

## **ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ РАСЧЁТА И ПОСТРОЕНИЯ 3D МОДЕЛИ ТРЁХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**Гирфанов И.И., Циклер А.В, Безгин А.С., ассистент, канд.тех. наук  
Оренбургский государственный университет**

В настоящее время имеется большое разнообразие САД программ в которых пользователи могут при наличии всех размеров создавать 3D модели электрических машин. При конструировании электрооборудования, зачастую, проектировщику достаточно упрощенной модели электродвигателя а не детализированной модели. Программы которые могли бы создавать 3D модели электрические машины по расчитным данным (из электромеханического расчета) очень мало. Одна из таких программ это СПРУТ-АЭД, позволяющая спроектировать различные серии асинхронных двигателей. Однако данная программа является достаточно дорогой и недоступной для учащихся университета. Поэтому было решено разработать программное решение, которая согласно ГОСТ 18709-73 автоматически генерировала 3D модели асинхронных электродвигателей из данных таблиц производителей (таблица 1).

В современных САПР системах изначально создается цифровой прототип будущей модели представляющий 3D модель с данными физических и механических свойствах. При создании любого электрооборудования зачастую приходится несколько раз менять мощность и типы размеров двигателя. Данная программа упростит решения данной задачи, для этого нужно всего лишь изменить параметры в таблице Excel или взять уже готовые.

Программа использует ресурсы Autodesk Inventor версии 2015 и выше и Microsoft Excel.

Autodesk Inventor – система трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования (САПР) компании Autodesk, предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий. Инструменты Inventor обеспечивают полный цикл проектирования и создания конструкторской документации.

Для создания данного двигателя в первую очередь с сайта производителя [1], были выбраны стандартные значения типоразмеров из таблицы, двигателя исполнением IMB3(электродвигатели на лапах рисунок 1).

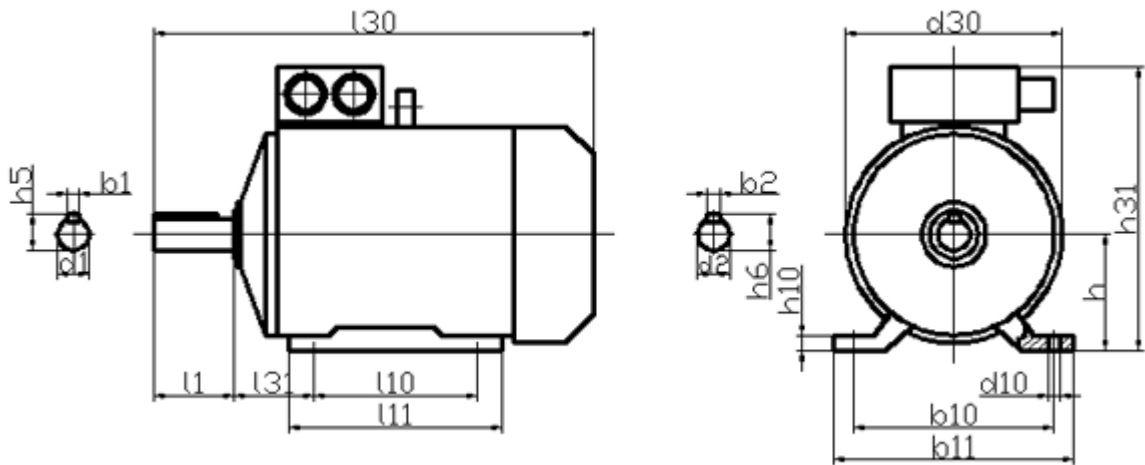


Рисунок 1 - Габаритные размеры двигателя.

Для создания 3D модели электродвигателя была создана таблица Excel (рисунок 2), в которую были внесены все габаритные размеры, представленные на чертеже рисунка 1 и таблицы рисунка 2.

В программе Autodesk Inventor создаем макет параметрической детали. В первом эскизе шаблона двигателя (рисунок 3), прорисовываем базу электродвигателя с использованием размеров АИР 56 в виде функциональных зависимостей.

