

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева  
Кафедра «Индустриальная инженерия»

Выполнил: Тельман Алишер Нурланұлы

Проектирование винтового пресса и  
его узлов с использованием  
CAD/CAE

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность 5В071200 –Машиностроение

Алматы 2020



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева  
Кафедра «Индустриальная инженерия»  
Шифр и наименование специальности 5В071200 –Машиностроение

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Заведующий кафедрой  
Индустриальная инженерия  
доктор PhD  
(ученая степень, звание)  
\_\_\_\_\_ Арымбеков Б.С.  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЗАДАНИЕ**  
на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Тельману Алишеру Нурланулы

Тема: «Проектирование винтового пресса и его узлов с использованием CAD/CAE»

Утверждена приказом Ректора Университета №762–6 от "27"01 2020 г.

Срок сдачи законченной работы " 20 " апреля 2020 г.

Исходные данные к дипломному проекту:

Чертеж, размеры и материал детали

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) принцип работы ручного винтового пресса  
б) расчет на прочность винта и гайки

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): чертеж винта и гайки

Рекомендуемая основная литература:

- 1 Бочаров Ю. А. «Винтовые прессы» переизданное 2009 год.
- 2 Анурьев В.И. «Справочник конструктора-машиностроителя» 2001 год.
- 3 Живов Л. И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. «Кузнечно-штамповочное оборудование» 2006 год.

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологическая часть	11.02-11.03.2020	
Конструкторская часть	12.03-16.04.2020	

**ПОДПИСИ**

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Орлова Е.П.	15.04.2020	
Нормоконтроль	Орлова Е.П.	20.04.2020	

Научный руководитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

/Орлова Е.П.\_\_\_\_/  
(Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению обучающийся \_\_\_\_\_  
(подпись)

/Тельман А.Н./  
(Ф.И.О.)

Дата

" 11 " 02 2020 г.

## АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте рассмотрена общая картина проектирования винтового пресса. На основе имеющихся размеров и материалов деталей будет выбран тип резьбы для проведения аналитических расчетов на прочность и устойчивость винта, а также элементов гайки. По полученным данным при помощи программы АРМ Fem проводятся вычисления максимального напряжения и коэффициента запаса на прочность для винта и гайки.

## АҢДАТПА

Берілген дипломдық жобада бұрандалы баспақтың құрастырылуының жалпы көрінісі қарастырылады. Бөлшектердің өлшемдері мен материалдарына сүйене отырып, бұранданың беріктігі мен тұрақтылығына және сомын элементтеріне аналитикалық есептеулер жүргізу үшін бұранданың түрі таңдалады. Алынған деректерге сәйкес, АРМ Fem бағдарламасын қолдана отырып, бұрандаға мен сомынға үшін максималды кернеу мен беріктік коэффициенті есептелінеді.

## ANNOTATION

In this given degree project, the general picture of the design of a screw press is considered. Based on the available sizes and materials of the parts, the type of thread will be selected for analytical calculations on the strength and stability of the screw, as well as the nut elements. According to the data obtained, using the APM Fem program, the maximum stress and safety factor for the screw and nut are calculated.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Технологическая часть	10
1.1 Принцип действия и классификация винтового пресса	10
1.2 Ручные одностоечные механические винтовые прессы	11
1.3 Принцип работы ручного винтового пресса	12
2 Конструкторская часть	14
2.1 Выбор типа резьбы	14
2.2 Исходные данные для расчетов	14
2.3 Расчет винта на прочность и устойчивость	15
2.4 Расчет элементов гаек	19
2.5 Определение КПД	21
2.6 Расчет максимального напряжения и коэффициента запаса на прочность для винта и гайки при помощи САЕ- систем	22
2.7 Сравнение разницы значений напряжения	28
Заключение	29
Список использованной литературы	30



## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день у машиностроительных заводов, преимущественно в областях ВПК, для совершенствования и увеличения базы производства не хватает имеющихся денежных средств для покупки новых технологических оборудований, изготовленных для горячего и холодного объемного деформирования металла. Вследствие чего, вопрос о восстановлении вышедших из строя по различным факторам винтовых прессов, во многих случаях из-за неисправностей обмоток статора, становится остроактуальным.

Одними из древнейших механических прессов являются винтовые прессы. Их применяют в массовых производствах при штамповке деталей. Винтовые прессы различаются от гидравлических намного меньших габаритов, более легким уходом, а также большей быстроходностью; от паровоздушных и фрикционных молотов отличаются наиболее меньшим расходом энергии, более простым основанием, бесшумной работой и большей устойчивостью инструмента.

Одним из передовых видов обработки металлов является объемная штамповка, которую обеспечивает винтовой пресс. Для производства поковок повышенной точности с оребрением и тонким полотном, использование винтового пресса является более продуктивным. Более того они осуществляют общее сокращение трудоемкости в штамповочных и в механических цехах, а также улучшают и увеличивают условия производительности работы, повышают коэффициент использования металла.

## **1 Технологическая часть**

### **1.1 Принцип действия и классификация винтового пресса**

Кузнечно-штамповочные технологические машины-орудия являются разновидностью винтовых прессов, энергия привода которых преобразуется в полезную работу с помощью винтового механизма.

Нынешние винтовые прессы, не вспоминая о более ранних конструкциях в древности в начале рабочего хода имеют невысокую линейную скорость ползуна. Данное обстоятельство стало одной из причин, обусловившей их приравнение к прессам. Более того, одним важным отличительным признаком, приравнивающим винтовые механизмы к гидравлическим, а также кривошипным прессам, считается закрытая конструкция главного исполнительного механизма и станины. [1 стр. 332, 2].

Есть такие инженеры, изучающие основы абсолютного расходования кинетической энергии, заряженной в маховике, и нехватка взаимосвязи между двигателем и маховиком во время рабочего хода машины. В следствии чего теперь ударом стали называть рабочий ход винтового механизма. Однако, динамическое влияние винтового механизма на фундамент корпуса более схожа с кривошипным прессом из-за длительного рабочего хода. [1].

Одним из главных признаков конструкции является способ крепления гайки винтовой пары. На это влияет исполнительный механизм. В исполнительном механизме, изображенном на схеме М1 (рисунок 1, а) происходит возвратное поступательное движение ползуна из-за того, что гайка навинчивается или свинчивается с винта. В исполнительном механизме на схеме М2 (рисунок 1, б) происходит перемещение ползуна на закрепленном винте из-за того, что гайка установлена в маховике и при вращении винт самостоятельно ввинчивается или вывинчивается из гайки. В исполнительном механизме на схеме М3 (рисунок 1, в) происходит перемещение ползуна, так как из-за неподвижно установленной гайки винт вращается с маховиком и ввинчивается или вывинчивается из гайки. Приводы у главных исполнительных механизмов винтовых прессов бывают гидравлические, механические, и электрические. [1 стр. 333, 2].

