

УДК 622.276.054.22

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СТАНКОВ-КАЧАЛОК

CONVENTIONAL PUMPING UNIT DIAGNOSIS

Ямалиев В.У., Ардаширов Л.К.

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
г. Уфа, Российская Федерация

V.U. Yamaliev, L.K. Ardashirov

FSBEI NPE “Ufa state petroleum technological university”, Ufa, Russian Federation

e-mail: kausarovich@yandex.ru

Аннотация. Публикация посвящена вопросам оптимизации процессов обслуживания нефтепромыслового оборудования, минимизации материальных и временных затрат на них.

Представлены результаты исследования станка-качалки по техническому (фактическому) состоянию, а именно, по средствам вибрационной диагностики и тепловизионной съемки (пассивного теплового контроля) в динамике за полугод. Дана подробная характеристика использованным в работе техническим средствам – многофункциональному акустическому измерителю и переносной тепловизионной камере. Обоснован выбор параметров вибродиагностики в качестве диагностических. Выполнена обработка термограмм, которая проводилась с помощью компьютерной программы «Therma CAM Researcher Professional».

В результате выполненной работы предложена возможность перехода нефтедобывающих управлений на обслуживание станков-качалок по техническому состоянию от обслуживания по наработке.

Abstract. The publication is devoted to questions of optimization of processes of service of the oil-field equipment, minimization of material and time expenditure on them.

Results of research of the pumping unit on a technical (actual) condition, namely, on means of vibration diagnostics and thermovision shooting (passive thermal control) in dynamics for half a year are presented. The detailed characteristic is given to the technical means used in work – to the multipurpose acoustic measuring instrument and the figurative thermovision camera. The choice of parameters of vibration diagnostics as the diagnostic is reasonable. Processing thermograph which was carried out by means of the computer program: Therma CAM Researcher Professional: is executed.

As a result of the performed work possibility of transition of oil-extracting managements on service of pumping units on a technical condition from service on an operating time is offered.

Ключевые слова: станок-качалка, обслуживание оборудования, техническое состояние, вибродиагностика, виброскорость, тепловизионная съемка, термограмма.

Keywords: conventional pumping unit, equipment maintenance, availability index of product, vibration testing, vibration velocity, thermal imager, thermograph.

Работа механизмов, машин, агрегатов сопровождается вибрацией, которая приводит к уменьшению эксплуатационной надежности и срока службы. Поэтому необходимы специальные мероприятия, направленные на снижение ее уровня. До недавнего времени нефтегазодобывающие управления (НГДУ) придерживались графиков планово-предупредительных работ, при которых, в зависимости от времени наработки оборудования проводились запланированные виды обслуживания. Этот метод далеко не оптимален и сопровождается заменой деталей и узлов, даже если они еще сохранили работоспособность. Поэтому, в настоящее время в нефтедобывающих станциях возникла необходимость к переходу на обслуживание по техническому состоянию машин, когда решение о сроках и виде обслуживания осуществляется на основе данных мониторинга (непрерывного или периодического контроля) оборудования [1,6].

Основой технического диагностирования насосных агрегатов является вибродиагностика – исследование состояния агрегата по измерениям параметров вибрации его узлов. На интуитивном уровне этот метод используется всеми механиками: о состоянии машины судят по уровню его вибрации и шума. Уровень вибрации агрегата связан с такими эксплуатационными параметрами, как наработка на отказ, межремонтный период и т.д. Наряду с вибродиагностикой используются некоторые другие, прямые или косвенные, измерения параметров, определяющих работу узлов агрегата (определение КПД насоса, замер расцентровки агрегата, биения вала, замер силы тока обмотки возбуждения в синхронных машинах и др.). Также немалую роль играет в диагностировании насосных агрегатов измерение и контроль температуры, так как частой причиной возникновения аварийной ситуации является повышение температуры в подшипниках и электроприводах [2,3,6].

Методика. В качестве объекта исследования использовался станок-качалка (СК) типа СКД отечественного производства на скважине № 752 Уфимского месторождения филиала ОАО АНК «Башнефть».

Точки замеров на станке, маршрут и направления измерений уровня вибрации и температуры приведены на рисунке 1, которые производились согласно требованиям ГОСТ 31193-2004 (ЕН 1032:2003) «Вибрация. Определение

параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Общие требования».

