

МЕТОДИКА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРИВОДА ШТАНГОВОГО СКВАЖИННОГО НАСОСА ЦЕПНОГО ТИПА ПЦ-60-18-3,0-0,5/2,5

TECHNIQUE FOR TECHNICAL DIAGNOSTIC OF CHAIN DRIVE DEEP-WELL PUMP TYPE PTS-60-18-3,0-0,5/2,5

Е. И. Шалимов
Evgeniy I. Shalimov

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

В. У. Ямалиев
Vil U. Yamaliev

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

С. Н. Ленков
Stanislav N. Lenkov

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

В работе представлен анализ отказов узлов цепных приводов штангового скважинного насоса в ПАО «Татнефть» и УК ООО «ТМС групп» при помощи статистического метода контроля качества — ABC-анализа (или анализа Парето). В ходе эксплуатации длинноходовых цепных приводов были выявлены узлы, требующие модернизации. В частности, отмечены систематические отказы тяговых цепей, каретки противовеса, скалки каретки, грузовой ленты, канатной подвески, узла звёздочки, промежуточной опоры и утечки смазочного масла из-за негерметичности корпуса преобразующего механизма привода. Главное преимущество цепного привода над традиционным станком-качалкой — это обеспечение лучших условий эксплуатации малodeбитного и осложнённого фонда скважин путём увеличения длины хода плунжера и снижения частоты качания. Однако их надёжность по сравнению со станками-качалками оставляет желать лучшего, поэтому стоит вопрос о повышении надёжности узлов цепного привода.

На основе ABC-анализа выявлено, что основную долю составляют отказы, связанные с передаточным механизмом и канатной подвеской. Установлено, что в Руководстве по эксплуатации цепного привода отсутствуют: допустимые пределы утонения металлоконструкций цепного привода и виброскорости на подшипниковых опорах тяговой цепи; нормы отбраковки механических повреждений основного металла.

Разработана методика технического диагностирования цепного привода, включающая различные виды неразрушающего контроля: визуально-измерительный контроль, ультразвуковая толщинометрия, вибродиагностика, ваттметрирование.

The paper presents the node failure analysis of chain drive deep-well pump in PAO «Tatneft» and UK ООО «TMS-grupp» by means of statistical quality control method — ABC-analysis (or Pareto analysis). During the operation of long-stroke chain drives, nodes have been identified that require modernization. In particular, systematic failures of the traction chains, the counterweight carriage, the carriage rolling pin, the cargo belt, the cable suspension, the sprocket assembly, the intermediate support and the loss of lubricating oil due to the leakproofness of the housing of the transforming drive mechanism are noted.

The chain drive main advantage over a traditional pumping unit is to provide the best conditions for low-yield operation and complicated wells stock by increasing the plunger stroke length and reducing the swing frequency. However, their reliability in comparison with rocking machines

Ключевые слова

цепной привод, ABC-анализ,
техническая диагностика,
вибродиагностика,
остаточный ресурс,
роликовая цепь,
ваттметрирование

Key words

chain drive, ABC-analysis,
technical diagnostics,
vibration diagnostics,
residual resource, roller chain,
wattmetering

leaves much to be desired, so there is a question about increasing the chain drive nodes reliability.

Based on ABC-analysis revealed that the main share of failures, related with gear and rope suspension. It established that in the chain drive manual absent permissible limits for metal thinning of chain drive, vibration velocity on the bearings of the traction chain; rejection rates of mechanical damage to the base metal. A technique for technical diagnostics has been developed, including various types of non-destructive testing: visual measuring control, ultrasonic thickness measurement, vibration diagnostics, wattmetering.

Приводы штанговых скважинных насосов на основе редуцирующего преобразующего механизма, получившие название цепные приводы, широко распространены в российских и зарубежных нефтяных компаниях. Главное преимущество цепного привода над традиционным станком-качалкой — это обеспечение лучших условий эксплуатации малодебитного и осложнённого фонда скважин путём увеличения длины хода плунжера и снижения частоты качания. Однако их надежность по сравнению со станками-качалками оставляет желать лучшего, поэтому стоит вопрос о повышении надежности узлов цепного привода [1, 2].