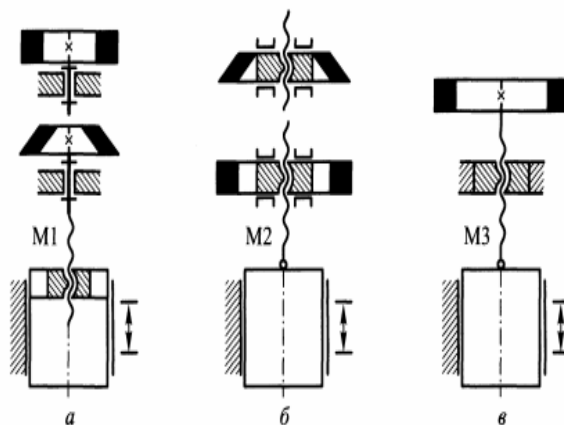


Рисунок 1- Схемы исполнительных механизмов винтового пресса

По конструкции сборки винтовые прессы можно поделить по следующим признакам:

- вертикальные и горизонтальные по расположению оси движения ползуна;
  - прессы с верхним и нижним приводом по расположению привода;
  - одновинтовые и двухвинтовые прессы по числу точек подвески.
- [1 стр. 334].

## 1.2 Ручные одностоечные механические винтовые прессы

Винтовой механический пресс — это устройство, созданное для преобразования движения через кинематическую цепь с жесткими звеньями.

Сложно представить металлургическое производство, которое обходилось бы без механического пресса. В домашних мастерских и небольших цехах можно использовать настольные конструкции прессы. На таком прессе можно штамповать, выпрямлять и прогибать детали, а также осуществлять дополнительную обработку.

Винтовой механический пресс является надежным оборудованием, который имеет крупный ресурс и изготавливается из прочных видов закаленной стали. Конструкция при должном изготовлении работает десятки лет без замены комплектующих и ремонта.

С помощью ручного прессы обрабатывают:

- различные металлы;
- пластмассы и полимеры;
- картон;
- кожу;
- резину;
- поролон. [2, 3].

Данный пресс часто применяют в слесарном деле для выпрессовки втулок или подшипников, высечки небольших изделий, штамповки, запрессовки и клепки. Благодаря ему экономится время на изготовление деталей и что важно, качество остается высоким. Также, большим преимуществом является возможность работы при отрицательных температурах.

Ручные винтовые прессы изготавливаются с максимальным давлением до 40-50 т, которое развивается за счет энергии маховика, разгоняемого от руки и выполняемого в виде колеса или маховых грузов на штанге. Винты снабжены трех или четырехходовой резьбой. [3, 4].

Втулки изготавливают из бронзы или антифрикционного чугуна. Станины отливаются из чугуна. У более простых видов данного пресса резьба выполняется непосредственно в самой станине. [4, 5].

### 1.3 Принцип работы ручного винтового пресса

Ручной винтовой пресс с основными деталями и узлами изображен на рисунке 2.

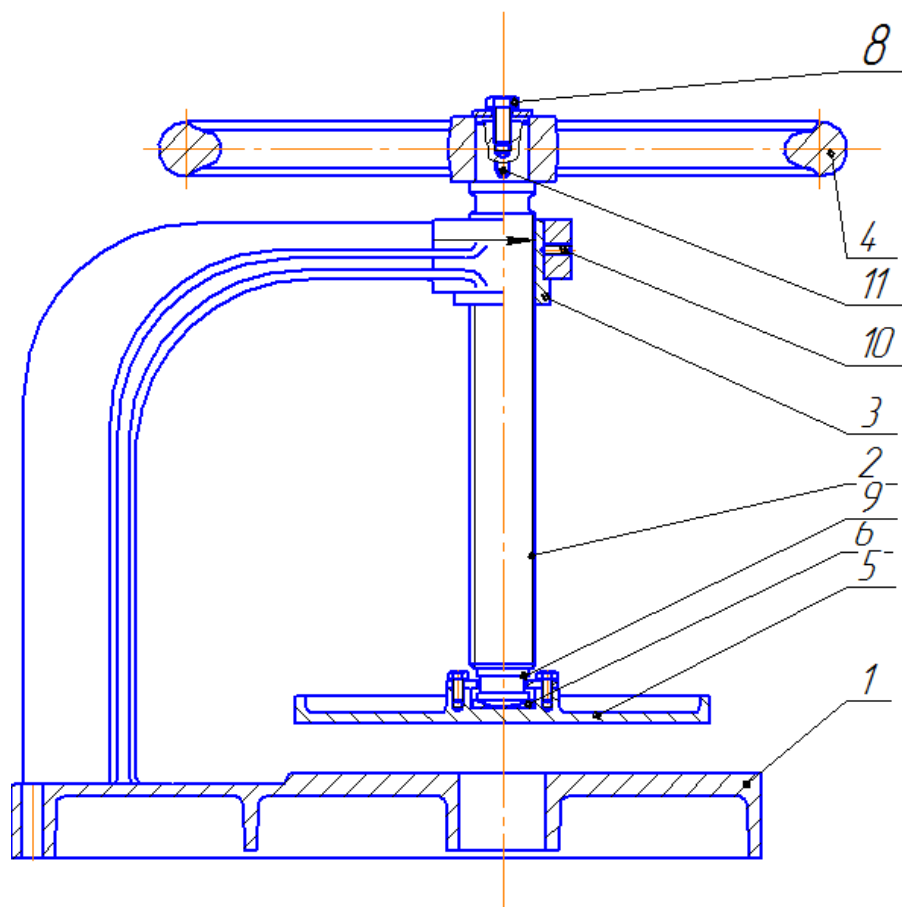


Рисунок 2- Чертеж ручного винтового пресса

Основными элементами данного пресса являются: крепежные детали, корпус- 1, винт- 2, гайка- 3, маховик- 4, шайба- 7.

Корпус у данного пресса является также и станиной. Она крепится к самой конструкции с помощью четырех болтов. Внутри корпуса устанавливается гайка с натягом, но для того, чтобы предотвратить её возможное выпадение крепится установочный винт. [5, 6].

В движение винт приводят благодаря маховику. Его устанавливают посредством болта, для того, чтобы при переносе пресса, ухватившись и приподняв его за маховик, он не оказался бы в руках, и сама конструкция не упала бы на ноги рабочего. Винт вращается внутри неподвижной гайки. Этому способствует его перемещение согласно поступательному движению, где винт опускает или поднимает подвижную плиту- 5 с помощью левой и правой резьбы. На концах винта находятся концевые шайбы, которые крепятся крепежными болтами и пружинными шайбами, чтобы он не выкрутился из гаек и был неподвижен. Из-за большого передаточного отношения между винтом и маховиком при минимальной затрате мускульной энергии в штампах создается значительное давление. [7].

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Выбор типа резьбы

Упорная резьба предназначена для работы в суровых условиях, где имеется большое трение и высокий износ, поэтому она больше всего подходит для данного механизма. В данном механизме рабочая нагрузка имеет только одно направление, это является еще одной причиной для выбора упорной резьбы. Однако трапецеидальная и метрическая резьбы также могут работать в одном направлении, но упорная резьба превосходит метрическую и трапецеидальную по КПД и стойкости на износ. Но также выбор резьбы можно произвести по следующим параметрам:

- по толщине витка;
- по высоте витка;
- по рабочему углу;
- по силе, которую рабочий тратит во время работы с этим механизмом. [7, 8].