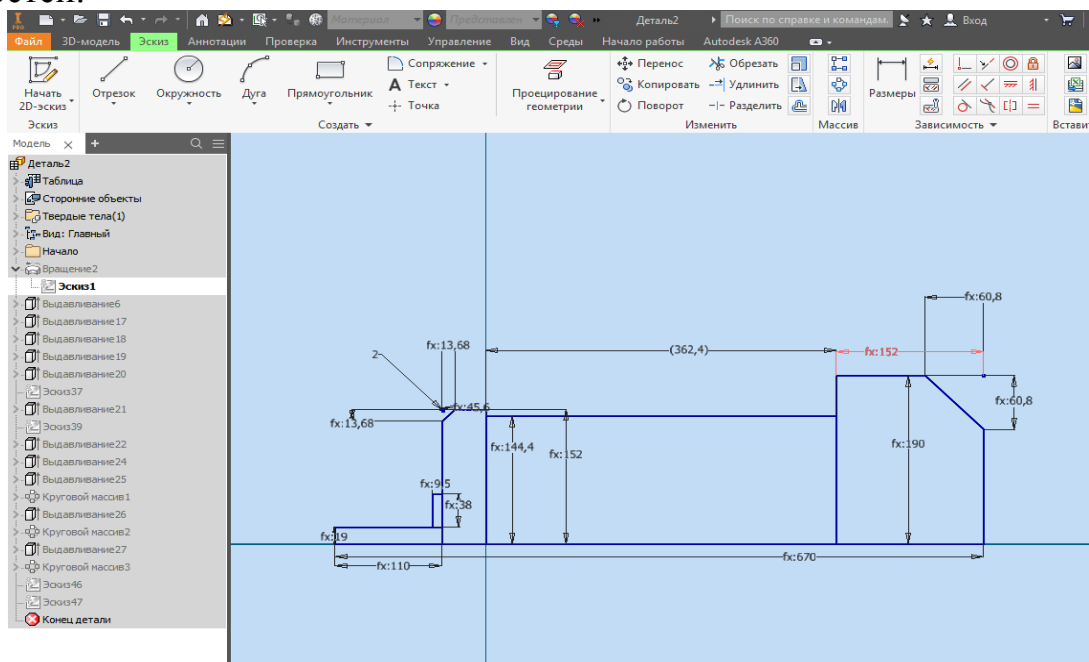


Рисунок 2 - Эскиз базы двигателя

Размерные зависимости прописываются в виде выражений в специальном окне Autodesk Inventor во вкладке «Параметры». Причем каждые зависимости должны опираться на реальные числовые значения (рисунок 3).

