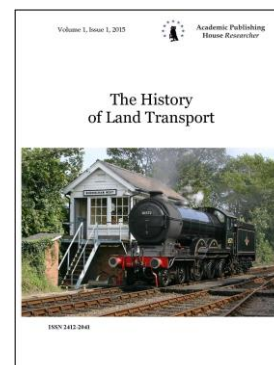


Copyright © 2018 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic
The History of Land Transport
Has been issued since 2015.
E-ISSN: 2413-760X
2018, 4(1): 32-37

DOI: 10.13187/hlt.2018.1.32
www.ejournal38.com



Fault Analysis of the Basic Design of Pumps

Sergei Yu. Ushiyarov ^{a, *}, Aleksei N. Terent'ev ^a

^a Izhevsk State Technical University, Russian Federation

Abstract

In solving the tasks of developing the country's fuel and energy base, the oil and gas industry play a leading role. Every year the oil industry is equipped with new, more modern equipment. The main direction of technical re-equipment is the widespread introduction into production of modern achievements of science and technology.

The peculiarity of the oil industry is that the increase in oil production occurs due to the commissioning of reserved wells and the restoration of inactive wells.

In the coming years, the number of used pumping units of greater unit capacity will be increased. The operational reliability of pumps is one of the main factors determining the successful execution of oil production tasks. As a result, great attention should be paid to the reliable operation of components and parts of pumping units. In this article we will look at the design and main problems of pumping equipment such as CNS.

Keywords: oil, pump, bearing, knot, reliability.

1. Введение

Насос (разг. водяная помпа, колонка) – гидравлическая машина, преобразующая механическую энергию привода в энергию потока перекачиваемой жидкости, служащая для перемещения и создания напора жидкостей всех видов, механической смеси жидкости с твёрдыми и коллоидными веществами или сжиженных газов. Следует заметить, что машины для перекачки и создания напора газов выделены в отдельные группы и получили название вентиляторов и компрессоров. Разность давлений жидкости в насосе и трубопроводе обуславливает ее перемещение (**Насос**).

Насосы центробежные многоступенчатые секционные ЦНС 300-120...600 предназначены для перекачивания обводненной газонасыщенной и товарной нефти с температурой от 274° К (1° С) до 318° К (45° С) в системах внутрипромыслового сбора, подготовки и транспорта нефти.

Допускается перекачивание нефти с температурой до 333 °К (60° С) при условии применения системы принудительного охлаждения подшипников (**Башта 1982**).

2. Обсуждение

Анализ основных неисправностей и причин отказов

В таблицах 1, 2, 3 отображены характерные неисправности и методы их устранения насоса ЦНС 300

* Corresponding author

E-mail addresses: Ushi1991@bk.ru (S.Yu. Ushiyarov)

Таблица 1. Основные неисправности и методы устранения

Наименование неисправности	Вероятная причина	Метод устранения
Насос не подает жидкость при давлении на входе ниже атмосферного.	Насос и всасывающий трубопровод не были залиты жидкостью перед пуском. Засасывается воздух через неплотности в соединениях всасывающего трубопровода, через пробки. При этом колебание показаний вакуумметра свыше 0,2 м	Выключите двигатель и залейте насос и всасывающий трубопровод. Осмотрите все соединения, пробки на крышке всасывания и при необходимости подтяните их.
Насос не развивает напор.	Зазор по уплотнениям рабочих колес превышает 1 мм.	Расточите корпуса и вставьте ремонтные втулки.
Повышенная вибрация насоса.	Неправильная центровка электродвигателя с насосом.	Отцентрируйте насос.
Вибрация на опорных лапах насоса более 0,05 мм	Изношен подшипник.	Замените подшипник.
Через сливную трубку идет свыше 6 % перекачиваемой жидкости	Износ вследствие чего увеличился дросселирующий зазор, изнасилась втулка.	Замените втулку, расточите крышку нагнетания и вставьте ремонтную втулку.

Таблица 2. Критерии отказов сборочных единиц

Наименование сборочной единицы (детали)	Критерии отказов
Опорные узлы ротора Втулка дистанционная	Разрушение подшипников Насос не развивает напор

Таблица 3. Критерии предельных состояния сборочной единицы

Наименование сборочной единицы (детали)	Критерии предельных состояний
Опорные узлы ротора Диск и кольцо гидропаты Втулка дистанционная, уплотняющие кольца, рабочие колеса	Разрушение подшипников Уход ротора в сторону всасывания до 3 мм Снижение напора до минимального значения, требуемого по условиям эксплуатации, но не менее чем на 10 %

Анализ основных неисправностей и причин отказов насосов ЦНС 300 был произведен на основании данных, взятых в НГДУ западной части Российской Федерации и экспертных оценок работников и специалистов, обслуживающих насосные агрегаты в цехах подготовки нефти. Аналог оборудования отображен на [Рисунке 1](#).



