

**В. С. Комаров**

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАРАБОТКИ НА ОТКАЗ УЭЦН**

*Одним из основных показателей, характеризующих экономическую эффективность и техническое совершенство УЭЦН, является показатель наработки на отказ. Прогнозирование наработки на отказ УЭЦН позволяет наиболее точно планировать расходы предприятия на приобретение нового оборудования, ремонт эксплуатируемого оборудования и подземный ремонт скважин.*

*В данной работе рассмотрены применяемые на нефтедобывающих предприятиях России методы прогнозирования наработки на отказ, а также приведены основные принципы построения многофакторной модели прогнозирования наработки на отказ установок электроцентробежных насосов.*

В современных экономических условиях главной целью любого коммерческого предприятия, в том числе и нефтяных компаний России, является достижение максимальной прибыли. Выделяют два основных пути максимизации прибыли — увеличение объема производства и сокращение текущих производственных затрат. Наиболее эффективными методами сокращения себестоимости добываемой нефти являются уменьшение потерь добычи от простоя скважин и сокращение затрат на подземный ремонт за счет увеличения наработки на отказ глубинно-насосного оборудования [1, 9]. Показатель наработки на отказ характеризует не только технический уровень оснащённости скважин, но и экономическую эффективность эксплуатации глубинно-насосного оборудования. Нарботка на отказ прямо или косвенно отражает эксплуатационные показатели работы любого оборудования — показатели производительности, экономичности, рентабельности и др. Проблема повышения наработки на отказ машин, механизмов и приборов относится к числу наиболее актуальных и важных проблем, возникших с развитием техники.

Оснащение нефтедобывающей промышленности сложным высокопроизводительным оборудованием приводит к росту текущих эксплуатационных затрат и значительно повышает требования к надежности данного оборудования. Вследствие многозвенности и последовательности цепи соединения рабочих модулей оборудования недостаточная надежность отдельных модулей и механизмов приводит к снижению полезного машинного времени работы всего комплекса оборудования. Выход из строя любого из элементов комплекса приводит, как правило, к остановке скважины, поэтому требования к надежности каждого элемента комплекса значительно повышаются.

Проблема повышения наработки на отказ глубинно-насосного оборудования сложна и многогранна. Она охватывает широкий круг научных, технических и организационных вопросов и требует для своего решения значительных сил и средств в области научных исследований, проектирования, технологии производства и эксплуатации оборудования.

Экономическая эффективность увеличения наработки на отказ глубинно-насосного оборудования имеет ключевое значение, но при этом не последнее место занимают вопросы эффективного распределения имеющихся ресурсов предприятия с учетом обеспечения производственного процесса с максимальной отдачей. Решение данной задачи напрямую связано с прогнозированием основных производственных показателей, в том числе и наработки на отказ глубинно-насосного оборудования.

Прогнозирование наработки на отказ позволяет определить будущие затраты на подземный ремонт скважин и ремонт глубинно-насосного оборудования, потери добычи нефти от простоя скважин и потребность предприятия в новом оборудовании, т. е. эффективно и целенаправленно распределить имеющиеся ресурсы предприятия с целью выполнения производственной программы. Особенно актуальна проблема прогнозирования наработки на отказ для установок электроцентробежных насосов, что связано с высокой стоимостью оборудования (стоимость УЭЦН отечественного производства составляет 15–20 тыс. долл. США, а импортных — 150–200 тыс. долл. США), сложностью конструкции, большой номенклатурой типоразмеров УЭЦН (как по дебиту, так и по напору) [11].

Показатель наработки на отказ глубинно-насосного оборудования активно применяется на предприятиях нефтяной промышленности не более 10 лет и в отличие от МРП (межремонтного периода) [8] характеризует эффективность эксплуатации не столько скважины, сколько оборудования, обеспечивающего ее работу, т. е. отражает среднюю работоспособность глубинно-насосного оборудования с момента пуска в работу до момента отказа.

Согласно международному стандарту МЭК 50 (191)-90, понятие наработки на отказ отражает полную продолжительность наработки объекта с момента его первого ввода в работоспособное состояние до отказа или с момента его восстановления до следующего отказа. При этом отказом считается утрата объектом способности выполнять требуемую функцию.

Для глубинно-насосного оборудования отказом считается любая неисправность, повлекшая за собой замену подземного оборудования или его части на работоспособный комплект оборудования или его часть.

Отказом не является демонтаж работоспособного оборудования с целью проведения геолого-технических мероприятий.

