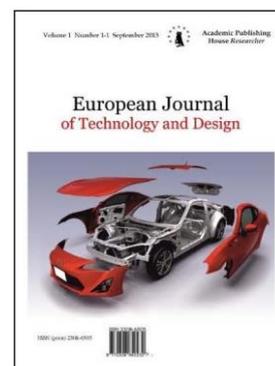


Copyright © 2019 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic
European Journal of Technology and Design
Has been issued since 2013.
E-ISSN: 2310-3450
2019, 7(1): 14-20

DOI: 10.13187/ejtd.2019.1.14
www.ejournal4.com



Research and Analysis of the Implementation of the Bearing Sealing Unit for Centrifugal Pumps

Sergei Yu. Ushiyarov ^{a, *}

^a Izhevsk State Technical University, Russian Federation

Abstract

Centrifugal sectional pumps (CNS) are used for pumping various liquids having properties similar to water in viscosity and activity, as well as chemically active, abrasive-containing and other liquids. This is one of the most common types of centrifugal pumps used in oil and gas fields for pumping oil and water. They are used at booster pumping stations (BPS), central collection and treatment centers for oil and gas (CSPN), at cluster pumping stations (CPS) for pumping water into productive formations, in water and heat supply systems. The prevalence of pumps is explained by their good adaptation in technological processes with pressure requirements changing in time in pipelines. The sectional design of the pumps, when placed in each section of one stage, allows, although in steps, but at relatively short intervals, it is economical to adapt the pump as close as possible to the optimum head. In comparison, with single-stage centrifugal pumps with comparable technical parameters, CNS pumps have smaller diametrical overall dimensions, dimensions and weights of individual assemblies and parts, therefore they are more convenient to maintain and repair.

Keywords: oil, pump, bearing, assembly, reliability, seal.

1. Введение

Наиболее уязвимыми узлами насосов являются опорно-уплотнительные системы. С целью решения проблем, связанных с недостатками в работе этих двух систем, был разработан опорно-уплотнительный узел. Опорно-уплотнительный узел представляет собой узел для насоса, объединяющий в одном корпусе как опорную, так и уплотнительную системы. Упрощенно конструкция выглядит как разделенное двойное торцовое уплотнение, между уплотнительными ступенями которого помещены два упорных и два радиальных подшипника скольжения.

Конструктивное использование в составе опорно-уплотнительного узла подшипников скольжения совместно с торцовыми уплотнениями дает ряд дополнительных преимуществ опорно-уплотнительной системе:

- отсутствие специальной системы смазки, возможность задействовать имеющуюся систему обеспечения работоспособности торцового уплотнения;
- расположение подшипника в непосредственной близости от торцового уплотнения создает благоприятное рабочее состояние по вибрации;
- применение в качестве пар трения в подшипниках и торцовых уплотнениях одних и тех же материалов с равными, максимально высокими ресурсами.

* Corresponding author

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

В качестве материалов пар трения в подшипниках скольжения используются современные износостойкие материалы: карбид кремния, силицированный графит, углеграфит, карбид вольфрама в различных комбинациях (Майер, 1978).

Опорно-уплотнительный узел изготавливается как по двойной схеме, так и по схеме одинарного торцового уплотнения, возможно использование одинарной схемы с защитной ступенью (при работе на перекачиваемой среде). Затворная жидкость смазывает и охлаждает подшипники и торцовые уплотнения. Для охлаждения затворной жидкости по двойной схеме используется бачок затворной жидкости – аналогично тому, как в торцовом уплотнении.

Применение опорно-уплотнительного узла возможно практически во всех насосах любой марки, так как монтаж и крепление выполняются на существующие посадочные места.

Далее будет рассмотрена конструкция предлагаемого узла.

2. Результаты

Выбор прототипа, физико-химические свойства перекачиваемой среды

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 (ГОСТ Р 54806-2011).

Перекачиваемая нефть должна соответствовать физико-химическим характеристикам приведенным в Таблице 1.