Рис. 1. Аналог насосного оборудования типа ЦНС 300

Опрос экспертов показал, что основными причинами, влияющими на отказ насосов является износ колец разгрузки, следствие чего приводит к выходу из строя щелевых уплотнений и снижению производительности насоса. Износ подшипников и износ посадочных гнезд в кронштейнах увеличивает вибрацию насоса, что приводит к преждевременному выходу их из строя. Истирание рабочих поверхностей рубашки вала и гайки ротора приводит к невозможности обеспечить необходимую герметичность насоса. Если гайку ротора можно заменить при проведении ППР, то рубашку вала можно менять только при проведении капитального ремонта, что также влияет на срок службы насоса.

На основании анализа работы, можно сделать вывод, что быстро изнашиваемыми деталями насосов ЦНС-300, влияющие на общую наработку насосов до отказа, являются: детали ротора, узла разгрузки и подшипниковые узлы. А именно: кольца разгрузки, рубашка вала, гайка ротора, втулка сальника, подшипники, кронштейн задний, кронштейн передний.

Разберем проблему опорного механизма и необходимость модернизации данного участка. Первоочередная проблема износа подшипника качения внутри подшипниковой камеры приемного и заднего кронштейна заключается в неправильной центровке насосного агрегата. При установке упругой втулочно-пальцевой муфты необходимо соблюдать соосность вала двигателя и вала насоса в пределах до 0,05 мм с предельным показателем, не влияющим на разрушение узла равным 4,5 мм/сек. (ГОСТ ИСО 10816-1-97). При несоблюдении, износ возникает из-за вибрации, которой помимо подшипника может вывести из строя другие сопряженные детали и механизмы. Следующая причина износа заключается в том, что внутрь камеры возможно попадание перекачиваемой среды (при перекачки минерализированной воды центробежным насосом на БКНС). Данная среда является агрессивной, попадание ее в камеру подшипника ускоряет коррозию, вследствие этого возникает коррозионный износ подшипника качения, который сопровождается нагревом подшипника и заклиниванием насосного агрегата. Заклинивание в свою очередь приводит к гидравлическому удару и при неисправной защите насоса от гидравлического удара приводит к поломке и большой потере времени на ремонт и восстановление агрегата, а так же возможно нарушение технологического процесса или возникновение аварии. Частый износ и замена подшипника приводит к износу посадок на валу, втулках и кронштейнах насоса. Подшипники качения необходимо периодически смазывать. Замена их на подшипники скольжения из специального материала, который будет рассмотрен далее, поможет сократить время на текущий ремонт насоса. В отличие от подшипников качения, подшипники скольжения обладают более высокой несущей способностью. Подшипники скольжения способны уменьшить колебания ротора в широком спектре частот и обеспечивают лучшие вибрационные характеристики. За счет замены штатного опорного узла насоса на предлагаемый узел скольжения снижается уровень вибрации (Абдурашитов и др., 1974).

Диагностика выхода из строя подшипников должна осуществляться датчиками температуры, показывающие изменение температуры от номинальной (максимальная температура нагрева 80 градусов) при отсутствии средств автоматизации необходимо проверять нагрев опорного узла эксплуатирующим персоналом. При изменении температуры дальнейшая эксплуатация насоса запрещена до устранения причины нагрева камеры подшипников и сообщать непосредственному руководителю для принятия дальнейших мер. Так же необходимо качественно производить плановые ремонты и использовать только те смазочные материалы, которые рекомендует завод изготовитель. Смазка должна храниться в металлической емкости, обеспечивающая не попадание в нее иных частиц (песка, стружки металла) (Дунаев, 1984).

Проблема сальниковых уплотнений. Герметичность зазоров между вращающимся валом и неподвижными частями обеспечивает сальниковая набивка. В основном на предприятиях используются графитовые и асбестовые набивки. При износе сальников, износе гайки ротора 19 или рубашки вала 15 происходит утечка перекачиваемой жидкости, тем самым объемный КПД насоса становится ниже. Допускаемое количество проточной жидкости 5 литров в час. Из строя может выйти втулка сальника, на которую, так же может попадать агрессивная перекачиваемая среда вследствие чего поджимной элемент сальников втулки отрывается от фланца, который поджимаются гайками. Шпильки поджимного фланца, как и все перечисленные детали и узлы, подвержены коррозионному износу. При срыве шпильки, процесс ремонта насоса очень трудоемкий, сопровождается большой потерей времени. Так же основной проблемой сальниковой набивки является попадание абразивов (песка, грязи) на поверхность набивки при не правильной ее установке. Решить проблему может установка торцевого уплотнения, преимущество которого заключается в работе пары подвижного и неподвижного графитового кольца. Данные элементы не допускают протечек и надежно герметизируют зазоры (Майер, 1978). На основании исследования недостатков насосов марки ЦНС можно применить патент А.С. №22149 F16J 15/00 по заявке №4852252/29 от 16.09.90 г. на изобретение в области опорно-уплотнительных узлов под авторством Касаткина А.П. Обладателем является индивидуальное семейное предприятие «Эконда» (Касаткин, 1990).