В ходе эксплуатации длинноходовых цепных приводов в ПАО «Татнефть» и УК ООО «ТМС групп» были выявлены узлы, требующие модернизации. В частности, отмечены систематические отказы тяговых цепей, каретки противовеса, скалки каретки, грузовой ленты, канатной подвески, узла звёздочки, промежуточной опоры и утечки смазочного масла из-за негерметичности корпуса преобразующего механизма привода.

По состоянию на 01.06.2016 в УК ООО «ТМС групп» в прокате у различных компаний находится 1430 единиц цепных приводов различного типа. Для выявления харак-

терных отказов цепных приводов проведен анализ выборки по 1757 отказам за период с 01.01.2016 по 01.06.2016. Распределение отказов цепного привода по узлам представлено на рисунке 1.

Для анализа отказов узлов цепного привода применим статистический метод контроля качества, который называется диаграмма Парето. Диаграмма Парето — это инструмент, позволяющий распределить усилия для разрешения возникающих проблем и выявить основные причины, с которых нужно начинать действовать. Метод анализа Парето заключается в классификации проблем качества на немногочисленные, но существенно важные и многочисленные, но несущественные. Он позволяет распределить усилия и установить основные факторы, с которых нужно начинать действовать [3, 4].

Для построения данной диаграммы сведем данные о числе дефектов узлов цепного привода в таблицу 1.

Далее по данным таблицы 1 построим диаграмму Парето и кумулятивную кривую. Как видно из рисунка 2, наибольший вклад в число дефектов вносит тяговая цепь (63,7 %). При использовании диаграммы Парето для выявления результатов деятельности наибо-



Рисунок 1. Распределение отказов цепного привода по узлам за 5 месяцев 2016 г.

Таблица 1. Результаты регистрации данных по типам дефектов для построения диаграммы Парето

| Узел цепного привода | Число дефектов | Накопленная сумма числа дефектов | Процент числа дефектов по каждому признаку к общей сумме | Накопленный процент |
|-----------------------------------|----------------|----------------------------------|--|---------------------|
| Цепь тяговая | 1119 | 1119 | 63,7 | 63,7 |
| Каретка | 176 | 1295 | 10,0 | 73,7 |
| Лента грузовая, канатная подвеска | 136 | 1431 | 7,7 | 81,4 |
| Узел звездочки | 90 | 1521 | 5,1 | 86,6 |
| Противовес | 80 | 1601 | 4,6 | 91,1 |
| Редуктор | 60 | 1661 | 3,4 | 94,5 |
| Скалка каретки | 52 | 1713 | 3,0 | 97,5 |
| Тормозное устройство | 20 | 1733 | 1,1 | 98,6 |
| Барaban | 17 | 1750 | 1,0 | 99,6 |
| Рама | 7 | 1757 | 0,4 | 100,0 |
| Итого | 1757 | — | | |