Изучая и сравнивая все эти параметры, резюмируем, что упорная резьба владеет самыми оптимальными свойствами и качествами для данного механизма. Её параметры показаны в таблице 1. [9].

	Трапецеидальная	Метрическая	Упорная
Прочность витка $\psi_a$	0,67	0,875	0,75
Стойкость на износ $\psi_b$	0,5	0,54	0,7
Угол рабочего профиля $\gamma$	15	30	3

Таблица 1- Параметры различных видов резьбы

### 2.2 Исходные данные для расчетов

Основные параметры [9 стр. 136, 5]:

- Усилие на винте
- Длина от наконечника до стола
- Длина от наконечника до стола
- Шаг резьбы
- Основные параметры в станине

$$F = 22 \text{ кН.}$$

$$l_{\min} = 30 \text{ мм.}$$

$$l_{\max} = 230 \text{ мм.}$$

$$p = 6.$$

$$a = 180 \text{ мм.}$$

$$b = 150 \text{ мм.}$$

В следствии выбранного шага резьбы подберем параметры значения диаметров резьбы по ГОСТу 10177-82 [9, 10]:

- $D_1 = 29$  мм- внутренний диаметр.
- $d_2 = 33,5$  мм- средний диаметр.
- $d_3 = 27,587$  мм- внутренний диаметр.
- $d = 38$  мм- наружный диаметр.

Исходные данные были выбраны для схемы винтового пресса, изображенного на рисунке 3.

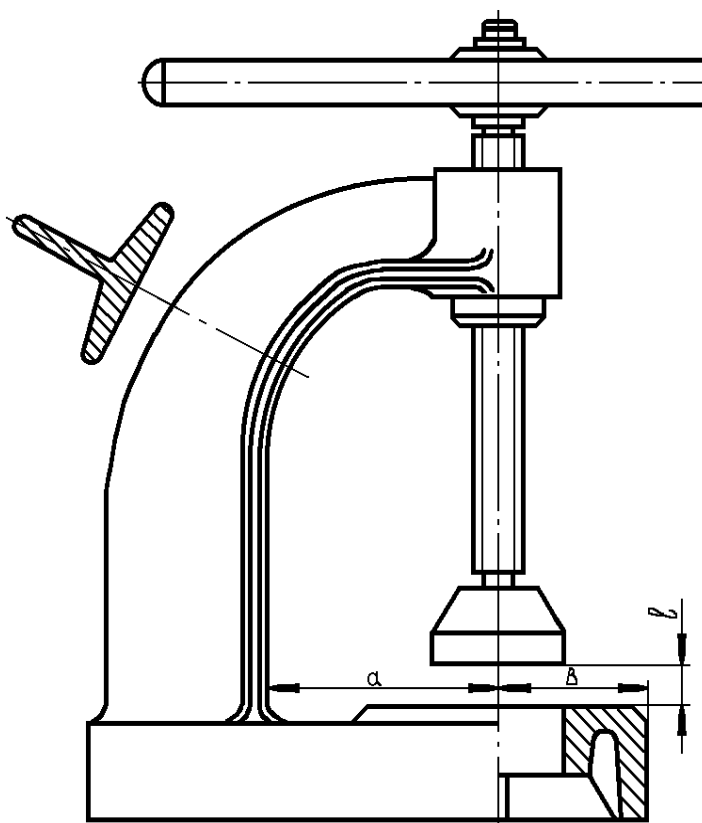


Рисунок 3- Ручной винтовой пресс

### 2.3 Расчет винта на прочность и устойчивость

Для проектирования ручного винтового пресса материалы винта должны иметь хорошую обрабатываемость, высокую износостойкость и прочность. Лучшим материалом, который отвечает всем требованиям является сталь.

Для винта самым оптимальным выбором является сталь 40Х, выбранная по ГОСТ 4543-71. [9].

При расчете винта на прочность и устойчивость также необходимо правильно представлять расчетную схему, изображенную на рисунке 4.

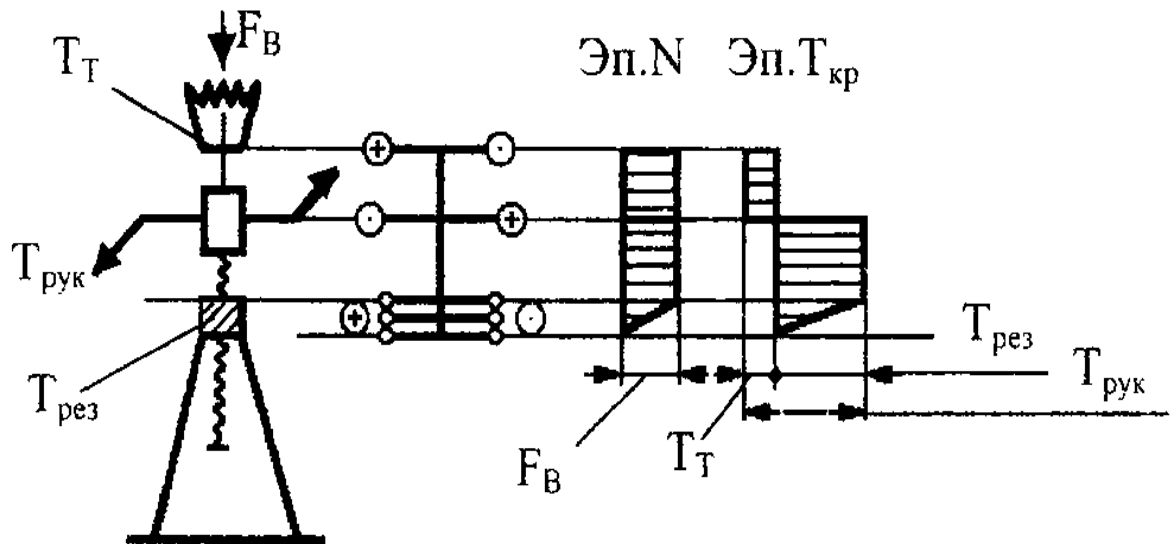


Рисунок 4- Расчетная схема винта на прочность

В опасном сечении прочность винта проверяется по третьей гипотезе прочности [9, стр. 21]:

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{F_B}{A}\right)^2 + 4\left(\frac{T_{рез}}{W_{p1}}\right)^2} \leq [\sigma_p] \quad (1)$$

Сжимающая нагрузка [9, стр. 21]:

$$\sigma_{сж} = \frac{F_B}{A} \leq [\sigma_{сж}] \varphi. \quad (2)$$

Рассчитываем у винта осевой момент инерции сечения [9, 10]:

$$J = \frac{\pi d_1^4}{64 \cdot (0,4 + 0,6 \frac{d}{d_1})} = \frac{3,14 \cdot 27,587^4}{64(0,4 + 0,6 \cdot 1,38)} = 23140,3. \quad (3)$$

