

УДК 622.244

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЦЕПНЫХ ПРИВОДОВ ШТАНГОВЫХ СКВАЖИННЫХ НАСОСОВ В ОАО АНК «БАШНЕФТЬ»

Ситдииков М.Р.

*ФГБОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический университет  
e-mail: maratsitdikov@mail.ru*

**Аннотация.** Рассмотрены условия эксплуатации нефтяных скважин в ОАО АНК «Башнефть». Выявлены характерные отказы цепных приводов. Представлен сравнительный анализ удельных отказов цепных приводов по производителям. Выполнена статистическая обработка информации о наработке цепных приводов и его узлов, установлены законы распределения случайной величины. Построены обратные интегральные функции, позволяющие определить вероятность безотказной работы цепного привода и его узлов, в зависимости от наработки. Даны рекомендации по совершенствованию узлов и деталей цепного привода.

**Ключевые слова:** эксплуатация скважин, осложненный фонд, цепной привод, нефтегазопромысловые механизмы, штанговые насосы, закон распределения.

В настоящих условиях добычи нефти актуальным является вопрос снижения затрат на добычу природных углеводородов. Одним из перспективных направлений снижения затрат на подъем жидкости из скважин, является включение в состав скважинных штанговых насосов вместо традиционных станков-качалок, безбалансирных приводов на основе редуцирующих преобразующих механизмов, получившие название «цепные приводы» [1,2].

Для нефтегазопромысловых механизмов очень характерно рассеивание значений показателей надежности [3]. Наряду с особенностями конструкции механизмов, технологией их изготовления большое влияние на разброс показателей надежности оказывают условия эксплуатации техники. В связи с этим, важно соответствие технических характеристик применяемого оборудования к условиям эксплуатации скважин. Под условиями эксплуатации понимаются режим работы, квалификация обслуживающего персонала, климатические условия, обеспеченность запасными частями и т.д. На глубиннонасосное оборудование значительное влияние оказывают угол искривления скважины, глубина спуска, режим работы, осложнения, физико-химические свойства добываемой жидкости. Следует учитывать растущие затраты на потребляемую электроэнергию и затраты на текущие ремонты скважин.

Действующий фонд ОАО АНК «Башнефть» по данным на 01.01.2011 год составил более 17000 скважин [4]. Из всего фонда добывающих скважин около 82 % эксплуатируются установками скважинных штанговых насосов, примерно 35 % из которых – осложненный фонд. Средний дебит, приходящийся на одну добывающую скважину: по жидкости 5,5 м<sup>3</sup>/сут; по нефти 1,5 м<sup>3</sup>/сут. Подавляющее большинство добывающих скважин ОАО АНК «Башнефть» имеет наклонно-направленный профиль. Максимальный угол отклонения ствола скважин от вертикали достигает 58 °, смещение забоя 140 – 1100 м. В таких условиях, важно обеспечить такие режимы работы скважинного оборудования, при которых его наработка на отказ была бы максимальной, а удельные энергозатраты на добычу жидкости минимальны.

По состоянию на 01.01.2011 в ОАО АНК «Башнефть» эксплуатируется 55 единиц цепных приводов. Скважины оборудованы цепными приводами типа ПШСНЦ-60-3,5-5Т производства Нефтекамского завода нефтепромыслового оборудования (44 единицы) и типа ПЦ 60-3-0,5/2,5 производства Бугульминского механического завода (11 единиц).

Для выявления характерных отказов цепных приводов, проведен анализ выборки по 102 отказам. Наиболее слабым узлом является тяговая цепь (рис.1). Количество отказов по причине «выход из строя звеньев цепи» составляет 35,8 %. Вторым слабым узлом являются ролики подвижной и неподвижной каретки. Количество отказов узла «ролики подвижной и неподвижной каретки», составляет 17,1 %. Далее идут отказы узлов «скалка каретки» 16,0 %, «электродвигатель» 13,2 %, «неисправность редуктора и промежуточной опоры» 13,2 %, «грузовой канат» 1,9 % и прочие отказы 2,8 % .

По результатам исследования использования цепных приводов на месторождениях, разрабатываемых ОАО АНК «Башнефть» выявлены характерные отказы для приводов. Для цепных приводов конструкций обоих заводов основное количество отказов связано с неисправностью цепи и роликов подвижной и неподвижной каретки редуцирующего преобразующего механизма (рис. 1).

