

УДК 621.651.07:622.276.054 (045)

UDC 621.651.07:622 .276 .054 (045)

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ
САМОУСТАНОВЛИВАЮЩЕГОСЯ
ПЛУНЖЕРА НАСОСОВ ВЫСОКОГО
ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СЕРВИСА
НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

**DESIGN ENGINEERING OF HIGH-
PRESSURE SELF-AJUSTING PUMPS
PLUNGER FOR SERVICING OIL AND
GAS WELLS**

*С. О. Киреев, Х. К. Кадеров,
М. В. Корчагина, В. А. Гусенко*

*S. O. Kireev, H. K. Kaderov,
M. V. Korchagina, V. A. Gusenko*

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону,
Российская Федерация
Wadys@mail.ru
kireevso@yandex.ru
ms.korchaginamv@mail.ru

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation
Wadys@mail.ru
kireevso@yandex.ru
ms.korchaginamv@mail.ru

Усовершенствована конструкция самоустанавливающегося плунжера насосов высокого давления для сервиса нефтегазовых скважин. На основании анализа существующих на рынке насосов высокого давления для сервиса нефтегазовых скважин предложена новая конструкция узла крепления плунжера со штоком.

The article is devoted to the development of high-pressure self-adjusting pumps plunger for servicing oil and gas wells. It provides a new attachment point construction of a plunger with a rod on the basis of the analysis of the existing on the market high-pressure pumps for servicing oil and gas wells proposed.

Ключевые слова: самоустанавливающийся плунжер, насосы высокого давления сервиса нефтегазовых скважин.

Keywords: self-adjusting plunger, high-pressure pumps for servicing oil and gas wells.

Введение. Одним из важнейших методов интенсификации добычи нефти является гидравлический разрыв пласта (ГРП) [1]. Гидравлический разрыв, воздействуя на пласты, повышает производительность скважин, одновременно ускоряя отбор нефти и увеличивая нефтеотдачу. Повышение производительности скважин и нефтеотдачи пласта обуславливает широкое применение метода при разработке нефтяных месторождений. ГРП является одним из наиболее эффективных методов повышения производительности нагнетательных, нефтяных и газовых скважин [2].

Основная часть. Оборудование, требуемое для выполнения стимулирующей обработки, включает смесительное оборудование, оборудование для подачи проппанта, а также насосное и контрольно-измерительное оборудование.

Плунжерные насосы предназначены для нагнетания рабочих жидких сред при гидравлическом разрыве нефтегазоносных пластов, цементирования, для гидropескоструйной перфорации, промывки песчаных пробок, глушения и других промывочно-продавочных работ при освоении и эксплуатации скважин.

Одним из важнейших элементов оборудования для гидравлического разрыва пласта являются насосные установки. Это плунжерные насосные агрегаты высокого давления, установленные на автомобильном шасси и предназначенные для закачивания загеленной жидкости и проппанта в пласт. Жидкости ГРП, поступающие из блендера, попадают в систему низкого давления манифольда и подаются на насосы, а затем насосы через систему высокого давления манифольда подают жидкость в скважину [3].

Конструктивно плунжерные насосы выполнены в виде двух блоков: приводного и гидравлического. Гидравлическая часть состоит из кованого гидроблока с находящимися в нем всасывающими и нагнетательными клапанами и плунжерами с уплотнениями. Приводная часть насоса включает сварную неразъемную станину, в которой смонтированы продольно расположенные шатунно-крейцкопфные группы и поперечно установленный коренной кривошипный вал.

Плунжерный насос — это сложный механизм, требующий регулярного технического обслуживания. Это приводит к большим эксплуатационным затратам. Одним из часто выходящих из строя элементов конструкции насоса является узел крепления штока с плунжером. Это происходит за счет неполной компенсации несоосности в радиальном и угловом направлениях плунжера гидравлической и штока приводной частей.

