

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: Құрман Жанғали Қайратұлы

Проектирование фасонной протяжки с использованием САПР

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»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой «Индустриальная
инженерия»
Доктор PhD.
_____ Арымбеков Б.С.
« ____ » _____ 2020 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Проектирование фасонной протяжки с использованием САПР»

по специальности 5В71200 – Машиностроение

Выполнил

Құрман Жанғали Қайратұлы

Рецензент

_____ Ф.И.О.
« ____ » _____ 2020 г.

Научный руководитель
Канд. техн. наук, ассистент-
профессор
_____ Орлова Е.П.
« ____ » _____ 2020 г.

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»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой «Индустриальная
инженерия»

Доктор PhD.

_____ Арымбеков Б.С.

« ____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся *Құрман Жанғали Қайратұлы*

Тема: *«Проектирование фасонной протяжки с использованием САПР»*

Утверждена приказом Ректора Университета №762-б от «27» января 2020 г.

Срок сдачи законченной работы « 20 » 04 _____ 2020 г.

Исходные данные к дипломной работе:

1. Размеры готовой детали
2. Марка стали обрабатываемой заготовки

Краткое содержание дипломной работы:

- а) общие сведения*
- б) графические материалы*
- в) расчет на прочность в системе САПР*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): *чертеж круглой фасонной протяжки*

Рекомендуемая основная литература:

1. В. В. Демидов, Г. И. Киреев, М. Ю. Смирнов. Расчёт и проектирование протяжек.
2. Е.Д. Баклунов. Протяжки: Конструкция, технология изготовления и эксплуатация.
3. В.М. Шеменков, М. А. Белая, А. Л. Шеменкова. Режущий инструмент. Инструментальные системы. Металлорежущий инструмент, ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2015г

ГРАФИК

Подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение Общие сведения о круглых фасонных протяжках	19.02.2020	
Проектирование и расчет круглой фасонной протяжки	27.03.2020	
Расчет на прочность круглой фасонной протяжки	29.04.2020	

Подписи

Консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы(проекта)

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень,звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Орлова Е.П., канд.техн.наук	15.04.2020	
Нормоконтролер	Орлова Е.П., канд.техн.наук	20.04.2020	

Научный руководитель _____ Орлова Е.П.

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Құрман Ж.Қ.

Дата «_30_» _01_____2020г.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс САПР жүйелерін қолдана отырып, дөңгелек фасонды тартажоңғышты жобалауға арналған. Жұмыс кіріспеден, жобалаудан және есептеуден, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жобаның бірінші бөлімінде фасондық тартажоңғыш атты кесетін құралдың қолданылуы, оның міндеті және жобалауы жайлы мәлімет берілген. Жобаның екінші бөлімі Р6М5 жылдамдығы жоғары болаттың беріктік параметрлері бойынша алынған есептеулерді сипаттайды.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена проектированию круглой фасонной протяжки с использованием систем САПР. Работа состоит из введения, проектирования, расчета, заключения и списка использованной литературы. В первой части проекта рассматривается информация о назначении, основные сведения о конструкции и проектировании фасонной протяжки. Вторая часть проекта описывает анализ полученных расчетов относительно параметров прочности быстрорежущей стали Р6М5.

ABSTRACT

The diploma work is dedicated to the design of round shaped construction using CAD systems. The work consists of introduction, design, calculation, conclusion and list of references. In the first part of the project, information on the purpose, basic information on the design and design of shaped broaches is considered. The second part of the project describes the analysis of the obtained calculations regarding the strength parameters of high-speed steel's P6M5.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	Общие сведения о круглых фасонных протяжках	10
1.1	Назначение и основные сведения о конструкции протяжки	10
1.2	Принцип работы протяжки на станке	11
1.3	Основные признаки профильной схемы резания	12
2	Проектирование и расчет круглой фасонной протяжки	13
3	Расчет на прочность круглой фасонной протяжки	21
	Заключение	26
	Список использованной литературы	27

ВВЕДЕНИЕ

Металлообработка Казахстана на протяжении долгих лет является актуально-больной темой и вызывает огромный интерес, так как современные условия способствуют серьезному прогрессу в данном направлении и даже делает его неизбежным. В данный момент на практике наблюдается постепенный уход от архаичных технологий обработки металла, больших заводов к новейшим автоматизированным, и самое главное компактным типам производства. Причина тому нерентабельность, низкие показатели экологии, несоответствие качества детали современным меркам.

На сегодняшний день в машиностроении Казахстана эксплуатируют широкую номенклатуру различных по назначению и конструкции металлорежущих инструментов для обработки фасонных поверхностей. Целью данного дипломного проекта является проектирование круглой фасонной протяжки, соответствующий современным меркам. Именно качественное проектирование инструмента, отвечающим всем требованиям в кратчайшие сроки времени является показателем развивающегося машиностроения. Во время проектирования студент использует навыки, приобретенные за 4 года обучения в стенах университета. Такие как графический и аналитический расчеты, работа с системами САПР, CAD, CAE и т.д.

1 Общие сведения о круглых фасонных протяжках

1.1 Назначение и конструкция круглой фасонной протяжки

Протяжка – это многозубый металлорежущий инструмент с последовательно расположенными зубьями. Особенностью зубов является увеличение каждого последующего зуба, обеспечивающее снятие металла. Фасонные протяжки могут обрабатывать внутренние и наружные поверхности, простые и сложные фасонные формы. Фасонные протяжки обрабатывающие внутренние отверстия называют внутренними. Круглые фасонные протяжки имеют форму стержня и характерное симметричное расположение зубьев.

В соответствии с рисунком 1 круглая фасонная протяжка имеет три основные части: передний хвостовик (1,2,3,4), режущую часть (5,6,7) и задний хвостовик (8).

В состав переднего хвостовика входит (в соответствии с рисунком 1) замок для закрепления круглой фасонной протяжки (1), переходная шейка (2), переходной конус (3) и передняя направляющая (4). Диаметр отверстия заготовки должен быть на 1...2 мм больше диаметра хвостовика. Посадка d8 подходит размеру допуска диаметра хвостовика.

Переходная шейка 2 (в соответствии с рисунком 1) соединяет замковую часть фасонной протяжки с патроном протяжного станка. Длина определяется конструкцией последнего. Форма и размеры передней направляющей должны совпадать с формой и размерами отверстия в заготовке. Длина передней направляющей находится по формуле $(0,6...1) \cdot l_3$, где l_3 – длина отверстия в заготовке.

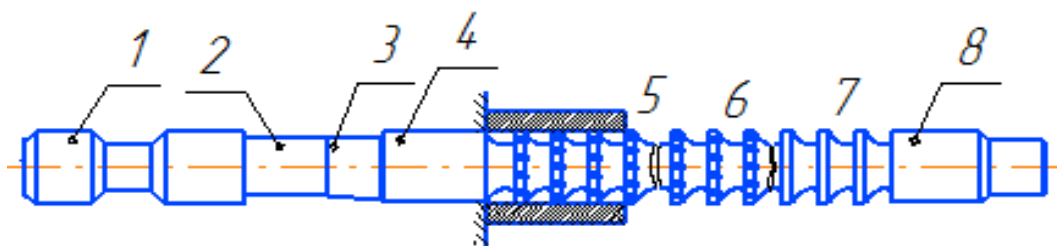


Рисунок 1 - Основные части круглой фасонной протяжки

Если отверстие будет меньше, круглая фасонная протяжка в свою очередь, будет работать с перегрузкой, так как величина снимаемого припуска увеличивается.

