

# АРСЕНАЛ #23

## НЕФТЕДОБЫЧИ

АВГУСТ 2022

КОРПОРАТИВНЫЙ ЖУРНАЛ ГРУППЫ КОМПАНИЙ

 **NOVOMET**

**КАБЕЛЬ, КОТОРЫЙ ВСЕ ЖДАЛИ:  
ОТКРЫТИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТЕРМОСТОЙКОГО  
БРОНИРОВАННОГО КАБЕЛЯ**

**стр. 18**



**НАЗЕМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
«НОВОМЕТ»:  
ПЕРЕКАЧИВАЕМ ВСЕ И В ЛЮБЫХ ОБЪЕМАХ**

**стр. 52**

НЕФТЕПРОМЫСЛОВОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ



СИСТЕМЫ  
ППД



СТЕНДЫ  
ТЕСТИРОВАНИЯ



ПОРОШКОВАЯ  
МЕТАЛЛУРГИЯ



СЕРВИС



# АРСЕНАЛ НЕФТЕДОБЫЧИ

**«Арсенал нефтедобычи»**  
Корпоративный журнал ГК «Новомет»  
№ 23, август, 2022

**Главный редактор:**  
Данила Мартюшев

**Выпускающий редактор:**  
Алексей Мальцев

**Дизайн и верстка:**  
Светлана Старкова

**Идея и дизайн обложки:**  
Эдуард Шидриков

**Редакционная коллегия:**

**М. О. Перельман**  
Генеральный директор АО «Новомет-Пермь»

**Е. В. Пошвин**  
Вице-президент по РФ и СНГ  
АО «Новомет-Пермь»

**М. Д. Юсупов**  
Директор по сервисным  
и прокатным проектам в РФ и СНГ  
АО «Новомет-Пермь»

**Е. О. Шардакова**  
Начальник Бюро рекламы  
АО «Новомет-Пермь»

**А. В. Мальцев**  
Секретарь редакционной коллегии

**Адрес редакции:**  
Россия, 614065, Пермь, ш. Космонавтов, 395  
Тел.: (342) 259-73-33. Факс: (342) 259-07-43.  
E-mail: novomet-news@novomet.ru  
www.novomet.ru

**Тираж:**  
999 экземпляров  
Полное и частичное воспроизведение  
опубликованных в издании материалов допускается  
только с письменного разрешения редакции

© АО «НОВОМЕТ-ПЕРМЬ», 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЮБИЛЕЙ

<b>Поздравления руководителей отрасли, губернатора</b> .....	4
<b>Меняется рынок, и мы меняемся вместе с ним</b> <i>Интервью генерального директора АО «Новомет-Пермь» Максима Перельмана</i> .....	7

### НОВОСТИ

Новостной блок .....	14
----------------------	----

### ПРОИЗВОДСТВО

<b>Кабель, который все ждали</b> Фокус на запуск нового кабельного производства <i>Сергей Чудинов, Юрий Виноградов</i> .....	18
<b>Литейное производство «Новомет»</b> <i>Владимир Артамонов, Виктор Пеннер</i> .....	22
<b>Бескарбонная альтернатива</b> <i>Интервью вице-президента по РФ и СНГ Евгения Пошвина</i> .....	26

### ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

<b>Поднимая энергию Земли: геотермальная энергетика от АО «Новомет-Пермь»</b> <i>Наталья Лыкова, Сергей Столбов</i> .....	28
--	----

### НА ЗАМЕТКУ НЕФТЯНИКУ

<b>ColibriESP: Монтаж оборудования без привлечения бригады КРС</b> <i>Данила Мартюшев, Дмитрий Шевцов</i> .....	32
<b>Вязкая нефть – не проблема, если работает объемно-роторный насос производства АО «Новомет-Пермь»</b> <i>Алексей Бондарь</i> .....	40
<b>Вентильная мощь Новомета: электродвигатели третьего тысячелетия</b> <i>Алексей Захаров, Анатолий Санталов, Александр Костин</i> .....	46
<b>Наземное оборудование «Новомет»: перекачиваем все и в любых объемах</b> <i>Денис Меркушев</i> .....	52

### НИОКР

<b>Определение устойчивости работы промежуточных подшипников скольжения на различных вязкостях рабочей жидкости на примере секции погружного насоса ЭЦН7А-1250</b> <i>Виктор Островский</i> .....	56
<b>Исследование переходных процессов в объемно-роторных насосах при откачке жидкости глушения на примере секции насоса ОРН5А-50</b> <i>Виктор Островский, Олег Юров, Игорь Козлов</i> .....	62
<b>Надежность погружных нефтяных насосов при периодической эксплуатации</b> <i>Наталья Лыкова, Виктор Островский, Екатерина Лихачева, Павел Байдаров</i> .....	70

### ИСТОРИЯ

<b>Союз науки и энтузиазма: Сотрудничество АО «Новомет-Пермь» и ОКБ БН «КОННАС»</b> <i>Олег Толстогузов</i> .....	74
<b>Юбилей научного поиска / 15 лет ИТЦ</b> <i>Марина Пещеренко</i> .....	78

ПРОДУКЦИЯ .....	81
-----------------	----



**ДМИТРИЙ МАХОНИН**  
Губернатор  
Пермского края

## УВАЖАЕМЫЙ МАКСИМ ОЛЕГОВИЧ!

### УВАЖАЕМЫЕ ДРУЗЬЯ!

**Поздравляю вас с юбилеем компании «Новомет»!  
Сегодня это крупный холдинг и одно из ключевых предприятий  
Пермского края.**

Компания постоянно развивается, вы открываете новые и модернизируете действующие производства, внедряете уникальные инновационные технологии, заботитесь об экологии. Ваша продукция поставляется практически на все континенты, вы успешно сотрудничаете с крупнейшими мировыми нефтяными компаниями.

«Новомет» – надежный и ответственный работодатель, активный участник общественной жизни Пермского края. Благодарю вас за вклад в развитие отрасли и экономики региона.

Желаю компании благополучия и процветания, а всем сотрудникам – крепкого здоровья, счастья и новых успехов!

**С праздником!**



**АЛЕКСЕЙ ЧИБИСОВ**  
Заместитель председателя Правительства –  
министр промышленности  
и торговли Пермского края

## ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

**Примите искренние поздравления с юбилеем Группы компаний  
«Новомет»!**

За 30 лет динамичного развития вы внесли большой вклад в социально-экономическое развитие Пермского края. Благодаря вам на территории региона функционирует и развивается одна из крупнейших российских компаний нефтегазового машиностроения, специализирующаяся на разработке и создании нефтепогружного оборудования.

Ваши опыт и знания, накопленные в ходе создания новых технологий, оказались востребованными и нашли воплощение в высокотехнологичном конкурентоспособном нефтепогружном оборудовании. На протяжении всей истории ГК «Новомет» успешно сохраняет объёмы выпуска продукции, обеспечивает рабочие места, добросовестно выплачивает налоги и модернизирует производство, сохраняя за собой статус одной из самых передовых компаний региона.

Уверен, что профессионализм и опыт, огромная энергия и самоотдача позволят вам и в дальнейшем успешно реализовывать все ваши начинания, а также послужат примером для молодых специалистов.

От всей души желаю вам доброго здоровья, успехов в трудовой деятельности, неиссякаемого заряда бодрости и личного счастья!



**ЭДУАРД СОСНИН**  
Министр экономического  
развития и инвестиций  
Пермского края

**УВАЖАЕМЫЙ МАКСИМ ОЛЕГОВИЧ!**

**УВАЖАЕМЫЕ СОТРУДНИКИ  
АО «НОВОМЕТ-ПЕРМЬ»!**

**Примите сердечные поздравления с юбилеем вашей компании!**

30 лет – пора расцвета, ярких достижений, мощного развития по всем направлениям. И «Новомет» полностью подтверждает это. Ваша компания сегодня – крупный международный холдинг, продукция которого экспортируется в десятки стран мира. Нефтепогружное оборудование «Новомет» работает на суше и на шельфе, демонстрируя высокую надежность. Идя в ногу со временем, «Новомет» открывает новые производства, в том числе – и в области зеленой энергетики.

Пусть все задуманное и запланированное вами претворяется в жизнь, наработки вашего оборудования растут, а вам сопутствует удача.

**С юбилеем, «Новомет»!**



## МЕНЯЕТСЯ РЫНОК, И МЫ МЕНЯЕМСЯ ВМЕСТЕ С НИМ

На рубеже 80-х и 90-х годов прошлого века шестеро ученых-энтузиастов решили организовать компанию «Новомет». Название означало «новые металлы», однако основатели будущего холдинга, оборот которого сегодня превышает 24 млрд руб, а количество сотрудников перешагнуло за 5 тыс. человек, решили не ограничиваться столь узкой трактовкой. В названии была отражена и нацеленность на инновации, доля которых в сегодняшнем производстве компании составляет 30%, и принципиально новый взгляд на производство насосов. В начале 90-х никто не верил, что их можно изготавливать методом порошковой металлургии. С тех пор прошло 30 лет. Прежде чем стать одним из ведущих российских холдингов по производству нефтепогружного оборудования, «Новомету» пришлось пройти через многое. Были взлеты и падения, кризисы и периоды стабильности. О сегодняшнем дне компании мы беседуем с ее генеральным директором Максимом Перельманом.

**– Максим Олегович, мир вокруг нас стремительно меняется, и «Новомет» меняется вместе с ним. Хотелось бы как-то зафиксировать эти изменения, сделать «снимок сегодняшнего дня компании». Много это или мало – 30 лет, как по-вашему?**

– По общечеловеческим меркам, вроде, и не очень. Но для компании – достаточно солидный возраст. Юбилей – с одной стороны, повод «оглянуться назад», а с другой – крепко задуматься о будущем. Скажем, каким «Новомет» будет через 5 или 10 лет? Как сделать компанию более устойчивой, на какие продуктовые направления сделать ставку, как минимизировать риски? Пандемия сильно повлияла на нашу работу, но самое главное – мы выстояли и ищем новые точки для роста. Развиваем собственное производство, вкладываем средства и силы в инновационные разработки, заключаем контракты с новыми заказчиками, заходим в новые города и страны.

**– Несколько слов о том, как все начиналось.**

– Становление компании происходило в девяностые годы прошлого века. Тогда чем только не приходилось заниматься: изготавливать втулки с жетонами, продавать мотоциклы. Процветал бартер и кризис неплатежей. В таких условиях быстро набираешься опыта, закаляешься. Когда удалось получить первую ступень методом

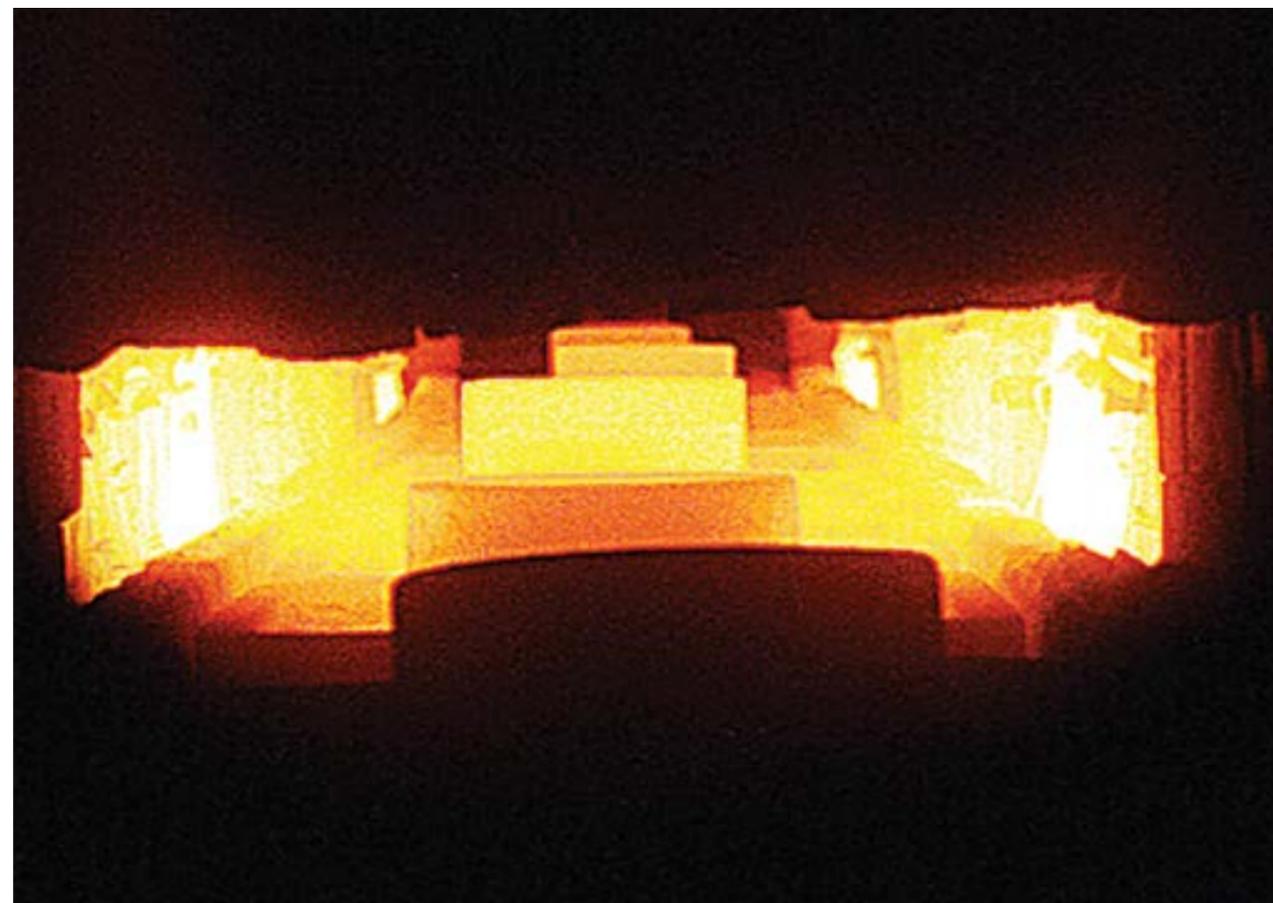
порошковой металлургии, было естественное желание поставлять данные ступени заводам, которые производят насосы, но в то время производители подобного оборудования на «новометовцев» смотрели свысока.

**– Значит, начиналось все с порошковой металлургии. Расскажите поподробней, что это за технология.**

– Сначала прессуется металлический порошок (усилие пресса составляет до 750 т). После этого с помощью специального запатентованного состава две половинки будущей заготовки склеиваются, затем спекаются в печи при температуре 1160°C.

Данная технология значительно повышает точность, улучшает параметры шероховатости изделий по сравнению с традиционно выпускаемыми литыми ступенями, а также улучшает гидродинамические характеристики ступеней и снижает вибрации насоса. Технология также позволяет при изготовлении одной ступени применять различные материалы, повышая прочность отдельных элементов, подверженных наиболее сильному износу.

**– Вернемся к истории компании: как дальше развивалось производство «Новомета»? Как выстраивались отношения с нефтяниками?**



– Нефтяники, кстати, предложили перейти от производства ступеней к производству насосов. «У нас отремонтированные насосы с вашими ступенями работают лучше, чем новые», – утверждали они. Когда была налажена сборка насосов, появилось предложение производить к ним электродвигатели. К электродвигателю потребовалась гидрозащита.

Наличие нерастворенного газа и мех примесей в добываемой жидкости заставило сконструировать оборудование, защищающее установку. Так появились новые модификации газосепараторов и фильтров. В итоге с 2002 года «Новомет» выпускает сложный высокотехнологичный продукт – полноразмерные погружные насосные установки (УЭЦН) для добычи нефти. Это, в свою очередь, потребовало новых технологий в управлении производством. Так развивалась компания.

#### – Как менялся за эти годы производственный процесс?

– В период с 2005 по 2010 год была проведена его крупномасштабная модернизация. Было закуплено современное оборудование ведущих мировых производителей: MAZAK, NAKAMURA TOME, WFL. Потом благодаря сотрудничеству с корпорацией «Роснано» в производстве инновационных ступеней было налажено использование защитных и функциональных наноструктурированных покрытий. Это позволило получить высокий уровень

прочности и надежности производимого оборудования.

Сегодня «Новомет» – российский холдинг, производящий оборудование для водоподъема и перекачки. Также компания создает технологии, которые увеличивают добычу многих крупных мировых нефтедобывающих компаний. Установки «Новомет» работают на 5 континентах, оборудование и технологии поставляются в 33 страны, открыт 21 сервисный центр по всему миру.

#### – Максим Олегович, в чем, по-вашему, секрет успеха «Новомета»?

– Сложно на этот вопрос ответить кратко, но одна из главных составляющих, на мой взгляд – инновационная направленность. Порошковая металлургия, о которой мы только что говорили, сама по себе была инновацией. Это послужило точкой отсчета, была задана определенная «инновационная высота».

Сегодня у нас в стратегии внедрение инноваций – норма. Причем не только на уровне оборудования, но и на уровне технологий.

Сначала инновационные технологии внедрялись в механизированную добычу нефти, затем – вообще в нефтесервисный цикл. Инновационными становились как отдельные услуги, так и целые технологии: заканчивание скважин, производство компоновок для морских месторождений, систем поддержания пластового давления



(ППД). В 2019 году внедрено оборудование для зеленой (возобновляемой) энергетики – это установка Geysler для подъема воды из геотермальных источников.

#### – Каковы сегодня основные стратегические точки роста?

– Четыре года назад в компании открылось литейное производство. Хочу подчеркнуть, что это не обычное литье, как у конкурентов, а по самой современной технологии – по выплавляемым моделям, позволяющее получить точность и гладкость поверхности. Соответственно, и характеристики будущего оборудования из полученных деталей будут максимальными для отрасли.

Также мы внедрили инновационную технологию, значительно ускоряющую производственный цикл. Это инфракрасная сушильная камера, позволяющая сократить срок сушки керамической формы от суток до нескольких часов. Мы успешно эксплуатируем данную технологию и сегодня готовы делиться опытом с партнерами – другими литейными предприятиями России, привнося инновации не только в нефтедобычу, но и в машиностроение.

Следует сказать и о развитии аддитивных технологий. В «Новомете» сконструирован и создан собственный 3D-принтер для создания литейных песчаных форм с учетом специфики именно наших изделий, подобраны компоненты для печати, разработан собственный программный комплекс.

Налажено производство высокотемпературного кабеля, благодаря которому наша продукция станет более конкурентоспособной на мировом рынке. К этому проекту мы шли несколько лет, он потребовал от нас большой концентрации сил и ресурсов.

#### – Максим Олегович, пандемия коронавируса, как и спецоперация на Украине и последовавшие за ней санкции, всерьез затронули многие сферы жизни, и бизнес в том числе. Как это отразилось на работе «Новомета»?

– За 30-летнюю историю наша компания пережила не один кризис. Более того, «Новомет» стартовал, если можно так выразиться, в кризис. Многие отговаривали, дескать, нельзя начинать новое дело в такое время. На самом деле, именно тогда и надо начинать. Потом основать что-то новое значительно сложнее, все перспективные ниши и сегменты будут заняты. Рынок



сформируется. Мы начали вовремя. И каждый последующий кризис давал определенный толчок к развитию, к появлению инноваций, новых направлений деятельности.

Из-за пандемии объемы производства АО «Новомет», конечно, снизились. Тут сказалось и снижение цен на нефть, и в целом – снижение спроса на нашу продукцию. Пандемия повлияла на экономическую ситуацию во всех странах мира. При этом благодаря своевременно принятым в АО «Новомет-Пермь» антикризисным мерам нам удалось сохранить устойчивость в этих непростых условиях.

Компания продолжила свою деятельность в штатном режиме, выполняя все обязательства как по отгрузке продукции, так и по сервисным услугам. Высокотехнологичное оснащение

производства – роботизированные участки, автоматизированные обрабатывающие линии – позволили выполнять производственную программу с минимумом персонала.

Что касается спецоперации и санкций... Мы, в принципе, ничего не потеряли, продолжаем активно работать, ни один наш иностранный клиент от нас не отказался, что говорит, кстати, о качестве нашей продукции. Она востребована и, несмотря на ограничения, продолжает пользоваться уважением и спросом. Санкции доставляют определенные сложности при прохождении денег через границу, накладывают какие-то логистические ограничения. А с точки зрения востребованности нашей продукции – мы не ощущаем никакого влияния.

**– Уже давно ведутся разговоры о том, что нефть и газ – это энергетические ресурсы прошлого...**

– Вы об альтернативной энергетике... Да, эти разговоры ведутся не на пустом месте. По прогнозам, точка максимальной добычи нефти пройдена. Дальше будет пусть медленное, но снижение. Мы сегодня переживаем очень важный этап – время так называемого большого энергоперехода. Идет активный поиск альтернативных направлений деятельности, к которым, в частности, и относится возобновляемая энергетика.

Мы основательно закрепились в сегменте «геотермалки». Так, созданная в кратчайшие сроки на базе накопленного опыта и «домашних» заготовок установка «Geuser» смогла сэкономить заказчикам в Турции и Исландии до 30% потребляемой

электроэнергии и повысить КПД генерирующих станций. Сегодня эти установки начинают работать в скважинах Дании, Германии, Голландии. В планах – выход на рынок Юго-Восточной Азии (Филиппины, Индонезия).

Вообще, сегодня каждый пятый кубометр поднимаемой нашими установками жидкости на поверхность – для возобновляемой энергетики. Со временем, думаю, эта доля будет увеличиваться.

**– Какие еще варианты развития Вы видите для компании?**

– Их много. Это и создание зарядных станций для электромобилей, и производство тяговых электродвигателей с учетом нашего опыта по проектированию электрических машин. И создание оборудования для утилизации парниковых газов на базе разработанной в 2012 году установки по утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ).

Как показала практика, любая новая технология, которая, возможно, не получила широкого внедрения в какой-то момент времени, может быть востребована спустя годы, если окажется в нужном месте в нужное время.

Мы не завязаны на конкретного заказчика, на крупных российских монополистов, а пытаемся диверсифицироваться, выходить на новые рынки, искать новые ниши, где наши знания и технологии будут востребованы. Даже в условиях кризиса, санкций и пандемии, когда многие проекты оказались заморожены, наши технологии востребованы, так как позволяют экономить электроэнергию, возвращать к жизни скважины и т.д.



**– Максим Олегович, за всю историю компании специалистами «Новомета» было создано и реализовано много оригинальных решений, конструкций, находок. Есть и традиционные «ХИТЫ», о которых стоит сказать.**

– Да, безусловно. Это достижения нашей команды, которыми хочется гордиться. Кажется, в них вложена частица нашей души.

Взять хотя бы производство первого центробежно-вихревого насоса в 1998 году. Или создание высокооборотных вентильных электродвигателей, благодаря которым было выпущено несколько видов нового оборудования: это малогабаритные УЭЦН для боковых стволов, технология ColibriESP, установки объемно-роторного насоса для добычи вязкой нефти и т.д. Энергоэффективное оборудование – также бесспорный хит. Перечисление можно продолжать.

**– Максим Олегович, о чем мы еще не сказали?**

– О преемственности поколений новометовцев. То, что мы сейчас имеем, было заложено трудом многих людей. И от нас зависит, как дальше будет развиваться компания. Легко в нашей сфере никогда не было и не будет. Чтобы чего-то достичь, нужно «бежать» в два раза быстрее, чем «вчера», и в три раза быстрее, чем конкуренты. В отличие от некоторых государственных компаний, которые могут закрыть год с большими убытками, зная, что их всё равно поддержат деньгами, мы себе такого позволить не можем, следовательно, как бы сложно нам ни было, мы всегда должны искать и находить решения.

Хочется выразить огромную благодарность, сказать сердечное спасибо и пожелать крепкого здоровья тем, кто стоял у истоков «Новомета», кто создал его в начале 90-х годов и провел через все подводные рифы становления. Это – Олег Михайлович Перельман, Михаил Юрьевич Мельников, Павел Борисович Куприн, Олег Евгеньевич Иванов и Геннадий Леонидович Дорогокупец. К сожалению, в 2021 году не стало с нами Александра Исааковича Рабиновича. Вклад этих людей в процветание компании переоценить невозможно.

И наша задача – продолжать и преумножать то, что ими начато.



## НАСОС ВНР5А-125М – РАСШИРЕННЫЙ ДИАПАЗОН ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Серия инновационных ступеней *Impra* с расширенным диапазоном подач пополнилась новой разработкой. В АО «Новомет-Пермь» успешно прошла приемочные испытания и готова к эксплуатации новая ступень ВНР5А-125М.

Новинка создана для устойчивой работы оборудования в скважинах с прогнозируемо падающей добычей например: после бурения, КРС, ГРП, ОПЗ, когда исключается необходимость подъема и замены УЭЦН при снижении производительности. Ступень ВНР5А-125М двухпорная, радиального типа, важным ее отличием от предыдущих ступеней данной серии является расширение диапазона подач в сторону уменьшения более 70% от номинала. Данная ступень может заменить серийные ступени с номинальной производительностью 50, 60, 80, 100, 125 м³/сут. Значение КПД ВНР5А-125М при указанных подачах находится на одном уровне с серийно-выпускаемыми насосами.

### Преимущества нового насоса:

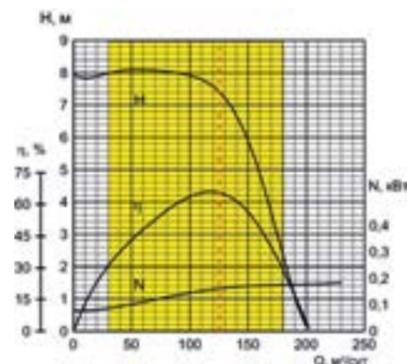
- Расширенный диапазон подач (30-180 м³/сут),
- Низкое значение осевой силы на всем диапазоне подач,
- Высокий КПД (66%),

- Модификации для различных условий эксплуатации,
- Устойчивость к засорению мех. примесями (КВЧ для насосов пакетной сборки 1000 мг/л, для насосов плавающей сборки – 500 мг/л),
- Возможность применять в составе УЭЦН как асинхронные, так и вентильные электродвигатели с частотой 3000 об/мин (макс. частота – 3500 об/мин для плавающей сборки),
- Сокращение складских запасов и оптимизация подбора оборудования.

### Насос выпускается в следующих модификациях:

По коррозионностойкости: базовая, коррозионностойкая и повышенная.

По количеству мех. примесей: до 500 мг/л (насосы плавающей сборки); до 1000 мг/л (насосы пакетной сборки).



Диапазон подач, м³/сут	КПД, %	Типоразмеры	КПД, %
50	43	5А-50	40-46
60	48	5А-60	50-53
80	57	5А-80	48-58
100	64	5А-100	55-58
125	66	5А-125	55-61

## ХЬЮСТОН ЗНАКОМИТСЯ С ОБОРУДОВАНИЕМ «НОВОМЕТ»

В октябре 2021 г. наша компания приняла участие в конференции и выставке SPE Gulf Coast, посвящённой погружным электроцентробежным установкам, которая состоялась в г. Хьюстоне (США). Новомет на форуме представляли Вице-президент по РФ и СНГ Евгений Пошвин, Вице-президент по проектам и логистике Илья Зубенин и заместитель Вице-президента по альтернативной энергетике Наталья Лыкова.



Представители ведущих мировых нефтяных холдингов на SPE Gulf Coast продемонстрировали свои новейшие технологии и оборудование. В выставочном зале в течение четырех дней участники могли ознакомиться с достижениями коллег в области производства погружных центробежных установок, получить актуальную информацию о ситуации в отрасли, наладить связи с представителями заинтересовавшихся компаний.

Зам Вице-президента компании по альтернативной энергетике Наталья Лыкова выступила перед сообществом с докладом «Применение технологии УЭЦН с вентильными двигателями для высокотемпературных геотермальных скважин» (англ. Using ESP Permanent Magnet Motor Technology in High-Temperature Geothermal Applications).

В презентации освещались конкретные шаги, предпринятые компанией для модернизации двигателей, гидрозащит, кабельных удлинителей, и в результате – для разработки УЭЦН, способных выдержать экстремальные условия геотермальных скважин: температура обмотки двигателя в некоторых скважинах достигает 250°C! Доклад включал уроки, извлеченные из опыта эксплуатации двигателей с постоянными магнитами в геотермальных скважинах. Неудивительно, что доклад вызвал огромный интерес и множество вопросов у слушателей.

## УЩЕРБ АВАРИИ МИНИМИЗИРОВАН БЛАГОДАРЯ «НОВОМЕТУ»

Новомет в очередной раз подтвердил, что не зря зовется «за глаза» незаменимой компанией, способной прийти на помощь в трудную минуту.

В ночь на 5 августа 2021 года на газохимическом комплексе ООО «Газпромнефть» близ Нового Уренгоя произошло ЧП, в результате которого возникла опасность срыва поставок голубого топлива по газопроводу «Ямал-Европа». На совещании правительства России с руководством ООО «Газпромнефть» было решено обратиться к специалистам АО «Новомет-Пермь» с просьбой заменить вышедшее из строя оборудование.

«Новомет» отреагировал оперативно: подходящая по габариту блочная насосная станция (БНС) нашлась в Заполярье, на Чаяндинском месторождении (ООО «Газпромнефть-Заполярье»). В кратчайшие сроки пермяки мобилизовали бригаду, за два дня оборудование было демонтировано, упаковано и готово к транспортировке. Поскольку местность болотистая, вывозить пришлось сначала на трале, потом на барже, потом снова на трале по маршруту «Чаяндинское месторождение – п. Витим – г. Усть-Кут – Новый Уренгой» (расстояние по прямой – более 6000 км).



После прибытия БНС к месту аварии специалисты Новомета незамедлительно приступили к монтажу. Запуск смонтированного оборудования состоялся 6 сентября 2021.

Слаженная и четкая работа специалистов АО «Новомет-Пермь» помогла минимизировать ущерб аварии и предотвратить срыв поставок газа по трубопроводу.

## «ГАЗПРОМНЕФТЬ-НОЯБРЬСКНЕФТЕГАЗ» И «НОВОМЕТ» ПРОВЕЛИ РАБОЧУЮ ВСТРЕЧУ, В ХОДЕ КОТОРОЙ НАМЕТИЛИ НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА

9 декабря 2021 года предприятие «Новомет» с рабочим визитом посетила делегация АО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» под руководством генерального директора Алексея Огорова.

Для гостей была проведена ознакомительная экскурсия. Им показали работу цеха мехобработки, литейное и металлургическое производства, продемонстрировали возможности промышленного 3D принтера с помощью которого в кратчайшие сроки изготавливаются самые сложные и объемные детали. Вице-президент по РФ и СНГ АО «Новомет-Пермь» Евгений Пошвин рассказал о текущих инновационных проектах компании.