Агрегаты могут применяться для перекачивания воды с водородным показателем рН=7-8,5; с массовой долей механических примесей не более 0,2 %; размером твердых частиц не более 0,2 мм и плотностью не более 1500 кг/м³. Давление на входе в насос 0,05-0,6 МПа (0,5-6 кг/см²) (Паспорт насоса...).

Таблица 1. Физико-химические характеристики нефти

Физико-химические характеристики нефти	Единица измерения	Показатели
Плотность	кг/м ³	700-1050
Кинематическая вязкость	м ² /с	1,5·10 ⁻⁴
Водородный показатель	рН	7-8,5
Давление насыщенных паров, не более	ГПа	665
Содержание газа (объемное), не более	%	3
Содержание парафина, не более	%	20
Содержание механических примесей с размером твердых частиц до 0,2 мм и микротвердостью 1,47 Гпа, не более	%	0,2
Обводненность, не более	%	90

Конструкция и принцип работы модернизации

Опорно-уплотнительный узел имеет две опоры, которые размещены в крышке всасывания 19 и крышке нагнетания 7 и представляют из себя подшипники скольжения. Внутренние обоймы подшипников фиксируются на валу фиксаторами 40 и поджимаются с рабочей стороны монтажной гайкой 21 и металлическим кольцом 39, а с другой стороны только металлическими кольцами 39. Внутренняя обойма подшипников выполнена со срезами торцевых поверхностей под углом 45° в форме усеченного конуса, металлические кольца 39 и гайка 21 выполнены с ответной, упомянутым торцевым поверхностям внутренней обоймы, поверхностью. Наружные обоймы подшипников 42 расположены во втулках 35 и 23 по напряженной посадке с обязательным подогревом втулок. Наружная

обойма подшипников имеет два продольных канала для прохода рабочей жидкости, которые выполнены по внутреннему диаметру обоймы. Рабочая жидкость, проходя через подшипники, по каналам, охлаждает их и образует устойчивую жидкостную пленку. По трубопроводу рабочая жидкость из разгрузочной камеры поступает на торцевое уплотнение 44.

Концевое уплотнение вращающегося вала расположено последовательно за опорой и выполнено в виде плавающего торцевого уплотнения. Аксиально-подвижная втулка 29 с удлиненной юбкой расположена в корпусе 24 торцевого уплотнения. Втулка удерживается от проворота фиксаторами 25. Корпус 24 выполнен со ступенчатой внутренней расточкой, в которой расположена пружина 33, выполняющая функцию подвижного упругого элемента. Пружина поджата торцом подвижной регулировочной гайки 26. На вал также устанавливается гладкая рубашка 22 с упорным гнездом, в котором закреплено вращающееся контактное кольцо 44 пары трения. Гладкая рубашка 22 зафиксирована на валу гайкой 32. Корпус поджат поджимным фланцем 28. Вокруг вращающегося вала для защиты от агрессивной среды установлена защитная втулка. Поджимной фланец 28 стягивается шпильками.

Все детали опорно-уплотнительного узла герметизируются от утечек рабочей жидкости маслобензостойкими резиновыми кольцами.

Подшипники и контактные кольца пары трения 44 выполнены из силицированного графита.

Поджимная пружина выполнена с большим ходом и расположена со стороны торцевой юбки. Ход аксиально-подвижной втулки 9-12 мм, что позволяет предохранить пару трения торцевого уплотнения 44 от перегрузок при возможном аварийном износе колец разгрузки. (Касаткин, 1984).

Применение в насосах (Рисунок 1) современных высокопрочных и износостойких материалов СГ-П, СГ-Т (силицированного графита) позволило создать вариант экологически чистого насоса, работающего без пропуска жидкости через трущуюся контактную пару торцевого уплотнения. Физико-химические показатели силицированного графита приведены в Таблице 2 (Вишняков и др., 2006).