Имя параметра	Используется	Единица	Формула	Номин. знач.	Доп.	Значение в	Клю	Примечание
<b>Параметры модели</b>								
d0	Эскиз1	мм	l30	670,000000	●	670,000000	<input type="checkbox"/>	
d1	Эскиз1	мм	l1	110,000000	●	110,000000	<input type="checkbox"/>	
d2	d61, Эскиз1	мм	d5 * 0,3 бр	45,600000	●	45,600000	<input type="checkbox"/>	
d3	d58, Эскиз1	мм	d5	152,000000	●	152,000000	<input type="checkbox"/>	
d5	d66, d67, d7, d6, d...	мм	c_h * 0,95 бр	152,000000	●	152,000000	<input type="checkbox"/>	
d6	Эскиз1	мм	d5 * 0,95 бр	144,400000	●	144,400000	<input type="checkbox"/>	
d7	Эскиз1	мм	d5 * 1,25 бр	190,000000	●	190,000000	<input type="checkbox"/>	
d8	d63, d64, Эскиз1	мм	c_d1 / 2 бр	19,000000	●	19,000000	<input type="checkbox"/>	
d58	d59, Эскиз1	мм	d3 / 2,5 бр	60,800000	●	60,800000	<input type="checkbox"/>	
d59	Эскиз1	мм	d58	60,800000	●	60,800000	<input type="checkbox"/>	
d60	Эскиз1	мм	2,000 мм	2,000000	●	2,000000	<input type="checkbox"/>	
d61	d62, Эскиз1	мм	d2 * 0,3 бр	13,680000	●	13,680000	<input type="checkbox"/>	
d62	Эскиз1	мм	d61	13,680000	●	13,680000	<input type="checkbox"/>	
d63	Эскиз1	мм	d8 / 2 бр	9,500000	●	9,500000	<input type="checkbox"/>	
d64	Эскиз1	мм	d8 * 2 бр	38,000000	●	38,000000	<input type="checkbox"/>	
d66	Эскиз9	мм	d5 * 0,55 бр	83,600000	●	83,600000	<input type="checkbox"/>	
d67	Эскиз9	мм	d5 * 3 бр	456,000000	●	456,000000	<input type="checkbox"/>	
d69	Выдавливание6	град	0,0 град	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	
d157	d167, Эскиз31	мм	c_h * 0,78 бр	124,800000	●	124,800000	<input type="checkbox"/>	
d159	Эскиз31	мм	c_h * 0,16 бр	25,600000	●	25,600000	<input type="checkbox"/>	
d160	Выдавливание17	мм	d4	362,400000	●	362,400000	<input type="checkbox"/>	
d161	Выдавливание17	град	0,0 град	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	
d162	d163, Эскиз32	мм	l10 - c_d10 * 4 бр	118,000000	●	118,000000	<input type="checkbox"/>	
d163	Эскиз32	мм	d162	118,000000	●	118,000000	<input type="checkbox"/>	
d164	d165, Эскиз32	мм	l31 + c_d10 * 2 бр	138,000000	●	138,000000	<input type="checkbox"/>	
d165	Эскиз32	мм	d164	138,000000	●	138,000000	<input type="checkbox"/>	
d167	Выдавливание18	мм	c_h - d157 - d175	23,680000	●	23,680000	<input type="checkbox"/>	
d168	Выдавливание18	град	0,0 град	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	
d169	Эскиз33	мм	c_h * 0,7 бр	112,000000	●	112,000000	<input type="checkbox"/>	
d175	d193, d167, Выдав...	мм	c_h * 0,072 бр	11,520000	●	11,520000	<input type="checkbox"/>	
d176	Выдавливание19	град	0,0 град	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	
d177	Эскиз34	мм	l31	108,000000	●	108,000000	<input type="checkbox"/>	
d185	Эскиз34	бр	2 бр	2,000000	●	2,000000	<input type="checkbox"/>	
d187	Эскиз34	мм	l10	178,000000	●	178,000000	<input type="checkbox"/>	
d188	Эскиз34	бр	2 бр	2,000000	●	2,000000	<input type="checkbox"/>	
d190	Эскиз34	мм	b10	254,000000	●	254,000000	<input type="checkbox"/>	
d193	Выдавливание20	мм	d175	11,520000	●	11,520000	<input type="checkbox"/>	

Рисунок 3 - Autodesk Inventor вкладка «Параметры»

В этом окне связываем исходные данные используемые в формулах с данными из таблицы Microsoft Excel. Получаем шаблон 3D модели электродвигателя.

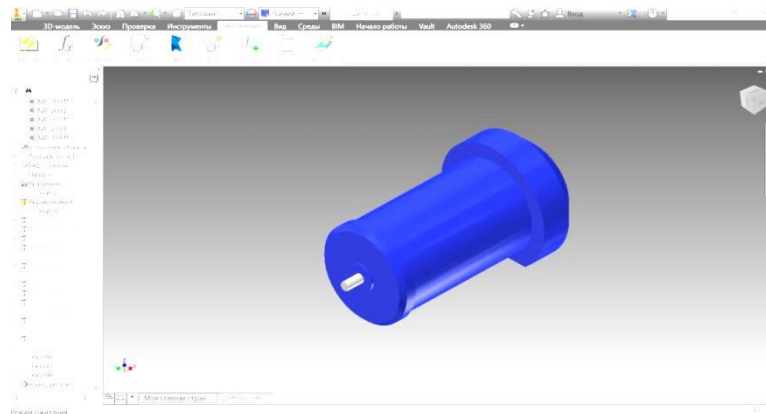


Рисунок 4 - База двигателя.