Рассчитываем у винта осевой радиус инерции сечения [9, стр. 21]:

$$i = \sqrt{\frac{J}{A}}. \quad (4)$$

в данной формуле A является площадью.



$$A = \frac{\pi d_3^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 27,587^2}{4} = 597,4 \text{ мм}^2. \quad (5)$$

$$i = \sqrt{\frac{23140,3}{597,4}} = 6,22 \text{ мм.}$$

Рассчитаем у резьбы момент [9, стр. 19]:

$$T_{\text{рез}} = \frac{F_B d_2 \text{tg}(\alpha + \varphi)}{2} = \frac{22000 \cdot 33,5 \cdot \text{tg}(3,43 + 5,14)}{2} = 55275 \text{ Нм.} \quad (6)$$

Далее идет вычисление полярного момента сопротивления [9]:

$$W_{p1} = 0,1 d_2^3 = 3759,54. \quad (7)$$

Подставим:

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{22000}{597,4}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{55275}{3759,54}\right)^2} = 47,125 \leq [\sigma_p].$$

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{T_{\text{рез}}}{W_{p1}} = 14,7 \text{ МПа.} [4]. \quad (8)$$

Далее проверяем на продольный изгиб винт:

Пусть коэффициент приведения длины  $\mu = 1$ .

Длину винта выбираем из учета его конструкции  $L = 340 \text{ мм}$ . [9].

Следующим шагом проверяем винт на гибкость [9, стр. 21]:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 340}{6,22} = 54,7. \quad (9)$$

Если гибкость винта составляет  $\lambda = 54,7$  то, коэффициент  $\varphi$ - уменьшения допускаемых напряжений будет равен  $\varphi = 0,85$ .

Далее вычисляем продольный изгиб у винта:

$$\sigma_{\text{сж}} = F_B / A_1 \leq [\sigma_{\text{сж}}] \varphi$$

$$\sigma_{\text{сж}} = F_B / A_1$$

$$\frac{22000}{597,4} = 36,83 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_{сж}^2 + 4\tau_{кр}^2} = \sqrt{36,83^2 + 4 \cdot 216,09} = 47,12 \text{ МПа.} \quad (10)$$

Проверка на прочность выполнена.

Для расчета винта на устойчивость важно рассчитать критическую силу Эйлера. Схема к расчету винта на продольную устойчивость изображена на рисунке 5.

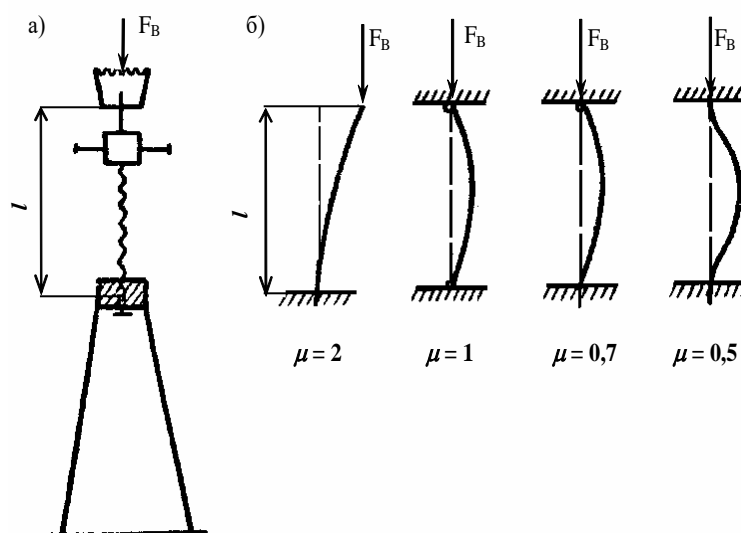


Рисунок 5- Схемы к расчету винта на продольную устойчивость

По закону Эйлера находим критические силы [9]:

$$F_{кр} = \left(\frac{\pi}{\mu l}\right)^2 EJ = \left(\frac{3,14}{1 \cdot 208}\right)^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1595,2 = 72707 \text{ Н.} \quad (11)$$

$$F_{кр} = \left(\frac{\pi}{\mu l}\right)^2 EJ = \left(\frac{3,14}{1 \cdot 340}\right)^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 23140,3 = 384673,46 \text{ Н.}$$

Условия устойчивости выполнено, так как сила, которую получили намного больше силы, которую приложили.

На рисунке 6 изображен чертеж винта в 2D с основными размерами, выполненный в программе КОМПАС- 3D.

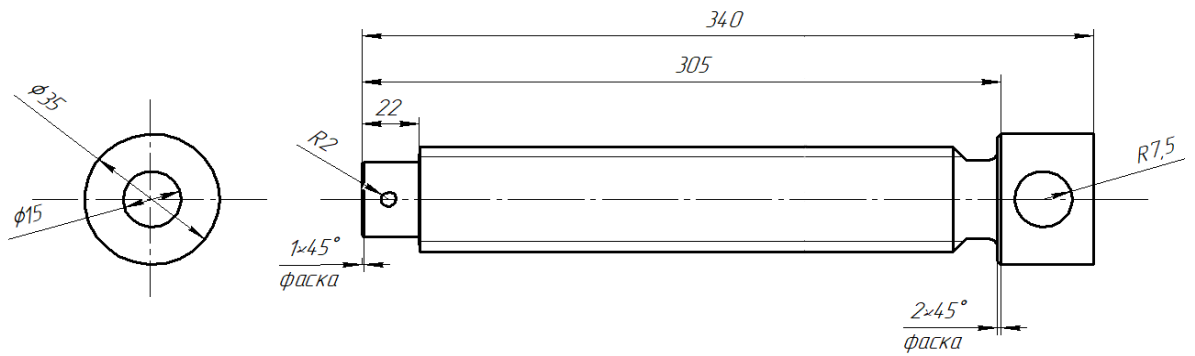


Рисунок 6- Чертеж винта, выполненный в КОМПАС- 3D

## 2.4 Расчет элементов гаек

Наименьший допустимый наружный диаметр гайки, изображенной на рисунке 7, из условия прочности на растяжение [9]:

$$\sigma_p = F_e / A \leq [\sigma_p]. \quad (12)$$

где  $F_b$  - сила, действующая на гайку;

$A$ — площадь, на которой действует сжимающая сила.

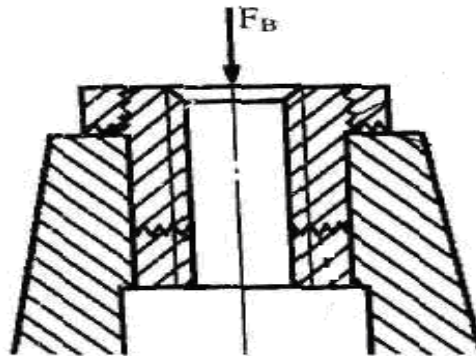


Рисунок 7- Гайка

У гайки вычисляем минимальный внешний диаметр по формуле [9]:

$$D_2 \geq \sqrt{\frac{4F_e}{[\sigma_p]\pi} + d^2} \quad (13)$$

где  $D_2$ - минимальный внешний диаметр у гайки;

$F_B$  - сила, которая воздействует на гайку;  
 $d$  – максимальный диаметр у резьбы гайки;

$$D_T = \sqrt{\frac{4 \cdot 22000}{3,14 \cdot 40} + 38^2} = 46,3 \text{ мм.}$$

Конструктивно увеличим до 48 мм.

