

УДК 621.9.06

ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Трофименко О.В., Хабаров А.Е., Абзалов А.Р.

ФГБОУ ВО «Зеленодольский институт машиностроения и информационных технологий» (филиал), Казанский национальный исследовательский технический университет – КАИ им. А.Н. Туполева, Зеленодольск, e-mail: sushi-art@yandex.ru

Постоянное повышение цен на традиционные виды топлива, необходимость утилизации тепловых выбросов двигателей внутреннего сгорания, вынужденная утилизация отходов лесной и лесоперерабатывающей промышленности, отсутствие возможности восстановления запасов углеводородных топлив делают актуальной задачу создания альтернативных энергетических установок. Конструкция двигателя разработана в системе Unigraphics NX 8.5, учтены геометрические параметры, обеспечивающие тепловой цикл, выполнена конструкторская проработка, проведено нормирование точности. По 3D моделям разработаны технологии изготовления деталей двигателя на оборудовании с ЧПУ, которым располагает производственная база кафедры машиностроения и информационных технологий. На сегодняшний день двигатель изготовлен и готов к эксплуатации. Разработана технология сборки, выполнено моделирование работы двигателя, осуществлен анализ зазоров и интерференции. Проведен структурный анализ некоторых деталей в среде «Структурный анализ NX Nastran». Исходя из количества пара, требуемого для расхода, спроектирован парогенератор, способный работать как на твердом, так и на жидком топливах.

Ключевые слова: альтернативная энергоустановка, управляющая программа, моделирование, ЧПУ

PILOT PRODUCTION OF ALTERNATIVE POWER PLANTS

Trofimenko O.V., Khabarov A.E., Abzalov A.R.

Federal State Institution of Higher Education, Zelenodolsky Institute of Mechanical Engineering and Information Technology (Branch), Kazan National Research Technical University – KAI them. A.N. Tupolev, Department of Engineering and Information Technology, e-mail: sushi-art@yandex.ru

The constant increase in the prices of traditional fuels, the need of the use of thermal emissions of internal combustion engines, forced disposal of waste forestry and timber industry, the inability to recover reserves of hydrocarbon fuels to make the actual task of creating alternative energy installations. The engine design was developed in Unigraphics NX 8.5 system takes into account the geometrical parameters to ensure the thermal cycle, made the design study, carried out the valuation accuracy. In 3D models developed manufacturing engine parts technology CNC equipment, which has a production base of the Department of Engineering and Information Technology. Today engine manufactured and ready for use. Developed assembling technology, the engine performed modeling work, carried out an analysis of gaps and interferences. We spend a structural analysis of some of the details in the environment, «Structural analysis NX Nastran». Based on the amount of steam required to flow, the steam generator is designed capable of operating both in solid and liquid fuels.

Keywords: alternative power plant, control program, modeling, CNC

На базе лаборатории Зеленодольского института машиностроения и информационных технологий, филиала КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, разработан опытно-экспериментальный образец альтернативной энергоустановки, состоящей из Парогенератора, а также Радиально-поршневого двигателя.

Комплексный подход связан с тем, что при выработке пара парогенератором, обеспечивается работа данного радиально-поршневого двигателя, к которому в свою очередь могут быть подключены другие элементы.

Парогенератор служит для выработки водяного пара. Основным его элементом является паровой котел. В целях обеспечения безопасности котел заключен в бронированную камеру и снабжен двумя предохранительными клапанами, отрегулированными на давление 0,8 МПа (рис. 1).

Радиально-поршневой двигатель предназначен для преобразования энергии нагретого пара в механическую работу возвратно-поступательного движения поршня, а затем во вращательное движение вала (рис. 2).

В конструкцию двигателя входит: КШМ, который включает в себя три шатунно-поршневые группы и коленчатый вал; три цилиндра с крышками; корпус с передней и задней стенкой; две втулки, а также крепежные элементы.

Шатунно-поршневая группа включает в себя: поршень, шатун, поршневой палец и два вкладыша. Поршневой палец запрессовывается в головку шатуна. Шатун и поршневой палец изготавливаются из стали 45, поршни из алюминия АК4, вкладыши из бронзы БрО10Ц2 (рис. 3).

