



ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ УЭЦН «НОВОМЕТ»

НЕВОСТРУЕВ Владислав Александрович
Инженер аналитического отдела
ООО «Новомет-Сервис»

Теоретические расчеты, согласно которым применение так называемых энергоэффективных УЭЦН (УЭЦН ЭЭ) производства АО «Новомет-Пермь» позволяет снизить удельный расход электроэнергии (УРЭ) на добычу жидкости на 25-30% по сравнению со стандартными установками, были опубликованы уже достаточно давно. С тех пор расчетные данные неоднократно подтверждались результатами опытно-промышленных испытаний (ОПИ). К настоящему моменту накоплен многолетний опыт эксплуатации и сервиса УЭЦН ЭЭ, доказывающий не только энергетическую эффективность установок данного типа, но и их высокую надежность, во многих случаях превышающую показатели стандартных серийных УЭЦН.

В предлагаемой Вашему вниманию статье рассмотрены результаты эксплуатации УЭЦН ЭЭ на базе вентильных электродвигателей и насосов компрессионной сборки с высокой частотой вращения вала в течение нескольких лет на обширном фонде скважин, включающем скважины малодобитного фонда и скважины с обсадными колоннами малых диаметров.

Как производитель оборудования для добычи энергоресурсов АО «Новомет-Пермь» проводит расчет энергозатрат и энергопотерь выпускаемых установок. В погружных системах порядка 80-90% потерь электроэнергии приходится на насос и двигатель (рис. 1), и остальная небольшая часть – на трансформатор, кабель и станцию управления (СУ). Поэтому наиболь-

ший эффект экономии электроэнергии можно получить, увеличив КПД насоса и электропривода.

СНИЖЕНИЕ УРЭ

Специалисты АО «Новомет-Пермь» разработали линейку высокооборотных вентильных электродвигателей (ВЭД) и ЭЦН нового поколения с повышенным КПД. Основная цель данной разработки заключалась в снижении УРЭ на 25%. Благодаря эксплуатации на повышенных оборотах также удалось кратно уменьшить линейные размеры УЭЦН (рис. 2).

Еще одна из основных задач рассматриваемого проекта состояла в доведении надежности УЭЦН, работающих на частоте от 3500 до 5500 об./мин, до уровня серийных насосных установок.

К настоящему времени активная эксплуатация энергоэффективных УЭЦН (УЭЦН ЭЭ) АО «Новомет-Пермь» ведется уже более шести лет, и за это время накоплен обширный статистический материал для объективного заключения об эффективности их применения. Начиная с 2011 года – начального этапа внедрения УЭЦН ЭЭ – были проведены масштабные ОПИ установок во многих нефтедобывающих компаниях в условиях действующих скважин. Основной целью этих испытаний было натурное определение эффекта по снижению УРЭ за счет применения УЭЦН ЭЭ.

По результатам ОПИ УРЭ удалось снизить на 25-30%, что полностью соответствует тем показателям,

