Российские энергокомпании тщательно изучают новые санкции США и будут корректировать свои планы в соответствии с ними»

А. Новак

«Объемы инвестиций, которые компания осуществляет, действительно являются впечатляющими»

А. Миллер



«Предпринимаются попытки дискредитировать совместные проекты, такие как «Северный поток-2», хотя его реализация призвана значительно снизить транзитные риски, укрепить энергобезопасность Евросоюза»

С. Лавров



«Близок пиковый спрос на нефть, а спрос на газ будет развиваться ускоренным темпом многие десятилетия»

А. Медведев



«Страны-производители нефти активно переходят на возобновляемые источники энергии»

А. Амин



«Мы дальше будем работать на тему того, чтобы договориться о поставках по западному маршруту»

Д. Медведев



«Самоцель – не объем добычи нефти, а технологии»

К. Молодцов



«Даже при цене 10–20 долларов за баррель мы будем продолжать добычу»

А. Дюков



г. Москва ул. Скаковая, 36 +7(495) 669-73-10 +7(925) 506-93-86
 г. Челябинск ул. Складская, 1 +7(351) 222-72-71 +7(929) 572-24-94
 г. Омск пр-т Губкина, 22/2 +7(925) 506-93-86 +7(929) 572-24-94
 info@meridian-stroy.su • www.meridian-stroy.su

КАЧЕСТВО НАДЕЖНОСТЬ ГАРАНТИЯ

ООО «Меридиан-Строй» – лидирующая производственная компания в России, выполняющая весь комплекс работ, связанных с антикоррозионной защитой трубопроводов, запорной арматуры и технологического оборудования.

Более **ДЕСЯТИ** производственных линий в **СЕМИ** городах России от Белгорода до Омска оснащены современным оборудованием и имеют аттестацию и разрешения для выполнения работ по подготовке поверхности и нанесения АКП любым материалом из реестра ОВП.



ООО «Меридиан-Строй» – это действующие технические условия, эффективная система менеджмента качества, опытный инженерно-технический и рабочий состав, собственная аккредитованная лаборатория



контроля качества изоляции, служба ОТК и современные контрольно-измерительные приборы, уникальные решения по организации производственных участков (мобильные изолированные камеры уличного расположения).
 ООО «Меридиан-Строй» круглосуточно задействовано на объектах капитального строительства нефтегазового комплекса в рамках своей специализации.

РЕКЛАМА



МЕДИАН-СТРОЙ
ДЕЙСТВУЮЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

ПОЛИМЕРНЫЕ ТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ

ЭПОКСИДНО-ПОРОШКОВЫЕ ПОКРЫТИЯ



ПАО «Транснефть»



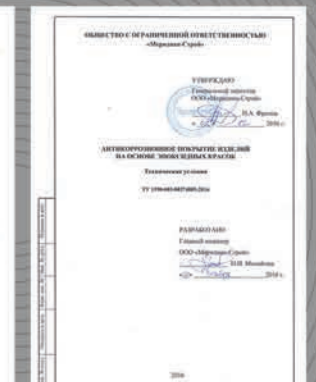
ПАО «Газпром»



ПАО «Роснефть»



ПАО «Роснефть»



ОАО «Сургутнефтегаз»



БИЗНЕС БЕЗ ГРАНИЦ

CESSNA CITATION LONGITUDE



ЗАО «ИстЮнион» – официальный представитель по продажам реактивных самолетов CESSNA CITATION в России и СНГ



CITATION M2
Дальность: 2871 km
Пассажиры: 7



CITATION CJ3+
Дальность: 3778 km
Пассажиры: 9



CITATION CJ4
Дальность: 4010 km
Пассажиры: 10



CITATION XLS+
Дальность: 3889 km
Пассажиры: 9



CITATION LATITUDE
Дальность: 5000 km
Пассажиры: 9



CITATION SOVEREIGN+
Дальность: 5926 km
Пассажиры: 12



CITATION X+
Дальность: 6408 km
Пассажиры: 12



CITATION LONGITUDE
Дальность: 6482 km
Пассажиры: 12



CITATION HEMISPHERE
Дальность: 8330 km
Пассажиры: 12

+7 968 759 45 24 – Денис Клепов
cessna@eastunion.ru
www.eastunion-fleet.ru



EASTUNION
Business Aviation

