**ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА
МАРКИ ЦМГ 6,3/50****3D MODEL OF THE CENTRIFUGAL PUMP TsMG 6.3/50****Н. М. Захаров**
Nikolay M. ZakharovУфимский государственный
нефтяной технический
университет, филиал,
г. Салават, Российская ФедерацияUfa State Petroleum Technological
University, Branch,
Salavat, Russian Federation**Р. И. Асылбаев**
Radmir I. AsylbaevУфимский государственный
нефтяной технический
университет, филиал,
г. Салават, Российская ФедерацияUfa State Petroleum Technological
University, Branch,
Salavat, Russian Federation**А. В. Соловцов**
Aleksandr V. SolovtsovУфимский государственный
нефтяной технический
университет, филиал,
г. Салават, Российская ФедерацияUfa State Petroleum Technological
University, Branch,
Salavat, Russian Federation

При освоении технических дисциплин существенную помощь студентам оказывают учебные тренажеры, представленные в виде трёхмерных моделей. Они позволяют более полно изучить конструкцию и принцип действия деталей и узлов механизма, машины или агрегата. В данной работе рассматривается 3D-модель центробежного насоса с приводом на основе цилиндрического одноступенчатого редуктора. Для проектирования использован комплекс SolidWorks, при помощи которого созданы трёхмерные модели деталей агрегата. Трёхмерная модель создана по точным паспортным данным реального центробежного насоса марки ЦМГ 6,3/50. Для удобства сборки и разборки конструкция корпуса разделена на две части. Некоторые элементы насоса упрощены (либо отсутствуют), что не является существенным изменением конструкции. Моделирование рабочего колеса закрытого типа осуществляется также в два этапа. Улитка спирального типа разделена на три составляющие.

Сохраняется модель в специальном формате в виде кодов и символов, что позволяет вывести ее на печать на 3D-принтере. Изготовление деталей любой сложности достигается путем формирования каркаса по типу сот. В качестве материала используется углепластик.

Насос с приводом монтируется на раме, которая, в отличие от остальных моделей, изготовлена из пластин листового полистирола определенных размеров путем склеивания.

Применение 3D-модели центробежного насоса в учебном процессе позволит улучшить восприятие материала при изучении дисциплин «Детали машин и основы конструирования» и «Гидравлические машины и компрессоры».

When mastering technical disciplines, the training simulators presented in the form of three-dimensional models provide essential assistance to students. They allow to study in detail the design and operation principle of parts and components of a mechanism, a machine or a unit.

In this paper, a 3D model of a centrifugal pump with a drive based on a cylindrical single-stage reducer is considered.

For the design, the SolidWorks complex was used, with which three-dimensional model details of the unit were created. The three-dimensional model was created according to the exact passport data of a real centrifugal pump TsMG 6.3/50. For assembly and disassembly convenience, the hull design is divided into two parts. Some elements of the pump are simplified (or absent), which is not a significant change in the design. Simulation of the impeller of a closed type is also carried out in two stages. The coil of the spiral type is divided into three components.

Ключевые слова3D-модель, насос,
одноступенчатый редуктор,
электродвигатель,
сборка, анимация,
моделирование**Key words**3D model, pump,
one-stage reducer,
electric motor, assembly,
animation, modeling

The model is saved in a special format in the form of codes and symbols, which allows to print it on a 3D printer. Production of details of any complexity is achieved by forming a frame by the type of honeycomb. As a material, carbon fiber is used.

The pump with the actuator is mounted on a frame, which, unlike other models, is made of plates of sheet polystyrene of certain sizes by gluing. The use of the 3D model of a centrifugal pump in the learning process will improve the perception of the material in the study of disciplines «Machine Parts and Design Basics» and «Hydraulic Machines and Compressors».

При освоении технических дисциплин существенную помощь студентам оказывают учебные тренажеры, представленные в виде трёхмерных моделей. Они позволяют более полно изучить конструкцию и принцип действия деталей и узлов механизма, машины или агрегата.

В данной работе представлена 3D-модель центробежного насоса марки ЦМГ 6,3/50, созданная для использования ее в качестве учебного тренажера при изучении теоретического материала по дисциплинам «Детали машин и основы конструирования» и «Гидравлические машины и компрессоры».

Для трехмерного проектирования существует большое количество компьютерных программ. Самыми распространенными считаются Компас-3D, SolidWorks, AutoCAD, Autodesk 3D max и т.д. Они предназначены для разработки деталей любой сложности для пользователей с различным уровнем подготовки [1–3].