Показатель наработки на отказ характеризуется отношением суммы наработок отказавшего оборудования за скользящий год к количеству отказов за скользящий год:

$$T_n = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N t_{ij}}{\sum_{i=1}^M N_i}$$

где  $T_n$  — показатель средней наработки на отказ оборудования, сут.;  $M$  — учетный период, мес. (как правило, 12 месяцев);  $N_i$  — количество отказов оборудования в  $i$ -ом месяце;  $t_{ij}$  — наработка  $j$ -ой единицы оборудования, отказавшего в  $i$ -ом месяце, сут.

Таким образом, показатель наработки на отказ есть средняя арифметическая величина наработок оборудования за последние двенадцать месяцев.

Ограничение выборки наблюдения отказов глубинно-насосного оборудования сроком 12 месяцев имеет как положительные, так и отрицательные аспекты характеристики надежности и качества эксплуатации оборудования.

Постоянное совершенствование техники и технологии добычи нефти, улучшение конструкции УЭЦН, повышение квалификации обслуживающего персонала ведут к росту наработки на отказ, т. е. показатель наработки на отказ не является постоянной величиной, а имеет динамичное развитие [9]. В этих условиях необходимо временное ограничение выборки отказов для отражения численно выраженной текущей характеристики надежности и качества эксплуатации оборудования, в противном случае среднеарифметический показатель наработки на отказ был бы значительно занижен.

Отрицательным является тот факт, что при группировке отказов по отдельным признакам (по месторождениям, дебиту, глубине спуска, типу насоса и т. п.), необходимой для исследования причин отказов, возможно получение значительно малой выборки в одной из групп, которая не даст истинной характеристики показателя наработки на отказ. А в том случае если за последние 12 месяцев вообще не было отказов ( $N = 0$ ), вычислить показатель наработки на отказ не возможно.

Для примера рассмотрим наработку на отказ УЭЦН по цехам добычи нефти ТПП «Урайнефтегаз», на графике (рис. 1) хорошо просматриваются периоды (с июля 1999 г. по февраль 2000 г. и с июля по октябрь 2000 г.), в которые показатель наработки на отказ по ЦДНГ-7 сохраняется на неизменном уровне (соответственно 358 и 195 суток) [9, 12].

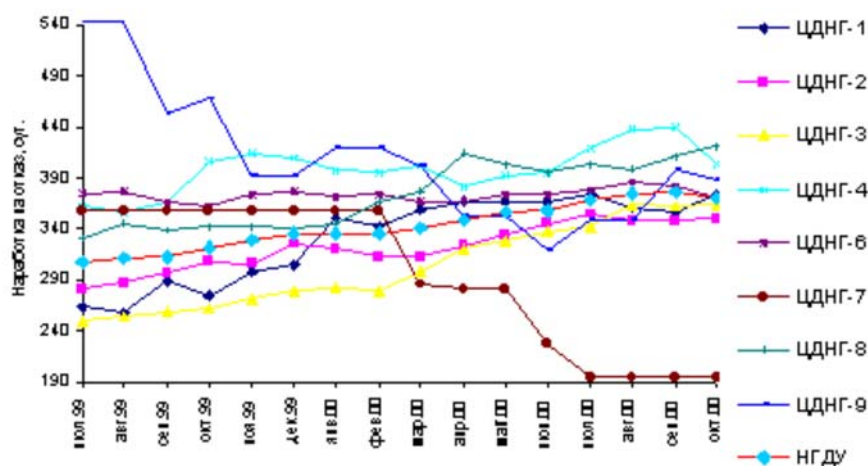


Рис. 1. Группировка показателя наработки на отказ по ЦДНГ

Такое постоянство свидетельствует о том, что в этот период отсутствовали отказы УЭЦН. Данный факт и тот факт, что значительное снижение наработки на отказ по ЦДНГ-7 не оказало существенного влияния на средний показатель наработки на отказ (кривая НГДУ), говорят о том, что размер выборки значительно мал (всего 6 скважин, оборудованных УЭЦН), и использовать его для исследования причин отказов не корректно.

Следовательно, для исследования причин отказов, наряду с показателем наработки на отказ за скользящий год, необходимо применять показатель наработки на отказ без ограничения времени наблюдения, что позволит значительно расширить выборку проводимых наблюдений:

$$T_{\text{н}}' = \frac{\sum_{j=1}^N t_j}{N}$$

Конечно, данный показатель наработки на отказ  $T_{\text{н}}$  не будет отражать истинную картину текущего технического и технологического совершенства эксплуатации УЭЦН, но он позволит более точно провести аналитические исследования зависимости наработки на отказ оборудования от каких-либо внешних или внутренних факторов.

