



Пушков Никита Дмитриевич

магистрант, направление подготовки 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», Арзамасский Политехнический Институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева), г. Арзамас, Нижегородская область

maklayman@inbox.ru

Платонов Александр Васильевич

кандидат технических наук, заслуженный деятель науки и техники РАЕ, доцент, кафедра «Технология машиностроения», Арзамасский Политехнический Институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева), г. Арзамас, Нижегородская область

platonov-alex-v@mail.ru

Щеглетов Кирилл Алексеевич

студент, направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», Арзамасский Политехнический Институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева), г. Арзамас, Нижегородская область

kshhegletov@bk.ru

Куманеев Максим Александрович

магистрант, направление подготовки 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», Арзамасский Политехнический Институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева), г. Арзамас, Нижегородская область

Коршунов Егор Сергеевич

студент, направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», Арзамасский Политехнический Институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева), г. Арзамас, Нижегородская область

korshunenkodruoi@mail.ru



УДК 621.644.052

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ «КЛАПАН НАСОСА» НА ОСНОВАНИИ ИЗМЕНИВШИХСЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье рассматривается модернизация конструкции изделия «Клапан насоса» с целью использования её в составе установки «Насос». Проведен анализ новых условий эксплуатации, а также причин и числа отказов изделия до модернизации. Предложен вариант конструкции изделия, лишенный выявленных недостатков, способный безотказно работать в изменившихся условиях эксплуатации. Представлены результаты сравнительных испытаний, подтверждающие эффективность модернизации.

Ключевые слова: насос, клапан, давление, отказ, установка.

В современной промышленной деятельности используют различные газы и жидкости. Большинство их подаются в установки и устройства под давлением разной величины. Также создается давление и для их транспортировки из мест хранения к месту использования. Для создания давления в технических жидкостях и газах используют компрессорные установки. Основным исполнительным механизмом компрессорных установок являются нагнетающие механизмы – насосы различного конструктивного исполнения.

Конструктивное исполнение насосов зависит от различных факторов, основными из которых являются: необходимое давление (МПа), производительность ($\text{м}^3/\text{мин.}$), марка газа или жидкости, а также условия эксплуатации (температура окружающей среды и жидкости, давление и т.д.). Насос – гидравлическая машина, предназначенная для перемещения жидкости или газа под напором. Механическая энергия, подводимая к валу в насосе, преобразуется в энергию потока жидкости [1].

Насосные механизмы комплектуются различными системами для обеспечения эффективной, безотказной и безопасной работы.

В данной статье рассматривается изделие «Клапан насоса». Эскиз изделия представлен на рисунке 1. «Клапан насоса» состоит из корпуса 1 к которому с наружной стороны при помощи сварки (сварной шов по ГОСТ 14771-76, группы



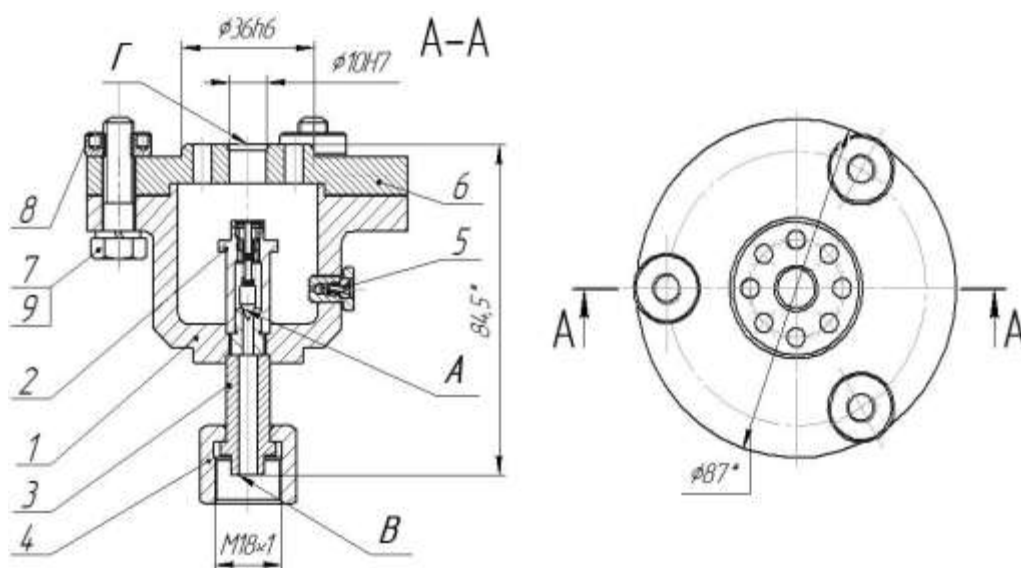
ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016
Научное обозрение. Раздел II. Наука и практика. 2020. № 1. ID 212