Рис. 1. Потери мощности по узлам серийной и энергоэффективной УЭЦН

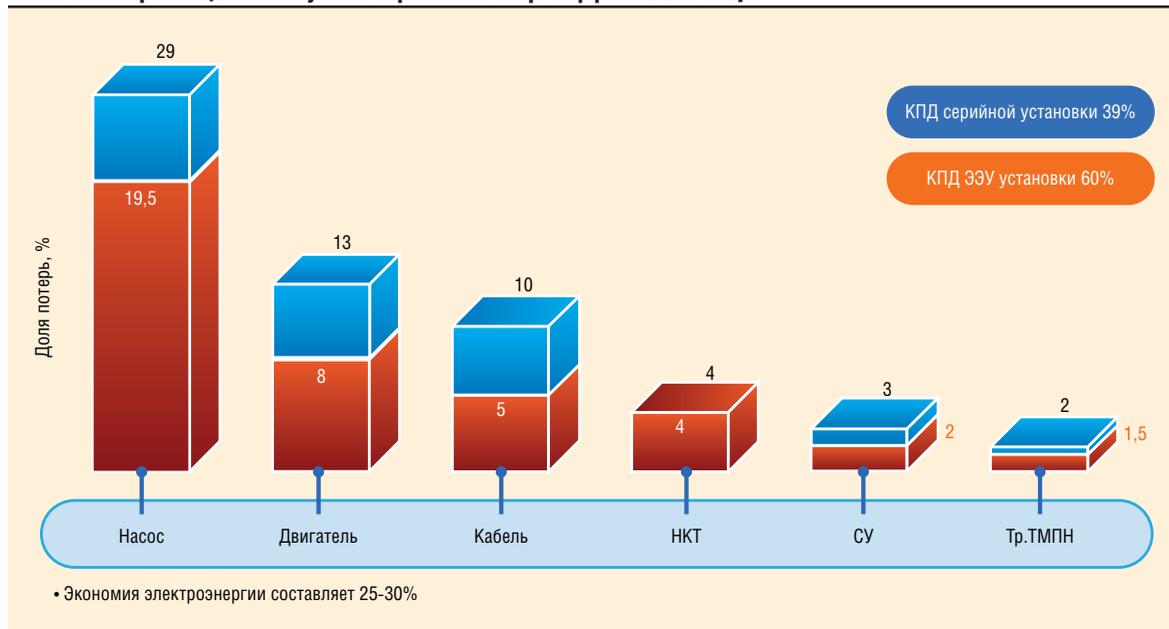
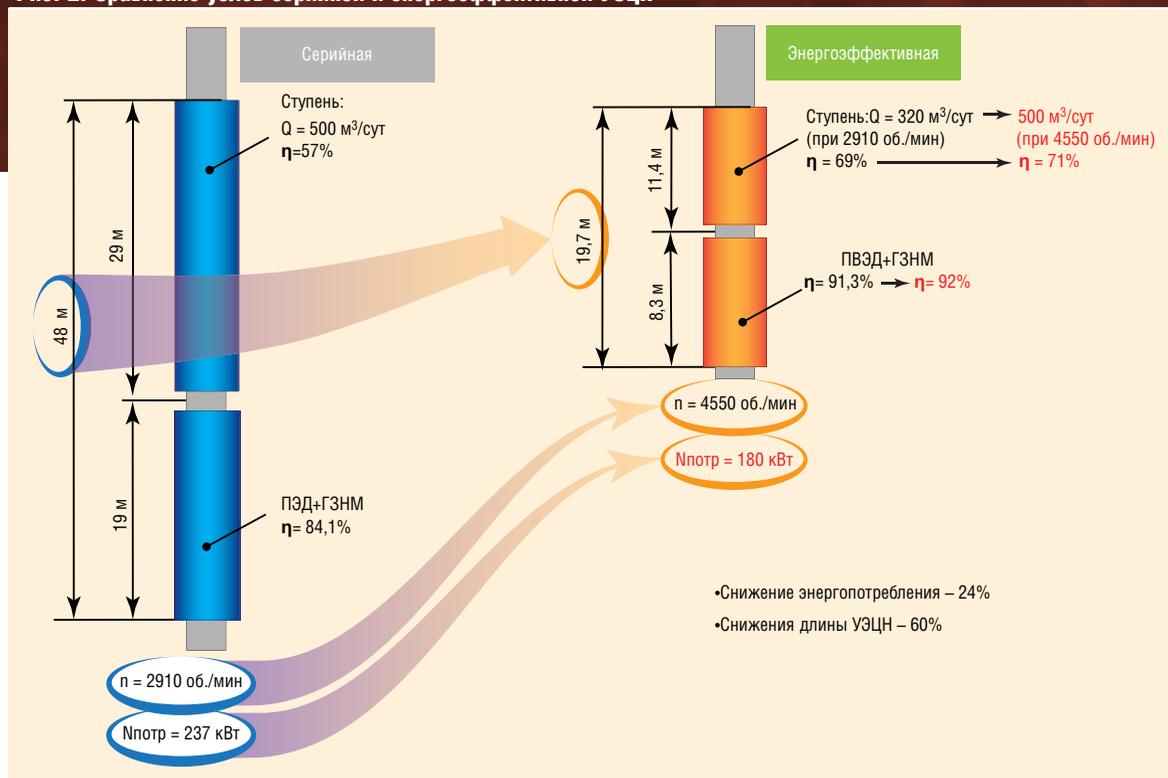


Рис. 2. Сравнение узлов серийной и энергоэффективной УЭЦН



которые инженеры АО «Новомет-Пермь» закладывали при разработке энергоэффективных установок.