Необходимо отметить тот факт, что исследование причин отказов УЭЦН имеет большое значение в совершенствовании техники и технологии добычи нефти и позволяет проводить планомерную работу по увеличению наработки на отказ. От качества проводимых исследований причин отказов во многом зависит точность прогноза наработки на отказ. Статистика причин отказов глубинно-насосного оборудования позволяет разработать эффективные мероприятия по повышению наработки на отказ, и чем качественнее интерпретация причин отказов, тем выше эффективность разрабатываемых мероприятий и тем точнее прогнозирование ожидаемых показателей работы глубинно-насосного оборудования.

Выявление причин отказов УЭЦН — это сложный и трудоемкий процесс. Для качественного определения причины отказа необходимо не только провести демонтаж всего оборудования и выявить неисправности, но и проанализировать большой объем геологической, технологической и технической информации. Процесс качественного расследования отказа одной установки электроцентробежного насоса занимает в среднем 4–8 часов и к нему привлекаются ведущие специалисты предприятия в области техники и технологии добычи нефти, подземного ремонта скважин, ремонта и эксплуатации УЭЦН, энергообеспечения и т. д. Значительные затраты на расследование отказов УЭЦН оправдывают себя тем экономическим эффектом, который получают нефтедобывающие предприятия за счет увеличения наработки на отказ, при внедрении мероприятий, разработанных на основе полученных результатов расследования.

Необходимость использования высококвалифицированных специалистов продолжительное время на выяснение причин отказов УЭЦН накладывает определенное ограничение на количество проводимых расследований. В связи с этим нефтедобывающие предприятия ограничиваются расследованием преждевременных отказов УЭЦН, т. е. отказов установок, не отработавших гарантийный срок. За гарантийный срок может приниматься как гарантийный срок эксплуатации, установленный заводом-изготовителем оборудования, так и срок эксплуатации, установленный самим нефтедобывающим предприятием.

Весь спектр причин отказов глубинно-насосного оборудования можно разделить на две группы: причины организационного характера — так называемое влияние человеческого фактора, и технические — причины, связанные с конструктивными особенностями оборудования и условиями эксплуатации.

Как правило, на нефтедобывающих предприятиях России применяют методику классификации причин преждевременных отказов, основанную на первой группе причин, — по виновным подразделениям, т. е. во главу решения поставлен вопрос — кто виноват, при этом к виновному подразделению применяются экономические санкции. Подобная методика позволяет мобилизовать производственные силы подразделений на решение выявленных проблем и сократить количество отказов, связанных с некачественным ремонтом оборудования, нарушениями технологии при подземном ремонте скважин и эксплуатации глубинно-насосного оборудования.

Классификация причин преждевременных отказов по виновным подразделениям эффективно действует в том случае, когда удельный состав преждевременных отказов по организационным причинам находится на высоком уровне (более 30 % от всех отказов), в противном случае расследование преждевременного отказа превращается в поиск «козла отпущения» и не способствует выявлению первопричины отказа глубинно-насосного оборудования. Следовательно, методика классификации причин отказов УЭЦН по виновным подразделениям увеличивает вероятность искажения информации при определении причины отказа под влиянием человеческого фактора. Примером может служить ситуация, сложившаяся в НГДУ «Стрежовойнефть», где поиск виновных в преждевременном отказе УЭЦН привел к неправильной интерпретации отказов и, как следствие, разработанные мероприятия не дали ожидаемого результата — получили снижение наработки на отказ с 292 суток в 1999 г. до 245 в 2000 г. [4, 7].

С точки зрения автора, экономически обоснованная доля преждевременных отказов по причинам, связанным с влиянием человеческого фактора, находится на уровне 5–8 % от общего числа отказов. Теоретически возможно свести отказы организационного характера на нет, но это связано с неоправданно большими затратами на автоматизацию и механизацию производства, повышение квалификации персонала, значительное увеличение заработной платы и т. п.

Оптимальным вариантом классификации причин выхода из строя установок электроцентробежных насосов является классификация по техническим и технологическим признакам. При этом определение виновных в отказе УЭЦН должно отходить на второй план и в основе решения проблемы должна лежать задача поиска причинно-следственной зависимости отказа оборудования, технического совершенства, условий эксплуатации и соблюдения норм технологических операций по ремонту и эксплуатации

оборудования.