II ОСТ95 1487-86, шов герметичный) присоединен патрубок 3, а с внутренней стороны – клапан 2.

На патрубке 4 расположена накидная гайка 9, служащая для соединения с арматурой, подводящей транспортный газ. В боковой части корпуса 1 вмонтирован обратный клапан 5. Регулируемый клапан 2 и обратный клапан 5 являются сборочными единицами.

Сверху на корпус 1 надевается крышка 6. Крепление крышки 6 к корпусу 1 осуществляется с помощью болта 7, гайки 8 и шайбы пружинной 9. Гайка 8 является транспортной и снимется с изделия при монтаже его к насосу.

Герметизация соединения корпуса 1 с крышкой 6 и клапаном 5 осуществляется герметиком ВГО-1. ТУ 38.303-04-04-90/ 1-595-28-1452-2014.



1-корпус; 2- регулируемый игольчатый клапан; 3 - патрубок; 4 – гайка накидная; 5 – предохранительный клапан; 6 – крышка; 7 – болт; 8 – гайка транспортная; 9 – шайба пружинная

Рис. 1. Эскиз изделия «Клапан насоса» до модернизации

Принцип действия изделия «Клапан насоса» следующий: транспортируемый газ засасывается в отверстие В под действием вращения крыльчатки специальной конструкции (на эскизе не показана), установленной в подшипнике в отверстии Г диаметром 10Н7 мм и выводится через 8 отверстий в крышке 6. При этом создается определенное давление газа, регулируемое частотой вращения крыльчатки.



При вращении крыльчатки создается разряжение во внутренней полости корпуса 1, игла клапана 2 поднимается, газ заполняет полость корпуса 1 и начинает перекачиваться насосом.

Для предотвращения самопроизвольного поступления газа предусмотрен клапан 2. Для аварийного сброса давления и предотвращения повреждения насоса в корпусе 1 установлен предохранительный клапан 5.

При штатных условиях работы изделия «Клапан насоса» наблюдалось лишь незначительное число отказов связанные с дефектами изготовления деталей или сборки.

Установка, в которой используется изделие «Клапан насоса», стала работать при других условиях эксплуатации: при температурах $-60...50^{\circ}\text{C}$ и давлении до 8 МПа. Для таких условий режимы работы установки были изменены. Кроме того изменился транспортируемый газ, утечки которого не допускаются из-за вредного воздействия на детали установки.

В результате этого изделие «Клапан насоса» начал часто выходить из строя, так как не был рассчитан на измененные условия эксплуатации.

Анализ отказов показал, что основными причинами поломок являются: разрушение корпуса при давлении 8 МПа; неисправность пружины регулируемого клапана 2, неисправность предохранительного клапана 5, повреждение и разрушение иглы регулируемого клапана 2, а также заклинивание подшипника качения, который устанавливался в отверстие диаметром 10Н7 мм. Общее число отказов при новых условиях эксплуатации изделия «Клапан насоса» на 1000 шт. деталей возросло с 12 до 248 случаев.

