

УДК 622.276.53

## Комплексный анализ эксплуатации и отказов УЭЦН

А.А. Шпортко (главный специалист группы стандартов, аудита и анализа),  
Э.Г. Кулаев (главный специалист группы стандартов, аудита и анализа)  
(ОАО "Самотлорнефтегаз")

В Компании реализуется проект "ESP GAMS" – внедрение программного комплекса по информационно-аналитическому сопровождению эксплуатации скважин с УЭЦН.

В статье описаны функциональные возможности GAMS, а также приведены примеры применения данной системы в качестве аналитических выкладок по эксплуатации и отказам скважин с УЭЦН.

### Предпосылки

В середине прошедшего десятилетия одной из приоритетных целей во всех российских нефтяных компаниях, наряду с наращиванием добычи нефти, являлась задача повышения наработки на отказ механизированного фонда скважин, которая является актуальной и в настоящее время. Не секрет, что результат роста данного показателя – сокращение операционных и капитальных затрат, снижение себестоимости добычи нефти и как следствие – повышение эффективности нефтяной компании в целом. Для достижения поставленных целей важно было иметь инструмент, с помощью которого возможно определять причины и факторы, влияющие на наработку, проводить их системный анализ, определять слабые места и приоритетные направления для улучшений, формировать программы мероприятий повышения наработки на отказ. Именно поэтому с 2006 г. в Компании реализуется комплекс мероприятий по информационно-аналитическому сопровождению эксплуатации скважин с УЭЦН. В рамках проекта "Программа повышения наработки на отказ УЭЦН" в Компании была разработана и внедрена система анализа и мониторинга эксплуатации УЭЦН "ESP GAMS".

На начальном этапе система GAMS существовала как инструмент консолидации и кон-

вертации данных для других аналитических систем. Постепенное развитие и модернизация GAMS на настоящий момент доведены до автономного аналитического комплекса, позволяющего выполнять широкий спектр отчетов по работе УЭЦН и всех его компонентов, осуществлять построение множества необходимых зависимостей и проводить анализ в различных разрезах.

Одной из главных особенностей системы GAMS, в значительной мере определяющей её функциональные



Рис. 1. Схема работы системы "ESP GAMS"

возможности, является работа с информацией из разных источников; схема работы системы представлена на рис. 1. Базовым этапом комплексного анализа является консолидация массивов данных по работе УЭЦН, информации по технологическим режимам работы скважин, геологической информации по состоянию фонда скважин и влиянию различных осложняющих факторов. Консолидированная информация накапливается в хронологическом порядке, что позволяет обрабатывать данные в "историческом" режиме, в полной мере наблюдая картину работы того или иного оборудования, при этом в совокупности это дает представление о скважине как о системе в целом.

Одним из производных аналитических продуктов GAMS, выполняемых и предоставляемых на регулярной основе в ДО Компании, является Комплексный Анализ Эксплуатации и Отказов УЭЦН.

### Поставленные задачи

В общем, если охарактеризовать цели комплексного анализа, то надо говорить об увеличении эффективности применения УЭЦН в Компании: повышении среднего отработанного времени и наработки на отказ по каждому ДО и Компании в целом. Отдельные направления анализа, которые в совокупности помогают решать вопросы эксплуатации УЭЦН, заключаются в следующих аспектах.

- Определение основных проблем, причин и факторов, влияющих на уровень отказов УЭЦН.
- Определение как надёжного и эффективного оборудования, так и не надёжного и не эффективного.

– Выявление слабых мест в системе УЭЦН, внесение изменений в Технические требования к оборудованию, включение усовершенствованных конструкций и материалов.

– Улучшение процесса применения УЭЦН с учётом различных скважинных условий.

– Применение новых технологий УЭЦН и отслеживание их эффективности и надёжности, определение из них лучших с целью тиражирования.

