

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПРИВОДНЫХ ЧАСТЕЙ ПЛУНЖЕРНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ НЕОБХОДИМОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ СИЛОВОГО РАСЧЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ЧИСЛЕННОГО ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА

Киреев С.О., Корчагина М.В., Степанов В.Н., Коледа Э.В.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: плунжерный насос, привод, силовой расчет, численный анализ, стоимость изделия.

Аннотация. В статье выполнен анализ конструкций приводных частей плунжерных насосов высокого давления. Рассмотрены патенты, описывающие приводные части плунжерных насосов. Выявлена и обоснована необходимость проведения силового расчета механизма приводной части насоса с использованием технологий численного инженерного анализа, что позволит получить картину силового взаимодействия, близкого к реальности.

Введение. Добыча нефти на сегодняшний день не обходится без использования плунжерных насосов, благодаря которым выполняются такие технологические операции, как цементирование и кислотная обработка скважин, гидропескоструйная перфорация, гидравлический разрыв пласта и другие работы. Уменьшенные габариты и вес насосов делает их крайне привлекательными для использования на мобильных буровых установках. Также плунжерные насосы входят в состав насосных установок при бурении и ремонте нефтяных и газовых скважин, кустовых насосных станций для поддержания пластового давления при добыче нефти. От надежности насосов, входящих в состав этих установок, во многом зависит качество проведения перечисленных технологических операций и эффективность дальнейшей эксплуатации нефтяных и газовых скважин. В свою очередь надёжность работы данных насосов высокого давления сервиса нефтегазовых скважин в значительной мере определяется работоспособностью приводной части этих механизмов [1].

Тенденции развития плунжерных насосов. Для выявления технического уровня и тенденций развития современных плунжерных насосов произведен патентный поиск. Рассмотрим некоторые патенты, которые описывают конструкцию приводов плунжерных насосов.

В патенте [2] представлен привод многоцилиндрового насоса (рис. 1).

Привод включает станину насоса, установленные на подшипниках сварной коренной вал с полыми эксцентриками и зубчатыми колесами на ступицах и трансмиссионный вал с шестернями, образующими с колесами зубчатые пары, размещенные после крайних эксцентриков внутри станины. Новизной данной конструкции является выполнение ступицы одного из зубчатых колес съемной. Она выполнена за одно целое с полым крайним эксцентриком и установлена на наружной цилиндрической поверхности эксцентрика, расположенного перед крайним эксцентриком.

В патенте [3] изображен плунжерный насос (рис.2).

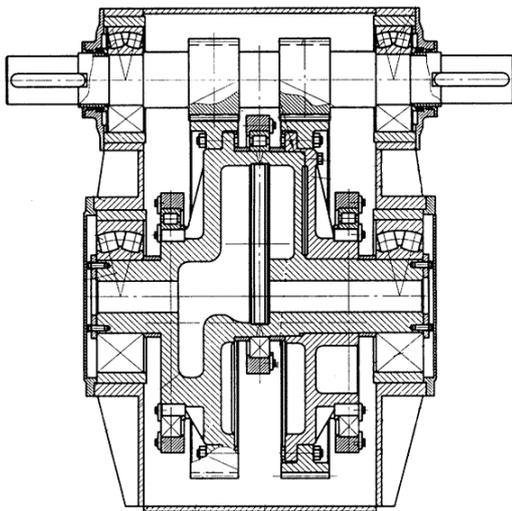


Рис. 1.

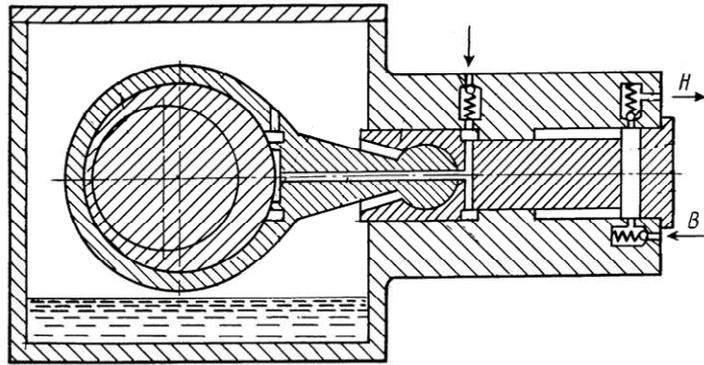


Рис. 2.

Конструкция насоса включает корпус с выполненным в нем картером для жидкой смазки. В нем размещены эксцентриковый приводной вал и шатун, связывающий эксцентрик приводного вала с двухступенчатым плунжером.