При создании модели центробежного насоса использован комплекс SolidWorks, так

как имеет удобный интерфейс, расположение инструментов, понятные и удобные команды, возможность создания анимации, обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения, взаимодействует с Microsoft Word и Microsoft Excel. Этот комплекс находит применение при проектировании, создании и проведении расчетов деталей и узлов механизмов, аппаратов и машин. Программа SolidWorks работает на базе Microsoft Windows и может использоваться на любом компьютере [4].

Центробежный насос марки ЦМГ предназначен для перекачивания метанола в колонну регенерации и выпускается с электродвигателем типа АИМ, имеющим взрывозащитный корпус (рисунок 1). Технические характеристики приведены в таблице 1.

Трёхмерный прототип насоса смоделирован по точным паспортным данным центробежного насоса.

За базовые размеры были взяты габариты стандартных подшипников, по размерам которых определялся масштаб модели.

1 — корпус; 2 — колесо рабочее; 3 — валы; 4 — муфта магнитная; 5 — улитка; 6 — крышки подшипников; 7 — электродвигатель; 8 — муфта; 9 — пробка

Рисунок 1. Сборочный чертеж центробежного насоса марки ЦМГ 6,3/50

Таблица 1. Технические характеристики насоса ЦМГ 6,3/50

Наименование	Показатели
Подача, м ³ /ч	6,3
Напор, м	50
Давление на входе в насос, кг/с	20
Мощность электродвигателя, кВт	4
Частота вращения, об/мин	3000
Длина, мм	950
Ширина, мм	360
Высота, мм	480
Масса, кг	140

Основные этапы процесса моделирования насоса:

- 1) выбор сборочного чертежа насоса;
- 2) определение масштаба будущей модели;
- 3) выбор базовых размеров корпуса насоса по размерам стандартных подшипников качения;
- 4) разработка конструкции рабочего колеса по базовым размерам;
- 5) конструирование вала в зависимости от размеров рабочего колеса;
- 6) создание улитки, крышки и фланца на линии всасывания жидкости;

7) объединение всех деталей в единую сборку.

Конструктивно корпус агрегата разделен на две части для установки подшипников и их крышек, а также улитки и двух валов (рисунок 2).

Рабочее колесо — основной орган центробежного насоса, обеспечивающий всасывание жидкости внутрь рабочей камеры с последующим его перекачиванием в трубопроводную линию. В спроектированном насосе используется рабочее колесо закрытого типа. Лопатки рабочего колеса, создающие давление и приводящие в движение поток жидкости, закреплены между двумя дисками с впускным отверстием на переднем (ведомом) диске.

Рабочее колесо моделировалось в два этапа. Первый включает разработку и создание самого колеса, второй этап состоит из масштабирования толщины и длины лопаток на поверхности заднего (ведущего) диска. На рисунках 3, 4 представлено рабочее колесо.

Валы насоса предназначены для передачи вращения от электродвигателя к рабочему колесу, а также закрепления на них деталей, участвующих в передаче вращения (рисунки 5–7).

Рисунок 2. Корпус насоса

Рисунок 3. Рабочее колесо

Рисунок 4. Посадка рабочего колеса на вал

Рисунок 5. Вал под посадку рабочего колеса

Рисунок 6. Вал под посадку магнитной муфты

Рисунок 7. Магнитная муфта

Рабочее колесо устанавливается и фиксируется на валу при помощи гайки и шпонки (рисунок 8). Габариты валов для посадки рабочего колеса и магнитной муфты рассчитаны также исходя из размеров реальных подшипников.

1 — гайка; 2 — колесо рабочее; 3 — шпонка

Рисунок 8. Крепление рабочего колеса на валу

На валу предусмотрены два шпоночных паза: один для установки рабочего колеса; второй для посадки магнитной муфты, соединяющей вал рабочего колеса с валом электродвигателя.

Улитка предназначена для сбора выходящей из колеса жидкости и направления ее в нагнетательный патрубок. В нашем случае смоделирована улитка спирального типа. Для удобства проектирования она была разделена на три части: фланцевая часть, корпус и задняя часть (рисунок 9).

