

**ПРОЧИЕ ВОПРОСЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ / OTHER QUESTIONS RELATED TO
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**

DOI: 10.18454/mca.2016.03.5

Абдюкова Р.Я.

Кандидат технических наук, Уфимский государственный нефтяной технический университет

**НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В КОНСТРУКЦИИ КЛАПАНОВ БУРОВЫХ ПОРШНЕВЫХ
НАСОСОВ**

Аннотация

В статье рассмотрены – теоретические и практические исследования для разработки новой конструкции клапанной пары бурового поршневого насоса. Результатом проведенных исследований является разработка новой конструкции клапана бурового поршневого насоса с обеспечением предъявленных требований.

Ключевые слова: клапан бурового насоса, виброизоляция, эластичный элемент.

Abdyukova R.Y.

PhD in Engineering, Ufa State Oil Technical University

NEW SOLUTIONS FOR THE CONSTRUCTION OF DRILLING PISTON PUMPS VALVES

Abstract

The article considers theoretical and practical researches aimed to develop a new design of the valve pairs of drill piston pump. The result of the research is a new design of the drill piston pump valve according to the specified requirements.

Keywords: drilling pump valve, vibration isolation, flexible element.

Буровой насос является основным потребителем энергии, обеспечивая непрерывную циркуляцию бурового раствора в течение всего технологического цикла строительства ствола скважины. За последние годы существенно возросли приводная мощность и давление нагнетания насосов установок эксплуатационного и разведочного бурения, что обусловлено ростом глубин бурения. При этом изменение рабочих параметров насосов практически не повлияло на их конструктивно-кинематическую схему [1,2,3].

Выполненные до настоящего времени работы по исследованию и повышению долговечности клапанов буровых насосов имели своей целью изучение прежде всего механизмов уплотняющего действия и изнашивания с последующей разработкой средств повышения их долговечности. В настоящее время к поршневым насосам, наряду с требованиями обеспечения основных эксплуатационных параметров, экономичности и долговечности, также предъявляются требования по малой шумности и виброактивности. Одним из источников вибрации в гидравлической части поршневого насоса являются клапанные узлы, повышенная вибрация которых приводит как к преждевременному износу, так и к поломкам деталей, а также перенапряжению элементов конструкции насоса. Однако, известные конструкции клапанов не обеспечивают решения указанных проблем.

Для определения максимальных усилий, передающихся на корпус насоса, и частот колебаний корпуса насоса после удара тарели клапана о седло проведены теоретические исследования [4,5]. Расчетная схема моделирования работы клапана [6,7] представлена на рисунке 1. При этом тарель и седло заменяются эквивалентными стержнями круглого сечения массами m_1 и m_2 соответственно.

Дифференциальные уравнения, описывающие движение рассматриваемых масс после удара, имеют вид:

$$\begin{aligned} m_1 \cdot x_1'' &= -c_1 \cdot (x_1 - x_2) - \mu \cdot (x_1' - x_2'); \\ (m_1 + m_2) \cdot x_2'' &= -c_2 \cdot x_2 + c_1 \cdot (x_1 - x_2) - \mu \cdot x_2' + \mu \cdot (x_1' - x_2'), \end{aligned} \quad (1)$$

где, m_1, m_2 - массы стержней;

$x_1, x_2, x_1', x_2', x_1'', x_2''$ - координаты, скорости и ускорения объектов соответственно;

μ - коэффициент сопротивления;

c_1 и c_2 - коэффициенты жесткости стержней;

V_0 - начальная скорость стержня I (в момент касания);

l_1 и l_2 - длины стержней.