Исходя из условия прочности, рассчитываем максимальный наружный диаметр у гайки на смятие [9, стр. 18]:

$$\sigma_{см} = F_e / A_{см} \leq [\sigma_{см}] \quad (14)$$

где  $F_B$  - сила, которая воздействует на гайку;

$A_{см}$  - площадь гайки на смятие.

Максимальный внешний диаметр гайки рассчитываем по формуле [9]:

$$D_6 \geq \sqrt{\frac{4F_e}{[\sigma_{см}]\pi} + D_2^2} \quad (15)$$

где  $D_6$  - максимальный внешний диаметр гайки;

$[\sigma_{см}]$  - напряжения, допускаемые на смятие.

$$D_6 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 22000}{3,14 \cdot 60} + 48^2} = 52,6 \text{ мм.}$$

Из конструктивной точки зрения примем за  $D_6 = 56$  мм.

Следовательно,

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot 22000}{3,14 \cdot (56^2 - 48^2)} = 33,69 \leq [\sigma_{см}]$$

$$33,69 \leq 60 \text{ МПа}$$

Условие на смятие выполнено.

Вычисляем высоту у буртика [9]:

Его высота равна  $h_b = 0,3H_T = 0,3 \cdot 50 = 15$  мм.

Проверка на срез гайки [4]:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F_{\text{г}}}{A_{\text{ср}}} = \frac{F_{\text{г}}}{\pi \cdot D_{\text{з}} \cdot h_{\text{б}}} \leq [\tau_{\text{ср}}] \quad (16)$$

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{22000}{3,14 \cdot 48 \cdot 15} = 10,43 \leq [\tau_{\text{ср}}]$$

Условие на срез у гайки выполнено.

На рисунке 8 изображен чертеж гайки в 2D с основными размерами, выполненный в программе КОМПАС- 3D.

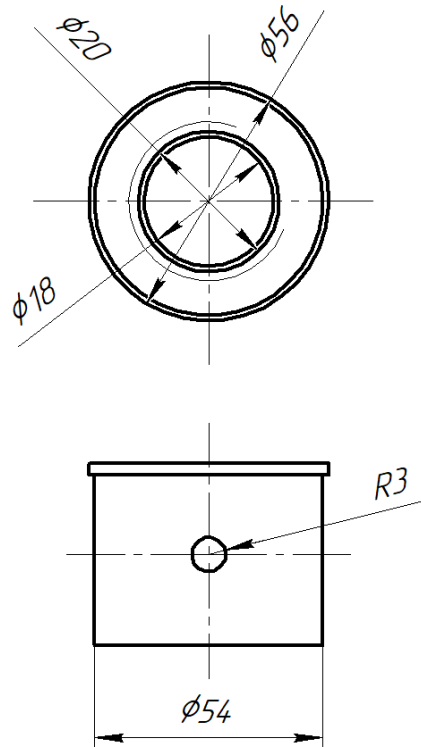


Рисунок 8- Чертеж гайки, выполненный в КОМПАС- 3D

## 2.5 Определение КПД

Коэффициент полезного действия винтового механизма определяется по формуле [9, стр. 32]:

$$\eta_{\text{вм}} = \frac{F \cdot p \cdot a}{2 \cdot \pi \cdot T_{\text{рез}}} \cdot 100\%; \quad (17)$$

$$\eta_{\text{вм}} = \frac{22000 \cdot 6 \cdot 1}{2 \cdot 3,14 \cdot 99495} \cdot 100\% = 21,1\%.$$

где  $F_v$ — сила действующая на винт;  
 $p$ — шаг резьбы;  
 $a$ — число заходов резьбы;  
 $T_{рез}$ - момент в резьбе.

## 2.6 Расчет максимального напряжения и коэффициента запаса на прочность для винта и гайки при помощи CAE-систем

После выполненных аналитических расчетов винта и гайки на прочность с целью подтверждения их правильности проведем расчеты винта и гайки на прочность в программе КОМПАС 3D с помощью инженерного модуля прочностного расчета АРМ Fem.

Порядок расчета:

Для начала создаем 3D модель винта, по уже выполненному чертежу в программе КОМПАС 3D, модель которого предоставлена на рисунке 9.

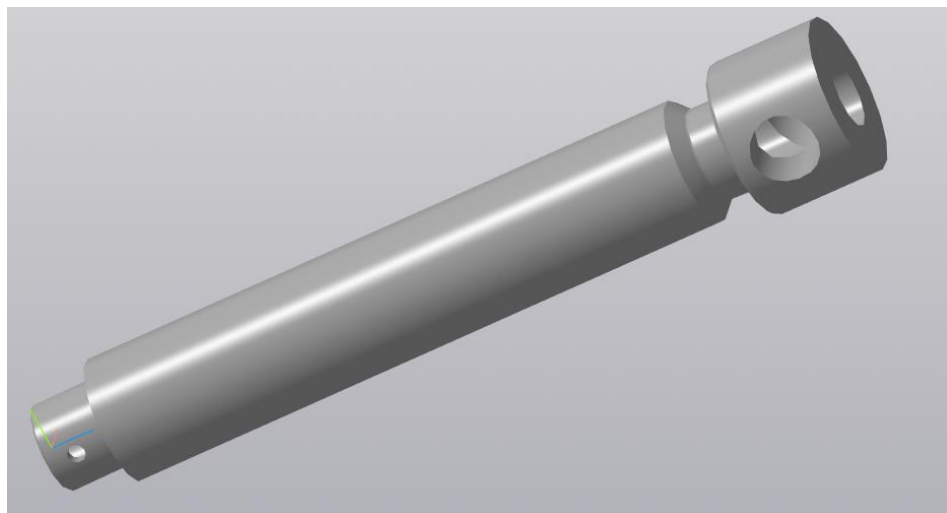


Рисунок 9- 3D модель винта

Далее применяем команду «подготовка модели» на готовую 3D модель винта. Устанавливаем закрепления. Затем прикладываем распределенную силу, которая равна по величине усилию на винте  $F=22000$  Н. Выделяем область приложения нагрузки и задаем величину. Результат после данных операций показана на рисунке 10.