Для устранения этого недостатка необходимо разработать конструкцию узла крепления плунжера со штоком насоса, обеспечивающую самоустанавливаемость плунжера в насосе высокого давления для сервиса нефтегазовых скважин. Узел позволит компенсировать радиальную и угловую неточности между расточкой в гидроблоке и штоком приводной части насоса, что значительно снизит нагрузки на плунжер, и тем самым обеспечит его повышенный ресурс. Это позволит увеличить долговечность насоса и снизить эксплуатационные затраты. Кроме того, разрабатываемая конструкция подразумевает применение полого плунжера, что снижает материалоемкость насоса.

На основании анализа существующих на рынке насосов высокого давления для сервиса нефтегазовых скважин предложена новая конструкция узла крепления плунжера со штоком.

Сравнительные характеристики насосов высокого давления представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные характеристики насосов высокого давления

Характеристики насосов	Halliburton HT-400 (США)	Garden Denver GD-2500 (США)	MSI TI-600 (США)	Weir SPM TWS 2250 (США)	Насос ЗПН-70 Тамбовполимермаш	СИНЗ1 Синергия	НТП 727Б Стромнефтемаш	НП-800 Ижнефтемаш	НП-720 Трастинжинринг	РЕТАЛ ПЭТ-105 (Румыния)
Полезная мощность, кВт	294	1864	441	1600	452	420	249	588	603	315
Максимальное рабочее давление Мпа	138	122	103	72	70	100	70	80	105	105
Наибольшая идеальная подача, л/мин	1515, при плунж.100	800, при плунж.90	1191, при плунж.115	1249, при плунж.90	900, при плунж.100	1650, при плунж.125	1473, при плунж.90	1145, при плунж.90	1254, при плунж.100	2047, при плунж.115

В данных насосах осуществляются соединения посредством тяги или хомута. Соединения с помощью тяги (стяжного стержня, шомпола) снижают радиальные нагрузки на плунжер и обеспечивают возможность компенсировать несоосность между плунжером в гидроблоке и приводной части. Рассмотрим более подробно некоторые из них.

1. Насос трехплунжерный ЗПН-70 представлен на рис.1. В гидравлической части насоса плунжеры 1 связаны с крещцкопфами приводной части посредством тяг 2, с помощью резьбового отверстия в заглушке 3 [4].

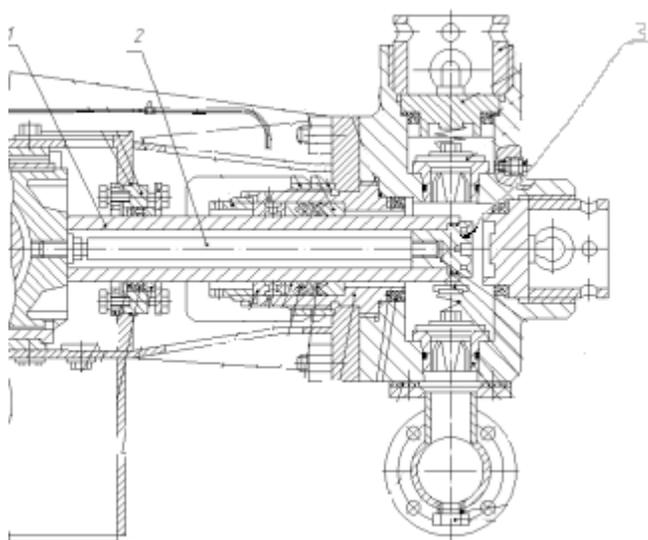


Рис. 1. Гидравлическая часть насоса ЗПН-70

2. Насос трехплунжерный НТП 727 изображен на рис. 2. В гидравлической части насоса устанавливается передняя крышка (заглушка) 1 с уплотнением и гайка плунжера 3, стягиваемые тягой (шомполом) 2 со штоком приводного блока через центральное отверстие плунжера 4, с помощью резьбового отверстия штока 5 и гайки плунжера 3 [5].