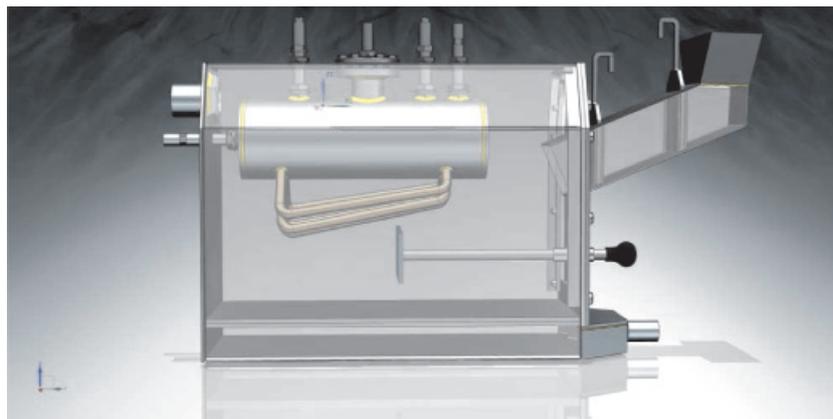


Рис. 1. Парогенератор

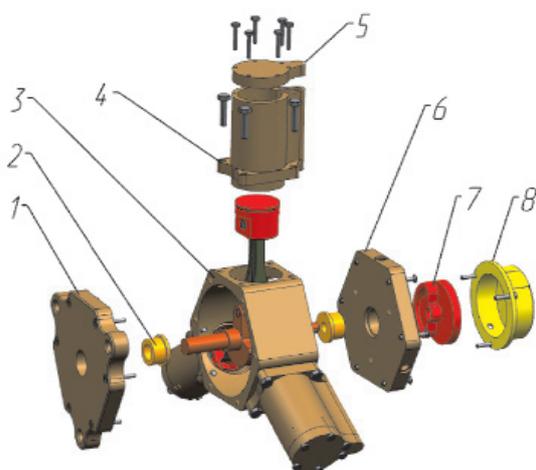


Рис. 2. Модель радиально-поршневого двигателя в разнесенном виде:

- 1 – крышка блока передняя; 2 – вкладыши;
3 – блок; 4 – цилиндр; 5 – крышка цилиндра;
6 – крышка блока задняя;
7 – парораспределитель;
8 – крышка парораспределителя

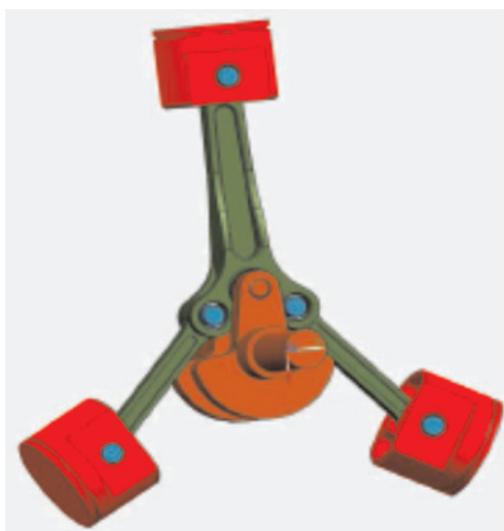


Рис. 3. Кривошипно-шатунный механизм

Коленчатый вал устанавливается в двух втулках, запрессованных в крышках корпуса. Имеет две коренные и одну шатунную шейку. Вал снабжен двумя противовесами. Осевое перемещение вала ограничено этими же втулками. Изготавливается из стали 45, втулки из бронзы БрО10Ц2 (рис. 4).

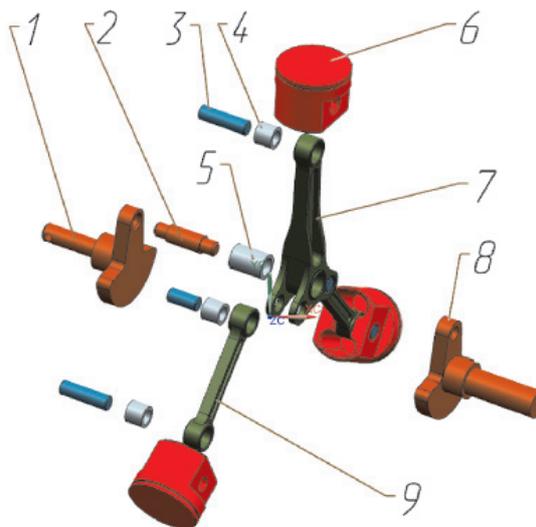


Рис. 4. Кривошипно-шатунный механизм:
1 – коленчатый вал левый; 2 – кривошип;
3 – поршневой палец; 4 – втулка;
5 – втулка кривошипа; 6 – поршень;
7 – шатун главный; 8 – коленчатый вал правый; 9 – шатун прицепной

К задней крышке двигателя крепится парораспределительный механизм. Крышки изготавливаются из стали 45. В каждом цилиндре и задней крышке присутствуют каналы для подачи нагретого пара. Цилиндры изготавливаются из алюминия АК4 (рис. 5).

Установка работает следующим образом. В камеру сгорания подается горючее и осуществляется принудительная подача воздуха. В процессе горения топлива

выделяющееся тепло нагревает паротрубный котел, в котором залита вода. Вода доводится до кипения и создается требуемое давление в 0,8 МПа.