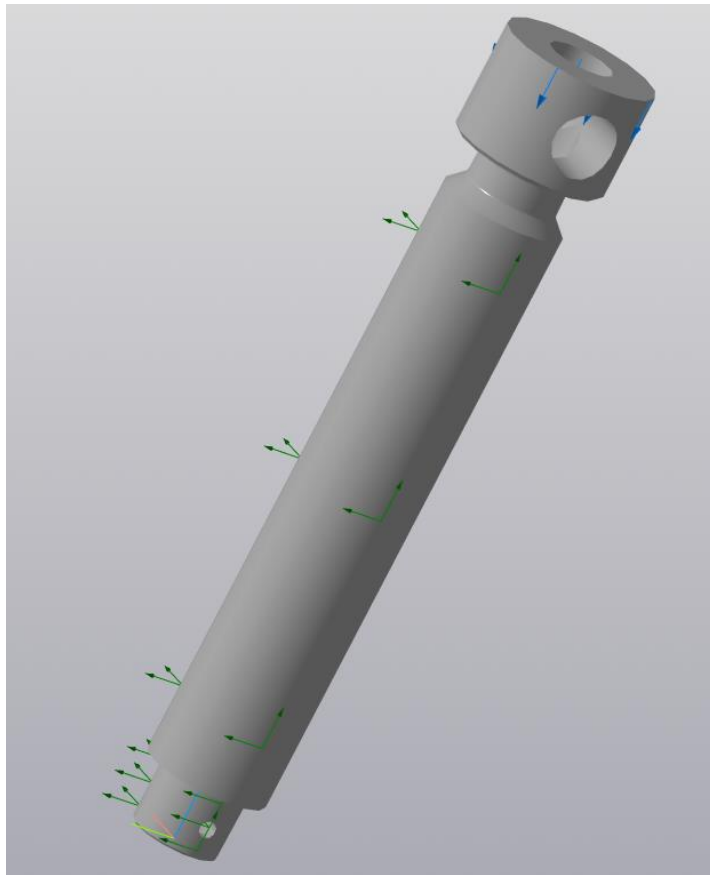


Рисунок 10- модель винта до расчетов

Далее необходимо задать параметры материала винта. Во вкладке «Свойства» выбираем «Материалы» и из библиотеки загружаем сталь 40Х, которая выбрана по ГОСТу 4543-71. [9, 10].

После этого необходимо сформировать сетку из конечных элементов из четырех узловых тетраэдров с максимальной стороной элемента 5 мм. Для этого во вкладке «Разбиение и расчет» выбираем «Генерация КЭ сетки». Затем ждем на кнопку «сформировать КЭ сетку» и в результате получаем количество конечных элементов 5997 и узлов 1979. КЭ сетка и результаты разбиения показаны на рисунке 11.

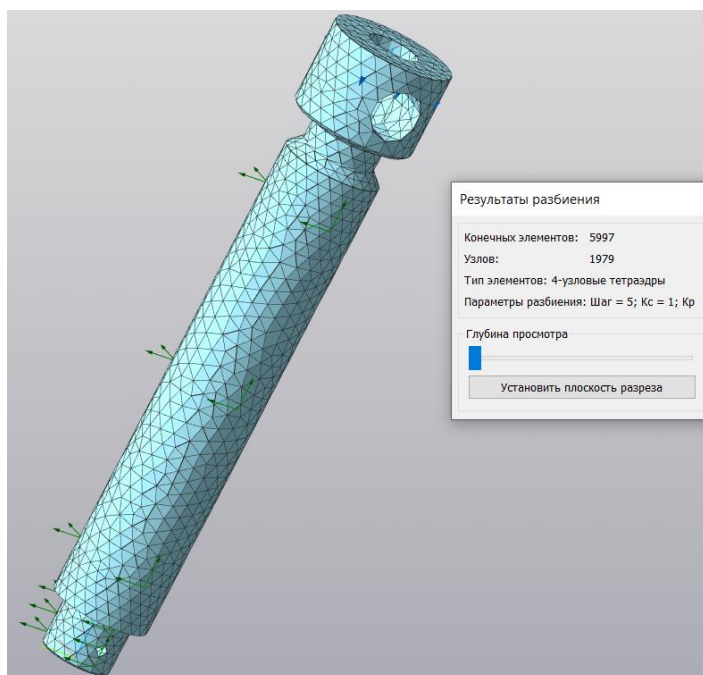


Рисунок 11- Генерация конечно-элементной сетки

Следующим шагом отправляем винт на линейный статический расчет. Для этого во вкладке «Разбиение и расчет» выбираем «Расчет». После чего во вкладке «Результаты» выбираем «Карта результатов» и выводим соответствующие карты результатов для напряжений и коэффициента запаса прочности, которые показаны на рисунках 12 и 13.

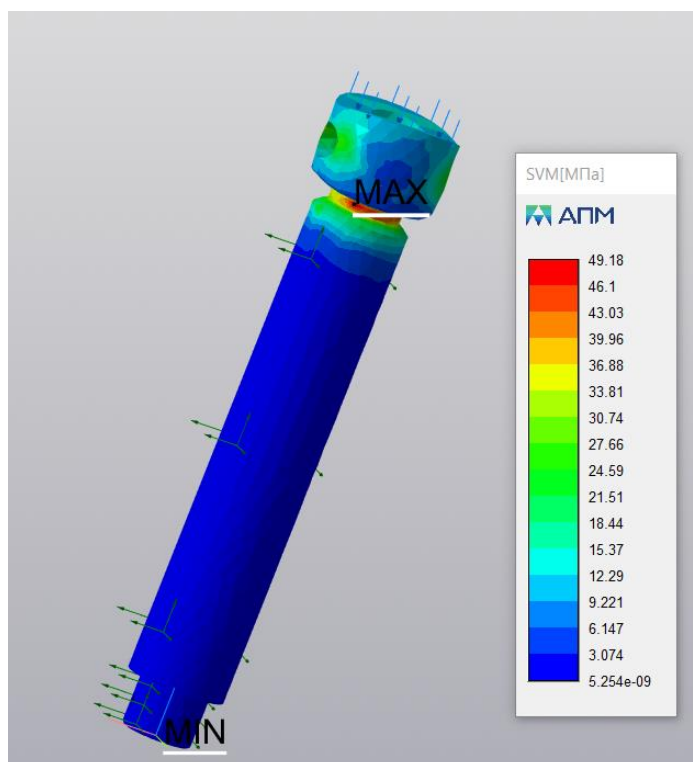


Рисунок 12- Карта результатов напряжений винта



Из расчета видно, что максимальное напряжение составляет 49,18 МПа и возникает в опасном сечении, что не превышает допусковое напряжения для стали 40Х, которое равно 377,3 МПа.