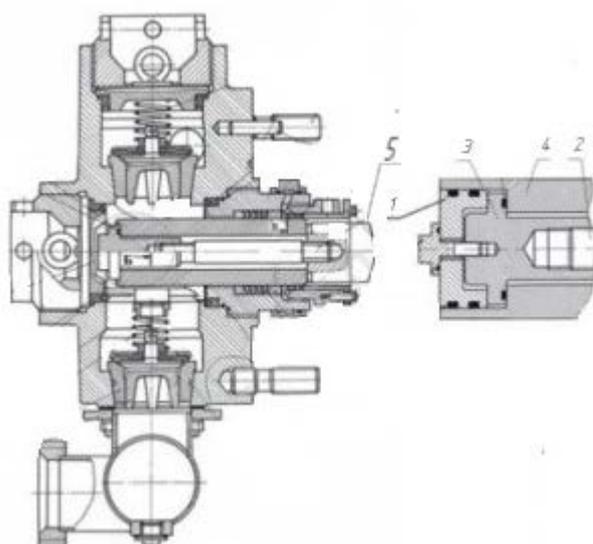


Рис. 2. Гидравлическая часть насоса НТП-727

3. Трехплунжерный насос НТ-400 изображен на рис. 3. В гидравлической части насоса устанавливается передняя головка плунжера (заглушка) 2, стягиваемая стержнем 3 со штоком через центральное отверстие плунжера 1 с помощью резьбового отверстия в головке плунжера 2 [6].

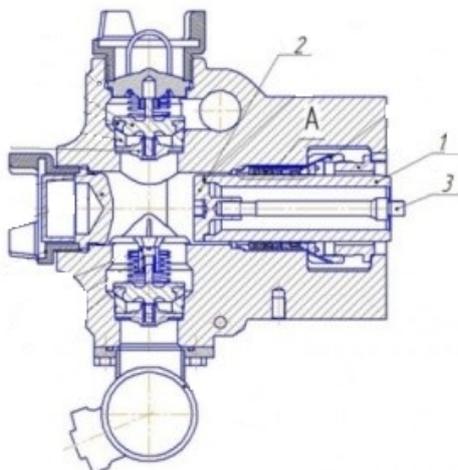


Рис. 3. Гидравлическая часть насоса НТ-400

4. Трехплунжерный насос НТП-800 изображен на рис. 4. Насос содержит сборный плунжер, включающий гильзу 1, в которую с торцов устанавливаются передняя заглушка 2 с уплотнением и задняя шайба 3, стягиваемые тягой 4 со штоком через центральное отверстие в шайбе с помощью резьбового отверстия в заглушке [7].