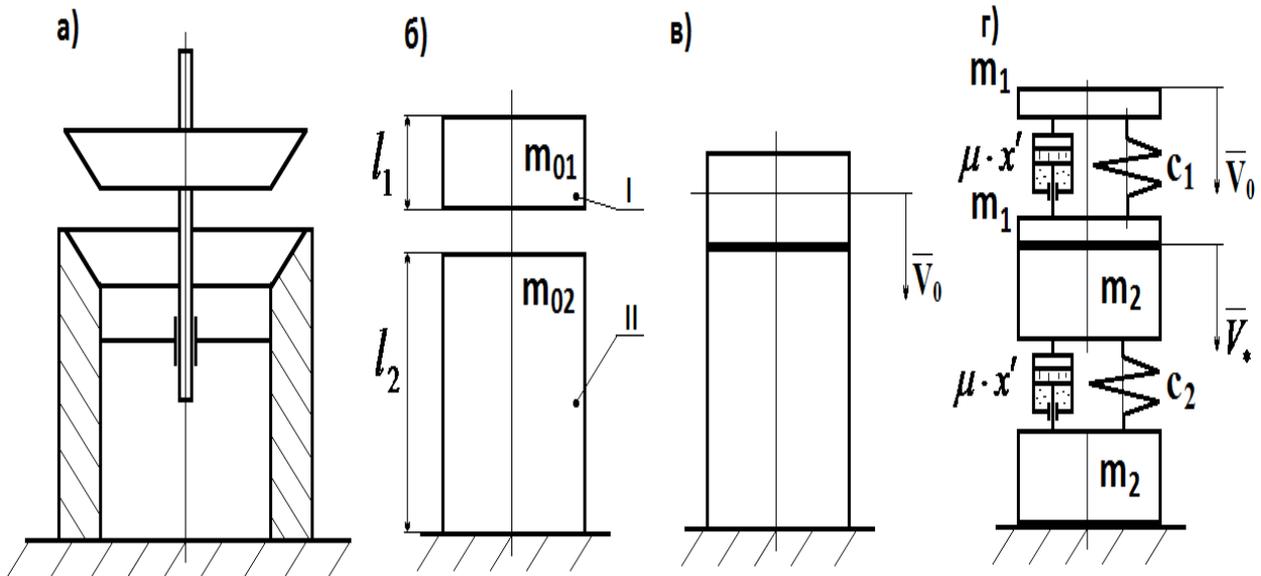
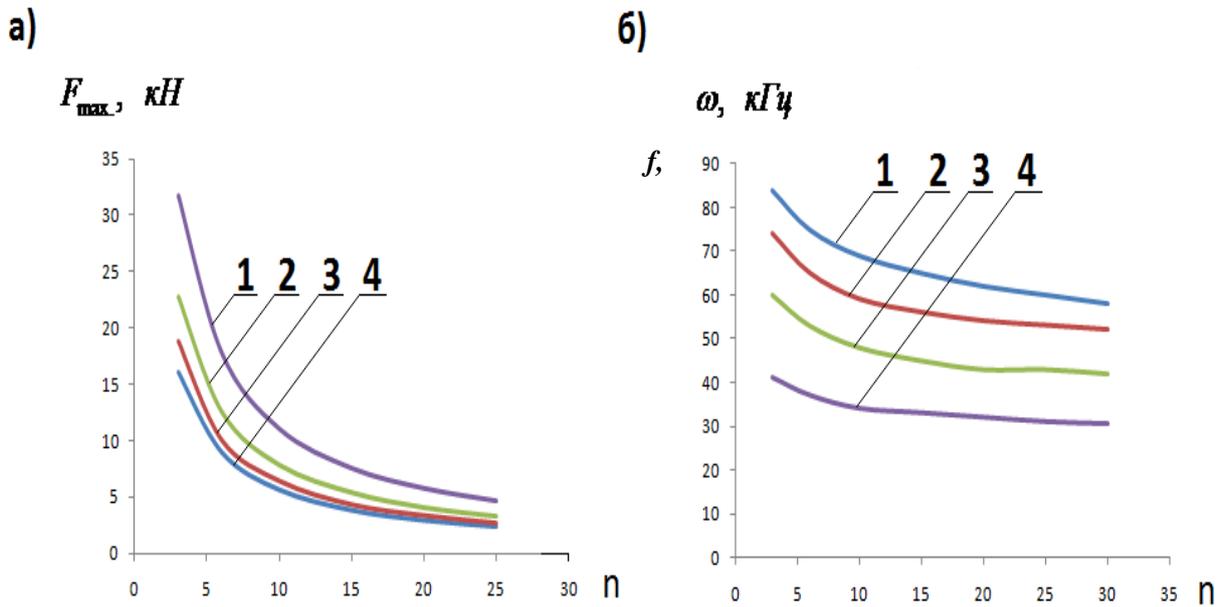