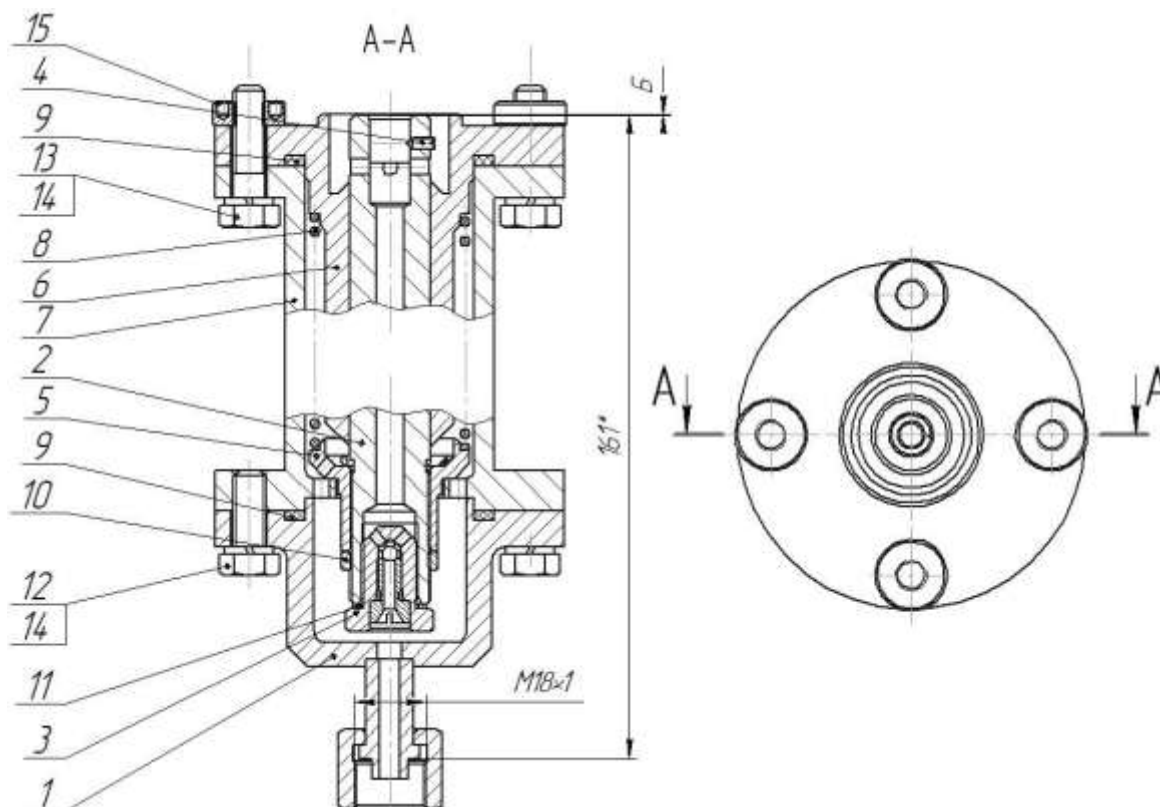
Большинство отказов произошли по причине использования в измененных температурных условиях материала изделий из стали 40Х13 ГОСТ 2591-2006 и 20 ГОСТ 1050-2013. Эти марки стали при низких отрицательных температурах теряли свои пластичные свойства и разрушались под действием возросшей нагрузки. Это же касается и радиального подшипника и его смазки (KLUBER ISOFLEX® NBU 15, работает при температуре -40°C до 130°C).

По этой причине принято решение о модернизации изделия «Клапан насоса». Основные моменты модернизации связаны с необходимостью обеспечения постоянной более низкой температуры эксплуатации (с $-20...30^{\circ}\text{C}$ до $-60...50^{\circ}\text{C}$) и более высокого давления, развиваемого при помощи насоса, в конструкцию которого входит изделие «Клапан насоса» (с 0,5 до 1,2 МПа в штатном режиме и с 2 до 8 МПа в аварийном режиме) [2].

Разработана конструкция изделия «Клапан насоса», лишенная недостатков конструкции предшественника, эскиз которой представлен на рисунке 2.



ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016
Научное обозрение. Раздел II. Наука и практика. 2020. № 1. ID 212



1-корпус, 2- плунжер, 3 – обратный клапан, 4 – винт, 5 – опора, 6 – цилиндр, 7 – корпус цилиндра, 8 – пружина, 9 – кольцо уплотнительное, 10 – гайка настроечная, 11 –шайба, 12 – винт, 13 – винт, 14 – шайба пружинная; 15 – гайка транспортная.