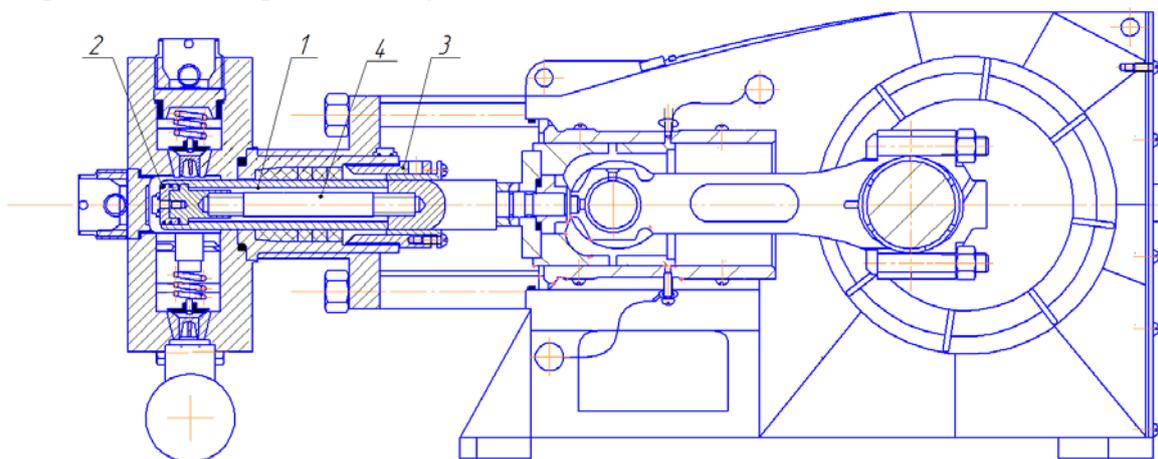


Рис. 4. Насос НТП-800

5. На рис. 5 проиллюстрирован внешний вид трехплунжерного насоса компании MSI, модель TI-600. В гидравлической части насоса плунжер связан с крейцкопфом с помощью винта через гайку [8].



Рис. 5. Насос TI-600

Недостатками соединений с помощью тяги являются возможность повреждения резьбовой пары и наличие деформации тяги. Указанные дефекты приводят к снижению долговечности плунжера и преждевременному выходу из строя насоса.

Рассмотрим случай, когда шток приводной части соединён с плунжером насоса посредством хомута.

1. Насос компании *Weir SPM*, модель *TWS2250* изображен на рис. 6. В гидравлической части насоса плунжер 2 связан со штоком посредством хомута 1 [9].

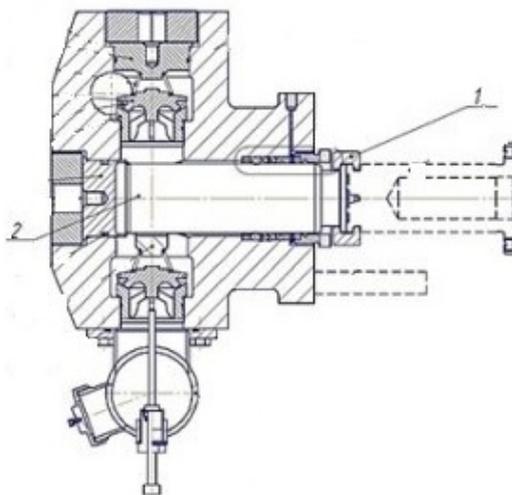


Рис. 6. Гидравлическая часть насоса *TWS2250*

2. Внешний вид пятиплунжерного насоса компании *Garden Denver*, модель *GD-2500* изображен на рис. 7, а трехплунжерный насос компании *PETAL*, модель ПЭТ-105, — на рис. 8. Соединения между плунжером и штоком в данных насосах однотипны и выполнены с помощью хомута [10, 11].



Рис. 7. Насос *GD-2500*

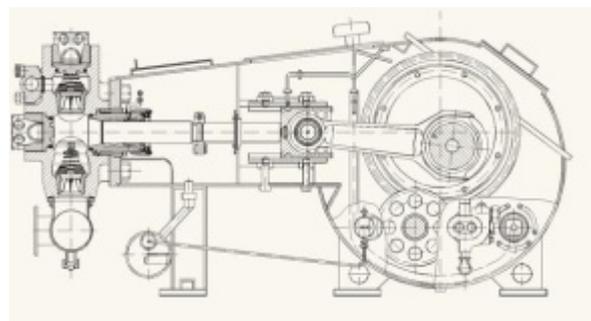


Рис. 8. Насос ПЭТ-105

3. Трехплунжерный насос российской компании Синергия СИН31, представлен на рис. 9. В гидравлической части насоса соединение между плунжером 2 и штоком 1 осуществляется с помощью хомута [12].

