

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(кафедра)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

профиль «Оборудование и технология сварочного производства

(наименование профиля, специализации)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

На тему:

«Разработка методик расчета конструкций станин гидравлических и механических прессов в САЕ»

Студент(ка)

М.Н. Любимов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Е.Н. Почекуев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Л.Н. Горина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой СОМДиРП,
д.т.н, профессор

(личная подпись)

В.В. Ельцов

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ
Завкафедрой «СОМДиРП»
_____ В.В. Ельцов
« ____ » _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студента: Любимова Михаила Николаевича

По теме: «Разработка методик расчета конструкций станин гидравлических и механических прессов в САЕ»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Анализ безопасности и экологичности проекта				
2. Анализ экономической части проекта				
3. Анализ конструкций кузнечно-штамповочных машин и методов их расчета				
4. Разработка алгоритма расчета станин прессов и интерфейса в программном обеспечении Matrix Laboratory				
5. Разработка расчета конструктивных частей пресса с помощью метода конечных элементов в Siemens PLM NX 10.0				

Руководитель выпускной квалификационной работы

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

Аннотация.

В данной работе представлена разработка методик расчета конструкций станин гидравлических и механических прессов в САПР, основываясь на общепринятых методиках расчета.

В первой части работы производится анализ конструкций кузнечно-штамповочных машин, и выявление схожей конструкции гидравлических и механических прессов. Затем производился анализ методов их расчета.

Во второй части работы производилась разработка алгоритма расчета. Разработка алгоритма включала в себя правильную передачу исходных данных и визуализацию расчета технической задачи с минимальными входными параметрами. В качестве рабочей среды было использован программный комплекс Matrix Laboratory.

В третьей части работы производилась разработка расчета конструктивных частей пресса методом конечных элементов основываясь на расчетных параметрах второй части работы. В качестве рабочей среды было использован программный комплекс Siemens PLM NX 10.0, где использовался встроенный процесс симуляции Nastran.

Оглавление

Введение	5
1 Анализ безопасности и экологичности проекта.....	6
1.1 Технологическая характеристика объекта	6
1.2 Идентификация профессиональных рисков	7
1.3. Методы и средства снижения профессиональных рисков	8
1.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	11
1.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	13
2 Анализ экономической части проекта	16
2.1 Определение трудоемкости и длительности выполнения каждого этапа работ.	17
2.3 Построение линейного план-графика	19
2.4 Расчет затрат на проведение бакалаврской работы.	20
3 Анализ конструкций кузнечно- штамповочных машин и методов их расчета.	24
3.1 Анализ конструкций станин механических прессов.....	24
3.2 Анализ конструкций станин гидравлических прессов.	26
3.3 Анализ методов расчета колон и поперечин гидравлических прессов.	28
3.4 Анализ расчета составной станины механического пресса.	31
4 Разработка алгоритма расчёта станин прессов и интерфейса в программном обеспечении Matrix Laboratory.....	37
4.1 Алгоритм расчета колон.....	38
4.2 Алгоритм расчета стяжных болтов.	45
4.3 Разработка интерфейса расчета конструкции гидравлического пресса в Matrix Laboratory.	54
5 Разработка расчета конструктивных частей пресса с помощью метода конечных элементов в Siemens PLM NX 10.0	61
5.1 Разработка расчета стяжного болта методом конечных элементов.	61
5.2 Разработка расчета колон методом конечных элементов.....	63
Приложение 1.	65
Список литературы:	67

Введение

Современное машиностроение непосредственно связано с производством новых станков инструментов новых прессов- позволяющие создавать высокие технологические изделия с наименьшими затратами.

Импорт замещения представляет собой разработку кривошипных и гидравлических прессов на отечественных предприятиях. Для создание высокоточных технических машин на основе собственной системы САПР и САЕ.

1. Анализ безопасности и экологичности проекта

1.1 Технологическая характеристика объекта

В данной работе, оборудованием на котором выполнялись поставленные задачи являлись персональные компьютеры со следующими минимальными характеристиками

- Операционная система: Windows 8.1 (x64) и OS X El Capitan
- Процессоры: Intel Core i7 3.4 и 2,3 GHz
- Условная память (ОЗУ): 16 ГБ и 4
- Видеокарты: NVIDIA GeForce GTX 760 Ti OEM и NVIDIA GeForce GT

Данные конфигурации рабочих машин вполне достаточно для работы в программных комплексах САПР.

Таблица 1.1.1 Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление
1	Методика расчета конструкций станин гидравлических и механических прессов	Расчет конструкций кузнечно-штамповочных машин	Оператор ЭВМ	Персональные компьютеры Научный язык программирования- Matrix Laboratoty CAD система - Siemens PLM NX 10.0 CAE системы – Siemens NASTRAN

1.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 1.2.1 Идентификация профессиональных рисков

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	Расчет конструкций кузнечно-штамповочных машин	<p>Физические:</p> <p>Повышенные уровни электромагнитного излучения.</p> <p>Повышенный уровень статического электричества.</p> <p>Повышенные уровни запыленности воздуха рабочей зоны. Пониженная влажность воздуха рабочей зоны.</p> <p>Повышенный уровень шума.</p> <p>Пониженный уровень освещенности.</p> <p>Химические:</p> <p>Повышение озона. Повышение двуокси углерода, аммиака, формальдегида</p> <p>Психофизические:</p> <p>Поза и статические нагрузки</p> <p>Нагрузка на зрение</p> <p>Утомление рук</p> <p>Нервное напряжение, утомляемость</p> <p>Интеллектуальные нагрузки</p> <p>Эмоциональные нагрузки.</p> <p>Монотонность труда.</p>	Персональный компьютер (экран и системный блок ПК), источники бесперебойного питания