После подтверждения эффекта по снижению УРЭ и успешного окончания ОПИ УЭЦН ЭЭ нашли широкое применение во многих отечественных и зарубежных нефтяных компаниях. Число смонтированных и запущенных в работу установок на сегодняшний день превышает 1500.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ УСТАНОВОК

Столь массовое внедрение установок поставило ребром вопрос надежности УЭЦН ЭЭ. В качестве примера рассмотрим анализ результатов одного из проектов, в рамках которого проводилось массовое внедрение энергоэффективных установок, включавшее их полное фирменное сервисное сопровождение. Всего по данному проекту были смонтированы и выведены на режим 659 энергоэффективных насосных установок, 87 из которых в настоящее время находятся в работе.

На рис. 3 представлены результаты расчетов общей надежности энергоэффективных и серийных установок, проведенных в специальной статистической программе Novomet Stat Pro. По результатам расчетов, проведенных по данному проекту, средняя наработка на отказ (СНО) энергоэффективных установок АО «Новомет-Пермь» составила 590 сут, в то время как серийных – 552 суток. Таким образом, для условий рассмотренного проекта задача по созданию энергоэффективного оборудования, надежность которого не уступала бы серийным УЭЦН и даже превышала бы их, была решена.

Однако на начальном этапе внедрения УЭЦН ЭЭ мы столкнулись с рядом конструкционных проблем, которые могли быть выявлены только в условиях реальной промышленной эксплуатации. После того, как специалисты нашей компании провели целый комплекс мероприятий по улучшению конструкции (рис. 4), количество конструкционных отказов уменьшилось на порядок, а в 2015 году таковых вообще выявлено не было.

СНО энергоэффективных установок с последними конструктивными изменениями составляет 608 сут, что