Так как невозможно устранить причины вызывающие быстрое изнашивание данных видов деталей, такие как: загазованность перекачиваемой сырой нефти, условия трения сальниковых уплотнений и т.д., – в данной статье, предлагается вариант модернизации опорно-уплотнительного узла, установкой торцевого уплотнения и замены радиально упорных подшипников на подшипник скольжения исключаящей в своей конструкции наиболее слабые узлы и детали насоса.

Помимо основных затронутых проблем данной статьи можно отметить и выход из строя разгрузочного устройство связанный с неправильной эксплуатацией насосного агрегата. Чаще всего из строя выходит пара кольца и диска гидропята. При работе насоса осевая сила, действующая на вал стремится сдвинуть его в сторону приема за счет разницы в давлении на линиях поступления и подачи (области разряжения). Баланс неподвижности вала обеспечивает разгрузочное устройство, состоящее из вышеупомянутых диска и кольца при помощи щелевого зазора и циркулирующей в ней рабочей среды, излишек которой, через трубку разгрузки отводится обратно на приемную линию насосного агрегата, за счет данной циркуляции перекачиваемой среды гидравлический КПД насоса понижается на незначительное число, так как рабочая среда циркулирует, тем самым насос работает в малой части «на себя». Диск может быть как литой, так и сборный с заменяемой накладкой рабочей поверхности места контакта с ответным кольцом. Износ поверхностей рассматриваемой пары элементов возникает при их непосредственном контакте, то есть при недостатке приема на линию всасывания насоса возникает большая среда разряжения, стремящаяся переместить вал в сторону всасывания, тем самым диск гидропята, посаженный на вал упертый ступицу гайкой ротора с диском разгрузки, минуя установленный зазор с жидкостью. В случае возникновения данной неполадки диск и кольцо изнашиваются за счет трения, возникшего между ними. В состав насосного агрегата входят высокооборотистые электродвигатели, то есть износ поверхностей пары кольца и диска может произойти достаточно быстро. Упомянутые элементы можно восстановить механической обработкой.

На токарном станке необходимо обработать изношенную поверхность. При наличии разборного диска гидропаты необходимо заменить изношенное кольцо.

Процесс ремонта разгрузочного устройства трудоемкий и занимает достаточно много времени. При износе устройства необходимо вывести агрегат из эксплуатации на время ремонта, разобрать электросхему, установить заглушки, пропарить и слить насос. Для снятия пары необходимо извлечь подшипник съемником, снять кронштейн, снять гайку ротора. После ремонта и повторной установки разгрузочного устройства нужно установить межосевой зазор, который должен составлять 6-8 мм для насосов типа ЦНС 300. Предотвращать износ необходимо своевременным проведением текущих ремонтов и правильной эксплуатацией насоса ([ГОСТ Р 54806-2011 \(ИСО 9905:1994\)](#)).

3. Заключение

На основании паспортных данных и практического применения оборудования на объектах подготовки и транспортировки нефти насосы типа ЦНС 300 получили большое распространения благодаря простоте конструкции, в частности это обусловлено минимальным количеством критичных узлов и применением пары опор в виде подшипников качения. Но, несмотря на всю простоту конструкции, есть ряд проблем, которые необходимо решать методом изменения базовой конструкции оборудования путем сокращения выходных концов вала, установкой блоков упорных с подшипниками скольжения и торцевые уплотнения. На данный момент в западной части Российской Федерации есть ряд организаций, модернизирующих данную конструкцию насосов под нынешние требования по надежности, не противоречащих требованиям нормативной документации ([Федеральные нормы и правила..., 2013](#)).

Литература

[Абдурашитов др., 1974](#) – *Абдурашитов С.А., Тупиченков А.А. и др.* Насосы и компрессоры. М., Недра, 1974, 296 с.

[Башта, 1982](#) – *Башта Т.М.* Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. М., Машиностроение, 1982, 422 с.

[ГОСТ ИСО 10816-1-97](#) – ГОСТ ИСО 10816-1-97 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть I.

[ГОСТ Р 54806-2011 \(ИСО 9905:1994\)](#) – ГОСТ Р 54806-2011 (ИСО 9905:1994). Насосы центробежные. Технические требования. Класс I.