Возможности аналитического расчета системы GAMS в качестве примера показаны на рис. 2: на основании статистической выборки отказавших установок был получен прогноз "вероятности отказа" ЭЦН в зависимости от его конструктивного исполнения, что может являться основой при выборе и планировании закупки погружного оборудования. На рис. 2 видно, что вероятность отказа наиболее высока у насосов 1-й группы с рабочими ступенями из серого чугуна (Н1-СЧ), менее подвержены выходу из строя ЭЦН 2-й группы (Н2-ЛЧ) с расположением промежуточных подшипников через 0,5 м в коррозионно-стойком исполнении. Насосы 3-й группы компрессионной и пакетной сборки (Н3-ЛЧ) отечественного производства менее надёжны, чем ЭЦН плавающей конструкции (Н2-ЛЧ) с расположением ПП через 0,5 м. При этом сегодня однозначно считается, что надёжность пакетной и компрессионной типов сборок превосходит остальные типы конструкций ЭЦН. Фактические результаты применения насосов различных типов будут приведены далее.

Частотная характеристика отказов построена на основании методики анализа надёжности с использо-

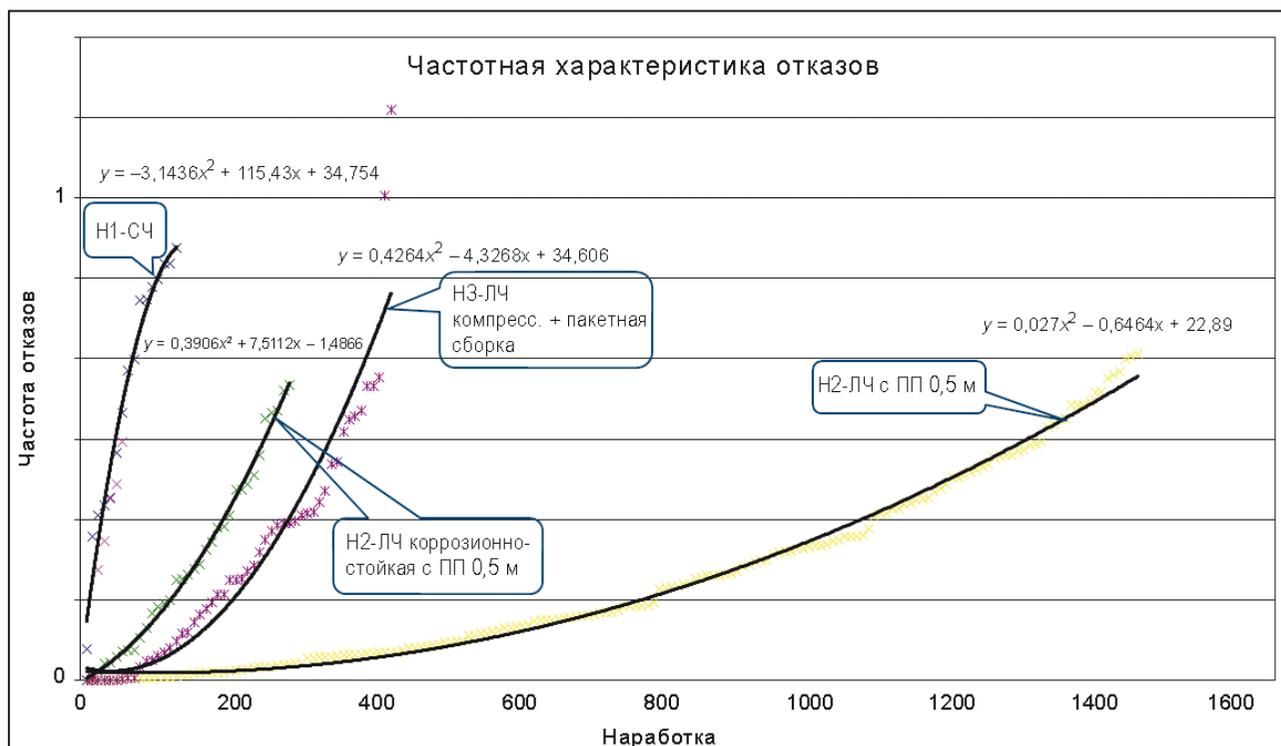


Рис. 2. Зависимость вероятности отказа от наработки для разных групп исполнения

ванием автоматизированных алгоритмов расчетов ПО Statsaft [2].

### Реализация проекта

В рамках выполняемых работ в качестве базовой площадки были разработаны и внедрены единые подходы, теоретическая основа и терминология (ЛНД, регулирующие расследования причин отказов и отслеживания наработки на отказ УЭЦН, стандарт отказов: справочники, классификаторы, форматы и т. д.). Сформирован массив достоверных данных по работе и отказам УЭЦН на всех скважинах Компании, включающий в себя порядка 15500 скважин и более 100000 записей о периодах работы погружного оборудования, собранный согласно установленным формам из разных источников от добывающих обществ и подрядных организаций по обслуживанию УЭЦН.