Рис. 3. Сравнение общей надежности серийных и энергоэффективных УЭЦН

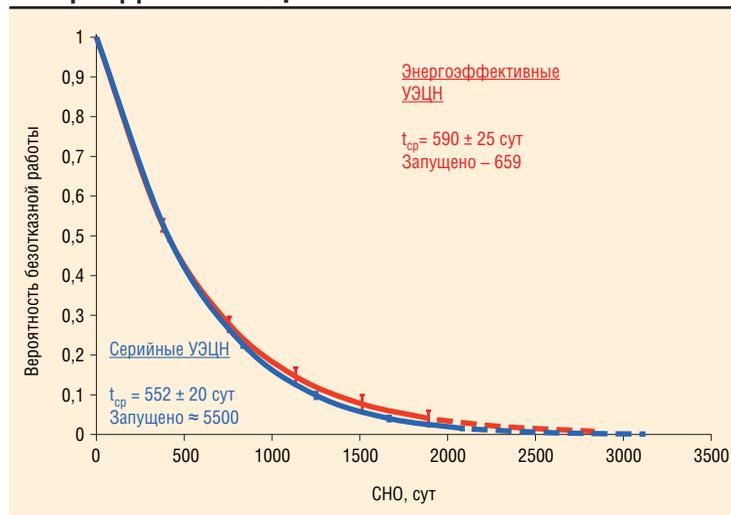


Рис. 4. Динамика конструкционных отказов энергоэффективных УЭЦН

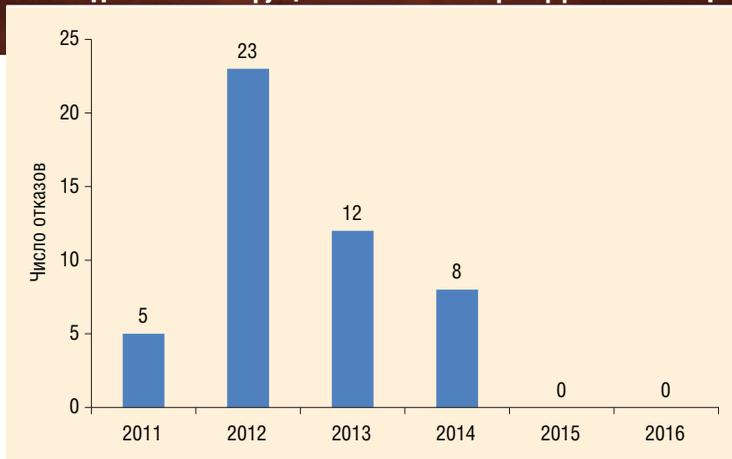


Рис. 5. Сравнение общей надежности серийных и энергоэффективных (зеленая кривая) УЭЦН

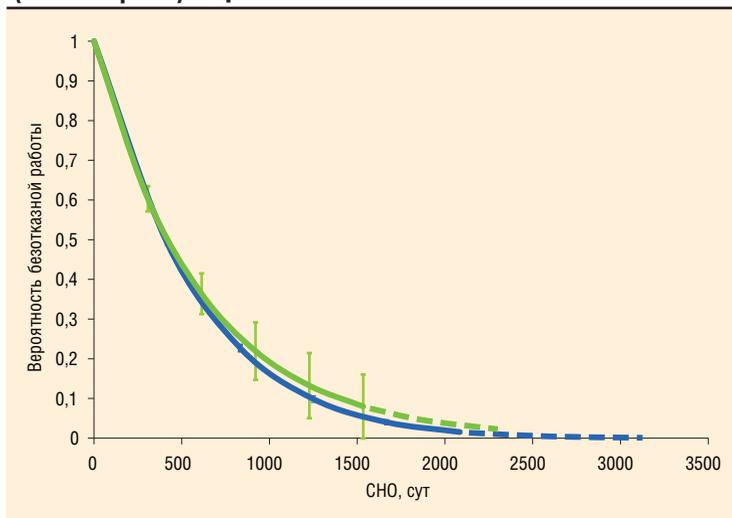
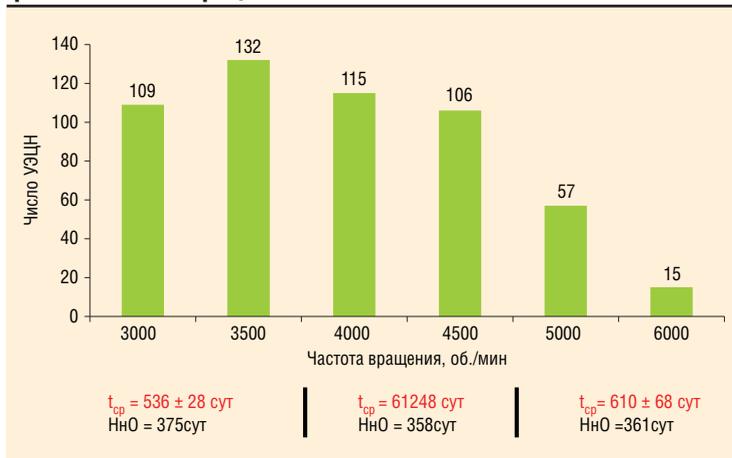


Рис. 6. Общая надежность энергоэффективных УЭЦН в разрезе рабочей частоты вращения



выше серийных аналогов фактически на 10% (рис. 5). Такая разница обусловлена большим ресурсом работы этих установок благодаря применению вентильных ПЭД и компрессионной схемы сборки насоса.

Не менее актуален вопрос о зависимости надежности энергоэффективных УЭЦН от частоты вращения. Ранее на различных научно-технических конференциях и в публикациях уже неоднократно представлялись результаты ее предварительного анализа. Теперь же при накоплении обширного опыта по эксплуатации такого оборудования можно представить исчерпывающие, на наш взгляд, расчеты (рис. 6). Нарботки на отказ (ННО) установок, эксплуатирующихся на повышенных оборотах, по надежности находятся на одном уровне с установками, работающими с обычными частотами вращения вала. По своим конструктивным особенностям УЭЦН ЭЭ отличаются от стандартных и специально предназначены для работы на высоких оборотах без снижения уровня надежности.

