

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А.Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология
машиностроительного производства»

Шаймардан Сагит Сабитулы

«Компьютерное моделирование кривошипного прессы-автомата модели
АА821»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071200 – Машиностроение

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология
машиностроительного производства»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
Смаилов М.Т. PhD

Арымбеков Б.С.

2019г.



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Компьютерное моделирование кривошипного пресса-автомата
модели AA821»
по специальности: 5В071200 - Машиностроение

Выполнил

Шаймардан С.С.

Рецензент

Кандидат технических наук

Преподаватель КазНАУ

Смаилова Г.А.



« 28 » 04 2019г.

Научный руководитель
канд. техн. наук, Ассоц.
проф. Орлова Е.П.

« 28 » 04 2019г.

Алматы 2019

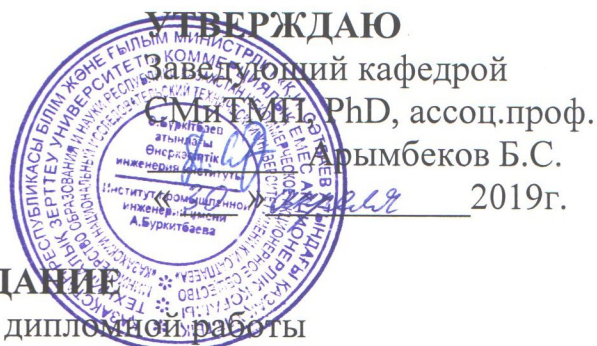
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А.Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология
машиностроительного производства»

5B071200 – Машиностроение



ЗАДАНИЕ на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Шаймардан Сагиту Сабитулы

Тема: Компьютерное моделирование кривошипного пресса-автомата модели AA821

приказом Ректора Университета № 1252-п от "06" ноября 2018г.

Срок сдачи законченной работы

"3" мая 2019г.

Исходные данные к дипломной работе: техническая характеристика кривошипного пресса-автомата модели AA821

Краткое содержание дипломной работы:

- Техническая характеристика кривошипного пресса-автомата модели AA821
- Статический расчет кривошипного механизма
- Порядок проектирования главных валов
- Расчет опасных сечений кривошипного вала
- Расчет кривошипного вала и шатуна на прочность в программе КОМПАС-3D.

Перечень графического материала: кинематическая схема – 1 лист формата A4, чертеж кривошипного вала – 1 лист формата A4, графики зависимостей -3 листа формата A4, представлены ___ слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 5 наименований

а) Орлов П.Г. Штамповка деталей на листоштамповочных автоматах (основы теории и расчета). – М.: Машиностроение, 1984 – 160 с. ил.

б) Орлов П.Г. Листоштамповочные многопозиционные автоматы. – Алматы, "Казахстан", 1976, 144 с.

в) Орлова Е.П. Оборудование цехов обработки материалов давлением. Кривошипные прессы. Учебное пособие. – Алматы, 2018, 91 с.

г) Ланской Е.Н., Банкетов А.Н. Элементы расчета деталей и узлов кривошипных прессов. М.: Машиностроение, 1966, 379 с.

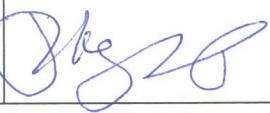
д) Буренков В.Ф. Теория, расчеты и конструкции кузнечно-штамповочного оборудования. – Гомель, 2011, 128 с.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
Поиск информации Обзор литературы Общая часть	08.02.19-09.03.19	выполнено
Техническая характеристика кривошипного пресса-автомата модели АА821 Статический расчет кривошипного механизма Порядок проектирования главных валов	1.04.19-10.04.19	выполнено
Расчет опасных сечений кривошипного вала Расчет кривошипного вала и шатуна на прочность в программе КОМПАС-3D	11.04.19-18.04.19	выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу
с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Карпеков Р.К., лектор кафедры	29.04.19	

Научный руководитель  Орлова Е.П.

Задание принял к исполнению обучающийся  Шаймардан С.С.

Дата

"23" ноября 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломной работы: «Компьютерное моделирование кривошипного пресса-автомата модели АА821».

Целью данной работы является моделирование кривошипного пресса-автомата модели АА821 с использованием компьютерных технологий. Объект исследования - кривошипный пресс-автомат модели АА821, предмет - компьютерное моделирование.

Для выполнения дипломной работы необходимо решение таких задач, как ознакомление с объектом исследования, расчетный анализ необходимых параметров конструкции, проектирование основных частей конструкции. Для написания данной работы были использованы расчетный метод, наблюдение и общелогический метод.

Чертежи 2D и 3D-модели составляющих частей были сделаны в программе КОМПАС-3D. В приложении приведены результаты расчетов необходимых параметров.

Дипломная работа была выполнена на двадцати восьми страницах, не включая приложение и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, состоящего из семи литературных источников. В введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи. По главам раскрывается тема дипломной работы и её задача.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс тақырыбы: "АА821 моделіндегі қисық типті престі-автоматты компьютерлік моделдеу".

Бұл жұмыстың мақсаты компьютерлік технологияларды қолдану арқылы АА821 моделінің қисық типті пресс-автоматын модельдеу болып табылады. Зерттеу объектісі-АА821 моделінің қисық типті пресс - автоматы, пәндік-компьютерлік моделдеу.

Дипломдық жұмысты орындау үшін зерттеу объектісімен танысу, конструкцияның қажетті параметрлерін есептеу, конструкцияның негізгі бөліктерін жобалау сияқты міндеттерді шешу қажет. Бұл жұмысты жазу үшін есептеу әдісі, бақылау және жалпы әдістемелік әдіс қолданылды.

2D сызбалары және құрамдас бөліктердің 3D-модельдері КОМПАС-3D бағдарламасында жасалды. Қосымшада қажетті параметрлерді есептеу нәтижелері келтірілген.

Дипломдық жұмыс қосымшаны қоспағанда, жиырма сегіз бетте орындалған және кіріспеден, бес тараудан, қорытындыдан және жеті әдебиеттен тұратын әдебиеттер тізімінен тұрады. Кіріспеде таңдалған тақырыптың өзектілігі негізделеді, мақсаты мен міндеттері қалыптасады. Тараулар бойынша дипломдық жұмыстың тақырыбы және оның міндеті ашылады.

ANNOTATION

The topic of diploma work: "Computer simulation of crank press-machine model AA821".

The aim of this work is simulation of the crank press-machine model AA821 using computer technology. The object of study - crank press machine model AA821, the subject - computer simulation.

It is necessary to solve such problems as acquaintance with the object of study, the calculation analysis of the necessary parameters of the structure, the design of the main parts of the structure to perform the diploma work. the calculation method, observation and General logical method were used to write this paper.

Drawings of 2D and 3D models of component parts were made in the program КОМПАС-3D. The Appendix contains the results of calculations of the necessary parameters. The Appendix contains the results of calculations of the necessary parameters.

The thesis is made on twenty-eight pages, not including the Appendix and consists of an introduction, five chapters, conclusion and the list of references consisting of seven literary sources. In the introduction, the relevance of the chosen topic is substantiated, the purpose and objectives are formulated. The chapters reveal the topic of the diploma work and its task.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	10
1 Техническая характеристика кривошипного пресса-автомата модели АА821	11
2 Статический расчет кривошипного механизма	16
3 Порядок проектирования главных валов	21
4 Расчет опасных сечений кривошипного вала	23
5 Расчет кривошипного вала и шатуна на прочность в программе КОМПАС-3D.	26
Заключение	36
Список использованной литературы	37
Приложение А	
Приложение В	
Приложение С	
Приложение D	
Приложение E	
Приложение F	
Приложение G	

ВВЕДЕНИЕ

История прессовых машин в данный момент времени является объектом самостоятельного изучения научной сферы и соответствующей дисциплиной обучения, которая может повысить широту взглядов обучающихся и позволяющей уменьшить количество наиболее частых проблем и проблем в общем, а также эффективность отрасли и будущее повышение квалификации. В данный момент времени данная тенденция не имеет огромного влияния и будет целесообразным для начала дать общую информацию об истории создания и использования кривошипных машин и прессового производства.

Кривошипные машины имеют огромный круг определенных и разнообразных величин и характеристик, при этом грамотно отличаясь друг от друга по таким конкретным параметрам, как технологическое и потребительское назначение, величины, которые олицетворяют техническую характеристику.

В основном на пресс-автоматах изготавливают различного рода детали, штампованные заготовки шариков, роликов, сепараторов и колец для всеми известных подшипников качения; различных звеньев различных цепей; ступенчатых и шаровых осей; гаек для производства автомобилей, корпусов свечей для производства автомобильных двигателей, электромашин, определенного количества деталей для оборонной техники; стрелок обыкновенных часов, деталей для изготовления фурнитуры и полуфабрикаты.

Кривошипный пресс-автомат в данный момент времени является объектом использования практически на каждом востребованном производстве. Он считается самым главным и востребованным оборудованием по причине того, что его помощь позволяет с довольно простой легкостью изготовить различного рода детали и изделия. Кроме процесса разработки, механизм имеет возможность применять холодную штамповку на деталях, сделанных из металла. Кривошипный пресс-автомат довольно комфортно и целесообразно использовать в заводах, ориентированных на промышленность и цехах; некоторые могут использоваться даже в гаражах, при этом выполняя детали для автомобилей, однако для них выгоднее всего использовать ручной тип прессов.

Данная работа будет посвящена компьютерному моделированию кривошипного пресс-автомата модели АА821 и будет включать кинематическую схему пресса-автомата, его основные технические данные, кинематический и статический расчеты, расчеты на прочность основных органов механизма с последовательными приложениями, включающими основные расчеты в ходе выполнения работ.

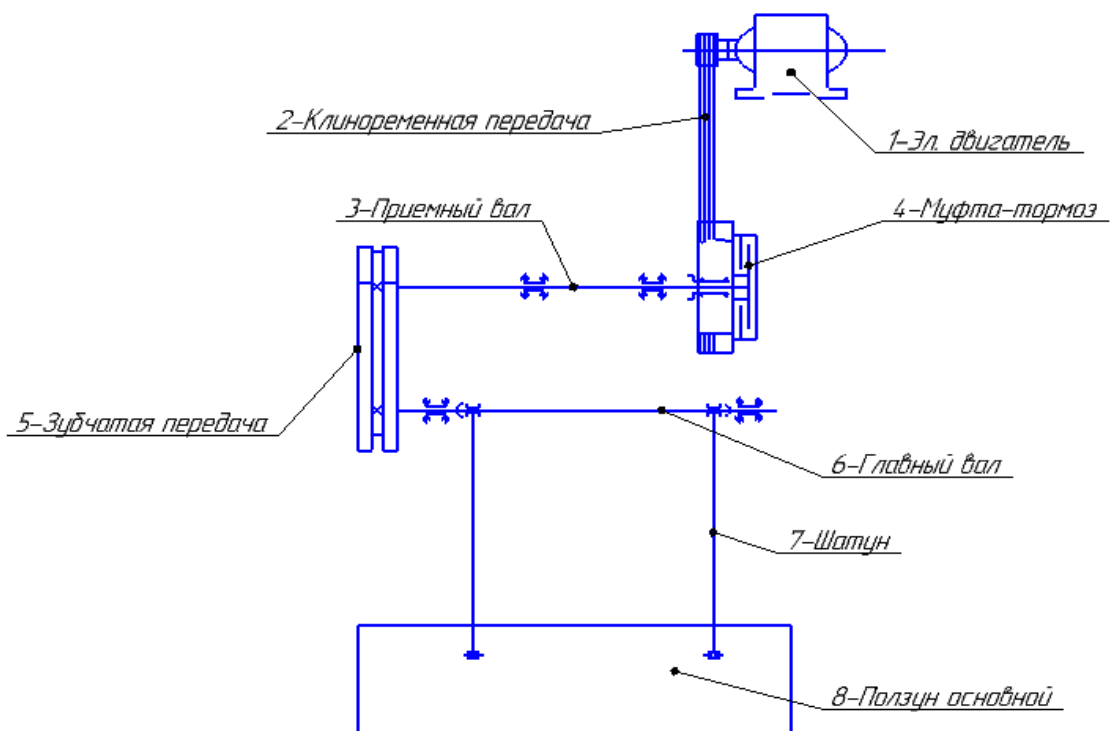
1 Техническая характеристика кривошипного пресса-автомата модели АА821

Техническая характеристика данного механизма состоит из технических данных кривошипного пресса-автомата, кинематической схемы механизма и кинематического расчета, состоящего из определения перемещения S , скорости V и ускорения ползуна j в зависимости от угла поворота главного вала, после чего переходит к показу графиков найденных параметров согласно пределам одного оборота от 0 до 360 градусов с шагов в 5 градусов.

Технические данные кривошипного пресса-автомата модели АА821 указаны в приложении D и показаны следующими основными данными:

- 1 Номинальное усилие – 200 кН;
- 2 Число ходов – 60 ходов в минуту;
- 3 Ход ползуна – 140 мм;
- 4 Штамповое пространство – 260 мм;
- 5 Регулировка штампового пространства – 30 мм.

Кинематическая схема кривошипного пресса-автомата модели АА821 показана на рисунке 1, а также в приложении D.



1 - Электрический двигатель; 2 - клиноременная передача; 3 - приемный вал; 4 - муфта-тормоз; 5 - зубчатое колесо; 6 - главный вал; 7 - шатун; 8 - ползун основной

Рисунок 1 – Кинематическая схема кривошипного пресса-автомата модели АА821

Электрический двигатель является устройством, предназначенным для совершения механической работы при помощи электроэнергии, которая в свою очередь преобразуется во вращательное движение.

В свою очередь, клиноременная передача характеризуется специальным приводным ремнем с углом профиля, равным по большей мере 40 градусов.

Приемный вал и главный вал являются составными частями конструкции пресса-автомата, которые являются некоторыми пунктами передачи вращательного движения от электродвигателя к другим органам конструкции и получает движение от электродвигателя.

Муфта-тормоз предназначена для соединения постоянно вращающихся ведущих частей определенной конструкции с остальными частями при непрерывной работе электродвигателя [1].

В свою очередь, зубчатое колесо или еще известная, как шестерня является основной деталью зубчатой передачи, а также свойственно имеет вид диска с зубьями на цилиндрической или конической поверхности.

Шатуном является определенный элемент кривошипно-шатунного механизма, который характеризуется тем, что он соединяет станину и коленчатый вал.

Станиной является определенная деталь кривошипно-рычажного механизма, как правило служащая для получения поступательного движения и отвечает за организацию различного рода операций в кривошипном пресс-автомате [2].

Кинематический расчет охарактеризован нахождением определенных параметров, а также их зависимости от главного угла поворота главного вала, такие как перемещение S , скорость V и ускорение ползуна j . Кривошипно-ползунный механизм показан на рисунке 2 и показан данными: R – радиус кривошипа, мм; L – длина шатуна, мм; α – угол поворота главного вала, градусы [3].