Следующим этапом была решена задача по разработке формата "Комплексный анализ отказов УЭЦН". В настоящее время комплексный анализ освещает различные аспекты работы УЭЦН, позволяя получить объективную и полную картину работы оборудования в каждом ДО и по Компании в целом. Сегодня возможности системы GAMS также используются для оценки результатов опытно-промышленных испытаний различного оборудования УЭЦН, в том числе и наземного.

Как пример выявления проблем эксплуатации УЭЦН можно привести сравнение результатов работы ступени рабочего колеса

5А-250 различной конструкции и разных производителей, а также сравнение надежности работы разных конструктивных сборок насосных секций ЭЦН.

В качестве сравнения надежности использованы методы функции выживания, определяемой для целей и задач данного анализа как доля оборудования, сохраняющего свою работоспособность к началу соответствующего временного интервала [1].

На рис. 3 показано влияние скважинной среды на наработку ЭЦН в зависимости от конструктивного исполнения насосов. На основании статистики по отказам

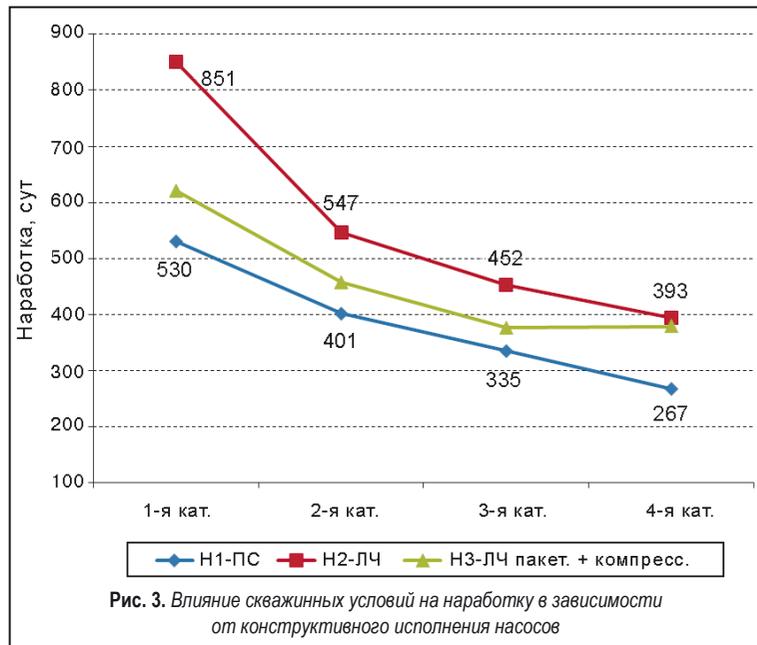


Рис. 3. Влияние скважинных условий на наработку в зависимости от конструктивного исполнения насосов