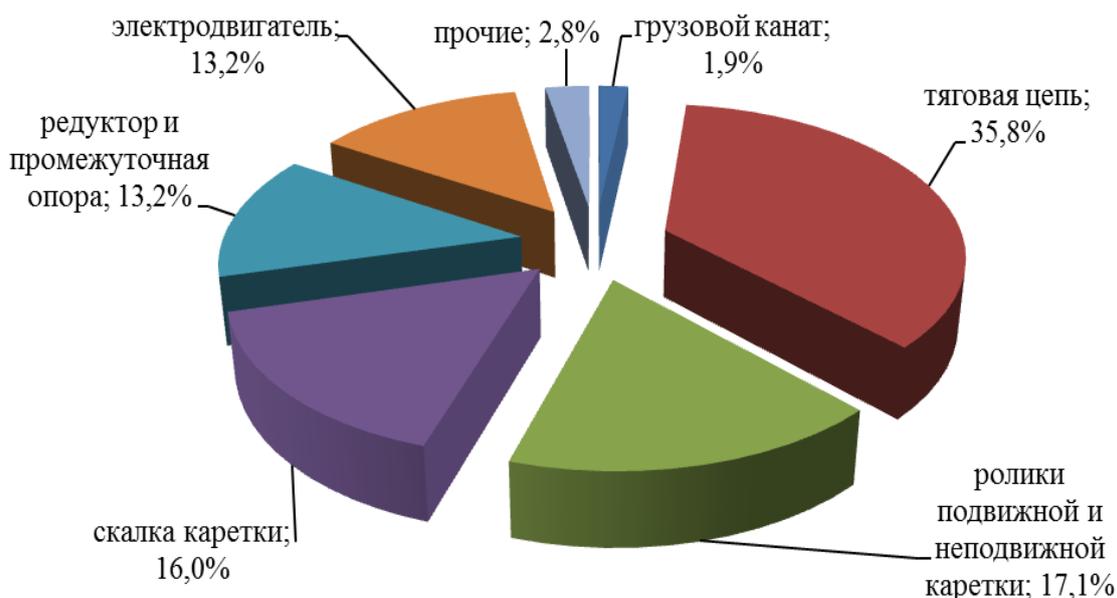


Рис. 1. Распределение отказов цепных приводов по узлам

На рис. 2 представлен сравнительный анализ удельных отказов цепных приводов производства НЗНО и БМЗ, показывающий отношение числа отказов привода одного производителя к общему числу отказов в долях. Для цепных приводов производства БМЗ прослеживается ещё один слабый узел – редуктор. Отказы по причине «неисправность редуктора» у цепных приводов производства БМЗ составляет 18,2 % отказов, у цепных же приводов производства НЗНО 3,6 %. Это объясняется отсутствием промежуточной опоры на цепных приводах ПЦ 60-18-3-0,5/2,5 и соответственно высоким значением вертикальной составляющей нагрузки на ведомый вал редуктора. Включение в состав установки привода ПЦ 60-18-3-0,5/2,5 промежуточной опоры на выходном валу редуктора может снизить отказы по причине «неисправность редуктора» и повысить наработку на отказ данного узла. Другим способом повышения надежности узла «редуктор» является – установка редуктора с большим передаточным числом, что реализовано в ОАО «Татнефть» [5].