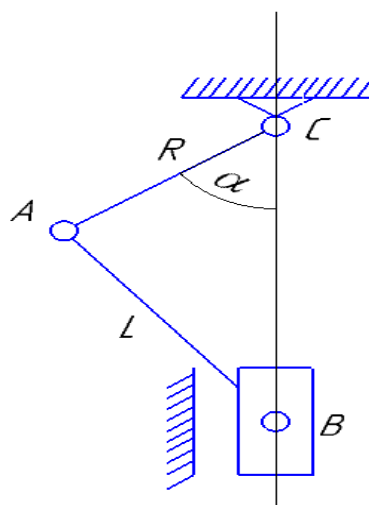


Рисунок 2 – Кривошипно-ползунный механизм

Для начала переходим к нахождению величины перемещения шатуна S в зависимости от угла поворота главного вала с промежутком в 5 градусов, которое находится по определенной формуле [3].

$$S=R \cdot [1-\cos \alpha + \lambda/4 \cdot (1-\cos 2\alpha)]$$

где R – радиус ползуна; однако в свою очередь $R = 0,5 \cdot H$, мм;

H – максимальный ход ползуна, мм;

α – угол поворота главного вала (кривошипа), град;

λ – коэффициент длины ползуна, выбираем значение $\lambda=0,2$ ($0,2 \div 1,2$);

S – перемещение шатуна, мм.

Значения перемещения, скорости и ускорения ползуна рассчитываются, при этом принимая угол α от 0 градусов до 360 градусов с шагом в 5 градусов. Расчет выполняется в приложении Microsoft Office Excel.

Согласно проведенным расчетам, подготовлен график зависимости перемещения шатуна S от главного угла поворота главного вала, показанный на рисунке 3:

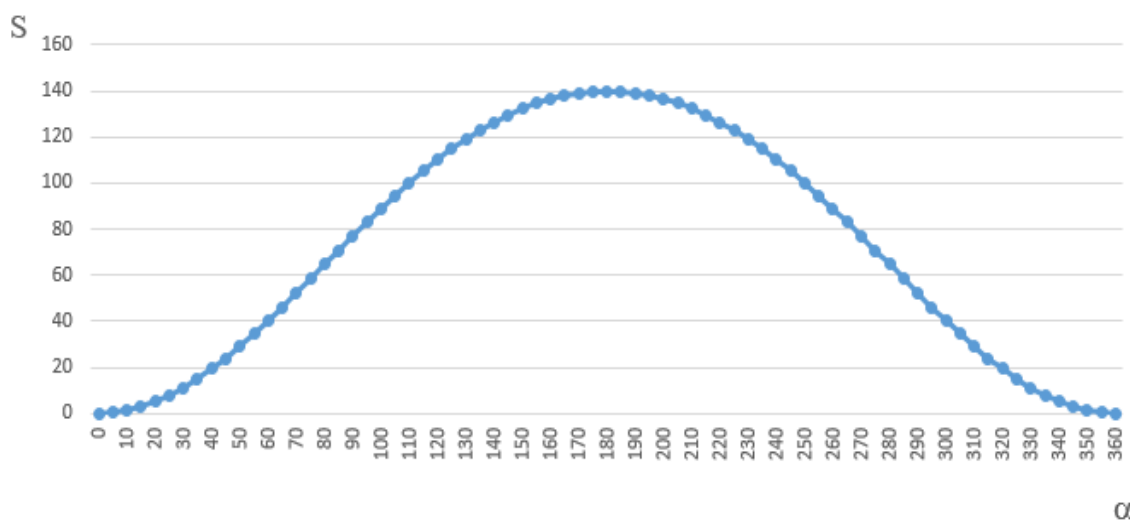


Рисунок 3 – График зависимости перемещения S от главного угла поворота главного вала (кривошипа)

После нахождения перемещения, переходим к расчету величины скорости V в зависимости от главного угла главного вала (кривошипа) с промежутком в 5 градусов, которая находится по следующей формуле:

$$V = \omega \cdot R \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\alpha \right)$$

где V – скорость, мм/с;
 α – угол поворота главного вала (кривошипа), градусы;
 R – радиус ползуна, мм;
 λ – коэффициент длины ползуна, выбираем значение $\lambda=0,2$ ($0,2 \div 1,2$);
 ω – угловая скорость (об/мин), которая в свою очередь находится по следующей формуле:

$$\omega = (\pi \cdot n)/30$$

где n – число ходов, указанное в технических данных пресс-автомата.
 Далее, подготовлен график зависимости скорости V от главного угла поворота главного вала(кривошипа), показанный на рисунке 4:

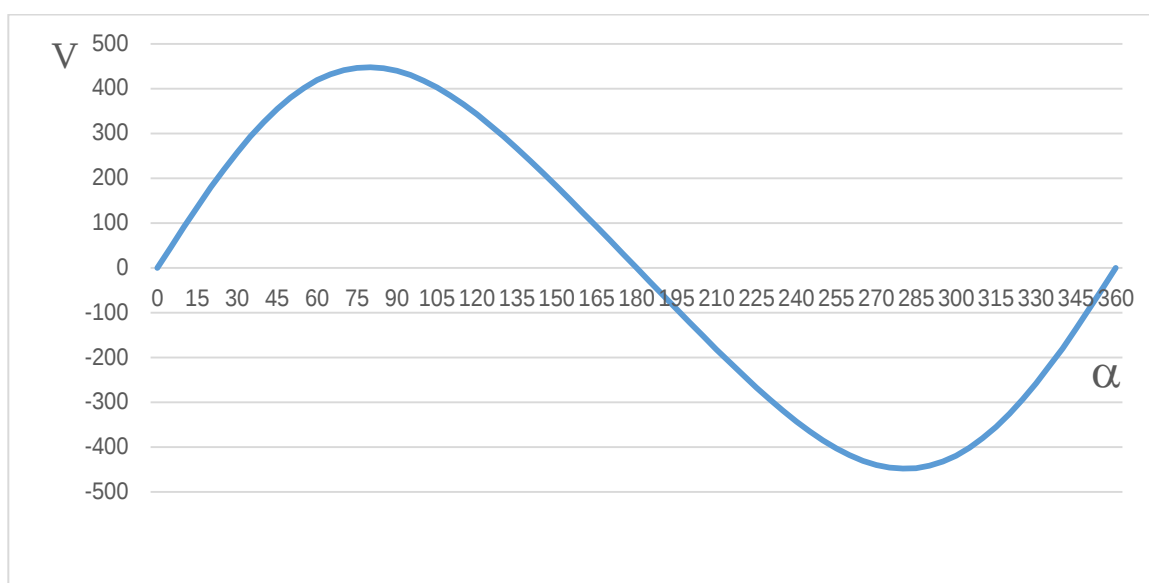


Рисунок 4 – График зависимости скорости V от главного угла поворота главного вала (кривошипа)

После чего, переходим к нахождению величины ускорения ползуна j в зависимости от главного угла главного вала с промежутком в 5 градусов, которая находится по формуле [3].

$$j = -\omega^2 \cdot R \cdot (\cos \alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha)$$

где j – ускорение ползуна, мм/с²;
 α - угол поворота главного вала (кривошипа), градусы;
 R – радиус ползуна, мм;
 λ – коэффициент длины ползуна, выбираем значение $\lambda=0,2$ ($0,2 \div 1,2$);

ω – угловая скорость (об/мин), которая в свою очередь находится по следующей формуле:

$$\omega = (\pi \cdot n) / 30$$

где ω – угловая скорость, об/мин;

n – число ходов, указанное в технических данных пресс-автомата.

Далее, подготовлен график зависимости скорости j от главного угла поворота главного вала (кривошипа), показанный на рисунке 5:

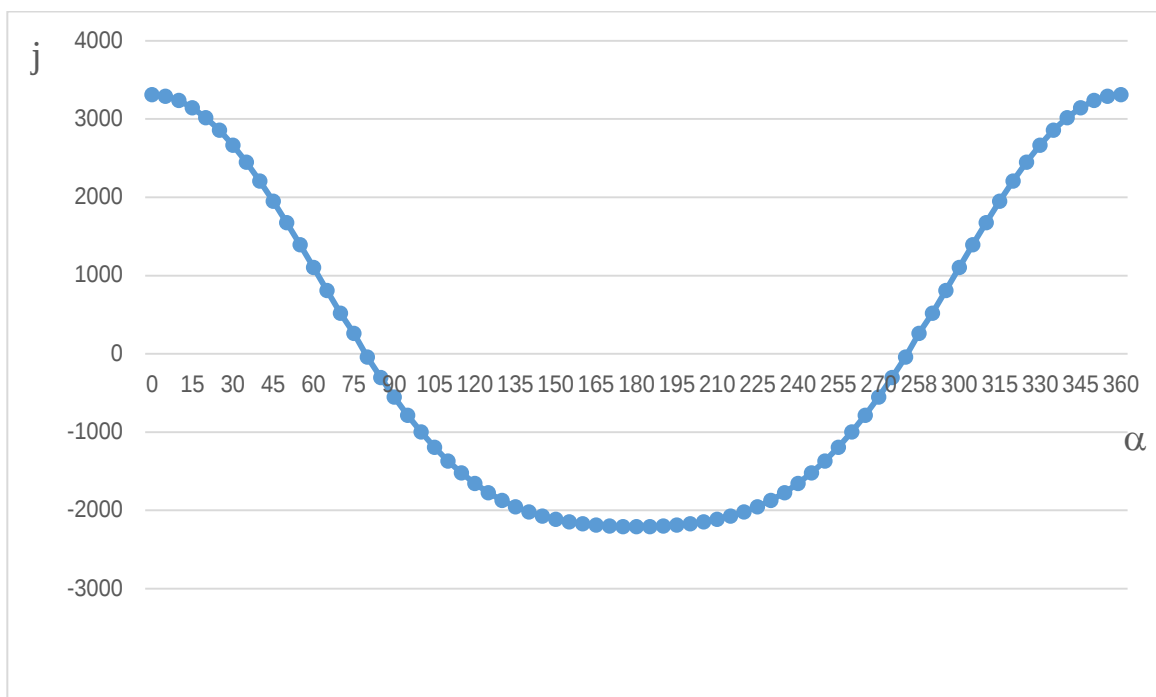


Рисунок 5 – График зависимости скорости j от главного угла поворота главного вала (кривошипа)

Данные расчета перемещения, скорости и ускорения ползуна центрального кривошипно-ползунного механизма указаны в приложении А.

Также графики зависимости вышеуказанных параметров указаны в приложении Е.

2 Статический расчет кривошипного механизма

Особенностью статического расчета сил, действующих на отдельные звенья механизмов, является необходимость учета действия сил трения. Достаточно большие действующие силы обуславливают большие диаметры осей шарниров, которые соизмеримы с размерами звеньев, поэтому пренебрежение силами трения при расчетах приводит к значительным погрешностям, а иногда и к невозможности произвести точный расчет.

Рассмотрим заданный механизм с размерами в положении кривошипа, фиксируемом углом α . Считаем заданным усилие деформации P_D , действующее по ползуну и определяемое величиной номинального усилия при расчете пресса.

Для определения крутящего момента на коленчатом валу будет использоваться уравнение элементарных работ [4].

$$M_k^\alpha \cdot d\alpha = P_D \cdot ds \text{ или } M_k^\alpha = P_D \cdot \frac{ds}{d\alpha}$$

Произведя соответствующие подстановки и выполнив математические преобразования, получим формулу для определения момента на кривошипном валу [4].

$$M_k = P_D \cdot m_k$$

где m_k - приведенное плечо силы, определяемое по формуле:

$$m_k = m_k^\alpha + m_k^f$$

где m_k^α - приведенное идеальное плечо, зависящее от положения кривошипа, фиксируемое углом α , значения которого будем брать от 0 градусов до 90 градусов с шагом в 5 градусов, и определяется по определенной формуле [4].

$$m_k^\alpha = R \cdot \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin \alpha + k \cdot \lambda \cdot \cos \alpha \right)$$

m_k^f - плечо трения, определяется коэффициентом трения размерами шарниров и принимается постоянным, определяется по формуле [4].

$$m_k^f = f \cdot [(1 + \lambda) \cdot r_A + \lambda \cdot r_B + r_0]$$

Получаем, что:

$$m_k^f = 0,1 \cdot [(1 + 0,2) \cdot 42,5 + 0,2 \cdot 31,5 + 31,5] = 13,32 \text{ мм}$$

где f - коэффициент трения в подшипнике, в данном случае $f = 0,1$;

r_A - радиус эксцентриковой головки шатуна, мм;

r_B - радиус малой головки шатуна, мм;

r_0 - радиус опорных шеек вала, мм.

Значения данных значений определяются по следующим формулам нахождения диаметров определенных частей [3].

$$d_0 = 1,4 \cdot \sqrt{P_H}$$

В свою очередь значения диаметра эксцентриковой головки шатуна определяется по формуле [3].

$$d_A = 1,35 \cdot d_0$$

Значение диаметра малой головки шатуна определяется по формуле [3].

$$d_B = d_0$$

Согласно полученным значениям строим графики зависимости m_k^α от угла поворота главного вала с шагом в 5 градусов в промежутке от 0 до 90 градусов. Зависимость показана на рисунке 6.

Помимо этого, на основе данных полученных в графике зависимости m_k^α от угла поворота главного вала находим зависимость m_k от того же угла поворота главного вала в промежутке от 0 до 90 градусов с шагом в 5 градусов соответственно. Зависимость показана на рисунке 7.

где m_k^α - приведенное идеальное плечо, зависящее от положения кривошипа, фиксируемое углом α .

m_k - приведенное плечо силы, значение которой будет зависеть от угла поворота главного вала.

Данные расчета приведенного плеча и приведенного плеча силы кривошипно-ползунного механизма указаны в приложении В.