Отличием данной конструкции является то, что на сопрягаемой с эксцентриком поверхности шатуна вокруг осесимметричной полости выполнена канавка, связанная с картером каналом. Повышается надежность, более эффективно обеспечивается смазка и охлаждение шатуна с эксцентриком приводного вала.

В патенте [4] представлен привод плунжерного насоса (рис. 3).

Приводная часть трех-плунжерного насоса состоит из расположенного внутри неразъемной станины кривошипно-шатунного механизма, имеющего подшипники скольжения в больших и малых головках шатунов и кривошипный вал с короткой и приводной осевыми цапфами. Вал установлен в расточках боковых и внутренних продольных стенок станины на крайних и промежуточных опорных радиально-цилиндрических роликоподшипниках с одним буртовым и другим безбуртовым кольцами, одного размера по их разьему.

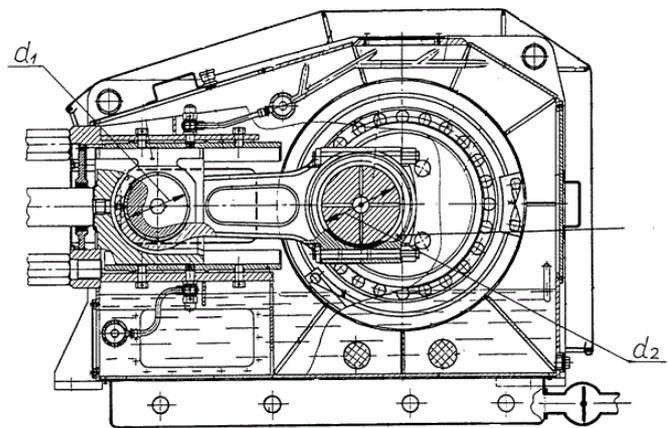


Рис. 3.

В системе смазки выполнен сообщенный с масляной ванной дополнительный нагнетательный масляный трубопровод. Внутри станины, под ее верхними листами расположены сообщенные с дополнительным нагнетательным масляным трубопроводом трубки с соплами, направленными на нижние поверхности верхних листов станины. Такая конструкция повышает механический КПД, срок службы, надежность насоса, а также уменьшает габариты, массу и трудоемкость монтажных и ремонтных работ.

В патенте [5] рассматривается плунжерный насос (рис.4).

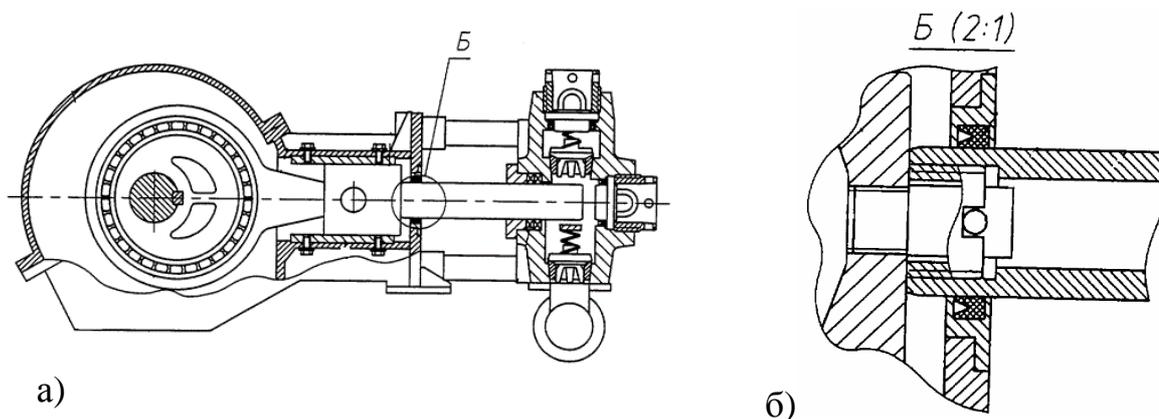


Рис. 4.

Насос состоит из гидроблока и корпуса. В корпусе находится кривошипно-шатунный механизм. Горизонтальные стенки корпуса выполнены волнообразными. На них механически закреплены направляющие накладки из антифрикционного материала постоянной толщины, по которым двигаются крейцкопфы. В корпусе и гидроблоке установлены уплотнения. Плунжер соединяется тягой с крейцкопфом. На тяге установлен фиксатор, который удерживает резьбовую втулку от осевого перемещения. Между плунжером и крейцкопфом установлена подложка. Новым в данной конструкции является то, что поверхность контакта плунжера с подложкой выполнена сферической, благодаря чему увеличивает ресурс насоса при эксплуатации за счет снижения нагрузок на уплотнения.