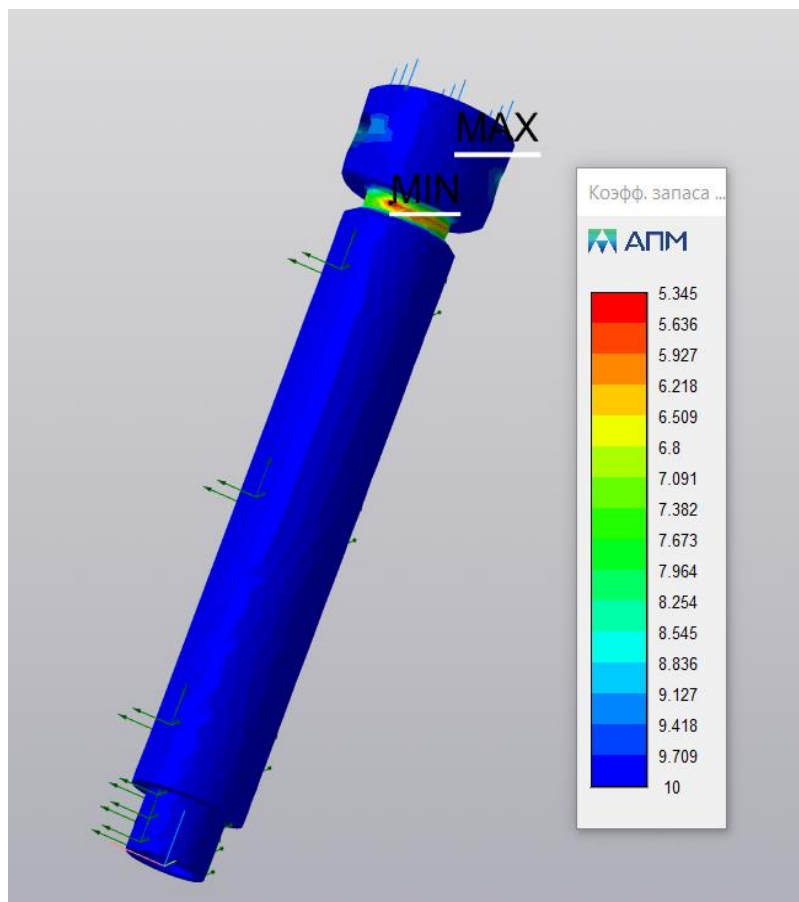


Рисунок 13- Карта коэффициента запаса на прочность винта

Минимальное значение коэффициента запаса  $n=5,345$  – величина, которого расположена так же в месте опасного сечения, где и максимальное напряжение.

Для расчета гайки проводим следующие операции:

В программе КОМПАС 3D создаем модель гайки, которая показана на рисунке 14.

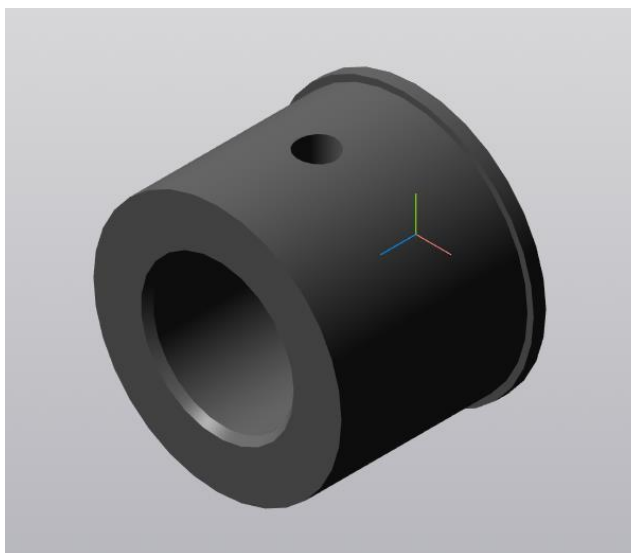


Рисунок 14- 3D модель гайки

Задаем закрепления на средней части гайки. Далее прикладываем распределенную нагрузку, действующую на гайку, которая равна по величине усилию на гайке  $F=22000$  Н. Выделяем поверхность, на которую будем прикладывать силу и задаем величину, как показано на рисунке 15.

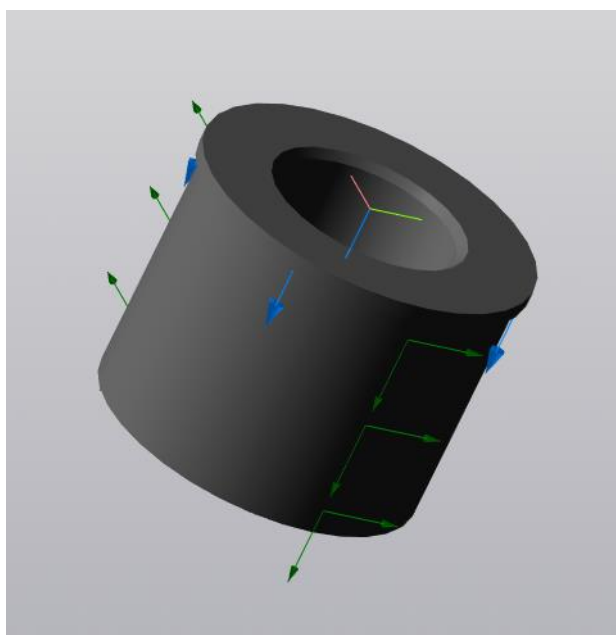


Рисунок 15- Гайка до расчетов

Следующим шагом задаем параметры материала для гайки Ст3 и генерируем конечно элементную сетку из 4-узловых тетраэдров с максимальной стороной элемента 10 мм. Количество конечных элементов, количество узлов и сама сетка показаны на рисунке 16.

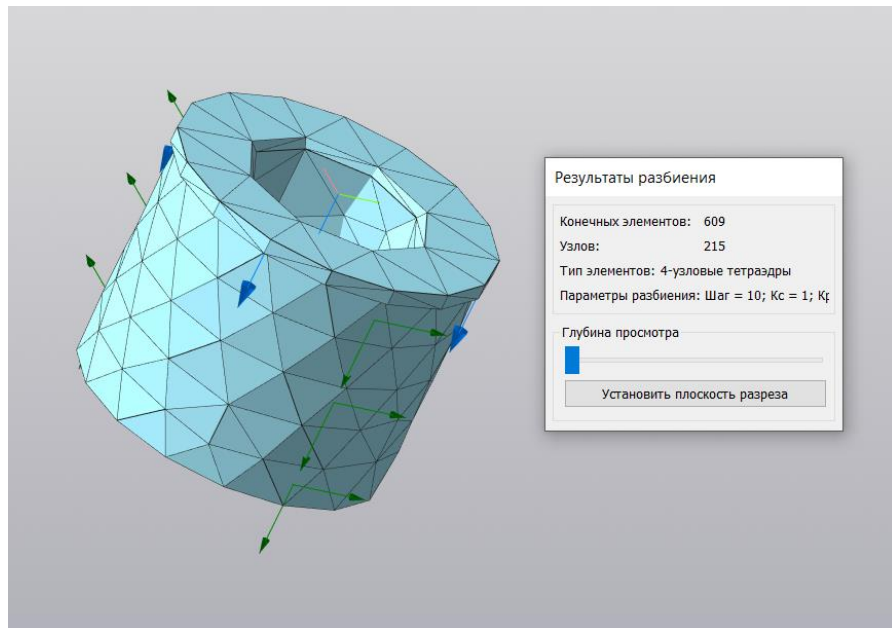


Рисунок 16- КЭ сетка гайки

Далее идет расчет гайки. Выбираем тип расчета - линейный статический. Открываем карту результатов для напряжений и коэффициента запаса прочности, которые можно увидеть на рисунках 17 и 18.

