

ТЕНДЕНЦИИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРИВОДНОЙ ЧАСТИ ПЛУНЖЕРНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ НП-720

Киреев С.О., Корчагина М.В., Прокопенко В.А.

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

Ключевые слова: плунжерные насосы высокого давления, приводная часть, антифрикционный материал на основе железа, самосмазывающиеся подшипники, смазка, трение, износ.

Аннотация. В работе рассматривается конструкция и принцип действия плунжерного насоса высокого давления на примере отечественного насоса НП-720. Приводится анализ работ по его модернизации с целью увеличения надежности и долговечности. Предлагается вариант синтезированной конструкции удовлетворяющей последней разработке в этом направлении.

Введение. Особое место среди нефтепромыслового оборудования занимает специализированные комплексы нагнетательного оборудования для увеличения нефтеотдачи. Широкое применение нагнетательного оборудования позволяет сократить время разработки месторождений и количество оставшихся неизвлеченных нефти и газа [1]. Комплексы такого оборудования включают насосы высокого давления, работающие в сложных условиях с быстротвердеющими, абразивосодержащими, коррозионными и другими агрессивными жидкими средами. От надежности этих установок и насосов, во многом зависит качество проведения перечисленных технологических операций и эффективность дальнейшей эксплуатации нефтяных и газовых скважин [2].

Рынок плунжерных насосов высокого давления для сервиса нефтегазовых скважин в основном представлен зарубежным оборудованием. Серийные плунжерные насосы отечественного производства не соответствуют современному уровню научно-технического прогресса. Недостатки этих насосов в том, что у них недостаточная долговечность и надежность, увеличенные массогабаритные характеристики, высокая удельная материалоемкость (отношение массы к полезной мощности насоса), значительная неравномерность подачи, низкий КПД и узкий диапазон основных рабочих параметров [3].

Однако, отечественные производители не оставляют попыток разработать конструкцию плунжерного насоса отвечающего последним требованиям отрасли. Одним из новейших образцов плунжерных насосов высокого давления отечественного производства является насос НП-720х105 приводной мощностью 720 кВт и максимальным давлением подачи 105 МПа. Этот насос разработан в 2008 году.

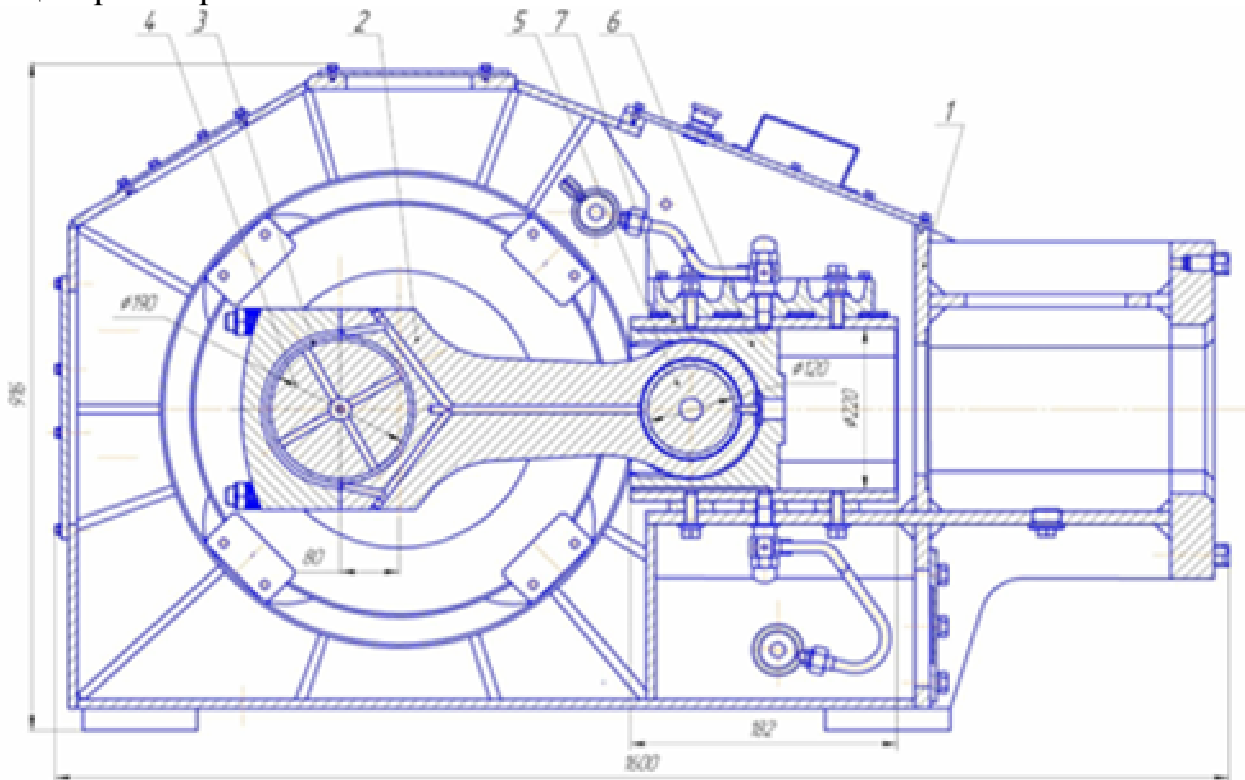
Конструкция приводной части НП-720

Насос НП-720 — горизонтальный, одностороннего действия, состоит из гидравлической и приводной частей, а также систем их принудительной смазки.