Наличие качественного фирменного сервисного сопровождения также влияет на СНО энергоэффективных УЭЦН. Так, в рамках одного из проектов АО «Новомет-Пермь» в 2013 году был осуществлен перевод фонда скважин на прокатную схему обслуживания. По условиям договора компания «Новомет-Сервис» несла полную ответственность за внедрение энергоэффективных установок на всех этапах реализации проекта. Фирменный сервис в сочетании с поставками оборудования последней модификации обеспечили значительный (10%-ный) рост СНО энергоэффективного оборудования и сокращения УРЭ на 30% (табл. 1).

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Очевидно, что такие преимущества, как меньшее удельное энергопотребление и более высокий уровень СНО энергосберегающего оборудования, должны приводить к получению соответствующего экономического эффекта. Однако чтобы его оценить, необходимо сравнивать общую совокупную стоимость владения УЭЦН, включающую в себя влияние многочисленных факторов, таких как СНО, УРЭ, размер энерготарифов в рассматриваемом регионе, а также разница в цене двух типов оборудования.

Внедрение одной-двух установок даст сокращение энергопотребления на 25-30%, однако в масштабах куста или месторождения это почти не ощутимо. Тем более, возникают трудности с расчетами: к примеру, влияния их внедрения на себестоимость тонны добытой жидкости. Поэтому сегодня стоит говорить о комплексном подходе к внедрению данного оборудования. АО «Новомет-Пермь» готово брать на себя все

ВЫДЕРЖКИ ИЗ ОБСУЖДЕНИЯ

Вопрос: Владислав Александрович, насколько стоимость энергоэффективных УЭЦН выше, чем обычных установок?

Владислав Невоструев: Стоимость энергоэффективных установок обычно выше, хотя мы не позиционируем эти установки как гораздо более дорогие. Кроме того, по отдельным прокатным проектам ООО «Новомет-Сервис» стоимость проката энергоэффективных и серийных установок одинаковая.

Вопрос: Каким образом вы уменьшили нагрев при работе энергоэффективных установок?

В.Н.: Для этого были разработаны ступени с более высоким КПД, что, в свою очередь, снизило потери энергии, которые ранее трансформировались в нагрев.

Вопрос: Из каких материалов изготавливаются ступени для насосов?

В.Н.: Для изготовления ступеней насосов с малыми подачами используется порошок, а для больших подач – литье.

Вопрос: Опыт эксплуатации УЭЦН свидетельствует, что при увеличении скорости вращения увеличивается скорость износа оборудования и снижается ННО. У вас этого не происходит (рис. 6). Этот вывод сделан на основании расчетных или фактических параметров?

В.Н.: Все указанные параметры фактические, основанные на мониторинге работы реального фонда скважин.

Вопрос: Сколько скважин было учтено в этой статистике?

В.Н.: Более 600 скважин.

Вопрос: Какой типоразмерный ряд установок преобладает в этой выборке?

В.Н.: Преобладают установки среднего типоразмера, работающие на скважинах с дебитом 100 м³/сут и чуть выше.

Вопрос: Характеризуя малodeбитные энергоэффективные УЭЦН, Вы отметили, что увеличение КПД приводит к уменьшению вероятности солеотложений. Это утверждение справедливо для всех типов солеотложений?

Реплика: Это справедливо только для карбонатов. В случае сульфатов наблюдается обратная тенденция – интенсивность их выпадения снижается по мере роста температуры жидкости.

расчеты эффективности внедрения энергоэффективного оборудования и нести при этом ответственность за результаты его работы. Если рассматривать не закупочную стоимость оборудования, а стоимость владения УЭЦН, все становится на свои места. Затраты на серийную установку за период эксплуатации будут в разы выше.