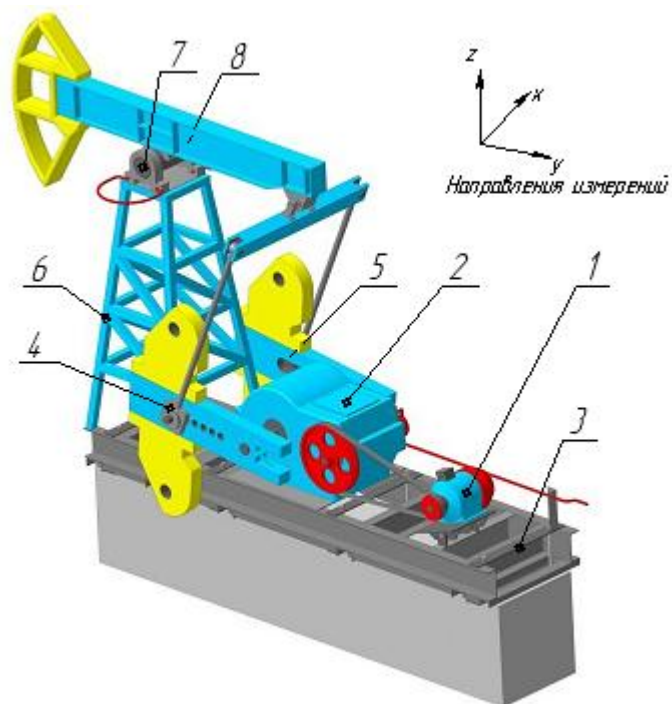


Рисунок 1. Точки замеров, маршрут и направления измерений вибрации СК:
 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – рама; 4 – нижняя головка шатуна «1»;
 5 – нижняя головка шатуна «2»; 6 – стойка; 7 – опора подшипника балансира «1»;
 8 – опора подшипника балансира «2»

Для замера виброускорения использовался измеритель акустический многофункциональный прибор «ЭКОФИЗИКА-110А» (рисунок 2).



Рисунок 2. Общий вид прибора «ЭКОФИЗИКА-110А»:
 1 – ИБ ЭКОФИЗИКА-D с ИМ НФ; 2 – кабель Микроdot-3xBNC;
 3 – трехкомпонентный IERE-датчик

Прибор «ЭКОФИЗИКА-110А» предназначен для измерения скорректированных уровней виброускорения, для анализа сигналов различных первичных преобразователей, для регистрации временных форм сигналов с целью оценки влияния вибрации и иных динамических физических процессов на человека, для определения виброакустических характеристик механизмов и машин, а также для научных исследований [4].

Трехкомпонентный датчик содержит три взаимно перпендикулярных чувствительных элемента и одновременно измеряет все три составляющих виброускорения. При установке на объект его необходимо ориентировать так, чтобы оси чувствительности X, Y, Z совпадали с интересующими направлениями вибрации[4].

Для замера температуры узлов станка-качалки (пассивного теплового контроля) использовалась переносная тепловизионная камера FLIR серии В (рисунок 3).



Рисунок 3. Переносной тепловизор B365 фирмы FLIR Systems (США)

Переносная тепловизионная камера FLIR серии В оснащена встроенной цифровой камерой с разрешением 3,1 мегапикселя. Сокращает временные затраты на осмотр и диагностику. Данный тепловизор измеряет температуру в диапазоне от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Используемый тепловизор оснащен стандартным объективом 25° , имеет стандартные видео- и USB-выходы, а также съемную карту SD. Особенностями прибора являются функция совмещения видимых и инфракрасных изображений для повышения качества анализа и звуковые и визуальные сигнализации. Автоматические функции камеры позволили наблюдать ИК-изображение осматриваемых элементов с высокой контрастностью, чтобы достаточно просто идентифицировать дефект или горячее пятно. Функция измерения также автоматически указывала самую горячую точку в пределах выбранной области на изображении объекта или различие между

максимальной температурой выбранного узла и с температурой окружающей среды на ней.