В рамках визита стороны обсудили перспективы сотрудничества, в том числе по направлению производства насосного оборудования.

«Ежегодно растет объем продукции, которую мы производим, – отметил Генеральный директор АО «Новомет-Пермь» Максим Перельман. – Увеличивается количество скважин, которые «Новомет» обслуживает, как нефтесервисная компания. При этом наши компетенции сегодня выходят за пределы нефтегазовой отрасли, мы осваиваем новые перспективные ниши, опираясь на сильную конструкторскую школу и передовые разработки предприятия».

Отметим, что АО «Новомет-Пермь» сотрудничает с «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» с 2003 года.



### СПРАВКА:

«Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» – дочернее предприятие «Газпром нефти» – нефтедобывающая компания, ведущая разведку и разработку углеводородов на территории Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов.

Предприятие работает на 36 месторождениях, основная часть которых находится на Ямале и территориально относится к Пуровскому, Красноселькупскому и Надымскому районам округа. Общая площадь территории, на которой «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» ведет свою деятельность, превышает 45 тысяч квадратных километров. Ежегодная добыча свыше 10 млн тонн нефти.



## ADIPEC-2021: РАЗГОВОР С ПРАВИТЕЛЬСТВОМ РФ О ПЕРСПЕКТИВАХ «НОВОМЕТА»

**В ноябре 2021 г. в Абу-Даби (ОАЭ) завершилась Международная выставка нефтяной и газовой промышленности ADIPEC-2021 – одно из ключевых отраслевых событий всего ближневосточного региона.**

АО «Новомет-Пермь» представило свою продукцию на объединенном стенде Пермского края. Особое внимание посетителей форума привлекли новые направления деятельности компании в области альтернативной энергетики:

- энергоэффективные установки «Geysер»,
- зарядные станции для электромобилей,
- наземное оборудование для перекачки жидкостей и установки для утилизации парниковых газов.

Гостями экспозиции стали более 2000 представителей компаний и органов власти. В их числе президент ПАО «ЛУКОЙЛ» Вагит Алекперов, делегация Министерства нефти и минеральных ресурсов Египта, члены Правительства России, а также представители ведущих предприятий нефтегазовой отрасли Ближнего Востока.

В беседе с Министром промышленности и торговли Российской Федерации Денисом Мантуровым генеральный директор АО «Новомет-Пермь» Максим Перельман рассказал об инновациях компании в области зеленой энергетики.

Министр особо отметил успехи «Новомета», выразил заинтересованность в разработках компании и подчеркнул, что продукция пермского предприятия пользуется спросом как в бизнес-пространстве нашей страны, так и за рубежом.

## БЫСТРАЯ ЗАРЯДНАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ ОТ АО «НОВОМЕТ-ПЕРМЬ» ЖДЁТ ПЕРВЫХ АВТОМОБИЛИСТОВ

**2 февраля 2022 года произошло знаковое событие для АО «Новомет-Пермь»: первый электромобиль – им оказался синий Chevrolet Bolt – зарядился на ЭЭС собственного производства компании. Многолетний опыт Новомета в разработке электродвигателей и станций управления для нефтедобычи, а также наличие собственных проектных лабораторий и квалифицированных специалистов позволяют выпускать оборудование высочайшего уровня, в том числе и в направлении «зеленой энергетики». Одним из первых проектов данного вектора развития стала электроразрядная станция.**

Новые ЭЭС производства Новомет обладают высокой мощностью в 50 кВт, оснащены штатными заправочными кабелями и способны заряжать два электромобиля одновременно. Оборудование имеет степень защиты IP54 по ГОСТ 14254-2015. Разъемы стандарта CHAdeMO, CCS-2 и Type-2 на ЭЭС совместимы с большинством электромобилей, присутствующими на рынке РФ. Сейчас станция работает бесплатно, в тестовом режиме.

Удобный интерфейс, сенсорная панель управления и возможность удаленного подключения делают процесс зарядки максимально простым и комфортным для потребителя. Еще одним преимуществом электроразрядки Новомет является



наличие круглосуточной службы поддержки посредством telegram-канала.

В настоящее время тестируется мобильное приложение, с помощью которого можно будет видеть статус работы станции, найти ближайшие ЭЭС, проложить к ним маршрут и забронировать время «зарядки».

Максим Перельман, генеральный директор АО «Новомет-Пермь»: «Мы более 20 лет производим электроприводы. И выпуск зарядных станций – логичный для нас вектор развития в направлении «зеленой энергетики». Первая ЭЭС – лишь начало. В ближайших планах – создание сети электроразрядок на территории Перми и Пермского края».

## «НОВОМЕТ» СТАЛ ПОБЕДИТЕЛЕМ ВО ВСЕРОССИЙСКОМ КОНКУРСЕ «ЭКСПОРТЕР ГОДА»

**Торжественная церемония состоялась в Москве 10 декабря 2021 года на площадке Международного экспортного форума «Сделано в России».**

Всероссийский конкурс «Экспортер года» проводится среди крупных компаний, компаний малого и среднего бизнеса и индивидуальных предпринимателей, достигших наибольших успехов в осуществлении экспорта несырьевых неэнергетических товаров, работ, услуг, а также результатов интеллектуальной деятельности. Конкурс учрежден Правительством РФ и входит в перечень мер национального проекта «Международная кооперация и экспорт», утвержденного президентом РФ Владимиром Путиным.

По данным Российского экспортного центра, выступающего организатором конкурса, в этом году на участие было заявлено порядка 1,8 тыс. компаний со всей страны. В ходе отбора конкурсное жюри оценивало достижения ключевых показателей по объему экспорта, ассортимент продуктовой линейки, географию экспорта, экспортную зрелость, уровень продвижения продукции на внешних рынках и динамику экспортного роста. В результате на восьми окружных этапах путем голосования были определены 79 финалистов. Лишь 13 из них вышли во всероссийский финал. Их наградили 10 декабря в Москве в рамках форума «Сделано в России».

В номинации «Экспортер года в сфере промышленности» в категории «крупный бизнес» 1 место получила компания «Новомет-Пермь», отметившая в этом году свой 30-летний юбилей. Сегодня предприятие является одним из крупнейших международных холдингов в России, занимающихся производством



Евгений Пошвин, вице-президент по РФ и СНГ: «Основа наших ЭЭС – это станции управления, которые используются на нефтяных месторождениях. «Новомет» наработал большой опыт разработки и внедрения такого оборудования. Оно прекрасно зарекомендовало себя в условиях крайнего Севера и жаркого климата. Потому мы уверены в надежности ЭЭС, а также в их высокой эффективности».

Напомним, что Премьер-министр Михаил Мишустин 23 августа 2021 года утвердил концепцию развития электротранспорта в России до 2030 года, согласно которой к концу первого этапа планируется выпустить не менее 25 000 электромобилей и запустить в работу 9400 зарядных станций по всей стране.



### СПРАВКА:

Выручка ГК «Новомет» (далее зарубежье) за 2021 год составила:

- от прямых продаж 9,9 млрд рублей,
  - от оказанных услуг – 4,7 млрд рублей.
- Общая выручка ДЗ 14,6 млрд руб.

нефтепогружного оборудования, в том числе – систем поддержания пластового давления.

«С 2008 года мы активно развиваем свою «экспортную» составляющую, поставляя на международный рынок не только оборудование, но и инновационные технологии как для нефтедобычи, так и по линии «зеленой энергетики». К примеру, установки для геотермальной энергетики производства «Новомет» отлично зарекомендовали себя в Турции и Исландии. Сегодня «Новомет» поставляет свою продукцию в 33 страны мира – практически на все континенты, кроме Австралии. Более половины, 59%, всей выручки компании приходится на дальнейшее зарубежье. У нас есть технологии, которых нет у конкурентов. Мы постоянно развиваемся. Например, открыто новое производство специализированного высокотемпературного кабеля для нефтедобычи», – отметил генеральный директор АО «Новомет-Пермь» Максим Перельман.



**СЕРГЕЙ ЧУДИНОВ**  
Начальник производства  
кабельной продукции  
АО «Новомет-Пермь»



**ЮРИЙ ВИНОГРАДОВ**  
Инженер-конструктор  
КТБ ПЭД и ТМС  
АО «Новомет-Пермь»

## КАБЕЛЬ, КОТОРЫЙ ВСЕ ЖДАЛИ

### Фокус на запуск нового кабельного производства

Важнейшей составляющей любой нефтепогружной установки является кабель, именно по нему в скважину подается электроэнергия. Если стоимость УЭЦН принять за 100%, то доля кабеля может достигать 60% от этой суммы. Следовательно, собственное производство кабеля – это снижение себестоимости оборудования, а значит, более привлекательная цена для заказчиков, уменьшение сроков производства и гарантия своевременной отгрузки продукции.

#### Как все начиналось...

Подготовка нового кабельного производства в «Новомете» стартовала четыре года назад. 21 июня 2018 года компанию посетил тогдашний губернатор Пермского края Максим Решетников. В ходе визита руководством «Новомета» главе региона был представлен инвестиционный проект по освоению площадки «Велта». Во время встречи стороны обсудили, какую помощь могут оказать краевые власти для реализации нового проекта, в рамках которого планируется создать порядка 70 новых рабочих мест.

По словам генерального директора компании Максима Перельмана, инвестиции в проект составили порядка 600 млн рублей.

Проектные работы и капитальное строительство начаты весной 2018 года. Производство организовывали и строили с нуля, параллельно велось создание инфраструктуры – строительство подъездных путей, подключение газа, электричества.

На сегодняшний день это современный просторный и полностью оборудованный корпус. Автоматизированные линии могут управляться одним-двумя операторами. В 2021 году прошли

пуско-наладочные работы, в настоящее время ведется отработка технологии и процесс формирования этапа выхода оборудования на производственные мощности изготовления нефтепогружного кабеля.

#### Пять линий технологической цепочки

Технологическая цепочка производства кабеля состоит из пяти основных автоматизированных линий:

Первая линия лужения медной проволоки, производства Италии. Лужение необходимо для защиты изоляции от ионов меди.

Вторая линия – наложения изоляции (EPDM) – одна из самых важных во всей технологии. Она произведена передовой компанией мирового уровня по производству линий вулканизации (Германия). Линия оснащена множеством датчиков контроля технологических процессов, устройствами контроля геометрии и качества изоляции.

Изоляция EPDM – это полимерная композиция на основе этиленпропиленового каучука, обладающая высокой температурной стойкостью и диэлектрическими свойствами.





Все контрольно-измерительные приборы, установленные на линии, выпущены европейскими производителями, имеющими многолетний опыт проектирования и производства приборов. Контроль геометрии жилы «на проход» даёт 100% возможность в реальном времени видеть размер и выявлять дефекты в процессе работы. Контроль качества изоляции проверяется высоким напряжением «на проход», а также лабораторными исследованиями. Из каждой партии отбирается проба.

Третья линия – наложение свинцовой оболочки для защиты изоляции EPDM от воздействия агрессивной среды скважинной жидкости и химреагентов, произведена в Швеции. При этом используется медистый свинцовый сплав – для исключения растрескиваний при работе.

На четвертой линии накладывается бандаж. Его цель – защита свинцовой оболочки от повреждения стальной брони.

Линия наложения брони – финальная в производстве кабеля. Броня необходима для защиты кабеля от механических

повреждений. Лента для брони может быть из коррозионностойкой стали, нержавеющей стали и сплава Monel – в зависимости от характеристик скважины, где будет «работать» оборудование.

После изготовления кабеля проводятся высоковольтные испытания и упаковка, защищающая кабель при транспортировке.

#### Качество на экспорт

Кабель производства «Новомет» обладает высокими характеристиками благодаря применяемым материалам из Европы, США и России, а также – высокому уровню контроля при производстве. Наши аттестованные лаборатории оснащены всем необходимым оборудованием, для контроля поставщиков сырья.

Стойкость к агрессивным средам достигается благодаря свинцовой оболочке и материалам брони. Температура монтажа и демонтажа кабеля от -40°C до +232°C, температура транспортировки от -60°C. Диапазон сечений производимого кабеля – от 8,00 до 53,5 мм<sup>2</sup>. Технологии, применяемые при производстве, позволяют эксплуатировать его в осложнённых скважинах, при высоких температурах, в воде и в условиях высокого содержания сероводорода.

Более 70% выпускаемой продукции планируется поставлять на зарубежные рынки (Индонезия, США, Турция и др. страны). На данном этапе производственные мощности рассчитаны на выпуск 180 км готового высокотемпературного нефтепогружного кабеля в месяц, в дальнейшем планируется увеличить мощности вдвое.



Вице-президент по РФ и СНГ  
АО «Новомет-Пермь»  
**Евгений Пошвин**

*Мы создаем новые типы кабеля, так как условия эксплуатации УЭЦН сильно изменились. Сейчас становится все больше горизонтальных стволов, которые диктуют более жёсткие допуски по замятию, истиранию, дефектации кабеля. «Новомет» предлагает более прочный кабель с усиленной броней, которая позволит снизить количество отказов при спуске установок в горизонтальные стволы.*

*Мы разработаем разновидности кабеля и для альтернативных направлений энергетики. К примеру, оборудование для геотермальных скважин требует высокотемпературного кабеля. Если сейчас он рассчитан на 200-230°C, то в геотермальных скважинах температура достигает иногда 300°C. Следовательно, одна из приоритетных задач – создание термостойкого и сверхтермостойкого кабеля.*

*Наша революционная технология «ColibriESP» подразумевает использование грузонесущего кабеля. Наладив его производство, мы сможем, наконец, удовлетворить свои потребности, и в дальнейшем стимулировать производство таких установок.*

*Емкость кабельного рынка огромна! Открытие нового производства на «Велте» – дальновидная инвестиция в будущее.*





**ВЛАДИМИР АРТАМОНОВ**  
Начальник металлургического  
производства  
АО «Новомет-Пермь»



**ВИКТОР ПЕННЕР**  
Главный металлург  
АО «Новомет-Пермь»

## ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО «НОВОМЕТ»

Потребность в литейном производстве в компании возникла давно. Сначала – для производства газосепараторов, а затем и ступеней, где требовались более сложные отливки.

### Тернистый путь к первой плавке

Раньше литые детали для «Новомета» поставляли в общей сложности более 15 компаний. Однако за счет растущих объемов производства потребность в них возрастала с каждым годом. При этом удлинённый цикл и нестабильное качество приводили к увеличению нормативных запасов, что не соответствовало современным условиям рынка. Таким образом, создавались угрозы для бизнеса.

Был у компании и отрицательный опыт поставок ступеней из Китая. Нестабильность качества сочеталась с невозможностью работать по претензиям: обратно в Китай несоответствующую продукцию вернуть было невозможно. Нередко случались и срывы поставок, особенно это касалось предприятий оборонного комплекса.

Вопрос о собственном производстве литых ступеней, что называется, витал в воздухе.

Несмотря на экономический кризис, в сентябре 2016 году проект реально стартовал. Был издан Приказ №669 об открытии проекта «Литейное производство». И хотя в процессе освоения нового производства





Участок изготовления форм



Робот по обсыпке

приходилось вносить изменения как в технологические процессы, так и в состав материалов, дело двигалось.

И вот, наконец, 26 октября 2017 года произошло знаковое событие – первая пробная плавка «Новомета». И хотя это была лишь «первая ласточка», дальше – пошло, поехало. Опережая события, заметим, что к концу 2018 года производство вышло на проектную мощность – 20000 ступеней в месяц.

Что-то новое начинать с нуля всегда сложно, но благодаря профессионализму специалистов сейчас все позади.

#### Модуль-секция из своего литья

В январе 2018 года на сборочном производстве впервые осуществлена сборка модуль-секции энергоэффективного насоса 2А габарита из литых ступеней собственного производства.

Все прошло как по нотам: тележка с аккуратно сложенными блестящими ступенями подъехала к стапелю, на валу сначала был установлен нижний подшипник, потом – нанизаны ступени, после чего пакет был помещен в корпус. Завершающий этап – заворачивание верхнего подшипника и концевых деталей. Последний аккорд – снятие напорно-расходных характеристик на стенде.

То, что раньше отдавалось на аутсорсинг, компания уверенно взяла под свой контроль. Теперь стало проще управлять процессом создания новых ступеней и легче достигать поставленных целей. Инновационные процессы быстрее воплощаются в жизнь. Особенно, если это достигается с помощью литейной технологии. Плюс – 100%-й собственный контроль качества изготавливаемых деталей.

#### Собственная 3d-технология и роботизация

На поверхности кварцевого песка, как на бумаге при струйной печати, появляются первые контуры будущей детали, становясь с каждой минутой все четче. Так работает 3D-принтер, печатая формы и стержни под заливку ступеней от 5А до 22-го габарита, а также элементы робота и корпус ТЭДа (тягового электродвигателя). Полным ходом идет роботизация наиболее тяжелых, монотонных и однообразных процессов: в камерах гидровывивки и на участке формовки функционируют роботы. Также проведена интеграция манипуляторов в процесс разлива металла. Аддитивные технологии сегодня находятся на вооружении только в самых крупных и передовых производствах

(гиганты энергомашиностроения, приборостроения, автомобильной, авиационной промышленности и космической индустрии – там, где высока потребность в изделиях сложной геометрии).

В «Новомете» собственными силами изготовлена механическая часть 3d-принтера, подобраны компоненты для печати: кварцевый песок определенной фракции, отвердитель и связующие, компоненты системы управления печатающей головкой. Разработан собственный программный комплекс для управления печатью.

Таким образом, в производстве высоконадежного инновационного оборудования «Новомет» стал еще более самостоятельным и независимым предприятием.

#### Инфракрасная сушильная камера

Значительно ускоряет процесс и наличие инфракрасной камеры для послыйной сушки керамических форм. В установке собственной разработки используется инновационный метод интенсификации процесса – инфракрасные нагреватели в комплексе с пульсирующим воздушным потоком.

Для равномерного нагрева подвешенные модели вращаются, мощность источников излучения, как и интенсивность обдува вентиляторами, регулируется. Обдув происходит в нескольких плоскостях. В зависимости от показаний датчиков источники излучения, вентиляторы и кондиционер включаются и выключаются в различных сочетаниях.

Старыми (советскими) методами приходилось сушить один слой около 7 часов. Сейчас на это уходит 40-60 минут. В сушке производства «Новомет» предусмотрена качественная звуковая изоляция и современные дизайнерские



Инфракрасная сушильная камера

решения, что делает ее незаменимым и комфортным атрибутом любого литейного производства.

Сегодня мощность литейного производства компании – 35 000 кг продукции в месяц.

Благодаря достигнутым показателям сокращаются сроки поставки оборудования заказчикам, повышается гибкость производства и качество изделий.

3D-принтер



Форма под заливку ступени 16 габарита





## БЕСКАРБОНОВАЯ АЛЬТЕРНАТИВА

Интервью вице-президента по РФ и СНГ

Евгения Пошвина

2021-й год войдёт в историю компании как старт активной работы над проектами в сфере «альтернативной энергетики», поиск новых перспективных рыночных ниш и, если замахнуться на более глобальный масштаб, — начало трансформации «Новомета» в энергосервисную компанию. Старт этому движению руководители предприятия дали на Открытом форуме. О том, как мы продвигаемся в этом направлении, нашему журналу рассказал вице-президент компании по РФ и СНГ Евгений Пошвин.

**– Евгений Вячеславович, неужели нефтесервисного рынка нам недостаточно? Доля «зелёной» энергетики мала, а вложений в эти проекты требуется немало. Всё это окупится?**

– Начнём с того, что доля год от года растёт и декарбонизация – то есть процесс перехода к низкоуглеродной энергетике – объявлена приоритетной задачей во всём цивилизованном мире. Снижение использования традиционных видов топлива в экономике – это уменьшение вредного воздействия на окружающую среду и климат. Мы на протяжении всей своей тридцатилетней истории были ориентированы только на «нефтянку», и спокойно можно было оставаться на этой «колее» ещё какое-то время. Но что дальше? Игнорировать мировые тренды глупо и опасно. Если вовремя не перестроиться, не «прокачать» новые направления, то впереди нас ждёт туманное будущее. Гибкость и готовность меняться – вот одни из ключевых, базовых навыков для новой эпохи. Вы сами видите, с какой скоростью меняется жизнь вокруг, никогда раньше в истории человечества технологические обновления не происходили так быстро.

Так что со временем все вложения мы окупим, я в этом уверен.

**– Какие новые виды разработок «Новомет» уже вывел на рынок или в ближайшее время предложит заказчикам и потребителям?**

– Летом 2021 года мы участвовали в международной выставке и форуме «Возобновляемая энергетика и электротранспорт – RENWEX» в Москве. На стенде «Новомета» были представлены инновационные разработки компании – термостойкая энергоэффективная установка Geyser для подъёма воды из геотермальных источников, а также электростанции (ЭЭС) для электромобилей.

Установки Geyser мы уже экспортируем в несколько стран, и спрос на них устойчиво растёт.

Электростанции – также очень перспективное направление. Интерес к ним проявляют как региональные власти, так и российские и зарубежные компании.

В ближайшие годы инфраструктура для электромобилей будет развиваться ускоренными темпами, и наша задача – «оседлать» эту волну и с её помощью начать писать новые страницы в истории «Новомета».

Кстати, в августе 2021 года правительство РФ утвердило концепцию развития электротранспорта на



территории России. Параллельно с созданием документа на федеральном уровне, власти регионов проводили работу по развитию инфраструктуры для электротранспорта.

Также «Новомет» активно прорабатывает и другие виды продукции, которые вписываются в концепцию «зелёной» энергетики. Всех карт сейчас раскрывать не буду, но будьте уверены, мы полны решимости и дальше нарабатывать новые компетенции. И, чем активнее мы будем этим заниматься, тем более определённым и предсказуемым будет наше будущее через пять–десять лет.

При этом, конечно, мы продолжаем развивать традиционные и привычные для нас сектора, связанные с нефтедобычей, поддержанием пластового давления и заканчиванием скважин. Это основа нашего бизнеса. Достижения «Новомета» признаны во всём мире, и мы продолжим инвестировать в новые разработки. Нацеленность на инновации в нефтедобыче, безусловно, сохраняется.

**НАТАЛЬЯ ЛЫКОВА**

Заместитель Вице-президента по альтернативной энергетике, начальник ИТЦ АО «Новомет-Пермь», к.т.н.

**СЕРГЕЙ СТОЛБОВ**

Заместитель директора ДИР АО «Новомет-Пермь»

## ПОДНИМАЯ ЭНЕРГИЮ ЗЕМЛИ

### Геотермальная энергетика от АО «Новомет-Пермь»

Направление энергетики, основанное на использовании тепловой энергии недр Земли для производства электрической энергии на геотермальных электростанциях, непосредственно для отопления или горячего водоснабжения – называется геотермальной энергетикой и относится к альтернативным источникам энергии, использующим возобновляемые энергетические ресурсы.

Запасы тепла Земли практически неисчерпаемы. При остывании ядра на 1°C выделяется  $2 \cdot 10^{20}$  кВтч энергии, что в 10000 раз больше, чем содержится во всем разведанном ископаемом топливе, и в миллионы раз больше годового энергопотребления человечества. При этом температура ядра превышает 6000°C, а скорость остывания оценивается в 300-500°C за миллиард лет. На рис. 1 представлено распределение температуры от центра Земли к ее поверхности.

Тепловой поток, текущий из недр Земли через её поверхность, составляет  $47 \pm 2$  ТВт тепла (400 тыс. ТВт\*ч в год, что в 17 раз больше всей мировой выработки, и эквивалентно сжиганию 46 млрд тонн угля), а тепловая мощность, вырабатываемая Землей за счет радиоактивного распада урана, тория и калия-40 оценивается в  $33 \pm 2028$  ТВт, т.е. до 70% теплотеря Земли восполняется. Использование даже 1% этой мощности эквивалентно нескольким сотням мощных электростанций. Однако плотность теплового потока при этом составляет менее 0,1 Вт/м<sup>2</sup> (в тысячи и десятки тысяч раз меньше плотности солнечного излучения), что затрудняет её использование.

#### Доступ к подземной энергии

В вулканических районах циркулирующая вода перегревается выше температуры кипения на относительно небольших глубинах и по трещинам поднимается к поверхности, иногда проявляя себя в виде гейзеров. Доступ к подземным тёплым водам возможен при помощи глубинного бурения скважин.

Для генерации электроэнергии целесообразно использовать геотермальную воду температурой от 150°C и выше. Известно, что для отопления и горячего водоснабжения требуется температура не ниже 50°C. Температура Земли растёт с глубиной довольно медленно, обычно геотермический градиент составляет всего 30°C на 1 км, т.е. даже для горячего водоснабжения потребуется скважина глубиной более километра, а для генерации электроэнергии – несколько километров. Поэтому практически все крупные ГеоЭС расположены в местах повышенного вулканизма, т.е. где геотермальные воды находятся близко к поверхности.

На данный момент освоением геотермальной энергии активно занимаются: США, Турция, Исландия, Новая Зеландия, Филиппины, Италия, Сальвадор, Венгрия, Япония, Россия, Мексика, Кения и другие страны, где тепло из недр планеты поднимается к поверхности в форме пара и горячей воды, вырывающихся наружу при температурах, достигающих 300°C (рис. 2).

Тепловая энергия Земли в виде горячей воды или пара доставляется на поверхность, где используется либо напрямую, например, для отопления домов, либо для генерации электрической энергии. Как было сказано выше, до тепловой энергии Земли, как правило, добиваются путём бурения скважин, а подъем горячей жидкости осуществляется посредством погружных насосов.

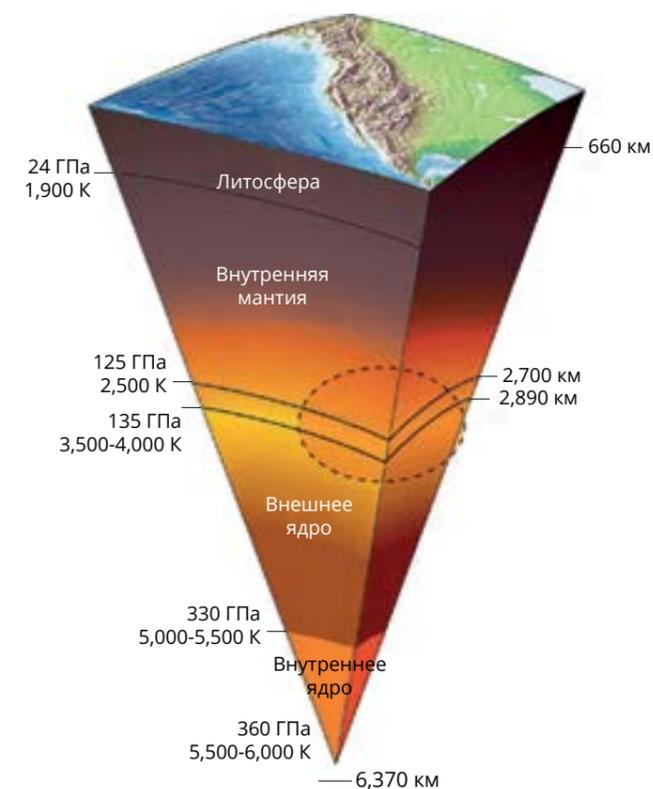


Рис. 1

#### Принципы работы геотермальных электростанций

В настоящее время существует три схемы производства электроэнергии с использованием гидротермальных ресурсов:

- прямая с использованием сухого пара,
- непрямая с использованием водяного пара,
- смешанная схема производства (бинарный цикл).

Рис. 2. Страны, использующие геотермальное оборудование



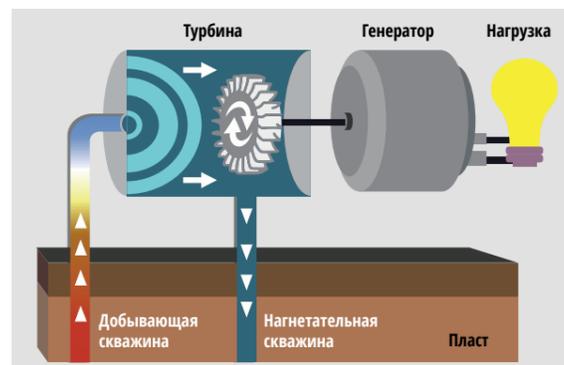


Рис. 3. Геотермальная электростанция, работающая на сухом пару

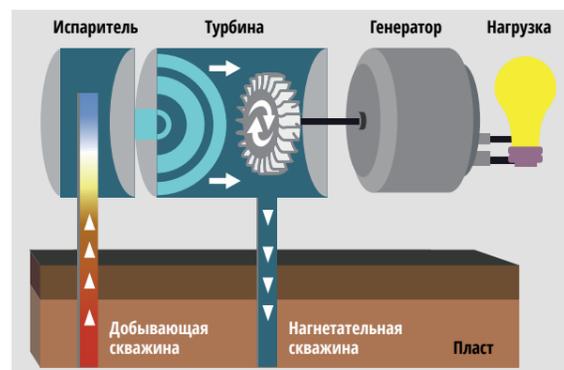


Рис. 4. Геотермальная электростанция с непрямым типом производства энергии

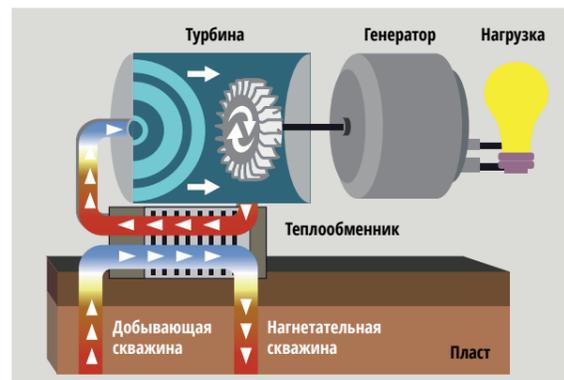


Рис. 5. Геотермальная электростанция с бинарным циклом

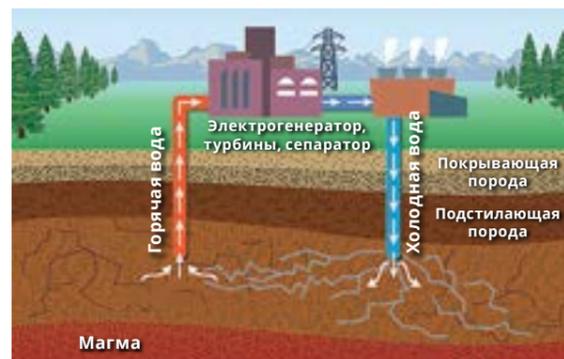


Рис. 6.