Основой технических признаков является место отказа (модуль установки) [6]. УЭЦН представляет собой систему, состоящую из нескольких частей: станция управления и трансформатор, силовой кабель, погружной электродвигатель (ПЭД), протектор, насос, насосно-компрессорные трубы (НКТ), вспомогательные модули (газосепаратор, струйный насос и т. п.). Классификация дефектов по месту отказа позволяет оценить слабое место системы, выявить первопричины, повлекшие отказ УЭЦН, и принять меры по устранению данных причин или улучшению качества (изменению конструкции) отказавшего модуля.

Технологические признаки должны характеризовать условия эксплуатации УЭЦН: особенности фонда скважин (мехпримеси, парафино- и солеотложения, высокая температура пластовой жидкости и т. п.); техническую оснащенность производственного персонала; автоматизацию производства; нормативную базу, регламентирующую процесс эксплуатации оборудования; квалификацию персонала и т. д.

Процесс прогнозирования наработки на отказ УЭЦН должен учитывать максимально возможное количество факторов, влияющих на работоспособность оборудования. Обработка такого объема информации связана с многочисленными и трудоемкими вычислениями статистического и вероятностного характера, что определяет необходимость применения для решения данной задачи компьютерных технологий [3, 10]. Таким образом, одной из основных задач подготовки к прогнозированию наработки на отказ УЭЦН является накопление статистической информации в электронном виде.

Можно выделить три основных направления работы с информационной базой, необходимой для качественного прогнозирования наработки на отказ:

- выявление истинных причин отказа глубинно-насосного оборудования;
- определение эффективности разрабатываемых мероприятий (ожидаемое увеличение наработки на отказ);
- накопление статистической информационной базы, характеризующей текущее состояние эксплуатационного фонда УЭЦН, фонда скважин, причин отказов, проводимых мероприятий и т. п.

Необходимо отметить, что качество проведения всех перечисленных этапов обработки информации будет оказывать существенное влияние на точность прогноза.

Применяемые на нефтедобывающих предприятиях России методы прогнозирования наработки на отказ далеки от совершенства, но необходимо отметить тот факт, что в последние годы наблюдаются некоторые сдвиги в совершенствовании процесса прогнозирования. Динамичное развитие процесса прогнозирования наработки на отказ зависит от роста квалификации специалистов в области техники и технологии добычи нефти и накопления статической информации по причинам отказов глубинно-насосного оборудования.

Рассмотрим методы прогнозирования наработки на отказ на примере ТПП «Урайнефтегаз» ООО «ЛУКОЙЛ — Западная Сибирь». В период с 1997 по 1999 г. (рис. 2) прогноз наработки на отказ строился по административному методу без учета динамики наработки за предыдущий период и эффективности проводимых мероприятий [9, 12]. Рост плановой наработки прогнозировался по сравнительным показателям динамики изменения наработки на отказ УЭЦН нефтедобывающих предприятий ООО «ЛУКОЙЛ — Западная Сибирь». На графике (см. рис. 2) наглядно просматривается несоответствие фактических показателей прогнозным, которые не отражали объективную действительность в области эксплуатации УЭЦН на рассматриваемом предприятии. Если в 1997 г. планируемые показатели наработки на отказ УЭЦН значительно превышают фактические, то в 1998 г. тенденция роста фактической наработки на отказ выше плановых показателей.

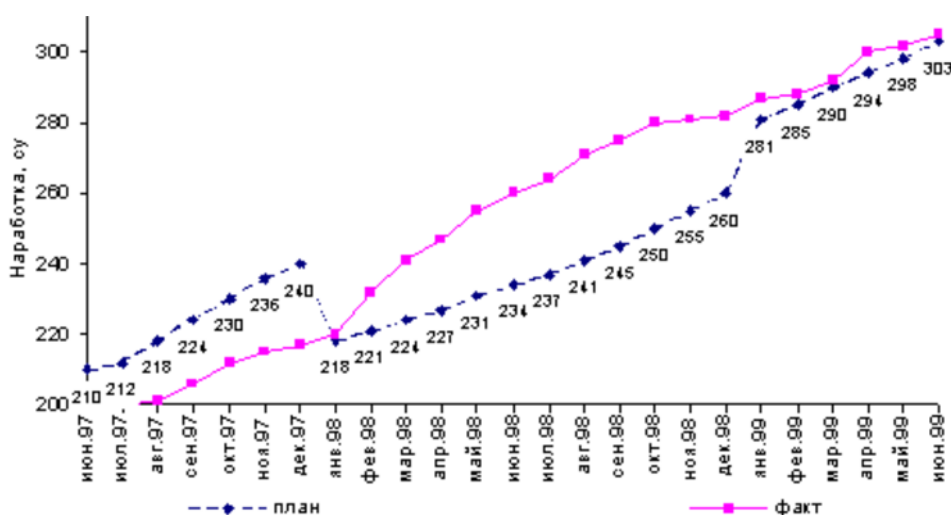


Рис. 2. Нарботка на отказ УЭЦН по ТПП «Урайнефтегаз» за 1997–1999 гг.