Таблица 2. Физико-химические показатели силицированного графита

Свойства	Ед. изм.	Марка графита	
		СГ-Т	СГ-П
Плотность, не менее	$кг / м^3$	2300	2200
Предел прочности, не менее	$МПа$		
- при сжатии		294,2	411,9
- при изгибе		88,2	98,1
- при растяжении		39,2	49,0
Ударная вязкость	$\frac{кДж}{м^2}$	2,75	3,98
Модуль упругости	$МПа$	0,93	1,24
Коэффициент теплопроводности	$\frac{Вт}{м.к.}$	73	112
Коэффициент термического расширения при (20-1000°С)	$10^{-6} \frac{1}{град}$	4,6	4,2
Коэффициент трения		0,05	0,04

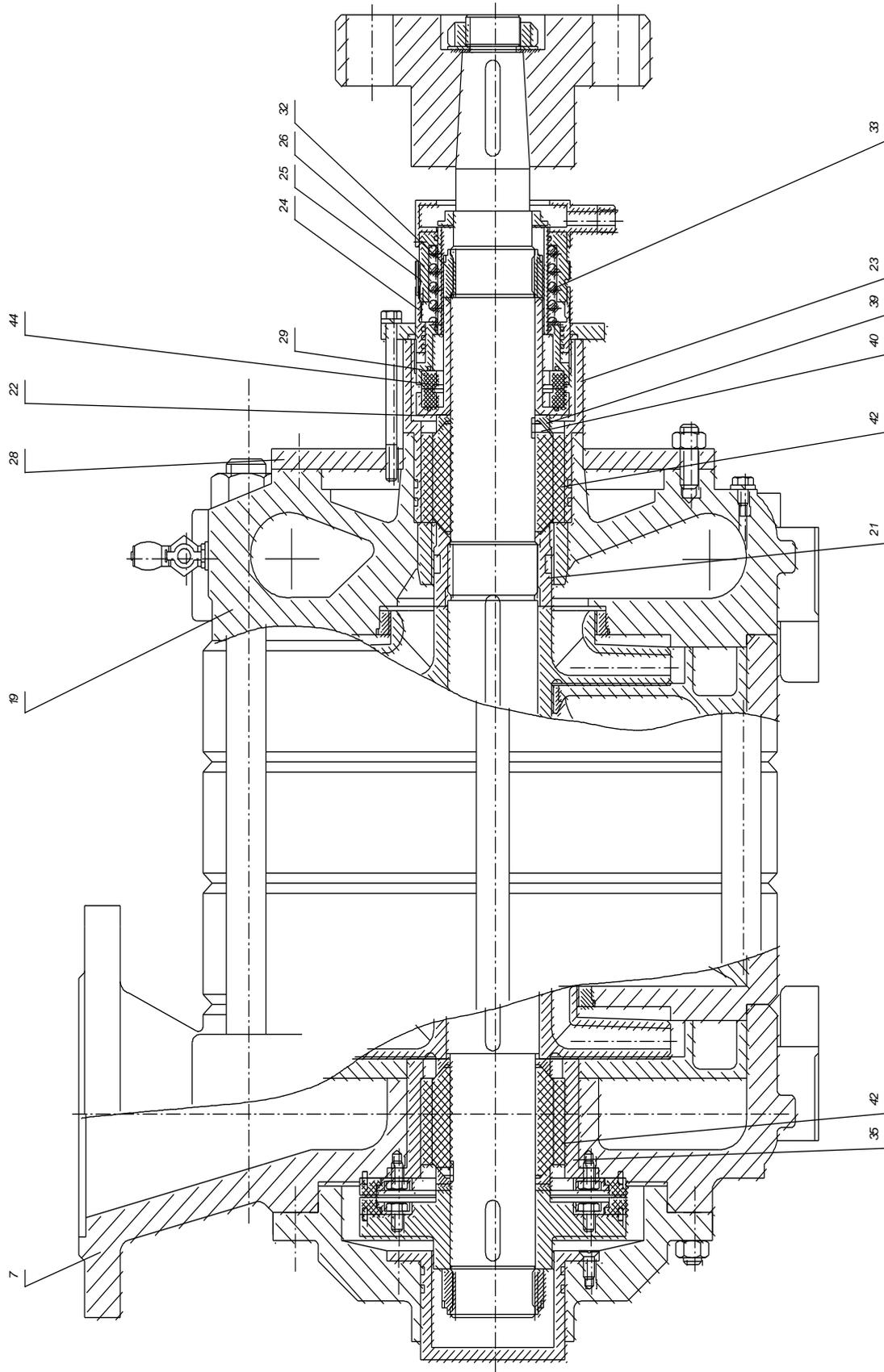


Рис. 1. Насос ЦНС 300-120...600 модернизированный

Соответствие проекта Федеральным нормам и правилам

Согласно требованиям раздела XXIX. «Общие требования к эксплуатации ОПО, технических устройств, резервуаров, промышленных трубопроводов» Федеральных норм и правил "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности" п.п:

395. Средства аварийной сигнализации, контроля возгораний и состояния воздушной среды, установленные в соответствии с проектной документацией, должны находиться в исправном состоянии, а их работоспособность проверяться в соответствии с заводской инструкцией по эксплуатации по утвержденному в организации плану-графику.

397. На пульте управления насосной станции для перекачки горючих, легковоспламеняющихся и вредных жидкостей должны быть установлены приборы, позволяющие контролировать давление, расход, температуру подшипников насосных установок и состояние воздушной среды в помещении ([Федеральные нормы и правила..., 2013](#)).

При изменении базовой конструкции необходимо производить температуру подшипников косвенным методом, то есть производить замер температуры подшипника путем замера температуры перекачиваемой среды на участке установки подшипника скольжения. Температура перекачиваемой среды будет передавать тепловую энергию нагретого критичного элемента на датчик температуры, следовательно на пульт оператора. Рекомендовано применение датчиков типа: NiCr-Ni датчик FTA 131 с магнитной фиксацией на поверхность, NiCr-Ni датчик FTA 026 P с пленочной термоэлементами.

3. Заключение