Тип преобразования зависит от состояния среды (пар или вода) и ее температуры. Первыми были освоены электростанции на сухом пару. Для производства электроэнергии на них пар, поступающий из скважины, пропускается непосредственно через турбину/генератор.

Электростанции с непрямым типом производства электроэнергии на сегодняшний день являются самыми распространёнными. Они используют горячую подземную воду (температурой до 182°C), которая закачивается при высоком давлении в генераторные установки на поверхности.

Геотермальные электростанции со смешанной схемой производства отличаются от двух предыдущих типов тем, что пар и вода никогда не вступают в непосредственный контакт с турбиной/генератором.

### Геотермальные электростанции, работающие на сухом пару

Паровые электростанции работают преимущественно на гидротермальном пару (рис. 3). Пар поступает непосредственно в турбину, которая питает генератор, производящий электроэнергию. Использование пара позволяет отказаться от сжигания ископаемого топлива (также отпадает необходимость в его транспортировке и хранении). Это старейшие геотермальные электростанции, первая из них была построена в Лардерелло (Италия) в 1904 году, она действует и в настоящее время. Паровая технология используется на электростанции «Гейзерс» в Северной Калифорнии – это самая крупная геотермальная электростанция в мире.

### Геотермальные электростанции на парогидротермах

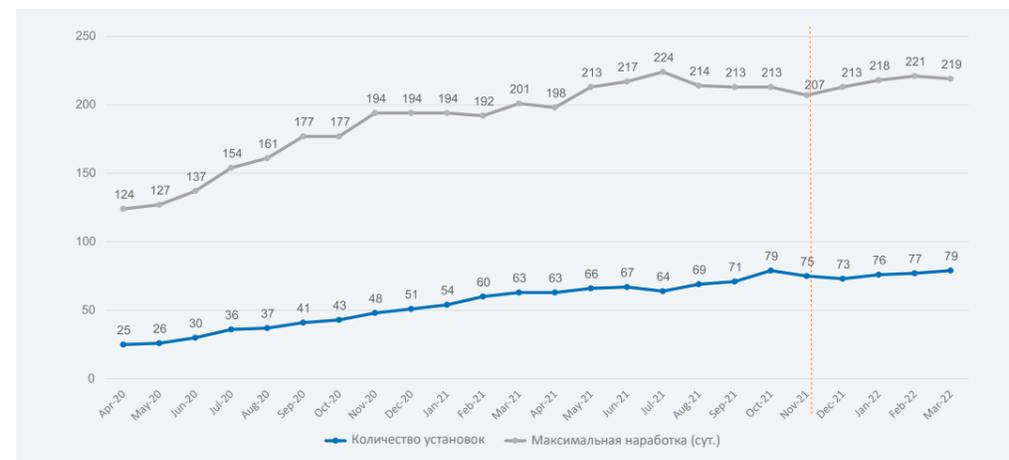
Для производства электричества на таких заводах используются перегретые гидротермы (температура выше 182°C). Гидротермальный раствор нагнетается в испаритель для снижения давления, из-за этого часть раствора очень быстро выпаривается (рис. 5). Полученный пар приводит в действие турбину. Если в резервуаре остается жидкость, то ее можно выпарить в следующем испарителе для получения еще большей мощности.

### Геотермальные электростанции с бинарным циклом производства электроэнергии

Большинство геотермальных районов содержат воду умеренных температур (ниже 200°C). На электростанциях с бинарным циклом производства эта вода используется для получения энергии. Горячая геотермальная вода и вторая, дополнительная жидкость с более низкой точкой кипения, чем у воды, пропускаются через теплообменник (рис. 5). Тепло геотермальной воды выпаривает вторую жидкость, пары которой приводят в действие турбины. Так как это замкнутая система, выбросы в атмосферу практически отсутствуют. Воды умеренной температуры являются наиболее распространённым геотермальным ресурсом, поэтому большинство геотермальных электростанций будущего будут работать на этом принципе. Как выглядит такая электростанция в реальности, показано на рисунке 6.

### Новомет в геотермальных проектах

Компания Новомет освоила линейку установок для подъёма жидкости из геотермальных источников. В период 2018-2021 годов было введено в эксплуатацию 88 скважин, получен многогранный опыт по работе в диапазоне пластовых температур от 145 до 200 градусов.



Результаты внедрения геотермального проекта

Для компании это одно из приоритетных направлений бизнеса. Наши установки работают в составе Геотермальных Электростанций (ГеоЭС), несущих энергию Земли конечному потребителю.

Пилотной площадкой для освоения геотермального проекта стала Турция.

### Трудности при внедрении

Конечно, не все идет гладко. Так и подбает новому проекту, особенно – высокой сложности, где с некоторыми проблемами приходится сталкиваться впервые, а ранее зарекомендовавшие себя технические решения отказываются работать. Всплывают новые проблемы, которые преодолеваются специалистами Компании.

Основная причина отказа – снижение изоляции (R-0). Однако корневой причиной далеко не всегда является отказавший узел. Например, недостаточно надежная работа гидрозатвора или насоса может привести к откату двигателя. Как известно, всегда в цепочке рвется слабое звено. Разбор отказавших установок, тщательный анализ с выявлением основных причин, а также анализ рисков по полученным вновь сведениям дают ценную информацию и пищу для размышлений для повышения надежности оборудования.

Каждый случай тщательно разбирается специалистами Компании, принимаются необходимые мероприятия по устранению причин отказов. Как результат – заметный рост наработок. Если первые наработки были несколько дней или недель, то сегодня 30 установок отработали по году, 19 из них находятся в работе. А главная «долгожительница» 20 мая 2022 г. отметила юбилей – ее наработка достигла 1000 суток, что было отмечено специальным призом от энергетической компании Bestepeler, заказчика геотермального

оборудования АО «Новомет-Пермь» (см. фото). В настоящее время установка находится в работе.

В 2020 году внедрены 2 установки в Исландии, обе находятся в работе. Продолжаются внедрения в Турции, на конец 2021 года там 86 действующих скважин.

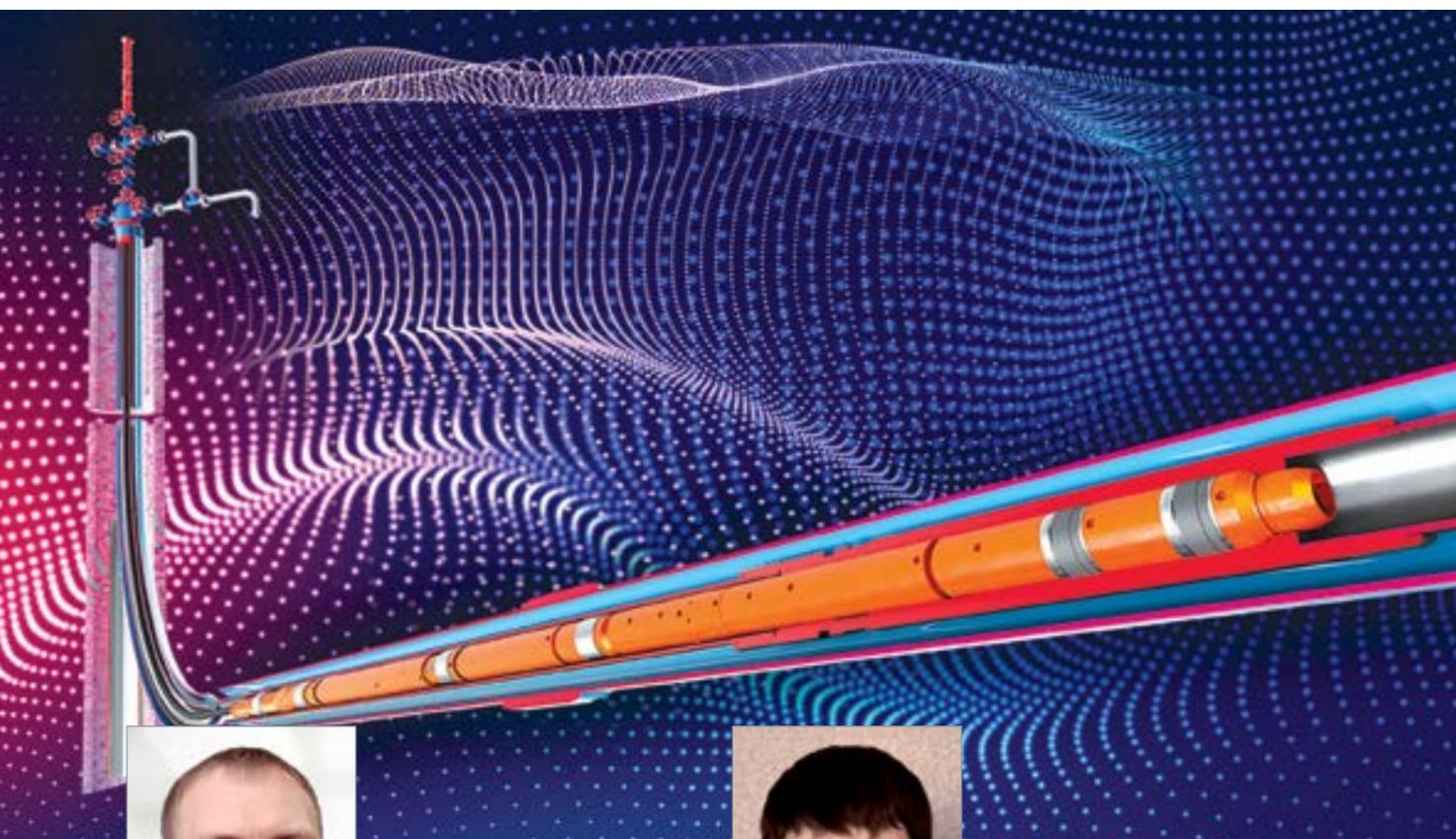
Также в конце 2021 года смонтирована первая установка на месторождении в Дании. Выигран тендер на поставку 5 установок в Голландию. В перспективе – поставки 5-ти установок в Германию.

В планах – зайти на рынок Юго-восточной Азии (Филиппины, Индонезия, Тайвань).

Как видим, сегодня «геотермальная тема» – одна из основных в бизнесе компании.

На фото (слева направо): Артур Набиев, NLS, руководитель полевых работ; Александр Ефимовских, NLS – инженер проекта; Synan Akbay, Генеральный менеджер компании Bestepeler





**ДАНИЛА МАРТЮШЕВ**  
Директор ДИР  
АО «Новомет-Пермь»



**ДМИТРИЙ ШЕВЦОВ**  
Начальник КБ ТМС  
АО «Новомет-Пермь»

## ТЕХНОЛОГИЯ COLIBRI ESP:

### МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ БЕЗ ПРИВЛЕЧЕНИЯ БРИГАДЫ КРС

Технология Colibri ESP заключается в эксплуатации насосной установки сверхмалого габарита в колонне НКТ на специальном грузонесущем кабеле. Монтаж и спуск осуществляются с помощью автокрана и геофизического подъемника без привлечения бригады капитального ремонта скважин (КРС) и без глушения скважины.

Применение данной технологии позволяет значительно сократить время простоя скважин при их освоении и эксплуатации, повысить эффективность работы скважин с техническими ограничениями, а также осуществлять монтаж насосных установок без громоздкого дорогостоящего оборудования. Это осуществимо как на суше, так и на офшоре. Эффективность технологии Colibri ESP подтверждена опытом ее применения в нефтяных компаниях США, Малайзии, Аргентины, Индии, России и других стран в 2016-2021 годах. Говоря о применении технологии на морских нефтяных платформах, подчеркнем, что монтаж и демонтаж оборудования происходит без привлечения буровой вышки или бурового судна...

Разработка технологии Colibri ESP была начата АО «НОВОМЕТ-ПЕРМЬ» в 2016 году. На сегодняшний день технология опробована и тиражирована, накоплен опыт ее применения в нефтяных компаниях.

При использовании данной технологии на специальном грузонесущем кабеле в колонну НКТ 73 мм спускается насосная установка габарита 2 (максимальный диаметр 55 мм). Монтаж и спуск оборудования осуществляются при помощи автокрана и геофизического подъемника. Монтаж может осуществляться без привлечения бригады КРС и без глушения скважины.

#### Решаемые задачи

Технология Colibri ESP может применяться для решения ряда задач в следующих ситуациях:

- невозможность доставки установки в боковой ствол (БС) скважины со сложным профилем строения;
- длительная процедура освоения обводненных нефтяных и газовых скважин;
- длительная процедура откачки воды из обводненных газовых скважин;
- длительное восстановление добычи в скважине при отказе установки;
- необходимость глушения скважины для смены установки;
- невозможность механизированной добычи в скважинах малого габарита (аварийных) с диаметром эксплуатационной колонны (ЭК) до 73 мм.

Монтаж и демонтаж УЭЦН при помощи данной технологии на грузонесущем кабеле позволяет сократить время проведения работ по сравнению со стандартным монтажом бригадой КРС в пять раз (рис. 1).

При освоении скважины после проведения соляно-кислотной обработки (СКО) Colibri ESP спускается в скважину вместе с пакерной компоновкой за одну спускоподъемную операцию (СПО), сразу после завершения СКО, без необходимости дополнительной операции по подъему колонны НКТ. Это позволяет провести освоение скважины всего за 33 часа по сравнению с периодом 65 часов при использовании серийных ЭЦН (рис. 2 на стр. 38-39).

Доставка установки в БС со сложным профилем строения часто сопряжена со сложными условиями входа. При монтажах «классических» УЭЦН 2А габарита при заглублениях в хвостовики малых диаметров

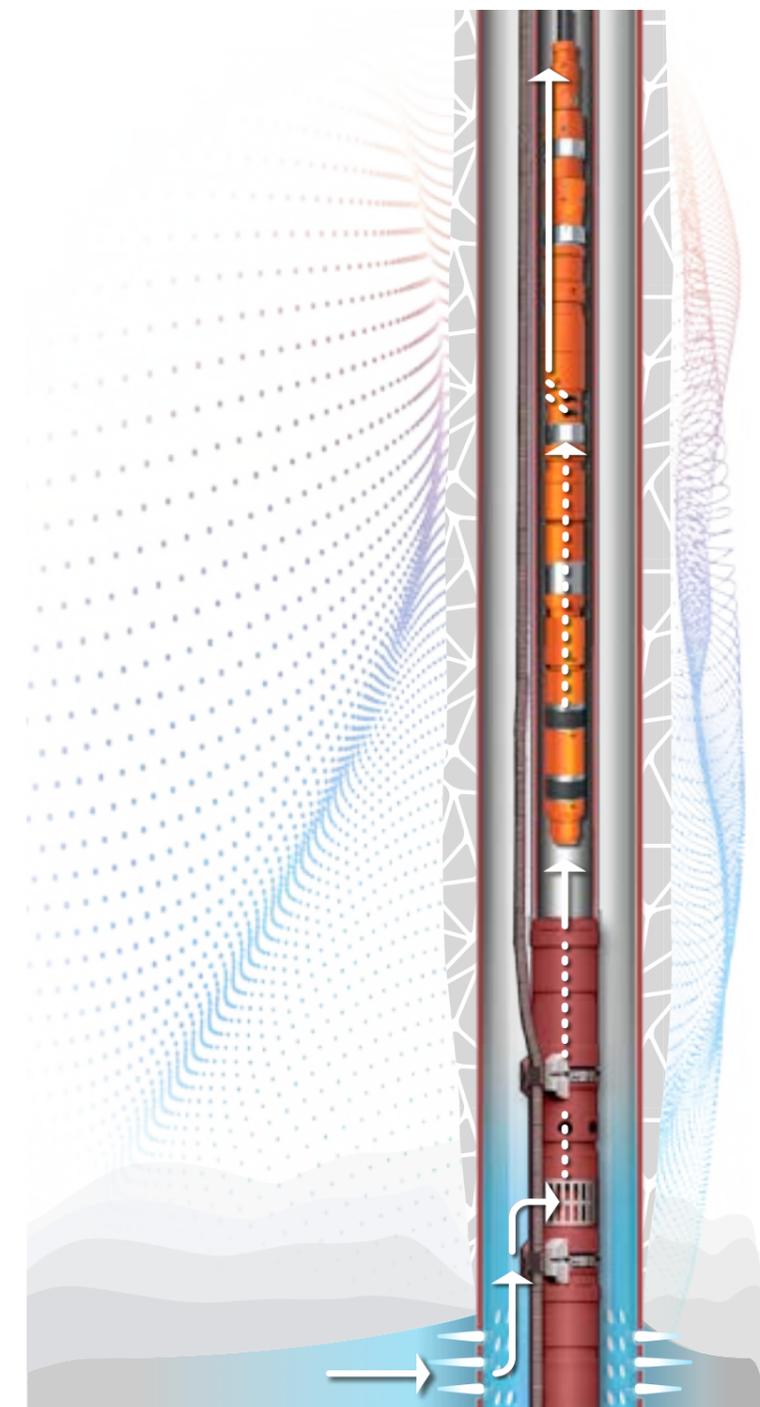
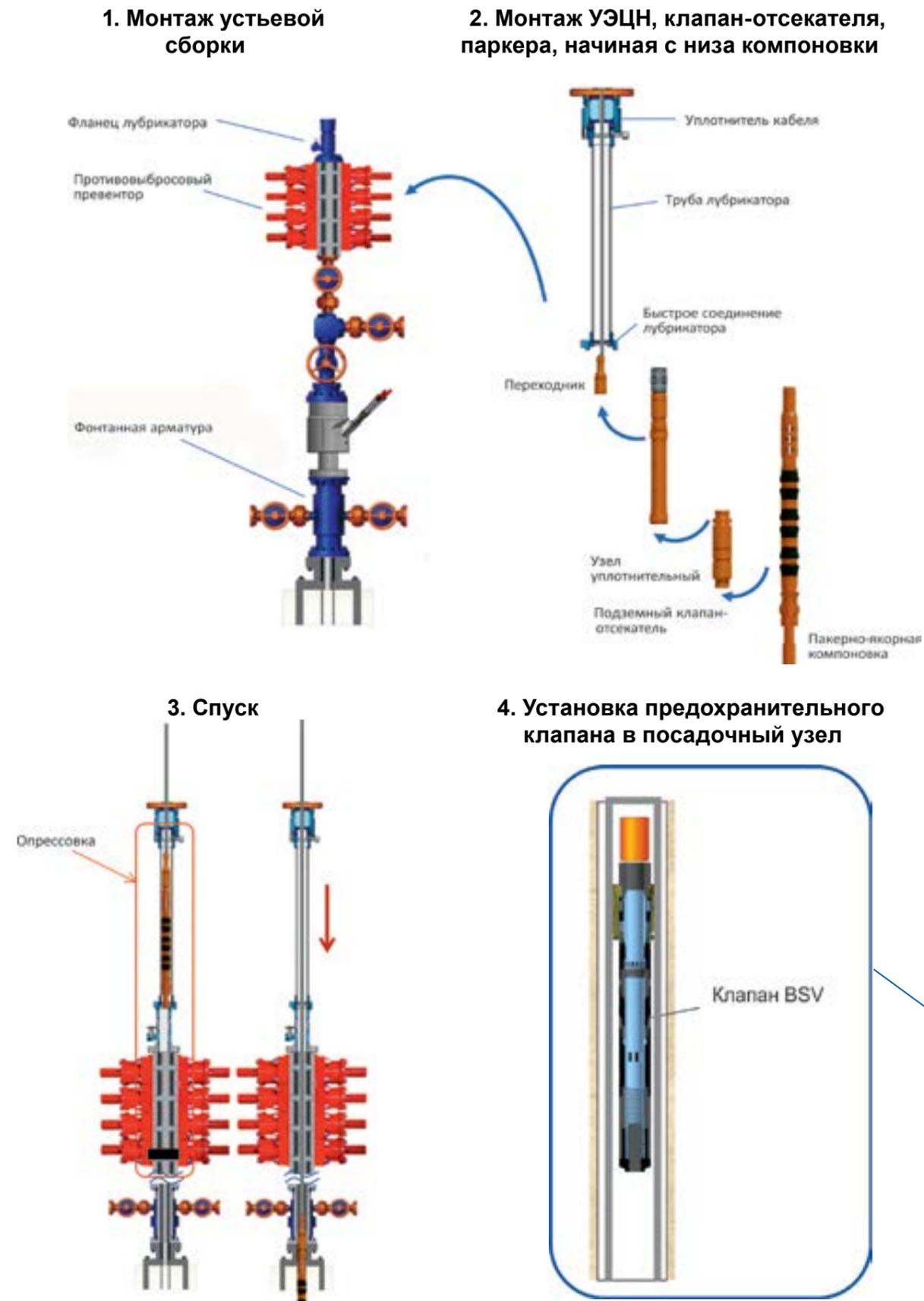


Рис. 1. Устройство установки на грузонесущем кабеле

возникают отказы, связанные с повреждением нефтепогружного кабеля и застреванием насоса в месте перехода эксплуатационных колон. Использование технологии Colibri ESP в данном случае сводит к минимуму риск повреждения грузонесущего нефтепогружного кабеля в месте перехода ЭК, поскольку кабель проходит в НКТ 73 мм (рис.3 на стр. 42-43).

Рис. 2. Технология монтажа Colibri ESP на незаглушенной скважине



При достижении погружной установкой горизонтального участка с углом отклонения от вертикали более 55 градусов спуск установки и её посадка в ниппель происходят по технологии доставки гидравлическим методом. Доставка гидравлическим методом установки производится по средствам узла «БС-2», входящего в состав ЭЦН и агрегата ЦА-320. Данная технология не имеет ограничений по длине горизонтального участка.

Применение данной технологии дает возможность проведения монтажа на незаглушенную скважину. Монтаж установки осуществляется с применением специального устьевого противовибросового оборудования (ПВО) и лубрикатора. Монтаж может быть произведен с противодавлением до 30 атм.

Технология Colibri на грузонесущем кабеле может эксплуатироваться в качестве резервной (рис. 1 на стр. 33). В этом случае установка спускается в лифт НКТ над отказавшей УЭЦН, уплотнение осуществляется по пакеру либо по имеющемуся в лифте ниппелю. Добыча может вестись через отказавшую установку, «прострел» НКТ, сбивной клапан или байпасную линию (БЛ) в

зависимости от особенностей отказавшей УЭЦН.

#### Характеристики установок на грузонесущем кабеле

В состав установки Colibri входят:

- кабельный удлинитель,
- верхняя и нижняя гидрозащита (ГЗ),
- измерительный блок,
- электродвигатель,
- выкидной модуль,
- насос,
- газостабилизатор,
- узел герметизации.

На мощностях АО «Новомет-Пермь» налажен выпуск установок трех габаритов – 55, 68 и 81 мм для спуска в НКТ 73, 89 102 мм соответственно (табл. 1 на стр. 36). Номинальная частота вращения данных установок составляет 8500 об/мин с возможностью увеличения до 10 000 об/мин.

Конструкция несущего кабеля Colibri ESP аналогична таковой обычного круглого кабеля, с тем отличием, что поверх токоведущих жил и изоляции навиты два повива грузонесущих стальных проволок,



Монтаж Colibri в Ираке. Сентябрь 2018 г.

Таблица 1. Характеристика установок на грузонесущем кабеле

Габарит	2	2А	3
Серия УЭЦН	217 series	272 series	319 series
Максимальный габарит (мм)	55	68	81
Длина установки (м)	От 10 до 30		
Производительность (м <sup>3</sup> /сут)	до 170	до 500 опыт.	до 1000
Напор (м)	до 3500	до 3500	до 3500
Мощность ПВЭД (кВт)	до 120	до 250	до 350
Ном. част. вращения (об/мин)	10000	10000	10000
Ограничения по газосодержанию (%)	45		
	55 для опытной установки		
Ограничения по температуре пласта (°С)	120 для серийной установки		
	180 для опытной установки		

залитых специальным полимером. Эта сплошная упругая гладкая конструкция наматывается на кабель, который держит установку при спуске и подъеме и обеспечивает непрерывность этих процессов.

Серийный кабель может эксплуатироваться при температуре до 125°С по состоянию на апрель 2021 года были изготовлены опытные образцы, выдерживающие температуру 140 и 180°С (табл. 2 на стр. 39).

#### Описание технологии

Перед монтажом установки Colibri ESP применяется стандартная фонтанная арматура, на которую устанавливается ПВО, после чего производится спуск установки. После монтажа ПВО убирается, устанавливается удерживающее герметизирующее устройство, кабель подсоединяется к клеммной рамке для последующего извлечения установки из скважины.

Для спуска установки Colibri ESP в горизонтальные участки скважины (рис. 2 на стр. 38-39) применяется специально разработанный узел задувки, который представляет собой две резиновые манжеты, разделяющие пространство выше и ниже установки. После того, как установка доходит до определенного места под собственным весом, ее спуск в горизонтальный участок продолжается в условиях циркуляции воды при помощи агрегата ЦА. Давление для задувки составляет 12 атм, скорость спуска – 1 м/с, расход воды – 2,7 л/с. Общий объем воды при глубине спуска 3600 м составляет 10 м<sup>3</sup>, при 2000 м – 5,5 м<sup>3</sup>.

#### Опыт эксплуатации

Первый монтаж установки Colibri ESP состоялся в июле 2016 года в штате Хьюстон, США, и был выполнен на заглушенной тест-скважине компании Cibolocreek. Монтаж выполнялся при помощи автокрана и лебедки, установленной на шасси. В ходе этих действий была подтверждена скорость спуска установки 1 м/с: за 40 мин установка была спущена на 2000 м, за этот же период времени установка была поднята на поверхность.

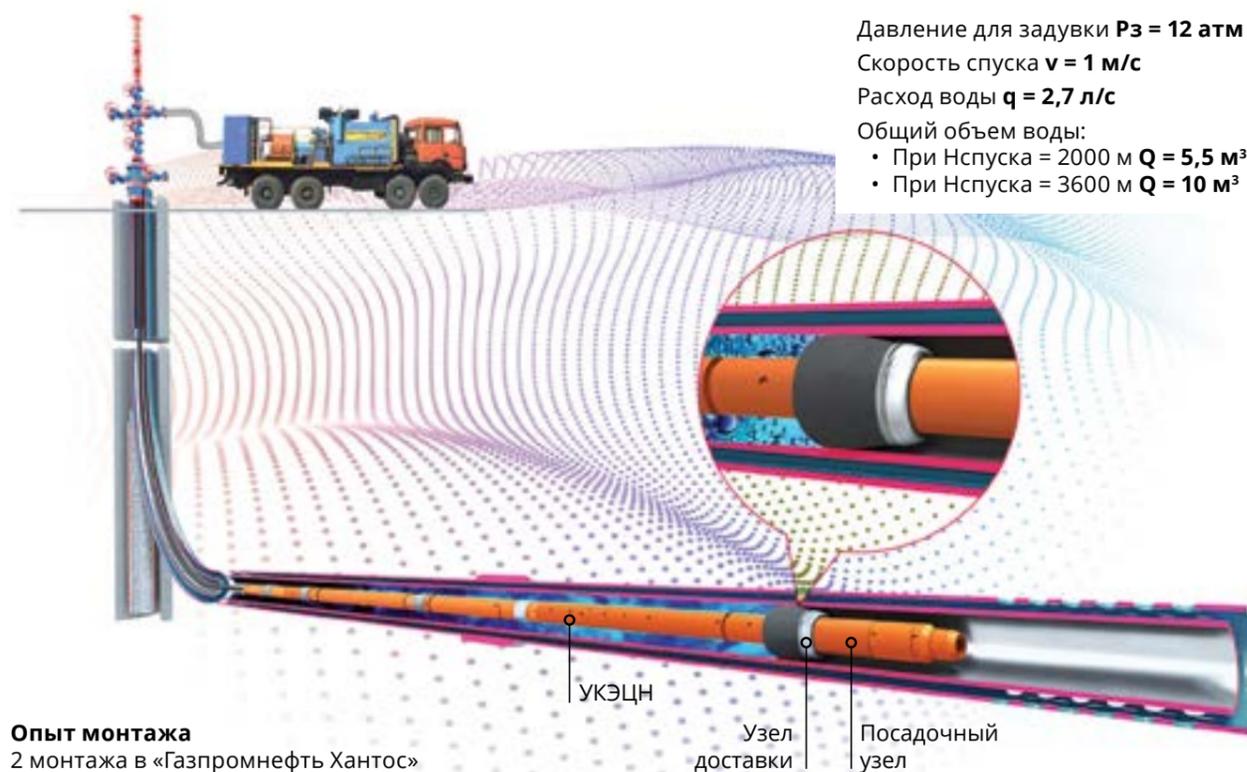
Первый запуск установки в эксплуатацию был произведен в августе-сентябре 2016 года на скважине компании PAR Development в штате Хьюстон, США. Монтаж был выполнен при помощи автокрана и лебедки, установленной на шасси. Установка была спущена в водяную скважину, где отработала около месяца, после чего была извлечена.

Первый монтаж и запуск установки в России были осуществлены в ОАО НГК «Славнефть» в 2016 году. Проект был реализован на предварительно заглушенной скважине Западно-Асомкинского месторождения. Первый монтаж был выполнен в августе при помощи подъемника А-50 и геофизического подъемника ПКС-7, второй – в декабре при помощи крана манипулятора и геофизического подъемника ПКС-7.

Также в 2016 году был произведен монтаж установки на скважине месторождения Roiana Lacului компании OMV Petrom в Румынии. Монтаж отличался простотой организации сервисных работ и был выполнен при помощи крана манипулятора и стационарной лебедки без использования геофизического подъемника. Блок роликов не подвешивался, а был установлен непосредственно на фонтанную арматуру.

В ПАО «Оренбургнефть» в марте 2018 года монтаж установки был произведен при освоении заглушенной скважины Бобровского месторождения. Освоение скважины производилось после СКО. Заказчиком была поставлена задача продемонстрировать возможность быстрого подъема и спуска оборудования в скважину в период проведения переустановки НКТ и пакеров.

Сначала производилось освоение нижнего пласта при отсечении НКТ, объем откачки составил 30 м<sup>3</sup>. Затем было произведено освоение верхнего пласта при таком же объеме откачки. После этого пакеры были сорваны и произведено освоение двух пластов при объеме откачки 60 м<sup>3</sup> (рис. 3 и 4 на стр. 37-38).



Давление для задувки  $P_z = 12$  атм  
Скорость спуска  $v = 1$  м/с  
Расход воды  $q = 2,7$  л/с  
Общий объем воды:  
• При Нспуска = 2000 м  $Q = 5,5$  м<sup>3</sup>  
• При Нспуска = 3600 м  $Q = 10$  м<sup>3</sup>

**Опыт монтажа**  
2 монтажа в «Газпромнефть Хантос»  
Доставка в горизонтальный участок с углом отклонения от вертикали 75°

Рис. 3. Спуск установки Colibri в горизонтальный участок скважины

В процессе освоения скважины был сделан хронометраж всех операций.