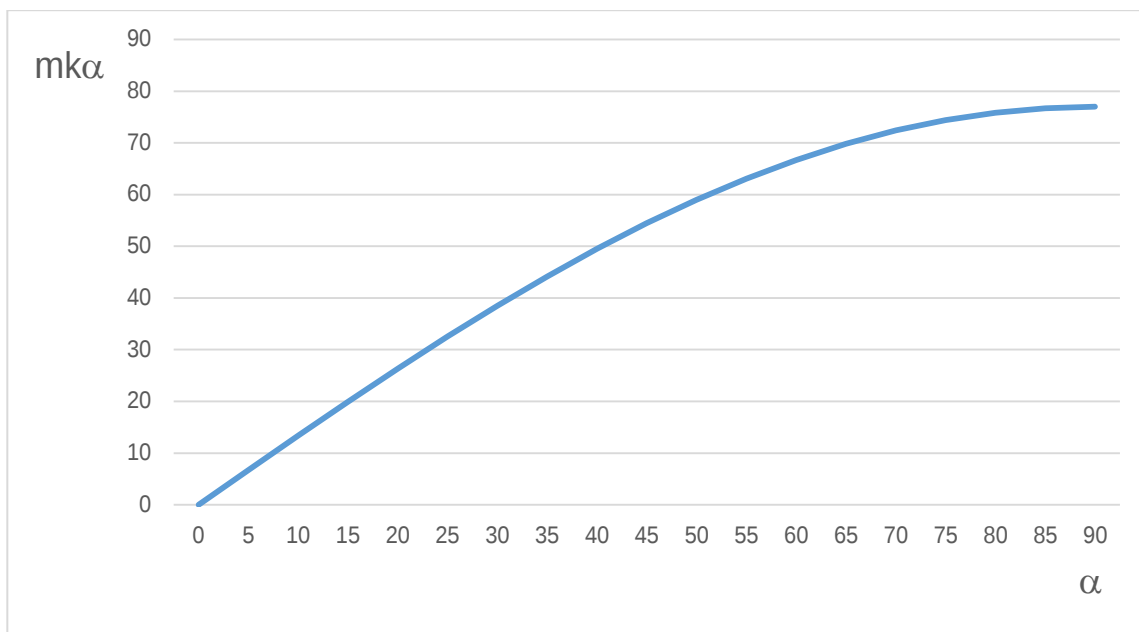


Рисунок 6 – График зависимости приведенного идеального плеча m_k^{α} от главного угла поворота главного вала (кривошипа)

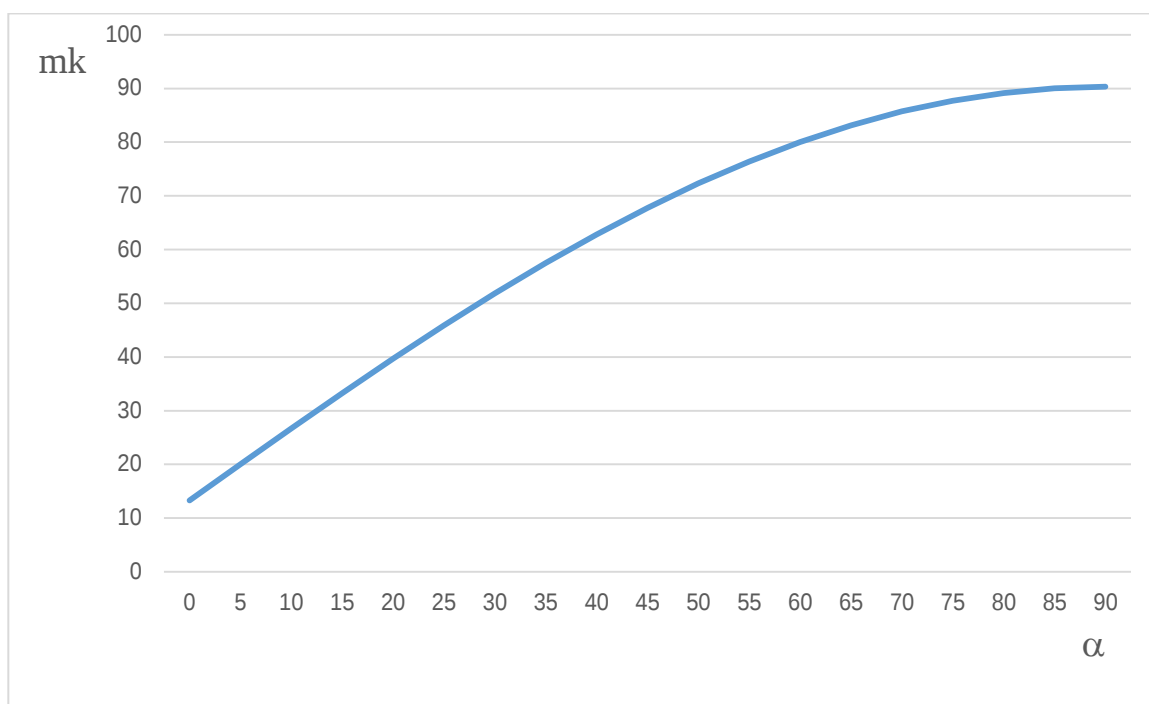


Рисунок 7 – График зависимости приведенного плеча силы m_k от главного угла поворота главного вала (кривошипа)

Для продолжения расчета используются типовые графики технологических нагрузок конструкций согласно определенным видам

операций, производимых на данных конструкциях и механизмах соответственно и выбираем для операции обычной вырубki [3].

Далее, выбираем типовой график нагрузки пресса.

После этого, совмещая график нагружения пресса P_D от S и график зависимости S от α , исключаем параметр S и находим зависимость P_D от α , показанные на рисунке 8:

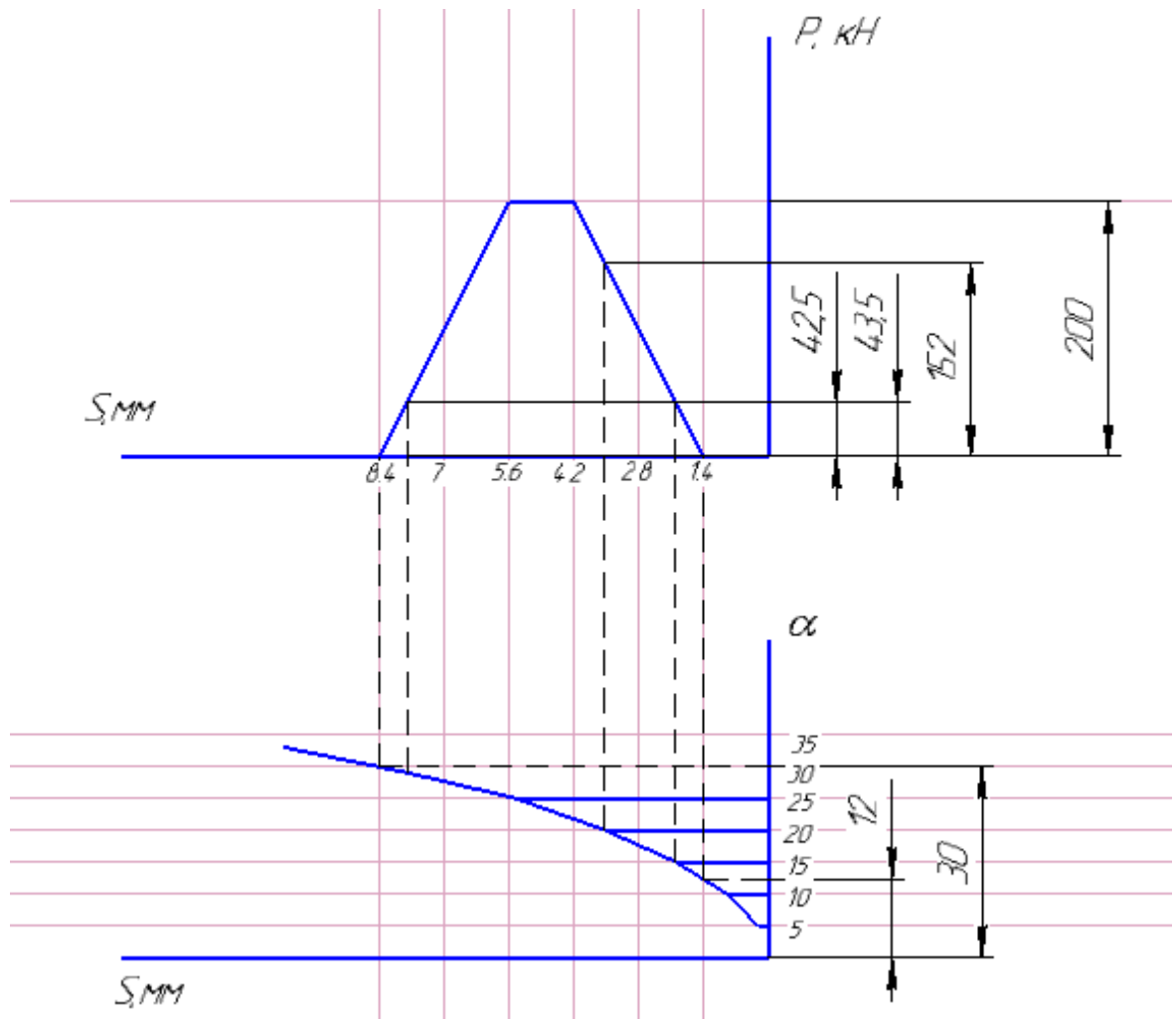


Рисунок 8 – Графики зависимости усилия P_D от перемещения S и перемещения S от угла главного вала α соответственно

Данные расчета момента на кривошипном валу приведены в приложении В, график зависимости крутящего момента M_k от угла поворота изображен на рисунке 9.

Графики необходимых зависимостей вышеуказанных величин указаны в приложении F.

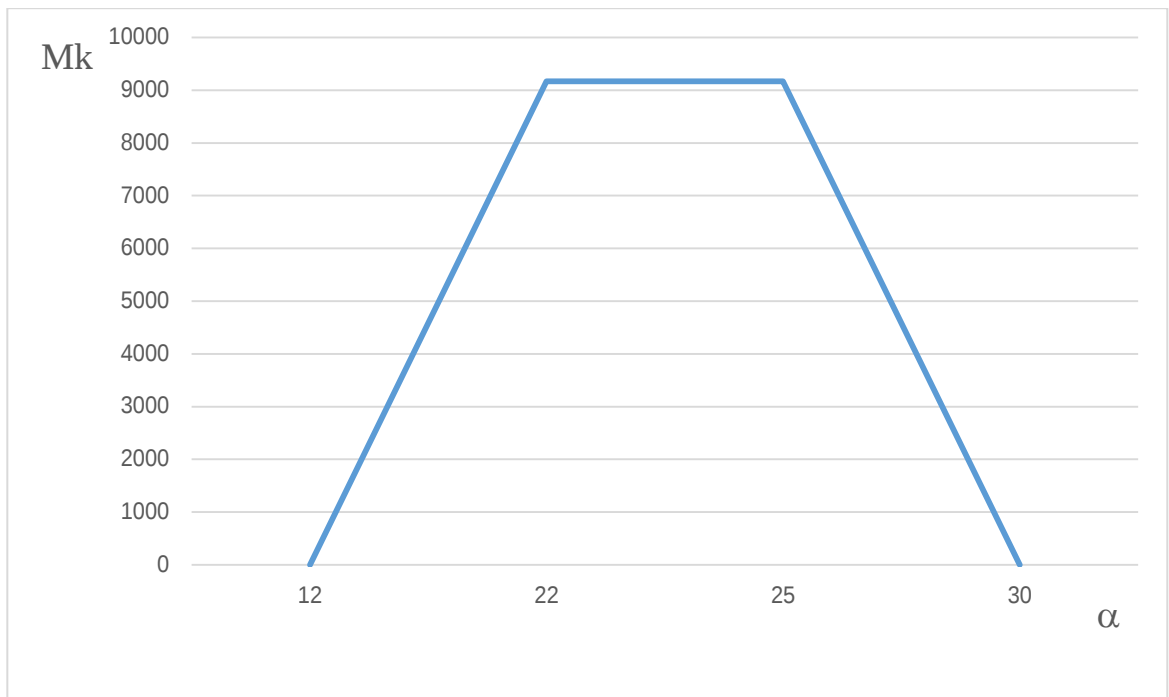


Рисунок 9 - График зависимости крутящего момента M_k от угла поворота

3 Порядок проектирования главных валов

Исходными данными для проектирования данных валов являются указанные в задании на проектирование тип кривошипной машины и ее номинальное усилие, кинематическая схема, а также определенные по соответствующему стандарту параметры технической характеристики. Для этого используется таблица основных размеров вала и шатуна [3].

1 На основании статистических данных определяют диаметры опорных шеек вала d_0 . Диаметр опорной шейки находится по следующей формуле:

$$d_0 = 1,4 \cdot \sqrt{P_H}$$

Примечанием является то, что значение P_H подставляют в меганьютон, а d_0 , d_{01} получают в мм.

2 Для выбранной расчетной схемы вала определяют остальные его геометрические размеры на базе кинематической схемы машины, проработки ее конструкции и рекомендаций таблицы из источника [3].

Переходим к нахождению диаметра наружной шейки:

$$d_A = 1,35 \cdot d_0$$

Длина опорной шейки находится по следующей формуле:

$$l_0 = 1,9 \cdot d_0$$

Длина шатунной шейки (эксцентриковой втулки) находится по следующей формуле:

$$l_{ш} = 1,3 \cdot d_0$$

Длина колена (эксцентрика) находится по следующей формуле:

$$l_k = 2,5 \cdot d_0$$

Радиус галтели находится по следующей формуле:

$$r = 0,08 \cdot d_0$$

Геометрический параметр a находится по формуле:

$$a = 1,6 \cdot d_0$$

Переходим к нахождению геометрического параметра b , который находится по формуле:

$$b = 0,6 \cdot d_0$$

3 Выбирают материал главного вала, учитывая, что для валов универсальных машин обычно используется сталь 45 нормализованная и улучшенная, а для эксцентриковых валов ответственных машин применяют улучшенные стали марок 40X и 40XH.

4 Расчет опасных сечений кривошипного вала

По номинальному усилию пресса на основании эмпирических соотношений определяем размеры вала. Полученные размеры округляют и выбирают материал вала. Схема кривошипного вала с полученными размерами приведена на рисунке 10. Для универсальных кривошипных прессов применяют сталь 45 нормализованную [2].