Рис. 2. Эскиз изделия «Клапан насоса» после модернизации

Нами за основу модернизированного изделия «Клапан насоса» была взята деталь корпус 1. Из конструкции корпуса 1 был исключен «проблемный» регулируемый клапан 2, в котором часто отказывала пружина и выходила из строя контактная группа «игла–седло», и заменен простым обратным клапаном 3 без пружины. Указанное решение позволило повысить надежность системы.

Из модернизированной конструкции изделия «Клапан насоса» был исключен предохранительный клапан 5. Такое решение было принято с целью недопущения утечки перекачиваемого газа, представляющего опасность для работы установки. Кроме того, в клапане 5 наблюдалось разрушение пружины при низкой отрицательной температуре.

Также по результатам испытания насоса принято решение отказаться от радиального подшипника качения (на чертеже не показан) в связи с увеличением размеров крыльчатки насоса (на чертеже не показана), снижением пластичности



смазки при низких температурах и, как следствие, снижения КПД и заклинивания.

Для устранения недостатков была разработана специальная надстройка. Замена подшипника была реализована путем применения конструкции, состоящей из плунжера 5 и цилиндра 6. Плунжер 5 выполнен полым для возможности подачи газа. В верхней части плунжера 5 выполнено посадочное отверстие под крыльчатку. Для фиксации крыльчатки в плунжере 5 установлен винт 4. Плунжер изготовлен из стали 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72, которая является хладостойкой при температуре -60°C . Цилиндр 6 выполнен из не искрящей бронзы БрБ2 ГОСТ 18175-78. Это важно, поскольку транспортируемый газ является легко воспламеняемым. Также это позволило отказаться от дорогостоящей смазки на бариевом комплексе для подшипника качения в пользу менее дорогой ВНИИНП-280 ТУ 38.101818-88, способной работать при температуре -60°C .

Кроме того, бронза БрБ2 не теряет своих пластических свойств даже при сверхнизких отрицательных температурах [3]. Цилиндр 6 устанавливается в корпус цилиндра 7, который изготовлен из стали 12Х18Н10Т. Плунжер 2 зафиксирован в цилиндре 6 на пружине 8 при помощи опоры 5. При этом зазор Б регулируется при помощи гайки 10.

Зазор Б (расстояние между торцом крыльчатки и внутренней полостью рабочей камеры насоса – на рисунке не показан) обеспечивает настройку изделия «Клапан насоса» на необходимое давление и расход газа и обеспечивает замену ненадежного регулируемого игольчатого клапана.

В изделии «Клапан насоса» после модернизации принято решение отказаться от спускного предохранительного клапана. Внутри изделия для излишков транспортируемого газа между корпусом 7 и цилиндром 6 предусмотрено свободное пространство, в которое через отверстия в корпусе 6 и опоре 5, поступает по инерции газ после остановки вращения крыльчатки. Таким образом, предотвращается аварийная работа насоса и не происходит утечки газа.

Пружина 8 и цилиндр 6 выполнены из бронзы БрБ2, остальные детали из стали 12Х18Н10Т.

Были проведены испытания модернизированного изделия «Клапан насоса» в составе насоса в новых условиях эксплуатации. Испытаниям подверглись 10 образцов в течении 1000 м. часов. на специальном испытательном стенде в камере тепла-холода. Испытания показали отсутствие отказов модернизированного изделия «Клапан насоса» при новых условиях эксплуатации.



Таким образом, проанализированы причины отказов изделия «Клапан насоса». Выявлены основные элементы конструкции, ответственные за отказ в работе изделия. Предложена модернизированная конструкция изделия «Клапан насоса», предназначенная для безаварийной работы в изменившихся условиях эксплуатации. Указанные мероприятия повышают надежность и безотказность работы всей установки «Насос».