Задняя направляющая 8 (в соответствии с рисунком 1) центрирует круглую фасонную протяжку. Режущая часть круглой фасонной протяжки имеет черновые 5, переходные, чистовые 6 и калибрующие 7 зубья. Основную величину припуска снимают черновые зубья 5, а чистовые зубья 6 снимают припуск в размере до 0,1 мм. Переходные зубья расположены между черновыми и чистовыми зубьями. Они, в свою очередь, плавно уменьшают

силы резания, благодаря уменьшению подачи на зуб и уменьшению вибрации станка. В конце рабочей части круглой фасонной протяжки расположены калибрующие зубья 7 без стружкоразделительных канавок, которые по диаметральным размерам соответствуют наибольшему диаметру протягиваемого отверстия.

Калибрующие зубья заглаживают и, наконец, образуют обрабатываемую поверхность. Диаметр калибрующих зубьев должен быть одинаков.

В сумме длина всех частей протяжки, не должна превышать длину рабочего хода суппорта станка [1].

Круглые фасонные протяжки отличаются высокой производительностью обработки и качеством обработанной поверхности заготовки. Высокая производительность обработки заключается в следующем:

- одновременно в резании участвует большинство длин режущих кромок;
- протяжка за один ход делает черновую, чистовую и окончательную обработку.

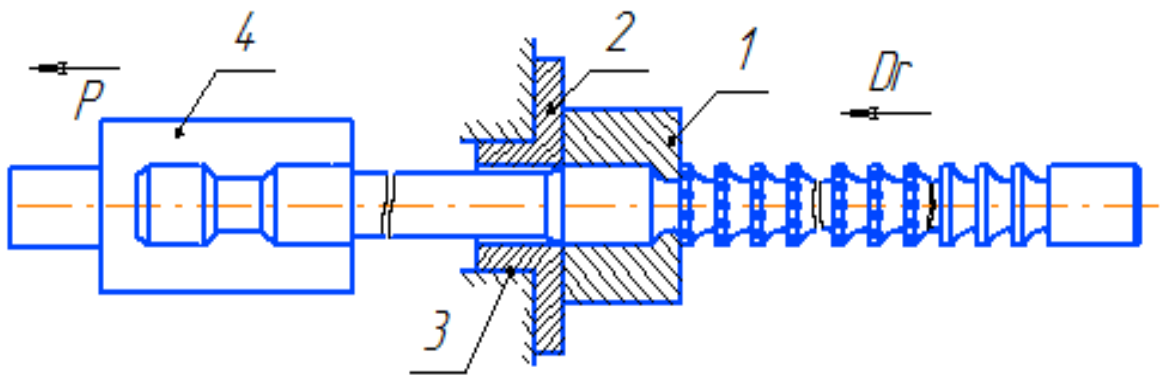
Высокое качество обработанной поверхности готовой детали заключается в следующем:

- обработка выполняется после одной установки;
- свойства жесткости протяжки
- условно невысокая толщина слоя срезаемого каждым режущим зубом;
- низкая скорость резания;

Круглая фасонная протяжка является специальным режущим инструментом, потому что он способен обрабатывать одну или несколько деталей с одним протягиваемым отверстием. Успешно используют только в массовом и крупносерийном производствах, так как цена у протяжки высока [2].

1.2 Принцип работы круглой фасонной протяжки на станке

Заготовка в первую очередь просверливается до нужного нам диаметра отверстия. После заготовку насаживаем на переднюю направляющую часть внутренней протяжки. После обработанную заготовку работник снимает ее со стола либо оно падает в корыто станка. Потом производится обратный ход, отсоединяют протяжку от тягового патрона, очищают инструмент от стружки. Протяжку делают на горизонтально - и вертикально-протяжных станках. Ниже вы можете увидеть рисунок 2, где показана схема расположения круглой фасонной протяжки и детали в начале обработки.



1 - обрабатываемая деталь; 2 – упорная втулка; 3 – опорная плита станка;
4 – патрон, соединяющий протяжку с суппортом станка

Рисунок 2 – Схема расположения круглой фасонной протяжки и детали в начале обработки

Процесс протягивания выполняется только одним главным движением инструмента вдоль оси обрабатываемой поверхности, определяющего скорость резания, а движение подачи обеспечивается последовательно расположенными разновысотными режущими зубьями [3].

1.3 Основные признаки профильной схемы резания

Внутренние протяжки профильной схемы резания обуславливаются следующим:

- форма профиля режущей кромки зуба похожа на профиль обрабатываемой поверхности;
- задняя поверхность зуба имеет стружко-разделительные канавки которые расположены в шахматном порядке [1].

2 Проектирование и расчет круглой фасонной протяжки

Исходные данные для проектирования:

$d = 55\text{ мм}$, $D = 71,5\text{ мм}$, $\Delta = 0,05\text{ мм}$, $L_d = 75\text{ мм}$, $\delta = 0,07\text{ мм}$.

Материал: Ст 18ХГТ $\sigma = 981\text{ МПа}$; $\text{НВ} = 217$

В соответствии с рисунком 3 указан профиль отверстия.

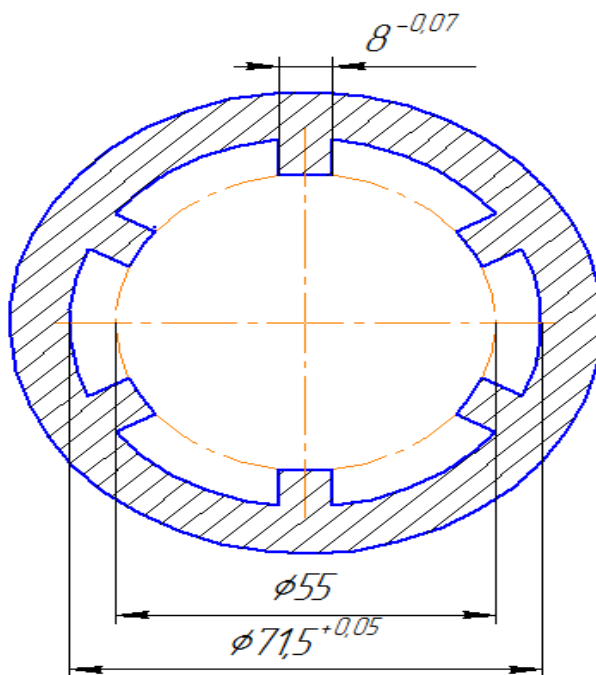


Рисунок 3 - Профиль отверстия

$$D_1 = d - 0,5 \text{ мм} \quad (2.1)$$

$$D_1 = 55 - 0,5 = 54,5 \text{ мм}$$

Округляем D_1 согласно ГОСТ 4044-70.