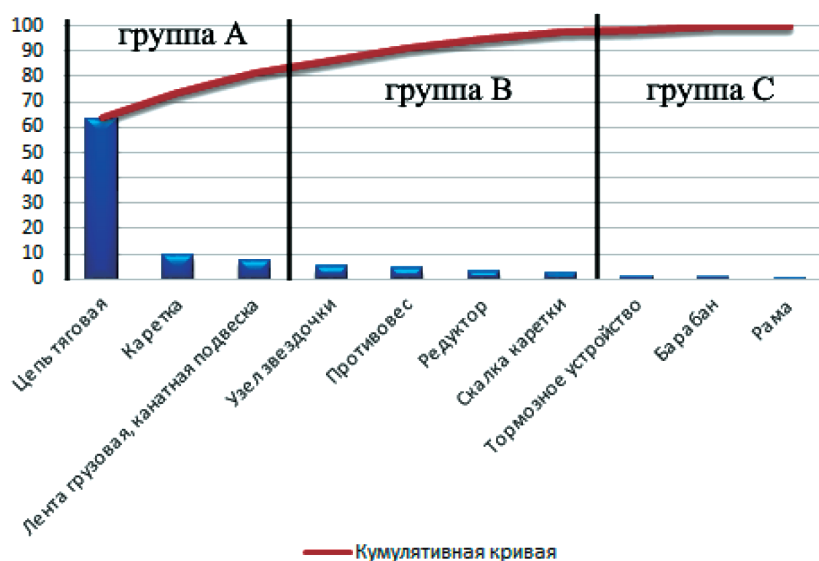


Рисунок 2. Диаграмма Парето отказов узлов цепного привода и кумулятивная кривая

лее распространенным методом является ABC-анализ.

Сущность ABC-анализа в данном контексте заключается в определении трех групп, имеющих три уровня важности для управления качеством:

— группа А: наиболее важные, существенные проблемы, причины, дефекты. Относительный процент группы А в общем количестве дефектов (причин) обычно составляет от 60 % до 80 %. Соответственно устранение причин группы А имеет большой приоритет, а связанные с этим мероприятия — самую высокую эффективность;

— группа В: причины, которые в сумме имеют не более 20 %;

— группа С: самые многочисленные, но при этом наименее значимые причины и проблемы.

Таким образом ABC-анализ отказов узлов цепного привода показал, что существенными отказами, которые должны иметь большой

приоритет и высокую эффективность при устранении причин данных отказов, являются отказы тяговой цепи, каретки передаточного механизма, грузовой ленты и канатной подвески (в зависимости от типа цепного привода) (группа А). Самой многочисленной группой является группа В, в которую вошли отказы узлов звездочки, противовеса, редуктора, скалки каретки передаточного механизма, к ним также требуется повышенное внимание при устранении причин отказов для снижения доли отказов и, таким образом, повышение надежности цепного привода.

Принимая во внимание результаты ABC-анализа, была разработана методика технического диагностирования цепного привода, которая включает следующие части и виды неразрушающего контроля:

— подготовка цепного привода к диагностированию;

— визуально-измерительный контроль;

- ультразвуковая толщинометрия металлоконструкций рамы цепного привода;
- вибродиагностика цепного привода;
- ваттметрирование;
- неразрушающий контроль сварных соединений;
- капиллярный метод контроля деталей цепного привода;
- вихретоковая дефектоскопия деталей цепного привода;
- расчет остаточного ресурса цепного привода.

Результаты проведения неразрушающего контроля оформляются актами неразрушающего контроля с выводами о наличии или отсутствии дефектов.

Рассмотрим каждую часть методики отдельно.

Подготовка цепного привода к диагностированию

Перед началом работ организация-владелец, в сроки в соответствии с графиком проведения работ по продлению срока безопасной эксплуатации, должна обеспечить подготовку цепного привода к проведению диагностирования:

- для проведения обследования привод цепной (ПЦ) должен быть выведен из производственного процесса, остановлен и подготовлен к безопасному ведению работ;
- ПЦ должен быть очищен от грязи, отслоений, краски и коррозии;
- место проведения обследования должно быть оснащено необходимыми устройствами и средствами, обеспечивающими безопасное проведение работ.

Визуально-измерительный контроль (ВИК)

Проводится с целью выявления поверхностных дефектов, которые могли возникнуть в процессе монтажа и эксплуатации. Для измерения отклонений от формы и размеров деталей и сборочных единиц, а также поверхностных дефектов следует применять исправные, прошедшие метрологическую поверку, инструменты и приборы. Обычно применяют специальные комплекты визуального и измерительного контроля.