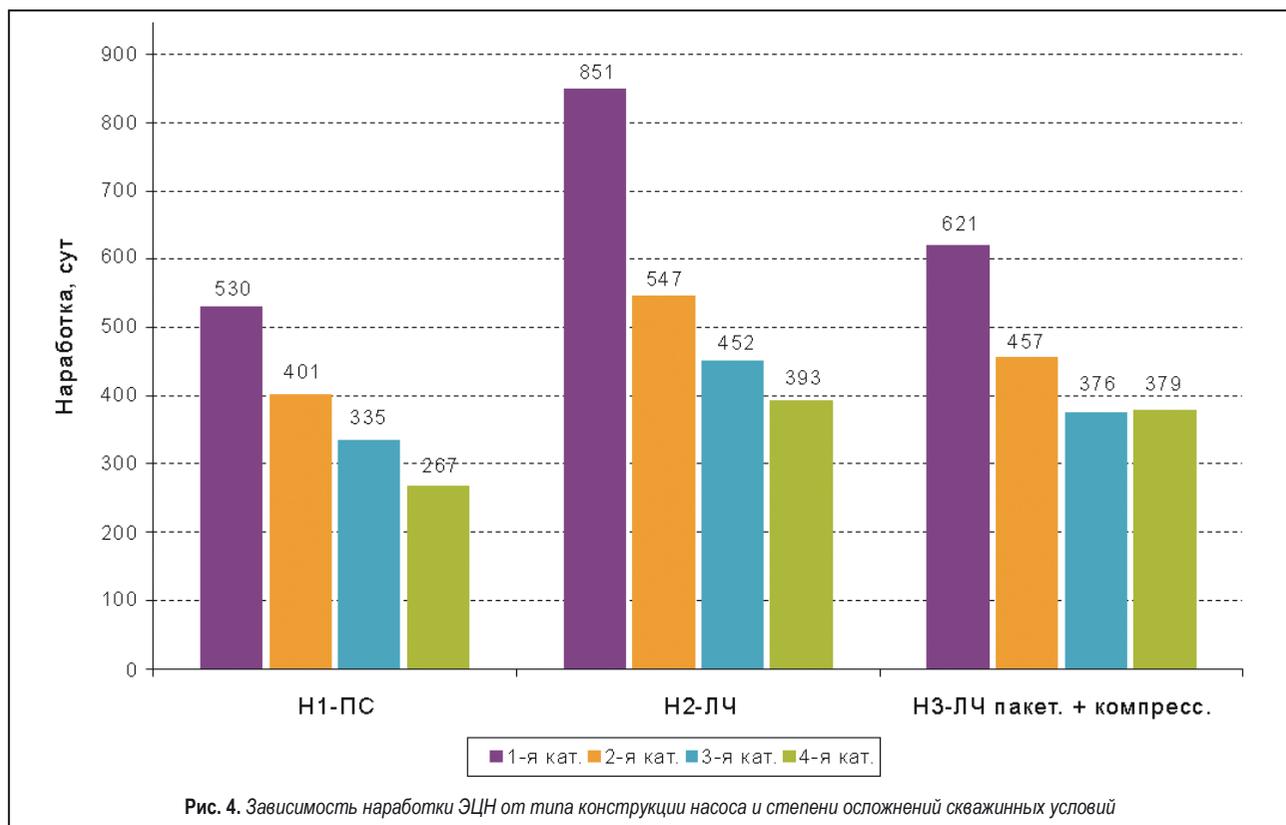


Рис. 4. Зависимость наработки ЭЦН от типа конструкции насоса и степени осложненных скважинных условий

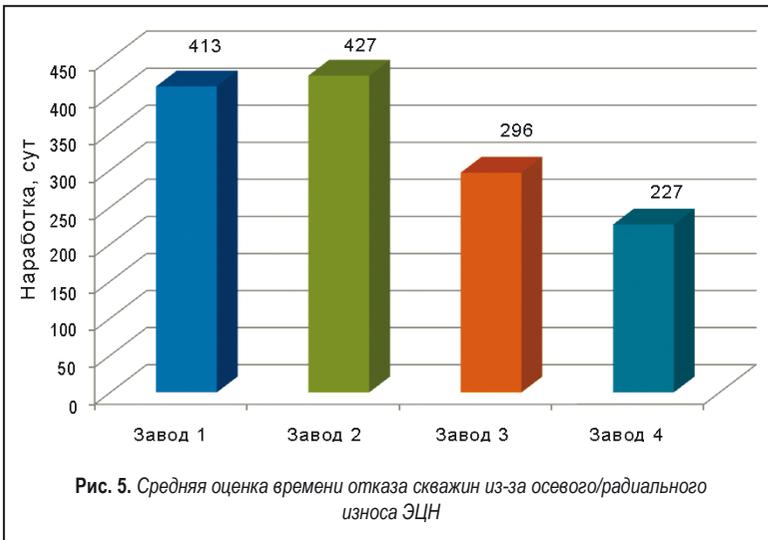


Рис. 5. Средняя оценка времени отказа скважин из-за осевого/радиального износа ЭЦН

за всю историю эксплуатации в скважинах, разделенных условно на 4 категории по степени влияния осложняющих факторов (от 1-й кат., наименее осложненной, до 4-й кат. – с максимально жесткими условиями), получены показатели наработки на отказ по группам конструктивного исполнения. Показательно, что конструкция ЭЦН группы Н2-ЛЧ плавающей сборки с расположением промежуточных подшипников через 0,5 м наиболее жизнеспособна в скважинах, имеющих осложнения, в сравнении с конструкцией пакетного и компрессионного типов ЭЦН отечественного производства, и лишь в самых жестких эксплуатационных условиях надежность двух конструкций сопоставима между собой. Данная статистика сформирована из достаточно большого числа высокодостоверных данных, поэтому полученная информация объективна и важна для дальнейшего усовершенствования конструкции ЭЦН с целью повышения надежности оборудования.