$$D_1 = 50 \text{ мм};$$

$$D'_1 = 38 \text{ мм};$$

$$D_2 = 49,5 \text{ мм};$$

$$l_0 = 180 \text{ мм};$$

$$l_x = 160 \text{ мм};$$

$$l_1 = 20 \text{ мм};$$

$$l_2 = 32 \text{ мм};$$

$$R_1 = 0,5 \text{ мм};$$

$$R_2 = 2,5 \text{ мм};$$

$$C = 1,5 \text{ мм};$$

$$\alpha = 30^\circ.$$

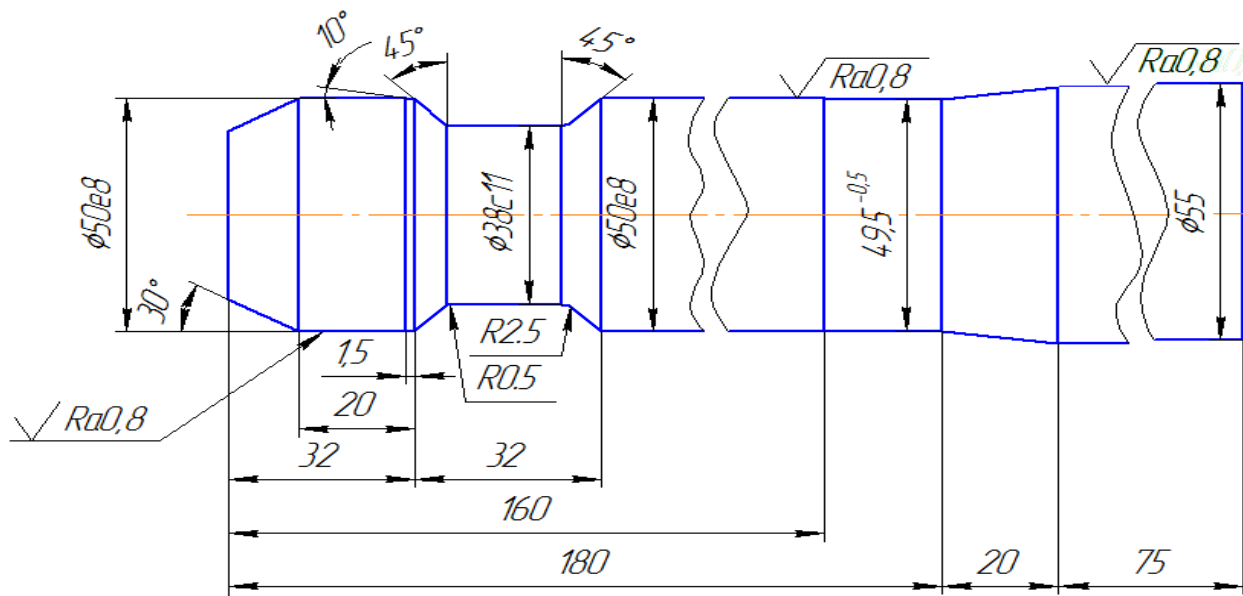


Рисунок 4 - Чертеж хвостовика круглой фасонной протяжки

$$D_{\text{пн}} = d, \text{ мм} \quad (2.2)$$

$$D_{\text{пн}} = 55 \text{ мм}$$

Предельное отклонение $D_{\text{пн}}$ по e8.

$$L_{\text{пн}} = l_{\text{д}} = 75 \text{ мм};$$

$$\text{т.к. } l_{\text{д}}/D = 1,05 \leq 1,5 \quad (2.3)$$

Величины углов Ст 18ХГТ принимаем:

$$\gamma = 15^\circ; \quad \alpha = 3^\circ;$$

Предельные отклонения углов по ГОСТ16492-70

$$\Delta \gamma = \begin{matrix} +2^\circ \\ -1^\circ \end{matrix}; \quad \Delta \alpha = 30';$$

Сделали угол равный 1° , который расположен за лентой.

$$t = (1,25 \dots 1,5) \times \sqrt{l_{\text{д}}} \quad (2.4)$$

$$t = (1,25 \dots 1,5) \times \sqrt{1_{\text{д}}} = 10,83 \dots 12,99 \text{ мм}$$

принимаем 12 мм;

$$h = (0,35 \dots 0,6) \times t \quad (2.5)$$

$$h = (0,35 \dots 0,6) \times 12 = 4,2 \dots 7,2 \text{ мм}$$

принимаем $h = 7 \text{ мм}$;

$$c = (0,3 \dots 0,35)t \quad (2.6)$$

$c = (0,3...0,35)12 = 3,6...4,2$ мм
 принимаем $c = 4$ мм;

$$R = (0,5 \dots 0,55)h \quad (2.7)$$

$R = (0,5...0,55)7 = 3,5...3,85$ мм
 принимаем $R = 3,5$

$$R1 = (0,65 \dots 0,8)t$$

$$R1 = (0,65...0,8)12 = 7,8...9,6$$

$R = 8$

В соответствии с рисунком 5 указана схема стружечных канавок.

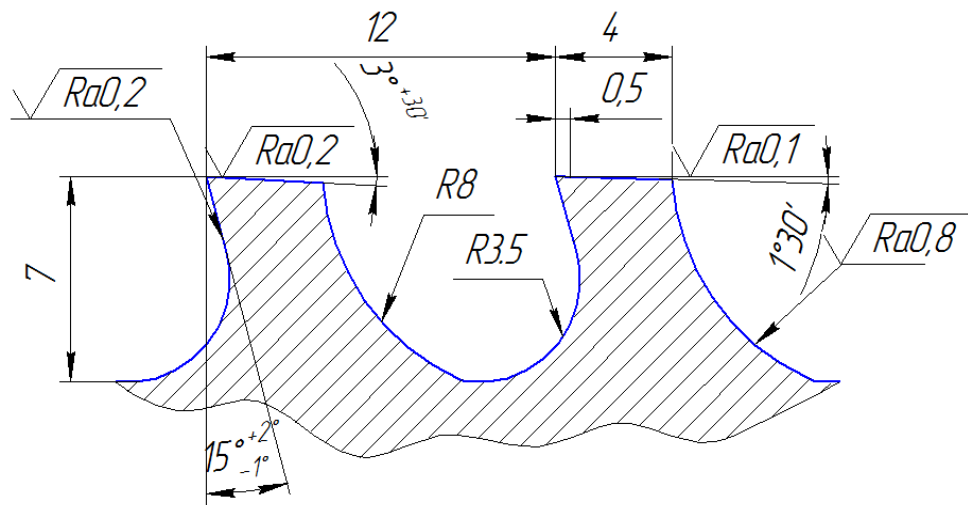


Рисунок 5 – Схема стружечных канавок

Диаметр первого зуба протяжки, мм

$$D_{z1} = D_{ПН} = 55 \text{ мм} \quad (2.8)$$

Диаметр последнего зуба режущей части протяжки, мм:

$$D_{П} = D_k = 71,54 \text{ мм} \quad (2.9)$$

где D_k – диаметр калибрующих зубьев протяжки, мм:

$$D_k = (D + \Delta) - p \quad (2.10)$$

$$D_k = (71,5 + 0,05) - 0,01 = 71,54 \text{ мм}$$

$$D_{z2} = D_{z1} + 2 \times a \quad (2.11)$$

Ширину срезаемого слоя первого зуба находим по формуле:

$$\Sigma b_1 = \pi \times D_{z1} \quad (2.12)$$

Для следующих зубьев:

$$\Sigma b = b \times n \quad (2.13)$$

Для того чтобы поддерживать постоянную силу Р в течение всего периода протягивания отверстия, толщина срезаемого слоя а увеличивается пропорционально уменьшению b.