При визуальном контроле проверяются:

- комплектность цепного привода;
- качество защитных покрытий и окраски;
- правильность функционирования деталей и сборочных единиц;
- состояние фундамента;

- наличие и состояние крепежных деталей;
- местные механические повреждения (разрывы, изломы, раковины, вмятины);
- расслоение основного металла;
- наличие трещин в сварных швах, металлоконструкциях, деталях и сборочных единицах;
- наличие очагов коррозии;
- наличие деформации элементов металлоконструкции;
- наличие ограждения, защитных кожухов и их исправность;
- наличие посторонних шумов и повышенной вибрации;
- наличие подтеков масла по плоскостям разъемов, крышкам валов, валам редуктора;
- наличие и исправность защиты кабеля от повреждений;
- наличие заземления привода, станции управления, электродвигателя;
- состояние тормоза, ремней, канатной оснастки, цепи, грузовой ленты;
- крепление механизмов и узлов.

При измерительном контроле на месте эксплуатации определяют:

- размеры механических повреждений основного металла [5];
- размеры деформированных участков основного металла [6];
- размеры дефектов сварных соединений;
- глубину коррозионных язв и размеры коррозионного повреждения;
- отклонение основной рамы с постаментом редуктора от горизонтальности [7];
- отклонение плоскости симметрии рамы от центра скважины (не должно превышать 12 мм);
- температуру подшипников редуктора и электродвигателя [8];
- диаметр каната канатной подвески;
- средний шаг тяговой цепи (для роликовой цепи с шагом 50,8 мм допускаемое увеличение шага составляет 3 %);
- диаметр роликов на уравнивающем грузе (не должно быть менее 94 мм для основного ролика и менее 64 мм для бокового ролика).

Ультразвуковая толщинометрия металлоконструкций рамы цепного привода

Ультразвуковая толщинометрия применяется в целях определения количественных характеристик утонения стенок элементов металлоконструкций. Измерения толщины стенки следует проводить в соответствии с

заводскими требованиями по эксплуатации, изложенными в паспорте на прибор, требованиями ГОСТ 14782. Для прогнозирования остаточного ресурса необходимо производить расчет прогнозируемых коррозионных потерь.

Для измерений толщины металла могут быть использованы ультразвуковые толщинометры, обеспечивающие погрешность измерения не более 0,1 мм.

В местах измерения толщины поверхность должна быть подготовлена. Толщина металла определяется как среднее значение по результатам трех измерений.

Металлоконструкции отбраковывают, если при ультразвуковой толщинометрии обнаружено коррозионное и эрозионное повреждение площадью более 10 % от площади поверхности

детали и глубиной более 10 % от толщины стенки (полки профиля проката) детали [9, 10].

Вибродиагностика цепного привода

Измеряют вибрацию электродвигателя, редуктора, рамы, фундамента, подшипниковой опоры узлов звездочек тяговой цепи. Критерием, определяющим техническое состояние цепного привода при проведении виброконтроля, является наибольшая величина замеренного среднеквадратического значения (СКЗ) виброскорости, оценка технического состояния механизмов ПЦ, по результатам измерения вибрации можно производить в соответствии с Приложением Б ГОСТ ИСО 10816-1-97 «Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования», класс 1 (таблица 2).

Таблица 2. Границы вибрационных зон для механизмов ПЦ

| Значение СКЗ виброскорости, мм/с | до 0,71 | свыше 0,71 до 1,8 | свыше 1,8 до 4,5 | свыше 4,5 |
|----------------------------------|-------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|
| Вибрационное состояние | Хорошее состояние | Удовлетворительное состояние | Допустимое состояние | Недопустимое состояние |

С учетом результатов проведенного АВС-анализа отказов узлов цепного привода, данные границы вибрационных зон, приведенные в Приложении Б ГОСТ ИСО 10816-1-97, могут быть только временными, примерными, которыми можно пользоваться при отсутствии подходящих нормативных документов. В работах [11, 12] авторами был разработан экспериментальный стенд и проведены вибродиагностические исследования на стенде для различных показателей натяжения цепи и определены границы зон для различных технических состояний цепного привода. Однако разработанные критерии «Допустимо» и «Недопустимо» недостаточны для оценки технического состояния ПЦ по результатам вибродиагностики, требуется более тщательный анализ зависимости натяжения тяговой цепи от значения СКЗ виброскорости на подшипниковых узлах звездочек тяговой цепи [13].