Тепловизионная съемка проводилась, при ясных погодных условиях при температуре наружного воздуха от (10...14)°С (для различных моментов работы), относительной влажности воздуха 74%, скорости ветра 0,5 м/с южного направления. Туман, осадки и солнечная иррадиация отсутствовали. Дистанция съемки составила (1...35) м.

Выбор тех или иных параметров вибрации в качестве диагностических связан с требуемой глубиной диагностического обследования, методом измерения, частотой вращения рабочих узлов механизма, диапазоном излучаемых ими частот. При этом выбранные параметры должны обладать наибольшей информативностью [6].

Вибрацию определяют три параметра: виброускорение, виброскорость и вибросмещение (оно же виброперемещение). Как показала промысловая практика, для диагностирования технического состояния нефтепромыслового оборудования в большинстве случаев достаточно оценить лишь один параметр вибрации – виброскорость в различных интервалах частот [5,6].

Контроль вибрационного состояния станка качалки типа СКД выполнен путем измерения вибрации в фиксированном диапазоне частот 10...1000 Гц и оценки среднего квадратического значения виброскорости в этом диапазоне согласно ГОСТ ИСО 2954-97 «Вибрация машин с возвратно-поступательным и вращательным движением. Требования к средствам измерения» (таблица 1).

Таблица 1. Значения виброскорости узлов станка-качалки типа СКД филиала ОАО «Башнефть»

Точка замера	Наименование узла СК (точки замера)	Средняя квадратическая виброскорость на интервале 10...1000 Гц, мм/с					
		октябрь 2012 г.			апрель 2013 г.		
		X ₁	Y ₁	Z ₁	X ₂	Y ₂	Z ₂
1	Электродвигатель	18,77	7,98	6,54	19,34	8,28	6,06
2	Редуктор	3,99	3,86	2,95	3,05	4,01	3,05
3	Рама	5,00	4,01	4,32	3,48	5,12	3,98
4	Нижняя головка шатуна 1	5,88	5,03	6,68	4,31	4,78	7,17
5	Нижняя головка шатуна 2	3,50	6,00	5,78	2,69	4,23	5,06
6	Стойка	8,08	5,65	2,96	7,14	3,89	1,89
7	Опора подшипника балансира 1	2,2	1,99	2,67	2,5	2,08	2,07
8	Опора подшипника балансира 2	2,5	3,17	2,73	2,6	2,1	2,05

Значения замеров виброскорости станка-качалки, выполненные с интервалом в полгода (октябрь 2012г. – апрель 2013г.) находятся приблизительно на одном уровне, которые на всех узлах во всех направлениях не превышают допустимый уровень для машин такого класса по грузоподъемности (20 мм/с). Согласно результатам исследований СК, максимальная величина виброскорости в точке 1 – на электродвигателе (рисунок 4): в горизонтальном направлении измерений (OX), в 2012 г. и 2013 г. соответственно, составляет 18,77 мм/с; 19,34 мм/с, в вертикальном направлении (OZ) – 6,54 мм/с; 6,06 мм/с, в аксиальном направлении (OY) – 7,98 мм/с; 8,28 мм/с. В точках 4 и 6 – в нижней головке шатуна 1 и стойке соответственно, значения виброскорости также выше среднего уровня по станку, но не столь выражено как на электродвигателе.