Данная технология перспективна для применения на шельфовых проектах. Первый такой опыт был получен в 2017 году на платформе BODP-C месторождения Воконг в Малайзии. Монтаж УЭЦН серии 217 был выполнен на офшоре с помощью стандартного геофизического оборудования на незаглушенной скважине. Цель внедрения установки заключалась в переводе газлифтной скважины на механизированную добычу.

#### Монтаж установки включал в себя следующие этапы:

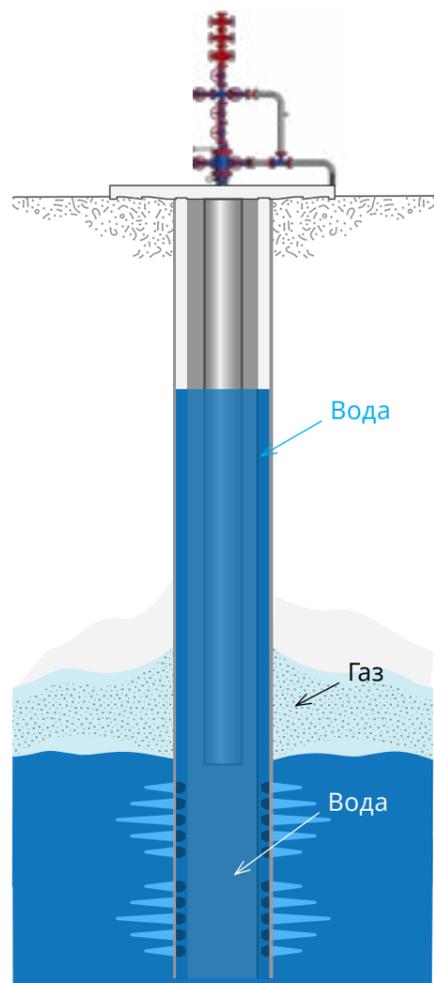
- установка устьевого оборудования;
- монтаж элементов УЭЦН/клапанов/пакера, начиная снизу компоновки;
- спуск и установка в скважину, повторение операции;
- установка предохранительного клапана в посадочный узел;
- посадка УЭЦН на узел герметизации;
- установка кабельного хангера с целью изоляции электровывода и монтаж устьевого кабельного соединения.

#### Запуск установки состоялся в мае 2017 года, установка находилась в работе в течение 700 сут на частоте 240 Гц. Данное успешное внедрение технологии Colibri является безусловным достижением компании.

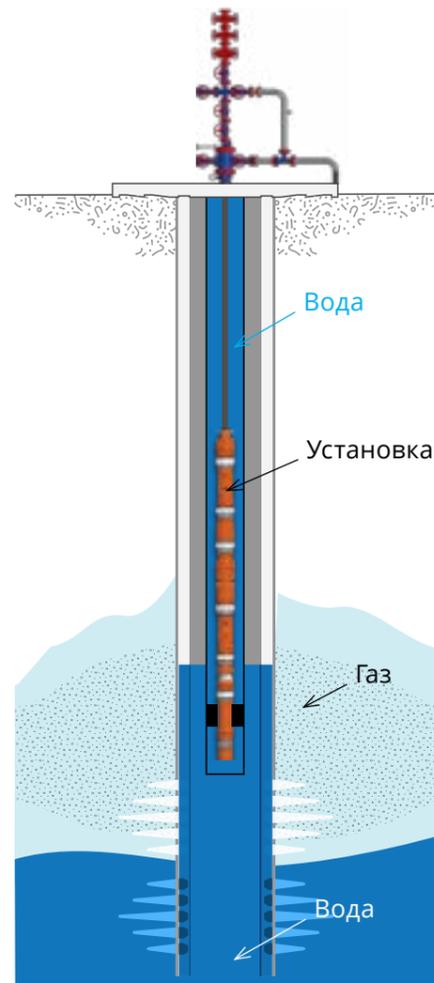
В мае-июне 2019 года технология Colibri также была внедрена на скважине платформы TKDP месторождения Tikau Field в Малайзии. Монтаж двух УЭЦН серии 217 был выполнен в многоствольную скважину и одной установки – в газлифтную скважину на одной платформе с помощью стандартного геофизического оборудования на незаглушенных скважинах.

В 2019 году мы приступили к разработке собственной технологии монтажа установки Colibri ESP на незаглушенную скважину. Монтаж проводился на незаглушенной тест-скважине в ООО «Газпром газобезопасность», его цель состояла в отработке приемов монтажа с применением стандартного спускоподъемного оборудования. Монтаж был выполнен при помощи автокрана и ПКС-5 при буферном давлении 32 атм с применением лубрикатора и ПВО. Длина

## 1. Скважина перед освоением



## 2. Освоение скважины



## 3. Скважина после освоения

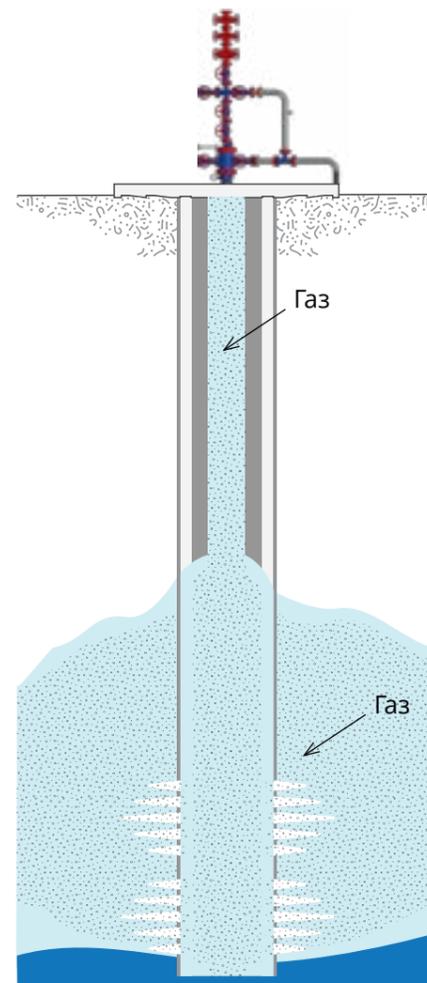


Рис. 4. Освоение газовых скважин

лубрикатора составила 13,5 м, длина установки – 11 м, вес установки – 140 кг.

В августе 2020 года монтаж установки Colibri ESP был проведен на скважине Южно-Приобского месторождения ООО «Газпромнефть Хантос». Спуск установки был осуществлен из основного ствола с переливом из БС, глубина спуска составила 251 м. Установка отработала в скважине 236 сут.

Наконец, в декабре 2020 года на скважине Краснотенинского месторождения ООО «Газпромнефть Хантос» установка была смонтирована с целью доставки оборудования в горизонтальный участок и проверки работоспособности узла задувки. Глубина спуска составила 2886 м, угол отклонения в месте подвески – 75°, добыча велась из горизонтального участка. Установка отработала в скважине 303 сут.

**Выводы**

Технологию Colibri ESP можно смело назвать революционной, так как она открывает новые горизонты применения УЭЦН и имеет несколько неоспоримых преимуществ в сравнении с существующими технологиями, свою нишу применения и перечень решаемых с ее помощью задач. В частности, технология может применяться при эксплуатации осложненных скважин и скважин сложной конструкции – скважин с БС, ремонтными колоннами, а также – обводненных газовых скважин.

Поскольку спуск установки проводится с использованием мобильных комплексов СПО, техники геофизиков, либо стандартного автокрана, монтаж может осуществляться силами экипажа мобильного комплекса, что дает возможность отказаться от привлечения бригад КРС и дорогостоящей техники.

Таблица 2. Основные характеристики грузонесущего кабеля Colibri ESP

ДЕТАЛИ КОНСТРУКЦИИ	
Количество токопроводящих медных жил в кабеле	3
Площадь поперечного сечения каждой медной жилы, мм <sup>2</sup>	8-10
Номинальная толщина изоляции жил, мм	1,05
Номинальный диаметр проволок брони, мм	1,2
Диаметр кабеля, мм	20,3 ± 0,2
Вес кабеля, кг/км	914
ПАРАМЕТРЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ	
Температура эксплуатации	-50°С...+125°С (серийный кабель)
	-50°С...+140°С (опытный кабель)
	-50°С...+180°С (опытный кабель)
Температура монтажа	-40°С...+60°С
Минимальный диаметр изгиба, мм	600
Прочность на разрыв, не менее, кН	80

Перспективны для внедрения технологии Colibri ESP скважины удаленных и офшорных месторождений. В частности, на офшоре установка может использоваться как временный насос для сокращения простоя скважины без привлечения буровой вышки и при замене трубной эксплуатации на беструбную.

Данная технология позволяет значительно сократить время простоя скважины как при освоении, так и при эксплуатации; повысить эффективность эксплуатации скважин сложной конструкции (с техническими ограничениями); производить монтаж на суше и нефтяных платформах без громоздкого дорогостоящего оборудования.

Новизна технологии Colibri ESP на сегодняшний день защищена 30 патентами.

**АЛЕКСЕЙ БОНДАРЬ**

Инженер-конструктор КБ  
одновременно-раздельной  
эксплуатации и объемных насосов  
АО «Новомет-Пермь»

## ВЯЗКАЯ НЕФТЬ – НЕ ПРОБЛЕМА, ЕСЛИ РАБОТАЕТ ОБЪЁМНО-РОТОРНЫЙ НАСОС «НОВОМЕТ»

По мнению экспертов нефтегазовой отрасли, мировые запасы вязкой нефти значительно превышают запасы легкой и составляют более 70%. Ее добыча требует нетрадиционного уникального подхода.

Во многих промышленно развитых странах мира тяжелая, вязкая нефть рассматривается в качестве основной базы развития нефтедобычи на ближайшие годы. По прогнозам ведущих мировых аналитиков, динамика добычи такого сырья в перспективе будет иметь положительный тренд.

Иными словами, как в ближайшем, так и отдаленном будущем добыча вязкой нефти приобретает ключевое значение.

### Традиционные способы добычи вязкой нефти

Обычно в таких условиях используются установки штанговых глубинных (УШГН) и винтовых насосов (УВН). Но применение первых на начальном этапе строительства площадки и размещения оборудования требует больших капитальных затрат. А для вторых необходимо подбирать тип эластомера для каждой скважины, что увеличивает номенклатуру изделий и количество ошибок при подборе. Применение штанг для привода также ограничивает использование этих установок в горизонтальных скважинах.

### Предлагаемое решение

Одним из путей решения проблемы является применение объемных насосов с приводом от погружного электродвигателя. Во-первых, отпадает необходимость строительства инфраструктуры скважины, во-вторых, при отсутствии эластомера не требуется индивидуальный подбор насоса.

Проблемы, возникающие при добыче вязкой нефти традиционными способами (плунжерными или винтовыми насосами), можно решить, применив погружной насос объемного действия, который получал бы энергию от погружного электродвигателя. Например – многоступенчатый пластинчатый насос оригинальной конструкции [патент РФ № 2495282] с расположением пластинок в статоре. Общий вид ступени показан на рис. 1.

Объемно-роторный насос пластинчатого типа (далее ОРНП) в сборе показан на рис. 2. Преимущества этого насоса перед плунжерными и винтовыми состоят в следующем:

- не используются эластомеры;
- насос может создавать практически любой требуемый напор (путём подбора необходимого количества ступеней);
- может применяться в горизонтальных скважинах.
- проведенные испытания показали возможность его применения для перекачивания высоковязкой нефти, вплоть до 5000 сСт.

Успешные испытания опытного экземпляра привели к разработке и изготовлению такого типа насоса в 2-х габаритах. АО «Новомет-Пермь» производит ОРНП в 5 и 5А габаритах. Характеристика каждого насоса представлена ниже.

Таблица 1. Характеристики ОРНП5-10

Диапазон подач, м³/сут	5-15
Частота вращения, об/мин	500-1000
Номинальная частота вращения, об/мин	750
Рекомендуемая вязкость жидкости, сСт	30-5000

### Характеристика ОРНП5-10 и ОРНП5-25

Изначально данный насос спроектирован и изготовлен в 5 габарите с подачей до 15 м³/сут и предназначен для эксплуатации низкодебитных скважин. Совместно с низкооборотным электродвигателем 117 мм ОРНП5-10 может применяться для э/к от 140 мм. Характеристики насоса представлены в табл. 1.

Этот насос прошел все заводские испытания, в том числе – ресурсные с песком. Для увеличения ресурса элементы насоса выполнены из износостойких материалов.

Также были пройдены опытно-промышленные испытания в различных нефтяных компаниях как в России, так и за рубежом.

В этом же габарите разработан насос с подачей до 25 м³/сут. В настоящее время он находится на стадии проведения заводских испытаний, его характеристики представлены в табл. 2 (стр. 42).

Рис. 1. Общий вид ступени ОРНП

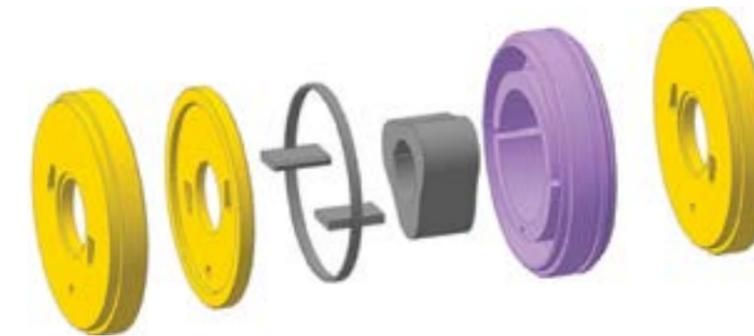


Рис. 2. Общий вид многоступенчатого пластинчатого насоса



Таблица 2. Характеристики ОРНП5-25

Диапазон подач, м <sup>3</sup> /сут	13-25
Частота вращения, об/мин	500-1000
Номинальная частота вращения, об/мин	1000
Рекомендуемая вязкость жидкости, сСт	30-5000

Рис. 3. Сравнительная напорно-расходная характеристика ступени ОРНП5-10 на воде и жидкости вязкостью 100 сСт (750 об/мин)

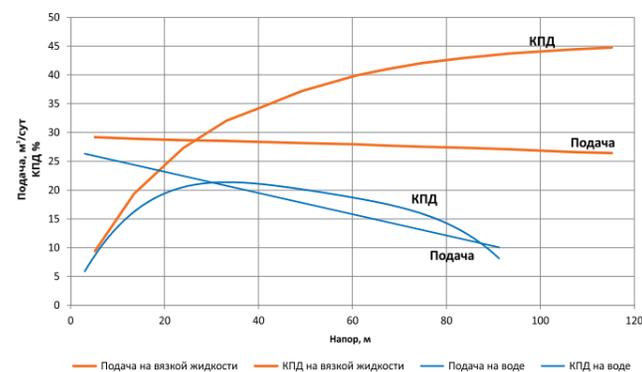


Рис. 4. Сравнительная напорно-расходная характеристика ступени ОРНП5-25 на воде и жидкости вязкостью 100 сСт (1000 об/мин)

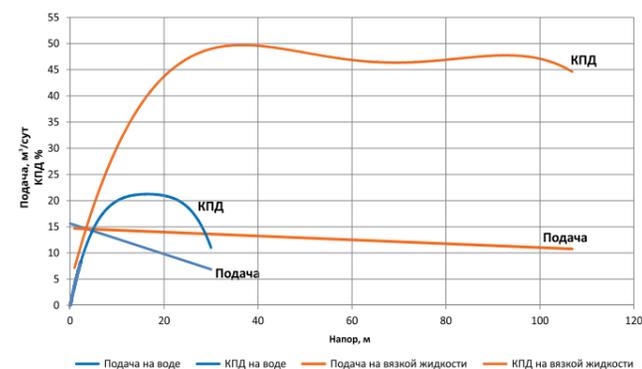
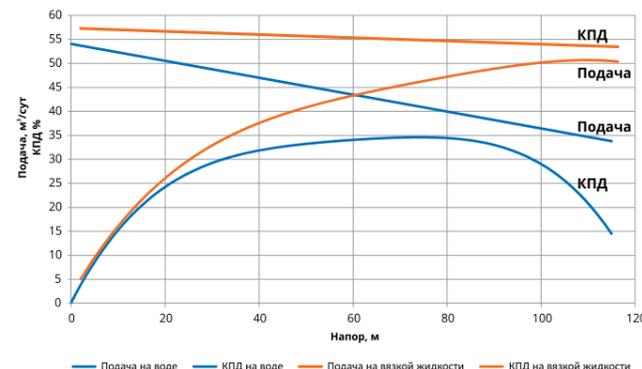


Рис. 5. Сравнительная напорно-расходная характеристика ступени ОРНП5А-50 на воде и жидкости вязкостью 100 сСт (1000 об/мин)



Хотелось бы отметить, что объемные насосы имеют лучшие характеристики при работе на вязкой жидкости. Проведенные испытания подтвердили это.

Напорно-расходные характеристики (НРХ) ОРНП5-10 и ОРНП5-25 на разной вязкости в пересчете на одну ступень приведены на рис. 3 и 4 соответственно. Видно, что при увеличении вязкости жидкости при одной и той же подаче напор монотонно растет (из-за уменьшения утечек через зазоры), так же растет и КПД.

### Характеристики ОРНП5А-50

В продолжении развития данного типа насоса разработан ОРНП в 5А габарите с подачей до 50 м<sup>3</sup>/сут. ОРНП5А-50 прошел все заводские испытания и находится на стадии проведения ОПИ в разных компаниях в России и за рубежом.

Как и в 5 габарите, элементы ступени насоса выполнены из износостойких материалов.

Характеристики насоса представлены в табл. 3.

Напорно-расходные характеристики на разной вязкости в пересчете на одну ступень приведены на рис. 5.

Из приведенных НРХ на разной вязкости насосов ОРНП5-10, ОРНП5-25, ОРНП5А-50 следует, что при работе на вязкой жидкости необходимо применять меньшее количество ступеней, тогда и стоимость насоса будет ниже.

### Комплектация ОРНП

Комплектация установки стандартная, как для УЭЦН. Отличие в том, что применяется низкооборотный электродвигатель с частотой вращения от 100-1500 об/мин (рис. 6 стр. 44).

### Сравнение мощности ОРНП, ЭЦН и ПВЭДН в зависимости от частоты вращения

На графиках (рис. 7, 8 стр. 44) видно, что зона рабочих частот ЭЦН с одной стороны ограничена мощностью электродвигателя (правая граница), с другой – минимально необходимым (создаваемым) напором – не менее 20% от номинального (левая граница). При этих границах диапазон изменения подачи составляет 30%.

ОРНП работоспособен в широком диапазоне частот (см. рис. 8). Верхняя граница обусловлена ресурсом конструкции ступеней (1000 об/мин), нижняя – подачей насоса (100 об/мин). Мощности электродвигателя достаточно во всем диапазоне частот вращения.

При обозначенных границах рабочей частоты вращения вала насоса диапазон изменения подачи ОРНП больше, чем у ЭЦН, в 3 раза, (см. рис. 7, 8).

### Опыт внедрения с погружным электродвигателем

На сегодняшний день «Новомет» имеет большой опыт внедрения ОРНП в разных компаниях в России и за рубежом.

Хотелось бы сказать несколько слов о внедрении оборудования на Восточно-Мессояхском месторождении. Известно, что это месторождение

осложнено выносом большого количества мехпримесей – до 1600 мг/л. При этом вязкость жидкости порядка 300 сСт и температура 16°С.

Но даже в таких условиях опытно-промышленные испытания успешно завершились.

### ОРНП – решение для замены винтовых насосов с приводом от штанг

Данное решение (Рис. 9) позволит уменьшить риски невозможности запуска (т.к. отсутствует эластомер, момент «страгивания» ниже).

Процедура монтажа стандартная:

1. Монтаж противоотворотного анкера с МС ОРНП и спуск данного оборудования на НКТ;
2. Фиксация противоотворотного анкера путем поворачивания НКТ;
3. Спуск насосных штанг с шлицевым якорем до соединения с МС ОРНП;
4. Подгонка штанг на устье для соединения с приводом.

Учитывая положительный опыт эксплуатации данного типа насосов при больших частотах вращения, наработка данного оборудования при частотах 100-400 об/мин будет только больше.

Таблица 4. Опыт внедрения ОРНП

Типоразмер	Страна	Месторождение	Дата запуска	Состояние	Наработка
ОРНП5-10	Румыния	Asset III Muntenia Vest	20.07.2015	Демонтировано 26.06.2020	1803
	Румыния	Asset III Muntenia Vest	20.02.2017	Демонтировано 18.11.2021	1732
	Румыния	Asset III Muntenia Vest	16.02.2018	В работе	1496
	Россия	Восточно-Мессояхское (Мессояханефтегаз)	12.09.2017	Демонтировано 19.08.2018	342
	Россия	Стретенское (Лукойл-Пермь)	22.03.2018	Демонтировано 29.08.2019	515
	Румыния	Asset Muntenia Vest	05.06.2020	Демонтировано 03.04.2021	299
	Румыния	Asset Muntenia Vest	12.08.2020	Демонтировано 27.04.21	258
	Румыния	Asset IV Muntenia Vest	05.06.2020	Демонтировано 03.04.2021	101
	Венесуэла	URDANETA	18.08.2018	04.11.2018 остановили по ограничению добычи. Установка в работоспособном состоянии	78
	Румыния	Asset III Muntenia Vest	19.11.2021	В работе	124
ОРНП5А-50	Россия	Восточно-Мессояхское (Мессояханефтегаз)	24.06.2018	Демонтировано 22.01.2019	216
	Румыния	Asset III Muntenia Vest	25.07.2018	Демонтировано 15.10.2019	420
	Румыния	Asset VI Muntenia Vest	01.08.2019	Демонтировано 05.02.2020 Закачка пара	188
	Румыния	Asset VI Muntenia Vest	26.02.2020	Демонтировано 31.07.2020	156
	Румыния	Asset VI Muntenia Vest	11.08.2020	Демонтировано 27.04.2021 Закачка пара	257
	Румыния	Asset VI Muntenia Vest	26.05.2021	В работе	301
	Россия	Русское (Томскнефть)	30.12.2021	В работе	83
	Россия	Русское (Томскнефть)	22.01.2022	В работе	60
	Турция	IKIZTEPE	02.03.2022	В работе	21

Таблица 3. Краткая характеристика ОРНП5А-50

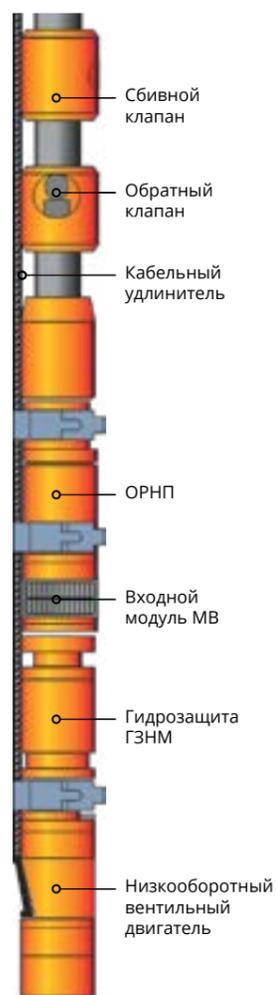
Диапазон подач, м <sup>3</sup> /сут	20-50
Частота вращения, об/мин	500-1000
Номинальная частота вращения, об/мин	1000
Рекомендуемая вязкость жидкости, сСт	30-5000

### Сложности и проблемы внедрения ОРНП

Современные реалии нефтедобывающей отрасли таковы, что внедрение любых сложных технологических инноваций не обходится без преодоления первоначальных проблем, сложностей и «детских болезней» опытного оборудования. И рассматриваемая в данной статье технология имеет в своем послужном списке неудачные попытки внедрения, умолчать о которых никак нельзя.

Одной из главных проблем насосов ОРНП была работа в скважинных условиях в которых присутствует сероводород. Примером может послужить внедрение на месторождении Оренбургнефти. В силу особенностей химического состава покрытия рабочих органов ОРН наличие даже небольшого количества сероводорода в скважине вызывает взаимодействие его с покрытием, его скоротечное вымывание и, как следствие, невозможность продолжения работы насоса, его клин.

Рис. 6. Комплектация ОРНП



Несмотря на то, что об ограничении по сероводороду при внедрении ОРНП известно, его не всегда получается учесть при подборе скважины. При его незначительном содержании, особенно если работает УЭЦН в коррозионностойком исполнении, сероводород никак себя не проявляет и попросту не берется в расчёт службами заказчика.

Еще одной проблемой насосов ОРНП можно назвать недостоверность предоставленных данных по наличию механических примесей в скважинной жидкости. Что показало неудачное внедрение на месторождении Казахстана. При проведении разбора после непродолжительной работы оказалось, что все рабочие органы – от входного модуля до выкида насоса – наглухо забиты механическими примесями (рис. 10).

Вывод: в данной ситуации ОРНП сыграл роль «насоса-жертвы» при отсутствии подготовки скважины после ГТМ.

Для преодоления всех этих ограничений специалистами «Новомет» найден новый состав твердосплавного покрытия, а также технологий его нанесения, обеспечивающих стойкость к наличию сероводорода. Дополнительно для борьбы с механическими примесями разработан фильтр, позволяющий ограничить максимальный размер частиц не более 500 микрон, поступающих в насос. Также все установки насоса ОРНП комплектуются шламоуловителем, что благоприятно сказывается на ресурсе работы насоса.

Сегодня нашими специалистами совместно с заказчиками при внедрении установок ОРНП проводится более тщательный контроль планируемых к внедрению скважин, в том числе на наличие сероводорода, количества взвешенных частиц и др. параметров. Это гарантирует длительную безотказную эксплуатацию и наработку, превышающую данный показатель для установок ЭЦН и винтовых насосов. Примеров удачного внедрения ОРНП с наработками более 1000 суток гораздо больше.

#### Загадка скважины 416

На месторождении Asset VI Muntenia Vest есть скважина (416), в которой продолжается эксплуатация установки ОРНП5А-50. Нарботка на сегодня превысила более 300 суток. Это уже четвертый монтаж в данную скважину, особенность которой состоит в том, что в ней сверхгустая нефть. Значение вязкости достигает 1200 сСт.

Для добычи нефти в течение месяца в скважину с поверхности загоняют пар при высокой температуре, тем самым понижая вязкость флюида, чтобы он начал поступать в скважину. Затем спускают установку ОРНП5А-50 (начальная температура 140-150°C),

Рис. 7. Зависимость напора, мощности ЭЦН и мощности ПВЭДН от частоты вращения

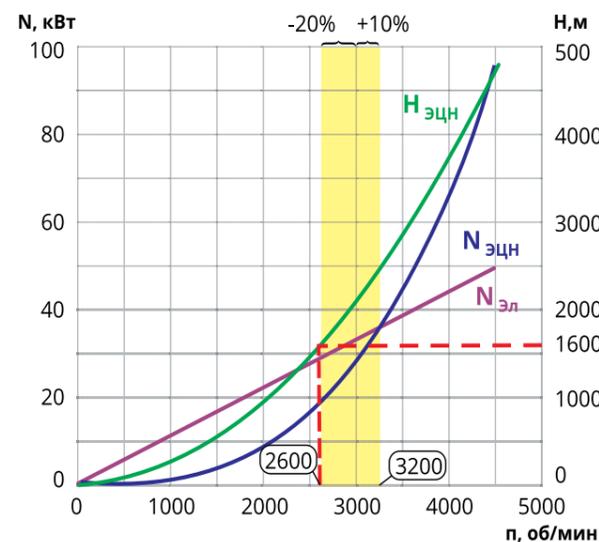


Рис. 8. Зависимость напора, мощности ОРНП и мощности ПВЭДН от частоты вращения

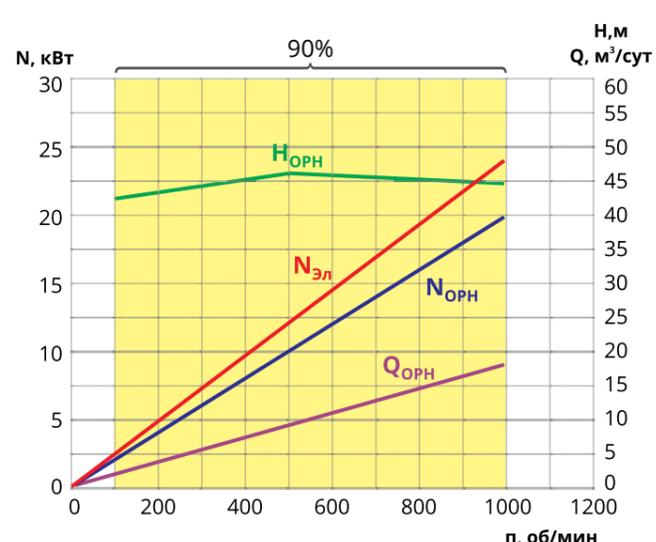


Таблица 5. Краткая характеристика ОРНП с наземным приводом

Габарит	5	5А
Диапазон частот вращения, об/мин	100-400 (ограничено приводом)	
Диапазон подач, м³/сут	1-6	2-20
Рекомендуемая вязкость	30-5000	30-5000

которая сначала откачивает воду в течение 20-30 дней, после чего начинает поступать нефть. Смесь воды и нефти откачивается до тех пор, пока не начнет падать дебит по нефти. В среднем процедура по закачке пара происходит раз в 6 месяцев. Нарботка оборудования заказчика раньше не превышала 80-100 суток, установка объемного насоса от АО «Новомет-Пермь» позволила более чем в 3 раза увеличить этот показатель в данной скважине.

#### Заключение

Подводя итог сказанному, отметим:

В АО «Новомет-Пермь» для добычи вязкой нефти предложена оригинальная конструкция объемно-роторного насоса, которая имеет ряд преимуществ перед другими видами машин объемного типа. Путем подбора необходимого числа ступеней данный насос может создавать практически любой требуемый напор, применяться в скважинах с горизонтальным участком.

Напор ОРНП на вязкой жидкости на порядок выше, чем у аналогичных малодобитных центробежных насосов. В отличие от них напор данного насоса с увеличением вязкости растет. Благодаря новому оборудованию удастся сократить затраты на добычу нефти вообще, и особенно – на добычу вязкой нефти.

В отличие от ЭЦН, широкий диапазон регулирования частоты вращения позволяет и подачу регулировать в широком диапазоне. Отсутствие эластомера в конструкции позволяет упростить подбор насоса для скважин.

Ввиду отсутствия эластомера насос работоспособен при температурах до 170°C.