Ваттметрирование (замер потребляемой мощности в зависимости от хода штока)

Применяется для определения уравновешенности цепного привода и для контроля технического состояния клиноременной передачи и глубинного оборудования. Привод считается уравновешенным, если величина тока при ходе полированного штока вверх и вниз отличается не более, чем на 10 %.

Неразрушающий контроль сварных соединений

Неразрушающий метод контроля проводят с целью выявления в основном металле, зоне термического влияния и в сварном шве несплошностей различного вида и происхождения, определения места их расположения, размеров, контроля геометрических параметров, оценки качества металлов. Для контроля сварных соединений обычно применяют ультразвуковую дефектоскопию и радиографический метод контроля.

Ультразвуковая дефектоскопия (УЗД) обеспечивает выявление дефектов типа трещин, непроваров, несплавлений, шлаковых включений, газовых пор и т.д. с эквивалентной площадью не менее нормативных величин дефектов, указание их количества, координат расположения и условной протяженности без расшифровки характера.

УЗД должна осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 12503, ГОСТ 14782.

Радиографический метод контроля применяют для выявления в сварных соединениях трещин, непроваров, пор, шлаковых, окисных и других включений, а также выявления прожогов, подрезов, оценки величины выпуклости и вогнутости корня шва. Радиографический метод контроля следует проводить после устранения обнаруженных при визуально-

оптическом контроле дефектов и зачистки контролируемого участка от неровностей, шлака, брызг металла, окалины и других загрязнений, изображение которых на радиографическом снимке могут затруднить расшифровку снимков и оценку качества сварного соединения.

Схемы просвечивания, режимы и параметры радиографического метода контроля выбирают в соответствии с требованиями ГОСТ 7512, ОСТ 26-11-03-86, ОСТ 102-51-85.

Недопустимыми дефектами сварных швов являются:

— трещины любых видов и направлений в металле шва, по линии сплавления и околошовной зоне;

— несплавления по кромкам и сечению сварного шва;

— непровары глубиной более 10 % от толщины шва, суммарной длиной более 5 % от длины шва для сероводородной среды и более 10 % для остальных, а также более 1 мм — при толщине шва до 15 мм и более 1,5 мм — при толщине шва свыше 15 мм;

— прожоги;

— единичные поры глубиной более 10 % от толщины стенки (полки профиля проката), цепочки и скопление пор, шлаковых включений, расположенных на одной линии в количестве более трех штук с расстоянием между ними, равным трехкратной величине дефектов на длине, равной толщине стенки (полки профиля проката).

Капиллярный метод контроля деталей цепного привода

Капиллярный метод контроля применяют для проверки состояния металла деталей и сборочных единиц цепного привода на наличие трещин, расслоений, закатов, надрывов, раковин, пор, выходящих на поверхность, определения их расположения, протяженности, а также для выявления дефектов сварных и механических соединений.

При капиллярном методе контроля деталей и сборочных единиц цепного привода достаточен II уровень чувствительности контроля, что соответствует выявлению таких дефектов, как поверхностные трещины с раскрытием до 10 мкм при глубине 0,03–0,04 мм.

Общие требования к цветному методу, требования к контролируемой поверхности, оптимальные рабочие составы, методика контроля должны соответствовать требованиям ГОСТ 18442.

Вихретоковая дефектоскопия деталей цепного привода

Вихретоковую дефектоскопию применяют для выявления трещин, непроваров, расслоений, раковин, пор и других несплошностей на ровных поверхностях металла в ответственных элементах конструкций.