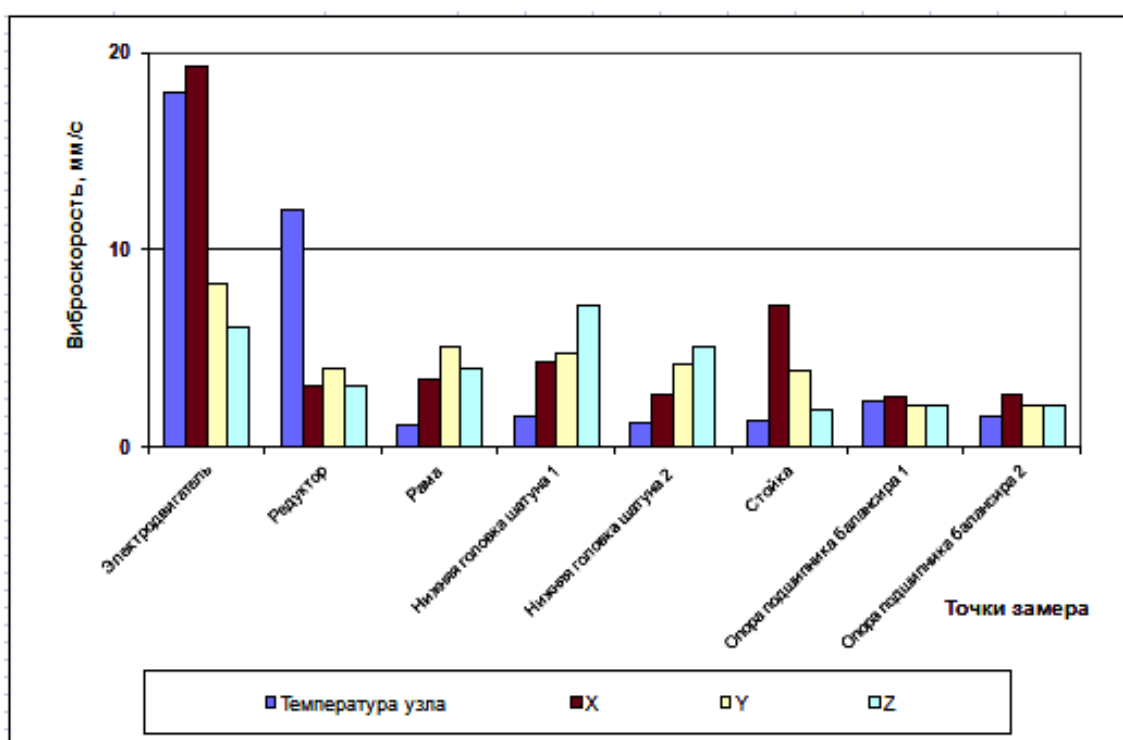


Рисунок 4. Гистограмма средних квадратических значений виброскорости СКД (2013 г.)

Проведенные вибродиагностические измерения позволяют поставить задачу оценки технического состояния по полученным данным [7].

Для правильной оценки наличия дефекта в каждом определенном случае требуется детализация информации относительно температурного поведения компонентов оборудования, то есть необходимо знать о разрешенных температурах элементов исследуемого оборудования, а также об их устройстве и положении на обследуемом объекте, в частности на станке-качалке.

Тепловизионная съемка проводилась в рабочем технологическом режиме. Обработка термограмм (рисунок 5) проведена с помощью компьютерной программы Therna CAM Researcher Professional.