$$A = (D + \Delta)/2 - d/2 \quad (2.14)$$

$$A = (71,5 + 0,05)/2 - 55/2 = 8,275 \text{ мм}$$

$$d_1 = d = 55 \text{ мм}$$

$$d_2 = 60,52 \text{ мм}$$

$$d_3 = 66,04 \text{ мм}$$

$$D = 71,5 \text{ мм}$$

$$a_1 = (F_1 \times [\sigma_p]) / (10 \times C_p \Sigma b_1 \times z_k \times k_y \times k_b))^{1,18}, \text{ мм} \quad (2.15)$$

где a_1 - толщина срезаемого слоя, мм

$$F_1 = \pi \times (D_{z1} - 2h)^2 / 4 \quad (2.16)$$

$$F_1 = 3,14 \times (55 - 2 \times 7)^2 / 4 = 1319,59 \text{ мм}^2$$

$[\sigma]_p$ – допустимое напряжение при деформации растяжения

$$[\sigma]_p = 400 \text{ МПа}$$

$$\Sigma b_1 = 3,14 \times 55 - 68 = 124,7 \text{ мм}$$

$$z_k = l_d / t + 1 \quad (2.17)$$

$$z_k = 75 / 12 + 1 = 7,25$$

$$z_k = 7;$$

$$C_p = 284;$$

$$k_y = 0,93$$

$$k_b = 1,34$$

$$a_1 = (1319,64 \times 400 / (10 \times 284 \times 124,7 \times 7 \times 0,93 \times 1,34))^{1,18} = 0,12 \text{ мм}$$

В соответствии с рисунком 6 указана схема расчёта толщины срезаемого слоя.

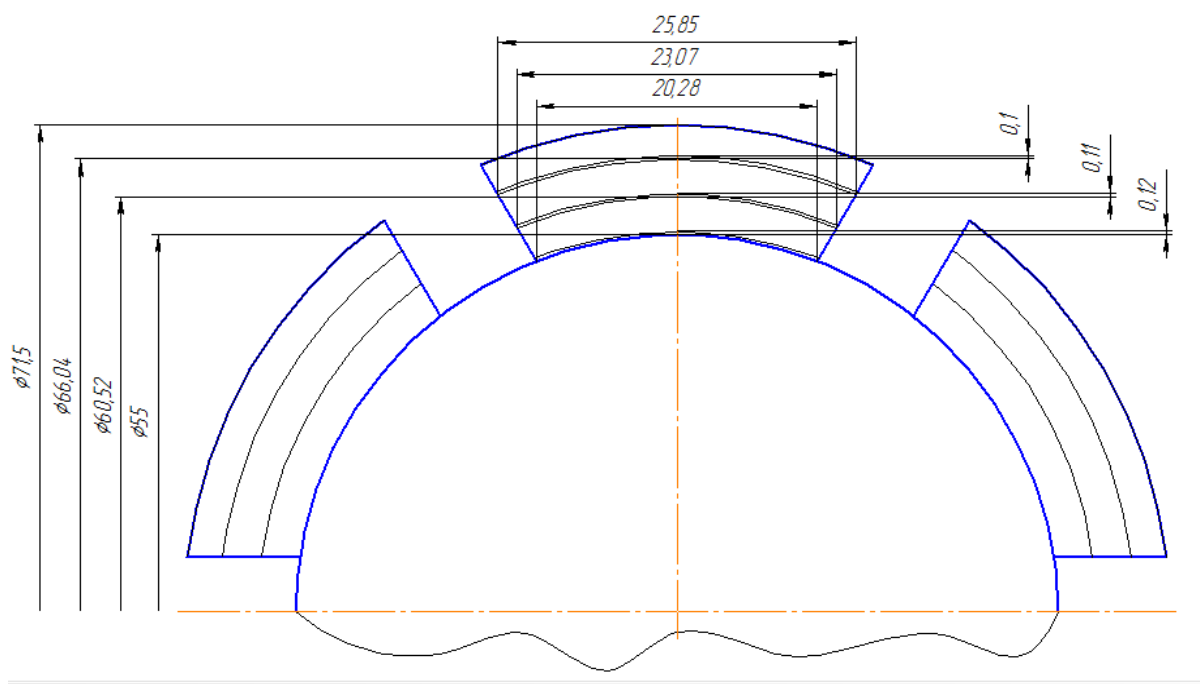


Рисунок 6 - Схема расчета толщины срезаемого слоя

$$D = 71,5 \text{ мм}$$

$$d = 55 \text{ мм}$$

$$d_2 = 60,52 \text{ мм}$$

$$d_3 = 66,04 \text{ мм}$$

Определяем значение b графически:

$$b_2 = 23,07 \text{ мм}$$

$$\Sigma b_2 = 6 \times 23,07 = 138,42 \text{ мм}$$

$$b_3 = 25,85 \text{ мм}$$

$$\Sigma b_3 = 6 \times 25,85 = 155,1 \text{ мм}$$

Из условия $a_1 \times \Sigma b_1 = a_2 \times \Sigma b_2 = a_3 \times \Sigma b_3$

$$a_2 = a_1 \times \Sigma b_1 / \Sigma b_2 = 0,1 \times 124,7 / 138,42 = 0,108 \text{ мм}$$

$$a_2 = 0,11 \text{ мм}$$

$$a_3 = a_1 \cdot \Sigma b_1 / \Sigma b_3 = 0,1 \times 124,7 / 155,1 = 0,097 \text{ мм}$$

$$a_3 = 0,1 \text{ мм}$$

$$h \geq 1,13 \times \sqrt{a_{imax} \times K_C \times l_D}, \text{ мм} \quad (2.18)$$

$$h \geq 1,13 \sqrt{0,12 \times 4 \times 75} = 6,78 \text{ мм}$$

$$P / F_x \leq [\sigma]_x, \quad (2.19)$$

$$P = 10 \times C_p \cdot a_1^{0,85} \Sigma b_1 \times z_k \times K_\gamma \times K_0, \quad (2.20)$$

$$P = 10 \times 284 \times 0,120,85 \times 124,7 \times 7 \times 0,93 \times 1,34 = 509535,7 \text{ Н}$$

$$F_x = \pi \times (D1')^2/4, \quad (2.21)$$

$$F_x = 3,14 \times 382/4 = 1133,54 \text{ мм}^2$$

$[\sigma]_x$ – допускаемое напряжение при деформации
18ХГТ ГОСТ4543 – 71 – $[\sigma]_x = 300 \text{ МПа}$;

$$\frac{P}{F_x} = \frac{509535,7}{1133,54} = 391,51 < [\sigma]_x = 300 \text{ МПа}$$

Так как полученная величина больше допускаемого, выбираем сталь Р6М5, у которой $[\sigma]_x = 400 \text{ МПа}$

Сравниваем тяговую силу протяжного станка:

$$P \leq 0,9 \times Q, \quad (2.22)$$

$$Q = P/0,9 = 509535,7 / 0,9 = 566 \text{ кН}$$

Выбрал протяжной станок моделью 7658 с гидравлическим приводом и также номинальная тяговая сила равна 800 кН.

$$566 \text{ кН} < 800 \text{ кН};$$

Количество канавок:

$$n_k = b_i/7, \text{ шт} \quad (2.23)$$

1 часть

$$n_{k1} = b_1/10 = 20,28/7 = 2,9$$

принимаем $n_{k1} = 3$;

2 часть

$$n_{k2} = b_2/10 = 23,07/7 = 3,3$$

$n_{k2} = 3$;

3 часть

$$n_{k3} = b_3/10 = 25,85/7 = 3,7$$

$n_{k3} = 3$.