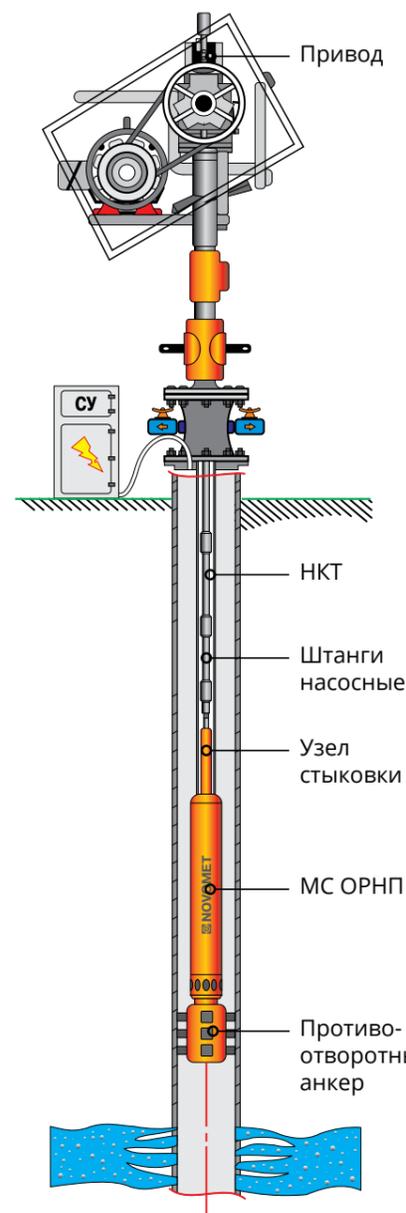
При проведении ОПИ в ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» достигнуто снижение удельного энергопотребления на 1 м³ добываемой продукции в 2,6 раза по сравнению с предыдущей эксплуатацией ЭЦН.

Установки ОРНП производства АО «Новомет-Пермь» успешно проходят эксплуатацию как на многочисленных месторождениях России, так и за рубежом. При этом максимальная наработка превысила 2000 суток. Достигнутые результаты объясняются преимуществами технологии, которая непрерывно развивается.

Рис. 10. Насос ОРНП, забитый механическими примесями после пробного запуска в Казахстане



Рис. 9. Схема ОРНП с приводом от наземного электродвигателя





**АЛЕКСЕЙ ЗАХАРОВ**  
Заместитель начальника КТБ ПЭД и ТМС АО «Новомет-Пермь»



**АНАТОЛИЙ САНТАЛОВ**  
Заведующий отделом погружных электроприводов ОКБ БН КОННАС, к.т.н.



**АЛЕКСАНДР КОСТИН**  
Ведущий инженер-конструктор ДИР КБ ПЭД АО «Новомет-Пермь»

## ВЕНТИЛЬНАЯ МОЩЬ НОВОМЕТА

### РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО И ВНЕДРЕНИЕ ПВЭД

Лидером в области создания, производства и внедрения погружных вентильных электродвигателей (ПВЭД) для УЭЦН в России заслуженно является АО «Новомет-Пермь», начавшее разработку и внедрение данных машин ещё в 2005 году.

Тогда руководством была поставлена задача охвата всего диапазона габаритов – от 81мм до 185 мм, частот вращения от 100 до 6000 об/мин и мощностей до 1,2 МВт. Спрос со стороны нефтяных компаний определял очередность их внедрения в производство.

В 2006 году на предприятии был изготовлен первый погружной вентильный электродвигатель 117 габарита мощностью 400 кВт (при частоте 6000 об/мин). Полная линейка мощностей ПВЭД-117 на 3000 и 6000 об/мин была освоена до 2009 года. За это же время было подготовлено серийное производство ПВЭД 81 габарита максимальной мощностью одной секции 80 кВт. В конце 2012 года было изготовлено менее 200 секций данного габарита, а к середине 2014 года данная цифра достигла почти 800.

Средняя наработка УЭЦН 3 габарита (в пределах 540 суток) была подтверждена по методике оценки пилотных проектов. Установка УЭЦНЗ-160Э-2100/36-240 с первым секционным вентильным двигателем 81 габарита мощностью 125 кВт была запущена на Самотлорском месторождении в декабре 2014 год.

До 2012 года линейку продукции компании дополнили вентильные двигатели в габаритах 130 и 185 мм.

Как видим, задача освоения вентильных электродвигателей для УЭЦН средних и больших габаритов компанией была успешно выполнена к 2013 году, их количество превысило 25% от всех производимых ПЭД в компании.

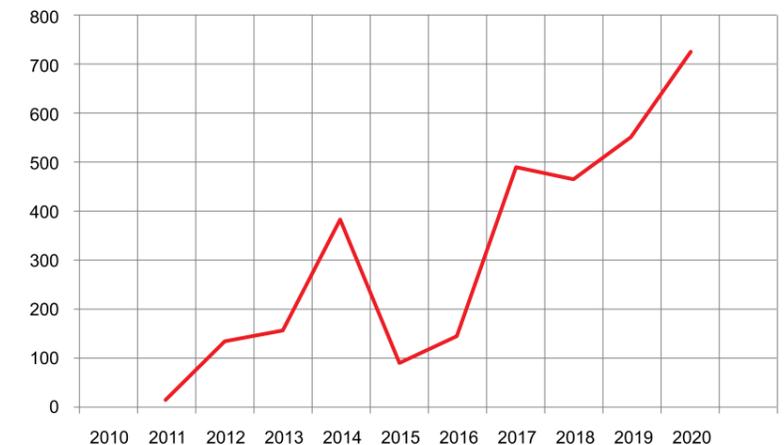
#### Уменьшая габарит до предела

На очереди было освоение малого и супермалого габаритов. А именно – ПВЭД-69 и ПВЭД-55.

Потребность нефтяной отрасли в малогабаритных установках для скважин с малым дебитом добычи оказалась достаточно высокой, и в 2014 году компанией разработан вентильный двигатель для установки 2 габарита ЭЦН2-50-2000 с наружным диаметром корпуса ПВЭД 55 мм. А чуть позже, в 2016 году компания вывела на рынок революционную технологию спуска малогабаритного оборудования в скважину на грузонесущем кабеле (ColibriESP), составной частью которой и явилась вышеназванная разработка.

#### Подробнее – о ColibriESP

Электродвигатель содержит от 1 до 3 унифицированных секций, в которых применен провод одного диаметра, что позволило сделать их универсальными. Длина одной модуль-секции ЭД составляет



#### Динамика продаж ПВЭД АО «Новомет-Пермь» по годам

ГК «Новомет» активно развивается, и динамика поставок ПВЭД на рынки ДЗ планомерно растет. В 2014 г. были введены первые санкции против нефтяной отрасли России. ЕС и США запретили своим компаниям предоставлять российским партнерам высокотехнологическое оборудование, из-за этого отношение к российским компаниям могло поменяться. ГК «Новомет» пришлось снизить поставки в ДЗ в 2015 г. т.к. спрос на оборудование со стороны зарубежных партнеров упал. С 2016 г. компания продолжила активно развиваться и возобновила отношения с зарубежными клиентами для уверенного роста поставок ПВЭД, что мы и видим по состоянию на 2020 г.

2, 3 и 4 метра, мощность изготавливаемых секций электродвигателей принята 15, 25 и 35 кВт соответственно. Таким образом, комбинируя данные секции, можно получить мощность от 15 до 105 кВт (105 кВт – максимальная суммарная мощность электродвигателя.) Номинальные токи до 28 А и напряжение до 3000 В позволило получить минимальный перегрев – 25°C.

70 кВт – именно такой была мощность первого изготовленного двухсекционного двигателя для 2 габарита, чего достичь в корпусе 55 мм еще пару лет назад было практически невозможно. Кроме магнитопровода, обмотки и магнитов в данном габарите размещены: вал, соединение токоведущих выводных проводов, а также быстроразъемное бесфланцевое соединение секций ЭЦН, которое значительно снижает время монтажа. КПД двигателя составил 85%.

#### Рассмотрим особенности конструкции вентильного электродвигателя.

От асинхронных данные машины отличаются тем, что на их роторе вместо короткозамкнутой «беличьей клетки» размещены постоянные магниты.

Двигатели производства пермской компании, если сравнивать их с вентильными машинами других производителей, имеют оптимальный электромагнитный зазор, позволяющий не только сохранить КПД двигателя, но и потенциально продлить срок службы за счет снижения нагрузки на подшипники от сил одностороннего



магнитного притяжения (так сказать, баланс между КПД и надежностью). Статор изделий компаундирован, внутри обмотки размещён датчик температуры, на все габариты двигателей имеются системы ТМС.

Если рассматривать конструкцию ротора электродвигателя на частоту вращения 3000 об/мин – она традиционная, со сплошным валом и подшипниками в расточке статора. При частотах вращения выше 4200 об/мин в конструкции применены инновационные решения, благодаря которым, а также предварительной балансировке пакетов, удается получить низкий уровень вибрации.

#### КПД – выше, длина и вес – меньше

Главным преимуществом ПВЭД является увеличенный КПД (88-95% в зависимости от габарита), благодаря которому на единицу мощности происходит пониженное удельное тепловыделение и низкое энергопотребление. В результате

можно снизить массу и габариты активной части двигателя примерно в 2 раза. К примеру, длина активной части асинхронного двигателя 117 габарита мощностью 40 кВт составляет 3332 мм (9 пакетов ротора), в то время как на вентильном двигателе 117 габарита данную мощность при той же частоте вращения можно получить уже на двигателе с активной частью длиной 1618 мм (4 пакета ротора).

Коэффициент мощности вентильных двигателей может быть достаточно высок, в том числе – равный 1. Такой режим обеспечивает минимально возможную установленную мощность наземного оборудования. Однако более энергоэффективным представляется режим минимального тока, при котором коэффициент мощности меньше 1, поскольку наземное оборудование, как правило, выбирается с запасом по мощности.

#### Номенклатура вентильных ПЭД производства АО «Новомет-Пермь»

Наименование	Диапазон мощностей, кВт		
	односекционный	двухсекционный	трехсекционный
	Номинальная частота вращения, об/мин		
ПВЭДН-55-8,5	5-35	35-70	-
ПВЭД-55-8,5 (унифициров.)	15-35	30-70	45-105
ПВЭД-69-10,0 (унифициров.)	100	200	250
ПВЭДН-81-6,0	14-90	100-200	-
ПВЭДН-81-6,0 (унифициров.)	40-70	80-140	120-210
ПВЭД-81-9,0	-	155-250	-
ПВЭД-103-3,0	6-140	-	-
ПВЭД-103-6,0	12-280	-	-
ПВЭД-117-0,5	2-40	-	-
ПВЭД-117-3,0	22-255	-	-
ПВЭД-117-6,0	44-450	-	-
ПВЭД-130-3,0	32-300	350-390	-
ПВЭД-130-4,5	-	750	-
ПВЭД-130-6,0	60-465	-	-
ПВЭД-185-3,0	60-800	1200-1600	-

Оптимизация отбора жидкости из скважин и сокращение номенклатуры двигателей стали возможны благодаря возможности регулирования частоты вращения и контроля параметров. При этом диапазоны регулирования частоты вращения составляют 100-1500, 500-1500, 1500-4200 и 4200-6000, 6000-8500 об/мин.

Данные преимущества ПВЭД особенно актуальны:

- в скважинах осложненного фонда,
- при добыче вязкой нефти,
- в случае нестабильной подачи,
- в малодобитных скважинах,
- в скважинах, вводимых после гидроразрыва пласта (ГРП) и после других операций по интенсификации добычи нефти.

#### Добытая – экономят!

Не следует забывать о том, что вентильные двигатели – неотъемлемая часть энергоэффективных установок, что является их важнейшим преимуществом.

Не только в России, но и в мире повышение энергоэффективности нефтедобычи по-прежнему остается одной из наиболее актуальных задач. Согласно статистике, доля затрат нефтяных компаний на электроэнергию

в структуре себестоимости добычи увеличивается в среднем на 3-4% в год. При этом на подъем скважинной жидкости механизированным способом приходится более 50% расходов на электроэнергию. Не менее 28,3 млрд кВт в год – цифра энергопотребления в сегменте механизированной добычи нефти только в России!

Чтобы решить данную проблему, была разработана линейка энергоэффективных УЭЦН с максимальным КПД до 79% при номинальной подаче до 3000 м³/сут, включающую установки с высокооборотными (до 5820 об/мин) погружными вентильными электродвигателями. От серийно выпускаемых моделей данные установки отличаются меньшими размерами, более высоким КПД и повышенными напорными характеристиками. В них в качестве привода используется серийно производимый погружной вентильный электродвигатель серии ПВЭДН в габаритных группах 55, 81, 103, 117, 130 и 185 мм. В его конструкции применяется ротор на базе четырехполюсного магнита, изготовленного из высокотемпературных магнитотвердых спеченных материалов.

Если верить энергетическим расчетам, энергопотери в вентильном двигателе



примерно вдвое меньше, чем в асинхронном. При этом наблюдается снижение потерь в кабеле, станции управления и масляных трансформаторах погружных насосов (ТМПН).

Сравнительные испытания серийной и энергоэффективной установки с вентильным двигателем, проведенные на стендах-скважинах ОАО «ОКБ БН КОННАС», подтвердили, что применение ПВЭДН позволяет на 10-15% снизить энергопотребление УЭЦН.

Все вентильные электродвигатели производства АО «Новомет-Пермь» соответствуют классу энергоэффективности E2 – согласно ГОСТ Р 56624-2015. К нему же относятся электродвигатели с высоким КПД, у которых суммарные потери мощности не менее чем на 40% ( $\eta_e=0,4$ ) меньше суммарных потерь мощности стандартных электродвигателей с аналогичными мощностью и частотой вращения.

Ведущие мировые нефтяные компании проявляют серьезный интерес как к

новометовскому оборудованию в целом, так и конкретно – к его вентильным электродвигателям. В 2017 году пермская компания заключила соглашение с концерном Statoil Petroleum AS (Норвегия) по НИОКР на разработку высоконадежной УЭЦН с вентильным электродвигателем для применения на офшоре.

### Вентильный прорыв

Вентильные электродвигатели, появившиеся на рынке, вызвали существенный рывок в механизированной добыче в целом, появились новые технологии:

- Высокооборотные УЭЦН с подачей до 1600 м<sup>3</sup>/сут, при этом обладающие КПД на 40% выше, чем у серийных, до 2-х раз компактнее.
- Малогабаритные УЭЦН для спуска в боковой ствол диаметром 102 мм, что даёт прирост добычи в среднем 15 м<sup>3</sup>/сут.
- УЭЦН сверхмалого габарита для эксплуатации внутри НКТ 73 мм,

спускаемую на грузонесущем кабеле. На ее монтаж требуется в 5-7 раз меньше времени, чем серийной УЭЦН.

- Установки винтового насоса с нижним приводом, а также насосы нового типа – объемно-роторные. Установки приводятся в действие низкооборотным двигателем и используются для добычи вязкой нефти.

Сегодня в стадии подготовки находятся решения для эксплуатации в условиях сверхвысоких температур, а также установки со сверхвысокой надежностью – обе технологии выполнены на базе вентильных приводов.

Отдельно следует сказать о герметичном приводе с вентильным двигателем, спрос на который среди нефтяников в последнее время увеличивается. Герметичный привод – это смонтированный в условиях цеха изготовителем двигатель с кабельным удлинителем, гидрозащитой и входным модулем, причем все это компактно размещено в кожухе с местом для герметичного вывода из него кабеля (герметичность вывода кабеля проверяется на заводе давлением 15 Мпа). Это позволяет сэкономить время, снизить риски и повысить качество при монтаже, так как прокачка маслосистемы проводится на заводе, а не в условиях скважины. Завод-изготовитель допускает проводить монтаж герметичного привода без замены и переконсервации маслом в течение гарантийного срока хранения с сохранением гарантий на оборудование.

Привод позволяет эксплуатировать УЭЦН независимо от внутреннего максимального диаметра колонны (в составе привода обеспечено принудительное охлаждение двигателя пластовой жидкостью), а также производить забор пластовой жидкости ниже зоны перфорации.

Постоянно ведутся работы по повышению характеристик вентильных электродвигателей с учетом реальных перегревов в зависимости от температуры пластовой жидкости.

Так, в 2020 году была оптимизирована геометрия активной части пакетов ротора двигателей габаритов 117 и 130 мм частотой 3000 и 6000 об/мин. Это позволило увеличить мощность двигателей 3000 и 6000 об/мин на 15%.

И, наконец, несколько слов о **вентильных приводах в установках для подъема геотермальных вод**. Сегодня для этого используются машины в односекционном исполнении габарита 185 мм и мощностью до 800 кВт. Известно,



что температура в геотермальных скважинах достигает 200°C и более.

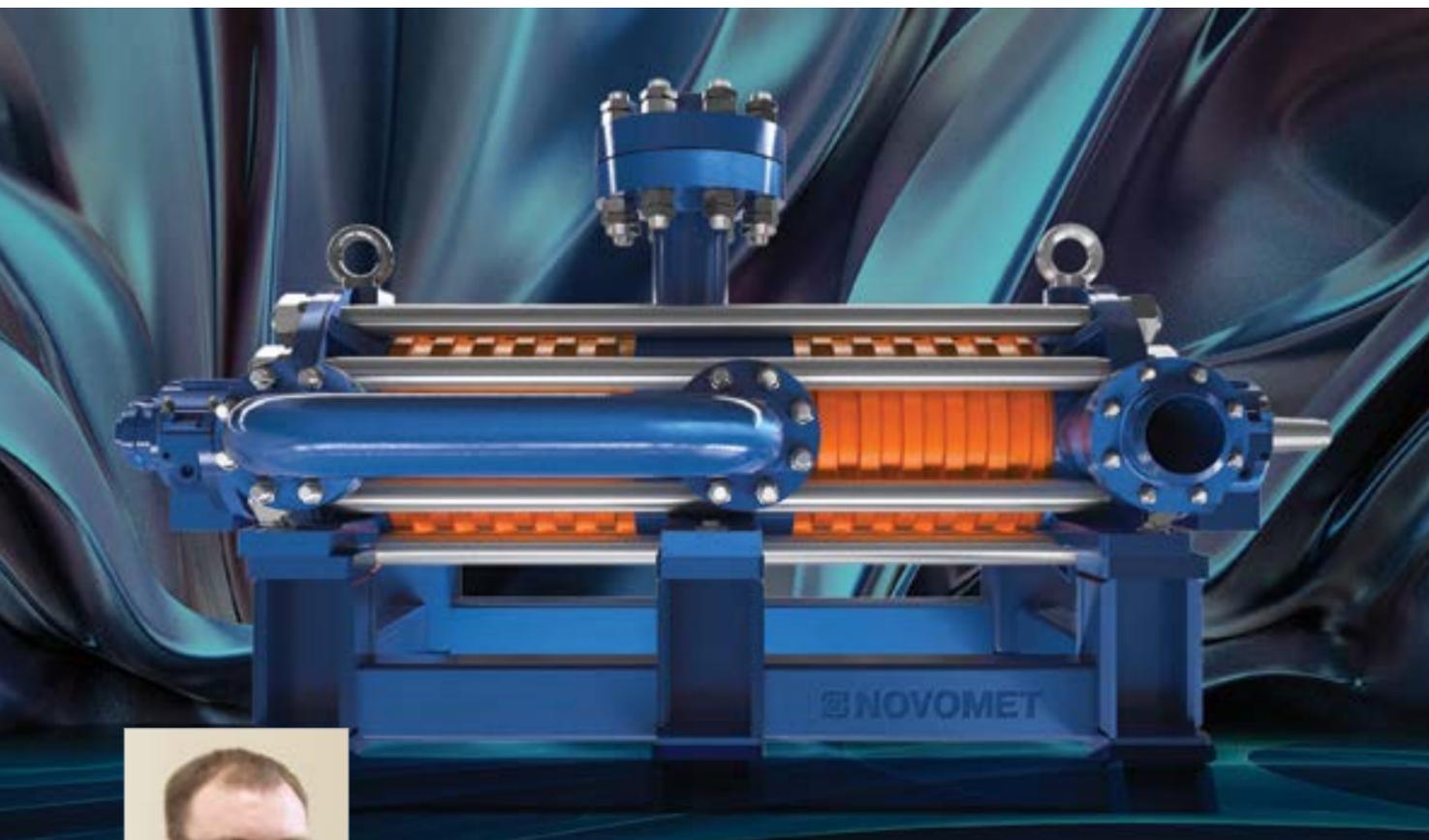
В стадии разработки находится двухсекционный вентильный электродвигатель мощностью до 1600 кВт на 3000 об/мин. Так же в данном габарите (185 мм) ведется разработка двигателя для скважин с температурой пластовой жидкости до 220°C.

На очереди – двухсекционный ПВЭД для подъема геотермальных вод в габарите 230 мм мощностью 2000 кВт на 3000 об/мин.

Как видим, и в геотермальных проектах Новомет находится на передовых рубежах вентильного двигателестроения.

### Список литературы

1. Санталов А.М. Вентильные электродвигатели для погружных электронасосов. // Сборник докладов VI Всероссийской технической конференции «Производство и эксплуатация УЭЦН». Альметьевск, 1996.
2. Павленко В.И., Гинзбург М.Я. Тенденция замены ПЭД на ВД: мир последовал за инновацией Лукойла. // Нефтегазовая вертикаль 2010, № 20.
3. Шенгур Н.В., Иванов А.А. Мифы и реальности внедрения вентильного электродвигателя в УЭЦН. // Инженерная практика. 2011, № 3.
4. Слепченко С.Д. Математика прогноза // Нефтегазовая вертикаль. 2006, №1 2, с. 48-51

**ДЕНИС МЕРКУШЕВ**

Начальник отдела разработки наземного насосного оборудования АО «Новомет-Пермь»

## НАЗЕМНОЕ НАСОСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ «НОВОМЕТ»

На сегодняшний день невозможно представить отрасли промышленности, где бы не применялось динамическое насосное оборудование, которое является самым крупным потребителем энергии и, соответственно, одним из самых крупных источников операционных затрат. В наше время тема сокращения потребления электроэнергии выходит на первый план современного общества. В связи с этим компания АО «Новомет – Пермь» расширила линейку выпускаемых наземных насосов, заложив в основу многолетний опыт проектирования и изготовления самого современного энергоэффективного и надежного нефтепромыслового оборудования. Его применение возможно как в системах поддержания пластового давления, перекачки нефти, так и в качестве питательных насосов ТЭЦ, ГРЭС, АЭС, НПЗ, химических заводов, в системах откачки водоотливов, рассолов горнодобывающей промышленности и во многих других отраслях.

**Центробежные секционные насосы типа ЦНС**, производительность которых достигает 1200 м<sup>3</sup>/час, напор до 4000 м, КПД до 86%, выпускаются в нескольких конструктивных исполнениях:

**Насосы ЦНС с оппозитным расположением рабочих колес** отличаются отсутствием осевых сил, а, следовательно, отсутствием узла гидравлической разгрузки ротора – гидропаты. Ее отсутствие позволяет повысить надежность насоса, уменьшить риск выхода из строя при попадании в проточную часть газовых шапок и выбросов механических примесей. В центре насоса установлена напорная «крышка», две половины насоса зеркально расположены относительно средней крышки, за счет чего происходит уравнивание осевой силы, действующей на ротор насоса. Остаточное осевое усилие воспринимается подшипником качения.

**Насосы ЦНС с выносными опорами** (рис. 2) ротора являются самым распространенным типом высоконапорных насосов, которые применяются с начала постройки и развития промышленных комплексов. При их производстве особое внимание уделяется достижению максимально возможного значения КПД и применению самых современных сплавов, обеспечивающих длительную наработку при перекачке агрессивных жидкостей. Опоры ротора насоса расположены в кронштейнах за пределами проточной части, система смазки подшипников может быть принудительной от маслосистемы либо картерного типа.

**Насосы ЦНС со встроенными подшипниками** (рис. 3 на стр. 54) обладают лучшими динамическими характеристиками за счет снижения длины ротора т.к. опоры ротора расположены внутри крышек всасывания и нагнетания, смазываются и охлаждаются перекачиваемой средой. Подшипники выполнены из твердого сплава карбида титана, карбида вольфрама и других твердосплавных материалов, что позволяет получать длительный срок службы изделий в агрессивной среде. Так же за счет расположения опор ротора внутри проточной части удалось добиться снижения времени на проведение планово-предупредительного ремонта и сократить количество уплотнений ротора – полевая сторона насоса герметизируется крышкой.

**Консольные насосы** имеют самое простое и надежное конструктивное исполнение. Они подходят для



Рис. 1. Насосы ЦНС «Спина к спине»

перекачки сильнозагрязненных жидкостей, применяются в качестве подпорных, магистральных, пульповых и др. Применение коррозионностойких сплавов, освоенных литейным производством, позволяет значительно увеличить ресурс и наработку изделий.

Применение модульной конструкции **горизонтальных насосных установок (ГНУ)** (рис. 4 на стр. 54) дает возможность проведения ремонта и обслуживания оборудования в полевых условиях без сложных технологических стендов и приспособлений. Оборудование разрабатывается для достижения максимальной энергоэффективности (даже при низкой производительности). Для сохранения чистоты перекачиваемого продукта в сложных технологических процессах, а также для уплотнения вала применяется магнитная муфта, которая обеспечивает абсолютную герметичность насоса. Утечки и испарения отсутствуют.

**В качестве привода насосов типа «Труба в трубе»** используется погружной вентильный электродвигатель, который позволяет производить частотное регулирование насоса в широком диапазоне и обладает максимальным КПД. Агрегат может быть установлен в любой точке трубопровода без капитального строительства и подготовки.

Рис.2. Насосы с выносными подшипниками

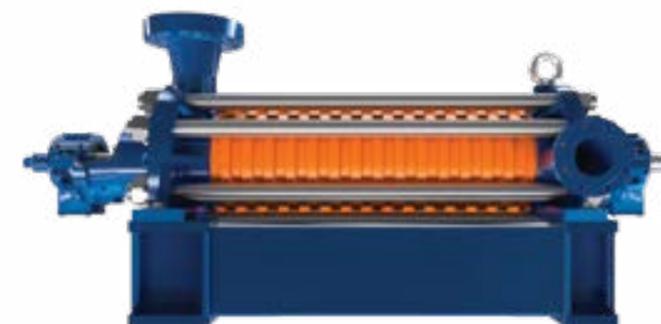


Рис. 3. Насосы ЦНС с внутренними подшипниками



Рис.5. Вертикальные насосы



Рис. 4. Горизонтальные насосные установки

Рис. 6. Полупогружные  
электронасосные агрегаты

**Вертикальные насосы** (рис. 5) обладают наилучшими вибро-динамическими характеристиками и повышенным ресурсом. Идеально подходят для перекачки взрывоопасных жидкостей, для получения большего напора – соединяются последовательно.

**Полупогружные электронасосные агрегаты** (рис. 6) предназначены для откачки жидкости из дренажных емкостей.

Расширенная линейка наземного насосного оборудования позволяет АО «Новомет-Пермь» выйти на новые отраслевые рынки. Данные насосы могут применяться как для перекачки агрессивных жидкостей, так и для взрывопожароопасных сред. Оборудование обладает высоким КПД и ресурсом, низкой стоимостью владения. Производительность насосов – от 0,5 до 1200 м<sup>3</sup>/час, напор – до 4000 м.

Ступени насосов изготовлены по технологии литья по выплавляемым моделям. Также возможно изготовление деталей на 3D-принтере из холоднотвердеющих смесей и полистирольных моделей.

Имеется возможность высокоточного сканирования, расчетов и изготовления изделий на собственном механическом и литейном производствах с подтверждением всех параметров в центральной заводской лаборатории и научно-исследовательском центре.

Наземное оборудование Новомет не только перекачивает практически любые жидкости, но и благодаря энергоэффективной конструкции экономит заказчику до 30% затрат на электроэнергию.



**ВИКТОР ОСТРОВСКИЙ**

Зам начальника ИТЦ  
с 2018 по 2021 г.,  
и.о. начальника ИТЦ  
в 2021 г., к.т.н.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ВЯЗКОСТЯХ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ НА ПРИМЕРЕ СЕКЦИИ ПОГРУЖНОГО НАСОСА ЭЦН7А-1250

*Решение задачи по устойчивой работе промежуточных подшипников скольжения в УЭЦН является важным условием для обеспечения надежности оборудования. Автор предлагает методику оценки зоны стабильной работы подшипников скольжения при переменной вязкости жидкости и различной частоте вращения методом снятия спектрограмм. Представлены результаты стендовых испытаний секции погружного насоса ЭЦН7А-1250*

### Введение

В настоящее время в нефтедобыче для повышения эффективности погружных насосов их используют на высоких скоростях вращения, на которых большое значение имеет устойчивая работа промежуточных подшипников скольжения. Нередко возникают условия, при которых в подшипнике скольжения может возникнуть неустойчивый режим работы.

Рассмотрим проблему несущей способности масляного клина, выполняющего роль опорного элемента подшипника скольжения. Как известно, несущая способность масляного клина подшипника скольжения зависит от величины зазора между вкладышем и валом – чем меньше зазор, тем больше несущая сила.

Покажем, как изменится положение центра вращения вала в зазоре подшипника в зависимости от приложенной силы [5, 9] (см. рисунок 1). При изменении нагрузки на подшипник центр вала опишет дугу, где точка 1 соответствует предельной нагрузке на подшипник, точка 3 соответствует отсутствию нагрузки на подшипник, точка 2 – переход устойчивой работы подшипника в зону не устойчивой работы.

Участок от нижней точки 1 дуги до точки перегиба 2 есть участок устойчивой работы подшипника, когда ответная силовая реакция подшипника на возмущающий импульс нагрузки однозначно соответствует величине возмущающего импульса. Например, при увеличении нагрузки на ротор на «N» процентов рабочая точка подшипника сместится по своей траектории настолько, чтобы несущая способность подшипника выросла также пропорционально на «N» процентов. Подшипник установится в новую точку равновесия.