Проблема частого и преждевременного выхода из строя упорных и уплотнительных узлов насосов типа ЦНС на сегодняшний день остается актуальной. В данной статье представлен метод решения данных проблем заменой каждого узла по отдельности на один общий. В результате модернизации у насоса повысился объемный КПД за счет сокращения утечек через обыкновенные сальниковые устройства. Так же уменьшился риск повреждения посадочных поверхностей при ремонте или замене подшипников, уменьшилось время на проведение ремонта оборудования.

В данной статье модернизация оборудования соответствует нормам, правилам и государственным стандартам. После выполнения модернизации основные узлы (подвижные и неподвижные) не подверглись изменениям, таким образом, можно сказать, что характеристики узлов и рабочие параметры оборудования не изменились.

Срок окупаемости проекта составит около одного года. Таким образом расчеты показывают достаточно высокую эффективность предлагаемой в проекте модернизации применительно к насосам ЦНС-300 ([Курушина, 1998](#)).

Внедрение предлагаемого устройства позволит производить эксплуатацию при более выгодных технологических режимах, что позволит уменьшить число преждевременных отказов и увеличить её межремонтный период. Это позволит сократить количество ремонтных операций.

Литература

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

[Анурьев, 2001](#) – *Анурьев В.И.* Справочник конструктора машиностроителя. М.: Машиностроение 2001, 62 с.

[Вишняков и др., 2006](#) – *Вишняков Л.Р., Синайский Б.Н., Мороз В.П., Косыгин Э.П., Нештор А.В.* Получение, механические и триботехнические свойства силицированного композиционного материала на основе терморасширенного графита // *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*, 2006 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/poluchenie-mehanicheckie-i-tribotekhnicheskie-svoystva-silitsirovannogo-kompozitsionnogo-materiala-na-osnove-termorasshirennogo> (дата обращения: 14.01.2019).

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

Дунаев, Леликов, 1984 – Дунаев 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.

Курушина, 1998 – Курушина Е.В. Методические указания по организационно-экономической части дипломных проектов. Уфа, издательство нефтегазового университета, 1998. 22 с.