В соответствии с рисунком 7 указана схема стружкоделительной канавки.

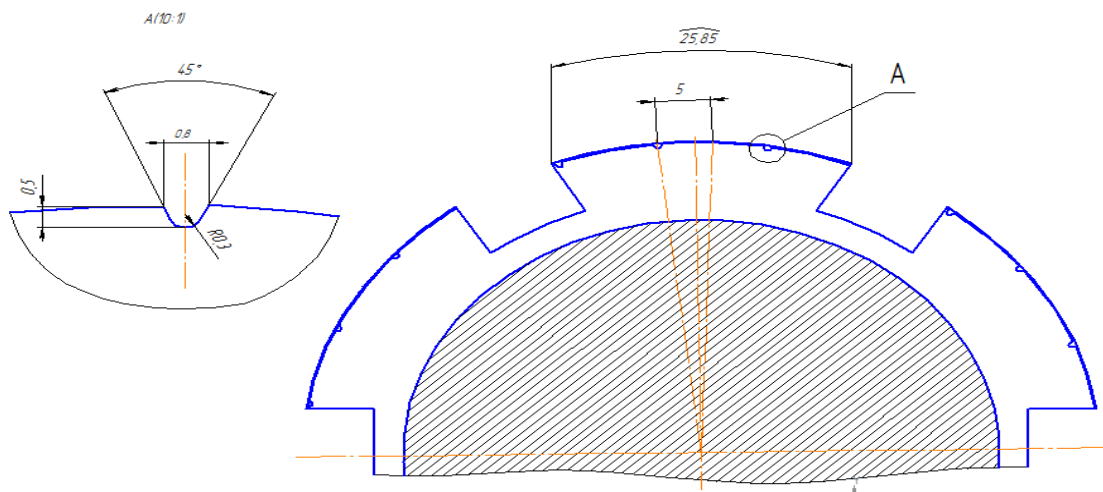


Рисунок 7 - Стружкоделительные канавки

Диаметр задней направляющей части, мм:

$$D_{\text{ЗН}} = d \quad (2.24)$$

где d – минимальный диаметр отверстия под протягивание, мм

$$D_{\text{ЗН}} = 55 \text{ мм}$$

Предельное отклонение $D_{\text{ЗН}}$ по f7.

Длину задней направляющей части принимаем:

$$L_{\text{ЗН}} = 40 \text{ мм [4].}$$

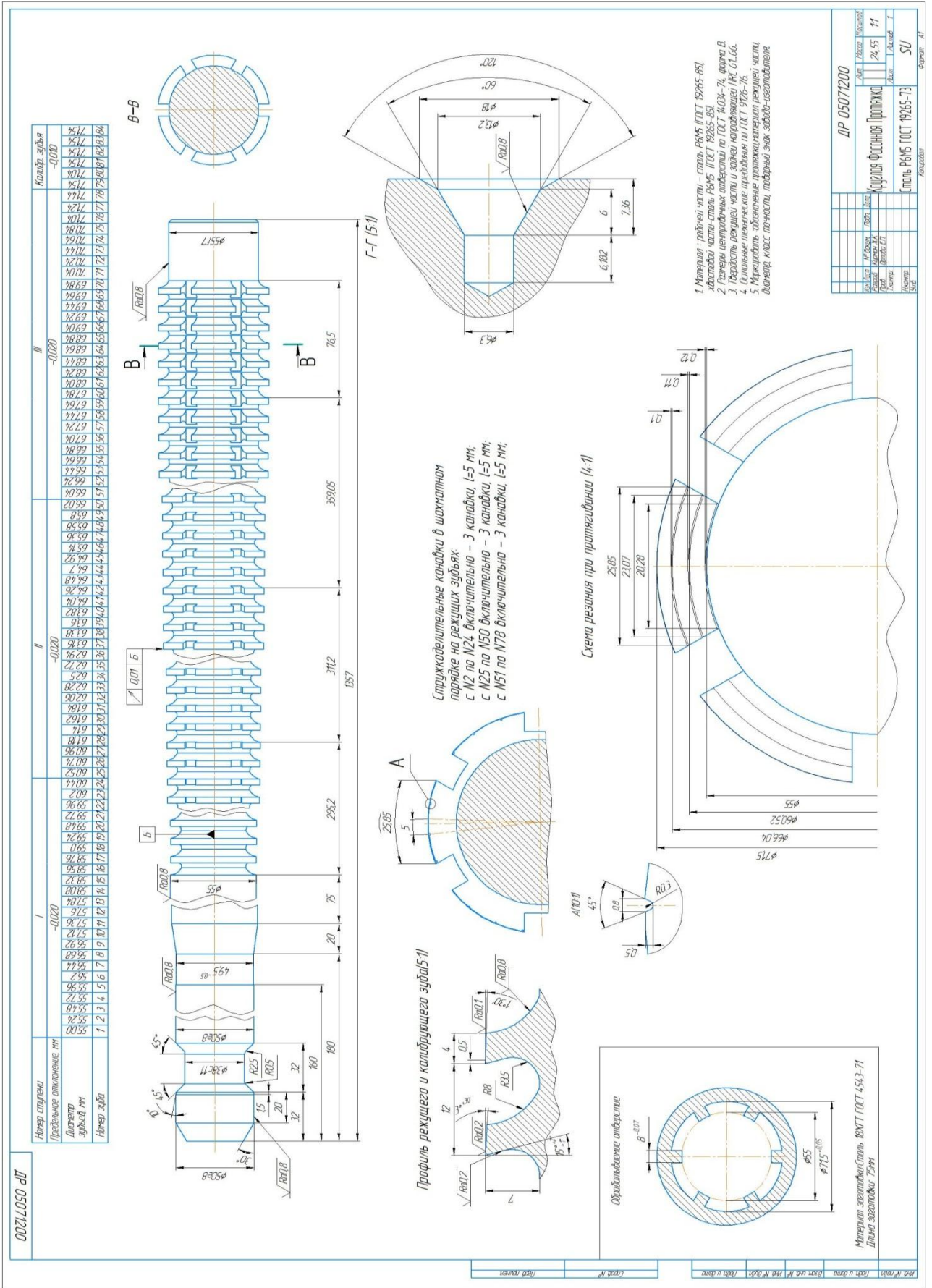


Рисунок 8 – Чертеж круглой фасонной протяжки

3 Расчёт на прочность круглой фасонной протяжки

Для расчета на прочность спроектировал инструмент в САПР системе Компас 3D v18.1, с машиностроительной конфигурацией. По полученным результатам расчета и исходным данным построил 2D модель круглой фасонной протяжки, которую в последующем преобразовал в 3D модель. Для полученной 3D модели инструмента задал материал, выбранный по ГОСТ 19265-73 – Р6М5.