Вихретоковую дефектоскопию следует выполнять в соответствии с требованиями действующих стандартов, нормативно-технической документации на изготовление и эксплуатацию контролируемого изделия и требованиями на эксплуатацию прибора.

Расчет остаточного ресурса цепного привода

Оценка остаточного ресурса ПЦ базируется на результатах неразрушающего контроля цепного привода, оценки фактической нагруженности основных деталей и сборочных единиц ПЦ.

При коррозии и эрозии предельным состоянием ПЦ является уменьшение толщины стенок деталей и сборочных единиц ПЦ (корпусных деталей) до отбраковочной толщины, ниже которой не обеспечивается необходимый запас ее прочности.

Остаточный ресурс цепного привода рассчитывается как

$$T_{ост} = \min(T_{остn}) \cdot k, \quad (1)$$

где $T_{остn}$ — остаточный ресурс n -детали (сборочной единицы), лет;

k — поправочный коэффициент на несовершенство методики расчета, стандартно принимается $k = 0,8$.

Остаточный ресурс n -детали (сборочной единицы) цепного привода может быть оценен по формуле :

$$T_{ост.n} = \frac{(S_n - S_{отб.n})}{C_n}, \quad (2)$$

где S_n — фактическая минимальная толщина стенки n -детали (сборочной единицы) на момент диагностирования, мм;

$S_{отб.n}$ — отбраковочная толщина n -детали (сборочной единицы), мм;

C_n — скорость коррозионного и эрозийного износа n -детали (сборочной единицы), мм/год.

Средняя скорость коррозионного и эрозийного износа n -детали (сборочной единицы) цепного привода за весь период эксплуатации рассчитывается по формуле:

$$C_{ср.n} = \frac{(S_{исп.n} - S_n)}{T}, \quad (3)$$

где $S_{исп.n}$ — номинальная толщина стенки n -детали (сборочной единицы) цепного привода, мм;

T — весь срок эксплуатации ПЦ, год.

Полученные показатели средней скорости коррозионного и эрозионного износа сравнивают, и за скорость коррозионного и эрозионного износа принимают максимальное значение из сравниваемых величин.

За остаточный ресурс цепного привода принимают минимальное из полученных значений расчетного ресурса основных деталей и сборочных единиц ПЦ, которое обеспечит безопасную эксплуатацию ПЦ в течение прогнозируемого назначенного ресурса.

Для примера *рассчитаем остаточный ресурс металлоконструкций цепного привода — рамы основания.*

Исходные данные: номинальная толщина рамы — 9,3 мм,

отбраковочная толщина — 8,37 мм,

фактическая минимальная толщина по результатам ультразвуковой толщинометрии — 8,8 мм,

цепной привод находится в эксплуатации с 2008 г.

Рассчитаем среднюю скорость коррозионного и эрозионного износа по формуле (3):

$$C_{cp} = \frac{(S_{исп} - S_{min})}{T} = \frac{9,3 - 8,8}{10} = 0,05 \frac{\text{мм}}{\text{год}}. \quad (4)$$

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ямалиев В.У., Ленков С.Н. Анализ работы цепных приводов штанговых скважинных насосов с ОАО АНК «Башнефть» // Нефтегазовое дело. 2015. Т. 13. № 1. С. 81–85.
2. Пат. 158178 РФ. Натяжное устройство цепного привода / Ямалиев В.У., Ленков С.Н. Заявлено 28.10.2014; Опубл. 20.12.2015. Бюл. 35.
3. Кане М.М. Системы, методы и инструменты менеджмента качества. СПб.: Питер, 2008. 560 с.
4. Логанина В.И. Статистические методы контроля и управления качеством продукции. М.: Феникс, 2007. 224 с.
5. МУ 21У-002-2004. Методические указания по проведению экспертизы промышленной безопасности станков-качалок с истекшим сроком службы и определению возможности их дальнейшей эксплуатации. Сургут: ОАО «Сургутнефтегаз», 2004. 42 с.
6. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю. Серия 03. Выпуск 39. М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. 45 с.
7. Привод штангового скважинного насоса типа ПЦ-60-18-3,0-0,5/2,5: руководство по эксплуатации. Альметьевск: ТатНИПИнефть, 2002. 56 с.