Анализ тенденций развития плунжерных насосов. Тенденции развития плунжерных насосов направлены на повышение надёжности, срока службы, КПД, а также уменьшение габаритов, массы и трудоемкости монтажных и ремонтных работ. Это достигается путем изменения конструкции и деталей как приводной части, так и корпуса насоса. Изменение механизма или его модернизация всегда включает его силовое исследование, так как по найденным силам производится последующий расчет на прочность элементов кинематических пар и звеньев механизма.

Постановка задачи исследования. Проведенный патентный поиск показывает, что, не смотря на общий довольно высокий уровень развития конструкций приводных частей плунжерных насосов, их продолжают совершенствовать.

Любое, даже незначительное изменение в конструкции, может принести не однозначный эффект. Для удачной модернизации, необходимо проводить детальный силовой, а затем прочностной анализ.

Выбор методики исследования. Существует 2 метода силового расчета [6]:

- аналитический метод;
- метод планов сил (графо-аналитический).

Графические приемы обладают достаточной для практических расчетов точностью и применимы к механизмам любой сложности. Принципиально любая задача может быть решена и аналитически, но часто аналитические уравнения получаются столь сложными, что практическое применение их весьма затруднительно. Однако для исследования простейших механизмов

аналитический путь вполне пригоден. Кроме того, аналитические формулы позволяют выяснить влияние отдельных параметров на характер движения механизма, установить вид кривых, описываемых отдельными точками механизма, и подобрать размеры механизма по заданным условиям. В последнее время аналитический путь находит все большее применение в связи с развитием компьютерных технологий в сфере численного инженерного анализа.

Использование численных методов при проектировании различных конструкций и машин продиктовано необходимостью постоянного повышения качества и надежности изделий, а также возможностью применения новых конструкционных материалов, если учитывать сложные условия работы современных изделий. Максимальный эффект от использования технологий численного инженерного анализа (CAE, Computer-Aided Engineering) достигается при их использовании, начиная с самых ранних стадий проектирования [7]. При этом снижаются стоимость изделия, вероятность возникновения рисков и срок выпуска изделия на рынок. Исследования поведения конструкций можно также проводить и с помощью экспериментального подхода. Этот способ позволяет оценивать поведение конструкции при воздействии на нее различных внешних факторов. Однако он является дорогостоящим, требует больших временных затрат, а иногда вовсе не может быть применим. Сегодня в процессе разработки высокотехнологичной конкурентоспособной продукции ведущие фирмы мира используют конечно-элементное (КЭ) моделирование, частично заменяя дорогостоящий натуральный эксперимент более дешевым и рациональным вычислительным экспериментом. Ведь современный уровень компьютерной техники позволяет решать сложные задачи на мощных рабочих станциях и кластерах достаточно быстро. Важно также отметить, что при проведении реальных экспериментов, как правило, информацию можно получать лишь в десятках или сотнях точек. При численном моделировании таких точек может быть несколько сотен тысяч, а при необходимости – и больше.

Заключение. В работе проведен анализ конструкций и выявлены тенденции развития плунжерных насосов высокого давления. Были рассмотрены методы силового расчета и обоснована необходимость проведения силового расчета конструкции приводной части плунжерного насоса с использованием технологий численного инженерного анализа, который позволит получить картину силового взаимодействия, близкого к реальности, что снизит стоимость изделия, вероятность возникновения рисков и срок выпуска изделия на рынок.

Список литературы

1. Киреев С.О. Анализ условий работы узлов трения скольжения приводной части плунжерных насосов высокого давления сервиса нефтегазовых скважин / С.О. Киреев и др. // Химическое и нефтегазовое машиностроение – 2016. – № 5. – С. 25-30.
2. Пат. 2307952 РФ, МПК F04B9/04. Привод многоцилиндрового насоса с кулачками, эксцентриками, пальцами в пазу / Газаров Р.Е.; заяв. и патентообл. ООО «ВНИИНЕФТЕМАШ-НПО». – № 2006133623/06; заявл. 20.09.2006; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 28. – 6 с.
3. Пат. 2204735 РФ, МПК F04B9/04. Плунжерный насос с кулачками, эксцентриками, пальцами в пазу / Эйсимонтт С.А.; заяв. и патентообл. Эйсимонтт Светлана Анатольевна. – № 2002119035/06; заявл. 18.07.2002; опубл. 20.05.2003, Бюл. № 14. – 9 с.