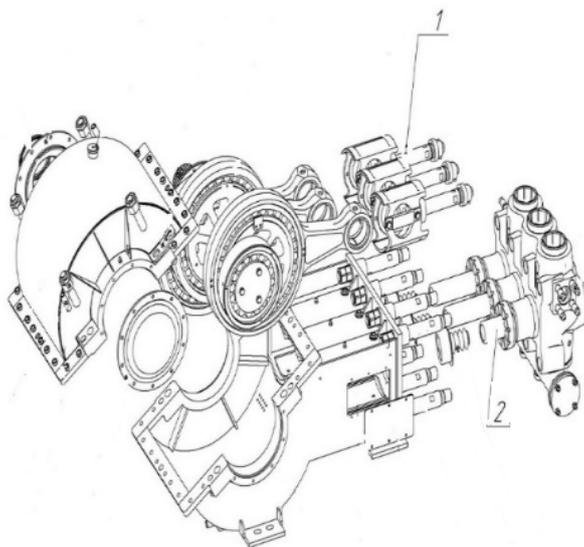


Рис. 9. Насос СИН31

4. На рис. 10 продемонстрирован внешний вид трехплунжерного насоса НП-720 производства компании Траст-Инжиниринг, г. Ростов-на-Дону. Гидравлическая часть состоит из ковального гидроблока с находящимися в нем всасывающими и нагнетательными клапанами и плунжерами с уплотнениями. Шток приводной части жестко присоединен к плунжеру насоса посредством хомута [13].



Рис. 10. Насос НП-720

К недостаткам соединения с помощью хомута относится безазорное соединение между плунжером и штоком без возможности изменения их расположения относительно друг друга в процессе сборки, а также отсутствие компенсации в случае несоосности штока приводной и гидравлической части, как в радиальном, так и угловом направлении. Это приводит к возможности преждевременного износа деталей, вследствие чего появляется необходимость в дополнительной химико-термической обработке.

Описание разработанной конструкции. Для устранения отмеченных выше недостатков существующих плунжерных насосов высокого давления предлагается конструкция узла крепления плунжера и штока, проиллюстрированная на рис. 11. Плунжер содержит гильзу 1, прикрепленную к ней ступенчатую переднюю крышку 2 с резьбой на меньшей ступени, шайбу 3, заднюю крышку 4 с резьбовым соединением для крепления к плунжеру. Соединение плунжера со штоком 6 приводной части насоса осуществляется посредством узла крепления, включающего прикрепленный к задней крышке плунжера фланец 7 с отверстием. Фланец 7, являющийся деталью узла крепления плунжера, прикрепляется к штоку 6 с помощью винта 8, регулирующей прокладки 9 и резьбовых стопоров 10.

Значительное снижение нагрузок на плунжер осуществляется за счет компенсации несоосностей между плунжером и штоком 6. Устранение угловой несоосности достигается применением конструкции, обеспечивающей сферическое движение фланца 7 относительно штока 6, а несоосность в радиальном направлении компенсируется путем соответствующего перемещения задней крышки 4 совместно с шайбой 3 [14].