[Днаев, Леликов, 1984](#) – *Днаев П.Ф., Леликов О.П.* Детали машин. М.; Высшая школа, 1984. 336 с.

[Касаткин, 1990](#) – *Касаткин А.П.* Опорно-уплотнительный узел центробежных насосов. А.С. №22149 F16J 15/00. Б.И. №15, 1990, 4 с.

[Майер, 1988](#) – *Майер Э.Г.* Торцевое уплотнение. М., Машиностроение, 1978, 259 с.

[Насос](#) – Насос [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Насос> (дата обращения: 12.11.2018).

[Паспорт насоса...](#) – Паспорт насоса ЦНС 300 Ясногорского машиностроительного завода, г. Ясногорск, Тульская область.

[Федеральные нормы и правила..., 2013](#) – Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности». Серия 08. Выпуск 19. М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. 288 с.

References

[Abdurashitov dr., 1974](#) – *Abdurashitov, S.A., Tupichenkov, A.A. i dr.* (1974). Nasosy i kompressory [Pumps and compressors]. M., Nedra, 296 p. [in Russian]

[Bashta, 1982](#) – *Bashta, T.M.* (1982). Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody [Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives]. M., Mashinostroenie, 422 p. [in Russian]

[Dnaev, Lelikov, 1984](#) – *Dunaev, P.F., Lelikov, O.P.* (1984). Detali mashin [Machine parts]. M.; Vysshaya shkola, 336 p. [in Russian]

[Federal'nye normy i pravila..., 2013](#) – Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoi bezopasnosti «Pravila bezopasnosti v neftyanoi i gazovoi promyshlennosti» [Federal norms and

rules in the field of industrial safety "Safety rules in the oil and gas industry."]. Seriya 08. Vypusk 19. M.: Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo «Nauchno-tekhnicheskii tsentr issledovaniy problem promyshlennoi bezopasnosti», 2013. 288 p. [in Russian]

[GOST ISO 10816-1-97](#) – GOST ISO 10816-1-97 Vibratsiya. Kontrol' sostoyaniya mashin po rezul'tatam izmerenii vibratsii na nevrashchayushchikhsya chastyakh. Chast' I [GOST ISO 10816-1-97 Vibration. Monitoring the state of the machines as measured by vibration on non-rotating parts. Part I]. [in Russian]

[GOST R 54806-2011 \(ISO 9905:1994\)](#) – GOST R 54806-2011 (ISO 9905:1994). Nasosy tsentrobezhnye. Tekhnicheskie trebovaniya. Klass I [GOST R 54806-2011 (ISO 9905: 1994). Centrifugal pumps. Technical requirements. Class I]. [in Russian]

[Kasatkin, 1990](#) – *Kasatkin, A.P.* (1990). Oporno-uplotnitel'nyi uzel tsentrobezhnykh nasosov [Support-sealing unit of centrifugal pumps]. A.S. №22149 F16J 15/00. B.I. №15, 4 p. [in Russian]

[Maier, 1988](#) – *Maier, E.G.* (1988). Tortsevoe uplotnenie [Mechanical seal]. M., Mashinostroenie, 259 p.

[Nasos](#) – Nasos [Pump]. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Nasos> (data obrashcheniya: 12.11.2018). [in Russian]

[Pasport nasosa...](#) – Pasport nasosa TsNS 300 Yasnogorskogo mashinostroitel'nogo zavoda [Passport of the CNS 300 pump of Yasnogorsk machine-building plant], g. Yasnogorsk, Tul'skaya oblast'. [in Russian]

Анализ неисправностей базовой конструкции насосов ЦНС

Сергей Юрьевич Ушияров ^{a,*}, Алексей Николаевич Терентьев ^a

^a Ижевский государственный технический университет, Российская Федерация

Аннотация. В решении задач развития топливно-энергетической базы страны ведущее место отводится нефтяной и газовой промышленности. С каждым годом нефтедобывающая промышленность оснащается новым, более современным оборудованием. Основным направлением технического перевооружения является широкое внедрение в производство современных достижений науки и техники.

Особенностью нефтедобывающей промышленности является то, что наращивание объемов добычи нефти происходит за счет введения в эксплуатацию зарезервированных скважин и восстановления недействующего фонда скважин.

В ближайшие годы количество используемых насосных агрегатов большей единичной мощности будет увеличено. Эксплуатационная надежность насосов является одним из основных факторов, определяющих успешное выполнение задач по добычи нефти. Вследствие этого большое внимание следует уделять надежной работе узлов и деталей насосных агрегатов. В данной статье мы рассмотрим конструкцию и основные проблемы насосного оборудования типа ЦНС

Ключевые слова: нефть, насос, подшипник, узел, надежность.

* Корреспондирующий автор
Адреса электронной почты: Ushi1991@bk.ru (С.Ю. Ушияров)