1.3. Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 1.3.1 Организационно-технические методы и технические средства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов (уже реализованных в базовом исходном состоянии и дополнительно или альтернативно предлагаемых для реализации в рамках дипломного проекта)

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Повышенные уровни электромагнитного излучения.	Сохранении оптимальной дистанции между оператором и ПК, размещении источников электромагнитного поля таким образом, чтобы их наиболее излучающие части, такие как задняя стенка монитора, будут направлены не в сторону рабочих мест	-
2	Повышенный уровень статического электричества	Экранирование	-
3	Повышенные уровни запыленности воздуха рабочей зоны.	Профилактика работы кулеров, вентиляция помещения, влажная уборка в помещении	-

Продолжение таблицы 1.3.1

4	Пониженная влажность воздуха рабочей зоны	Влажная уборка в помещении	-
5	Повышенный уровень шума	Профилактика работы кулеров, а так же приобретение аппаратов и техники, уровень шума которых оптимален для восприятия.	-
6	Пониженный уровень освещенности	Следует применять преимущественно люминесцентные лампы и компактные люминесцентные лампы Следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп	-
7	Поза и статические нагрузки	Оптимизация рабочего времени и распределение времени отдыха в соответствии с нормативной документацией Выполнение специальных комплексов упражнений	-
8	Нагрузка на зрение	Оптимизация рабочего времени и распределение	-

Продолжение таблицы 1.3.1

		времени отдыха в соответствии с нормативной документацией	
9	Утомление рук	Оптимизация рабочего времени и распределение времени отдыха в соответствии с нормативной документацией Выполнение специальных комплексов упражнений	-
10	Нервное напряжение, утомляемость	Оптимизация рабочего времени и распределение времени отдыха в соответствии с нормативной документацией	-
11	Интеллектуальные нагрузки	Оптимизация рабочего времени и распределение времени отдыха в соответствии с нормативной документацией	-
12	Эмоциональные нагрузки.	Оптимизация рабочего времени и распределение времени отдыха в соответствии с нормативной документацией	-
13	Монотонность труда.	Оптимизация рабочего времени и распределение времени отдыха в соответствии с нормативной документацией	-

1.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Пожарная безопасность — состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

Одна из наиболее важных задач пожарной защиты — защита строительных помещений от разрушений и обеспечение их достаточной прочности в условиях воздействия высоких температур при пожаре. Учитывая высокую стоимость электронного оборудования части здания, в которых предусмотрено размещение ЭВМ, должны быть первой и второй степени огнестойкости. Для изготовления строительных конструкций используются, как правило, кирпич, железобетон, стекло, металл и другие негорючие материалы. Применение дерева должно быть ограничено, а в случае использования необходимо пропитывать его огнезащитными составами.

Таблица 1.4.1 Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1		Персональный компьютер	В, Е	Пламя и искры; повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 1.4.2 Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожаротушения автоматические	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушители	Пожарные автомобили	Водяные установки систем пожаротушения	Дымовые датчики	Рукава пожарные	Противогазы	Пожарные багры	Оповещатели о пожаре (звуковые, речевые)
Песок	Пожарные мотопомпы	Газовые установки систем пожаротушения	Тепловые датчики	Пожарный инвентарь	Носилки	Пожарные топоры	Световые указатели "ВЫХОД"
Кошма	Приспособленные технич. спец. средства (тягачи, прицепы)	Порошок. Установки систем пожаротушения	Применно контрольные приборы	Колонка пожарная	Защитные костюмы	Лопаты штыковые	Ручные пожарные извещатели

Таблица 1.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
<p>Методика расчета конструкций станин гидравлических и механических прессов</p> <p>На ПК и программных продуктах САПР.</p>	<p>Обучение персонала требования ПБ; соблюдение техники безопасности; соблюдение последовательности алгоритма технологического процесса; наличие средств пожаротушения</p>	<p>Квалифицированный персонал; обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара; оповещения и эвакуации; наличие систем пожаротушения</p>

1.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Персональный компьютер потребляет энергию от сети, что является основной прямой формой воздействия на окружающую среду. С применением современных технологий уменьшается количество энергопотребления и вредных выбросов (повышенное содержание в воздухе рабочей зоны микроорганизмов; повышенное содержание в воздухе рабочей зоны двуокиси углерода, аммиака, фенола, формальдегида и полихлорированных бифенилов) что выгодно с экономической и экологической стороны. Для снижения энергопотребления необходимо следить за отключением оборудования на рабочем месте по завершению работы, если на них не производятся инженерные расчеты.

Прямым и в тоже время косвенным воздействием на окружающую среду можно считать процесс производства компьютеров и компьютерной техники. Воздействие компьютеров на окружающую среду определяется именно тем, как воздействует на окружающую среду продукция компаний и фирм, производящих компьютеры и комплектующие устройства именно в процессе производства, а не в процессе эксплуатации.

Многие производители стремятся снизить энергопотребление производимых устройств, в данном случае компьютеров при их непосредственной эксплуатации, а также снизить суммарный объём вредных выбросов, складываемых из выбросов, возникающих на этапах производства, транспортировки, использования и утилизации продукции.