Крышки подшипников имеют полости, в которых располагается сальниковая набивка для уплотнения соединений и отверстий в корпусе, через которые проходит вал насоса. Сальник, установленный на задней стороне улитки со стороны рабочего колеса, предназначен для предотвращения утечки жидкости из рабочей зоны в камеру, где располагаются подшипники и циркулирует масло для их охлаждения и смазывания (рисунок 10) [5].

Рисунок 9. Разработка улитки насоса

Рисунок 10. Крышка подшипника

3D-модель центробежного насоса представлена на рисунках 11, 12. На базе 3D-модели создана анимация, а также анимированы вращающиеся части насоса (рабочее колесо, вал) [6, 7].

Сохраняется модель в специальном формате в виде кодов и символов, что позволяет вывести ее на печать на 3D-принтере. При печати детали выращиваются путём формирования слоёв и каркаса по типу сот. Таким

образом могут быть изготовлены детали любой сложности. В качестве материала для изготовления 3D-моделей использовался углепластик типа T-PLA 1,75 мм. Его преимущество над другими материалами в том, что у него небольшой вес, высокий предел прочно-

сти, растяжимости и жароустойчивости. Модели из углепластика имеют привлекательный внешний вид и не требуют дополнительной обработки [8].

Привод насоса состоит из одноступенчатого цилиндрического прямозубого редуктора

Рисунок 11. Насос в собранном виде

Рисунок 12. Насос в разрезе

Рисунок 13. Привод центробежного насоса

Рисунок 14. 3D-модель центробежного насоса и его привода

и электродвигателя (рисунок 13). Вал электродвигателя соединен с ведущим валом редуктора при помощи фланцевой муфты. Аналогичная муфта соединяет тихоходный вал редуктора с валом насоса [9].

Материализованы детали привода также путем распечатки их на 3D-принтере. В корпусе электродвигателя предусмотрена ниша для установки микродвигателя и блока питания, что превращает статическую модель в устройство с движущимися элементами.

Монтаж реальных горизонтальных центробежных насосов осуществляется на плитах, поставленных на отдельных фундаментах или рамах различного профиля [10].

В данном случае насос с приводом монтируется на раме, которая, в отличие от остальных моделей, изготовлена из пластин листового полистирола определенных размеров путем склеивания (рисунок 14).

Таким образом, в данной работе представлен вариант трехмерной модели центробеж-

ного насоса и его привода. Особенностью данной модели является применение встроенного микродвигателя, позволяющего «оживить» вращающиеся элементы центробежного насоса и его привода, что способствует наглядному изучению принципа действия насосного агрегата.