На участке от точки перегиба 2 до точки 3 картина динамических процессов несколько иная. Здесь при действии единичного возмущающего импульса нагрузки ответная реакция подшипника больше единицы. Ротор вернется обратно,

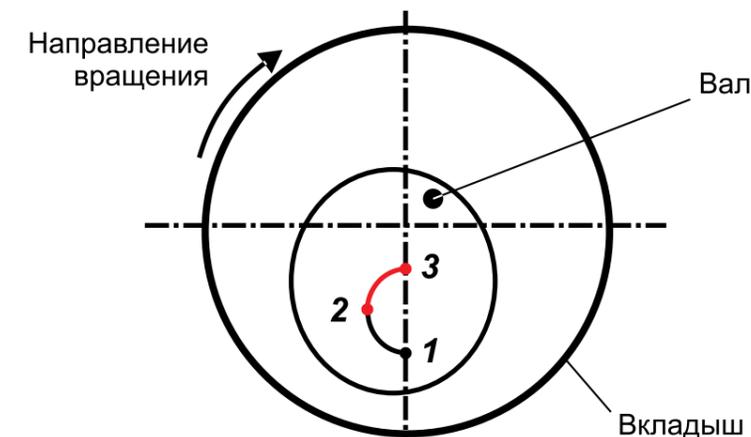


Рис. 1. Линия нагрузки подшипника при изменении приложенных сил

но «переместится» по траектории дальше, чем нужно. Далее на ротор, «зашедший» за точку равновесия, будет воздействовать импульс от масляного слоя подшипника. Ротор сместится в направлении стандартной траектории, на которую он попадет несколько дальше точки установившегося равновесия, соответствующего данной нагрузке на подшипник и все повторится снова. Результатом этого явления может стать бесконечное автоколебание вала на масляном клине относительно точки статического равновесия.

В форме масляного клина появляются, если смотреть в разрезе, своеобразные «волны», перемещающиеся с входа на выход. В конечном итоге такие колебания наводят специфические, достаточно низкочастотные вибрации как в вертикальном, так и в поперечном радиальных направлениях.

Вторым фактором, влияющим на устойчивую работу подшипника скольжения, является скорость вращения вала. По мере увеличения скорости вращения ротора гидродинамическая сила становится сильнее. При некоторой скорости гидродинамическая сила становится настолько сильной, что вал не возвращается в статическое равновесие. В этот момент вал относительно быстро по спирали выйдет на круговую орбиту с субсинхронной частотой, равной средней скорости жидкости в подшипнике. Когда это происходит, вал испытывает возмущение, называемое срывом масляного клина («Oil whirl»). Как правило, жидкость в подшипнике обтекает вал со скоростью чуть меньше 50 процентов от частоты вращения вала [4, 5]. Таким образом, признаком срыва масляного клина («Oil whirl») является его частота, равная 0,42-0,48 частоты вращения вала. Если амплитуда вибрации на частоте

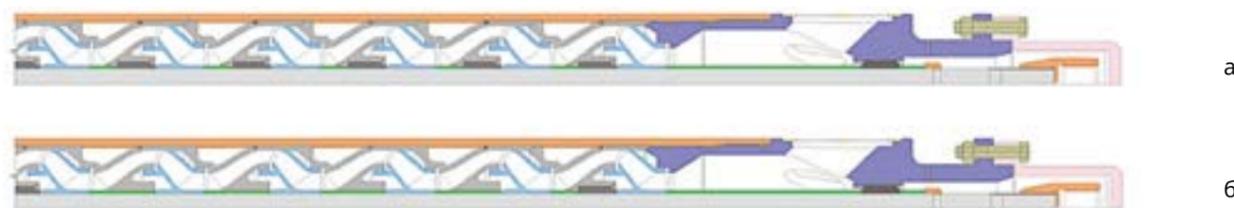


Рис. 2. Варианты сборки подшипников: а – подшипник в каждой ступени; б – подшипник через каждые 5 ступеней

срыва масляного клина больше 0,5 амплитуды вибрации основной оборотной частоты вала, то можно говорить о серьезном характере этого дефекта и об опасности его влияния на работу подшипника.

Вибрации масляного клина проявляются обычно там, где имеется значительное отклонение одного из следующих основных параметров:

1. Сниженная нагрузка на подшипник, например, избыточные длина и диаметр.
2. Динамические нагрузки, например, от дисбаланса ротора.
3. Значительное увеличение вязкости масла.
4. Повышенный износ подшипника.

Погружные электрические центробежные насосы (ЭЦН) в силу их геометрии можно рассматривать как машины с гибким ротором, для которых характерна работа на частотах выше или вблизи критических частот вращения. Гибкий ротор на частотах, близких к критическим частотам, под

действием дисбаланса может приобретать опасную для эксплуатации изгибную деформацию. На каждой из критических частот ротор ЭЦН деформируется со своей формой изгибных колебаний. Если частота срыва масляного клина («Oil whirl») у гибких роторов совпадает или близка к критической частоте ротора, то амплитуда вибрации в этот момент может значительно вырасти. А учитывая большую длину ротора и его высокие обороты вращения, весьма вероятно возникновение явления срыва масляного клина («Oil whirl»).

#### Входные данные и методика проведения эксперимента

Дальнейший анализ был проведен на примере насоса ЭЦН7А-1250 с максимальной рабочей частотой вращения 6000 об/мин. Были собраны опытные образцы насоса различной конфигурации и проведены испытания этих вариантов с измерением спектрограмм.

Спектрограмма снималась на различных вязкостях рабочей жидкости, для каждой

Рис. 3. Спектр виброускорения насоса ЭЦН7А-1250

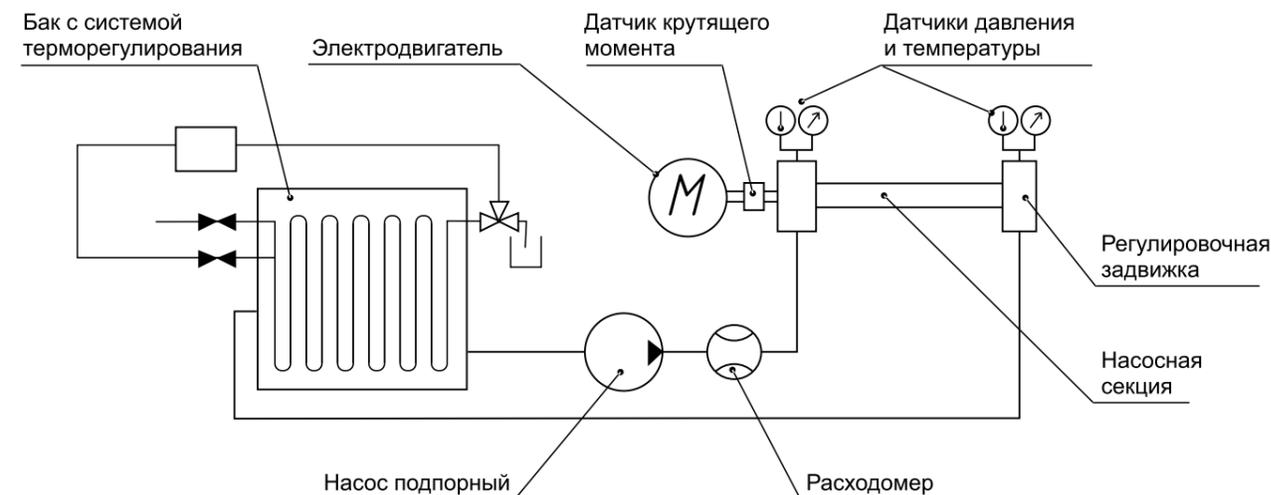
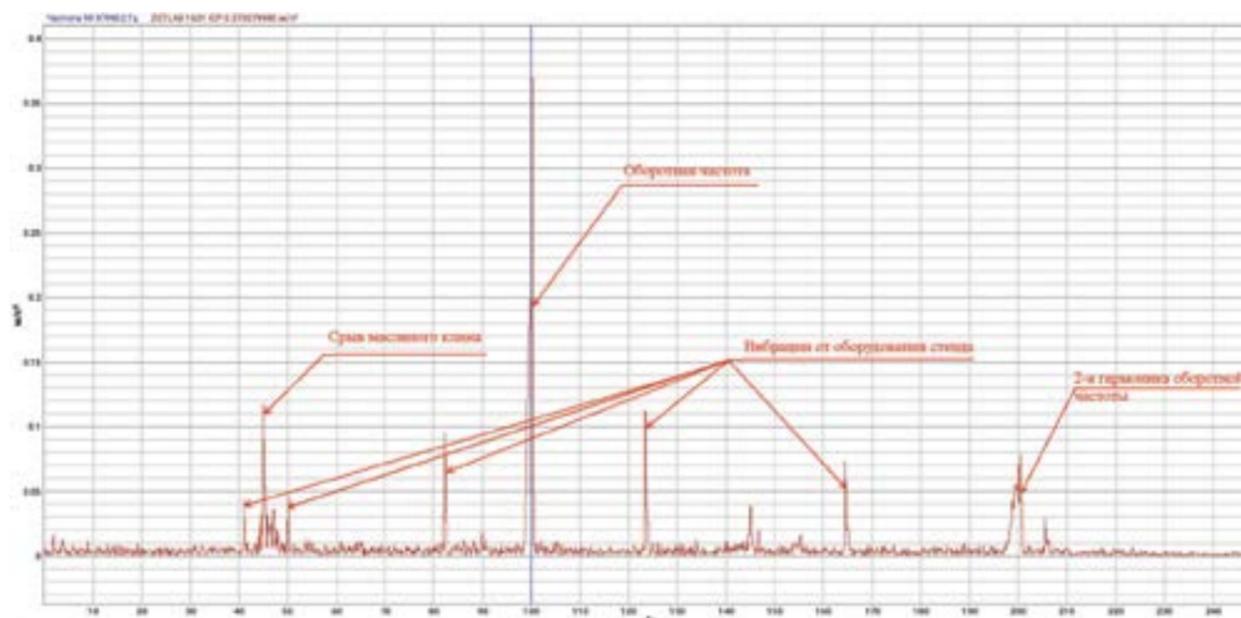


Рис. 4. Схема стенда для испытаний насосов

сборки погружного насоса (см. рисунок 2). Отличия конфигураций насоса заключаются в различном количестве и геометрии подшипников, а именно:

- подшипник длиной 35 мм в каждой рабочей ступени,
- подшипник длиной 35 мм через каждые 5 рабочих ступеней,
- подшипник длиной 16 мм через каждые 5 рабочих ступеней.

На рис. 3 показан типичный спектр, где 100 Гц – оборотная частота, 200 Гц – гармоника оборотной частоты, 44 Гц – частота срыва масляного клина. Также на частотном спектре видны вибрации от испытательного оборудования, частота которых не меняется во время испытаний (они наблюдаются, в том числе, при выключенном испытуемом насосе), из дальнейшего рассмотрения они исключаются.

Погружные насосы ЭЦН7А-1250 испытывались на стенде, показанном на рис. 4, в качестве модельных жидкостей

использовались чистая вода и масло ИТД-680.

Испытания проводились согласно стандарту ISO 15551-1:2015 Petroleum and natural gas industries. Drilling and production equipment. Подпорным насосом модельная жидкость через расходомер подавалась на вход испытуемого насоса, где поддерживалось избыточное давление 0,3 – 0,7 МПа. В ходе эксперимента осуществлялся плавный разгон от 0 до 6000 об/мин в течение 300 с.

На насос устанавливался пьезоэлектрический акселерометр BC100, соединённый с многоканальным контроллером сбора данных ZET038. С помощью последнего постоянно снималась амплитуда виброускорения и строился спектр частот.

Список использованных средств измерения указан в таблице 1.

Нагревая масло ИТД-680, получали модельную жидкость различной вязкости. Зависимость вязкости от температуры показана на рисунке 5 (стр. 60).

Таблица 1

№	Наименование СИ	Предел измерения	Погрешность измерения
1	Датчик давления Metran	0..10 МПа	0,5 % от ВПИ(± 0,08 МПа)
2	Термометр сопротивления WIKA	-50..150 °С	1 % от текущего значения
3	Термометр сопротивления WIKA	-50..150 °С	1% от текущего значения
4	Расходомер Emerson Micromotion	0.5..450м³/час	0,2 % от текущего значения
5	Акселерометр BC100	0,5...10000 Гц	<5% относительная поперечная чувствительность

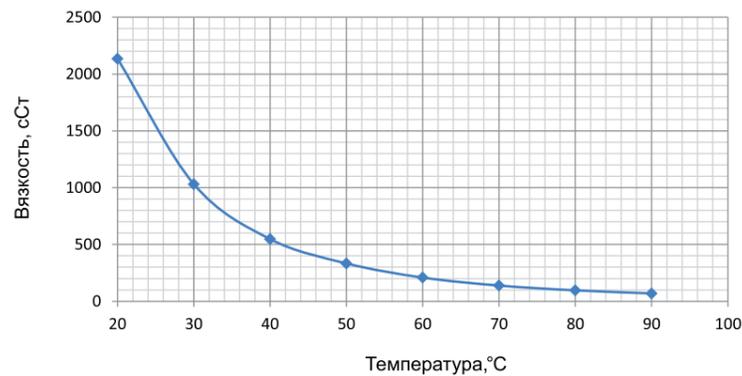


Рис. 5. График зависимости вязкости перекачиваемой жидкости от температуры

### Результаты испытаний

Типичная спектрограмма приведена на рисунке 6, где по горизонтали расположена частота в Гц, а по вертикали – время снятия спектрограммы. На спектрограмме выделяется основная частота, её гармоники и дробные частоты (при наличии). Видно, что дробная гармоника с частотой ~0.5 от основной частоты появляется при частоте вращения 83 Гц. Это частота является точкой начала процесса автоколебаний масляного клина («Oil whirl»).

Вертикальные линии на частотах 40,9 Гц, 50 Гц, 81,9 Гц, 100 Гц, 123 Гц, 165 Гц – это постоянная составляющая вибрации от оборудования стенда (присутствуют при выключенном испытуемом насосе).

Результаты эксперимента приведены в таблице 2.

Нанесем эти точки на рисунок 7, где по горизонтальной шкале отложены

частоты начала срыва масляного клина, а по вертикальной – вязкость модельной жидкости, сСт. Красные линии – насос с подшипниками длиной 35 мм в каждой ступени, синие – насос с подшипниками 35 мм через 5 ступеней, зеленые – подшипники длиной 16 мм через 5 ступеней. Сплошные линии – экспериментальные данные, штриховые – расчет устойчивости подшипников по Зоммерфельду [8].

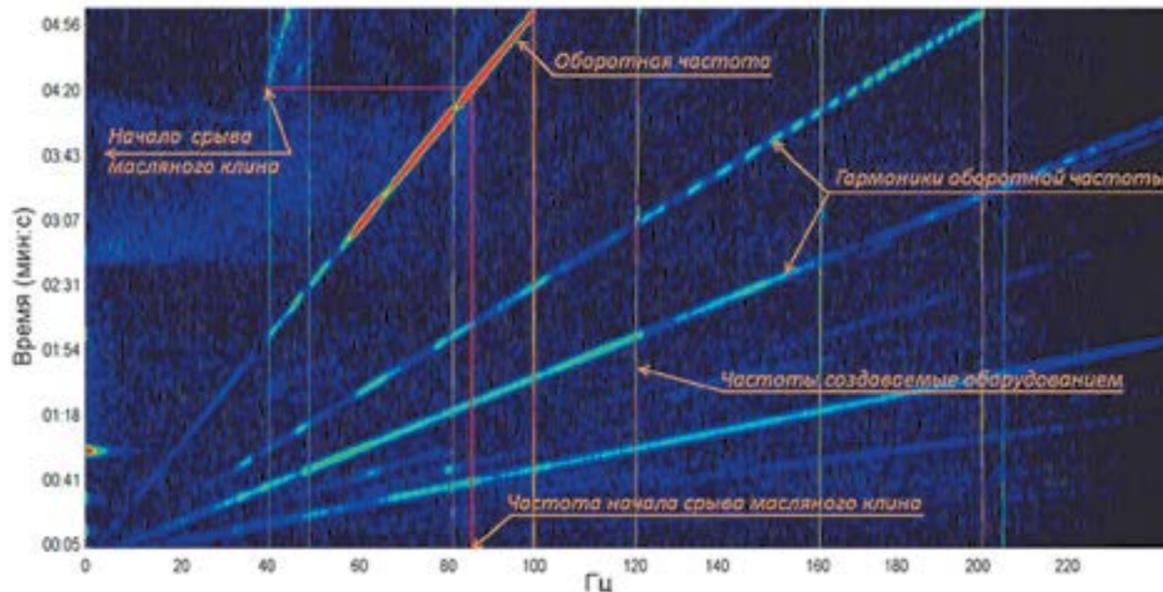
Видно, что для каждой конфигурации подшипников можно выделить зону стабильной и нестабильной работы. Причем с уменьшением количества и размера подшипников зона стабильной работы увеличивается. При этом на маловязких жидкостях и низких частотах вращения все конфигурации насосов/подшипников работают стабильно. При этом известные расчетные методики (по Зоммерфельду) в области таких высоких вязкостей дают результат, сильно расходящийся с экспериментом (чем выше вязкость, тем выше расхождение). Поэтому требуется дальнейшая проработка методик расчета устойчивости подшипников при работе в области больших вязкостей.

### Выводы

В статье предложена методика экспериментального определения зон стабильной и нестабильной работы подшипников УЭЦН в зависимости от вязкости жидкости и частоты вращения при помощи измерения спектрограмм вибрации.

Высокая вязкость перекачиваемой жидкости вкупе с высокими частотами

Рис. 6 Спектрограмма секции погружного насоса, отдельно выделено начало срыва масляного клина при частоте вращения 83 Гц



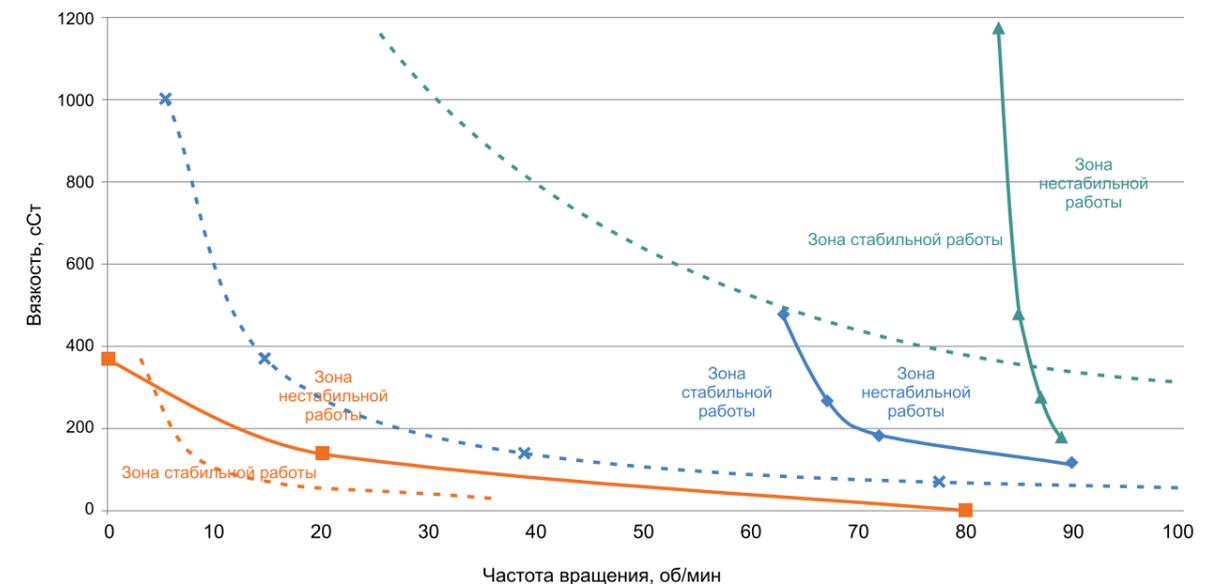
вращения накладывают ограничения на стабильность работы подшипников ввиду возникновения явления колебаний масляного клина. Частичным решением может быть уменьшение количества подшипников и их размеров, в частности, длины.

Показано, что расчеты устойчивости подшипников по Зоммерфельду дают высокую погрешность в области высоких вязкостей жидкости. Более точное определение зоны стабильной работы можно исследовать методом снятия спектрограмм.

Таблица 2. Результаты испытаний различных конструкций насосов

Промежуточные подшипники	№ п/п	T испытаний, С°	Вязкость при начале срыва масляного клина, сСт	Частота начала срыва масляного клина, Гц
После каждой ступени, L = 35 мм	1	0	370	0
	2	20	140	20
	3	80	1	80
После пяти ступеней, L = 35 мм	1	41	475	63
	2	53	265	67
	3	62	182	72
	4	75	117	90
После пяти ступеней, L = 16 мм	1	27,5	1174	83
	2	41	479	85
	3	52	275	87
	4	63	176	89

Рис. 7. Графики начала срыва масляного клина насосов ЭЦН7А-1250 на различных вязкостях рабочей жидкости



— насос с подшипниками длиной 35 мм в каждой ступени, — экспериментальные данные,  
 — насос с подшипниками 35 мм через 5 ступеней, — расчет устойчивости подшипников по Зоммерфельду,  
 — подшипники длиной 16 мм через 5 ступеней.

### Список литературы

1. Стандарт «ISO 15551-1-2015 Petroleum and natural gas industries. Drilling and production equipment».
2. ГОСТ ИСО 7902-1-2001 «Гидродинамические радиальные подшипники скольжения работающие в стационарном режиме».
3. ГОСТ Р «ИСО 13373-3-2016 Вибрационный контроль состояния машин».
4. Азовцев Ю.А., Баркова Н.А., Гаузе А.А. «Вибрационная диагностика роторных машин и оборудования целлюлозно-бумажных комбинатов»: учебное пособие / СПб: СПбГПУРП, 2014. 127 с.
5. Русов В.А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам: Монография. – Пермь, 2012. – 252 с.
6. Вибрации в технике: Справочник. В 6 т. Т.5. Измерения и испытания / Под ред. М.Д. Генкина. / М.: Машиностроение, 1981. – 496 с.
7. Расчет опорных подшипников скольжения: Справочник/ Е.И. Квирницкий и др.- М.Машиностроение, 1979.
8. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочник в 2-х кн. Кн. 2/ М.: Машиностроение, 1981. – 544 с.
9. Никифоров А.Н. Проблемы колебаний и динамической устойчивости быстровращающихся роторов: Вестник научно-технического развития, № 3 (31), 2010 г.
10. Чернавский С.А. Подшипники скольжения. – М.: Машгиз, 1963. – 245 с.



**ВИКТОР  
ОСТРОВСКИЙ**

Зам начальника  
ИТЦ с 2018 по  
2021 г.,  
и.о. начальника  
ИТЦ в 2021 г.,  
к.т.н.



**ОЛЕГ ЮРОВ**

Инженер-  
исследователь ИТЦ  
АО «Новомент-  
Пермь»



**ИГОРЬ КОЗЛОВ**

Инженер-  
исследователь ИТЦ  
АО «Новомент-  
Пермь»

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ОБЪЕМНО-РОТОРНЫХ НАСОСАХ ПРИ ОТКАЧКЕ ЖИДКОСТИ ГЛУШЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ СЕКЦИИ НАСОСА ОРНП5А-50

### Введение

В настоящее время одним из способов добычи в скважинах с тяжелой нефтью, низким уровнем притока и высокой степенью вязкости является использование объемно-роторных пластинчатых насосов (ОРНП) [3]. Конструкция данного насоса исключает потребность в использовании элементов из эластомера, которые являются самой уязвимой частью в винтовых насосах [4,5]. Вместо них в ОРНП применяются цельнометаллический статор и ротор кулачкового типа (пара трения металл по металлу), общий вид ступени ОРНП показан на рисунке 1. В результате ОРНП обеспечивает добычу высоковязкой нефти, которая содержит механические примеси, имеет повышенное содержание газа в условиях низкого дебита [8, 9].

Одним из рисков при эксплуатации насосов на высоковязкой жидкости является переходный процесс после откачки маловязкой жидкости глушения и переходе на высоковязкую жидкость. В ходе данной работы были исследованы процессы, возникающие в ОРНП5А-50 при замене модельной жидкости с воды на масло с вязкостью нефтесодержащей пластовой жидкости во время работы насоса.

### Входные данные и методика проведения эксперимента

Испытания секции ОРНП5А-50 проводились при частоте вращения вала 1000 об/мин [1] на испытательном стенде, приведенном на рисунке 2 на стр. 64.

Ввиду сложности измерения давлений непосредственно из рабочих камер насоса был подготовлен специальный его образец, в котором между ступеней были добавлены специальные проставки с отверстиями. Корпус насоса дорабатывался, были выполнены резьбовые отверстия напротив проставок. В каждом резьбовом отверстии были закреплены датчики давления, подключенные к анализатору спектра ZetLab-038 для непрерывной записи показаний давления. Расположение датчиков давления приведено на рисунке 3.

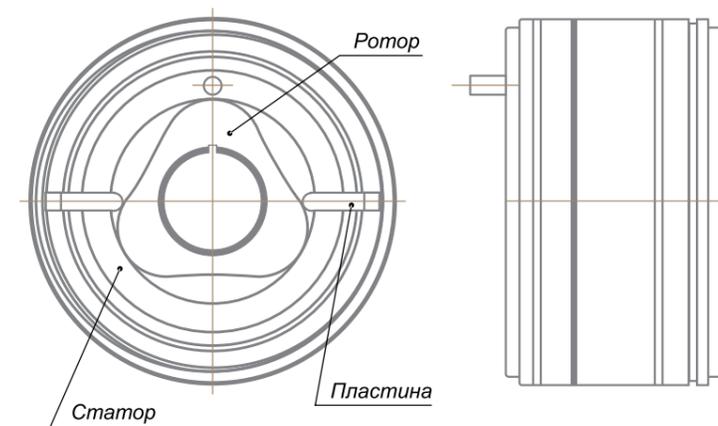


Рис. 1. Общий вид ступени ОРНП

Для записи крутящего момента, частоты и потребляемой мощности использовался датчик крутящего момента М40, декодер Т45 (USB). Список использованных средств измерения указан в таблице 1.

В качестве рабочей жидкости использовалась вода и масло 80W-90 с заданной вязкостью (100, 500 или 1000 сСт) [6,7]. Вязкость регулировалась путем изменения температуры жидкости. Зависимость вязкости масла 80W-90 от температуры показана на рис. 4 на стр. 65.

### Последовательность проведения испытаний

При работе ОРНП5А-50 на масле при 1000 об/мин положение задвижек стенда подбирали таким образом, чтобы получить напор на вязкой жидкости 100 м на ступень. Величина напора на ступень была выбрана из результатов ресурсных испытаний как безопасный уровень работы ступеней ОРНП5А-50 [2]. В дальнейшем положение задвижек не менялось.

С помощью шаровых кранов переключали подачу жидкости на воду и ждали устоявшегося режима, когда вода полностью заменит масло.

Затем переключали подачу жидкости на масло и записывали для дальнейшего анализа сигналы датчиков

Таблица 1 Перечень и характеристики датчиков лабораторного стенда

№	Наименование СИ	Предел измерения	Погрешность измерения
1	Датчик давления	0..10 МПа	0,5 % от ВПИ (± 0,08 МПа)
2	Термометр сопротивления	-50..150 °С	1 % от текущего значения
3	Датчик крутящего момента М40	-0..1000 Гц	0,2% от текущего значения
4	Расходомер	0,5..450 м³/час	0,2 % от текущего значения
5	Акселерометр	0,5...10000 Гц	<5% относительная поперечная чувствительность



Рис. 2. Расположение ОРНП5А-50 на испытательном стенде

давления, крутящий момент, частоту и потребляемую мощность.

Давление в ступенях ОРНП5А-50 записывалось с дискретностью 50 000 значений в секунду, а крутящий момент, частоту и потребляемую мощность – 20 000 значений в секунду.

### Полученные результаты экспериментальных исследований и их анализ

На рис. 5 приведены этапы переходного процесса с их продолжительностью на примере изменения потребляемой мощности, крутящего момента и частоты, записанные с помощью датчика крутящего момента М40.

Нас в первую очередь интересует та часть графика, где виден переход с воды на масло заданной вязкости, это выделено красным цветом на графике.

Видно, что частота вращения ОРНП5А-50 оставалась постоянной во время эксперимента (зеленая линия на графике).

График изменения момента и мощности для переходного процесса показан укрупненно на рисунке 6. Частота вращения не показана, так как оставалась постоянной.

При переходе с воды на масло резко повышаются мощность и крутящий момент. Причем повышение происходит до значений, которые выше, чем мощность и крутящий момент при работе на чистом масле. Величина превышения 11-19% для различных вязкостей. Далее в течение 30-40 секунд происходит снижение мощности и потребляемого

момента до исходных значений на чистом масле. Пульсаций момента зафиксировано не было.

Ранее напорно-расходная характеристика насоса ОРНП5А-50 снималась на масле и на воде, наложим на эти два графика значения подачи и напора, полученные при исследовании переходного процесса. Точки переходного процесса на НРХ показаны на рис. 7 (стр. 66).

Видно, что точки, снятые в ходе переходного процесса, лежат на кривых НРХ этого насоса на воде и на масле, то есть, во время переходного процесса происходит «скачок» с НРХ насоса на воде к НРХ на масле.

Давление в ступенях ОРНП5А-50 записывалось анализатором спектра ZetLab-038 с дискретностью 50 000 значений в секунду, что позволило увидеть пульсации давления, которые объясняются характером работы ОРНП (рис. 8 на стр. 66).

Для наглядности покажем пульсацию давления по ступеням насоса и изменение крутящего момента за один оборот во время переходного процесса (рис. 9 на стр. 67)

На один оборот насоса приходится несколько периодов изменения давления в ступенях. Величина давления растет с номером ступени и максимальна на пятой.

Покажем усредненные графики распределения давления с учетом пульсации (пунктирные линии) по рабочим ступеням в зависимости от вязкости масла (рис. 10 на стр. 67).