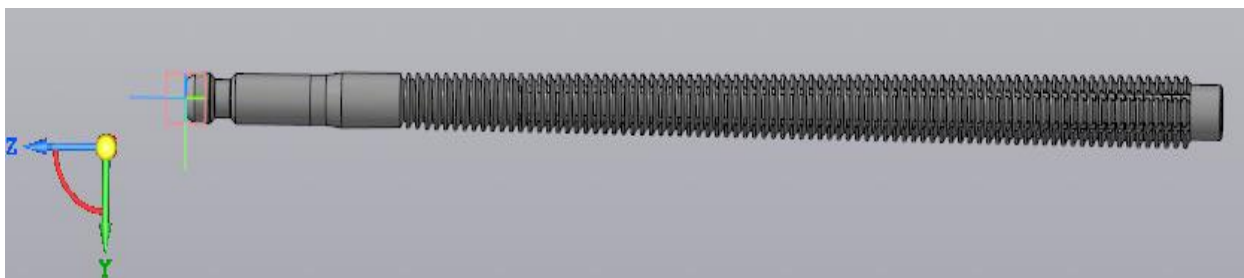


Рисунок 9 - 3D модель круглой фасонной протяжки

Для самого расчета на прочность использовал программы APM Studio и APM Structure. На раннее созданную 3D модель устанавливаем закрепления.

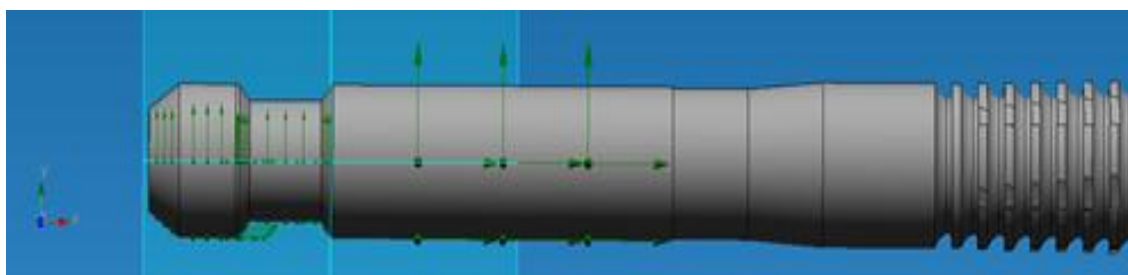


Рисунок 10 - Закрепление круглой фасонной протяжки

Выделяем поверхность, на которую будем прикладывать распределенную силу и задаём величину.

После генерируем КЭ сетку и задаем следующие параметры разбиения для генерации сетки:

Тип объемных элементов – 4-х узловые тетраэдры ;

Максимальная длина стороны элементы – 15 [мм];

Минимальная длина стороны элементы – 5 [мм].

Генерация КЭ сетки позволяет нам выполнить статический расчет, и получить результаты расчета на получение коэффициента запаса и напряжений.

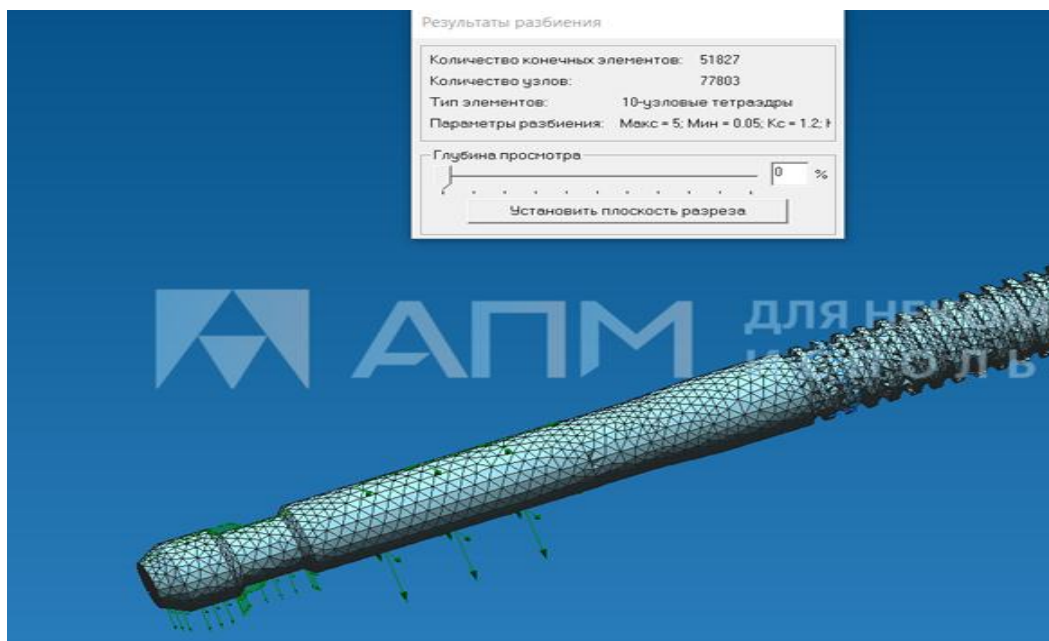


Рисунок 11 - Генерированная КЭ сетка для круглой фасонной протяжки

Передаем КЭ сетку в APM Structure, там задаем материал для инструмента. Так как в базе данных APM Structure отсутствует быстрорежущая сталь, то добавляем материал вручную: «Свойства» - «Материалы» - «Изменить» и задаем характеристики стали Р6М5:

- Предел текучести по сжатию и растяжению = $490[\text{Н}/\text{мм}^2]$;
- Предел текучести по сдвигу = $141[\text{Н}/\text{мм}^2]$;
- Предел прочности по сжатию = $4050[\text{Н}/\text{мм}^2]$;
- Предел прочности по растяжению = $2120[\text{Н}/\text{мм}^2]$.

Затем рассчитываем инструмент, выбираем тип расчета – статический, получаем карту результатов.

