

## Описание проекта «3D-сборка одношнекового экструдера для переработки полимеров»

Автор: студент гр. М-19 Сергеев Дмитрий Александрович  
Руководитель: ст. преподаватель кафедры МТВПО Голубев А.Н.

*Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»*

### Введение

Разработка выполнялась в компьютерном классе в ходе практических занятий по дисциплине «Основы компьютерного моделирования оборудования». Основная задача, решаемая в ходе цикла практических работ – освоение рациональных приемов проектирования и расчета деталей и узлов экструзионного оборудования для переработки полимеров с применением КОМПАС-3D.

По заданным исходным данным выполнялись расчеты производительности экструдера на основе геометрических параметров шнека и свойств материала, расчет и подбор привода.

В ходе построения 3D-сборки использовались стандартные библиотеки и приложения машиностроительной конфигурации КОМПАС-3D (стандартные изделия, металлоконструкции, муфты, валы и передачи), а также собственные прикладные библиотеки, разработанные на кафедре (библиотека построения шнеков, библиотека расчета привода экструдера и построения электродвигателей, библиотека шкивов).

### Исходные данные

Шнек: диаметр - 63 мм, шаг - 63 мм, глубина витка в зоне дозирования - 3 мм; головка: круглое сечение диаметром 8 мм, длина канала - 25 мм, полимер: полипропилен, частота вращения шнека - 40 об/мин.

### Расчет параметров шнека и производительности

Расчет выполняем по методике из [1]. Рассчитываем константы шнека  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , зависящие от его геометрических параметров. Угол подъема винтовой линии канала:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi \cdot D} = \operatorname{arctg} \frac{63}{3,14 \cdot 63} = 17,64^\circ.$$

Ширина гребня витка:

$$e = 0,08 \cdot D = 0,08 \cdot 63 = 5 \text{ мм.}$$

Константы шнека равны:

$$\alpha = \frac{1}{2} \pi m D h \left( \frac{t}{m} - e \right) \cos^2 \varphi = \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 6,3 \cdot 0,3 \left( \frac{6,3}{1} - 0,5 \right) \cos^2 17,64 = 15,62 \text{ см}^3;$$

$$\beta = \frac{m h^3 \left( \frac{t}{m} - e \right) \cos \varphi \cdot \sin \varphi}{12 L_3} = \frac{1 \cdot 0,3^3 \left( \frac{6,3}{1} - 0,5 \right) \cos 17,64 \cdot \sin 17,64}{12 \cdot 31,5} = 0,00012 \text{ см}^3;$$

$$\gamma = \frac{\pi^2 D^2 \delta^3 \operatorname{tg} \varphi}{10eL_3} = \frac{3,14^2 \cdot 6,3^2 \cdot 0,0126^3 \cdot \operatorname{tg} 17,64}{10 \cdot 0,5 \cdot 31,5} = 0,0000017 \text{ см}^3.$$

Рассчитаем зазор между наружным диаметром шнека и внутренней поверхностью материального цилиндра:

$$\delta = 0,002 \cdot D = 0,002 \cdot 63 = 0,126 \text{ мм.}$$

Рассчитаем коэффициент сечения головки для круглого сечения:

$$k = \frac{\pi r^4}{8l} = \frac{3,14 \cdot 4^4}{8 \cdot 25} = 0,004 \text{ см}^3.$$

Тогда производительность экструдера:

$$Q = \left( \frac{\alpha \cdot k}{k + \delta + \gamma} \right) \cdot n = \left( \frac{15,62 \cdot 0,004}{0,004 + 0,00012 + 0,0000017} \right) \cdot (40 / 60) = 10,1 \text{ см}^3/\text{с} \approx 35 \text{ кг/ч.}$$

### Кинематический расчет привода

Выбираем электродвигатель с частотой вращения  $n_{\text{дв}}=1425$  об/мин; мощность  $P_{\text{дв}}=4$  кВт. Электродвигатель подобран и построен с помощью разработанной на кафедре [«Библиотеки расчета и построения 3D-моделей электродвигателей для привода экструдера»](#). Данная библиотека позволяет выполнить расчет мощности экструзии, подобрать двигатель и построить его 3D-модель.