Таблица 1.5.1 Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров,) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова)
Методика расчета конструкций станин гидравлических и механических прессов	На ПК и программных продуктах САПР.	Повышение озона, двуокиси углерода, аммиака, формальдегида	Утилизация ртутных ламп Утилизация расходных материалов	-

Таблица 1.5.2 Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Моделирование процесса вытяжки коробчатой детали ступенчатой формы
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование вытяжной вентиляции с системой очистки воздуха
Мероприятия по снижению негативного воздействия на гидросферу	Повышенный контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организациям имеющим лицензии на работу с отходами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Повышенный контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организациям имеющим лицензии на работу с отходами.

2 Анализ экономической части проекта

Организационно-экономическое обоснование данной научно-исследовательской работы заключается в следующем:

1. Определение трудоемкости и длительности проводимых работ.
2. Составление линейного плана-графика выполнения НИР на протяжении всего процесса исследования.
3. Расчет предпроизводственных (текущих), капитальных и приведенных (полных) затрат, необходимых для проведения данной работы.
4. Расчет экономической эффективности внедрения НИР.

Таблица 2.1 – Наименование стадий и содержание этапов бакалаврской работы

№ этапа	Наименование этапа	№ этапа	Наименование этапов работы
1	Анализ конструкций кузнечно-штамповочных машин и методов их расчета	1.1	Анализ конструкций станин механических прессов
		1.2	Анализ конструкций станин гидравлических прессов
		1.3	Анализ методов расчета колон.
		1.4	Анализ метода расчета составной станины пресса
2	Разработка алгоритма расчета станин прессов и интерфейса в программном обеспечении Matrix Laboratory	2.1	Разработка алгоритма расчета колон
		2.2	Разработка алгоритма расчета составной станины
		2.3	Разработка интерфейса расчета колонн в Matrix Laboratory
3	Разработка расчета конструктивных частей пресса с помощью метода конечных элементов в Siemens PLM NX 10.0	3.1	Разработка расчета стяжного болта методом конечных элементов
		3.2	Разработка расчета колон методом конечных элементов

2.1 Определение трудоемкости и длительности выполнения каждого этапа работ.

Ожидаемая трудоемкость выполнения каждого этапа работы определяется по эмпирической формуле (дни):

$$T_{\text{ож}} = \frac{3T_{\text{min}} + 2T_{\text{max}}}{5} \text{ (дн.)}$$

где:

T_{min} — оптимистическая (наименьшая) трудоемкость;

T_{max} — пессимистическая (наибольшая) трудоемкость.

$N_{\text{этапа}}$

$$1.1 T_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ дн}$$

$$1.2 T_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8 \text{ дн}$$

$$1.3 T_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 7}{5} = 5,2 \text{ дн}$$

$$1.4 T_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot 9 + 2 \cdot 12}{5} = 10,2 \text{ дн}$$

$$2.1 T_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 9}{5} = 6,6 \text{ дн}$$

$$2.2 T_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot 12 + 2 \cdot 14}{5} = 5,6 \text{ дн}$$

$$2.3 T_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 7}{5} = 5,8 \text{ дн}$$

$$3.1 T_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot 26 + 2 \cdot 33}{5} = 28,8 \text{ дн}$$

$$3.2 T_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot 18 + 2 \cdot 20}{5} = 18,8 \text{ дн}$$

$$1.1 T_{\text{ож}} = 2,8 \approx 3 \text{ дн}$$

$$1.2 T_{\text{ож}} = 4,8 \approx 5 \text{ дн}$$

$$1.3 T_{\text{ож}} = 5,2 \approx 5 \text{ дн}$$

$$1.4 T_{\text{ож}} = 10,2 \approx 10 \text{ дн}$$

$$2.1 T_{\text{ож}} = 6,6 \approx 7 \text{ дн}$$

$$2.2 T_{\text{ож}} = 5,6 \approx 6 \text{ дн}$$

$$2.3 T_{\text{ож}} = 5,8 \approx 6 \text{ дн}$$

$$3.1 T_{\text{ож}} = 28,8 \approx 29 \text{ дн}$$

$$3.2 T_{\text{ож}} = 18,8 \approx 19 \text{ дн}$$

Определяется длительность каждого этапа работ (дни):

$$T_{\text{эт}} = \frac{T_{\text{ож}}}{\text{Ч}} \text{ (дн.)},$$

где Ч – численность исполнителей на данном этапе.