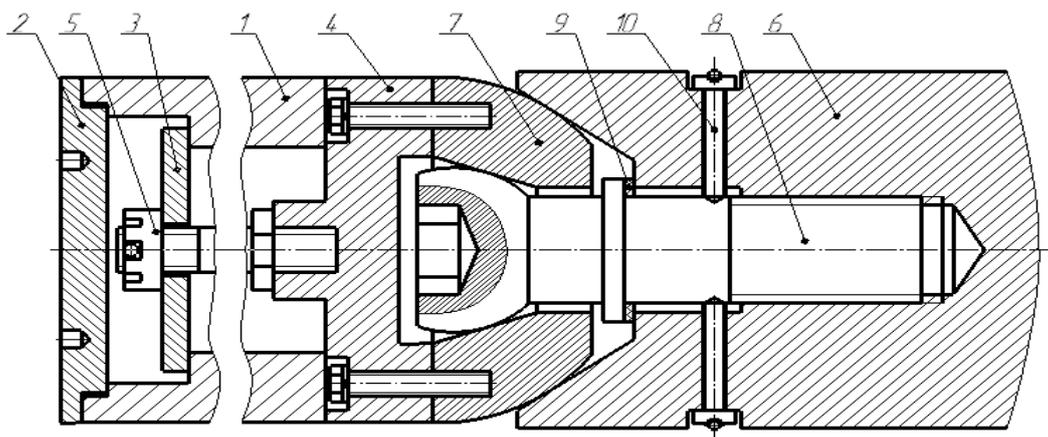


Рис. 11. Узел самоустанавливающегося плунжера

Заключение. Проанализировав разработанную конструкцию самоустанавливающегося плунжера насоса высокого давления, можно сделать вывод, что узел крепления позволяет компенсировать радиальные и угловые несоосности между плунжером и штоком. Благодаря этому повышается долговечность и снижаются эксплуатационные затраты при использовании насоса.

Для детальной проработки конструкции узла крепления необходимо выполнить дополнительные расчеты прочностных характеристик, оптимизацию формы и размеров сопрягаемых элементов в соединении штока с плунжером насоса.

Библиографический список

1. Третьяк, А. Я. Методы увеличения нефтеотдачи пластов / А. Я. Третьяк, В. В. Зиновьев. — Новочеркасск : ЮРГТУ (НПИ), 2005. — 227 с.
2. Экономидис, М. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта / М. Экономидис, Р. Олайни, П. Валько. — Орс Пресс, Алвин, шт. Техас, 2004. — 236 с.
3. Бухаленко, Е. И. Справочник по нефтепромысловому оборудованию / Е. И. Бухаленко. — Москва : Недра, 1990. — 559 с.

4. Насосы цементируемые, буровые, плунжерные, поршневые [Электронный ресурс] / Тамбовполимермаш. — Режим доступа: <http://www.tambovpolimer.ru/catalog/5/> (дата обращения : 21.05.2016).
5. Обогащительное оборудование для добывающей промышленности [Электронный ресурс] / Стромнефтемаш. — Режим доступа: <http://stromneftemash.rosbizinfo.ru/products/25.html> (дата обращения : 21.05.2016).
6. Насосы плунжерные [Электронный ресурс] / Синергия. — Режим доступа: <http://www.sinergia.ru/category/141#> (дата обращения : 21.05.2016).
7. Pump / Products & Services Cementing [Электронный ресурс] / Land Equipment. — Режим доступа: <http://www.halliburton.com/> (дата обращения : 21.05.2016).
8. Плунжерные насосы высокого давления [Электронный ресурс] / Weir SPM. — Режим доступа: <http://xn--b1agirofh.xn--p1ai/catalog> (дата обращения : 21.05.2016).
9. Service Pump [Электронный ресурс] / MSI: Manual. — Режим доступа: <http://www.Diwmsi.com/pump/ti600.asp> (дата обращения : 21.05.2016).
10. Stimulation & fracturing pumps [Электронный ресурс] / Garden Denver: Reciprocating, Quintuplex Stimulation. — Режим доступа: <http://www.Gardnerdenverpumps.com/pumps/> (дата обращения : 21.05.2016).
11. Pompe triplex PET [Электронный ресурс] / Petal: Catalog. — Режим доступа: <http://www.petal.ro/produse-sub-agregate-id-83-lang-ru.html> (дата обращения : 21.05.2016).
12. Даутов, Т. М. Новое поколение плунжерных насосов высокого давления производства ОАО «Ижнефтемаш» / Т. М. Даутов, Р. Е. Газаров // Нефтяное хозяйство. — 2003. — № 7. — С. 92–96.
13. Попов, В. Трехплунжерные насосы высокого давления «Траст-Инжиниринг» / В. Попов, С. Киреев // Топливный рынок. — июнь 2010. — С. 6–9.
14. Конструкция узла крепления плунжера и штока : заяв. на выдачу патента полезной модели : МПК (2015) F04B15/04, F04B23/10 / С. О. Киреев, Х. К. Кадеров, М. В. Корчагина, В. А. Гусенко. — заявл. 21.01.2016.