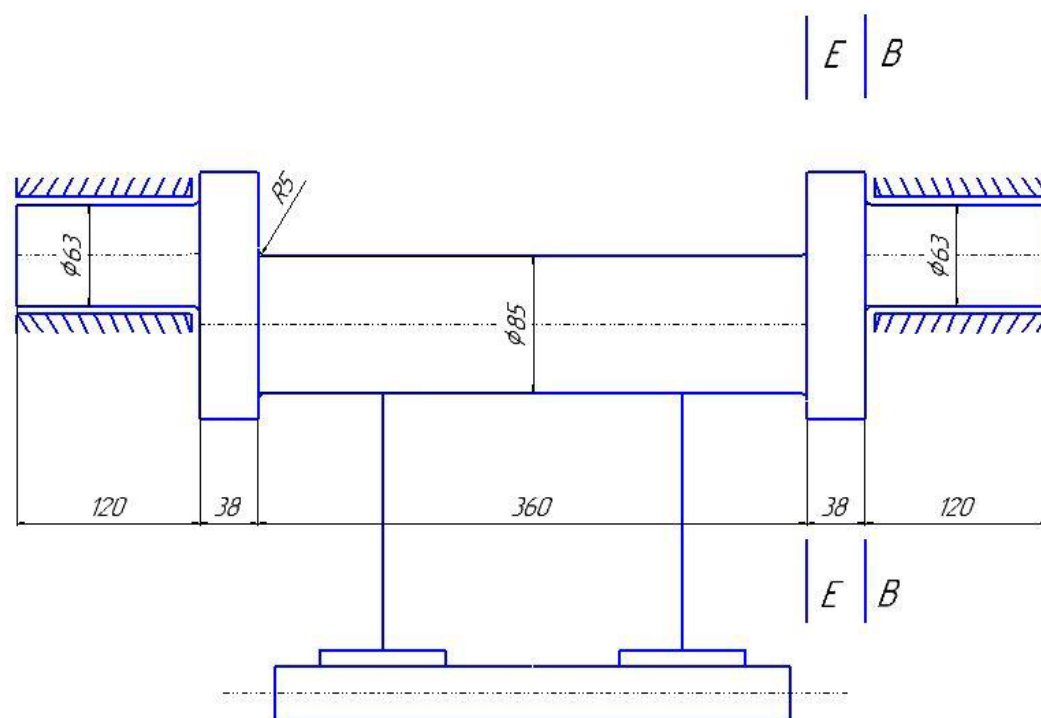


Рисунок 10 - Схема кривошипного вала с полученными размерами

Данный вал представляется как упругое тело, нагруженное по типу балки, схема которой изображена на рисунке 11 [2].

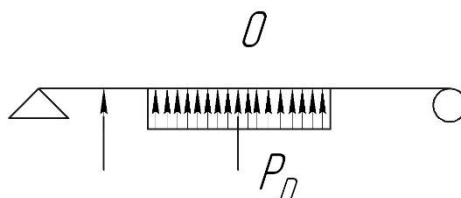


Рисунок 11 - Схема нагружения вала

При данной конструкции коленчатого вала идет проверка определенных сечений. Таким образом, для коленчатого вала, изображенного на рисунке 9 расчетными будут сечения ВВ и ЕЕ.

Проверка сечения ВВ проводится по формулам, приведенным для схемы. При этом все коэффициенты приведены из источника [4].

$$P_D = \frac{0,1 \cdot d_0 \cdot \sigma_{-1u}}{n \cdot k_{\sigma} \cdot U_u \sqrt{\Phi_{\sigma}^B}}$$

где d_0 - диаметр опор вала, $d_0 = 63$ мм;

σ_{-1u} - предел выносливости при изгибе гладкого образца при знакопеременном цикле, $\sigma_{-1u} = 280$ кН/мм²;

n - коэффициент запаса прочности, $n = 1,3$

k_{σ} - коэффициент эквивалентной нагрузки, $k_{\sigma} = 0,8$;

Φ_{σ}^B - эквивалентный параметр, $\Phi_{\sigma}^B = 1,9$ [4].

$$U_u = \left[\frac{l_k - l_1 + 0,125 \cdot l_0}{l_k + 0,25 \cdot l_0} + \frac{m_k \cdot \sin(\delta + \alpha_{III})}{R_k \cdot \cos \alpha_{III}} \times \frac{l_2 + 0,125 \cdot l_0}{l_k + 0,25 \cdot l_0} \right] \times \frac{l_0}{8}$$

где l_k , l_1 , l_2 , l_0 , R_k - геометрические параметры кривошипного вала и колеса, $l_k = 158$ мм, $l_1 = 107$ мм, $l_2 = 107$ мм, $l_0 = 120$ мм, $R_k = 200$ мм;

α_{III} - угол зацепления, $\alpha_{III} = 20$ градусов.

Аналогично для сечения ЕЕ [4].

$$P_D = \frac{0,1 \cdot d_0 \cdot \sigma_{-1u}}{n \cdot k_{\sigma} \sqrt{\Phi_{\sigma}^B \cdot U_u^2 + \Phi_{\tau}^B \cdot 0,062 \cdot m_k^2}}$$

где Φ_{τ}^B - эквивалентный параметр, $\Phi_{\tau}^B = 4,8$ [4].

$$U_u = \left[\frac{l_k - l_1 + 0,125 \cdot l_0}{l_k + 0,25 \cdot l_0} + \frac{m_k \cdot \sin(\delta + \alpha_{III})}{R_k \cdot \cos \alpha_{III}} \times \frac{l_2 + 0,125 \cdot l_0}{l_k + 0,25 \cdot l_0} \right] \times \left(\frac{l_0}{8} + b \right)$$

где b - геометрический параметр кривошипного вала $b = 38$ мм.

Ниже на рисунке 12 представлен график зависимости допускаемых усилий прочности вала для опасных сечений от угла поворота. Расчетные данные допускаемых усилий прочности вала для опасных сечений показаны в приложении С.

Далее, на основании произведенных расчетов строится специальный график, показывающий зависимость значений P_D в необходимом сечении ВВ и сечении ЕЕ соответственно.

График зависимости значений P_D в необходимом сечении ВВ и сечении ЕЕ показан на рисунке 12:

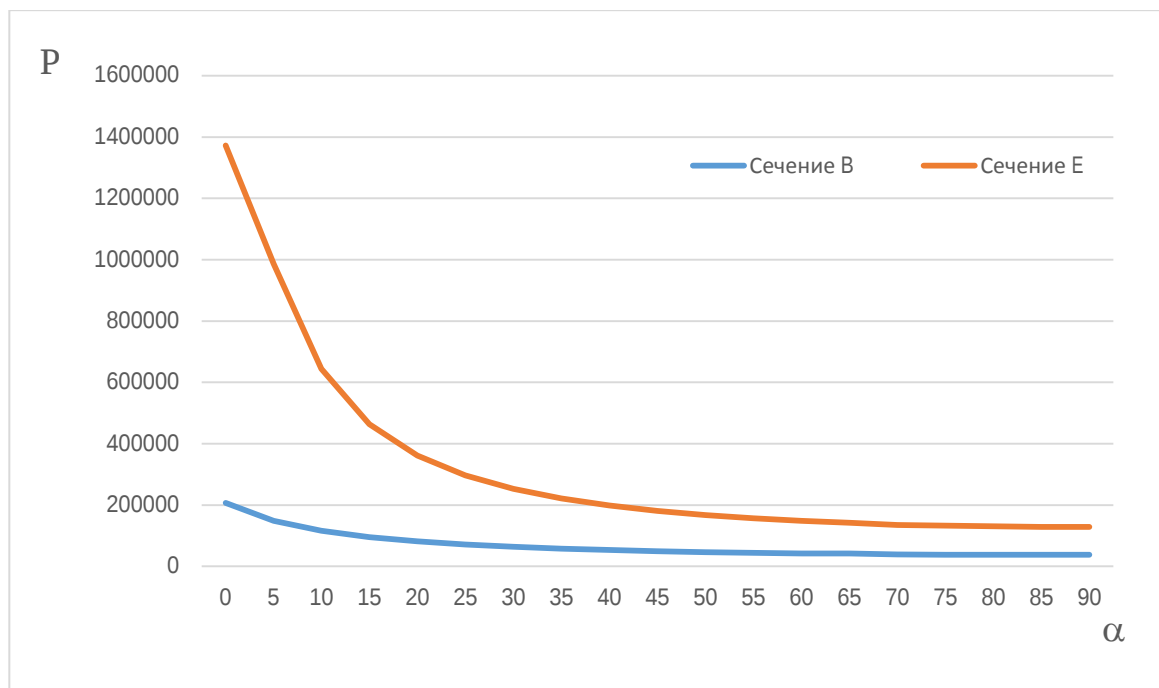


Рисунок 12 - Зависимость значений P_D в необходимом сечении ВВ и сечении ЕЕ

Расчетные данные допускаемых усилий прочности вала для опасных сечений указаны в приложении С.

5 Расчет кривошипного вала и шатуна на прочность в программе КОМПАС-3D.

Для более детального расчета необходимых частей конструкции пресс-автомата, таких как кривошипный вал и шатун, применяются определенного рода специальные компьютерные программы, позволяющие построить модели тех или иных деталей и проверить их на прочность. В данном случае будет использована программа КОМПАС-3D и будут указаны детальные пункты построения той или иной детали, основываясь на определенных размерах. 3D-модели кривошипного вала и шатуна в программе КОМПАС-3D указаны в приложении G.

В первую очередь будет произведена проверка на прочность кривошипного вала, модель показана на рисунке 13:

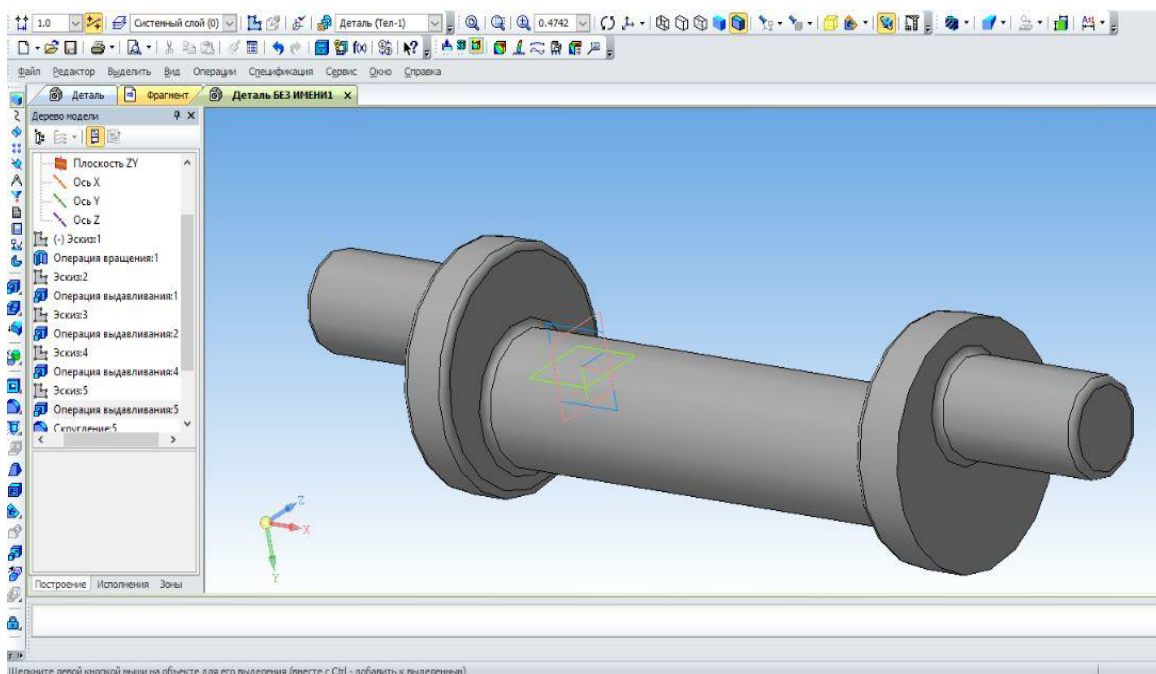


Рисунок 13 – 3D-модель кривошипного вала

1 Для начала проставляем материал кривошипного вала, используемого в кривошипном пресс-автомате модели АА821. Для универсальных кривошипных прессов применяют сталь 45 нормализованную. Материал указывается в параметрах МЦХ, достичь которые можно правым нажатием кнопки мыши по поверхности модели и выбрать пункт «Свойства модели». Выбор материала показан на рисунке 14:

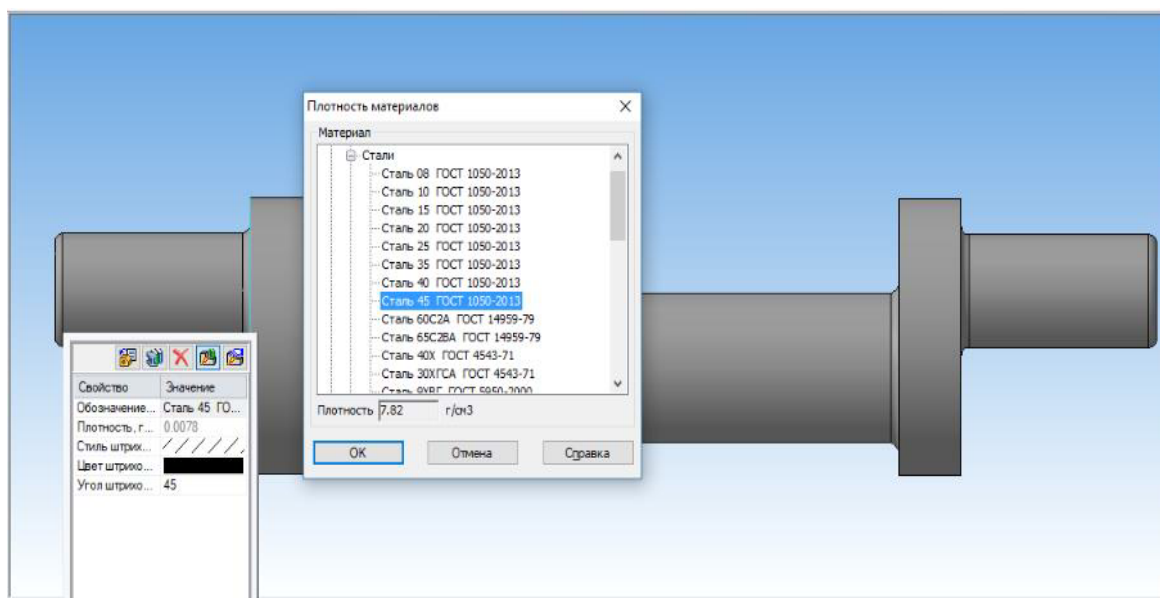


Рисунок 14 – Выбор материала для кривошипного вала

2 После этого, переходим к самому расчету на прочность. Для начала заходим в «Менеджер библиотек» и заходим в раздел «Расчет и построение», после чего выбираем пункт «АРМ FEM: Прочностной анализ». Переход к этому пункту показан на рисунке 15:

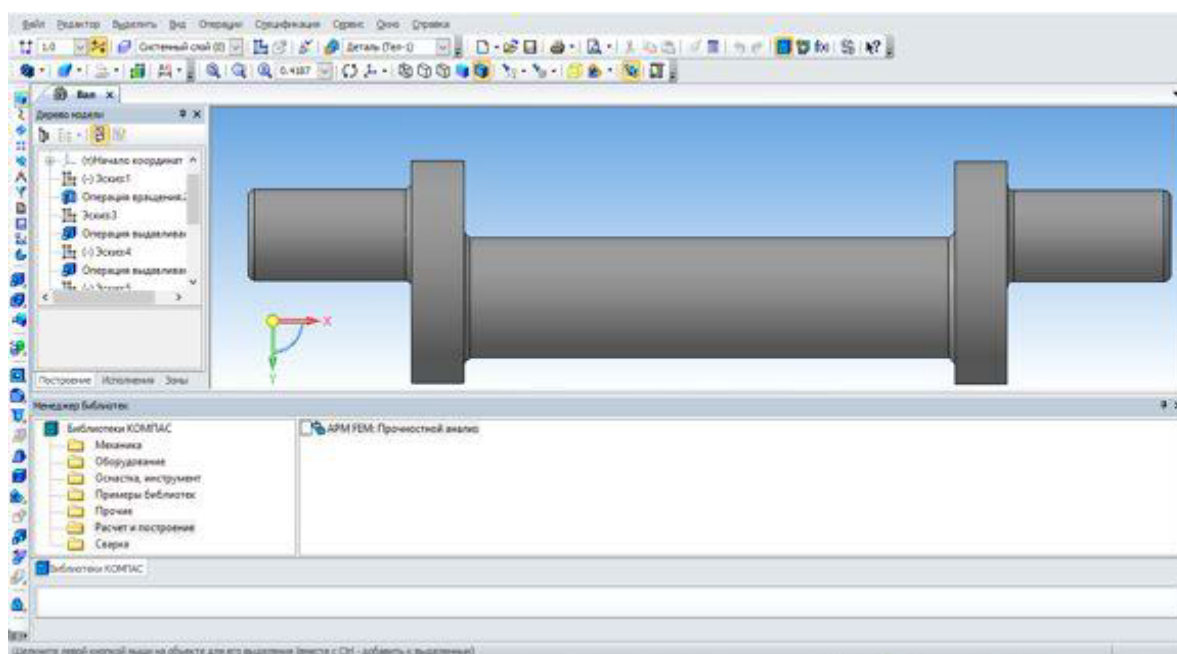


Рисунок 15 – Нахождение прочностного анализа

3 Первым действием в прочностном анализе является установление необходимых закреплений на кривошипном валу относительно определенной оси. Для этого переходим в пункт «Нагрузки и закрепления» и выбираем

команду «Установить закрепление». Нахождение команды и установление нужных закреплений показаны на рисунках 16 и 17:

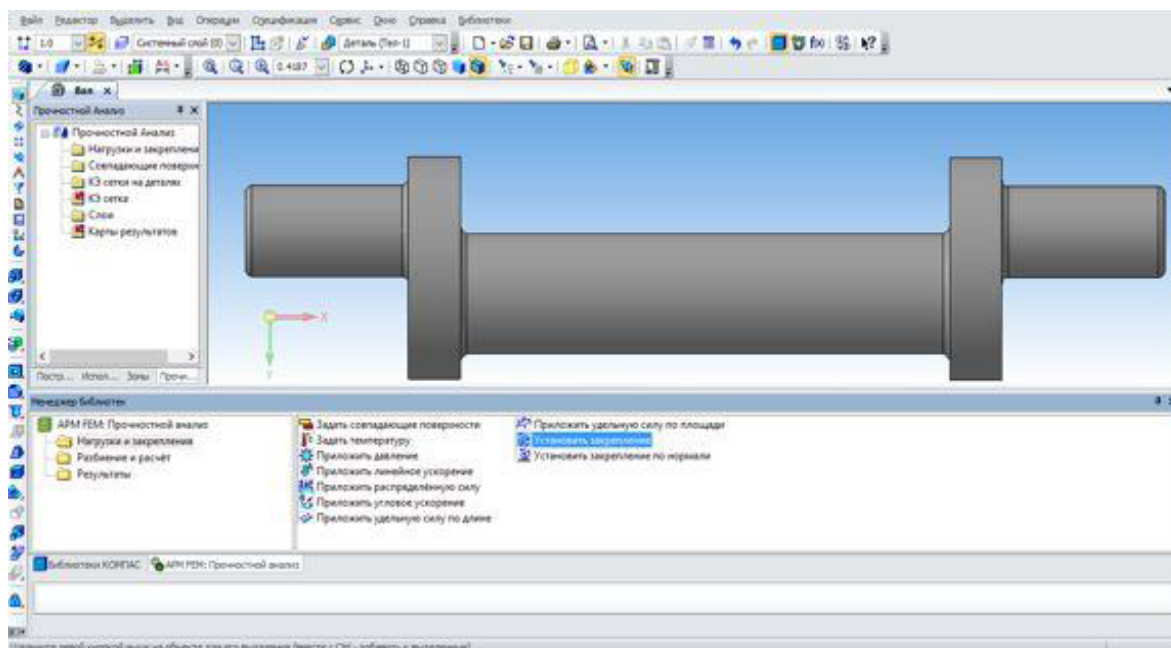


Рисунок 16 – Нахождение команды «Установить закрепление»

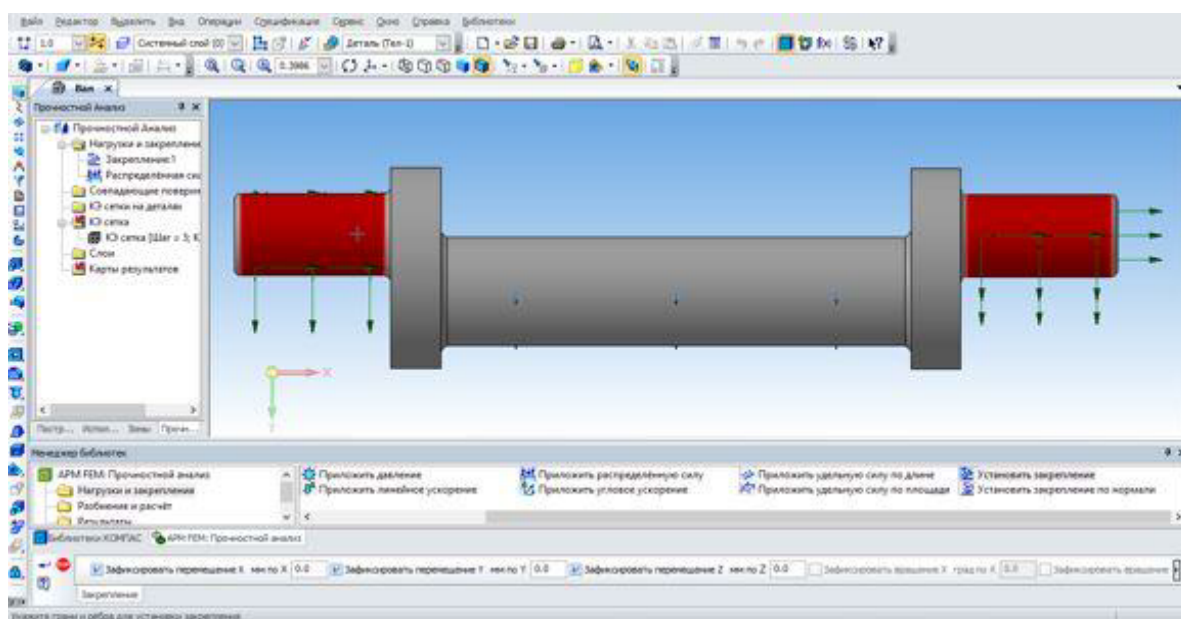


Рисунок 17 – Установление нужного закрепления

4 После этого, переходим к команде «Приложить распределенную силу». Установление распределенной силы показано на рисунке 18. Значение распределенной силы равно значению номинального усилия, указанного в

техническом паспорте пресса-автомата и равного 200 кН, а также определяется по направлению оси Y.

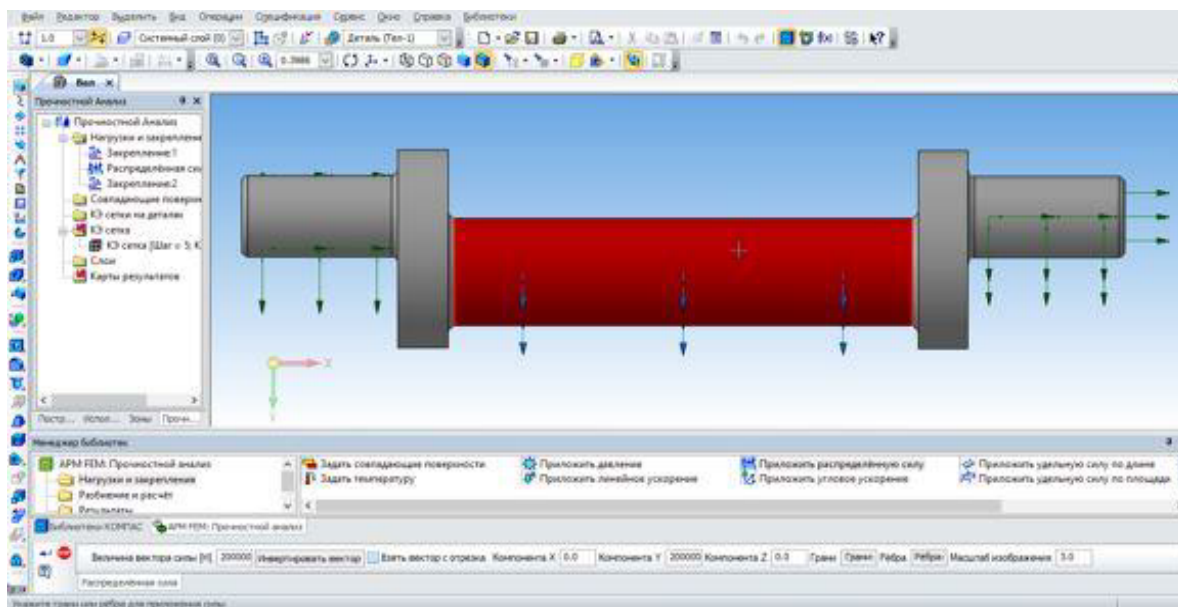


Рисунок 18 – Установление распределенной силы

5 Далее, переходим в раздел «Разбиение и расчет» и выбираем команду «Генерация КЭ сетки». Результат показан на рисунке 19:

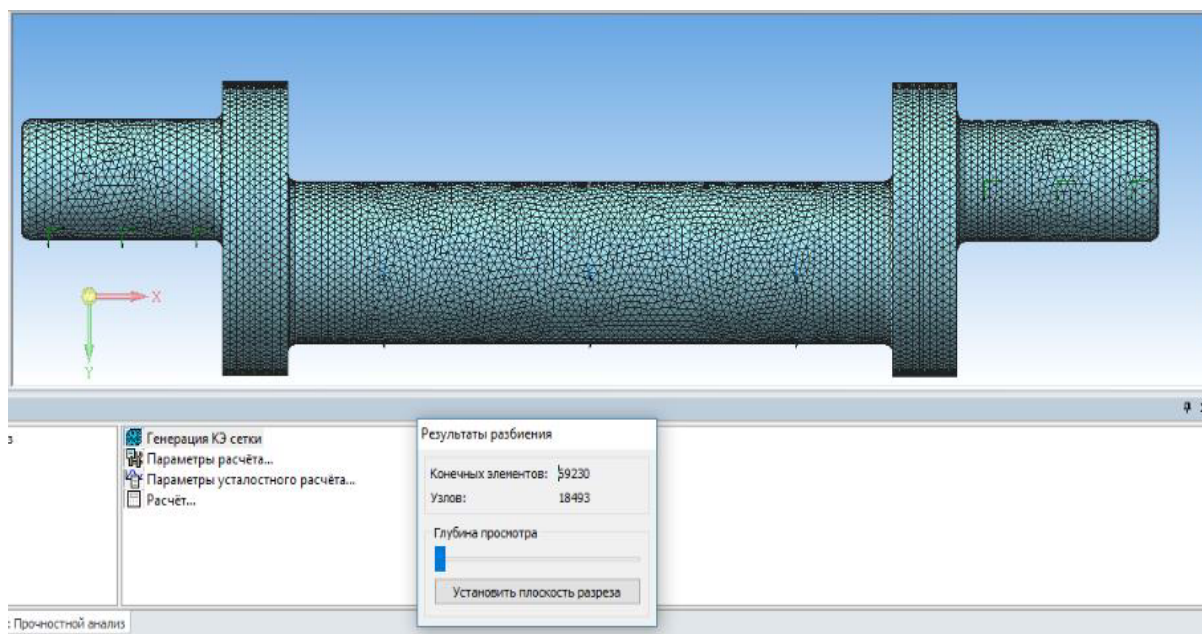


Рисунок 19 – Результат использования команды «Генерация КЭ сетки»

6 Следующим пунктом переходим к команде «Расчет» и выбираем тип расчета «Статический расчет». Переходим в раздел «Результаты» и выбираем

команду «Карта результатов». После этого выбираем нахождение тех или иных результатов для напряжения, коэффициента запаса, и деформации соответственно. Результаты данных расчетов показаны на рисунках 20, 21, 22.

Стоит отметить, что номинальным (максимально допустимым) значением параметра σ_{-1} для напряжения является 280 МПа для стали 45. Номинальное значение коэффициента запаса является значение в пределах от 1,7 до 2.

Основываясь на полученных результатах по проверке исполнительного механизма кривошипного-пресса автомата модели АА821 на прочность, видно, что все полученные значения расчета не превышают максимально допустимых значений, что говорит о правильности выполнения расчетов и подтверждает достоверность всех ранее проведенных действий.