Список использованных источников

1. Карелин В. Я., Минаев А. В. Насосы и насосные станции : учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1986. 320 с., ил.
2. Результаты экспериментальных исследований системы передачи энергии типового модуля установки «Гамма» / В. С. Гордеев, А. В. Гришин, С. Т. Назаренко и др. // XIV Харитоновские тематические научные чтения. Мощная импульсная электрофизика. 12–16 марта 2012 г. (сборник докладов). Саров : ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2012. С. 112–116.
3. Вечные подшипники или кое-что о... // Новые Бериллиевые Технологии : сайт компании ООО «НБТ». 2011. URL: <http://www.nbt08.ru/ru/articles/test?id=101> (дата обращения: 14.11.2019).



Pushkov Nikita

master's degree student, training direction 15.04.05 "Design and technological support of machinery production", Arzamas Polytechnic Institute (branch of R. E. Alekseev Nizhny Novgorod state technical University), Arzamas, Nizhny Novgorod region

Platonov Alexandr

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department Engineering Technology, Arzamas Polytechnic Institute (branch of R. E. Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University), RAE honored worker of science and technology, Arzamas, Nizhny Novgorod region

Shchegletov Kirill

bachelor degree student, training direction 15.04.05 "Design and technological support of machinery production", Arzamas Polytechnic Institute (branch of R. E. Alekseev Nizhny Novgorod state technical University), Arzamas, Nizhny Novgorod region

Kumaneev Maxim

master's degree student, training direction 15.04.05 "Design and technological support of machinery production", Arzamas Polytechnic Institute (branch of R. E. Alekseev Nizhny Novgorod state technical University), Arzamas, Nizhny Novgorod region

Korshunov Egor

bachelor degree student, training direction 15.04.05 "Design and technological support of machinery production", Arzamas Polytechnic Institute (branch of R. E. Alekseev Nizhny Novgorod state technical University), Arzamas, Nizhny Novgorod region

**MODERNIZATION OF THE "PUMP VALVE» PRODUCT DESIGN
ON THE BASIS OF THE CHANGED OPERATING CONDITIONS**

The article deals with the "pump Valve" product design modernization in order to use it as part in the "Pump"-set. The analysis of the new operating conditions, as



ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016
Научное обозрение. Раздел II. Наука и практика. 2020. № 1. ID 212

well as the causes and number of product failures before upgrading was carried out. A variant of the product design is proposed, which is devoid of the identified shortcomings and is able to work smoothly in changed operating conditions. The results of comparative tests confirming the effectiveness of modernization are presented.

Keywords: pump; valve, pressure, failure, set.

© АНО СНОЛД «Партнёр», 2020

© Пушков Н. Д., 2020

© Платонов А. В., 2020

© Щеглетов К. А., 2020

© Куманеев М. А., 2020

© Коршунов Е. С., 2020

Учредитель и издатель журнала:

Автономная некоммерческая организация содействие научно-образовательной и литературной деятельности «Партнёр»
ОГРН 1161300050130 ИНН/КПП 1328012707/132801001

Адрес редакции:

430027, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Ульянова, д.22 Д, пом. 1
тел./факс: (8342) 32-47-56; тел. общ.: +79271931888;
E-mail: redactor@anopartner.ru



О журнале

- ✓ Журнал имеет государственную регистрацию СМИ и ему присвоен международный стандартный серийный номер ISSN.
- ✓ Материалы журнала включаются в библиографическую базу данных научных публикаций российских учёных Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
- ✓ Журнал является официальным изданием. Ссылки на него учитываются так же, как и на печатный труд.
- ✓ Редакция осуществляет рецензирование всех поступающих материалов, соответствующих тематике издания, с целью их экспертной оценки.
- ✓ Журнал выходит на компакт-дисках. Обязательный экземпляр каждого выпуска проходит регистрацию в Научно-техническом центре «Информрегистр».
- ✓ Журнал находится в свободном доступе в сети Интернет по адресу: www.srjournal.ru. Пользователи могут бесплатно читать, загружать, копировать, распространять, использовать в образовательном процессе все статьи.

Прием заявок на публикацию статей и текстов статей, оплата статей осуществляется через функционал Личного кабинета сайта издательства "Партнёр" (www.anopartner.ru) и не требует посещения офиса.