Майер, 1978 – Майер Э.Г. Торцевое уплотнение. М.: Машиностроение, 1978, 259 с.

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

Anur'ev, 2001 – Anur'ev, V.I. (2001). Spravochnik konstruktora mashinostroitelya [Reference of the designer mechanical engineer]. М.: Mashinostroenie, 62 p. [in Russian]

Dunaev, Lelikov, 1984 – Dunaev, P.F., Lelikov, O.P. (1984). Detali mashin [Machine parts]. М.: 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. М.: Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo «Nauchno-tekhnicheskii tsentr issledovaniy problem promyshlennoi bezopasnosti», 2013. 288 p. [in Russian]

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

Kasatkin, 1990 – Kasatkin, A.P. (1990). Oporno-uplotnitel'nyi uzel tsentrobezhnykh nasosov [Support and sealing assembly of centrifugal pumps]. А.С. №22149 F16J 15/00. Б.И. №15, 4 p. [in Russian]

Kurushina, 1998 – Kurushina, E.V. (1998). Metodicheskie ukazaniya po organizatsionno-ekonomicheskoi chasti diplomnykh proektov [Guidelines for the organizational and economic part of graduation projects]. Ufa, izdatel'stvo neftegazovogo universiteta, 22 p. [in Russian]

Maier, 1978 – Maier, E.G. (1978). Tortsevoe uplotnenie [Mechanical seal]. М.: Mashinostroenie, 259 p. [in Russian]

Pasport nasosa... – Pasport nasosa TsNS 300 Yasnogorskogo mashinostroitel'nogo zavoda, g. Yasnogorsk, Tul'skaya oblast' [Passport of the central nervous system pump 300 Yasnogorsk machine-building plant, Yasnogorsk, Tula region]. [in Russian]

Vishnyakov i dr., 2006 – Vishnyakov, L.R., Sinaiskii, B.N., Moroz, V.P., Kosygin, E.P., Neshpor, A.V. (2006). Poluchenie, mekhanicheskie i tribotekhnicheskie svoystva silitsirovannogo kompozitsionnogo materiala na osnove termorasshirennoogo grafita [Obtaining, mechanical and tribotechnical properties of siliconized composite material based on thermally expanded graphite]. *Novi materiali i tekhnologii v metalurgii ta mashinobuduvanni*. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/poluchenie-mekhanicheskie-i-tribotekhnicheskie-svoystva-silitsirovannogo-kompozitsionnogo-materiala-na-osnove-termorasshirennoogo> (data obrashcheniya: 14.01.2019). [in Russian]

Исследование и анализ внедрения блока подшипникового уплотнительного для центробежных насосов

Сергей Юрьевич Ушияров ^{a, *}

^a Ижевский государственный технический университет, Российская Федерация

Аннотация. Центробежные секционные насосы (ЦНС) используются для перекачивания различных жидкостей, имеющих свойства, сходные с водой по вязкости и активности, а также химически активных, абразивосодержащих и других жидкостей. Это один из наиболее распространенных типов центробежных насосов, используемых на нефтяных и газовых промыслах для перекачки нефти и воды. Они используются на дожимных насосных станциях (ДНС), центральных пунктах сбора и подготовки нефти и газа (ЦППН), на кустовых насосных станциях (КНС) для закачки воды в продуктивные пласты, в системах водо- и теплоснабжения. Широкая распространенность насосов объясняется их хорошей адаптацией в технологических процессах с меняющимися со временем потребными напорами в трубопроводах. Секционное исполнение насосов, при размещении в каждой секции одной ступени, позволяет, хотя и ступенчато, но с относительно малыми интервалами, экономично приспособить насос наиболее близко к оптимальному напору. В сравнении, с соизмеримо одинаковыми по техническим показателям одноступенчатыми центробежными насосами, насосы типа ЦНС имеют меньшие диаметральные общие габариты, размеры и массы отдельных узлов и деталей, поэтому они более удобны в обслуживании и ремонте.

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

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