Выводы

1. Разработана 3D-модель центробежного насоса марки ЦМГ 6,3/50 и его привода.
2. Модель материализована путем распечатывания её на 3D-принтере.
3. Модель может применяться как наглядное пособие при изучении дисциплин «Детали машин и основы конструирования», «Гидравлические машины и компрессоры» и других.
4. На базе трехмерной модели также записан анимационный видеоролик, анимированы вращающиеся элементы насоса.
5. Представленная разработка является первым этапом создания трехмерной действующей модели центробежного насоса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. AutoCAD. Возможности AutoCAD. Инновационное 3D-проектирование [Электронный ресурс]. URL: www.autodesk.ru/products/autocad/free-trial (дата обращения: 10.01.2018).
2. Компас-3D для машиностроения. Описание программы [Электронный ресурс]. URL: <http://kompas.ru/industry/machinery> (дата обращения: 10.01.2018).
3. Autodesk 3ds Max. Описание программы [Электронный ресурс]. URL: www.autodesk.ru/products/3ds-max/overview (дата обращения: 10.01.2018).
4. SolidWorks. Основные усовершенствования [Электронный ресурс] // Dassault Systems. 1995-2016. URL: www.solidworks.com (дата обращения: 10.01.2018).
5. Ваншина Е.А. 3D-моделирование сборок изделий в системе САПР // Технические науки — от теории к практике: матер. XXI Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: СибАК, 2013. С. 7–11.
6. Агрегаты электронасосные герметичные марки ЦМГ [Электронный ресурс]. URL: http://cmg-nasos.ru/tehnicheskie_harakteristiki (дата обращения: 15.01.2018).
7. ЦМГ 6,3/50. Центробежные герметические агрегаты с магнитной муфтой [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kmpump.ru> (дата обращения: 15.01.2018).
8. Устройство 3D-принтера и печать объектов. Как работает 3D-принтер? Базовые понятия и некоторые важные термины [Электронный ресурс]. URL: <http://3dwiki.ru> (дата обращения: 15.01.2018).
9. Захаров Н.М., Бабин А.Ю., Хуснутдинов И.Ш. Электронный учебный комплекс для изучения приводов технологического оборудования. Салават: Хамелеон, 2016. 32 с.
10. Курмаз Л.В., Курмаз О.Л. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Высшая школа, 2007. 455 с.
2. Kompas-3D dlya mashinostroeniya. Opisaniye programmy. [Compass-3D for Mechanical Engineering. Description of the Program]. [Electronic Resource]. URL: <http://kompas.ru/industry/machinery> (accessed 10.01.2018). [in Russian].
3. Autodesk 3ds Max. Opisaniye programmy [3D Max Autodesk. Description of the Program]. [Electronic Resource]. URL: www.autodesk.ru/products/3ds-max/overview (accessed 10.01.2018).
4. SolidWorks. Osnovnyye usovershenstvovaniya. Dassault Systems. 1995-2016. [Solid Works. Major Improvements. Dassault Systems. 1995-2016]. [Electronic Resource]. URL: www.solidworks.com (accessed 10.01.2018). [in Russian].
5. Vanshina E.A. 3D-modelirovaniye sborok izdelii v sisteme SAPR [3D-Modeling of Assembling in CAD]. *Materialy XXI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Tekhnicheskie nauki — ot teorii k praktike»* [Proceedings International Scientific and Practical Conference «Technical Sciences — from Theory to Practice»]. Novosibirsk, SibAK Publ., 2013. pp. 7–11. [in Russian].
6. Agregaty elektronasosnye germetichnye marki TsMG [Units TsMG Electric Pump Tight Brands]. [Electronic Resource]. URL: http://cmg-nasos.ru/tehnicheskie_harakteristiki (accessed 15.01.2018).
7. TsMG 6.3/50. Tsentrobezhnye germeticheskie agregaty s magnitnoi muftoi [TsMG 6.3/50. Centrifugal Hermetic Units with the Magnetic Coupling]. [Electronic Resource]. URL: <http://www.kmpump.ru> (accessed 15.01.2018).
8. Ustroystvo 3D-printera i pechat' ob"ektov. Kak rabotaet 3D-Printer? Bazovye ponyatiya i nekotorye vazhnye terminy [3D-Printer Device and Objects Print. How Does the 3D-Printer Work? Basic Concepts and Some Important Terms]. [Electronic Resource]. URL: <http://3dwiki.ru> (accessed 15.01.2018). [in Russian].
9. Zakharov N.M., Babin A.Yu., Khusnutdinov I.Sh. Elektronnyi uchebnyi kompleks dlya izucheniya privodov tekhnologicheskogo oborudovaniya [Elearning Systems for the Study of Actuators of Technological Equipment]. Salavat, Khameleon Publ., 2016. 32 p. [in Russian].
10. Kurmaz L.V., Kurmaz O.L. Konstruirovaniye uzlov i detalei mashin [Design of Units and Machine Parts]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2007. 455 p. [in Russian].

REFERENCES

1. AutoCAD. Vozmozhnosti AutoCAD. Innovatsionnoe 3D-proektirovaniye [AutoCAD. Possibilities of AutoCAD. Innovative 3D-Design]. [Electronic Resource]. URL: www.autodesk.ru/products/autocad/free-trial (accessed 10.01.2018). [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ABOUT THE AUTHORS

Захаров Николай Максимович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Оборудование предприятий нефтехимии и нефтепереработки», УГНТУ, филиал, г. Салават, Российская Федерация

Nikolay M. Zakharov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Equipment Petrochemical and Refining Department, USPTU, Branch, Salavat, Russian Federation

e-mail: nick.macs@yandex.ru

Асылбаев Радмир Ильдусович, студент кафедры «Оборудование предприятий нефтехимии и нефтепереработки», УГНТУ, филиал, г. Салават, Российская Федерация

Radmir I. Asylbaev, Student of Equipment Petrochemical and Refining Department, USPTU, Branch, Salavat, Russian Federation

Соловцов Александр Владимирович, студент кафедры «Оборудование предприятий нефтехимии и нефтепереработки», УГНТУ, филиал, г. Салават, Российская Федерация

Aleksandr V. Solovtsov, Student of Equipment Petrochemical and Refining Department, USPTU, Branch, Salavat, Russian Federation