Значительный рост квалификации специалистов предприятия, занимающихся анализом причин отказов УЭЦН, позволил увеличить точность прогноза показателей наработки на отказ на 2000 г. (рис. 3). При прогнозировании с достаточной точностью была определена ожидаемая эффективность проводимых мероприятий, направленных на повышение наработки на отказ, и учтена динамика отказов предыдущего года, что выразилось в совпадении направления векторов кривых планируемой и фактической наработки на отказ, при этом максимальная погрешность составила 12 суток (август 2000 г.).

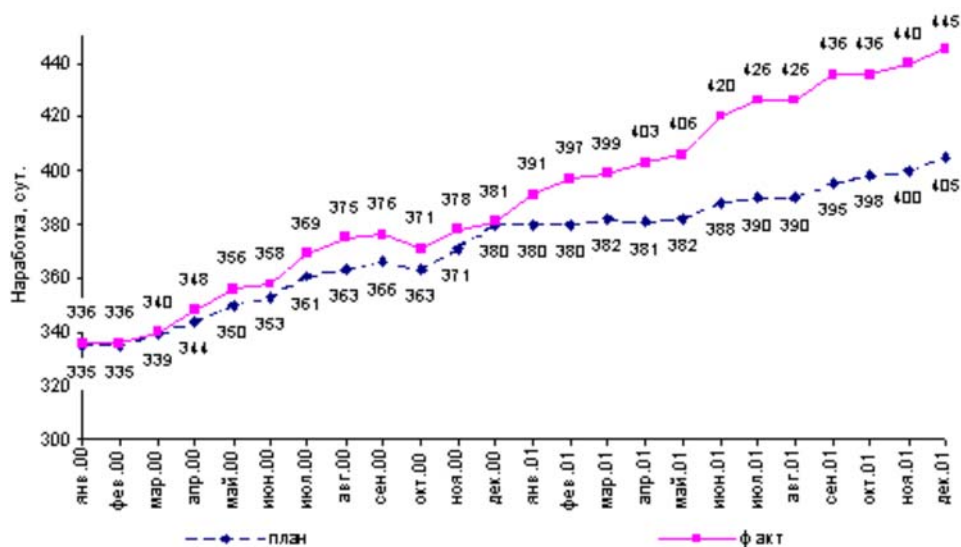


Рис. 3. Нарботка на отказ УЭЦН по ТПП «Урайнефтегаз» за 2000–2001 гг.

Особенность наработки на отказ за скользящий год заключается в том, что при подсчете учитываются отказы, произошедшие за последние 12 месяцев. Таким образом, учетный период ежемесячно смещается, и из выборки отказов, идущих в подсчет наработки, исключаются отказы, произошедшие в аналогичном месяце предыдущего года. Следовательно, если за предыдущий год имело место снижение наработки на отказ, то в текущем месяце можно ожидать рост кривой наработки. Данный факт наглядно отражает сравнение показателей наработки на отказ УЭЦН по ЦДНГ-4 ТПП «Урайнефтегаз» за 1999–2000 гг. (рис. 4), где хорошо прослеживается описанная выше зависимость. Учет изменения наработки на отказ за скользящий год предыдущего периода позволяет прогнозировать поведение кривой наработки в будущем периоде (рис. 5).