Рис. 3. Расположение датчиков давления на корпусе ОРНП5А-50

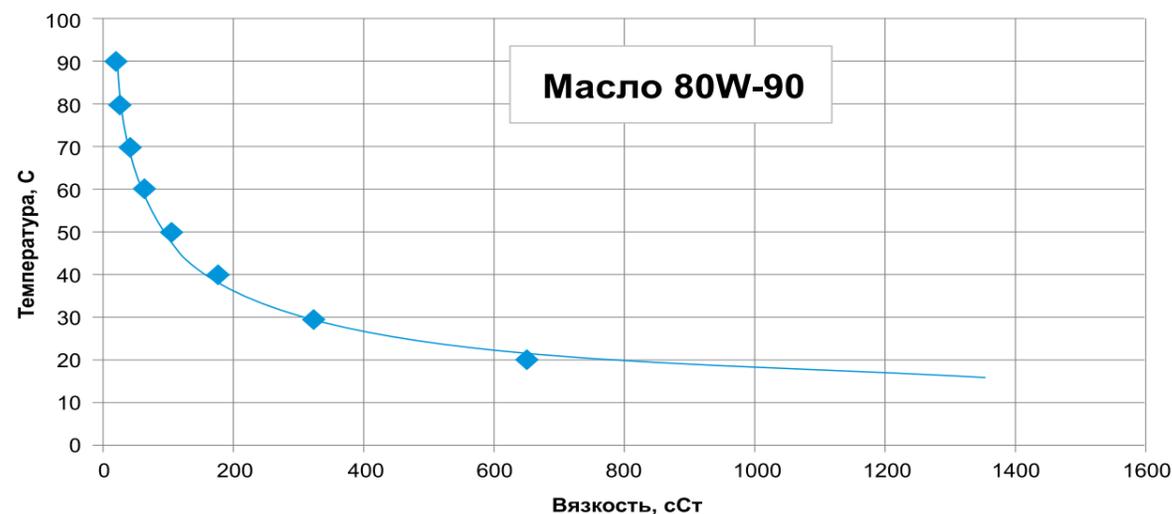
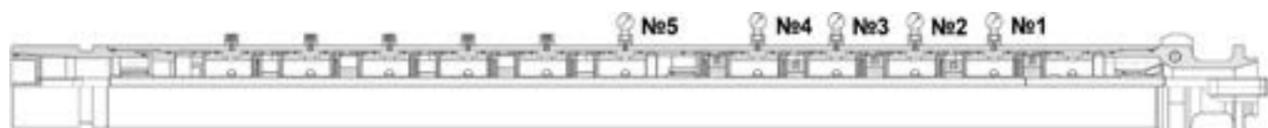


Рис. 4. Зависимость вязкости масла 80W-90 от температуры

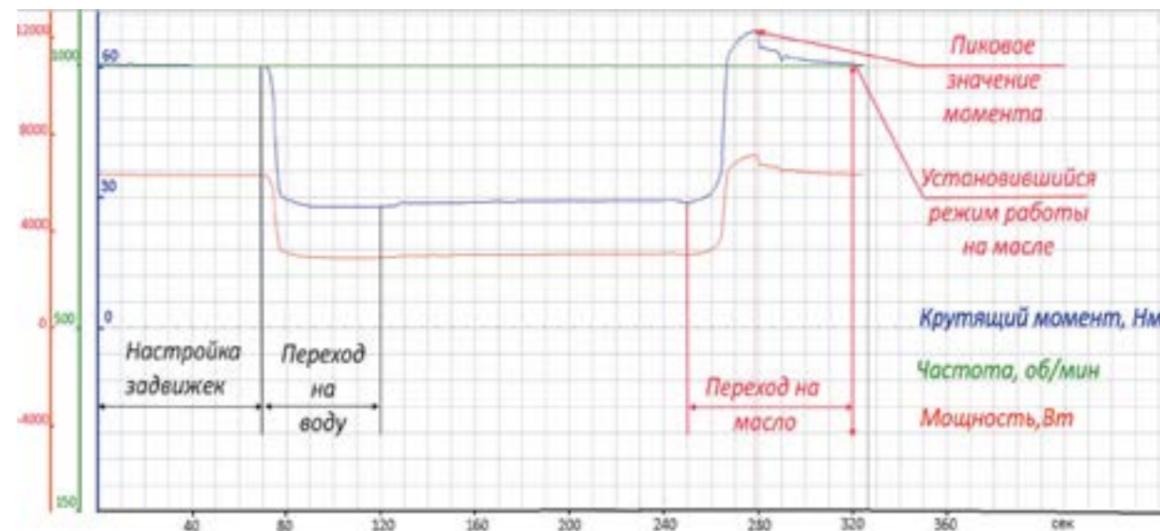


Рис. 5. Крутящий момент, частота и потребляемая мощность при вязкости масла 100 сСт

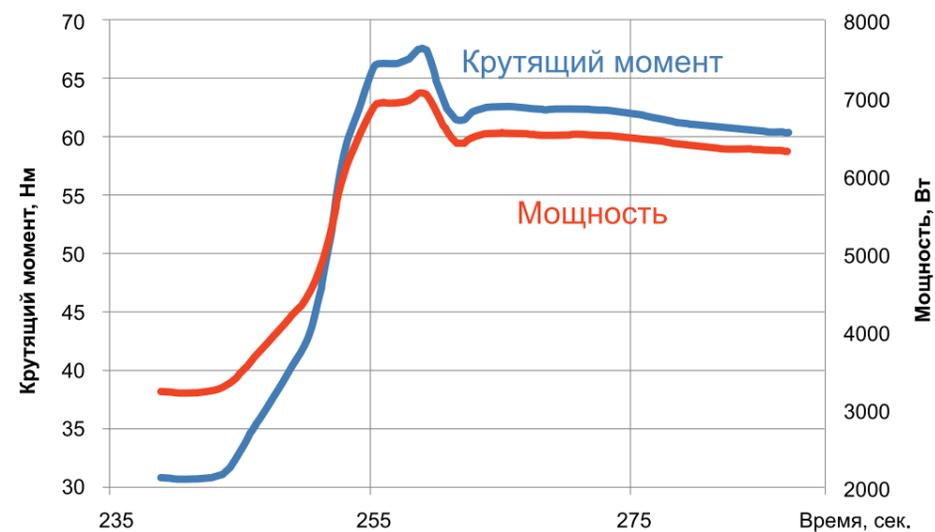


Рис. 6. Крутящий момент и мощность во время переходного процесса, вязкость 500 сСт

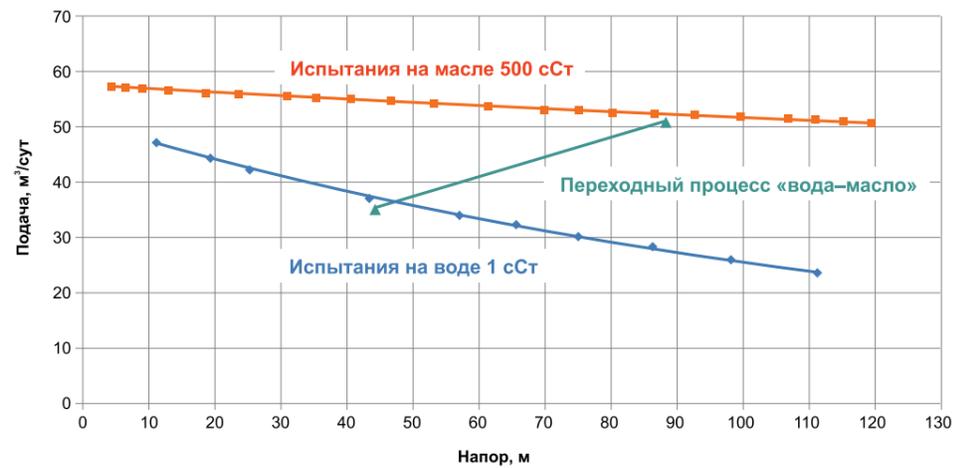


Рис. 7. НРХ на воде, масле вязкости 500 сСт и во время переходного процесса

Из графиков на рисунке 9 видно, что характер изменения давления при переходе с воды на масло соответствует характеру изменения крутящего момента и мощности на рисунке 5 (стр. 65). А именно: повышение происходит до значений, которые выше, чем мощность и крутящий момент при работе на чистом масле. Величина превышения – 11-19% для различных вязкостей. Далее в течение 30-40 секунд происходит снижение мощности и потребляемого момента до исходных значений на чистом масле.

Стоит отметить, что пульсация давления во время переходного процесса растет на всех вязкостях модельной жидкости, затем, при выходе насоса на работу на чистом масле, амплитуда пульсации

давления снижается. С увеличением вязкости масла растет и амплитуда пульсации давления.

На рисунке 11 (стр. 68) показано изменение максимальных значений давления и относительного изменения пульсации по длине насоса ОРНП5А-50.

Видно, что с началом переходного процесса вместе с ростом давления растет амплитуда пульсации самого давления. Она достигает максимума на пике давления, затем снижается до значений установившегося режима. Относительная величина пульсации давления снижается по длине насоса, так как амплитуда пульсации растет значительно медленнее, чем само давление.

Рис. 8. Пульсация давления во второй рабочей ступени ОРНП5А-50 во время переходного процесса (Print scrin экрана ПО ZetLab, запись токового сигнала датчика), вязкость 100 сСт

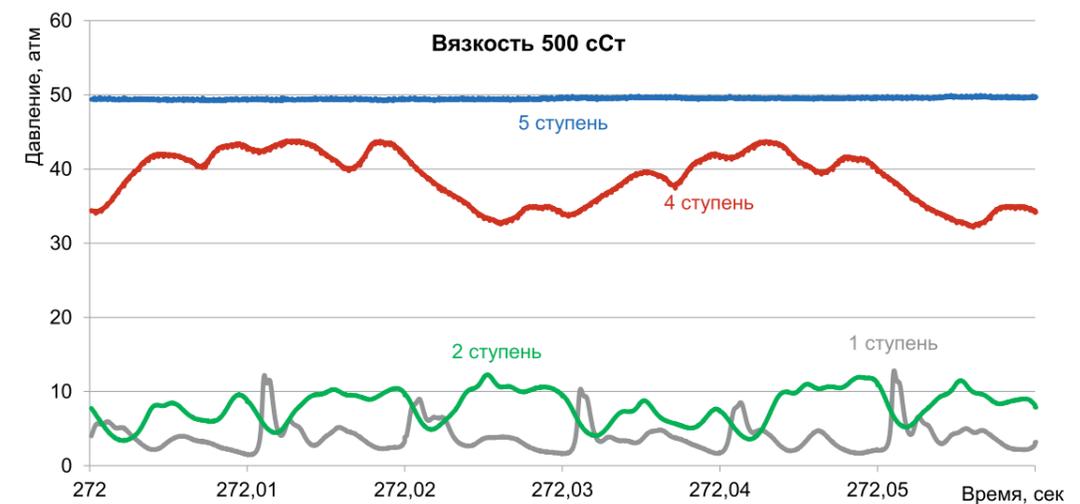
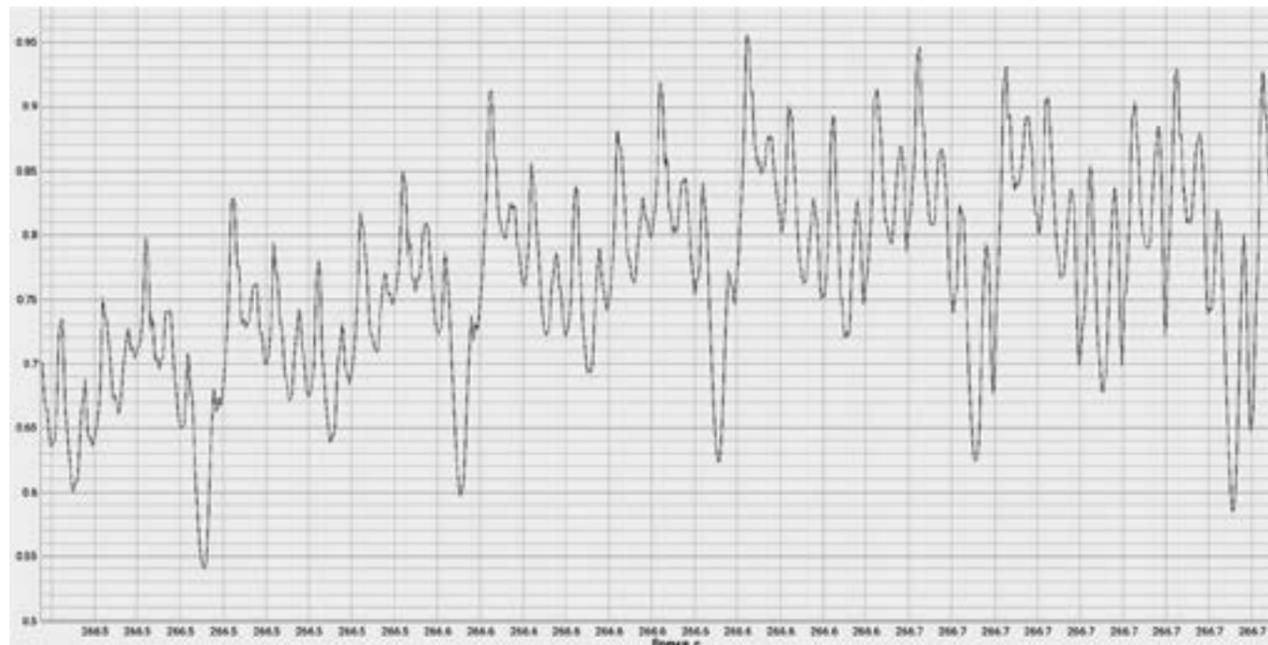


Рис. 9. Изменение давления по ступеням ОРНП5А-50 и крутящего момента за 1 оборот, вязкость 500 сСт

Во время протекания переходного процесса была отобрана проба эмульсии после секции ОРНП5А-50, на которой определена динамическая вязкость. Эмульсия содержала 3,8% воды в масле 80W-90. Сравнение графиков кинематической вязкости «чистого» масла 80W-90 и его эмульсии показаны на рисунке 12 на стр. 68.

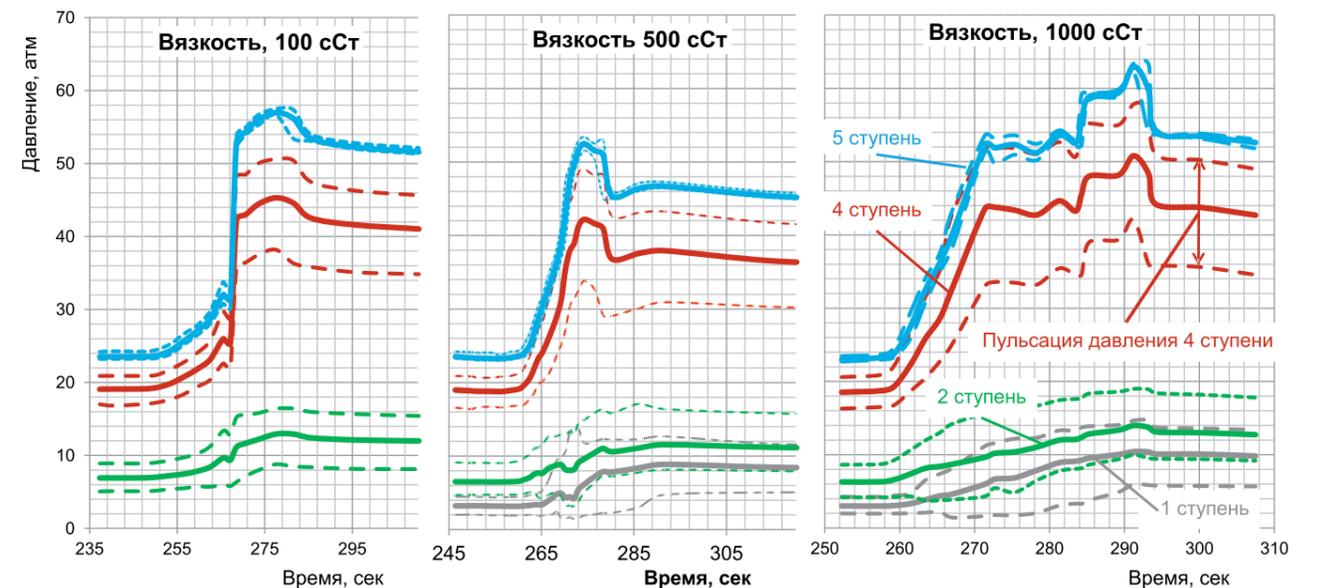
Динамическая вязкость эмульсии выше динамической вязкости «чистого» масла 80W-90 во всем диапазоне температур, что может являться причиной превышения мощности и давления на 11-19% [10].

По результатам испытаний можно сделать выводы.

### Выводы

1. При переходном процессе с воды на вязкую жидкость происходит увеличение потребляемой мощности и давления насоса. Причем значение обоих параметров становится на 11-19 % выше для потребляемой мощности и 10-17% для давления, чем значения постоянного режима. Общая продолжительность переходного процесса – не более 30-35 сек.
2. Во время переходного процесса образуются эмульсии «вода-масло». Динамическая вязкость эмульсии выше, чем динамическая вязкость «чистого» масла. Этим и объясняется, что во

Рис. 10. Распределение усредненных значений давления по ступеням, вязкость 100,500, 1000 сСт



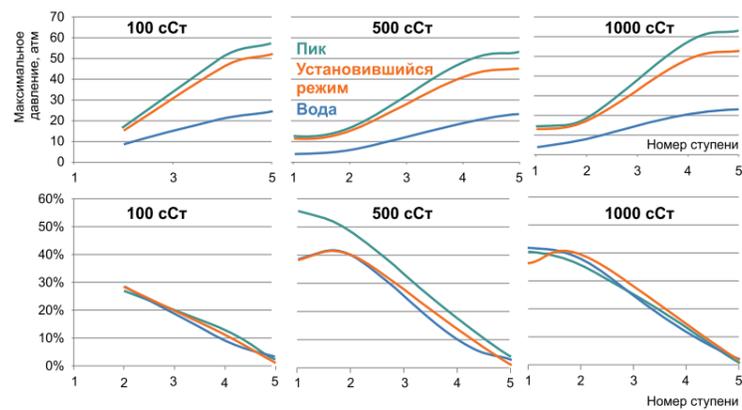


Рис. 11. Изменение максимальных значений давления с учетом пульсации по длине насоса ОРНП5А-50 (верхние графики) и относительных значений пульсации по длине насоса ОРНП5А-50 (нижние графики)

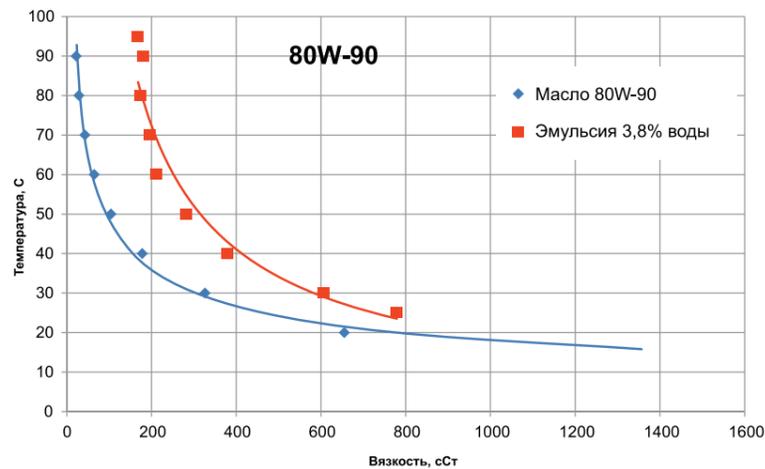


Рис. 12. Кинетическая вязкость масла 80W-90 и эмульсии, содержащей 3,8% воды

время переходного процесса значение крутящего момента и мощности превышает их уровень при работе на масле.

3. В любом режиме работы ОРНП давление пульсирующее, в том числе – при перекачке однородной жидкости (масла или воды).
4. Величина пульсаций давления зависит от давления ступени. Абсолютные значения колебаний давления увеличиваются по длине насоса, относительные – снижаются.
5. С началом переходного процесса вместе с ростом давления растет пульсация самого давления до 55% (от среднего уровня давления). В установившемся режиме пульсация давления работает до 40% (от среднего уровня давления). Она достигает максимума на пике давления переходного режима, затем снижается до значений установившегося режима.
6. Полученные при исследовании переходного процесса изменения нагрузки/давления не являются критическими для ступеней ОРНП5А-50. Насос может использоваться для откачки жидкости глушения и дальнейшей эксплуатации.



### Список литературы

1. ГОСТ ISO 9906-2015 Насосы динамические. Гидравлические испытания.
2. ГОСТ 27851-88 Насосы объемные для гидроприводов. Метод ускоренных сравнительных испытаний на ресурс
3. Мартюшев Д.Н., Паначев М.В. Установка объемно-роторного насоса для эксплуатации малобюджетного фонда нефтяных скважин: Механизированная добыча нести, № 12, 2015 г. – С.18-21.
4. Паначев М.В. Объемные насосы «Новомет» – новое решение для добычи нефти: Арсенал нефтедобычи, № 22 2020 г. С. 50-55.
5. Паначев М.В., Бондарь А. Установка объемно-роторного насоса для эксплуатации малобюджетного фонда нефтяных скважин (ОРНП): Арсенал нефтедобычи, № 20 2017 г. С. 43-45.
6. Н.Г. Шевченко, В. Э. Дранковский, Е. С. Коваль, А. В. Косоруков К вопросу определения потерь мощности на дисковое трение для ньютоновской и не ньютоновской жидкости погружных насосов: Hydraulic machines and hydraulic units, № 46 (1322) 2018 г. С. 41-48
7. Журавлев А. А., Савин Н. П., Филатова Н. О. Исследование зависимости вязкости моторного масла от температуры // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 12. – С. 82–86. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/46217.htm>.
8. Объемно-роторный пластинчатый насос [Электронный ресурс]: сайт АО Новомет-Пермь. – URL: <https://www.novometgroup.com/rus/products-and-services/artificial-lift/rotary-displacement-pumps/>
9. Установка объемно-роторного насоса АО «Новомет» на месторождении в Румынии: первая тысяча суток работы позади 29 июня 18 г. [Электронный ресурс]: сайт neftegaz.ru. – URL: <https://neftegaz.ru/news/vtrende/200403-ustanovka-obemno-rotornogo-nasosa-ao-novomet-na-mestorozhdenii-v-rumynii-pervaya-tysyacha-sutok-rabo/>
10. Данилов В.Ф., Литвиненко А.Н., Ахсанов М.М., Тимербаев Р.М. Масла, смазки и специальные жидкости. – Елабуга: изд-во филиала К(П)ФУ, 2013.

**НАТАЛЬЯ ЛЫКОВА**

Заместитель Вице-президента по альтернативной энергетике, начальник ИТЦ АО «Новомет-Пермь», к.т.н.

**ВИКТОР ОСТРОВСКИЙ**

Зам начальника ИТЦ с 2018 по 2021 г., и.о. начальника ИТЦ в 2021 г., к.т.н.

**ЕКАТЕРИНА ЛИХАЧЕВА**

Инженер-исследователь ИТЦ АО «Новомет-Пермь»

**ПАВЕЛ БАЙДАРОВ**

Инженер-исследователь ИТЦ АО «Новомет-Пермь»

## НАДЁЖНОСТЬ ПОГРУЖНЫХ НЕФТЯНЫХ НАСОСОВ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В последнее время на нефтяных месторождениях России все больше получает распространение способ периодической эксплуатации скважин при помощи УЭЦН [1].

Добыча в таком режиме состоит из двух периодов: накопления пластовой жидкости на забое – непосредственно процесса откачки скважинной жидкости при помощи ЭЦН. При этом есть два варианта: с полной остановкой вращения УЭЦН и с понижением частоты. На текущий момент более распространен вариант с полной остановкой УЭЦН, поскольку появился раньше и проще в технической реализации [2].

К достоинствам периодической эксплуатации относят следующие: экономия электроэнергии за счет того, что используется высокодебитное оборудование с более высоким КПД и оперативное изменение отбора скважинной жидкости при изменении параметров скважины без замены оборудования [1]. Также этот способ используется при добыче нефти с высоким газовым фактором, с остановками для пропускания газовой фазы и накопления жидкости.

При этом известны и недостатки способа. К примеру, при каждом повторном запуске электродвигателя происходит значительное увеличение пусковых токов и возникновение пиковых силовых нагрузок, действующих на вал и опоры насоса. Как результат, быстрее начинается разрушение изоляции обмоток электродвигателя, смятие шпонок и шпоночных пазов рабочих колес, а также накопление остаточной деформации валов и опор [3]. Помимо этого, ввиду низкой скорости потока, длительного периода накопления скважинной жидкости на забое и последующей откачки накопившегося уровня жидкости, ухудшается процесс охлаждения электродвигателя. Эксплуатация может быть осложнена такими факторами, как оседание механических примесей в колонне при каждом выключении, образование газовых пробок и прорывы газа при увеличении скорости отбора, а также выпадение твердого осадка солей на поверхности установки и эксплуатационной колонны. При этом установки, эксплуатирующиеся в периодическом режиме в этих скважинах, имеют большую вероятность выхода из строя, чем при эксплуатации в постоянном [4, 5].

В настоящий момент авторы ряда источников [6, 7] позиционируют периодический режим эксплуатации

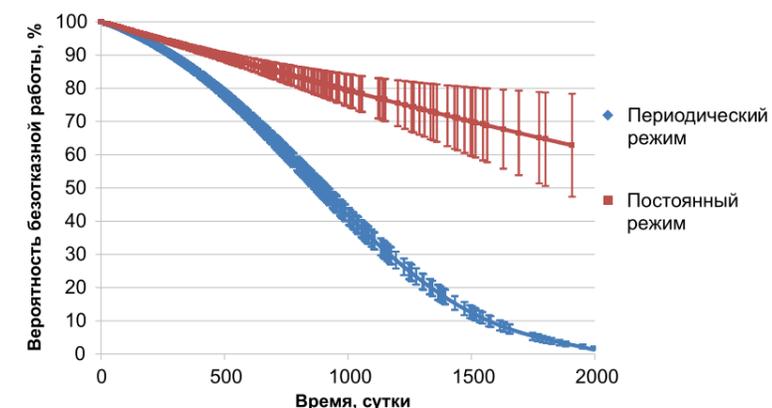


Рис. 1. Надежность гидрозащиты при постоянном и периодическом режимах

как наиболее эффективный способ для малодебитных скважин, при этом в таких источниках, как правило, отсутствует упоминание о влиянии периодического режима на надежность компонентов УЭЦН. Поэтому были проведены исследования надежности нескольких зависимых от режима работы компонентов:

1. Гидрозащиты
2. Насосы
3. Модули смещения

Оценка надежности работы остальных компонентов УЭЦН требует дополнительных исследований.

Анализ надежности гидрозащит был проведен на основании эксплуатационных данных более 700 установок, работающих в постоянном и периодическом режимах на месторождениях Западной Сибири. Среднее время безотказной работы гидрозащит, работающих в периодическом режиме, примерно в 3 раза ниже, чем работающих в постоянном режиме (рис. 1).

Наиболее вероятная причина снижения наработки заключается в следующем – при каждом запуске/остановке/изменении частоты УЭЦН есть риск совпадения собственных частот установки с рабочей частотой вращения, что приводит к появлению резонанса и повышенной вибрации. При этом известно, что при увеличении вибрации происходит рост утечек через торцовые уплотнения в 5-10 раз [8]. Соответственно, при каждом цикле работы есть высокий риск увеличения утечек масла. Объем масла уменьшается, что в определенный момент приводит к попаданию пластовой жидкости внутрь маслосистемы и отказу гидрозащиты и УЭЦН. Также, помимо этого, при каждом цикле запуска и остановки происходит износ торцовых уплотнений вала.

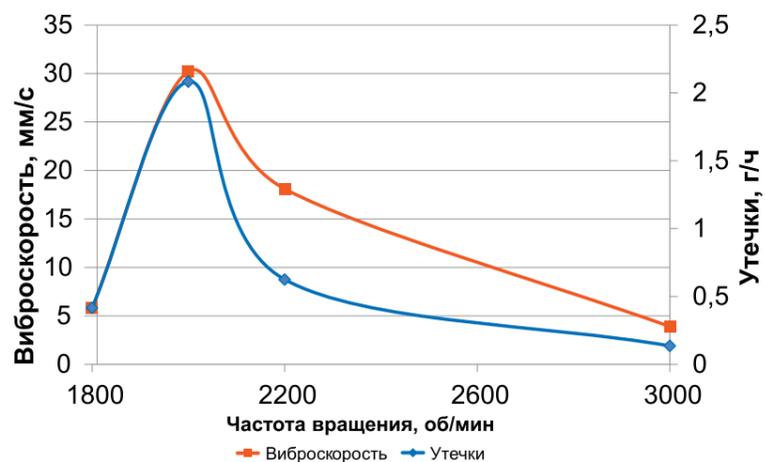


Рис. 2. Зависимость объема утечек от величины виброскорости

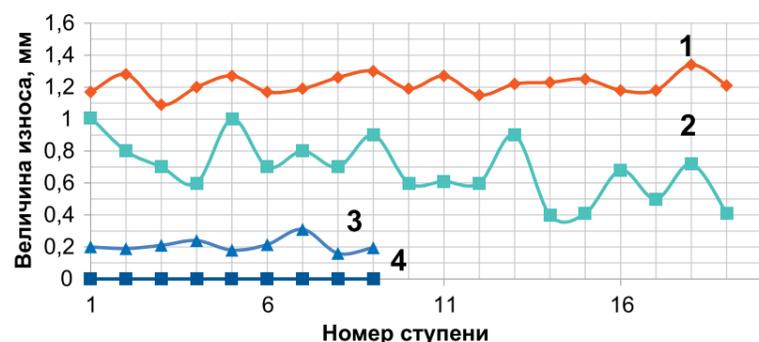


Рис. 3. Износ шайб: 1 – периодический режим, 2 – постоянный режим; Изменение зазора в промежуточных радиальных подшипниках после ресурсных испытаний: 3 – периодический режим, 4 – постоянный режим

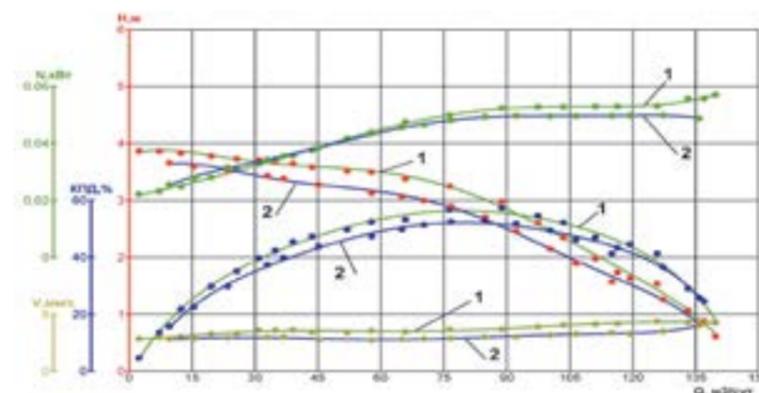


Рис. 4. Изменение напорно-расходных характеристик насоса после ресурсных испытаний: 1 – постоянный режим, 2 – периодический режим

Для подтверждения этого факта были проведены испытания типовой гидрозащиты, которые подтвердили увеличение утечек в резонансном режиме на 2000 об/мин (рис. 2). Исследования проводили в три этапа:

- дорезонансный режим (1800 об/мин),
- резонансный режим (2000 об/мин),
- режим с прохождением резонанса (2200 об/мин).

Были проведены четыре опыта, в каждом из которых гидрозащиту разгоняли до частоты 1800, 2000, 2200 и 2910 об/мин в течение одинакового количества циклов. В ходе экспериментов измерялся объем утечек масла из гидрозащиты. Минимальные утечки получены в опыте с дорезонансным и рабочим режимами. При разгоне до резонансного режима с повышенной вибрацией на 2000 об/мин уровень утечек вырос в 5 раз. При разгоне до режима с частотой выше резонансного уровень утечек был примерно в полтора раза выше, чем в дорезонансном режиме, так как время нахождения в резонансном режиме было минимальным. Работа гидрозащиты на постоянной частоте вращения 2910 об/мин при этом не сопровождалась увеличением вибрации, поэтому уровень утечек оставался низким.