$N_{\text{этапа}}$

$$1.1 T_{\text{ЭТ}} = \frac{3}{3} = 1_{\text{дн}}$$

$$1.2 T_{\text{ЭТ}} = \frac{5}{3} = 1,666_{\text{дн}}$$

$$1.3 T_{\text{ЭТ}} = \frac{5}{3} = 1,666_{\text{дн}}$$

$$1.4 T_{\text{ЭТ}} = \frac{10}{3} = 3,333_{\text{дн}}$$

$$2.1 T_{\text{ЭТ}} = \frac{7}{3} = 2,333_{\text{дн}}$$

$$2.2 T_{\text{ЭТ}} = \frac{6}{4} = 1,5_{\text{дн}}$$

$$2.3 T_{\text{ЭТ}} = \frac{6}{4} = 1,5_{\text{дн}}$$

$$3.1 T_{\text{ЭТ}} = \frac{29}{5} = 5,8_{\text{дн}}$$

$$3.2 T_{\text{ЭТ}} = \frac{19}{5} = 3,8_{\text{дн}}$$

$$3.3 T_{\text{ЭТ}} = \frac{9,5}{5} = 1,9_{\text{дн}}$$

$$1.1 T_{\text{ЭТ}} = 1_{\text{дн}}$$

$$1.2 T_{\text{ЭТ}} = 1,666 \approx 2_{\text{дн}}$$

$$1.3 T_{\text{ЭТ}} = 1,666 \approx 2_{\text{дн}}$$

$$1.4 T_{\text{ЭТ}} = 3,333 \approx 3,5_{\text{дн}}$$

$$2.1 T_{\text{ЭТ}} = 2,333 \approx 2,5_{\text{дн}}$$

$$2.2 T_{\text{ЭТ}} = 1,5 \approx 2_{\text{дн}}$$

$$2.3 T_{\text{ЭТ}} = 1,5 \approx 2_{\text{дн}}$$

$$3.1 T_{\text{ЭТ}} = 5,8 \approx 6_{\text{дн}}$$

$$3.2 T_{\text{ЭТ}} = 3,8 \approx 4_{\text{дн}}$$

Суммарная длительность НИР: $T_{\text{НИР}} = \sum T_{\text{ЭТ}}$

$$T_{\text{НИР}} = \sum T_{\text{ЭТ}} = 1+2+2+3,5+3,5+2,5+2+2+3+1+6+4+2+6+1,5+1+2=45_{\text{дн}}$$

Удельное значение каждого этапа рассчитываем по формуле:

$$У_{\text{д.эт.}} = \frac{T_{\text{ЭТ}}}{T_{\text{НИР}}} \cdot 100\%$$

$$1.1 У_{\text{д.эт.}} = \frac{1}{45} * 100\% = 2,22\%$$

$$1.2 У_{\text{д.эт.}} = \frac{2}{45} * 100\% = 4,44\%$$

$$1.3 У_{\text{д.эт.}} = \frac{2}{45} * 100\% = 4,44\%$$

$$1.4 У_{\text{д.эт.}} = \frac{3,5}{45} * 100\% = 7,77\%$$

$$2.1 У_{\text{д.эт.}} = \frac{2,5}{45} * 100\% = 5,55\%$$

$$2.2 У_{\text{д.эт.}} = \frac{2}{45} * 100\% = 4,44\%$$

$$2.3 У_{\text{д.эт.}} = \frac{2}{45} * 100\% = 4,44\%$$

$$3.1 U_{д.эт.} = \frac{6}{45} * 100\% = 13,33\%$$

$$3.2 U_{д.эт.} = \frac{4}{45} * 100\% = 8,88\%$$

Таблица 2.2.1 Свободная таблица результатов расчетов

№ п/п	Удельн. значен. этапа %	Наращение техническ. готовности	Ожидаемая трудоемк. (дн).	Кол-во одноврем. работающ	Длит-ть этапа Т эт
1.1	2,22	2,22	3	1	1
1.2	4,44	6,66	5	1	2
1.3	4,44	11,1	5	1	2
1.4	7,77	12,21	10	1	3,5
2.1	5,55	13,32	7	1	2,5
2.2	4,44	17,76	6	2	2
2.3	4,44	22,2	6	2	2
3.1	13,33	44,41	29	3	6
3.2	8,88	53,29	19	3	4
$T_{бр} = 25$					

В результате расчетов длительность выполнения бакалаврской работы составила 25 дней. Для наглядности хода выполнения работ строиться линейный план-график.

2.3 Построение линейного план-графика

По рассчитанным данным, путем последовательного отложения отрезков, равных длительности этапов, строится линейный план-график (рисунок 2.3.1).

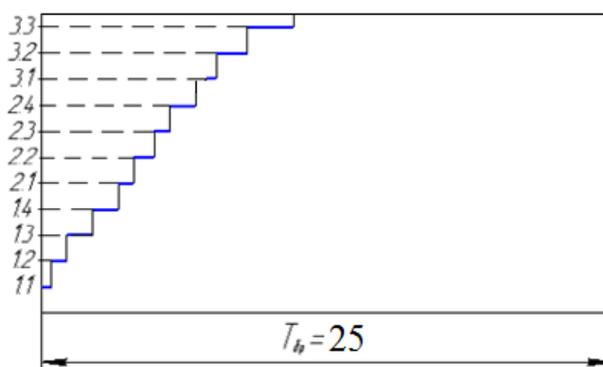


Рисунок 2.3.1

2.4 Расчет затрат на проведение бакалаврской работы.

Таблица 2.4.1 Численность исполнителей по этапам работ.

№ этап а	Численность исполнителей на каждом этапе работ			
	Студент	Руководитель	Консультант	Всего (чел.)
1.1.	1	-	-	1
1.2.	1	-	-	1
1.3.	1	-	-	1
1.4.	1	-	-	1
2.1.	1	-	-	1
2.2.	1	1	-	2
2.3.	1	1	-	2
3.1.	1	1	1	3
3.2.	1	1	1	3

В таблице 2.4.2 рассчитываются расходы на заработную плату для исполнителей работ.

Таблица 2.4.2 – Расходы на заработную плату

Исполнители	Месячный оклад, руб.	Средняя дневная ставка, руб.	Время занятости, дн.	Сумма заработной платы, руб.
Студент	6000	82,0	55,5	4555
Руководитель	24000	653,0	15	9795
Суммарная заработная плата ЗПЛ _{бр} , руб.				14777

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = 0,1 \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 123340 = 12334$$

Отчисления на социальные нужды вычисляем по формуле:

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{N_{\text{соц.}} \cdot \text{ФЗП}}{100}$$

где:

$N_{\text{соц.}}$ – норма отчислений на социальные нужды = 36%.