4. Пат. 2324069 РФ, МПК F04B9/04. Приводная часть насоса / Авилкин Ю.М.; заяв. и патентообл. Авилкин Юрий Михайлович. – № 2006141812/06; заявл. 28.11.2006; опубл. 10.05.2008, Бюл. № 13. – 19 с.
5. Пат. 2203435 РФ, МПК F04B9/00. Плунжерный насос / Назаров В.И., Маковеев О.П., Щенев Б.А.; заяв. и патентообл. ООО «Синергия-Н». – № 2001112044/06; заявл. 03.05.2001; опубл. 27.04.2003, Бюл. № 12. – 4 с.
6. Киреев С.О. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин: учеб. пособие / С.О. Киреев, М.В. Корчагина, С.Л. Никищенко. – Ростов н/Д: Изд. центр ДГТУ, 2015. – 98с.
7. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ / П.С. Гончаров и др. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 504 с.

Сведения об авторах:

Киреев Сергей Олегович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Машины и оборудование нефтегазового комплекса», ДГТУ, г. Ростов-на-Дону;

Корчагина Марина Валерьевна – к.т.н., доцент кафедры «Технологические машины и оборудование нефтегазового промысла», ДГТУ, г. Ростов-на-Дону;

Степанов Валентин Николаевич – заместитель главного конструктора ООО «ТРАСТ-ИНЖИНИРИНГ», г. Ростов-на-Дону;

Колета Эдуард Валентинович – магистрант ДГТУ, г. Ростов-на-Дону.

STUDYING THE CONSTRUCTIONS OF THE DRIVING PARTS OF THE HIGH-PRESSURE PLUNGER PUMPS WITH THE PURPOSE OF JUSTIFICATION OF THE NEED FOR CONDUCTING POWER CALCULATION USING THE TECHNOLOGIES OF NUMERICAL ENGINEERING ANALYSIS

Kireev C.O., Korchagina M.V., Stepanov V.N., Koleda E.V.

Keywords: plunger pump, drive, power calculation, numerical analysis, product cost.

Abstract. The paper analyzes the design of the drive parts of high-pressure plunger pumps. Patents describing the drive parts of plunger pumps are considered. Identified and justified the need for the power calculation of the mechanism of the drive part of the pump using the technology of numerical engineering analysis, which will provide a picture of the force interaction, close to reality.

References

1. Kireev S.O. Analysis of the operating conditions of sliding friction units in the drive part of high-pressure plunger pumps of oil and gas well services / S. Kireev. and others // Chemical and oil and gas engineering – 2016. – № 5. – P. 25-30.
2. Pat. 2307952 RU, IPC F04B9 / 04. Drive multi-cylinder pump with cams, eccentrics, fingers in the groove / Gazarov P.E.; applicant and patent holder VNIINEFTEMASH-NPO Limited Liability Company. – № 2006133623/06; declare 20.09.2006; publ. 10.10.2007, Byul. № 28. – 6p.
3. Pat. 2204735 RU, IPC F04B9 / 04. Plunger pump with cams, eccentrics, fingers in the groove / Eisimont S.A.; applicant and patent holder Svetlana Anatolyevna Eisimont. – № 2002119035/06; declare 07.18.2002; publ. 20.05.2003, Byul. No. 14. – 9 p.
4. Pat. 2324069 RU, IPC F04B9 / 04. The drive part of the pump / Avilkin Y.M.; applicant and patent holder Avilkin Yury Mikhailovich. – № 2006141812/06; declare 28.11.2006; publ. 10.05.2008, Bull. № 13. – 19 p.
5. Pat. 2203435 Russian Federation, IPC F04B9 / 00. Plunger pump / Nazarov V.I., Makoveev O.P., Shenev B.A.; applicant and patent holder Limited Liability Company "Synergy-N". – №2001112044/06; declare 05.05.2001; publ. 27.04.2003, Byul. № 12. – 4 p.
6. Kireev S.O. Course design on the theory of mechanisms and machines: studies. manual / S.O. Kireev, M.V. Korchagina, S.L. Nikishenko. – Rostov n / D: Publishing Center DSTU, 2015. – 98p.
7. NX Advanced Simulation. Engineering Analysis / P.S. Goncharov et al. – M.: DMK Press, 2012. – 504 p.