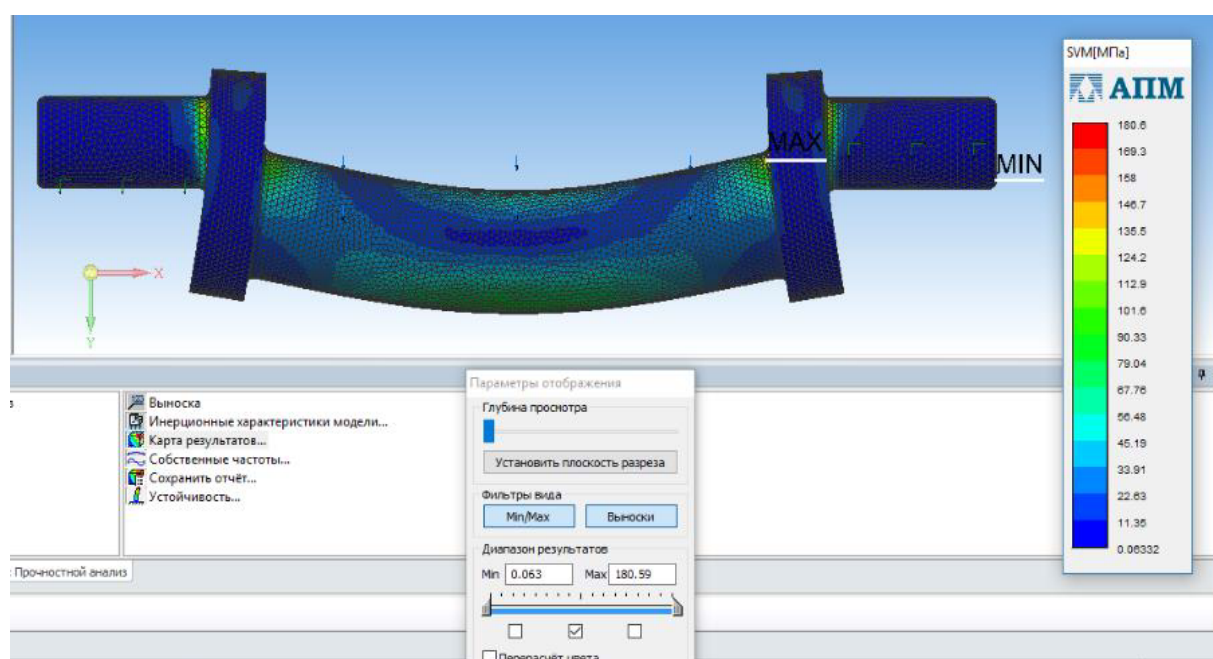


Рисунок 20 – Результаты расчета напряжения

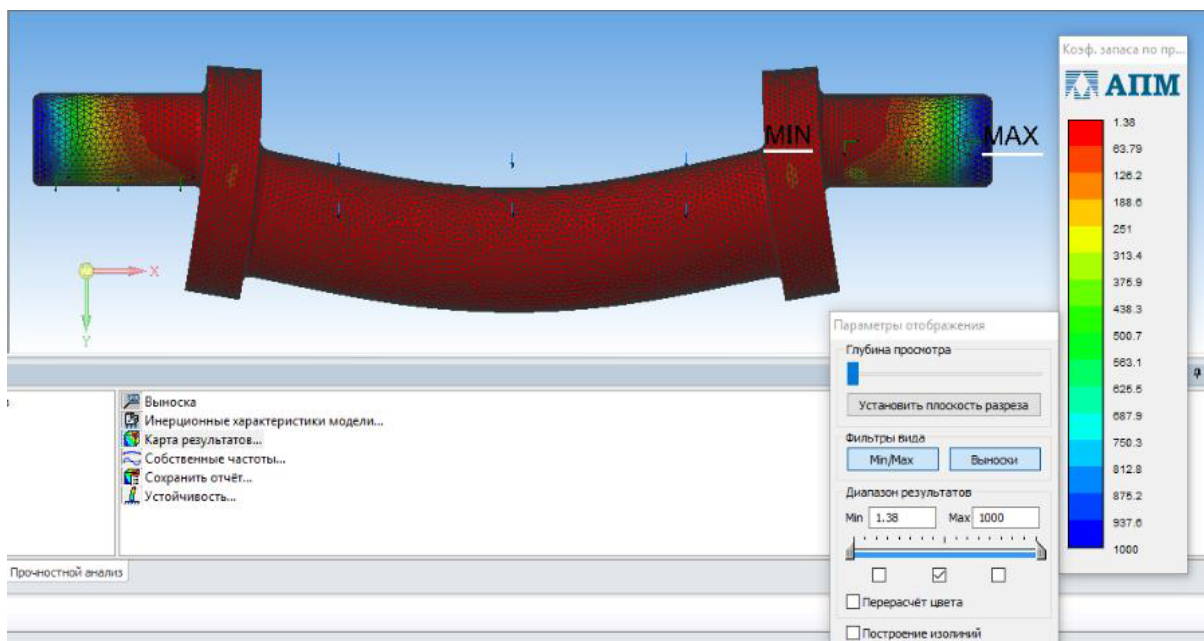


Рисунок 21 – Результаты расчета коэффициента запаса

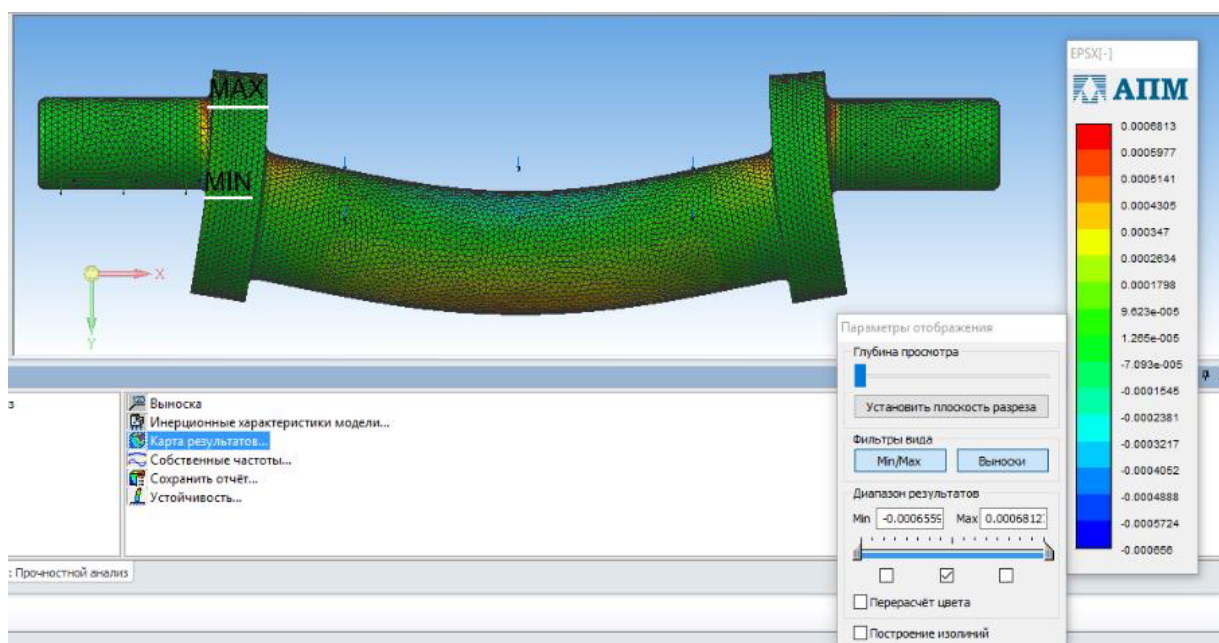


Рисунок 22 – Результаты расчета деформации

После расчета кривошипного вала на прочность, переходим к расчету на прочность шатуна, для которого будут использоваться схожие операции по переходу к тем или иным операциям и нахождению тех или иных результатов. Модель шатуна показана на рисунке 23. Материалом шатуна служит сталь 45.

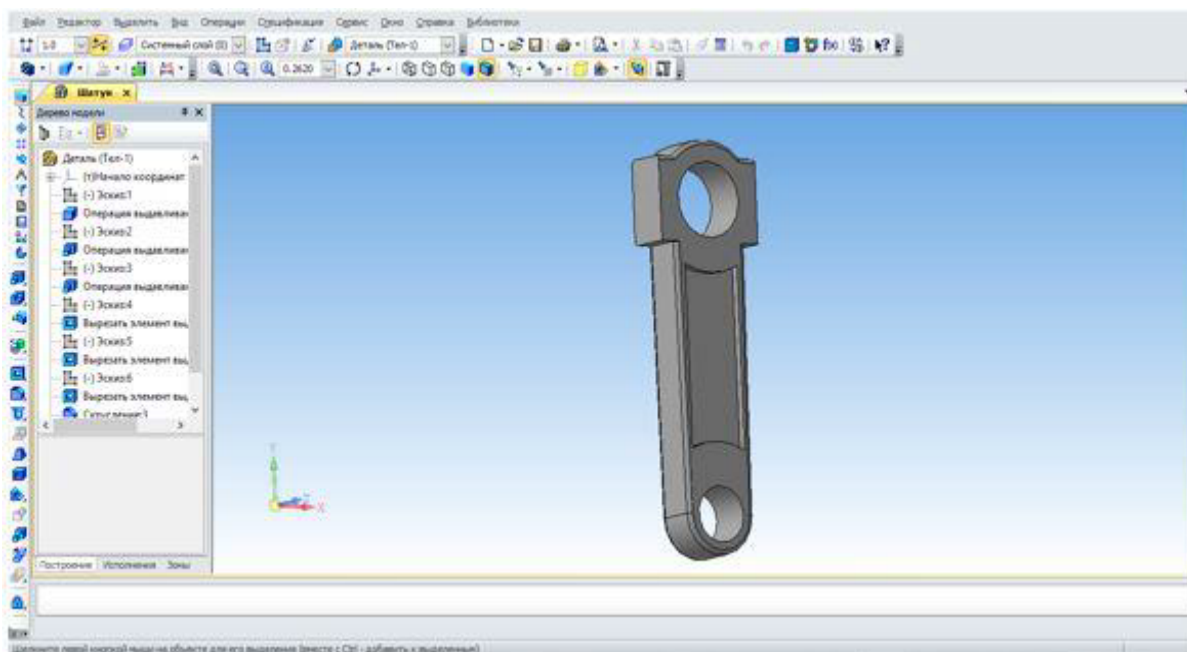


Рисунок 23 – 3D-модель шатуна

1 Для начала устанавливаем необходимые закрепления для шатуна. Закрепление показано на рисунке 24:

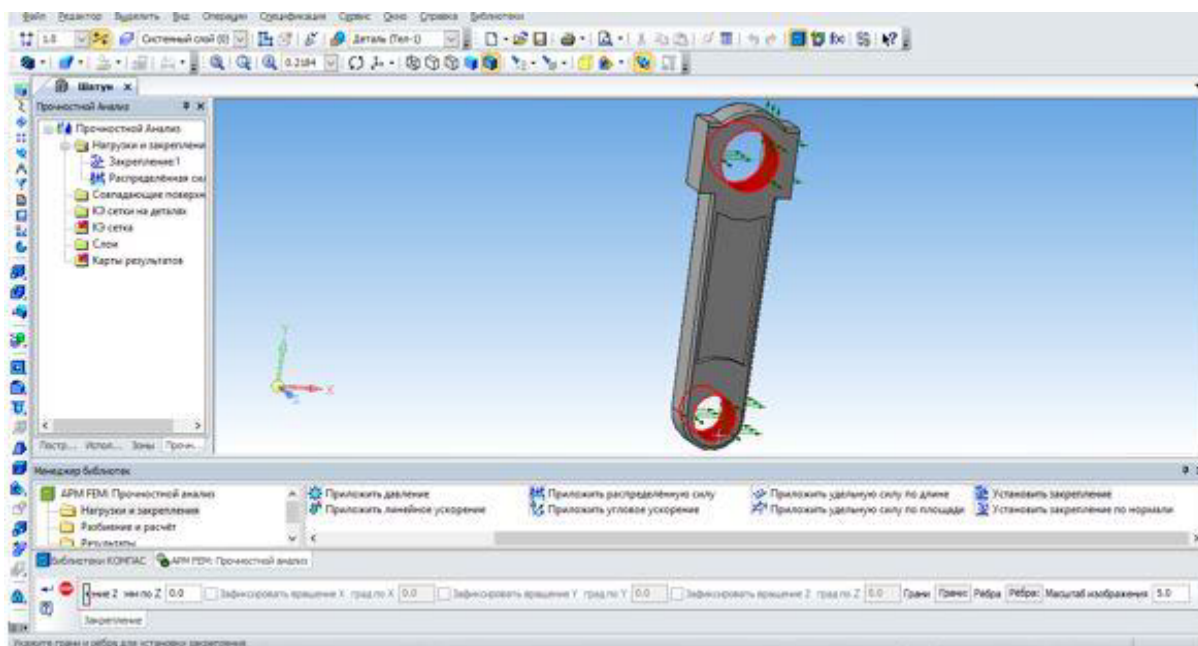


Рисунок 24 – Установление закрепления

2 Значение распределенной силы равно значению номинального усилия, указанного в техническом паспорте прессы-автомата и равного 200 кН и ставится по направлению оси Y. Установление показано на рисунке 25:

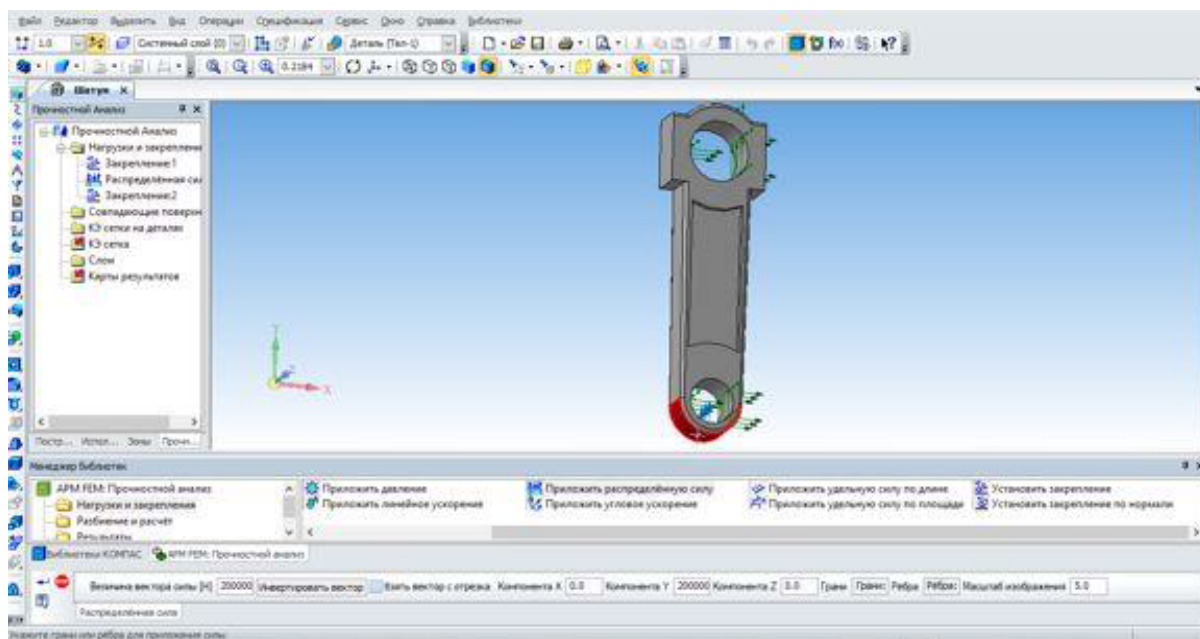


Рисунок 25 – Установление распределенной силы

3 Далее, переходим в раздел «Разбиение и расчет» в команду «Генерация КЭ сетки». Результат показан на рисунке 26:



Рисунок 26 – Результат использования команды «Генерация КЭ сетки»

4 Далее, переходим к команде «Расчет» и выбираем «Статический расчет». Переходим в раздел «Результаты» и выбираем команду «Карта результатов» и определяем результаты для напряжения, коэффициента запаса, и деформации. Результаты показаны на рисунках 27, 28, 29.