Рис. 1- Расчетная схема по моделированию работы клапана бурового насоса
I – тарель; II– седло

По результатам решения уравнений (1) получены значения максимальных усилий (F_{max}), передаваемых на корпус насоса при посадке тарели на седло, и частот колебаний (f) в зависимости от соотношения коэффициентов жесткости тарели и седла, которые приведены на рисунке 2 для различных сечений (S) клапанов.

Величина максимальных усилий, передаваемых на корпус насоса, колеблется в пределах от 3 до 30 кН. Естественно, действие таких усилий с частотой от 30 до 90 кГц вызывает преждевременное усталостное разрушение элементов насоса (рис.2)



$$V_0 = 1 \text{ м/с}; \quad \mu = 0; \quad n = c_1 / c_2$$

Рис. 2 - Зависимости максимальных усилий, передаваемых на корпус насоса (а) и их частоты (б) от соотношения коэффициентов жесткости тарели и седла

$$1) S = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2; \quad 2) S = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2; \quad 3) S = 10^{-3} \text{ м}^2; \quad 4) S = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Для уменьшения величины усилий, передаваемых на корпус насоса при посадке тарели на седло, предлагается установить между седлом и корпусом насоса специальный упругий элемент из эластичного материала. Данный элемент с одной стороны должен работать как пружина, уменьшая величину передаваемых на корпус насоса усилий, и выполнять роль виброизолятора, а в нем будет происходить демпфирование колебаний. Схема моделирования работы клапана при наличии упругого элемента между седлом и корпусом насоса представлена на рисунке 3.

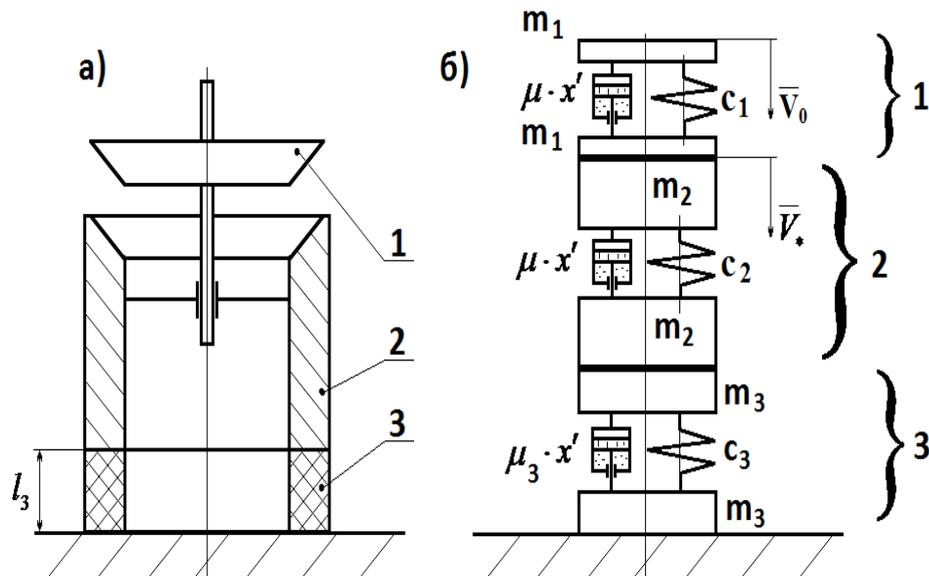


Рис. 3 - Расчетная схема для моделирования работы клапана с эластичным элементом
1 – тарель; 2 – седло; 3 – эластичный элемент