Рассчитаем остаточный ресурс рамы основания с поправочным коэффициентом $k = 0,8$ по формуле (2)

$$T_{ост} = \frac{(S_{min} - S_{отб})}{C_{cp}} \cdot 0,8 = \frac{8,8 - 8,37}{0,05} \cdot 0,8 = 6,88 \text{ лет}. \quad (5)$$

Таким образом, остаточный ресурс рамы основания составил срок — 6 лет и 10 месяцев, который обеспечит безопасную эксплуатацию цепного привода.

Выводы

На основе ABC-анализа отказов узлов цепного привода в ПАО «Татнефть» и УК ООО «ТМС групп» выявлено, что основную долю составляют отказы, связанные с передаточным механизмом и канатной подвеской. Разработана методика технического диагностирования цепного привода, установлены допустимые пределы утонения металлоконструкций цепного привода, виброскорости на подшипниковых опорах тяговой цепи, нормы отбраковки механических повреждений основного металла, допустимых отклонений плоскости симметрии рамы от центра скважины, допустимое увеличение шага тяговой цепи, предельный износ роликов на уравнивающем грузе.

8. РД 153-39.1-564-08. Руководство по эксплуатации скважин установками скважинных штанговых насосов с длинноходными цепными приводами в ОАО «Татнефть». Альметьевск: ОАО «Татнефть», 2008. 47 с.

9. Ямалиев В.У., Ардаширов Л.К. Методы диагностирования станков-качалок // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2013. № 4. С. 364–373.

10. Ямалиев В.У., Тагирова К.Ф., Салахов Т.Р., Шубин С.С., Дунаев И.В. Диагностирование установок электроцентробежных насосов в процессе их эксплуатации с применением нейросетевых технологий // Нефтегазовое дело. 2011. Т. 9. № 4. С. 68–72.

11. Ленков С.Н., Ямалиев В.У. Диагностирование состояния цепного привода на основе статистического анализа вибросигналов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 1–2. С. 251–255.

12. Ленков С.Н., Ямалиев В.У., Зубаиров С.Г. Вибродиагностические исследования на стенде цепного привода штангового скважинного насоса // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 5. С. 76–82.

13. Хасанов М.М., Якупов Р.Н., Ямалиев В.У. Вейвлет-анализ в задаче диагностирования нефтепромыслового оборудования // Вестник Инжинирингового центра ЮКОС. 2001. № 2. С. 22–25.