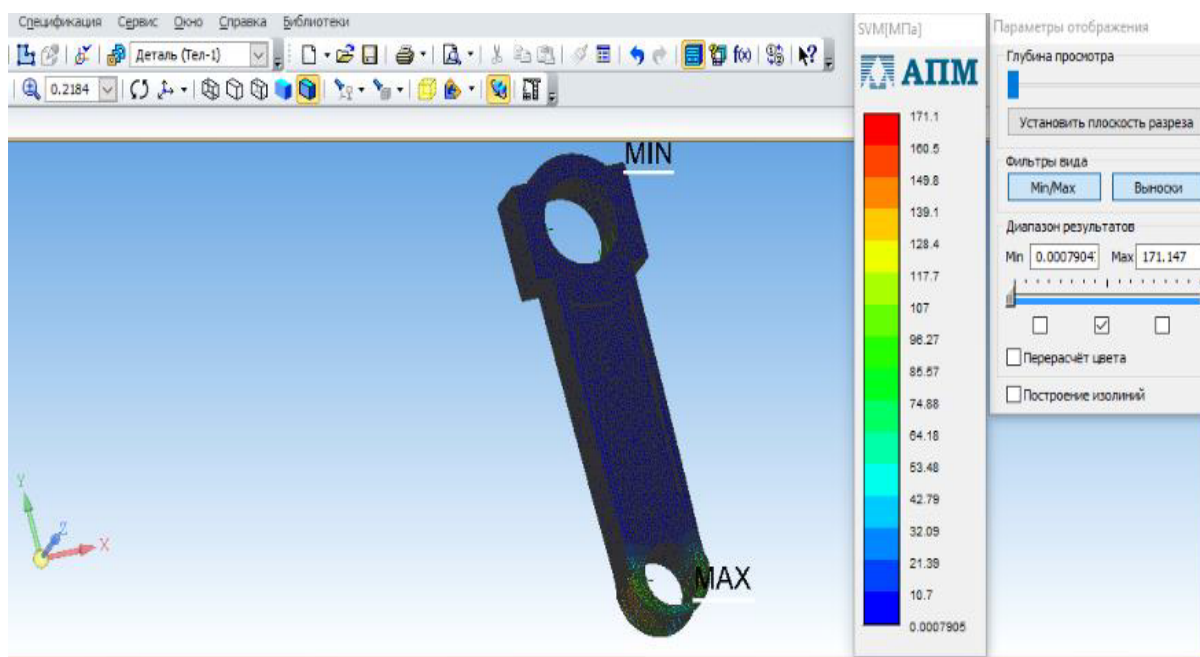


Рисунок 27 – Результаты расчета напряжения

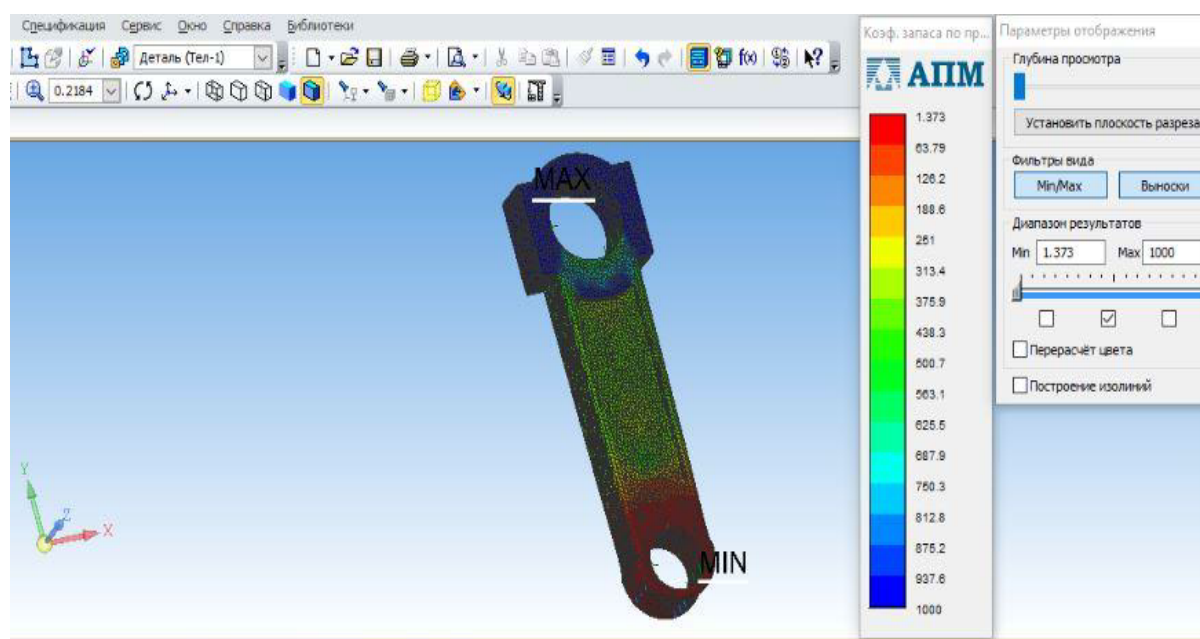


Рисунок 28 – Результаты расчета коэффициента запаса

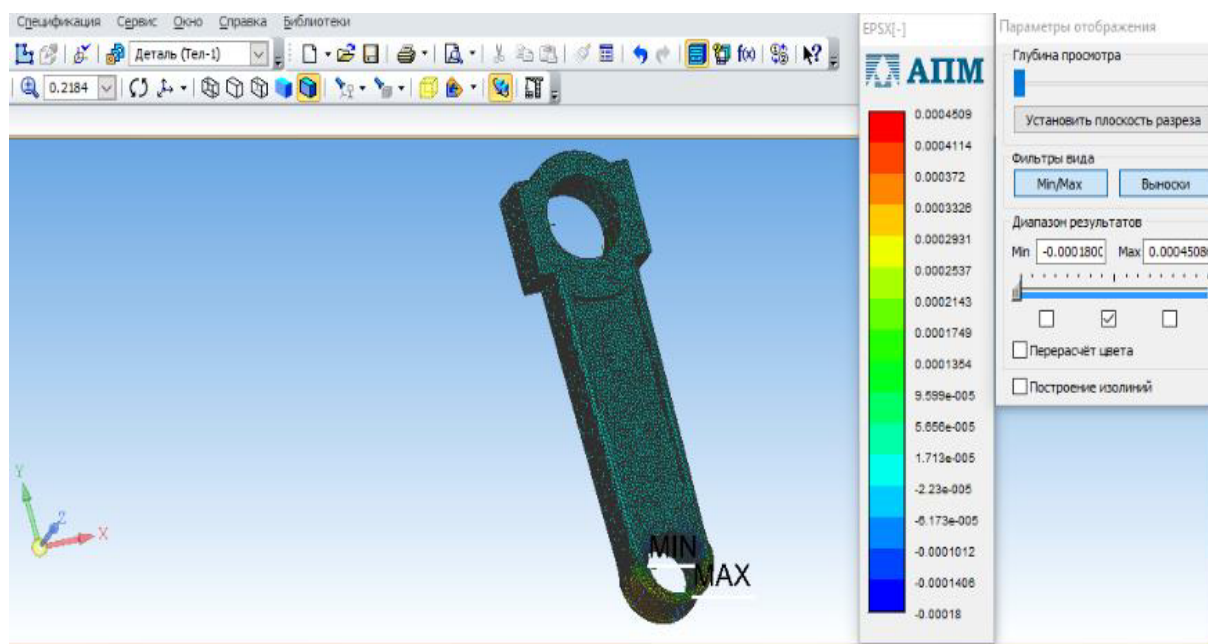


Рисунок 29 – Результаты расчета деформации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная дипломная работа была посвящена компьютерному моделированию кривошипного пресса-автомата модели АА821, в ходе которой были выполнены и показаны определенные разделы, связанные напрямую с темой дипломной работы и посвященные определенным пунктам, описывающие характеристическую и расчетную часть работы.

В данной дипломной работе были показаны, в первую очередь, технические данные кривошипного пресса-автомата модели АА821, характеризующие основные характеристики пресса-автомата. Также, была показана кинематическая схема самого пресса-автомата, за которой следует кинематический расчет, основанный на нахождении определенных параметров и зависимостей между ними. Помимо этого, был проведен статический расчет кривошипного пресса-автомата модели АА821, основанный на нахождении дополнительных параметров и их значений с последующими графиками зависимостей между ними.

Завершающая часть дипломной работы была посвящена нахождению основных геометрических параметров исполнительного механизма кривошипного пресса-автомата модели АА821, таких как кривошипный вал и шатун, выполнение проверки данных узлов конструкции на прочность в программе КОМПАС-3D и приведение необходимых результатов основных характеристик, таких как, напряжение, коэффициент запаса и деформация.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Орлов П.Г. Штамповка деталей на листоштамповочных автоматах (основы теории и расчета). – М.: Машиностроение, 1984 – 160 с. ил.
- 2 Орлов П.Г. Листоштамповочные многопозиционные автоматы. – Алматы, “Казахстан”, 1976, 144 с.
- 3 Орлова Е.П. Оборудование цехов обработки материалов давлением. Кривошипные прессы. Учебное пособие. – Алматы, 2018, 91 с.
- 4 Ланской Е.Н., Банкетов А.Н. Элементы расчета деталей и узлов кривошипных прессов. М.: Машиностроение, 1966, 379 с.
- 5 Буренков В.Ф. Теория, расчеты и конструкции кузнечно-штамповочного оборудования // Электронная версия на сайте <https://www.elib.gstu.by/>

Приложение А

Таблица А.1 - Данные расчета перемещения, скорости и ускорения ползуна
центрального кривошипно-ползунного механизма.

α , град	s, мм	v, мм/с	j, мм/с ²	α , град	s, мм	v, мм/с	j, мм/с ²
0	0	0	3312,96	185	139,79	-30,68	-2206,52
5	0,32	46	3294,07	190	139,15	-61,3	-2200
10	1,28	91,37	3237,72	195	138,08	-91,8	-2188,54
15	2,85	135,76	3144,91	200	136,6	-122,1	-2171,32
20	5,04	180,23	3017,28	205	134,69	-152,11	-2147,21
25	7,81	219,46	2857,06	210	132,37	-181,73	-2114,84
30	11,13	257,87	2667	215	129,64	-210,84	-2072,67
35	14,96	293,45	2450,36	220	126,52	-239,28	-2019,01
40	19,27	325,86	2210,78	225	123	-266,88	-1952,18
45	24	354,8	1952,18	230	119,1	-293,46	-1870,49
50	29,11	380,04	1678,73	235	114,85	-318,79	-1772,38
55	34,55	401,41	1394,68	240	110,25	-342,63	-1656,48
60	40,25	418,78	1104,32	245	105,33	-364,74	-1521,69
65	46,17	432,09	811,84	250	100,12	-384,83	-1367,23
70	52,24	441,35	521,27	255	94,65	-402,64	-1192,73
75	58,41	446,6	263,36	260	88,94	-417,89	-998,27
80	64,63	448	-39,45	265	83,05	-430,29	-784,39
85	70,85	445,56	-303,15	270	77	-439,6	-552,16
90	77	439,6	-552,16	275	70,85	-445,56	-303,15
95	83,05	430,29	-784,39	280	64,63	-448	-39,45
100	88,94	417,89	-998,27	285	58,41	-446,6	263,26
105	94,65	402,64	-1192,73	290	52,24	-441,35	521,27
110	100,12	384,83	-1367,23	295	46,17	-432,09	811,84
115	105,33	364,74	-1521,69	300	40,25	-418,78	1104,32
120	110,25	342,63	-1656,48	305	34,55	-401,41	1394,68

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

α , град	s, мм	v, мм/с	j, мм/с ²	α , град	s, мм	v, мм/с	j, мм/с ²
125	114,85	318,79	-1772,38	310	29,11	-380,04	1678,73
130	119,1	293,46	-1870,49	315	24	-354,8	1952,18
135	123	266,88	-1952,18	320	19,27	-325,86	2210,78
140	126,52	239,28	-2019,01	325	14,96	-293,45	2450,36
145	129,64	210,84	-2072,67	330	11,13	-257,87	2667
150	132,37	181,73	-2114,84	335	7,81	-219,46	2857,06
155	134,69	152,11	-2147,21	340	5,04	-180,23	3017,28
160	136,6	122,1	-2171,32	345	2,85	-135,76	3144,91
165	138,08	91,8	-2188,54	350	1,28	-91,37	3237,72
170	139,15	61,3	-2200	355	0,32	-46	3294,07
175	139,79	30,68	-2206,52	360	0	0	3312,96
180	140	0	-2208,64				

Приложение В

Таблица В.1 - Данные расчета приведенного плеча и приведенного плеча силы кривошипно-ползунного механизма.

а, град	m_{ka}	m_k
0	0	13,32
5	6,71	20,03
10	13,37	26,69
15	19,93	33,25
20	26,34	39,66
25	32,54	45,86
30	38,5	51,82
35	44,17	57,49
40	49,5	62,82
45	54,45	67,77
50	59	72,32
55	63,07	76,39
60	66,68	80
65	69,8	83,12
70	72,4	85,72
75	74,38	87,7
80	75,83	89,15
85	76,7	90,02
90	77	90,32

Продолжение приложения В

Таблица В.2 - Данные расчета крутящего момента на кривошипном валу.

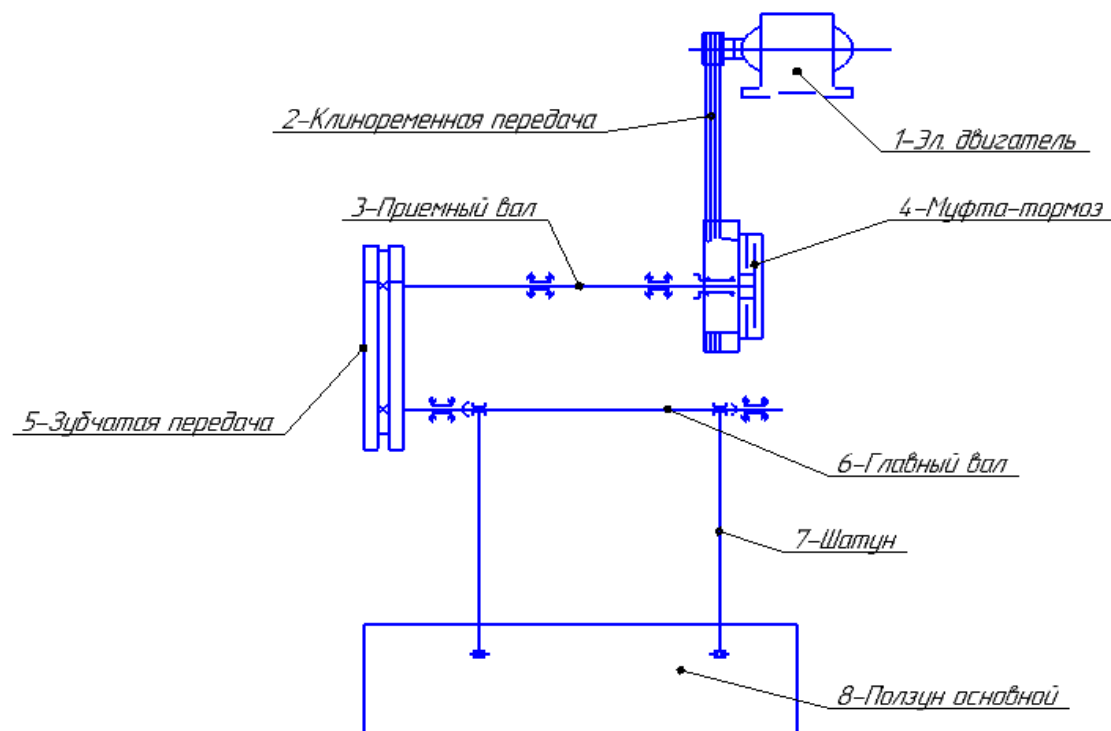
α , град	M_k , кН·мм	α , град	M_k , кН·мм
12	0	25	9172
22	9172	30	0

Приложение С

Таблица С.1 - Расчетные данные допускаемых усилий прочности вала для опасных сечений.