Дифференциальные уравнения движения для данного случая следующие:

$$m_1 \cdot x_1'' = -c_1 \cdot (x_1 - x_2) - \mu \cdot (x_1' - x_2')$$

$$(n \cdot m_1 + m_1) \cdot x_2'' = -(c_1/n) \cdot (x_2 - x_3) + c_1 \cdot (x_1 - x_2) - \mu \cdot (x_2' - x_3') + \mu \cdot (x_1' - x_2')$$

$$(n_2 \cdot m_1 / (\rho_1 / \rho_3) + n \cdot m_1) \cdot x_3'' = -(c_1 / (n_2 \cdot (E_1 / E_3))) \cdot x_3 + (c_1/n) \cdot (x_2 - x_3) - \mu_3 \cdot x_3' + \mu \cdot (x_2' - x_3'), \quad (2)$$

где ρ_1 ; ρ_3 - плотности материалов тарели и эластичного элемента соответственно;

$$n = c_2 / c_1, \quad n_2 = l_3 / l_1.$$

На рисунке 4 приведены зависимости усилий, передаваемых на корпус насоса при ударной посадке тарели клапана от времени при различных значениях отношения E_1/E_3 ,

$$\rho_1 / \rho_3 = 10; \quad V_0 = 1 \text{ м/с}; \quad \mu_3 = 10 \text{ кН} \cdot \text{с/м}$$

полученные численным решением системы дифференциальных уравнений (2).