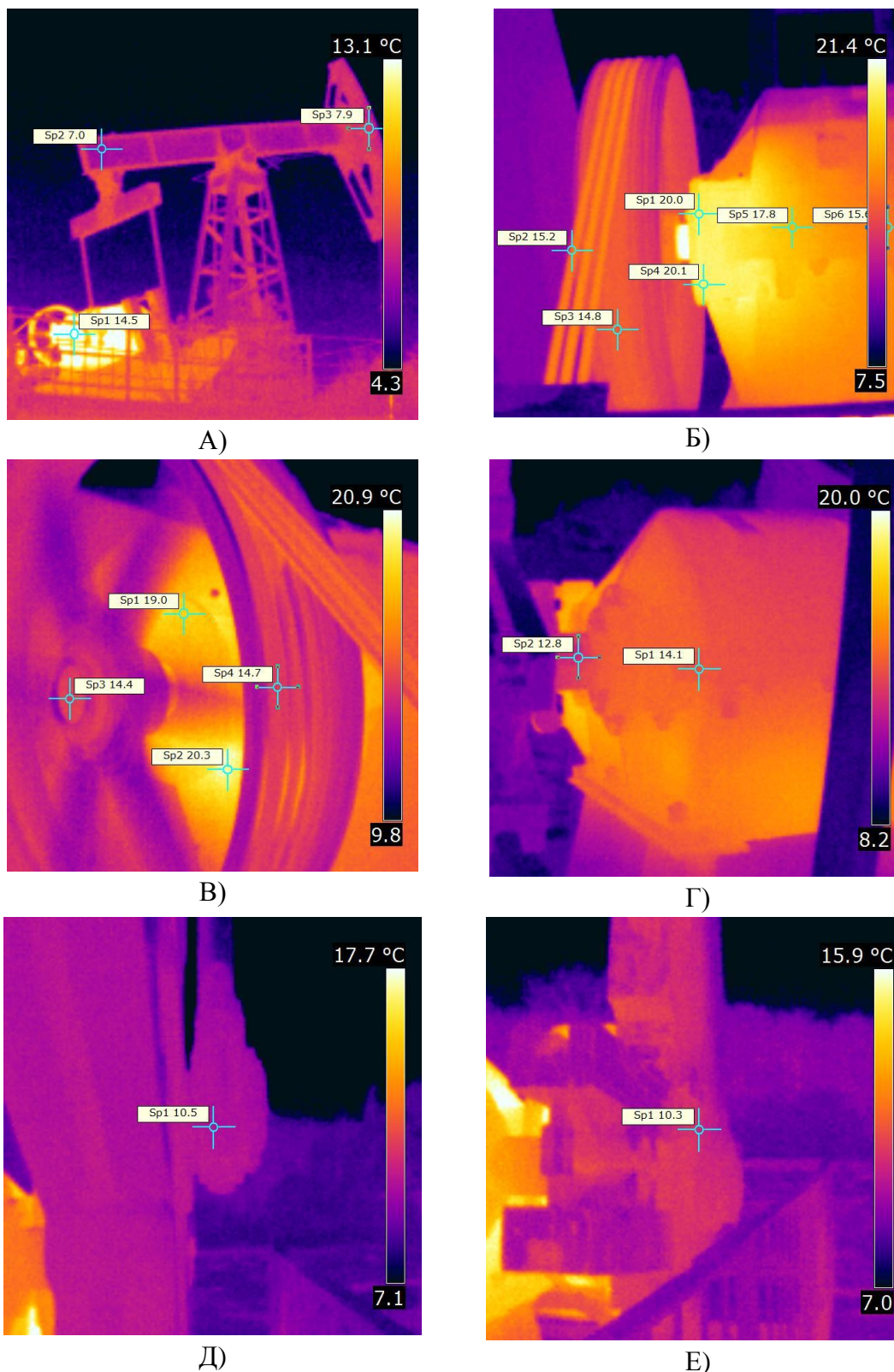


Рисунок 5. Термограммы станка-качалки: А - Общий вид СК;
 Б - Электродвигатель; В - Шкив электродвигателя; Г – Редуктор;
 Д - Опора подшипника противовеса «1»; Е - Опора подшипника противовеса «2»

Общее распределение температур - равномерное по всей площади объекта. Угруппированная съемка всех узлов, требующих повышенного внимания, также не выявила отклонений от нормы и средней температуры объекта. К нормально повышенному можно отнести температурный фон штока качалки на месте контакта с подземной частью трубопровода, некоторый нагрев электродвигателя и редуктора, других движущихся частей станка, также нормален, равномерен и не выходит за границы рабочих значений. Применяемый метод тепловизионного контроля на данном этапе недостаточно эффективен в целях поиска дефектов узлов. Это связано с низким общим температурным фоном объекта, близким к температуре окружающей среды, и материалами подлежащими контролю: металлы, имеющие значительную толщину стенок, высокий коэффициент теплопроводности, довольно высокий коэффициент отражения в ИК-диапазоне – все это приводит к невозможности локализации дефектов имеющих очень малую площадь и небольшой температурный градиент. Возможно, что проявление дефектов на поздней, «предаварийной» стадии будет носить более выраженный характер. Но в настоящий момент нет достаточной статистики и динамических наблюдений, для обоснованных заключений о наличии или отсутствии дефектов материалов или узлов.

Выводы

Основным источником вибрации является электродвигатель, который, в свою очередь, передает колебания на остальные узлы СК. Но поскольку значения виброскорости небольшие, практически на всех точках замера и в разы ниже допустимых значений, то можно сделать выводы о достаточно жестком креплении рамы к фундаменту, затянутых болтовых соединениях, хорошем натяге на вкладышах подшипников и др. Проведение предстоящих в ближайшее время ремонтно-регулирующих работ допустимо считать преждевременным. Целесообразно пересмотреть периодичность ППР с целью сокращения времени простоя станка-качалки в период их проведения.