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{36 * 15674}{100} = 4842,64_{\text{руб.}}$$

Затраты на электроэнергию

Затраты на электрическую энергию для проведения испытаний:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{об}} \cdot t_{\text{исп}}}{\eta} \cdot \text{Ц}_{\text{э-э}}$$

где:

$M_{\text{об}}$ – мощность оборудования (10,5 кВт);

$t_{\text{исп}}$ – время проведения испытаний, час (рассчитывается по длительности этапов 3.1 и 3.2);

η – коэффициент полезного действия оборудования (0,8);

$\text{Ц}_{\text{э-э}}$ – цена 1 кВт·часа электроэнергии = 2,2 руб.

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{10,5 * 240}{0,8} * 2,2 = 6930_{\text{руб.}}$$

Затраты, связанные с эксплуатацией оборудования

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}}$$

где:

$A_{\text{об}}$ – амортизационные отчисления, связанные с эксплуатацией оборудования;

$P_{\text{т.р}}$ – расходы на текущий ремонт оборудования;

$$Z_{\text{об}} = 687,08 + 0,50 = 687,58_{\text{руб.}}$$

Затраты на амортизацию оборудования определяем по формуле:

$$A_{об} = \Sigma Ц_{об} \cdot \frac{H_a \cdot t_{исп}}{\Phi_{эф} \cdot 100}$$

где:

H_a – норма амортизации по применяемому технологическому оборудованию, 24 %;

$\Sigma Ц_{об}$ – суммарная цена оборудования, необходимого для проведения испытаний, руб. (см. приложение 2.6);

$\Phi_{эф}$ – эффективный фонд времени работы оборудования (можно принять равным 1903 часа);

$t_{исп}$ – время проведения испытаний, час (рассчитывается по длительности этапов 3.1 и 3.2).

$$A_{об} = 22700 * \frac{24 * 240}{1903 * 100} = 687,08_{руб.}$$

Расходы на текущий ремонт оборудования:

$$P_{т.р} = \frac{\Sigma Ц_{об} \cdot H_{т.р} \cdot k_3}{100 \cdot \Phi_{эф}}$$

где:

$H_{т.р}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования (принимается равной 35%).

k_3 – коэффициент загрузки оборудования

$$k_3 = \frac{t_{исп}}{\Phi_{эф}} = \frac{240}{1903} = 0,12.$$

$$P_{\text{т.р.}} = \frac{22700 * 35 * 0,12}{1903 * 100} = 0,50_{\text{руб.}}$$

Прочие затраты, в которые входит аренда помещений, приобретение образцов или макетов (в зависимости от специфики исследования), принимаем в размере 5% от величины фонда заработной платы научно-технического персонала:

$$Z_{\text{пр}} = 0,05 \cdot \text{ФЗП}$$

$$Z_{\text{пр}} = 0,05 * 135674 = 6783,7_{\text{руб.}}$$

Накладные расходы (расходы на оплату работы управленческого персонала и на охрану труда) принимаем в размере 55% от величины фонда заработной платы научно-технического персонала:

$$\text{НР} = 0,55 \cdot \text{ФЗП.}$$

$$\text{НР} = 0,55 * 13674 = 7620,7_{\text{руб}}$$

3 Анализ конструкций кузнечно-штамповочных машин и методов их расчета.

3.1 Анализ конструкций станин механических прессов.

Классифицировать механические машины можно по ряду признаков- по кинематическим, технологическим, по степени автоматизации, конструктивным особенностям, по числу используемых механизмов и так далее.

Станины прессов являются наиболее ответственными, дорогостоящими и трудоемкими в изготовлении, потому что масса станины пресса составляет более 50% массы самого пресса, отсюда станины являются наиболее металлоёмкими деталями. [1] Она составляет основной скелетом машины, так как ее проектируют с учетом возможного крепления и монтажа деталей пресса., обеспечения требуемой жесткости, а также условий для устойчивой работы при недостаточно сбалансированных его деталях. Станина выполняет роль не только скелета машины, но еще является узлом, через который замыкается усилия при работе пресса. Укрупненная классификация станин кривошипных машин приведена на рисунке 3.1.