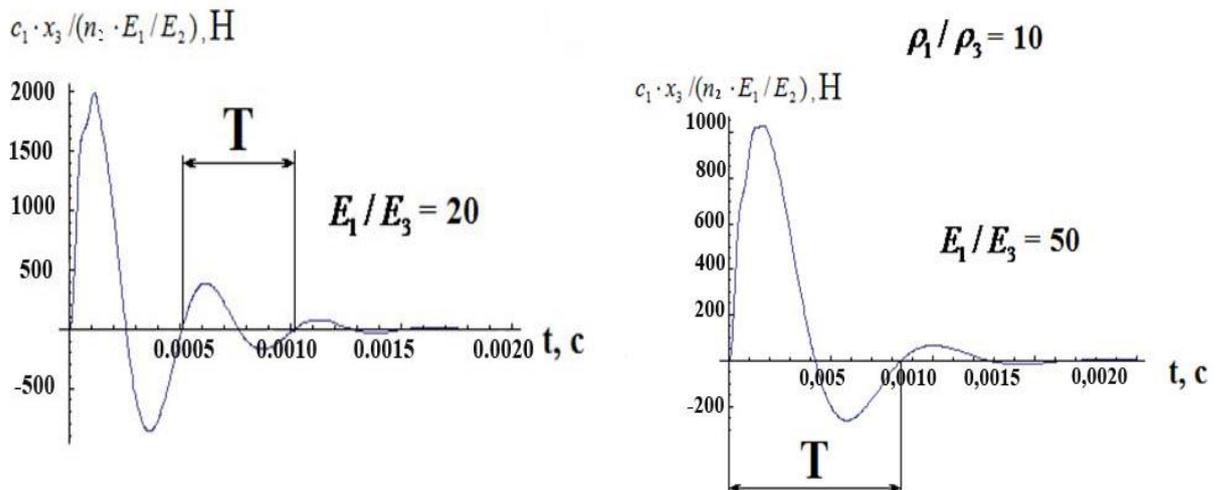
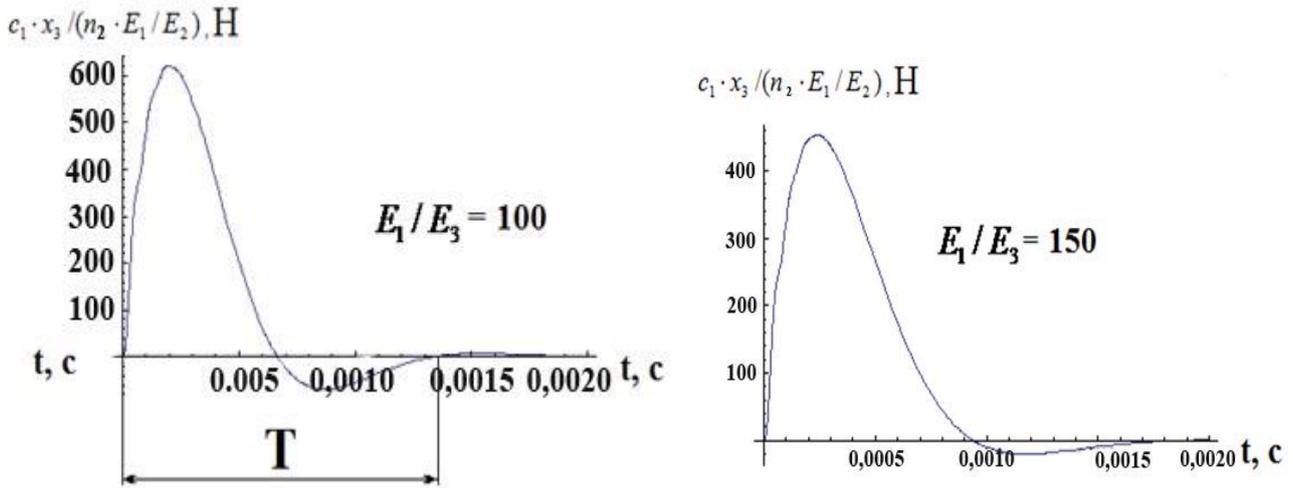
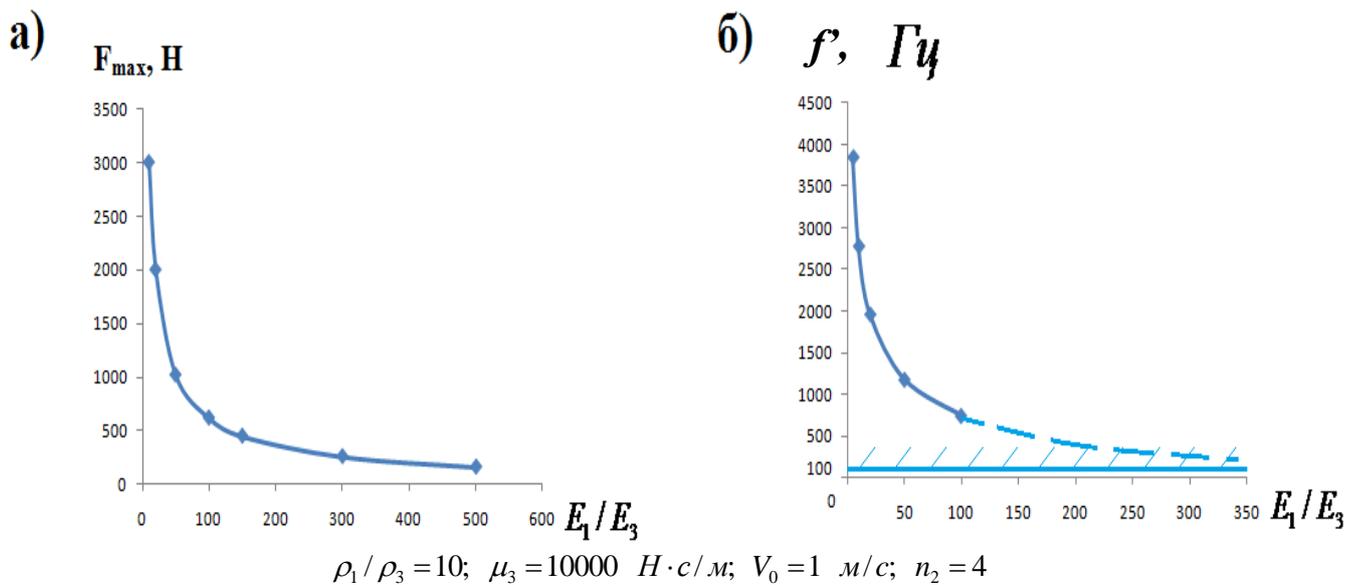


Рис. 4 - Зависимости усилий, передаваемых на корпус насоса от времени при различных значениях отношения E_1/E_3 (Продолжение на стр. 22)



Окончание рис. 4 - Зависимости усилий, передаваемых на корпус насоса от времени при различных значениях отношения E_1 / E_3