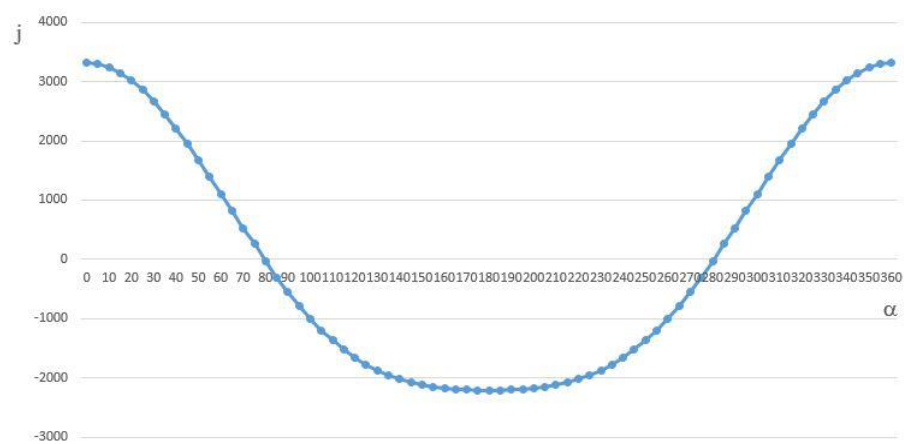
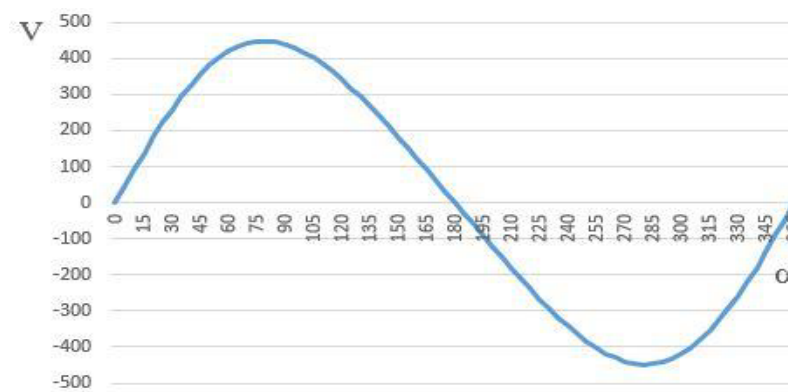
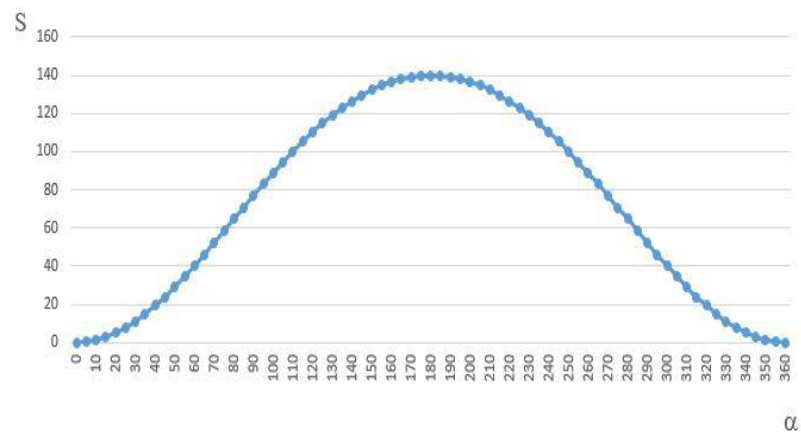
α , град	$P_{ДВВ}$, Н	$P_{ДЕЕ}$, Н
0	207139	1372346
5	149154	985980
10	116572	643785
15	95895	464116
20	81705	361478
25	71471	296883
30	63799	253024
35	57862	221706
40	53242	198562
45	49584	180910
50	46631	167271
55	44200	156679
60	42491	148237
65	42414	141877
70	38883	135398
75	38338	133298
80	38071	130695
85	37719	129289
90	37672	128738

Кинематическая схема и технические данные кривошипного пресса-автомата модели АА821.

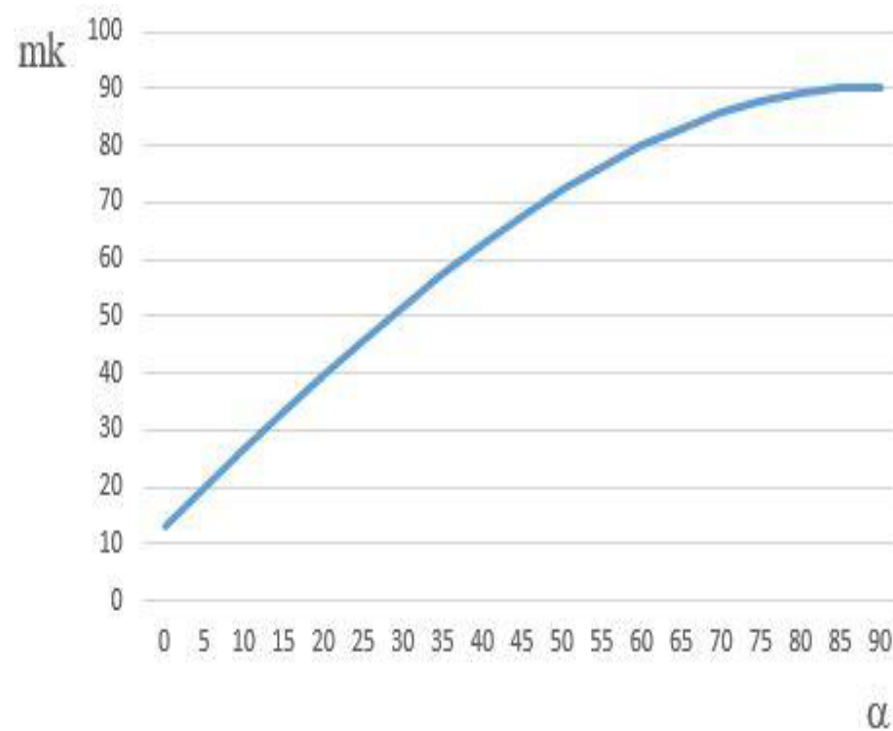
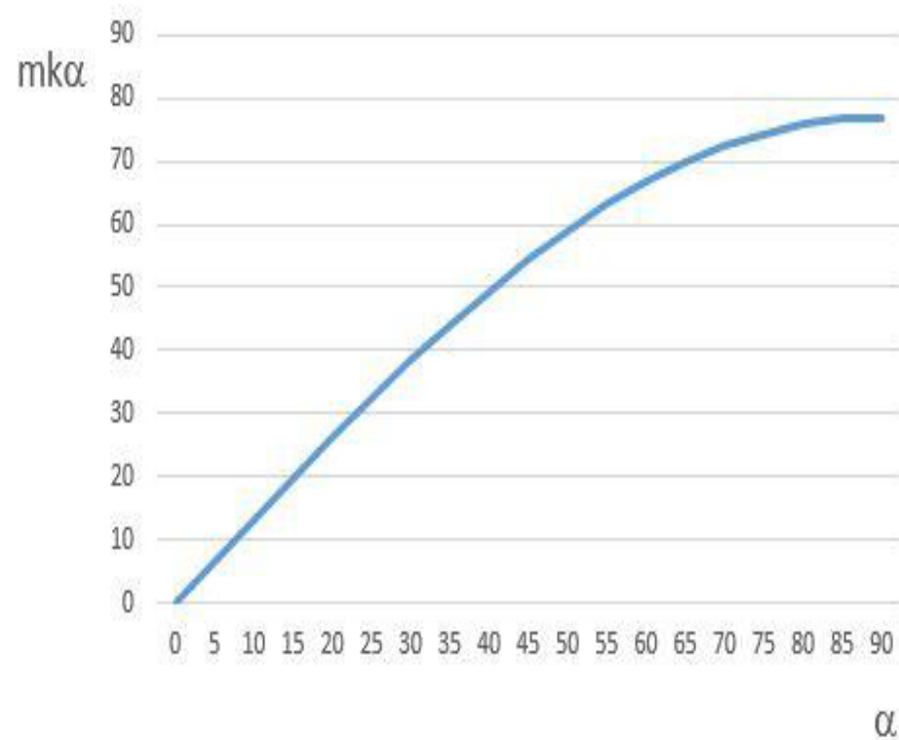


- 1 – Электродвигатель;
- 2 – Клиноременная передача;
- 3 – Приемный вал;
- 4 – Муфта-тормоз;
- 5 – Зубчатая передача;
- 6 – Главный вал;
- 7 – Шатун;
- 8 – Ползун основной.

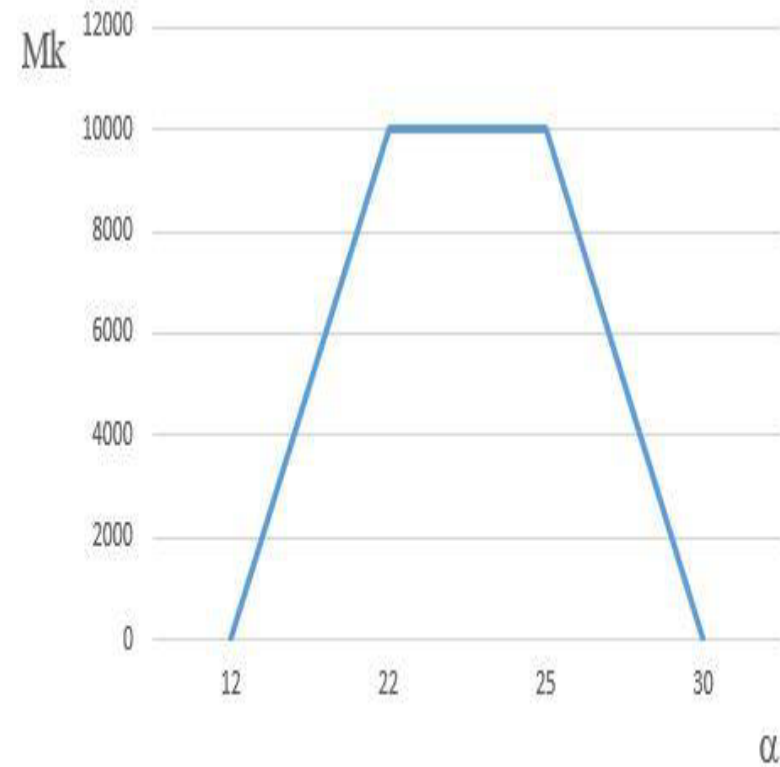
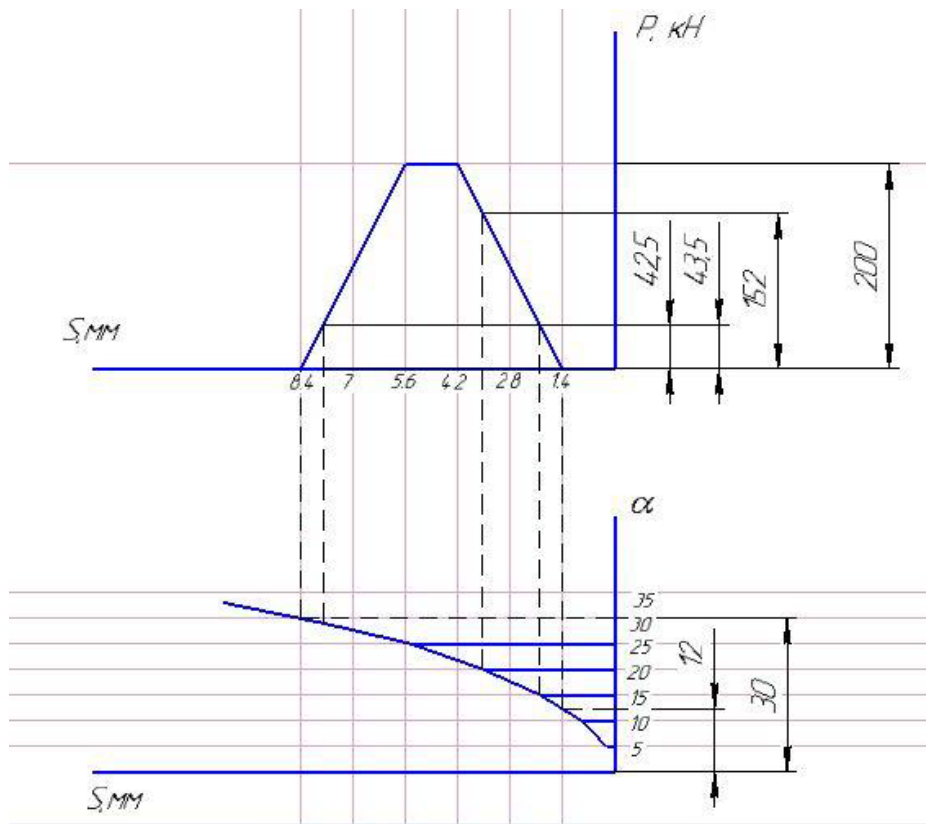
Графики зависимости перемещения S , скорости V и ускорения j от главного угла поворота α .



Графики зависимости приведенного идеального плеча m_k^α и приведенного плеча силы m_k



Графики зависимости усилия P_D от перемещения S и перемещения S от угла поворота главного вала α , а также крутящего момента M_k от угла поворота α соответственно.



Продолжение приложения F

3D–модели кривошипного вала и шатуна в программе КОМПАС-3D.

