Рис.3. – Синтезированная 3D-модель насоса высокого давления.

Рис.4. – Синтезированная 3D-модель насоса высокого давления (в разрезе).

Заключение. В работе проведен анализ усовершенствований рассматриваемого насоса учтены рекомендации по улучшению работы узла трения малой головки шатуна [6] и замены материала направляющих крейцкопфа на более износостойкий [4], обладающий лучшими триботехническими характеристиками. На основе предлагаемых рекомендаций была смоделирована усовершенствованная приводная часть насоса высокого давления. Конструкция включает модернизированный шатун, вкладыш, палец втулки, крейцкопф и направляющие, для этих деталей был смоделирован корпус и кривошипный вал. По разработанной в настоящей работе 3D модели планируется провести прочностные расчеты деталей по отдельности и узла в целом.

1. Прокопенко, В. А. Тенденции модернизации приводной части плунжерных насосов высокого давления на примере НП-720 / В.А. Прокопенко, С.О. Киреев, М.В. Корчагина // II Международная научно-практическая конференция “Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация”. – 2019. – 6 с.
2. 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. 25 – 30.
3. Киреев, С. О. Узел трения-скольжения головки шатуна плунжерного насоса высокого давления с применением самосмазывающегося подшипника из порошкового антифрикционного материала / С.О. Киреев, М. Корчагина, С.Л. Никищенко, А.Д. Кузин, // Вестник ДГТУ. — январь 2017. – 7 с.
4. Троянский, С. С. Расчет рабочих характеристик узла трения «Ползун - направляющие» плунжерного насоса высокого давления / С.О. Киреев, М. В. Корчагина, С. Л. Никищенко, С. С. Троянский, // Известия высших учебных заведений Северокавказский регион. Серия: Технические науки. — март 2018. – 8 с.
5. Попов, В. Трехплунжерные насосы высокого давления «Траст-Инжиниринг» / В. Попов, С. О. Киреев // Топливный рынок. — июнь 2010. – С. 6–9.
6. Кузин, А. Д. Расчет рабочих характеристик самосмазывающегося подшипника малой головки шатуна плунжерного насоса высокого давления / С. О. Киреев, А. Д. Кузин, // Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы сборник статей международной научно-практической конференции — март 2017. – 10с.
7. Кадеров, Х. К. Методика проектирования типовых узлов манифольдов машин нефтегазовых промыслов в среде КОМПАС-3D на примере клапана предохранительного: учебно-метод. Пособие / Х.К. Кадеров, С.О. Киреев, М.В. Корчагина, С.Л. Никищенко. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2016. – 93 с.

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

Особенности моделирования приводной части насоса высокого давления для адаптации к системам численного инженерного анализа

*Донской Государственный Технический университет (ДГТУ)
(Россия, Ростов-на-Дону)*

doi: 10.18411/sr-10-08-2019-11

idsp: sciencerussia-10-08-2019-11

Аннотация

В статье рассматривается приводная часть плунжерного насоса типа TWS 600. Описывается построение модели привода насоса для расчета в системах численного

анализа. Отмечаются преимущества компьютерного моделирования при современном проектировании. Рассматриваются задачи, которые необходимо решить с использованием данной модели в системах численного анализа.

Ключевые слова: насос высокого давления, привод, САПР, численный анализ, 3D модель.

Abstract

The paper provides for the drive part of the plunger pump type TWS 600. The advantages of computer simulation with a modern project are noted. The tasks that need to be solved using this model in the system of numerical analysis are considered.

Keywords: high pressure pump, drive, CAD, numerical analysis, 3D model.

Введение. Компьютерное моделирование – инструмент, который обеспечивает всесторонний, рентабельный и безопасный анализ динамики механических систем. С помощью компьютерного моделирования может быть поставлено любое число численных экспериментов и получены любые интересующие исследователя динамические показатели [1].

В настоящее время существуют системы полнофункционального инженерного анализа, обладающие мощными средствами, большими хранилищами типов для сеток конечных элементов, а также всевозможных физических процессов. В них предусмотрены собственные средства моделирования геометрии. Кроме того, есть возможность импорта через промышленные стандарты Parasolid, ACIS, STEP.

Системы инженерного анализа, встроенные в тяжелые САПР, имеют значительно менее мощные средства анализа, но они ассоциативны с геометрией, поэтому отслеживают изменения модели. Полнофункциональные системы, существующие в виде самостоятельных программ, лишены ассоциативной связи с CAD. Поэтому, если в процессе подсчета возникает ошибка или необходимость изменить геометрию, то пользователю придется заново производить импорт геометрии и вводить данные для расчета, что увеличит сроки проведения анализа. Самыми известными подобными полнофункциональными системами считаются ANSYS Multiphysics, MSC Nastran и MSC Adams [2]. С помощью численных методов решаются следующие задачи: кинематический анализ, анализ напряженно-деформированного состояния, анализ тепловых процессов, анализ поведения изделия при столкновениях и ударах, определение условий потери устойчивости конструкции, расчет характеристик усталостных разрушений, анализ процессов колебаний и др. [2].

Целью настоящей работы является адаптация модели приводной части плунжерного насоса высокого давления типа TWS 600 к полнофункциональным системам численного инженерного анализа.

Конструкция приводной части насоса типа TWS 600

Насос TWS 600— горизонтальный, одностороннего действия, состоит из гидравлической и приводной частей, а также систем их принудительной смазки.