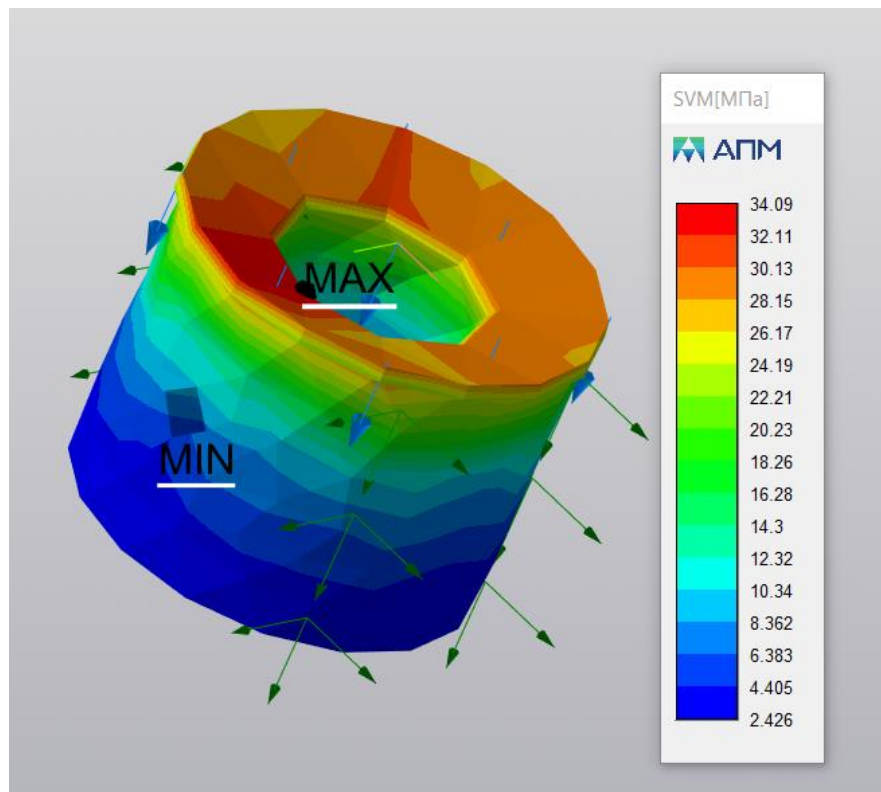


Рисунок 18- Результат расчета напряжения гайки

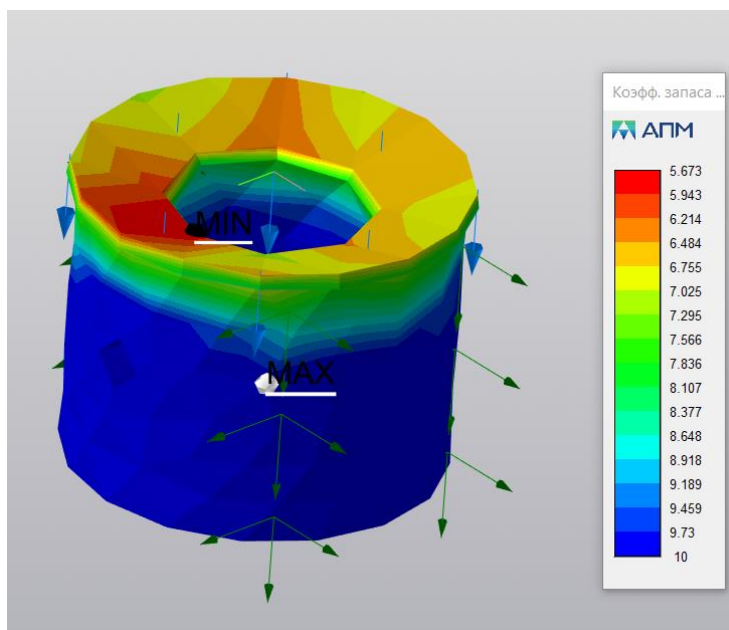


Рисунок 19- Результат расчет коэффициента запаса гайки

По полученным для гайки картам результаты получаем:

Максимальное напряжение составило 34,09 МПа, что меньше допускаемого напряжения для заданного материала Ст3, величиной 60 МПа, а минимальный коэффициент запаса прочности составил 5,673.

## 2.7 Сравнение разницы значений напряжения

Значения, полученные аналитически и при помощи программы КОМПАС-3D с использованием инженерного модуля АРМ Fem различны, но допустимое отклонение может быть в пределах 1-5%.

Значение напряжения гайки, полученное в программе на 1,18% больше, чем результат полученный аналитически.

$$\frac{34,09 - 33,69}{33,69} \cdot 100\% = 1,18\%$$

Значение напряжения винта, полученное в программе на 4.37 % больше, чем результат величины полученный аналитически.

$$\frac{49,18 - 47,12}{47,12} \cdot 100\% = 4,37\%$$

Результаты могут быть различны по следующим причинам:

Разные методы расчета параметров;

Погрешности, которые возникали при аналитическом расчете;

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной работы, мною были приобретены навыки проектирования, правильного выбора материалов для деталей, определения формы и размеров деталей, которые обеспечивают прочность и надежность конструкции. Для написания данной дипломной работы использовали такие программы, как «КОМПАС 3D», «AutoCAD», «APM WinMachine». Также был осуществлен расчет винта и гайки на прочность аналитическим методом и с помощью инженерного модуля APM Fem. После чего было выполнено сравнение результатов, полученных при аналитическом методе и при расчете компьютерной программой. При аналитическом расчете максимальное напряжение гайки составило 33,69 МПа, что на 1,18% меньше значения, полученного при расчете на APM Fem. Максимальное напряжение винта при аналитическом расчете составило 47,12 МПа, что на 4,37% меньше, чем при расчете на APM Fem. Расчеты оказались верны, так как допустимое отклонение составляет 1-5%.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Живов Л. И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. «Кузнечно-штамповочное оборудование» 2006 год.
- 2 Ручной механический пресс на сайте <http://stanokgid.ru/universalnyj/press-mehaničeskij-nastolnyj-ručnoy.html>
- 3 Анурьев В.И. «Справочник конструктора-машиностроителя» 2001 год.
- 4 Бочаров Ю. А. «Винтовые прессы» переизданное 2009 год.
- 5 Беляев, Богатырев «АТЛАС КОНСТРУКЦИЙ» 2007 год.
- 6 Дунаев, Леликов «Конструирование узлов и деталей машин» 2004 год.
- 7 Курмаз, Скойбеда «Детали машин. Проектирование» 2005 год.
- 8 Гудков И. Н. «Кузнечно-штамповочное оборудование» 2012 год.
- 9 Бельков В. Н. «Основы расчета и конструирования винтовых механизмов» 2008 год.
- 10 Свистунов В. Е. «Кузнечно- штамповочное оборудование. Кривошипные прессы» 2008 год.