Общее передаточное число привода найдем из соотношения:

$$u_{\text{ПР}} = \frac{n_{\text{ДВ}}}{n_{\text{ШН}}} = \frac{1425}{40} = 35,6.$$

Передаточные числа ременной передачи и редуктора:

$$u_{\text{ПР}} = u_{\text{РП}} \cdot u_{\text{РЕД}} = 2,5 \cdot 14,24 = 35,6.$$

Предварительно принимаем значение передаточного числа ременной передачи 2,5, тогда передаточное число редуктора:

$$u_{\text{РЕД}} = \frac{u_{\text{ПР}}}{u_{\text{РП}}} = \frac{35,6}{2,5} = 14,24.$$

Рассчитаем частоты вращения валов привода. Быстроходный вал редуктора:

$$n_{\text{Б}} = \frac{n_{\text{ДВ}}}{u_{\text{РП}}} = \frac{1425}{2,5} = 570 \text{ об/мин.}$$

Тихоходный вал редуктора:

$$n_{\text{Т}} = n_{\text{ШН}} = 40 \text{ об/мин.}$$

Мощности на валах привода:

$$P_B = P_{ДВ} \cdot \eta_{РП} \cdot \eta_{ПК} = 4 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 3,762 \text{ кВт};$$
$$P_{ПР} = P_B \cdot \eta_{ЦЗП} \cdot \eta_{ПК} = 3,762 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 3,65 \text{ кВт};$$
$$P_T = P_{ШН} = P_{ПР} \cdot \eta_{ЦЗП} \cdot \eta_{ПК} = 3,65 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 3,54 \text{ кВт}.$$

Крутящие моменты на валах двигателя:

$$T_{ДВ} = \left( \frac{9550 \cdot P_{ДВ}}{n_{ДВ}} \right) = \left( \frac{9550 \cdot 4}{1425} \right) = 26,81 \text{ Н}\cdot\text{м};$$
$$T_B = \left( \frac{9550 \cdot P_B}{n_B} \right) = \left( \frac{9550 \cdot 3,762}{570} \right) = 63 \text{ Н}\cdot\text{м};$$
$$T_T = \left( \frac{9550 \cdot P_T}{n_T} \right) = \left( \frac{9550 \cdot 3,54}{40} \right) = 845,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

### Построение экструдированного узла

После выполнения расчета производительности и построения модели шнека выполняем построение экструдированного узла. Общий вид узла в разрезе показан на рисунке 1.

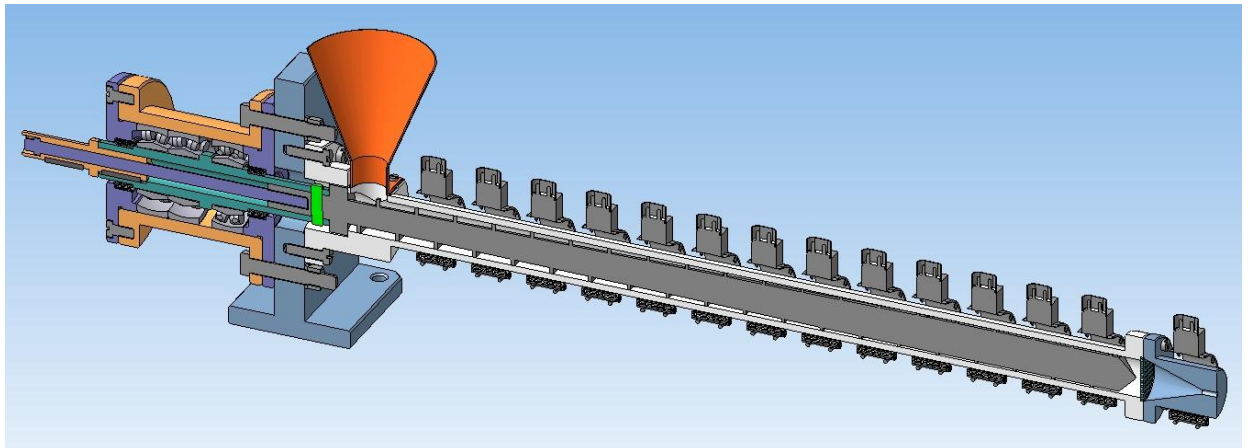


Рисунок 1 – Экструдированный узел в разрезе

### Построение сборки редуктора

Построение цилиндрического двухступенчатого редуктора начинается с подбора и построения шестерней в прикладной библиотеке в КОМПАС 3D. Подобранные и построенные шестерни устанавливаем на валах. Также на валы устанавливаем втулки и подшипники. Затем выполняем построение корпуса редуктора. На построенный корпус редуктора устанавливаем валы с шестернями, как показано на рисунке 3. После этого на корпус редуктора устанавливаем крышку редуктора (не показана) и закрепляем болтами. Затем подшипники с двух сторон прижимаем крышками и закрепляем болтами, как показано на рисунке 3.