Приводная часть насоса (рис. 2) состоит из сварной неразъемной станины, в которой смонтированы три продольно расположенные шатунно-крейцкопфные группы и поперечно установленный коленчатый вал с тремя эксцентрично расположенными шейками.

Рисунок 1. Основные элементы конструкции приводной части плунжерного насоса высокого давления: 1 – корпус приводной части насоса; 2 – шатун; 3 – вкладыш; 4 – вал коленчатый; 5 – палец шатуна; 6 – крейцкопф; 7 – направляющие; 8 – шток; 9 – плунжер.

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.

Коленчатый вал установлен в расточках боковых и внутренних продольных стенок станины на крайних и промежуточных опорных радиально-цилиндрических роликоподшипниках [3].

В системе Autodesk Inventor Professional 2018 разработана 3D модель плунжерного насоса типа TWS 600 (рис.2а, б, в), включающая гидравлическую (рис. 2г), приводную части (рис. 2д), а также редуктор (рис. 2е, ж). Была выполнена анимация работы насоса с последующей визуализацией как насоса в целом, так и его составных частей.

а)

б)

в)

Рисунок 2. Плунжерный насос типа TWS 600

Особенности моделирования приводной части насоса для последующего экспорта в системы численного инженерного анализа

Наиболее распространенный численный метод в САПР – это метод конечных элементов (МКЭ). МКЭ предполагает предварительное разбиение исследуемой геометрической области на отдельные подобласти простой формы, связанные между собой конечным числом узлов – конечные элементы. Геометрическая модель превращается в сеточную. Однако использование геометрических моделей, подготовленных в CAD, часто затруднено с точки зрения конечно-элементного моделирования (слишком сложная сетка и др.), в связи с насыщенностью геометрических моделей.

Для адаптации модели к системам численного анализа и проведения дальнейшего расчета без ошибок, и конфликтов, к 3D моделям деталей приводной части были применены определенные упрощения (отсутствие фасок и скруглений на всех деталях привода, отверстий внутри шатуна и сложных вырезов на поверхности крейцкопфа, шлицов коленчатого вала). Удалены болты и шлицевые гайки шатуна. Также упрощены узлы крепления плунжера. В свою очередь, при упрощении 3D моделей деталей привода, масса всей конструкции не должна измениться более чем на 5% [5].

В рассматриваемом механизме привода компоненты шатунной сборочной группы (шатун, крышка шатуна, вкладыши, болты, шлицевые гайки) и крейцкопфной сборочной группы (крейцкопф, палец крейцкопфа, стопорное кольцо) объединены в одну деталь, что способствует исключению ошибок при подсчете массы во время работы в системах численного инженерного анализа. Для упрощения дальнейшего расчета в системах численного анализа были исключены крайние и промежуточные опорные радиально-цилиндрические роликоподшипники.

Исходная и адаптированная модели показаны на рис. 3а, б.

а)

б)

Рисунок 3. 3D модель приводной части насоса высокого давления:
а) реальная модель; б) адаптированная модель к системам численного анализа

Использование адаптированной модели позволит сократить время расчета в системах численного анализа и уменьшить количество неточностей при построении КЭ сетки.

Моделирование полностью избавляет от проведения натурных экспериментов. Там же, где без подтверждения на физических образцах не обойтись, имитационное моделирование позволяет существенно сократить количество экспериментов, подобрав оптимальные параметры конструкции, тем самым сократив издержки на апробацию результатов или сертификацию изделия. Зачастую результаты виртуальных испытаний дают более широкую картину происходящих процессов, чем натурный эксперимент, предоставляя больше возможностей для оптимизации и улучшения эксплуатационных характеристик, экономя при этом значительные средства и время [4].

Заключение

В работе описываются особенности построения 3D модели приводной части насоса высокого давления типа TWS 600, адаптированной к полнофункциональным системам численного инженерного анализа. На основе разработанной 3D модели планируется проанализировать влияние силового взаимодействия звеньев в кинематических парах привода на корпус насоса, с применением программного продукта MSC Adams, реализующего численные методы решения задач механики, не ограниченные ни формой конструкции, ни способом приложения нагрузки [5]. Также будет производиться расчет собственных частот и форм колебаний с помощью конечно-элементной системы MSC Nastran [6].

Расчеты, полученные в системах численного анализа, позволяют сократить, а в ряде случаев исключить проведение натурных экспериментов. В случаях, где без подтверждения на физических образцах не обойтись, имитационное моделирование дает возможность существенно сократить количество экспериментов, позволяет подобрать оптимальные параметры конструкции. Это сокращает издержки на апробацию результатов или сертификацию изделия. Зачастую результаты виртуальных испытаний дают более широкую картину происходящих процессов, чем натурный эксперимент, предоставляя больше возможностей для оптимизации и улучшения эксплуатационных характеристик, экономя при этом значительные средства и время.

1. Введение в моделирование динамики механических систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sapr.ru/article/18949>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 15.04.2019).
2. Компьютерный инженерный анализ в машиностроении [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studopedia.info/2-29643.html>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 15.04.2019).
3. Попов, В. Трехплунжерные насосы высокого давления «Траст-Инжиниринг» / В. Попов, С. О. Киреев // Топливный рынок. — июнь 2010. – С. 6–9.
4. Инженерный анализ средствами T-FLEX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tfex.ru/about/publications/detail/index.php?ID=3941>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 25.04.2019).
5. Adams [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mssoftware.ru/products/adams>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 26.04.2019).
6. MSC Nastran [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mssoftware.ru/products/msc-nastran>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 26.04.2019).