Рассмотрим пример сравнения совокупной стоимости владения энергоэффективных и серийных УЭЦН в течение двух лет (рис. 7). Разница, например, для насосов с большими подачами уже сравнима со стоимостью самой установки. Здесь важно отметить, что, чем выше подача насоса, тем больше мощность двигателя и его энергопотребление, а значит, значительнее снижение УРЭ в абсолютных цифрах, и, как следствие, полученный положительный экономический эффект.

ПРИМЕНЕНИЕ МАЛОДЕБИТНЫХ И МАЛОГАБАРИТНЫХ УЭЦН

Имеет смысл и применение малodeбитных энергоэффективных УЭЦН. Так, в АО «Новомет-Пермь» были разработаны две ступени: 5-10Э и 5-20Э для насосов с малыми подачами, КПД которых превышает показатели аналогичных «стандартных» установок в 1,5-2 раза. Поскольку в абсолютных значениях такие установки потребляют не так много электроэнергии, и соответственно, в денежном эквиваленте они экономят не так много, на первый план выходит их преимущество именно в надежности, превосходящей серийные образцы практически на 30% (рис. 8).

Таблица 1

Внедрение энергоэффективных установок на примере проекта в Западной Сибири		
Параметры	Прямые продажи	Прокат
Начало эксплуатации	Июнь 2011 г.	Июнь 2013 г.
Запущено в эксплуатацию, ед.	115	146
В работе, ед.	6	22
Остановлено, в т.ч. по причине	109	124
отказы	99	76
ГТМ	10	48
СНО, сут (Stat Pro)	446±57	499±123
Достигнутый эффект по снижению УРЭ на 1 м ³ добытой жидкости, %	20	30

Рис. 7. Сравнение совокупной стоимости владения в течении двух лет энергоэффективной и серийной УЭЦН в зависимости от типоразмера

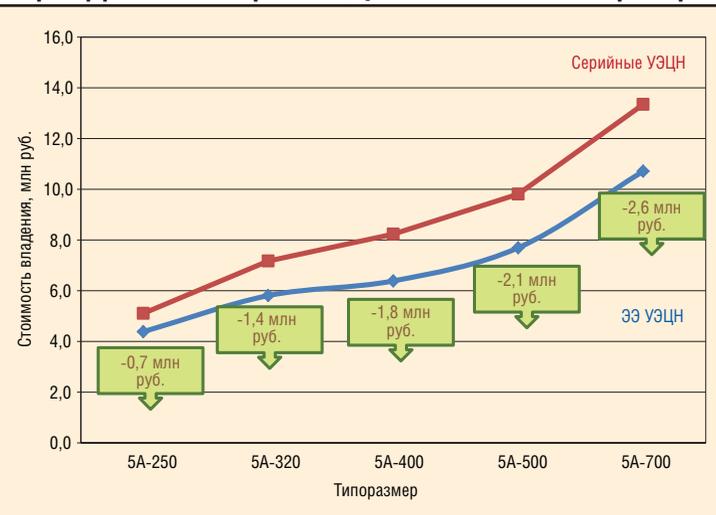
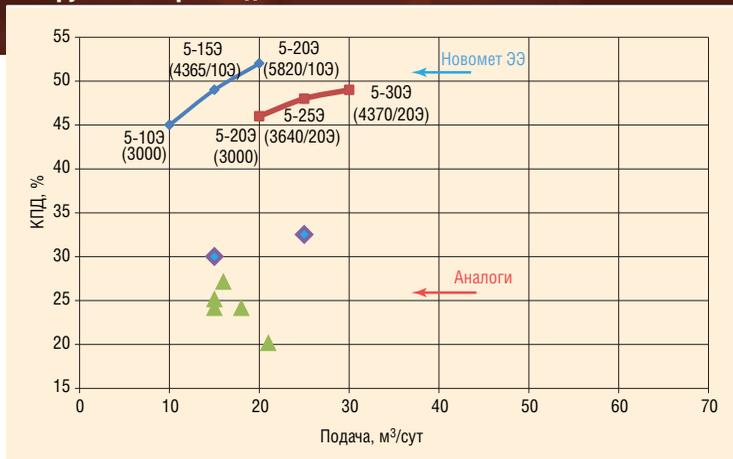