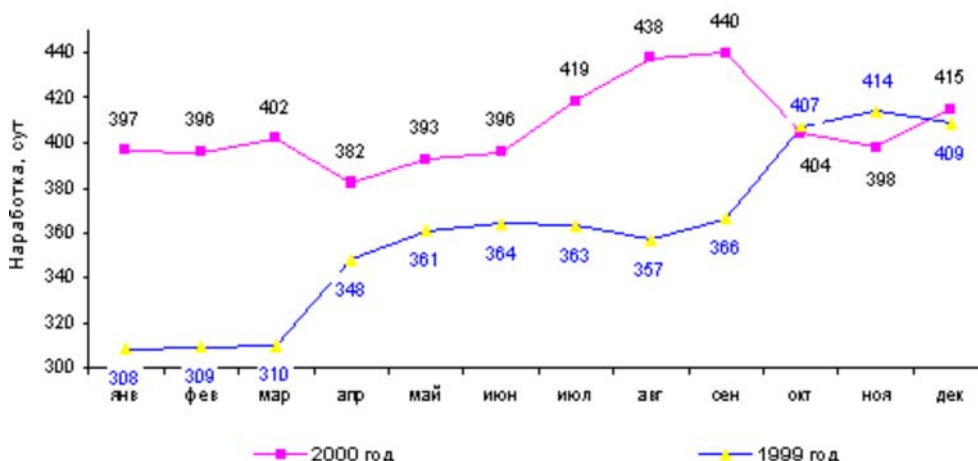


Рис. 4. Нарботка на отказ УЭЦН по ЦДНГ-4 за 1999–2000 гг.

Более сложной задачей является определение эффективности проводимых мероприятий, направленных на увеличение наработки на отказ. Сложность прогнозирования роста наработки на отказ УЭЦН в первую очередь связана с недостаточным объемом информации, что является следствием ограничения выборки отказов УЭЦН, подлежащих расследованию, гарантийным сроком эксплуатации (преждевременные отказы). Чем меньше гарантийный срок (меньше выборка отказов УЭЦН, подлежащих расследованию), тем выше вероятность ошибки при определении эффективности проводимых мероприятий, тем больше погрешность при прогнозировании роста наработки на отказ.

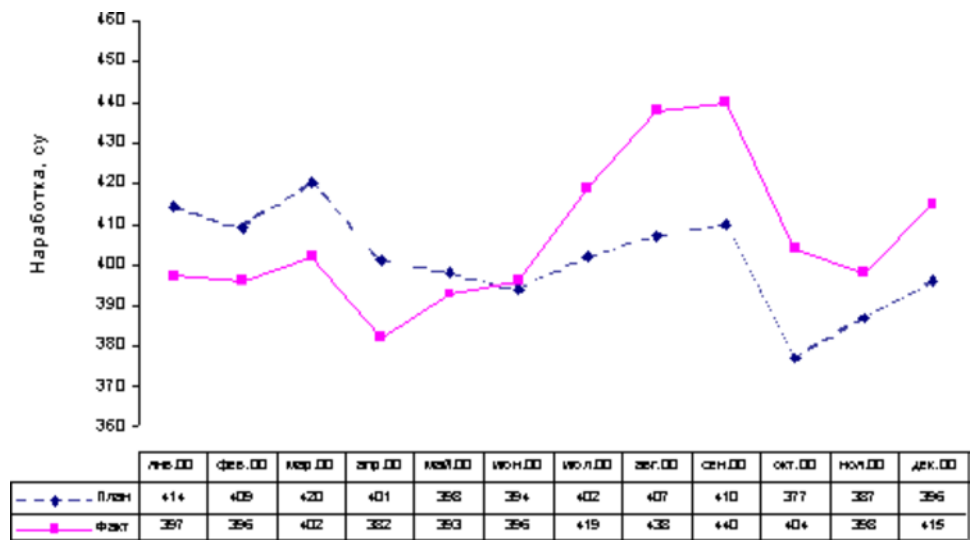


Рис. 5. Прогнозирование наработки на отказ УЭЦН по ЦДНГ-4

Применяемая на нефтедобывающих предприятиях методика определения эффективности проводимых мероприятий, направленных на увеличение наработки на отказ глубинно-насосного оборудования, проста и относительно эффективна:

- на первом этапе определяется выборка с наибольшим количеством однотипных причин отказов;
- разрабатываются мероприятия, направленные на сокращение отказов по данной причине;
- из списка отказов, учтенных при подсчете наработки на отказ, исключаются преждевременные отказы, на сокращение которых направлены разработанные мероприятия, и производится пересчет показателя наработки на отказ;
- разница между вновь рассчитанным показателем и существующим показателем наработки на отказ характеризует эффективность предлагаемых мероприятий.

Недостаток данной методики заключается в том, что при малой доле преждевременных (расследованных) отказов значительно возрастает погрешность показателя эффективности мероприятий. Практика показывает, что для определения показателя эффективности разрабатываемых мероприятий с погрешностью 5–10 % расследованию должны быть подвергнуты более 50 % отказов УЭЦН, что фактически и происходит тогда, когда текущий показатель наработки на отказ меньше или близок к установленному на предприятии гарантийному сроку эксплуатации. Если же текущий показатель наработки на отказ выше установленного порога наработки, меньше которого отказ считается преждевременным и подлежит расследованию, то становится проблематичным определение эффективности разрабатываемых мероприятий и, как следствие, в целом прогноз наработки на отказ может иметь значительную погрешность.