Таким образом, видно, что надежность гидрозащит напрямую связана с уровнем вибрации УЭЦН. Переходные процессы при разгоне УЭЦН в периодическом режиме проходят через резонансные частоты и вызывают вибрацию, что приводит к повышенным утечкам и снижению ресурса гидрозащит.

Вторым компонентом, чувствительным к режиму работы, являются детали насоса.

В результате анализа надежности насосов, эксплуатировавшихся на ряде месторождений Западной Сибири в постоянном и периодическом режимах, выявлено, что наработка насосов, работающих в периодическом режиме, значительно ниже, причем как средняя наработка, так и максимальная (примерно в два раза).

Для исследования механизма ускорения отказов насосов в периодическом режиме были проведены стендовые испытания по методике моделирования гидроабразивного износа [9] на примере насоса ЭЦН 3-80 плавающего типа сборки, которые показали увеличение интенсивности изнашивания осевых подшипников ступеней в периодическом режиме (рис. 3). Было выявлено, что по результатам ресурсных испытаний в периодическом режиме снижение напора в 2 раза больше в сравнении с постоянным режимом (рис. 4). Также значительно более интенсивно изнашиваются защитные втулки и радиальные подшипники насоса (рис. 3).

Помимо этого было рассмотрено влияние режима эксплуатации на модуль

смещения (МСН), который предназначен для передачи крутящего момента от электродвигателя к гидрозащите со смещением осей валов и обеспечения герметичного соединения гидрозащиты с электродвигателем [10].

Выявлено, что наработка таких установок гораздо ниже, чем работающих в постоянном режиме (рис. 5). Для примера: на одном из фондов скважин наработка установок при работе в периодическом режиме составляет максимум 300 суток, а в постоянном режиме достигала 800 суток.

### Заключение

Резюмируя вышесказанное, следует сделать вывод о снижении надежности УЭЦН, используемых в периодическом режиме. По отдельным модулям ресурс снижается в 2-3 раза. Это приводит к необходимости пересмотра существующих конструкций УЭЦН для адаптации к периодическому режиму. В частности, для достижения заданных наработок может потребоваться использование специальных исполнений модулей УЭЦН с увеличенным ресурсом, например, tandemных гидрозащит и насосов компрессионного или пакетного исполнения. Типовые серийные установки также можно эксплуатировать, но со сниженными требованиями по надежности, что увеличивает затраты

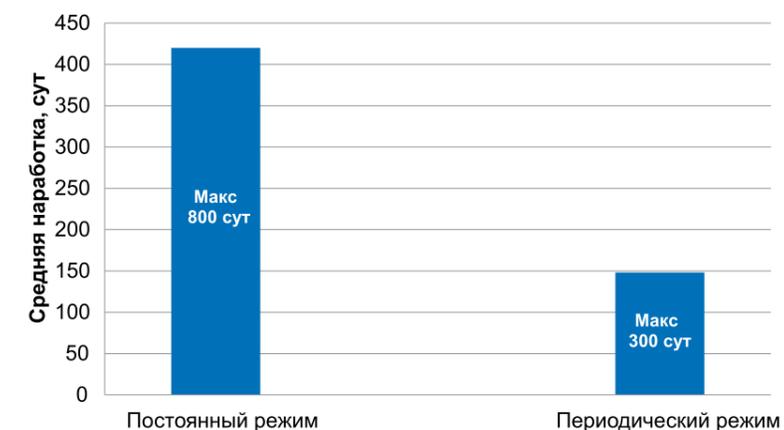


Рис. 5. Сравнение наработки при разных режимах работы

на замену и ремонт оборудования. В настоящий момент эти затраты зачастую ложатся на производителей оборудования, что вынуждает вносить ограничения на использование оборудования в периодическом режиме.

Также может быть рекомендован тщательный анализ работы установок в режиме разгона для исследования их вибрационного поведения и разработки мер по снижению вибрации в переходных режимах. Требуется дальнейшего изучения вопроса влияния периодического режима эксплуатации с понижением частоты без остановок на надежность модулей УЭЦН.

### Список литературы

1. Ивановский В.Н. Учет условий эксплуатации при проектировании периодических режимов работы скважин, оборудованных УЭЦН // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2013. № 6. С. 23-29.
2. Ивановский В.Н., Сазонов Ю.А., Сабиров А.А., Соколов Н.Н., Донской Ю.А. О некоторых перспективных путях развития УЭЦН. Территория нефтегаз. – № 5, 2008г. – С. 24-33.
3. Ерка Б.А. Особенности технологии эксплуатации электроцентробежными насосами скважин с неустановившимися режимами работы: диссертация... кандидата технических наук: 25.00.17. – Тюмень, 2006. – 125 с.
4. Дроздов А.Н. Эксплуатация скважин, оборудованных УЭЦН на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами. //Территория нефтегаз, 2008. – № 10. – С. 82-85.
5. Портнягин А. Л., Соловьев И. Г. Модель оценки остаточного ресурса погружного оборудования // Вестник кибернетики. – Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2002. – Вып. 1. – С. 103-108.
6. Кузьмичев Н.П. Кратковременная эксплуатация скважин – уникальный способ борьбы с осложняющими факторами // Экспозиция Нефть Газ. 2012. № 4 (22). С. 56-59.
7. Кузьмичев Н.П. Способ кратковременной эксплуатации скважин погружной насосной установкой с электроприводом (способ Кузьмичева) // Патент России № 2293176. 2007. Бюл. № 4.
8. Мельник В.А. Торцовые уплотнения валов: справочник. – М.: Машиностроение, 2008 – 320 с.
9. Островский В. Г., Пещеренко С. Н., Каплан А. Л. Методика моделирования гидроабразивного износа ступеней нефтяных насосов // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 12. – С. 38-42.
10. Патент РФ № 2514457/06, 17.01.2013. Погружной насосный агрегат// Патент России № 2514457. 2013. Бюл. № 12. / Пещеренко С.Н., А.В. Сергиенко, Фадейкин А.С. [и др.].



**ОЛЕГ ТОЛСТОГУЗОВ**  
Генеральный директор  
ОКБ БН «КОННАС»

## СОЮЗ НАУКИ И ЭНТУЗИАЗМА

Вторая половина 2000-тысячных годов – время новых возможностей и открытия новых направлений. Как раз в эти годы руководство компании Новомет решает выкупить акции ОАО «ОКБ БН КОННАС» у ТНК и инвестировать значительные средства в обустройство и оборудование испытательных лабораторий, ремонт помещений ОКБ БН.

**Вспоминает Олег Михайлович Перельман, экс-генеральный директор ГК Новомет:** «Наша компания с самого начала своего существования делала ставку на производство инновационного оборудования для добычи нефти, что и помогло ей занять достойное место в нефтесервисном секторе экономики страны. А «ОКБ БН КОННАС» – это головная организация по разработке погружных установок, которая с 1950 года разрабатывает УЭЦН для всего Союза, с огромным опытом в этой сфере и хорошей испытательной базой с десятком стенд-скважин. И когда встал вопрос о покупке акций ОКБ, то положительное решение было принято очень быстро. В этом сотрудничестве сливались воедино огромный опыт ОКБ в проектировании и испытаниях УЭЦН и большие возможности компании Новомет. И даже мировой финансовый кризис не повлиял на наши планы по инвестированию в ОКБ БН, наоборот, как показывает время, это было сделано очень вовремя и придало толчок в развитии инновационной продукции Новомет.

За прошедшее с тех пор время ОКБ преобразился, были восстановлены стенды для испытаний УЭЦН при взаимодействии с РГУ нефти и газа и Министерства образования и науки Правительства РФ. Сегодня ведутся разработки ступеней погружных насосов, двигателей и станций управления, проводятся сложнейшие испытания УЭЦН в скважинах стендового комплекса ОКБ и демонстрация работы насосов нашим заказчикам, организованы стажировки для полевых инженеров из зарубежных локаций компании. Особенно хочется отметить людей, с которыми мы долгие годы работали и работают – Мирзоев Фархад Теймурович, Агеев Шарифжан Рахимович, Санталов Анатолий Михайлович, Дружинин Евгений Юрьевич, Джалаев Артур Мухсинович и в целом весь коллектив ОКБ БН».

**Вспоминает Фархад Теймурович Мирзоев, экс-генеральный директор ОАО «ОКБ БН КОННАС»:** «Наше сотрудничество с «Новометом» началось задолго до момента покупки акции, мы проводили испытания УЭЦН, участвовали в разработке ступеней насосов и программы подбора оборудования NovometSel Pro, но это были разовые заказы. Конечно, главным толчком в развитии нашего сотрудничества стал 2008 год, когда Новомет решил на покупку ОКБ, и это было очень знаменательное событие для коллектива. Мы понимали, что вливаемся в компанию, которая ставит во главу угла в своей стратегии развития инноватику,



Олег Михайлович Перельман, генеральный директор ЗАО «Новомет-Пермь» с 1991 по 2015 гг.

разработку новых продуктов, а ОКБ вписывался в эту стратегию идеально. И, как показали последующие годы, опыт ОКБ в разработках УЭЦН и наша испытательная база дали возможность дальнейшего развития оборудования Новомет».

Гидравлическая лаборатория





Фархад Теймурович Мирзоев,  
генеральный директор ОАО «ОКБ БН КОННАС» с 1997 по 2018 год

В первую очередь решено было восстанавливать две основные лаборатории, которые прошли глубокую модернизацию и, по сути, стали абсолютно новыми и в плане зданий, где они располагались, и в плане оборудования. Вся инженерная мысль

Автоматизация процесса испытаний



и опыт в производстве стенов были соединены с полувековыми методиками испытаний рабочих ступеней насосов и испытаний погружных насосов в скважинах.

Модернизацию прошли гидравлическая лаборатория Отдела погружной гидродинамики и испытательная лаборатория испытательно-сертификационного центра в строении 4 (рис. на стр. 19).

С применением современных технологий были спроектированы два стенов испытаний ступеней, которые позволяют проводить испытания ступеней от 2 до 6 габарита и за короткое время с высокой точностью получить напорно-расходные характеристики ступени. Для данного стенов было специально разработано программное обеспечение, которое позволяет контролировать ход испытаний с пульта оператора и фиксировать все параметры работы ступени в режиме реального времени. В ручном или автоматическом режиме снимать характеристики, управлять стеном.

Новомет всегда стремился к инновациям и зарекомендовал себя как компания, уделяющая много внимания научно-техническим разработкам и их промышленному применению. Конечно, это сразу привлекает внимание со стороны государственных корпораций, работающих в этом направлении и ОКБ посетил множество делегаций от правительства и бизнеса.

Сотрудничество Новомет и ОКБ БН с Министерством образования и науки Правительства РФ и РГУ нефти и газа в 2011-2013 годах вылилось в создание Многофункционального стенового комплекса. Уникального комплекса, на котором сейчас компания проводит испытания погружных насосов, имитируя скважинную среду, в которой они будут эксплуатироваться.

Технологии, разрабатываемые в ГК Новомет, тесно переплетаются с задачами, которые решают сотрудники ОКБ БН. Так, в 2019 году компания начала активно выпускать погружные насосы для подъема геотермальной жидкости из скважин. Для решения этих задач требовались ступени в 9 и 10 габаритах с производительностью 7000–10000 м<sup>3</sup>/сут. Ступени были разработаны, для их испытаний был построен еще один стенов в гидравлической лаборатории СВИС.

Наши специалисты активно участвуют в создании оборудования для электротранспорта – тяговые двигатели электромобилей, зарядные станции,



Визит А.Б. Чубайса и А.В. Дюкова в ОКБ БН



Визит Заместителя министра промышленности РФ



Стенов имитирующий среду 250 градусов



Строение 7 – Стенов одновременно-раздельной эксплуатации скважин



Стенов СВИС



Лаборатория в строении 9

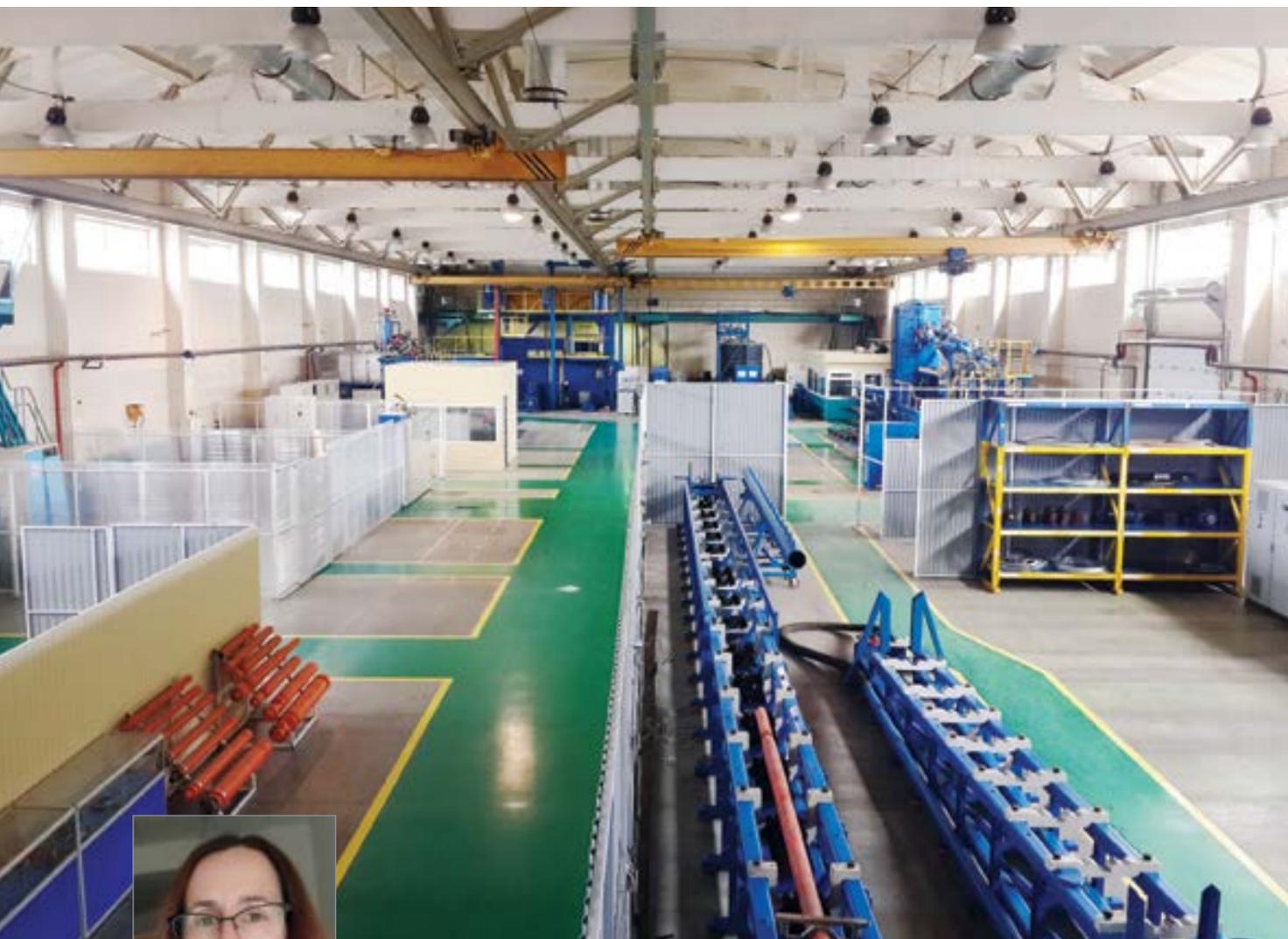


Ступени 10 габарита для Геотермальной насосной установки

совершенствуются характеристики ступеней энергоэффективных насосов и насосов для геотермальной энергетики.

За последнее десятилетие испытательные стенов в ОКБ несколько раз подвергались модернизации, в зависимости от задач, которые предстояло решать специалистам компании. К примеру, скважины переоборудовались под возможность проводить испытания установок сверхмалых габаритов на кабель-канате Colibri ESP.

Также стоит сказать добрые слова о сотрудниках Отдела нестандартного оборудования, которые участвовали в создании этих стенов и налаживали их работу в ОКБ БН: Конохов Дмитрий, Бочкарев Игорь, Пинаев Василий, Туктарев Алексей и многие другие.



**МАРИНА ПЕЩЕРЕНКО**  
Начальник лаборатории газогидродинамики  
ИТЦ АО «Новомет-Пермь», к.ф.м.н.

## ЮБИЛЕЙ НАУЧНОГО ПОИСКА

1 ИЮНЯ 2021 ГОДА ИСПОЛНИЛОСЬ 15 ЛЕТ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ЦЕНТРУ АО «НОВОМЕТ-ПЕРМЬ»

Как известно, успешного бизнеса без науки не бывает. Это прекрасно понимали руководители компании «Новомет». Так в начале лета 2006 года в структуре компании (тогда еще – ЗАО «Новомет-Пермь») появилось новое подразделение – Инженерно-технический центр (ИТЦ).



Предпосылкой для его формирования стал ряд научно-технических вопросов, связанных с измерением надёжности предлагаемой на рынок продукции и требующих научного подхода для их решения. К тому же одной из приоритетных задач предприятие ставило выпуск оборудования для осложнённых условий нефтедобычи. Это – износостойкие газосепараторы, мультифазные насосы, гравитационные сепараторы механических примесей, погружные контейнеры для ингибиторов солеотложений. Для испытаний каждого из этих устройств создавался соответствующий испытательный стенд.

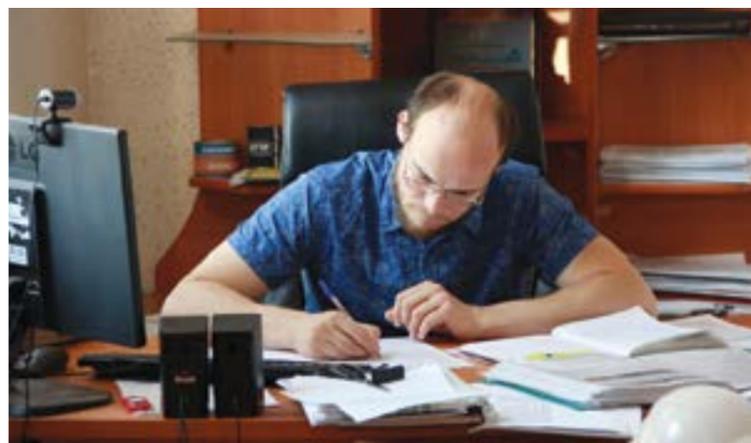
Ещё одним своим приоритетом компания обозначила инновации. В 2009 году был создан отдельный департамент инновационных разработок. ИТЦ вошёл в его состав, взяв на себя активное техническое сопровождение конструкторских разработок предприятия – расчёт допустимых режимов эксплуатации, рекомендации по изменению проблемных мест. В сжатые сроки создавался опытный образец будущего оборудования — материальное воплощение из конструкторской и технологической документации. Следующим этапом проводилось его комплексное испытание на стендах ИТЦ.

Первым начальником центра стал доктор физико-математических наук Сергей Николаевич Пещеренко. Под руководством Сергея Николаевича были решены задачи абразивной стойкости насосов и оптимального расположения радиальных подшипников, проектирования эффективных мультифазных осевых насосов, абразивостойких газосепараторов и многие другие. Активную научную работу вели Марина Пещеренко, Наталья Лыкова, Виктор Островский, Алексей Долгих, Артём Мусинский и другие. На сегодняшний момент в составе ИТЦ 2 кандидата наук: Марина Пещеренко и Иван Золотарев. В процессе защиты находится Роман Гизатуллин, несколько человек учатся в аспирантуре. Ежегодно пишутся статьи в научных журналах, публикуется десяток патентов на изобретения.

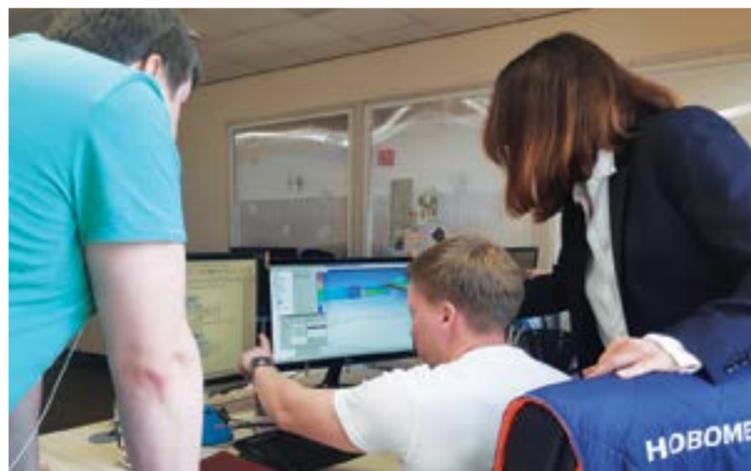
В 2018 году эстафету от Сергея Пещеренко приняла Наталья Лыкова. Основными задачами на тот момент были: улучшение процессов планирования, отчётности, взаимодействия с другими подразделениями



**НАТАЛЬЯ ЛЫКОВА**  
Заместитель Вице-президента  
по альтернативной энергетике,  
начальник ИТЦ  
АО «Новомет-Пермь», к.т.н.



в рамках заявок, решение проблем надёжности оборудования на постоянной основе. Исторически ИТЦ всегда плотно работал со студентами Пермских ВУЗов в рамках производственной и дипломной практик, наиболее заинтересованные из них оставались работать, но, проработав 2-3 года, набравшись опыта и компетенций, уходили. Очень важной задачей для нового руководителя ИТЦ



стало снижение текучки кадров и усиление мотивации сотрудников. Со всеми поставленными задачами Наталья Лыкова успешно справилась.

На сегодня в ИТЦ работают 33 человека. Лаборатория надёжности и трибологии разделена на две структурные единицы: Лаборатория надёжности и экспериментальных исследований, решающая задачи надёжности и проектирования новых изделий с помощью стендовых испытаний, и Участок сборки и испытаний опытных изделий, сотрудники которого осуществляют сборку и испытания изделий по инновационным проектам на 14 стендах. Открыт новый участок на «Велте» для полнокомплектных испытаний установок в скважине.

Немало сил было потрачено на реализацию первого НИОКРа с зарубежными заказчиками Equipog и Petrobras. В общей сложности на первых этапах проекта было подготовлено около 150 отчетов по разным задачам разработки улучшенной УЭЦН. К сожалению, из-за ситуации с коронавирусом после завершения проектирования заказчик принял решение прекратить проект. Однако большая часть полученных результатов используется и сейчас при реализации других стратегических проектов: запущено три новых испытательных стенда для кабельных удлинителей, для образцов изоляции, начал проводиться роторно-динамический анализ компонентов УЭЦН с помощью специализированного ПО MADYN 2000, внедрён анализ видов, последствий и критичности отказов FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis).

Сегодня ИТЦ занимается численным моделированием узлов и компонентов УЭЦН в эксплуатационных условиях, обеспечивает техническую поддержку инновационных проектов, производит отслеживание надёжности оборудования компании, занимается оптимизацией и актуализацией алгоритмов подбора оборудования к скважине (NovometSel-Pro). Предварительные и приёмочные испытания вновь разрабатываемых изделий и установок на грузонесущем кабеле на стенде-скважине на «Велте» — также прерогатива ИТЦ.

Как видим, центр продолжает «писать свою историю».

С юбилеем, ИТЦ!



ТОВАРНЫЕ ГРУППЫ	ТОВАРНАЯ НОМЕНКЛАТУРА
Установки электроцентробежного насоса	Серийные
	Энергоэффективные
	Малогабаритные
	Стойкие к сероводороду
	Спускаемые на грузонесущем кабеле
	Для малобедитных скважин
Ступени по отдельным заказам	УЭЦН перевернутого типа
	Ступени с открытым рабочим колесом (ЭЦНО)
Установка объемного насоса	Порошковые
	Литые
Гидрозащиты	Установка объемно-роторного насоса пластинчатого типа (ОРНП)
	Гидрозащиты модульные
Погружное оборудование для работы с повышенным газовым фактором	Гидрозащиты модульные тандемные
	Газосепараторы
	Газосепараторы-диспергаторы
	Диспергаторы
Мультифазные насосы	Газостабилизаторы
	Мультифазные насосы
Погружные электродвигатели (ПЭД)	ПЭД асинхронные
	ПЭД асинхронные компаундированные
	ПЭД вентильные компаундированные
Кожухи к ПЭД	Кожухи к ПЭД
	Кабель нефтепогружной с рабочей температурой 232°C, с броней из оцинкованной стали (3,3; 4; 5 кВ; сечение от 8,00 до 53,50 мм <sup>2</sup> )
	Кабель нефтепогружной с рабочей температурой 232°C, с броней из нержавеющей стали (3,3; 4; 5 кВ; сечение от 8,00 до 53,50 мм <sup>2</sup> )
	Кабель нефтепогружной с рабочей температурой 232°C, с броней из сплава Monel (3,3; 4; 5 кВ; сечение от 8,00 до 53,50 мм <sup>2</sup> )
	Кабель нефтепогружной с капиллярной трубкой 3/8"
	Кабельная линия
	Кабельный удлинитель
	Системы погружной телеметрии
	Станции управления
	Модули входные
Клапаны	Модули входные
	Клапаны обратные шариковые
Шламоуловители	Клапаны спускные
	Шламоуловители верхние
	Шламоуловители модульные
Фильтры скважинные	Фильтр скважинный щелевой (ФСЦ)
	Фильтр скважинный дисковый (ФСД)
	Фильтр скважинный гравитационный (ФСГ)
	Фильтр скважинный каскадный (ФСК)
	Фильтр скважинный гравитационно-щелевой (ФСГЩ)

614065, Пермь, ш. Космонавтов, 395. Отдел реализации продукции: тел. (342) 259 07 01. E-mail: Jana.hirevich@novometgroup.com www.novometgroup.com

Фильтр входной	Фильтр входной щелевой (ФВЩ)
Контейнеры скважинные	Контейнер скважинный с твердым реагентом (КСТР) Контейнер скважинный универсальный (КСУ)
Узлы уплотнительные (разобщители колонны)	Узел уплотнительный (УП)
Наземные фильтры	Фильтры очистки жидкости (ФОЖ)
Фильтры для систем ППД	Блок распределения, измерения и фильтрации (БРИФ)
Системы поддержания пластового давления (ППД) / Системы утилизации газа	Системы ППД в шурфовом исполнении с погружным приводом
	Системы ППД в шурфовом исполнении с наземным приводом
	Установки горизонтальные насосные с наземным приводом (УЦГН, УГН)
	Установки горизонтальные насосные с погружным приводом (УЦГНП)
Насосы струйные	Установки горизонтальные насосные на базе насосов ЦНС
	Блочные насосные станции (БНС) с наземным приводом
	Блочные насосные станции (БНСП) с погружным приводом
Протектолайзеры	Насосные станции на базе насосов ЦНС
Элеваторы монтажные	Насосы струйные, работающие по технологической схеме «Тандем»
Стенды тестирования оборудования	Протектолайзеры
	Элеваторы монтажные
	Стенд испытаний ступеней насосов
	Стенд испытаний секций насосов с консервацией
	Стенд ресурсных испытаний секций насосов (абразив, кислота и т. д.)
	Стенд испытаний гидрозатит
	Стенд испытаний погружных асинхронных и вентильных электродвигателей на холостом ходу и под нагрузкой
	Стенд испытаний погружных блоков ТМС (температура, давление, вибрация)
	Стенд гидравлических испытаний до 600 бар
	Стенд испытаний газосепараторов
	Стенд испытаний диспергаторов
	Стенд испытаний пакетов ротора
Стенды тестирования оборудования	Стенд испытаний станций управления под нагрузкой
	Стенд испытаний кабельных изделий
	Стенд испытаний станций управления на герметичность (дождем)
	Стенд опрессовки клапанов и развилки
	Стенд правки валов
	Стенд вибрационных приемосдаточных испытаний погружных блоков БИД
Технологические стенды	Стенд испытаний винтовых насосов
	Стенд вакуумного заполнения маслом ПЭД
	Шкаф токовой сушки статоров
	Стенд вакуумной сушки статоров
	Стенд для разборки секций ПЭД
	Стенд для сборки секций ПЭД
	Стенд мойки статоров ПЭД
	Стенд механизированной мойки статоров ПЭД
	Стенд мойки валов ПЭД
	Склад-штабеллер
	Стенд консервации насосов
	Стенд внутренней мойки насосов
Стенд наружной мойки щелевого типа	
Стенд сборки насосных секций	
Стеллаж для хранения валов	
Стеллаж для хранения труб	
Пресс для запрессовки и распрессовки статоров ПЭД	
Запчасти	Запчасти и комплектующие для ремонта и модернизации выпускаемого оборудования
	Калькулятор ЭЦН (интерактивный каталог)
Программные продукты	NovometSel-Pro – программа для подбора УЭЦН к скважинам
	Novomet-Track – система удаленного мониторинга и управления
Оборудование для нижнего и верхнего заканчивания скважин	Системы заканчивания интеллектуальных скважин
	Системы контроля пескопроявлений
	Системы заканчивания для многостадийного гидроразрыва пласта
	Решения для офшорных проектов
	Автономные устройства контроля притока (AICD)
Сервисные услуги	Оснастка для хвостовика (башмаки, центраторы, турбулизаторы, Цкод)
	Услуги по обслуживанию и ремонту выпускаемого оборудования

# КОМПЛЕКС УСЛУГ ДЛЯ НЕФТЕСЕРВИСНОГО ЦИКЛА



Россия



Азербайджан



Казахстан

## Сервисное сопровождение нефтепромыслового оборудования:

- сервис УЭЦН
- сервис ППД

## Инновационные решения в сфере механизированной добычи нефти УЭЦН:

Комплексное решение задачи по снижению себестоимости добычи нефти за счет:

- увеличения наработки
- увеличения добычи
- снижения энергопотребления

Разработка, внедрение и обслуживание оборудования для особо сложных условий эксплуатации

Освоение скважин с помощью технологии ColibriESP

- Выполнение работ за рамками стандартных договоров на обслуживание (изоляция негерметичности колонны, исследование скважин, химический анализ проб пластовой жидкости)



Кувейт



Румыния



США (Хьюстон, Вайоминг)



Колумбия



Эквадор



Аргентина



Египет



Индонезия



ОАЭ



Ирак



[www.novomet.ru](http://www.novomet.ru)