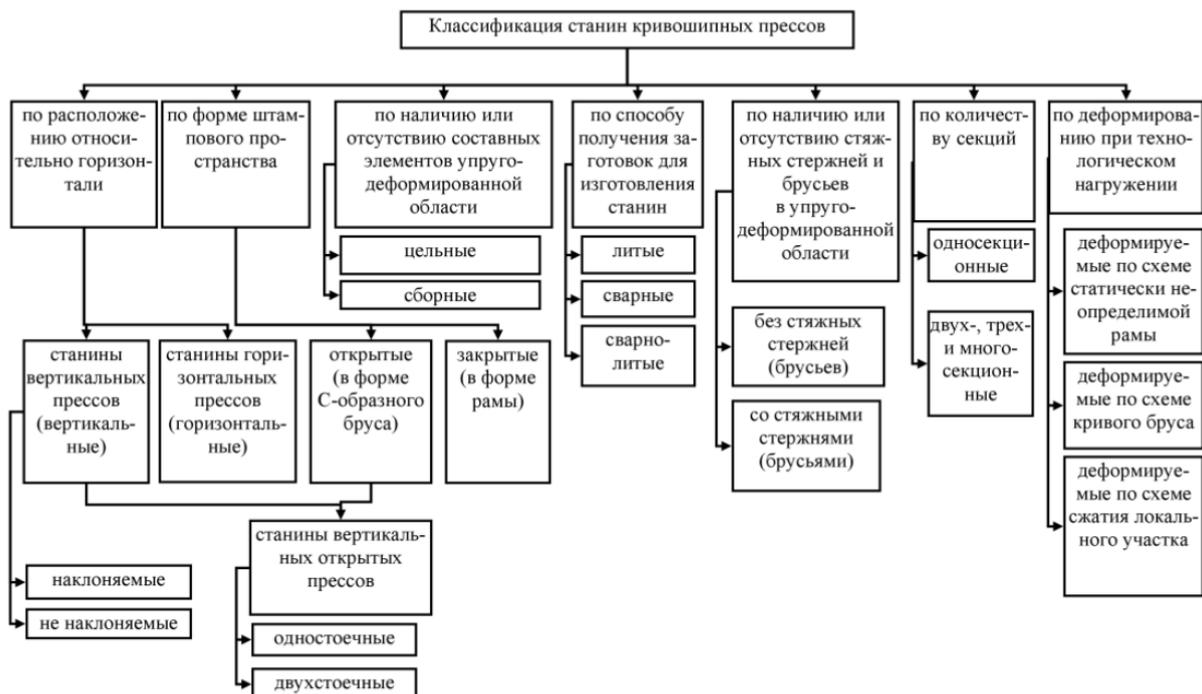


Рисунок 3.1.1 Классификация станин кривошипных прессов.

При конструировании станины пресса необходимо исходить из обеспечения ей оптимальной жесткости и прочности, технологичности изготовления и транспортабельности. Исследования напряжений в узлах прессов показали, что напряжения в станине пресса распределены неравномерно с характерными пиками возле брукс крепления вала, технологических окон, отверстий в станине и увеличены во внутренних ее стенках. [2]

Станины прессов могут быть разделены:

- Станины открытого типа,
- Станины закрытого типа.

Открытые станины изготавливаются как с цельнолитым столом, так и с отъемным столом и рогом.

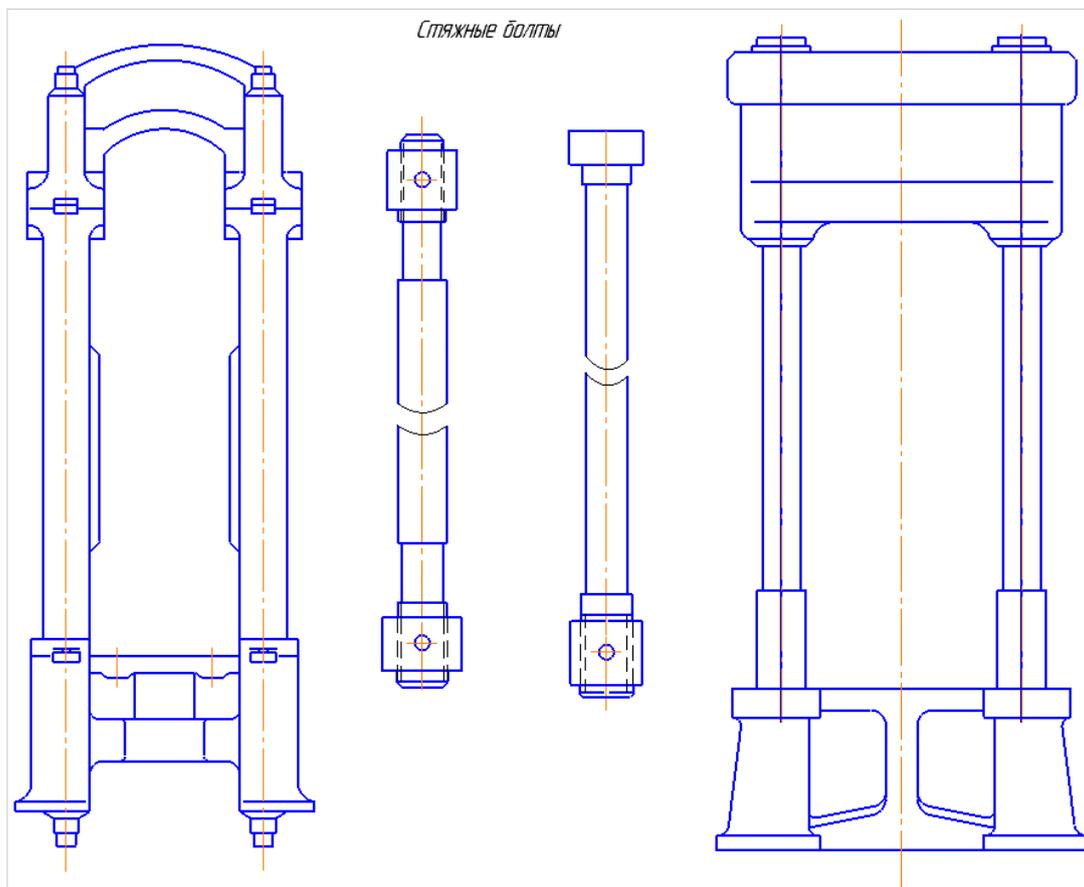


Рисунок 3.1.2 Типовая схема конструкции составной станины.

Станины закрытого типа изготавливаются цельнолитыми, цельносварными и составными.

Наличие в конструкции стяжных болтов применяют для разгрузки станины от линейной деформации растяжения, испытываемых станиной при работе пресса. В разъемных станинах стяжные болты воспринимают основное усилие пресса, направленное по оси ползуна. Установка стяжных болтов в станине пресса и конструкция их показана на рисунке 3.1.2.

3.2 Анализ конструкций станин гидравлических прессов.

Гидравлические пресса классифицируют по конструктивным особенностям и назначению, рисунке 3.2.1. В качестве первого признака принято считать направление перемещения рабочего инструмента- горизонтальное, вертикальное или комбинированное (наличие инструмента, перемещающегося горизонтально и вертикально, и вертикально и наклонно и т.п. [3]).