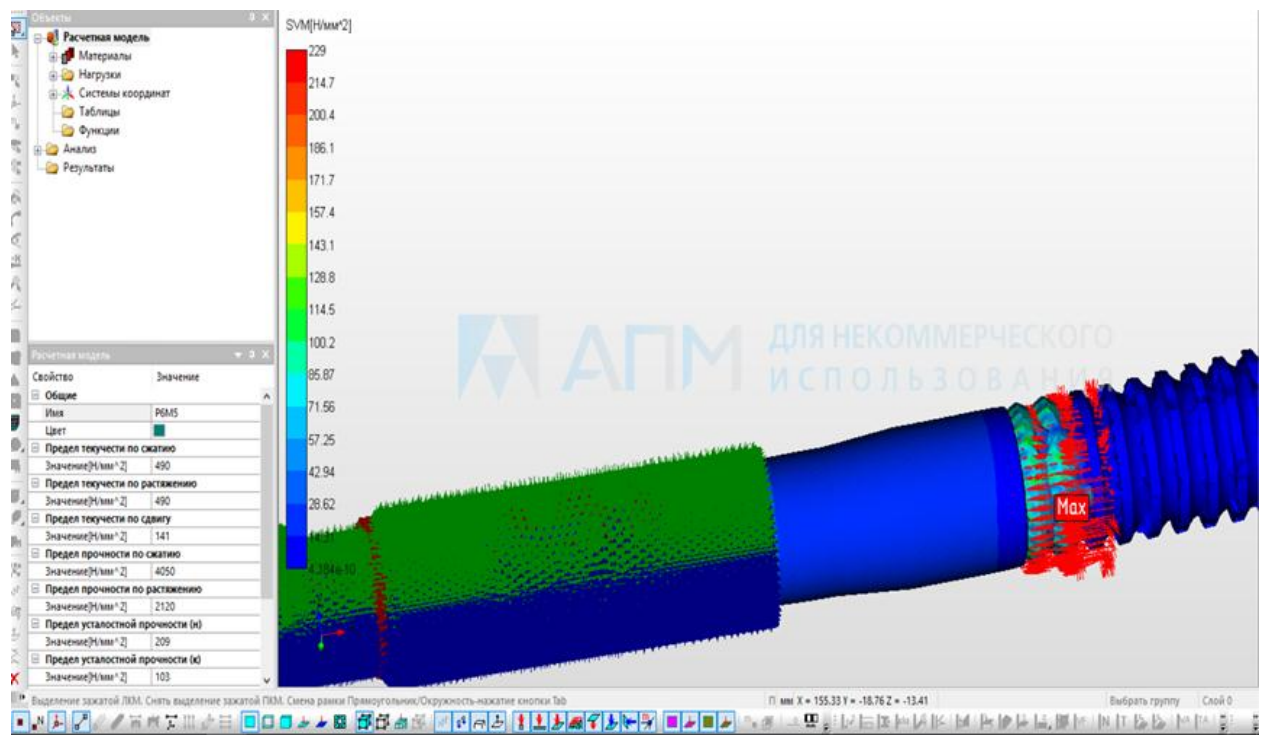


Рисунок 12 - Результаты расчета напряжений

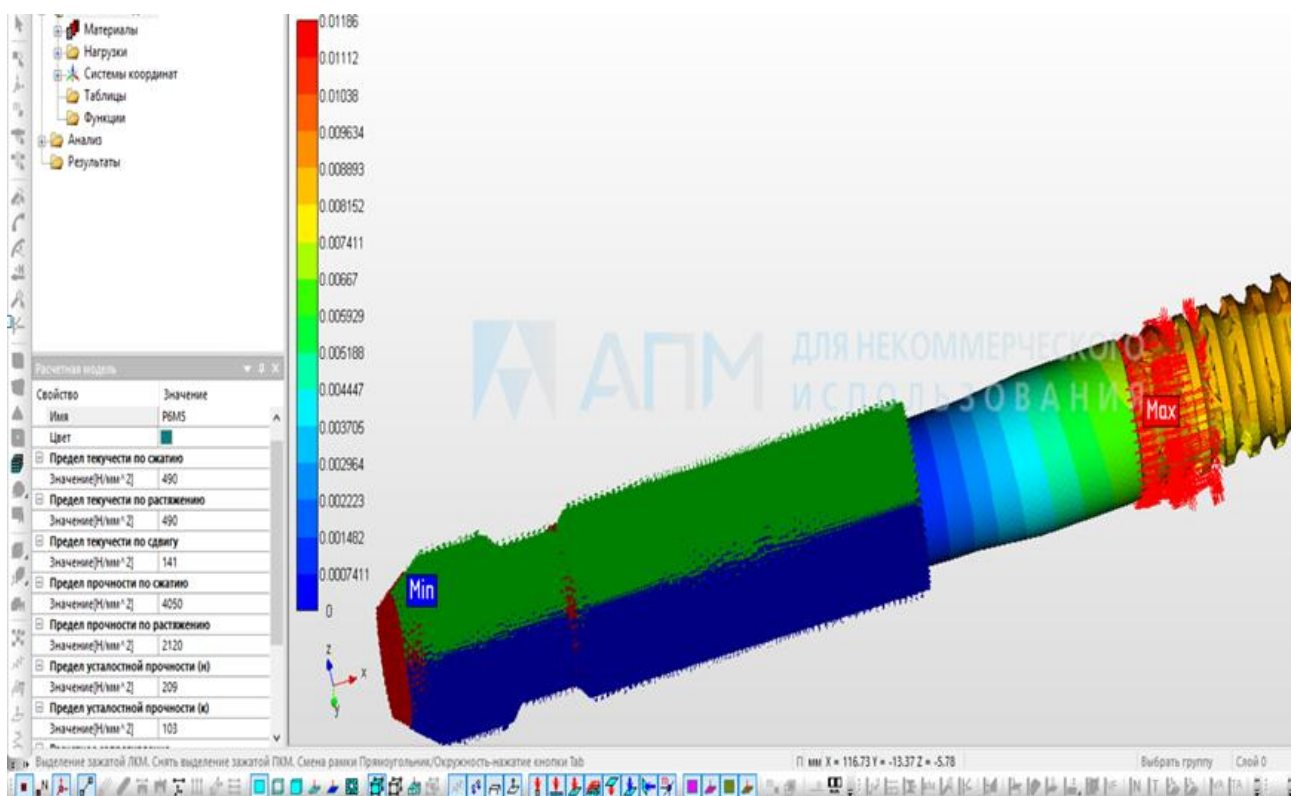


Рисунок 13 - Результаты расчета перемещений

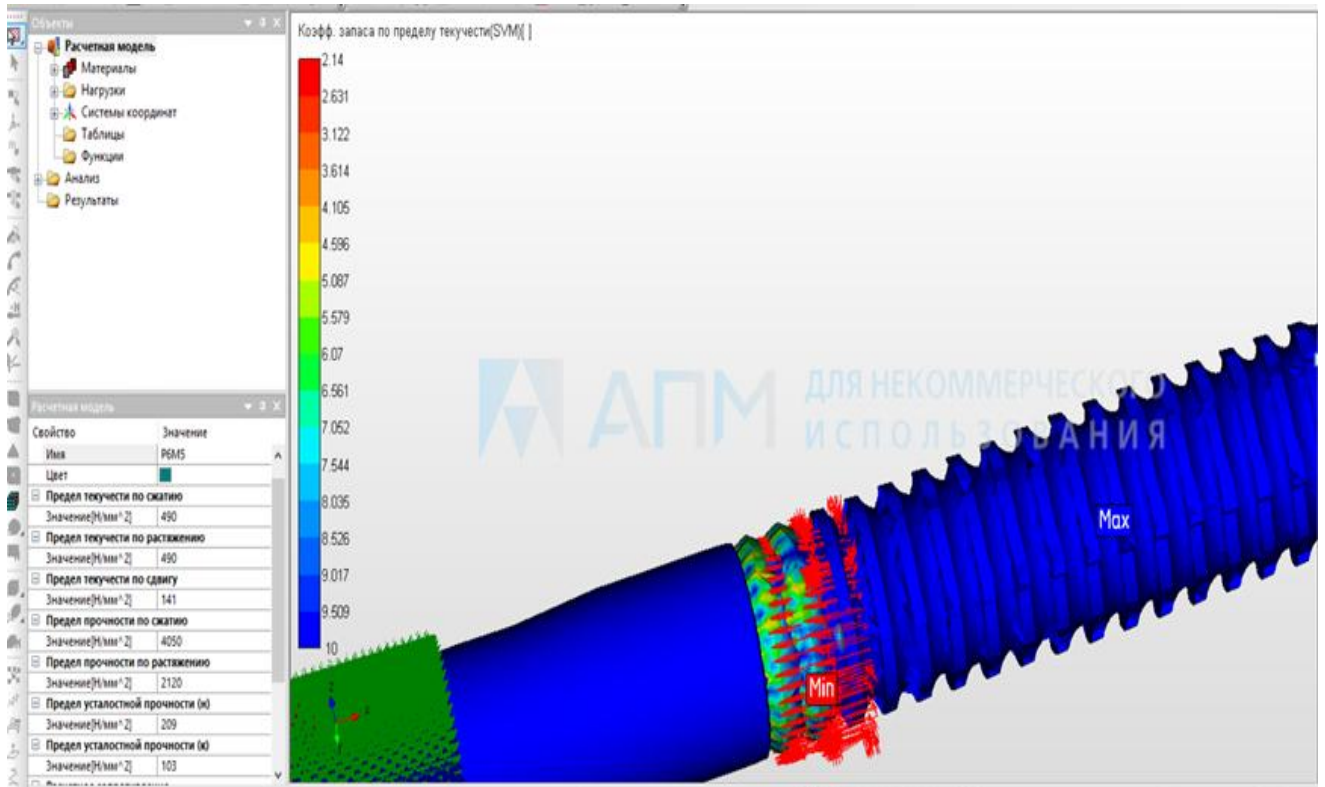


Рисунок 14 - Результаты расчета коэффициента запаса

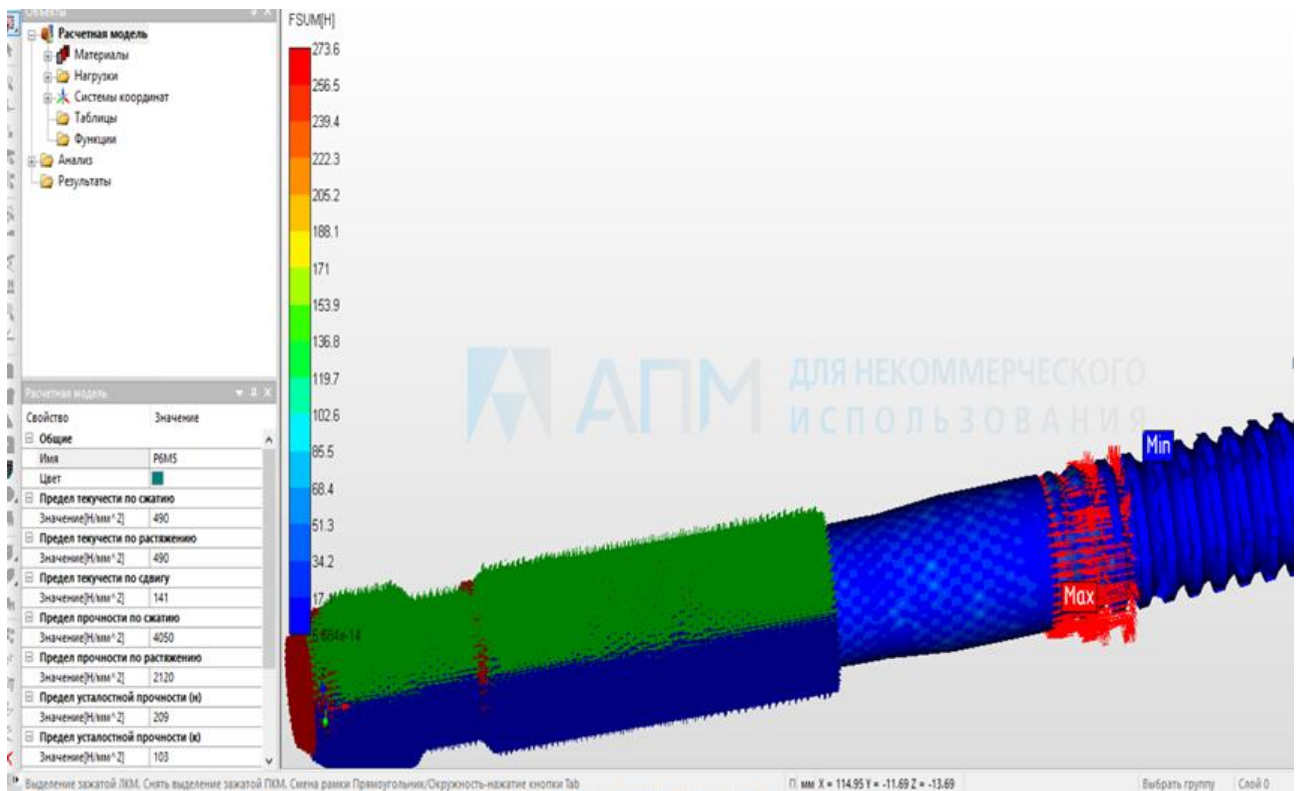


Рисунок 15 - Результаты расчета нагрузки

На рисунках 12,13,14,15 показаны участки, где указаны минимальный и максимальный коэффициент запаса, можно увидеть воздействие нагрузки и напряжений на инструмент. Наглядно на карте результатов мы видим, что основной износ детали приходится на зубья инструмента, находящееся под постоянной нагрузкой во время работы. Предел прочности стали Р6М5 равен 400 - 490МПа, а максимальная нагрузка инструмента равна $229 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$, что переводя в Паскали равно 229 МПа. Надежность обеспечивается наличием большого запаса прочности. Минимальный коэффициент запаса равен 2,14. Исходя, из вышеизложенного анализа, вероятность появления неожиданной неисправности инструмента во время работы очень мала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте я изучил проектирование фасонной круглой протяжки с использованием САПР систем. Для этого сделал следующие виды работ. По данным расчета смоделировал круглый фасонный резец в Компас 3D v18 и выполнил чертеж по нему. После в системе APM Studio и APM