Для автоматического изменения размеров двигателя в зависимости от его типоразмеров используется механизм перерасчета параметров (см. рисунок 2) по выражениям зависящим от габаритных размеров. Например, расстояние между лапками задается размером  $b_{10}$ , но программа все свои переменные обозначает через  $d_n$ , где  $n$  - номер размера. Размеры которые имеют букву без цифры или буквы  $d$ ,  $b$  в таблицах Excel обозначаются через  $c_n$ , где  $n$  – необходимый размер. Например:  $c_h$  ( $h$  – высота оси вращения,  $c_{d10}$  ( $d_{10}$  расстояние между отверстиями лапок) и т.д.

Формулы для расчетов размеров заносятся во вкладку «Параметры». в Autodesk Inventor. Все обозначения размеров в формулах соответствуют ГОСТ 18709-73 [2].

$$d_5 = c_h \cdot 0,95.$$

Таким образом при изменении параметра  $c_h$ - высоты оси вращения, будут изменяться и размер  $d_5$ , также возможно запрограммировать и остальные размеры, как это представлено на рисунке 4.

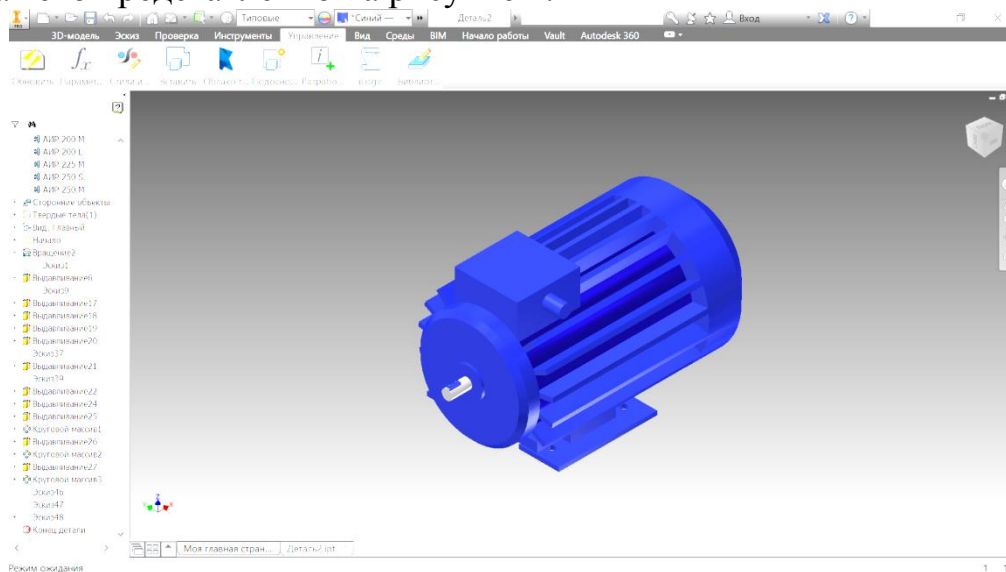


Рисунок 6 - Готовый двигатель.

Следующим шагом создаются параметрические модели, типоразмеры которых находятся в прилагаемом файле Excel из таблицы 1. Вид готового двигателя показан на рисунке 6.

#### Список литературы

1. <http://electronpo.ru/production>
2. Копылов, И.П. Проектирование электрических машин [Текст]: Учеб. пособие для вузов / И.П.Копылов, Б.К.Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф.

*Токарев; Под ред. И.П.Копылова. – 3-е изд., испр. и доп. – М.:Высш. шк., 2002. – 757 с.*

3. *Кацман, М.М. Электрические машины [Текст]: Учеб. для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр "Академия", 2003. – 496 с.*