Рис. 8. Сравнение КПД малodeбитных ступеней отечественных и зарубежных производителей



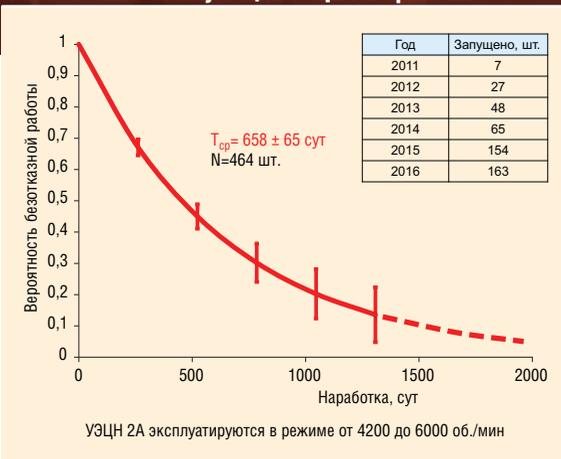
Такая разница объясняется тем, что значительное увеличение КПД установки приводит к столь же значительному снижению энергопотерь установки, которые трансформируются в ее перегрев. А это, в свою очередь, ведет к уменьшению вероятности возникновения отказов, например, по причине солеотложений. Так, за все время испытаний малodeбитных энергоэффективных установок не было зафиксировано ни одного отказа по причине солеотложений, а это одна из основных причин отказов данного оборудования (табл. 2).

Помимо непосредственно УЭЦН ЭЭ, АО «Новомет-Пермь» занимается разработкой и производством малогабаритных скважинных насосных установок, принцип работы которых основан на той же концепции. В настоящее время наша компания выпускает такие установки в двух габаритах и восьми типоразмерах с широким диапазоном подач – от 20 до 400 м³/сут: габарит 3 диаметром 95 мм для обсадных колонн (ОК) диаметром 114 мм и габарит 2А диаметром 82 мм для ОК-102. Такие УЭЦН применяются с 2008 года, общее количество монтажей превысило 1200.

Таблица 2

Параметры	Серийные			Новые
	5-15	5-25	5-30	5-20Э
Смонтировано, шт.	71	709	333	71
Отказы, шт.	37	307	134	23
Нагрев перекачиваемой жидкости, °С	26	24	20	16
Число отказов из-за солеотложений	6	34	19	0
Доля отказов из-за солеотложений, %	16	11	14	0
Число отказов из-за мехпримесей	12	52	29	4
Доля отказов из-за мехпримесей, %	32	17	22	17

Рис. 9. Опыт эксплуатации УЭЦН габарита 2А



Отдельно хотелось бы выделить установки габарита 2А, испытания которых начались в 2011 году. По состоянию на апрель 2017 года смонтировано более 450 УЭЦН данного типа, СНО составляет порядка 650 сут (рис. 9). Установки габарита 2А также в большинстве случаев работают на частоте порядка 5000 об./мин и при этом характеризуются большими СНО, что доказывает способность АО «Новомет-Пермь» успешно производить УЭЦН, предназначенные для работы и в таких условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инженеры АО «Новомет-Пермь» разработали целую линейку УЭЦН нового поколения с повышенным КПД в широком диапазоне подач и габаритов (табл. 3). Данные установки дают возможность сократить УРЭ на 25-30%, повысить СНО и обеспечить надежную эксплуатацию установок на повышенных частотах вращения. Активное внедрение энергоэффективных установок позволит повысить эффективность механизированной добычи нефти благодаря снижению ее себестоимости. ♦

Таблица 3

Габарит	Подача, м³/сут	Количество оборотов, об./мин	КПД, %
2А	От 20 до 200	До 5820	От 44 до 57
3	От 25 до 500	До 5820	От 40 до 70
5	От 10 до 600	До 5820	От 43 до 67
5А	От 100 до 800	До 5820	От 69 до 73
7А	От 300 до 2400	До 4660	От 67 до 79
8	От 1600 до 3000	До 3500	От 74 до 76