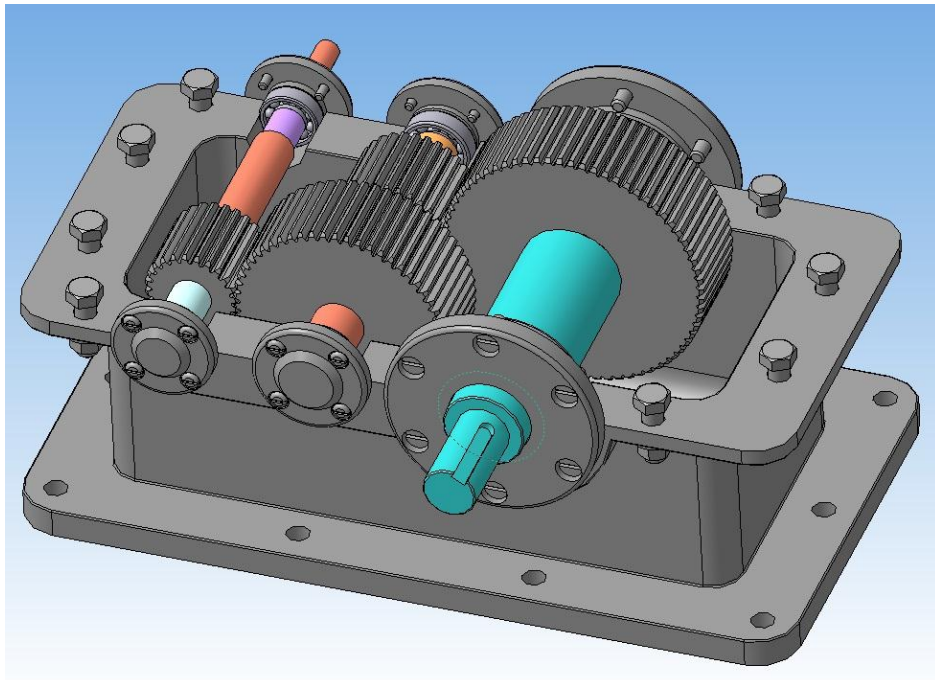


Рисунок 3 – Общий вид сборки редуктора

### Разработка станины экструдера

Далее с помощью стандартной библиотеки «Металлоконструкции» построим металлоконструкцию под размеры и положения отверстий редуктора и экструдированного узла. Разработанная металлоконструкция показана на рисунке 4.