REFERENCES

1. Yamaliev V.U., Lenkov S.N. Analiz raboty tsepykh privodov shtangovykh skvazhinnykh nasosov s OAO ANK «Bashneft» [The Analysis of Operation of Chain Drives of Sucker-Rod Pumps with OAO ANK «Bashneft»]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2015, Vol. 13, No. 1, pp. 81–85. [in Russian].
2. Yamaliev V.U., Lenkov S.N. *Natyazhnoe ustroystvo tsepnogo privoda* [Chain Drive Tensioner]. Patent RF, No. 158178, 2014. [in Russian].
3. Kane M.M. *Sistemy, metody i instrumenty menedzhmenta kachestva* [Quality Management Systems, Methods and Tools]. St. Petersburg, Piter Publ., 2008. 560 p. [in Russian].
4. Loganina V.I. *Statisticheskie metody kontrolya i upravleniya kachestvom produktsii* [Statistical Methods of Product Quality Control and Management]. Moscow, Feniks Publ., 2007. 224 p. [in Russian].
5. MU 21U-002-2004. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu ekspertizy promyshlennoi bezopasnosti stankov-kachalok s istekshim srokom sluzhby i opredeleniyu vozmozhnosti ikh dal'neishei ekspluatatsii* [Methodical Instructions on Carrying out Examination of Industrial Safety of Rocking Machines with the Expired Service Life and Determination of Possibility of Their Further Operation]. Surgut, Surgutneftegas, 2004. 42 p. [in Russian].
6. RD 03-606-03. *Instruktsiya po vizual'nomu i izmeritel'nomu kontrolyu. Seriya 03. Vypusk 39* [Instructions for Visual and Measuring Control. Series 03. Issue 39.]. Moscow, Federal State Unitary Enterprise «Scientific and Technical Center for Safety in Industry of Gosortekhnadzor of Russia», 2004. 45 p. [in Russian].
7. *Privod shtangovogo skvazhinного nasosa tipa PTs-60-18-3,0-0,5/2,5: rukovodstvo po ekspluatatsii* [Drive a Deep Well Pump of the Type PTs-60-18-3,0-0,5/2,5: the User Manual]. Al'met'evsk, TatNIPIneft, 2002. 56 p. [in Russian].
8. RD 153-39.1-564-08. *Rukovodstvo po ekspluatatsii skvazhin ustanovkami skvazhinnykh shtangovykh nasosov s dlinnokhodnymi tsepnymi privodami v OAO «Tatneft'»* [The User Manual for Wells Installations of Downhole Rod Pumps with Clinohedrite with Chain Drives in JSC «Tatneft'»]. Al'met'evsk, OAO «Tatneft'», 2008. 47 p. [in Russian].
9. Yamaliev V.U., Ardashirov L.K. *Metody diagnostirovaniya stankov-kachalok* [Methods for Diagnostics of Pumping Units]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» — Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2013, No. 4, pp. 364–373. [in Russian].
10. Yamaliev V.U., Tagirova K.F., Salakhov T.P., Shubin S.S., Dunaev I.V. *Diagnostirovanie ustanovok elektrosentrobezhnykh nasosov v protsesse ikh ekspluatatsii s primeneniem neirosetevykh tekhnologii* [Diagnostics of Electric Centrifugal Pump Units during Their Operation with the Use of Neural Network Technologies]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2011, Vol. 9, No. 4, pp. 68–72. [in Russian].
11. Lenkov S.N., Yamaliev V.U. *Diagnostirovanie sostoyaniya tsepnogo privoda na osnove statisticheskogo analiza vibrosignalov* [Diagnosing the State of the Chain Drive on the Basis of Vibrosignals Statistical Analysis]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk — Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2017, Vol. 19, No. 1–2, pp. 251–255. [in Russian].
12. Lenkov S.N., Yamaliev V.U., Zubairov S.G. *Vibrodiagnosticheskie issledovaniya na stende tsepnogo privoda shtangovogo skvazhinного nasosa* [Vibrodiagnostic Investigations at a Chain Drive Stand of a Sucker Rod Well Pump]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov — Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2018, Vol. 329, No. 5, pp. 76–82. [in Russian].
13. Khasanov M.M., Yakupov R.N., Yamaliev V.U. *Veivlet-analiz v zadache diagnostirovaniya neftepromyslovogo oborudovaniya* [Wavelet Analysis in the Problem of Diagnosing Oilfield Equipment]. *Vestnik Inzhiniringovogo tsentra YuKOS — Bulletin of Engineering Center YUKOS*, 2001, No. 2, pp. 22–25. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
ABOUT THE AUTHORS

Шалимов Евгений Игоревич, магистрант кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Evgeniy I. Shalimov, Undergraduate Student of Machines and Equipment of Oil and Gas Fields Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: a0835581@mail.ru

Ямалиев Виль Узбекович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Vil U. Yamaliev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Machines and Equipment of Oil and Gas Fields Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: ngpo_ugntu@mail.ru

Ленков Станислав Николаевич, аспирант кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Stanislav N. Lenkov, Post-Graduate Student of Machines and Equipment of Oil and Gas Fields Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: lenkov_stas@mail.ru