На рис. 4 наглядно представлена наработка ЭЦН в зависимости от типа конструкции насоса и степени осложнения скважинных условий.

На рис. 5 более детально продемонстрирована конструктивная надежность рабочей ступени ЭЦН5А-250 разных производителей. Взята статистика отказов УЭЦН по четырем производителям с причиной выхода из строя самого насоса из-за осевого или радиального износа. Следует отметить, что отказ насосного оборудования по причине износа рабочих узлов является показателем надежности самой ступени ЭЦН. Как видно из рис. 5, у первых двух из четырех производителей конструкция ступени при возникновении факторов износа более надежна.

При анализе конструкции ступеней каждого из поставщиков было отмечено, что ступени имеют различные типы конструкций, при этом у двух заводов с большей наработкой конструкция ступени выполнена с наклоном направленными лопатками относительно оси проточной части, а у двух других наоборот – ступени с цилиндрическими лопатками. Конструктивное отличие в расположении проточной части ступени и объясняет превосходство по надежности ЭЦН первых двух

заводов-изготовителей в условиях возникновения осевого/радиального износа.

### Результаты

На начальном этапе реализации Программы по повышению наработки на отказ проведен системный анализ эксплуатации скважин с УЭЦН, получено понимание причин и факторов, влияющих на наработку. Определены приоритетные направления для улучшений и формирования программ мероприятий в рамках каждого ДО Компании.

Таким образом, можно сегодня констатировать, что запланированные показатели по наработке УЭЦН достигнуты не без помощи аналитического комплекса GAMS.

В текущем времени в соответствии с принятым форматом регулярно (периодичность подготовки и предоставления 1 раз в полгода) проводится по ДО "Самотлорнефтегаз" анализ эксплуатации и отказов УЭЦН, куда вошли основные блоки:

- сравнение показателей работы УЭЦН по ДО и по Компании – дополнительные методы оценки срока работы УЭЦН, в том числе учитывающие влияние ГТМ на показатели наработки;
- динамика распределения отказов УЭЦН по отработанному времени, показывающая тренд изменения доли ранних отказов;
- градация фонда скважин по осложнениям – раскрывает особенности фонда скважин и основные проблемы, влияющие на работу УЭЦН в скважинных условиях конкретного ДО;
- распределение парка оборудования УЭЦН по группам конструктивного исполнения – показывает динамику оснащенности скважин оборудованием;
- динамика распределения отказов УЭЦН по узлам и характерам неисправностей отображает основные проблемы с оборудованием и его "слабые места" в каждом из ДО;
- динамика аварий и распределение мест разрушений.

Также комплексный анализ отказов и эксплуатации УЭЦН использовался для оценки многочисленных проектов, связанных с погружным оборудованием, и, в частности, служил информационно-аналитической основой следующих реализованных проектов:

- своевременное прекращение использования погружного кабеля производства одного из российских заводов в связи с низкой надежностью и низкой отказоустойчивостью;
- предотвращение в свое время падения наработки и среднего отработанного времени скважин на фонде ДО "РН-Няганьнефтегаз" за счет разносторонней аналитики причин и факторов, влияющих на падение наработки, с предоставлением технических выкладок группе специалистов Управления механизированной добычи для осуществления экспертной поддержки ДО и подрядных организаций;

– отказ от применения в Компании ЭЦН группы конструктивного исполнения наименее низкой надежности;

– выявление и предотвращение применения погружных электродвигателей "укороченной" конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов А.В., Никулин М.С. *Статистические модели в теории надежности.* – М.: Абрис, 2012.
2. *Электронный учебник ПО Statsoft. Анализ надежности и функция выживаемости. Методики и рекомендации.*

---

**ОАО "Самотлорнефтегаз"**

628606 Россия, ХМАО-Югра, г. Нижневартовск, ул. Ленина, 4,

Тел.: +7 (3466) 61-19-15;

Тел.: +7(3466) 61-18-82.

E-mail: AAShportko@rosneft.com,

E-mail: EGKulaev@rosneft.com

---