На рисунке 5 приведены значения максимальных усилий F_{max} , передаваемых на корпус насоса, и их частот f' в зависимости от свойств материалов клапана и виброизолятора (E_1/E_3).



$$\rho_1 / \rho_3 = 10; \mu_3 = 10000 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}; V_0 = 1 \text{ м}^3 / \text{с}; n_2 = 4$$

Рис. 5 – Зависимость максимальных усилий F_{max} , передаваемых на корпус насоса, и их частот колебаний f' от свойств материалов клапана и виброизолятора (E_1/E_3)

Решение системы дифференциальных уравнений (2) показало, что наличие упругого элемента между седлом клапана и корпусом насоса позволяет на порядок уменьшить величину передаваемых усилий и частоту колебаний. Как видно из рисунка 5, что при отношении $E_1/E_3 > 100$ максимальные усилия F_{max} , передаваемые на корпус насоса, достаточно резко уменьшаются.

Результатом проведенных исследований является разработка новой конструкции клапана бурового поршневого насоса. В качестве исходного показателя для расчета размеров клапанов принималось максимальное значение средней скорости рабочей жидкости в щели. Данный параметр позволяет объективно оценить количество жидкости, протекающей через клапан за рабочий цикл. Исходя из этой величины, рассчитывалась площадь проходного сечения клапана, высота подъема тарели, диаметр гидравлической коробки бурового насоса. Далее рассчитывали давление в клапане, определяли нагрузку на тарель и выбирали пружину.

Согласно полученным теоретическим данным для обеспечения герметичности при посадке тарели клапана на седло разработана конструкция клапана (пат. РФ № 41825 на полезную модель), схема и отдельные элементы которой показаны на рисунках 6 и 7. Клапан содержит седло 1, тарель 2, уплотнительное кольцо 3, прижимную втулку 4, упорную гайку 5 и крестовину 6. При этом тарель клапана снабжена хвостовиком 7 и ограничителем подъема 8.

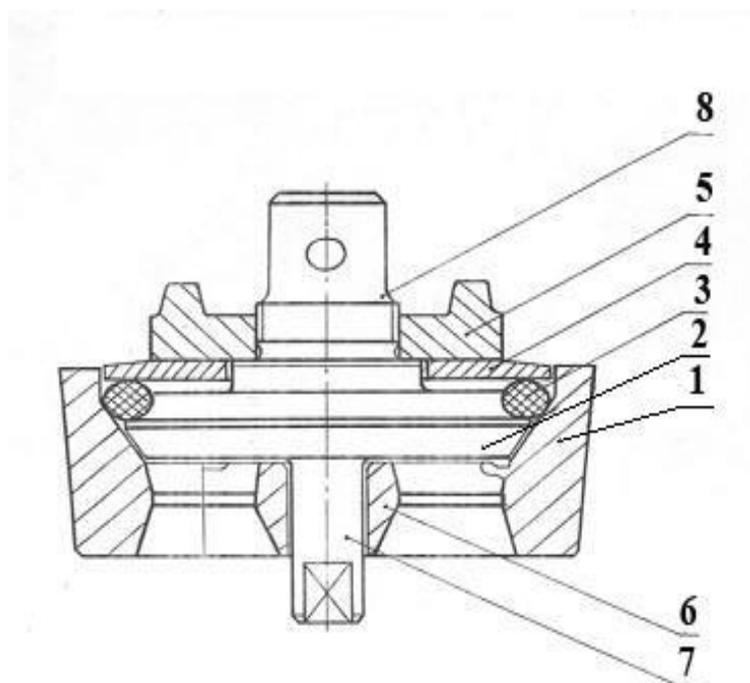


Рис. 6 - Схема конструкции клапана бурового насоса
(Патент РФ № 41825)

В данной конструкции [8] по сравнению с серийным вариантом изменена форма посадочных поверхностей тарели, седла и уплотнительного элемента. Посадочная поверхность седла выполнена в форме конуса, переходящего в цилиндр. Тарель имеет форму конического диска и при посадке упирается в цилиндрическую поверхность, что позволяет уменьшить удар тарели о седло и обеспечить герметичность клапана, а также повысить его долговечность. Однако, вибрация в этом случае не исключается.