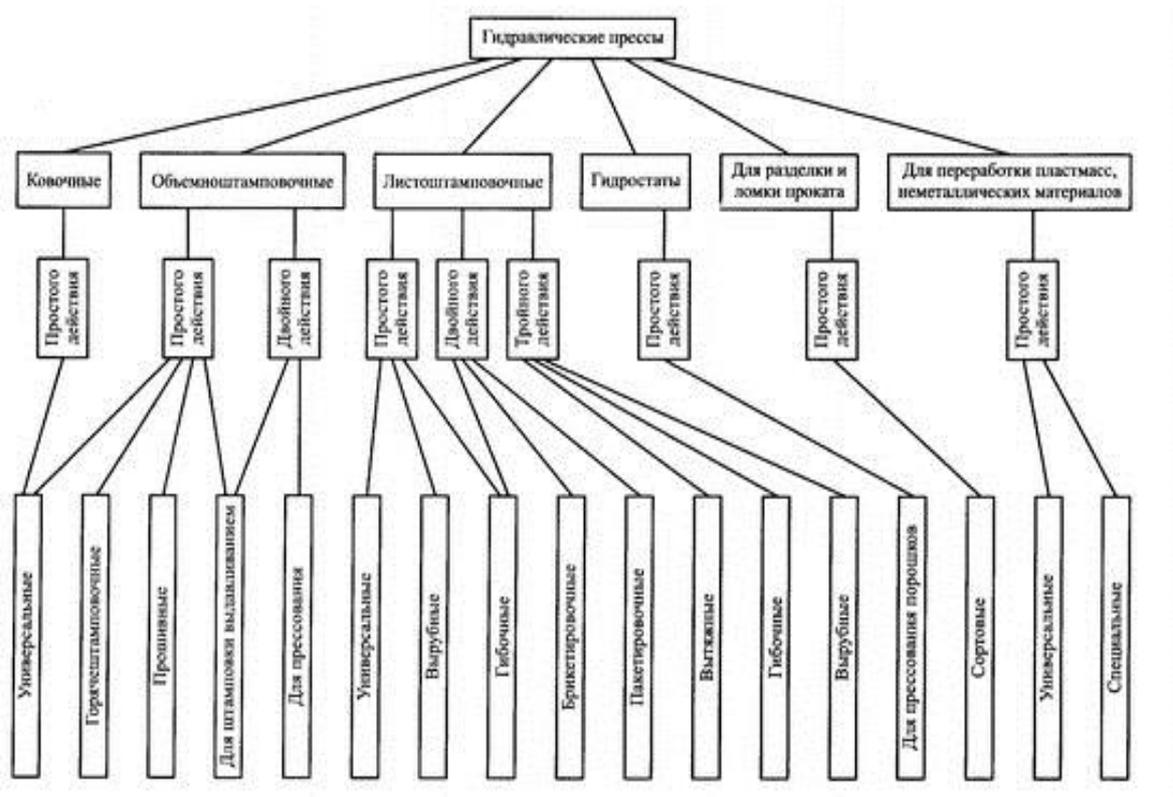


Рисунок 3.2.1 Классификация гидравлических прессов.

Станины гидравлических прессов можно поделить на четыре типа:

- 1) Станины одностоечные,
- 2) Станины двухстоечные,
- 3) Станины колонного типа:

- i. Двухколонные,
 - ii. Трехколонные,
 - iii. Четырехколонные,
 - iv. Многоколонные,
- 4) Станина специального типа.

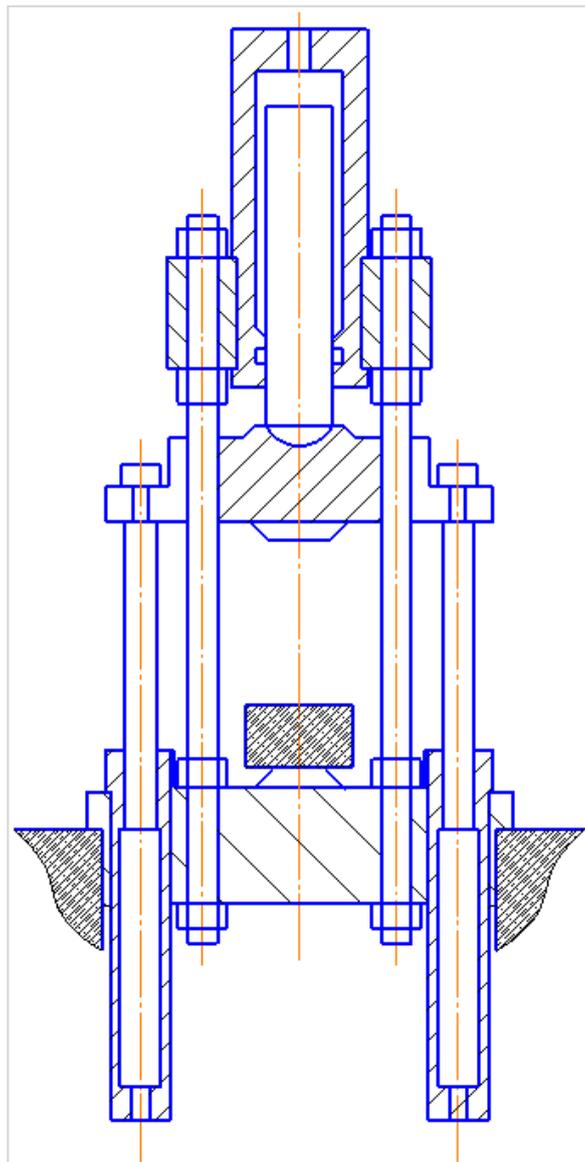


Рисунок 3.2.2 Типовая конструктивная схема гидравлического пресса.