Гидравлическая часть насоса крепится к приводной посредством стяжных шпилек и включает: гидроблок, в гнездах которого установлены взаимозаменяемые всасывающие и нагнетательные клапанные узлы с пружинами сжатия, плунжера со штоками и универсальные уплотнительные пакеты

плунжеров с нажимными винтами. В нижней части гидроблока через фланцы на шпильках крепится приемный коллектор. В верхней части гидроблока на уровне верхней кромки седел клапанов находится коллектор насоса, соединяющий все нагнетательные клапанные камеры. Нагнетательный коллектор имеет выходные отверстия на левом и правом торцах гидроблока, к которым крепятся посредством шпилек и гаек нагнетательный манифольд и предохранительный клапан насосной установки.

Приводная часть насоса (рис. 1) включает сварную неразъемную станину, в которой смонтированы три продольно расположенные шатуннокрейцкопфные группы и поперечно установленный коренной кривошипный вал с тремя эксцентрично расположенными шейками.



1 – корпус приводной части насоса; 2 – шатун; 3 – вкладыш; 4 – вал кривошипный;
5 – палец шатуна; 6 – крейцкопф; 7 – направляющие

Рис. 1. Основные элементы конструкции шатунно-крейцкопфного механизма привода плунжерного насоса высокого давления

Шатунно-крейцкопфные группы включают стальные кованные крейцкопфы и шатуны, в малые головки которых запрессованы антифрикционные втулки, охватывающие пальцы крейцкопфов. В больших головках шатунов размещены антифрикционные полувкладыши разъемных подшипников скольжения, охватывающие шейки кривошипов коленчатого вала. Большие головки шатунов соединены с крышками болтами-стяжками.

Коренной вал - коленчатого типа, четырехпорный, его опорами служат специальные роликовые подшипники. По оси кривошипов коренного вала имеются отверстия для подвода по радиальным каналам смазки на трущиеся поверхности шеек кривошипов[3].

Рекомендации по усовершенствованию приводной части

Насосы высокого давления, работают в сложных условиях с быстротвердеющими, абразивосодержащими, коррозионными и другими агрессивными жидкими средами. В связи с этим конструкции таких насосов постоянно совершенствуются. Несмотря на то, что рассматриваемый насос является одной из последних разработок, среди плунжерных насосов отечественного производства в конструкции приводной части, также имеются некоторые недостатки. В настоящей работе были собраны рекомендации по усовершенствованию приводной части насоса НП-720:

В работе [4] был проведен анализ условий работы узлов трения скольжения приводной части плунжерного насоса НП-720. По результатам анализа условий работы узлов трения одной из модификаций шатунно-крейцкопфного механизма привода плунжерного насоса высокого давления и влияния на работу его звеньев условий нагружения, было отмечено, что для улучшения работоспособности рассматриваемого узла целесообразно уменьшить условное удельное давление до максимально допустимого за счет увеличения диаметра пальца и втулки, или уменьшения диаметра плунжера, с одновременным увеличением угловой скорости ведущего звена из условия уменьшения максимальной силы (F_{\max}) и сохранения производительности.

Для устранения недостатка конструкции связанного с недостаточной несущей способностью втулки малой головки шатуна была выполнена работа [2] в которой предлагается изменение конструкции узла трения малой головки шатуна приводной части насоса с использованием самосмазывающегося подшипника из порошкового антифрикционного материала на основе железа. В насосе НП-720 условное удельное давление, рассчитываемое по формуле $p = F_{\max}/dl \leq [p]$, где d – диаметр подшипника, l – длина рабочей поверхности, составляет 45,28 МПа. В качестве подшипника скольжения головки шатуна, исходной конструкции, использована стальная труба с заливкой из бронзы БрО10Ф1, работающая в условиях полужидкостной смазки. Максимально допустимое значение $[p]$ для этого материала составляет 25 МПа, что очень мало по сравнению с условным удельным давлением. Для увеличения максимально допустимого значения $[p]$ авторы предлагают использовать подшипники, изготовленные из сульфидированного железграфитового материала ПАЖГрЗЦс, предназначенные для работы в тяжелых условиях нагружения и выдерживают допустимые значения показателя $[pv]$ до 40 МПа. Допустимое значение показателя $[pv]$ данного материала ближе к рассчитанному для данного насоса, но также не достаточно. Для обеспечения несущей способности втулки подшипника, рассматриваемого узла, авторами работы [5] были увеличены диаметр пальца до 130мм и его длина до 100мм. При этом, условное удельное давление уменьшается до 39,7 МПа, что не превышает допустимого значения. В итоге возможно увеличение площади контакта сопрягаемых тел, за счет уменьшения толщины стенок крейцкопфа в рассматриваемой конструкции без изменения размеров деталей приводной части насоса НП-720.