На графике (см. рис. 3) хорошо просматривается рост погрешности прогноза наработки на отказ УЭЦН в 2001 г., что вызвано некачественным определением эффективности проводимых мероприятий, направленных на повышение наработки на отказ. Вследствие превышения показателя наработки на отказ на конец 2000 г. над гарантийным сроком на 6 % (на предприятиях ООО «ЛУКОЙЛ — Западная Сибирь» установлен срок 360 суток) погрешность при прогнозировании данного показателя на 2001 г. достигла 10 % (40 суток).

Подобная ошибка явилась причиной значительного перерасхода оборотных средств: если на фонде 760 скважин, оборудованных УЭЦН, планировалось провести 685 подземных ремонтов, связанных с заменой глубинно-насосного оборудования, и для этого выделены соответствующие ресурсы, то фактически произведено 620 ремонтов. Чем больше фонд скважин, оборудованных УЭЦН, и меньше показатель наработки на отказ, тем дороже обходится нефтедобывающим предприятиям ошибка при прогнозировании данного показателя.

Приведенные выше примеры наглядно отражают актуальность проблемы и назревшую необходимость построения и использования для прогнозирования наработки на отказ глубинно-насосного оборудования аналитической модели, которая позволяет учитывать максимально возможное количество факторов, оказывающих влияние на период безотказной эксплуатации. В задачи данной модели кроме прогнозирования показателя наработки на отказ должен входить блок статистического анализа причин отказов, предназначенный на выявление перспективных направлений совершенствования техники и технологии эксплуатации оборудования и увеличения его ресурса. Основой модели прогнозирования наработки на отказ должна стать постоянно обновляемая и дополняемая информационная база эмпирических показателей, отражающих как условия эксплуатации оборудования, так и его техническое совершенство [2, 5].

В данном случае понятие информационной базы носит обобщающий характер, так как собрать в один блок всю информацию, отражающую все этапы эксплуатации УЭЦН, практически невозможно. Информационная база должна формироваться по месту и времени возникновения и состоять из следующих блоков:

- подбор УЭЦН — исходная информация и результаты расчета параметров УЭЦН для конкретной скважины на определенную дату;
- комплектация УЭЦН — технические характеристики модулей УЭЦН;
- монтаж УЭЦН — информация, отражающая условия, при которых происходил монтаж (спуск) УЭЦН в скважину;
- вывод на режим — контролируемые параметры в процессе вывода скважины на установившийся режим;
- условия эксплуатации — геологическая и конструктивная характеристика скважины;
- эксплуатация УЭЦН — контролируемые параметры в процессе эксплуатации УЭЦН;
- демонтаж УЭЦН — информация, отражающая условия, при которых происходил демонтаж (подъем) УЭЦН из скважины;
- отказ УЭЦН — информация, полученная в процессе расследования причины отказа УЭЦН.

При формировании информационного блока «отказ УЭЦН» необходимо конкретно отражать модуль УЭЦН, отказ которого привел к демонтажу установки. Соблюдение данного условия позволит с большей точностью определять эффективность проводимых мероприятий по повышению наработки на отказ и, как следствие, повысит качество прогноза показателя наработки на отказ УЭЦН.

На основе сформированной информационной базы можно определить текущий показатель наработки на отказ, динамику его роста (снижения), выявить основные факторы, влияющие на данный показатель, и разработать мероприятия, направленные на повышение наработки на отказ.

Наиболее сложной задачей в процессе прогнозирования показателя наработки на отказ является определение эффективности проводимых мероприятий. При расчете эффективности мероприятий, направленных на сокращение отказов по определенной причине, в первую очередь необходимо определить характер закономерности отказа. Как правило, отказы, связанные с техническими причинами, носят детерминированный характер, а отказы, связанные с организационными причинами (нарушение технологии ПРС, некачественный подбор УЭЦН, нарушение технологии вывода на режим и эксплуатации и т. п.), — стохастический [2].

В случаях, когда отказы носят закономерный характер, можно определить с достаточной точностью эффективность проводимых мероприятий методом исключения отказов, при этом эффективность выражается разностью показателя наработки, рассчитанного без учета отказов, которые исключают проводимые мероприятия, и текущего показателя наработки на отказ. Учитывая тот факт, что истинную информацию о причинах отказов имеет только часть (расследованные отказы) совокупности учитываемых отказов в подсчете наработки отказов УЭЦН, необходимо провести экстраполяцию доли преждевременных отказов на всю совокупность.