Для гашения вибрации и предотвращения ее передачи корпусу насоса предложена конструкция клапана с эластичным элементом, выполненным в виде утолщенной шайбы, установленной между седлом клапана и корпусом насоса (Пат. РФ № 110158) [9]. Данная конструкция представлена на рисунке 7. Клапан включает седло 1, имеющее посадочное гнездо в форме цилиндра, переходящего в корпус, и тарель 2, имеющую форму конического диска. В седле 1 размещено кольцо 3 круглого сечения для уплотнения тарели, которое взаимодействует с прижимной втулкой 4 с возможностью вертикального перемещения относительно ограничителя 5 с размещенной упорной гайкой 6. В седле 1 установлена крестовина 7 и хвостовик 8 тарели. На наружной цилиндрической поверхности седла установлено уплотнительное кольцо 9. Эластичный элемент 10, выполненный в виде утолщенной шайбы, изолирует седло от корпуса 11 насоса. В процессе работы ударная волна, возникающая при посадке тарели 2 на седло 1, передается на эластичный элемент 10, выполняющий функцию пружины. За счет малой жесткости элемента 10 вибрация корпуса насоса уменьшается и как следствие повышается работоспособность насоса в целом. Для ограничения хода тарели 2 предусмотрена пружина 12 и крышка 13.

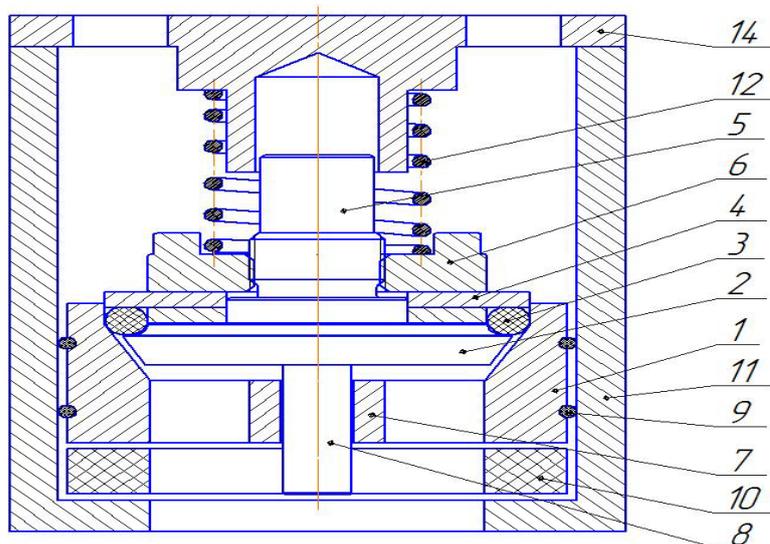


Рис. 7 - Клапан бурового насоса с элементом виброизоляции

По разработанным клапанам проведены стендовые испытания в результате которых были подтверждены теоретические исследования [10].