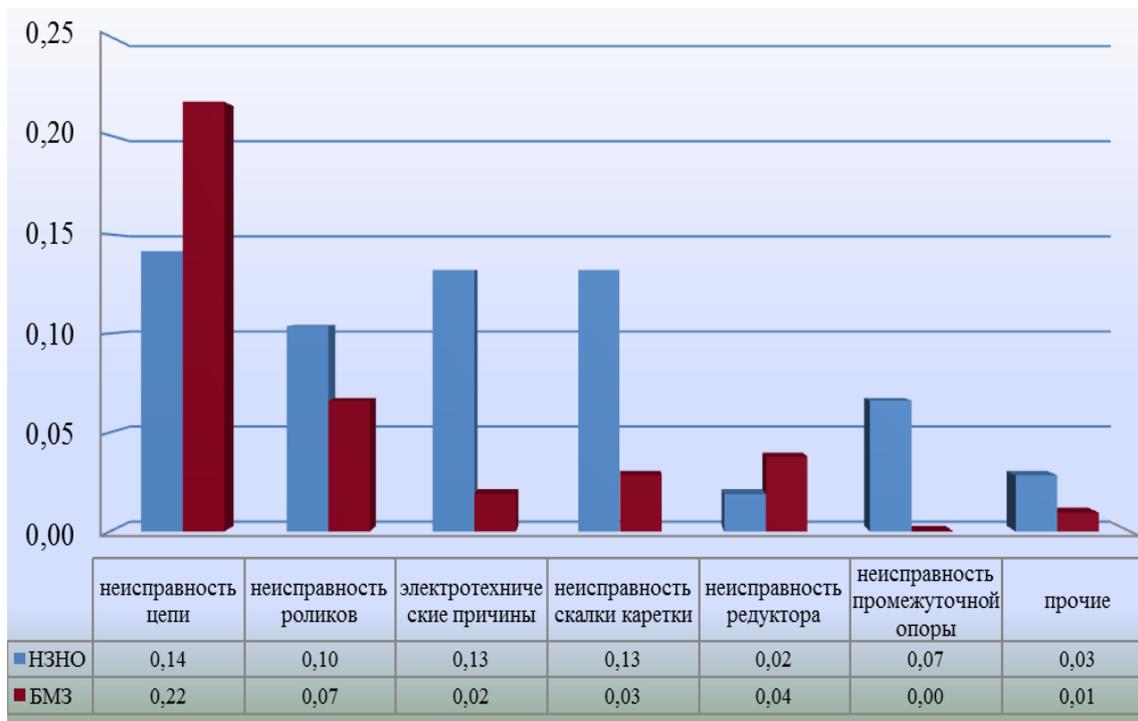


Рис. 2. Сравнительный анализ удельных отказов цепных приводов производства HЗНО и БМЗ

Важной особенностью цепного привода типа ПШСНЦ-60-3,5-5Т является возможность изменения длины (от 2,5 до 3,5 м) и частоты хода (от 0,5 до 3,0 мин<sup>-1</sup>) полированного штока [6]. Это преимущество дает гибкость в регулировании режима работы скважины, при постоянно меняющихся условиях эксплуатации и усложнением добычи нефти в связи с переходом нефтегазовых месторождений на поздние стадии разработки.

Обработка статистической информации о наработке цепных приводов и его узлов позволила установить закон распределения случайной величины, определить доверительные границы рассеивания наработки на отказ. Нарботка отказов узлов «скалка каретки», «редуктор и промежуточная опора», «электродвигатель», «тяговая цепь» описывается законом распределения Вейбулла. Нарботка отказов узла «ролики подвижной и неподвижной каретки» и цепного привода описывается экспоненциальным законом распределения. Параметры статистического распределения представлены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры статистического распределения

Наименование	Среднее арифметическое значение случайной величины $\bar{t}$ , сут.	Среднее квадратическое отклонение $\sigma$ , сут.	Коэффициент вариации $V$
Скалка каретки	74	65	0,883
Редуктор и промежуточная опора	276	179	0,649
Электродвигатель	238	162	0,683
Тяговая цепь	232	197	0,847
Ролики подвижной и неподвижной каретки	102	98	0,972
Цепной привод	176	170	0,967

Установлено, что отказы цепных приводов типа ПШСНЦ 60-3,5-5Т соответствуют экспоненциальному закону распределения. Построены обратные интегральные функции  $P(t)$ , позволяющие определить вероятность безотказной работы цепного привода и его узлов, в зависимости от наработки (рис. 3).

Рассмотрим работу цепного привода, состоящего из большого числа деталей, как работу многокомпонентной системы. Учитывая, что вероятность безотказной работы группы объектов  $P(t)$  равна произведению вероятностей безотказной работы каждого объекта  $P_k(t)$  в этой группе [7]

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \dots \cdot P_n(t) = \prod_{k=1}^n P_k(t), \quad (1)$$

где  $n$  – число объектов;

получим, что при повышении надежности одного из узлов цепного привода вероятность безотказной работы группы объектов изменится незначительно. Закон распределения случайной величины перейдет в распределение Вейбулла либо останется экспоненциальным, являющимся частным случаем распределения Вейбулла. Для увеличения межремонтного периода скважины, необходим комплекс технических решений, направленных на повышение надежности работы отдельных узлов и деталей цепного привода в целом.