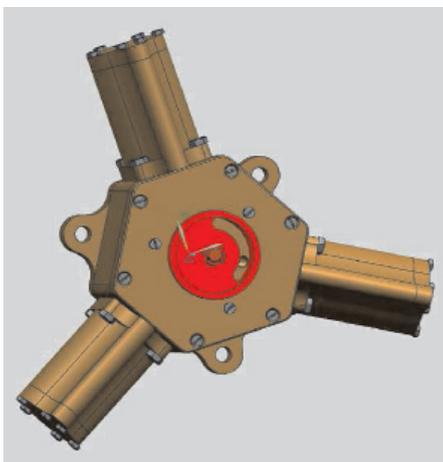


Рис. 5. Вид парораспределительного механизма

По теплоизолированным трубкам пар подается в радиально-поршневой двигатель, где энергия пара преобразуется в механическую работу.

Расчет мощности двигателя, крутящего момента

Зная, как рассчитать мощность паровой машины и количество расходуемого ею пара, можно определить габаритные размеры двигателя и котла, а также вес всей установки, что необходимо для правильного проектирования модели.

Определив по проекту модели требуемую мощность главного двигателя и его допустимые габаритные размеры, следует выбрать его конструкцию, число и диаметр цилиндров, ход поршня, предполагаемое рабочее давление пара в котле

и число оборотов машины. При этом необходимо изобразить на бумаге выбранную конструкцию машины в виде схемы.

Число оборотов будущей паровой машины определить довольно трудно, так как число оборотов тесно связано с конструкцией паровой машины, давлением пара, сечением паропропускных каналов, с качеством изготовления и подгонки деталей и т.п. В среднем число оборотов следует принимать равным 1000–1500 об/мин. Имея эти данные, нетрудно вычислить эффективную мощность двигателя, пользуясь формулой

$$N_e = \frac{3 \cdot S \cdot L \cdot P \cdot n \cdot i}{4 \cdot 60 \cdot 75 \cdot 100} =$$

$$= \frac{3 \cdot 5 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 1500 \cdot 3}{1800000} = 0,47 \text{ л.с.}$$

Переведём лошадиные силы в киловатты (1 л. с. = 0,736 кВт):

$$0,47 \cdot 0,736 = 0,34 \text{ кВт,}$$

где N_e – мощность эффективная, л.с.; S – площадь поршня, см²; L – ход поршня, см; P – давление в атмосферах, кг/см²; n – число оборотов в минуту; i – число цилиндров.

Крутящий момент вычисляется, исходя из того, что

$$N = \omega M;$$

$$\omega = \frac{1500n2\pi}{60} = 157 \text{ рад/с;}$$

$$M_{кр} = \frac{N}{\omega} = \frac{400}{157} = 2,54 \text{ Нм.}$$



Рис. 6. Испытание на работоспособность парогенератора

Расчет расхода пара

Для того чтобы знать, каких размеров должен быть паровой котел для данной паровой машины, необходимо определить расход пара этой машиной. Расход пара определяют по формуле

$$V_{\text{пара}} = S \cdot L \cdot n \cdot i = 5 \cdot 3,14 \cdot 1500 \cdot 3 = 70685,83 \text{ см}^3,$$

где V – объем пара, расходуемого в 1 минуту, S – площадь поршня, см^2 ; L – ход поршня, см ; n – число оборотов в минуту; i – число цилиндров, см^3 .

Расход пара в час будет в 60 раз больше, и формула примет вид

$$V_{\text{пара}} = S \cdot L \cdot n \cdot i \cdot 60 = 5 \cdot 3,14 \cdot 1500 \cdot 3 \cdot 60 = 42441149,8 \text{ см}^3.$$

Задавшись рабочим давлением и зная требующийся объем пара, мы можем определить вес расходуемого пара по формуле

$$W = V_{\text{пара}} \cdot D_{\text{уд.пара}} = 0,070686 \cdot 1,62 = 0,1145 \text{ кг},$$

где W – вес расходуемого пара, кг ; V – объем расходуемого пара (м^3) при данном давлении P ; D – удельный вес пара при том же давлении.

$$W_{\text{час}} = 0,1145 \cdot 60 = 6,87 \text{ кг}.$$

Изготовленные опытные образцы испытаны, показали высокий потенциал.

Проведение теоретических и экспериментальных исследований и изготовление опытных образцов «Парогенератор» и «Радиально-поршневой двигатель» проводились за счет средств института ЗИМИТ КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева.

В данной статье рассмотрена экспериментальная установка, ориентированная на применение ее для выработки энергии с целью утилизации отходов лесной промышленности и лесоперерабатывающих производств.

Список литературы

1. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.1 / под ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.
2. Биргер И.А., Шерр Б.Ф. и др. Расчет на прочность деталей машиностроения: справочник. М.: Машиностроение, 1993. – 640 с.
3. Гриневецкий В.И. Паровые машины. – М.: Гостехиздат, 1986.
4. Жолобов А.А. Проектирование технологических процессов сборки машин: учебник. – М.: Новое знание, 2005. – 410 с.
5. Кустов И.С. Тепловой баланс паровой машины. – М.: Госэнергоиздат, 1971.
6. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Изд-во машиностроение, 1980.
7. Соломенцев Ю.Н. Проектирование технологий. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.