Structure произвел расчет на прочность смоделированной мной ранее круглой фасонной протяжки. Полученные результаты расчетов на перемещение, нагрузки, напряжений и коэффициента запаса позволяют полностью удостовериться в том что, данный спроектированный инструмент является качественным, надежным и работоспособным. От которого в будущем зависит точность и качество получаемых деталей, производительность процесса металлообработки. Благодаря анализу научным путем определили то, что инструмент исправен и пригоден к использованию на длительный срок.

При проектировании инструмента понадобились знания основы конструирования, расчета инструмента, умения работы в системах Компас 3D, APM Studio и APM Structure.

Данный комплекс алгоритмов может быть использован для совершенствования существующих, и созданию актуальных для рынка машиностроения металлорежущих инструментов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://studfile.net/preview/949507/page:7/>
2. В. В. Демидов, Г. И. Киреев, М. Ю. Смирнов. Расчёт и проектирование протяжек.
3. Е.Д. Баклунов. Протяжки: Конструкция, технология изготовления и эксплуатация.
4. <https://www.docsity.com/ru/proektirovanie-specialnogo-instrumenta/1719840/>
5. ГОСТ 4044-70.
6. В.М. Шеменков, М. А. Белая, А. Л. Шеменкова. Режущий инструмент. Инструментальные системы. Металлорежущий инструмент, ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2015г.