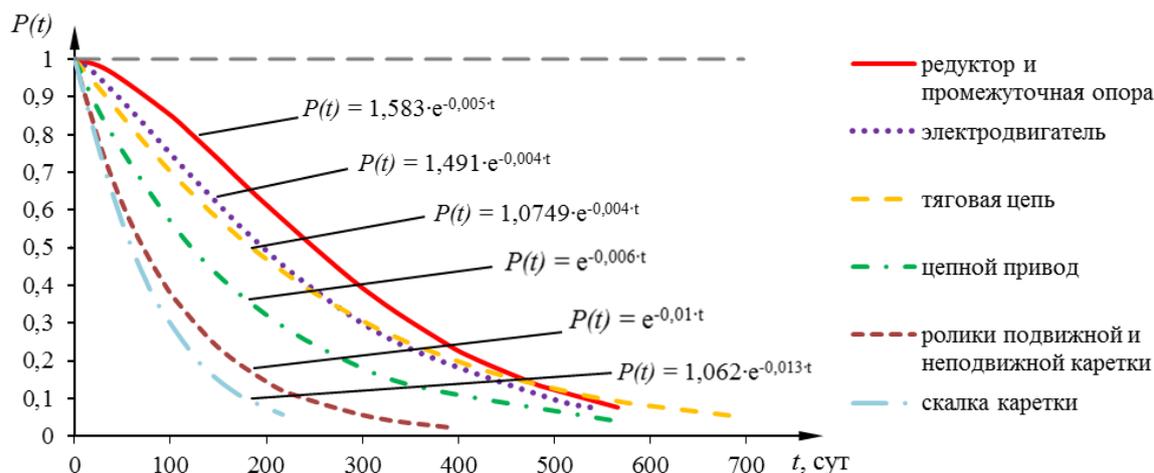


Рис. 3. Функция вероятности безотказной работы цепного привода и его узлов в зависимости от наработки

Для увеличения наработки на отказ цепного привода, необходимо решить задачу технологического совершенствования узлов и обеспечения надежности деталей установки.

Наименьшая наработка на отказ узла «скалка каретки» (наработка на отказ 74 сут) ставит задачу совершенствования узла крепления цепи к скалке и повышения прочности изготовления материала.

Ролики каретки подвержены быстрому износу и внезапным отказам (наработка на отказ 102 сут), о чем свидетельствует функция интенсивности распределения отказов. В ряде случаев, ролики направляющих перестают вращаться и за счет трения скольжения изнашивают направляющие, по которым движется каретка. В связи с этим, рекомендуется обратить внимание на совершенствование технологии изготовления каретки и направляющих, а именно точность перемещения роликов каретки по направляющим. Также можно рекомендовать покрыть ролики конструкционным полимером, например, полиамидом ударопрочных марок. Они используются при создании изделий, требующих долговечности, износостойкости и способных выдерживать циклические нагрузки. Из них изготавливают корпусные детали электро- и пневмоинструментов, строительно-отделочных и других машин, работающих в условиях ударных нагрузок и вибраций, детали шахтного электрооборудования, железнодорожные втулки-прокладки.

Вместо грузового каната предлагается установка грузовой ленты, выполняющей дополнительную функцию амортизатора динамических нагрузок, что улучшает условия работы штанговой колонны.

Тяговая цепь привода подвержена высоким значениям растягивающих усилий. Постепенное растяжение цепи наблюдается почти на всех скважинах. Коэффициент вариации близок к единице ( $V = 0,847$ ), что говорит о близости к экспоненциальному распределению наработки. Функциональные зависимости свидетельствуют о внезапности отказов. Цепь роликотая 2ПР 50,8-453,6 отечественно-

го производителя по ГОСТ 12568-75 имеет разрывное усилие не менее 450 кН. На практике же оказывается, что использование зарубежных аналогов цепей (по максимальному разрывному усилию) дает преимущества по наработке на отказ данного узла [5].

Эксплуатация цепных приводов позволяет снизить удельные энергозатраты на подъем жидкости из скважин, сократить металлоёмкость привода скважинного штангового насоса. За счет равномерного движения штанг на большей части хода улучшается коэффициент наполнения насоса, показатели при откачке продукции с повышенным газосодержанием и высокой вязкостью, снижается частота обрыва штанг и износ труб. В связи с отсутствием балансира, облегчена задача уравнивания цепного привода. При использовании цепного привода с частотным преобразователем и регулируемой длиной хода полированного штока, обеспечиваются режимы в широком диапазоне скоростей откачки, что дает возможность более точно подойти к вопросу регулирования работы скважин. Перечисленные преимущества создают предпосылки для дальнейшего внедрения цепных приводов в нефтегазодобывающих управлениях.

### **Выводы**

1. По результатам исследования использования цепных приводов на месторождениях, разрабатываемых ОАО АНК «Башнефть» выявлены характерные отказы для приводов производства БМЗ и НЗНО. Для цепных приводов конструкций обоих заводов основное количество отказов связано с неисправностью цепи и роликов подвижной и неподвижной каретки РПМ.

2. Нарботка узла «ролики подвижной и неподвижной каретки» и цепного привода описываются экспоненциальным законом распределения. Нарботка узлов «скалка каретки», «редуктор и промежуточная опора», «электродвигатель», «тяговая цепь» описывается законом распределения Вейбулла.