В работе [6] автор для увеличения работоспособности и долговечности узла трения скольжения крейцкопфа предлагает его модернизировать путем снижения

трения в возвратно-поступательной паре. Из наиболее простых и эффективных направлений повышения работоспособности представленного узла трения является модернизация направляющих крейцкопфа, путем подбора покрытий из антифрикционных самосмазывающихся материалов. Такие материалы имеют ряд преимуществ перед традиционными материалами, поскольку обеспечивают: упрощение и облегчение конструкции узлов трения, экономию дорогостоящих цветных металлов, позволяют расширить диапазоны эксплуатации; повысить показатели долговечности (ресурс, срок службы). Кроме того, использование в подшипниках скольжения самосмазывающихся полимерных материалов позволяет отказаться от принудительной смазки. Это поможет решить одну из основных проблем связанных с масляным голоданием.

Заключение. В данной работе был проведен анализ выполненных работ по модернизации насоса НП-720 в результате выявлено несколько рекомендаций по изменению отдельных узлов конструкции. Все рассмотренные рекомендации в отдельности улучшают характеристики насоса. Для их воплощения в реальной конструкции, необходимо модернизировать приводную часть в целом, для того, чтобы вписать предлагаемые решения в конструкцию приводной части существующего насоса НП-720. Для этого, необходимо смоделировать синтезированную приводную часть и выполнить прочностные расчеты изменяемых деталей для проверки их прочностных характеристик.

Список литературы

1. Быков И.Ю. Эксплуатация и ремонт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов: Учебник для вузов / И.Ю. Быков и др. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. – 371 с.
2. Кузин А.Д. Узел трения-скольжения головки шатуна плунжерного насоса высокого давления с применением самосмазывающегося подшипника из порошкового антифрикционного материала / А.Д. Кузин, С.О. Киреев, М. Корчагина, С.Л. Никишенко // Вестник ДГТУ. – Январь 2017. – 7 с.
3. Попов В. Трехплунжерные насосы высокого давления «Траст-Инжиниринг» / В. Попов, С. О. Киреев // Топливный рынок. – Июнь 2010. – С. 6-9.
4. Анализ условий работы узлов трения скольжения приводной части плунжерных насосов высокого давления сервиса нефтегазовых скважин / С. О. Киреев и др. // Химическое и нефтяное машиностроение. – 2016. – №5 – С.2530.
5. Сукиасян А.А. и др. Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы: сборник статей Международной научно - практической конференции // МЦИИ ОМЕГА САЙНС. – 28 марта 2017. – 302 с.
6. Троянский С.С. Проблемы возникающие при эксплуатации узла трения скольжения крейцкопфа и пути их решения / С.С. Троянский, С.О. Киреев, М.В. Корчагина // Наука среди нас. – 2018. – 8 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;
Прокопенко Владислав Андреевич – магистрант ДГТУ, г. Ростов-на-Дону.

TRENDS OF MODERNIZATION OF THE DRIVE PART OF HIGH-PRESSURE PLUNGER PUMPS ON THE EXAMPLE OF NP-720*Kireev S.O., Korchagina M.V., Prokopenko V.A.*

Keywords: high-pressure plunger pumps, drive part, iron-based antifriction material, self-lubricating bearings, lubrication, friction, wear.

Abstract. The article deals with the design and operating principle of the high-pressure plunger pump on the example of the domestic pump NP-720. The analysis of works on its modernization in order to increase reliability and durability is given. A variant of the synthesized design satisfying the latest development in this direction is proposed.

References

1. Bykov I.Yu. Maintenance and repair of machinery and equipment for oil and gas fields / I.Yu. Bykov and other // Textbook for universities. - 2012. - 371 p.
2. Kuzin A.D. The friction-sliding unit of the head of the connecting rod of a high-pressure plunger pump with the use of a self-lubricating bearing made of powder antifriction material / AD Kuzin, S.O. Kireev, M. Korchagina, S.L. Nikishenko // Bulletin of the DGTU. - January 2017. - 7 p.
3. Analysis of the operating conditions of sliding friction units of the drive part of high-pressure plunger pumps of oil and gas wells service / S.O. Kireev et al. // Chemical and petroleum engineering. - 2016. - №5 - p. 25 - 30.
4. Sukiasyan A.A. et al. Traditional and innovative science: history, current state, prospects: a collection of articles of the International Scientific and Practical Conference / A.A. Sukiasyan // MTSII OMEGA SAINS. - March 28, 2017. - 302 p.
5. Trojan S.S. Problems arising from the operation of the crosshead friction unit and ways to solve them / S.S. Troyansky, S.O. Kireev, M.V. Korchagin // Science among us. - 2018. - 8 s.