Литература

11. Габдрахимов, М.С. Анализ бурения нефтяных скважин в Азнакаевском ПБР ООО «Бурение» / М.С. Габдрахимов, Т.Н. Миннвалеев, Р.М. Галимов. // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2013. - №5. – С. 8-11.
12. Миннвалеев, Т.Н. Современное состояние оборудования, применяемого для выравнивания неравномерности давления и защиты оборудования от гидравлических ударов / Т.Н. Миннвалеев // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2011: сб. науч. тр. – Уфа: УГНТУ, 2011. – С. 51-54.
13. Миннвалеев Т.Н. О влиянии динамичности бурильного инструмента на показатели бурения / Т.Н. Миннвалеев //сборник трудов по материалам 42-й Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов сборник научных трудов в 2 томах. - 2015. - С. 87-91.
14. Абдюкова Р.Я., Виброизоляция седла клапана бурового насоса/Р.Я. Абдюкова// Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2011.-№5.-С.243-245.
15. Абдюкова Р.Я. Новая конструкция клапана бурового насоса/Р.Я. Абдюкова// Проблемы разработки и эксплуатации нефтяных месторождений : Межвуз. сб. науч.тр. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2004. – С.166-169.
16. Мандельштам Л.И. Лекции по теории колебаний // М.: Наука, 1972. –
17. С. 512.
18. Тихомиров В.А. Исследование шума и вибрации герметичных компрессоров и способов борьбы с ними. // Отчеты ВНИИХИ. 1964. - №2449; 1965. - №2661.
19. Пат.41825 RU U1 F16K15/02. Клапан бурового насоса/Б.З. Султанов, Р.Я. Абдюкова, М.С. Габдрахимов.- №2003106596/22; Заявлено 11.03.2003//Изобретения (Заявки и патенты).-2004.-№31.-С.201.
20. Пат.110158 RU U1 F16K15/02. Клапан бурового насоса/Р.Н. Бахтизин, Н.Я. Багаутдинов, Р.Я. Абдюкова и др. (Гос.науч.учреждение «Академия наук РБ»).-№2011124509/06; Заявлено 16.06.2011//Изобретения (Заявки и патенты).- 2011.-№31.-С.225.
21. Абдюкова Р.Я. Динамические исследования клапанов поршневого насоса НБ-125 ИЖ/ Р.Я.Абдюкова, Р.Н. Бахтизин, Н.Э.Ахмедов, Е.Л. Маликов, К.А. Перескоков // Научно-технический журнал «Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов». -2012г. Выпуск 4(90).-С.56-64.

References

1. Gabdrakhimov, M. S. Analysis of oil drilling down PBR, OOO Burenie / M. S. Gabdrakhimov, tn. Minvaleev, R. M. Galimov. // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2013. - No. 5. – Pp. 8-11.
2. Minnegaleev, Tn. State of the art equipment used for leveling of uneven pressure and protect equipment from water hammer / T. N. Minvaleev // Modern technologies in oil and gas – 2011: scientific collection. Tr. – Ufa: UGNTU, 2011. – Pp. 51-54.
3. Minnegaleev Tn. On the impact of dynamic drilling tool for drilling performance / T. N. Minvaleev //the collection of proceedings of the 42nd International scientific and technical conference of young scientists, postgraduates and students of the proceedings in 2 volumes. - 2015. - P. 87-91.
4. Abdyukova R. J., Vibration valve seat mud pump /R. I. Abdulova// Electronic scientific journal "Oil and gas business". – 2011.-№5.-P. 243-245.
5. Abdyukova R. Y. a New design of a mud pump valve/Abdyukova R. I.// Problems of development and exploitation of oil fields : Mezhvuz. SB.nauch.Tr. – Ufa: publishing house of USPTU, 2004. – S. 166-169.
6. Mandelstam L. I. Lectures on theory of oscillations // М.: Nauka, 1972. –
- С. 512.
- 7.Tikhomirov B. A. Investigation of noise and vibration hermetic compressors and ways of dealing with them. // Reports UNIHI. 1964. - №2449; 1965. - №2661.
8. Pat.41825 EN U1 F16K15/02. The valve of the mud pump)/B. Z. Sultanov, R. J. Abdyukova, M. S. Gabdrakhimov no.2003106596/22; it is 11.03.2003//Inventions (Applications and patents).-2004.-No. 31.-S. 201.
- 9.Pat.110158 EN U1 F16K15/02. The valve of the mud pump/R.N. The Bakhtizina N. I. Bagautdinov, R. J. Abdyukova etc. (State.scientific.the establishment of the "Academy of Sciences of Belarus") no.2011124509/06; Stated 16.06.2011//Inventions (Applications and patents).-2011.-№31.-P. 225.
10. Abdyukova R. J. Dynamic studies of the valves of the piston pump NB-125 IZH/ R. I. Abdulova, R. N. The Bakhtizina N. Uh.Akhmedov, E. L., Malikov, K. A. hopping capability // Scientific and technical journal "Problems of gathering, treatment and transportation of oil and oil products". -2012. Issue 4(90).-P. 56-64.