3. Построены обратные интегральные функции позволяющие определить вероятность безотказной работы цепного привода и его узлов, в зависимости от наработки.

4. Даны рекомендации по совершенствованию узлов и деталей цепных приводов.

### **Литература**

1. Результаты и перспективы применения цепных приводов в ОАО «Татнефть»/ Тахаутдинов Ш.Ф. и др. //Нефтяное хозяйство. 2006. № 3. С. 68 – 71.

2. Ситдиков М.Р., Ишемгужин Е.И. /Использование ШСНУ с цепным приводом на поздней стадии разработки нефтегазовых месторождений // Актуальные вопросы разработки нефтегазовых месторождений на поздних стадиях.

Технологии. Оборудование. Безопасность. Экология: Материалы научно-практической конференции. Уфа: УГНТУ, 2010. С. 61 – 66.

3. Ишемгужин И.Е., Шайдаков В.В., Ишемгужин Е.И. Обработка информации о надежности нефтепромысловых машин при малой выборке. Уфа: Изд-во УНИ, 2007. 41 с.

4. Башнефть [электронный ресурс]: годовой отчет, 2011. –Режим доступа: [http://www.bashneft.ru/files/iblock/658/hg\\_svd\\_new\\_small.pdf](http://www.bashneft.ru/files/iblock/658/hg_svd_new_small.pdf).

5. Цепные приводы: результаты 10-летнего применения в ОАО «Татнефть». / Тахаутдинов Ш.Ф. и др. //Нефтяное хозяйство. 2012. № 4. С. 124 – 127.

6. Привод штангового скважинного насоса типа ПШСНЦ. Руководство по эксплуатации ООО «НЗНО». Нефтекамск, 2007, 46 с.

7. Пронников А.С. Надежность машин. М.: Машиностроение, 1987. 592 с.

## EXPLOITATION OF CHAIN DRIVES IN SUCKER-ROD PUMPING UNITS IN OAO ANK BASHNEFT

M.R. Sitdikov

*FSBEI Ufa State Oil Technical University  
e-mail: maratsitdikov@mail.ru*

**Abstract.** *The conditions of exploitation of oil wells in OAO ANK Bashneft are considered in the paper. The characteristic failure of the chain drives is found. The comparative analysis of producer's pre-unit failure of chain drives are presented in the paper. Statistical work with information about the operating time of the chain drives and its nodes is made; laws of distribution of random value are established. The Inverse integral functions were constructed and it let to determine the probability of uptime of work of the chain drive and its components, depending on operating time. The paper gives recommendations about the improvement of parts and components of the chain drive.*

**Keywords:** *well operation, complicated fund, chain drive, oil and gas machinery, rod pumps, distribution law.*

### References

1. Rezultaty i perspektivy primeneniya cepnyh privodov v OAO Tatneft/ Tahautdinov Sh.F. i dr. //Neftyanoe hozyaistvo. 2006. № 3. S. 68 – 71.
2. Sitdikov M.R., Ishemguzhin E.I. /Ispolzovanie ShSNU s cepnym privodom na pozdnei stadii razrabotki neftegazovyh mestorozhdenii // Aktual'nye voprosy razrabotki neftegazovyh mestorozhdenii na pozdних stadiyah. Tehnologii. Oborudovanie. Bezopasnost. Ekologiya: Materialy nauchno-prakticheskoi konferencii. Ufa: UGNTU, 2010. S. 61 – 66.
3. Ishemguzhin I.E., Shaidakov V.V., Ishemguzhin E.I. Obrabotka informacii o nadezhnosti neftepromyslovyh mashin pri maloi vyborke. Ufa: Izd-vo UNI, 2007. 41 s.
4. Bashneft [elektronnyi resurs]: godovoi otchet, 2011. Rezhim dostupa: [http://www.bashneft.ru/files/iblock/658/hg\\_svd\\_new\\_small.pdf](http://www.bashneft.ru/files/iblock/658/hg_svd_new_small.pdf).
5. Cepnye privody: rezultaty 10-letnego primeneniya v OAO Tatneft. / Tahautdinov Sh.F. i dr. //Neftyanoe hozyaistvo. 2012. № 4. S. 124 – 127.
6. Privod shtangovogo skvazhinnogo nasosa tipa PShSNC. Rukovodstvo po ekspluatacii OOO «NZNO». Neftekamsk, 2007, 46 s.
7. Pronnikov A.S. Nadezhnost mashin. M.: Mashinostroenie, 1987. 592 s.