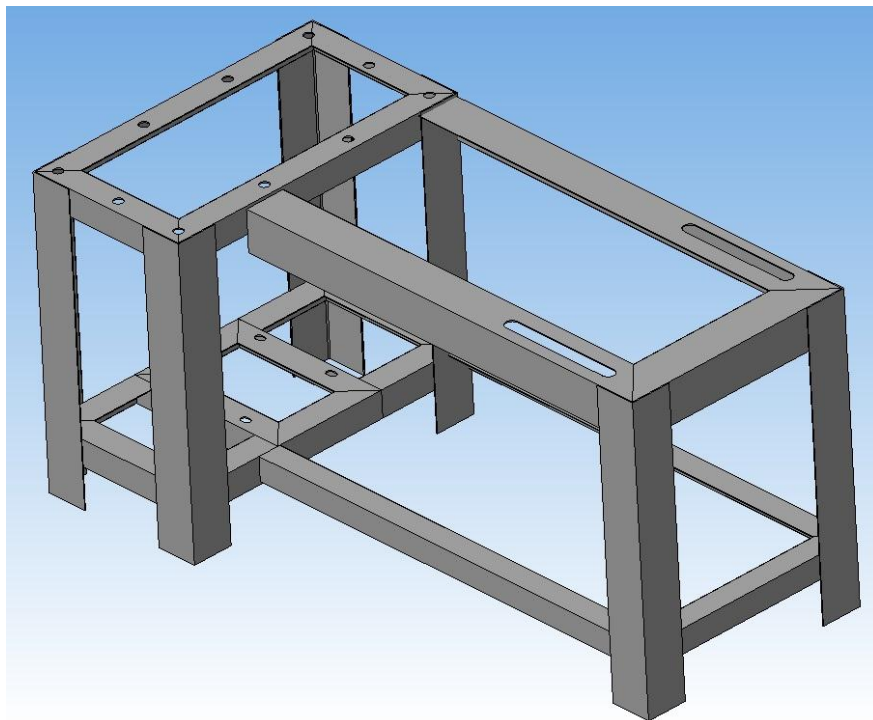
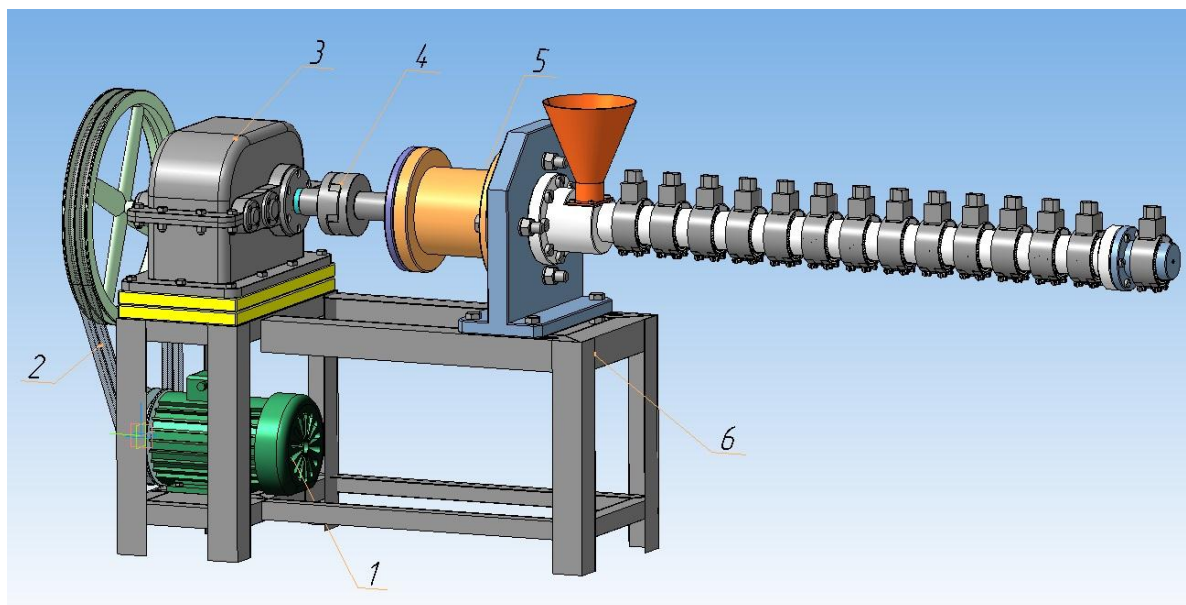


Рисунок 4 – Станина экструдера

Далее с помощью прикладных библиотек и приложений машиностроительных конфигураций в КОМПАС 3D достраиваем недостающие элементы, а затем устанавливаем их в следующей последовательности (рисунок 5): на металлоконструкцию 6 устанавливаем двигатель 1, цилиндрический редуктор 3 и экструдер 5. Редуктор 3 соединяем фланцевой муфтой 4 с экструдером 5 и закрепляем болтами. Двигатель 1 и редуктор 3 соединяем с помощью ременной передачи 2 и также закрепляем болтами.



1 - двигатель; 2 - ременная передача; 3 - редуктор; 4 - муфта фланцевая; 5 - экструдер; 6 - металлоконструкция

Рисунок 5 - Общий вид сборки экструдера

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Крыжановский, В. Производство изделий из полимерных материалов / В.К. Крыжановский, М. Л. Кербер, В. В. Бурлов [и др.] – Санкт-Петербург : Профессия, 2004. – 432 с.