Применение теплового контроля для диагностики данных объектов объективно играет важную роль: знание температурной картины, распределения и взаимодействия процессов и объектов дает большое количество данных для последующей настройки, выявления неправильных режимов работы оборудования. Также, при сборе достаточного количества дополнительной информации, полученной с помощью других методов контактной/экспертной диагностики (при условии объединения и совокупной оценки полученных данных) имеется возможность разработать методики прогнозного тепловизионного контроля объектов данного типа.

Литература

1. Барков А.В. Возможности нового поколения систем мониторинга и диагностики // *Металлург*. 1998. № 11. С. 47-53.
2. Вибрационный контроль технического состояния газотурбинных газоперекачивающих агрегатов /Васильев Ю.Н. и др.: произв. изд. М.: Недра, 1987. С. 5-8.
3. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. М.: Машиностроение, 1987. 283 с.
4. Группа «Октава_электрондизайн» ООО «ПКФ Цифровые приборы» Шумомер-вибромтр, анализатор спектра «Экофизика-110А» Руководство по эксплуатации ПКДУ.411000.001.02РЭ. М., 2011. 78 с.
5. Иванова Ю.С. Разработка и исследование методов диагностики нагруженности и усталостной прочности элементов станка-качалки: автореф дис... канд. техн. наук. Тюмень, 2009. 18 с.
6. Салахов Т.Р. Вибродиагностика нефтепромыслового оборудования на примере станка-качалки // *Нефтегазовое дело*. М., 2007. С. 43-48.
7. Сидоров В.А., Сидоров А.В. Границы различения технических состояний машин // *Вибрация машин: измерение, снижение, защита: материалы 2-ой междунароод конф.* Донецк: ДонНТУ, 2003. 248 с.

References

1. Barkov A.V. Vozmozhnosti novogo pokoleniya sistem monitoringa i diagnostiki // *Metallurg*. 1998. № 11. S. 47-53. [in russian].
2. Vasilyev Yu.N., Beskletny M.E., Igumentsev Ye.A. i dr. Vibratsionny kontrol tekhnicheskogo sostoyaniya gazoturbinnnykh gazoperekachivayushchikh agregatov. – *Proizvodstvennoye izdaniye*. M.: Nedra, 1987. S. 5-8. [in russian].
3. Genkin M.D., Sokolova A.G. Vibroakusticheskaya diagnostika mashin i mekhanizmov. - M.: Mashinostroyeniye, 1987. 283 s. [in russian].
4. Gruppa «Oktava_elektrondizayn» ООО «PKF Tsifrovye pribory» Shumomer-vibrometr, analizator spektra «Ekofizika-110A» Rukovodstvo po ekspluatatsii PKDU.411000.001.02RE. M., 2011. 78 s. [in russian].
5. Ivanova Yu.S. Razrabotka i issledovaniye metodov diagnostiki nagruzhennosti i ustalostnoy prochnosti elementov stanka-kachalki: avtoref... diss. na soiskaniye uchenoy stepeni k.t.n. Tyumen, 2009. 18 s. [in russian].
6. Salakhov T.R. Vibrodiagnostika neftepromyslovogo oborudovaniya na primere stanka-kachalki // *Neftegazovoye delo*. M., 2007. S. 43-48. [in russian].
7. Sidorov V.A., Sidorov A.V. Granitsy razlicheniya tekhnicheskikh sostoyany mashin // *Vibratsiya mashin: izmereniye, snizheniye, zashchita: Materialy 2-oy mezhdunarodnoy konferentsii*. Donetsk: DonNTU, 2003. 248 s. [in russian].

Сведения об авторах

Ямалиев В.У., д-р техн. наук, проф. кафедры «Нефтегазопромысловое оборудование» ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

V.U. Yamaliev, dr. tech. sci., prof. of chair “Petroleum equipment”, FSBEI NPE USPTU, Ufa, Russian Federation

Ардаширов Л.К., магистрант гр. ММП-21з кафедры «Нефтегазопромысловое оборудование» ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

L.K. Ardashirov, undergraduate student of chair “Petroleum Equipment”, FSBEI NPE USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: kausarovich@yandex.ru