Если отказы носят стохастический характер, то в данном случае определяется сокращение вероятности возникновения таких отказов. Вероятность отказов ( $P_1$ ) после внедрения мероприятий будет лежать в пределах:

$$0 < P_1 < P_0,$$

где  $P_0$  — доля отказов по данной причине на текущий момент от всей совокупности отказов.

Как правило, подобные отказы имеют значительно малую наработку (менее 100 суток) и оказывают существенное влияние на показатель наработки на отказ. Следовательно, эффективность мероприятий необходимо определять по следующей методике:

— определяем средний показатель наработки УЭЦН, не отработавших гарантийный срок и отказавших по рассматриваемой причине ( $T'$ );

— рассчитываем ожидаемый показатель наработки на отказ с учетом внедренных мероприятий ( $T_1$ ):

$$T_1 = \frac{\sum_{j=1}^N t_j - T' * P_1 * N}{N - N * P_1};$$

— определяем эффективность мероприятий ( $\mathcal{E}_{M(T)}$ ) по формуле:

$$\mathcal{E}_{M(T)} = T_N - T_1.$$

При прогнозировании наработки на отказ необходимо учитывать тот факт, что эффект от проводимых

мероприятий возникает не моментально, а достигает своего максимального значения только после того, как весь фонд скважин будет охвачен проводимыми мероприятиями. В большинстве своем мероприятия по увеличению наработки на отказ связаны с заменой глубинно-насосного оборудования и поэтому период их внедрения приблизительно равен текущему показателю наработки на отказ. Эффективность таких мероприятий должна быть дифференцирована по времени пропорционально ожидаемому количеству отказов.

Процесс прогнозирования наработки на отказ строится по следующей методике:

— экстраполируется текущий показатель наработки на отказ на весь прогнозируемый период с учетом отклонения, связанного с поведением кривой наработки (величины роста или снижения) за предыдущий период;

— полученные точки, характеризующие месячный показатель наработки на отказ, корректируются (увеличиваются) с учетом интегрального показателя эффективности проводимого комплекса мероприятий повышения наработки на отказ, дифференцированной по времени.

Предлагаемая методика позволяет построить кривую, отражающую прогноз наработки на отказ глубинно-насосного оборудования, с минимальной погрешностью. Необходимо еще раз отметить, что величина погрешности во многом зависит от качества исходной информации, и в первую очередь от правильности определения первопричины отказа глубинно-насосного оборудования.

Предлагаемые выше основные принципы построения многофакторной модели прогнозирования наработки на отказ являются ключевыми моментами при решении рассматриваемой задачи. Для прогнозирования показателя наработки на отказ УЭЦН можно применять различные методики расчетов, но структура решения задачи должна соответствовать обозначенным принципам, в противном случае прогноз наработки будет напоминать гадание на кофейной гуще.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балакиров Ю. А., Оноприенко В. П., Стрешинский И. А. и др. Оптимизация режимов работы скважин. М.: Недра, 1981. 221 с.
2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втуз. М.: Наука, 1986. 544 с.
3. Гайдышев И. Анализ и обработка данных. СПб.: Питер, 2001. 752 с.
4. Гопле Л. Всякий портной на свой покрой. Кто виноват и что делать?  
<http://tomskoil.sibintek.ru/2000/12/9/015.htm>
5. Елисеева И. И., Юзбашев М. М. Общая теория статистики. М.: Финансы и статистика, 1999. 480 с.
6. Зайцев Ю. В., Балакиров Ю. А. Добыча нефти и газа. М.: Недра, 1981. 384 с.
7. Краснослободцев Н. И. Анализ работы электропогружного оборудования на промыслах ОАО «Томскнефть» ВНК и причины преждевременных отказов.  
[http://www.samara.sibintek.ru/krasnoslobodtsev\\_d.htm](http://www.samara.sibintek.ru/krasnoslobodtsev_d.htm)
8. Мищенко И. Т. Расчеты в добыче нефти. М.: Недра, 1989. 245 с.
9. Пустовалов М. Ф., Чакин А. А. Применение коррозионно-стойких УЭЦН на месторождениях ТПП «Урайнефтегаз» // Нефтяное хозяйство. 2000. № 10. С. 126–129.
10. Тюрин Ю. Н., Макаров А. А. Анализ данных на компьютере. М.: ИНФРА-М, 1995. 384 с.
11. Справочник по нефтепромысловому оборудованию / Под ред. Е. И. Бухаленко. М.: Недра, 1983. 399 с.
12. Годовой отчет ЦНИПР ТПП «Урайнефтегаз». Т. 1. Урай, 2000.