Каждая из станин, как и в механических прессах, может быть цельной или разъемной, но сохраняя принципиальные черты типовой схемы (рисунок 3.2.2). Конструктивные формы гидравлических прессов различают друг от друга в зависимости от изменения конструкции основного узла (станины и цилиндров-рабочих, и возвратных), их расположения или количества

3.3 Анализ методов расчета колон и поперечин гидравлических прессов.

Станина гидравлического пресса, содержащая архитрав, колонны и основания, является самой распространенной конструкции мощных гидравлических машин силой до 300 МН. Расчетную схему выбирают в зависимости от конструкции станины, так как архитрав и основание, в зависимости от назначения и мощности может иметь различную форму, но конструкция колонн остается практически неизменной.

Весь расчет колонн можно свести к расчету зависящий от рабочей среды:

- I. Колонн прессов, предназначенных для работы только с центральной нагрузкой (например, прошивные пресса), сводится расчет напряжению на растяжение.
- II. Колонны прессов, работающих с эксцентричной нагрузкой (например, ковочные пресса), расчет сводится к нахождению на совместные действия растяжения и изгиб. Общее представление о внутренних сила, действующих в двухколонном прессе при эксцентричной ковке представлено на рисунке 3.3.1.

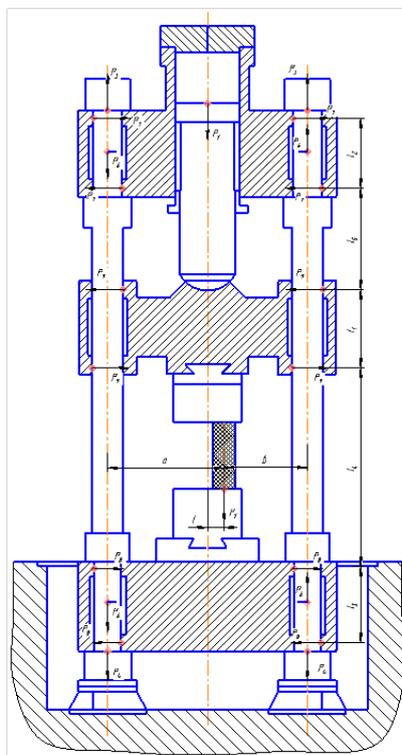


Рисунок 3.3.1 Схема сил, действующих на колонах при эксцентричной ковке.

Усилие плунжера равно номинальному усилию прессы, которое будет воздействовать на нижнюю поперечину, следовательно, соответствующими силами противодействия является усилие, действующее на дно цилиндра, и сопротивление деформации поковки.

Сопротивление деформации поковки действует на расстоянии l от центральной оси прессы и, вместе с усилием прессы (на плунжере), вызывает стремление подвижной поперечины повернуться, от чего на колонны действует пара сил.

Вследствие анализа сил, действующих на колонны, можно увидеть, что правая колонна будет нагружена сильнее, поэтому напряжение растяжения для правой колонны можно найти по формуле:

$$\sigma_{\text{раст.э.}} = \frac{P}{iF} + \frac{Pl}{iF(a+b)} \quad (3.1)$$

Где:

P - номинальное усилие прессы;

F - площадь наименьшего сечения колонны;

Для круга

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \quad (3.1.1)$$

Для кольца:

$$F = \frac{\pi(D^2 - D_{\text{от.}}^2)}{4} \quad (3.1.2)$$

Где: D - диаметр колонны; $D_{\text{от.}}$ - диаметр отверстия;

l - наибольший эксцентриситетковки;

$(a + b)$ - меж осевое расстояние колонн.

i - коэффициент, зависящий от количества колонн.

Из формулы (3.1) найдем наибольшие напряжения растяжения в колоннах при центральной нагрузке можно найти по формуле:

$$\sigma_{\text{раст.ц.}} = \frac{P}{2F} \quad (3.2)$$

Наибольший изгибающий момент находим по формуле:

$$M_{\text{из.}} = \frac{Pl}{4} = W\sigma_{\text{из.}} \quad (3.3)$$

Где:

W - момент сопротивления колонны;

Для круга

$$W = \frac{\pi D^3}{32} \quad (3.3.1)$$

Для кольца:

$$W = \frac{\pi D^3}{32} \left(1 - \left(\frac{D_{\text{от.}}}{D}\right)^4\right) \quad (3.3.2)$$

$\sigma_{\text{из.}}$ - напряжение изгиба:

$$\sigma_{\text{из.}} = \mp \frac{Pl}{4W} \quad (3.4)$$

Тогда суммарное напряжение растяжения будет равно:

$$\sigma = \sigma_{\text{из.}} + \sigma_{\text{раст.ц.}} \quad (3.5)$$

Где так же можно найти по формуле:

$$\sigma = \frac{P}{iF} + \frac{Pl}{iF(a+b)} + \frac{Pl}{2iW} \quad (3.5)$$

Прогиб колонн можно представить, как прогиб двух консольных балок.

Который так же можно найти по формуле:

$$f = \frac{1}{EJ} (F_{m_1} x_1 + F_{m_2} x_2) \quad (3.6)$$

Где:

E - модуль упругости материала колонны;

J - осевой момент инерции колонны;

Для круга

$$J = \frac{\pi D^4}{64} \quad (3.6.1)$$

Для кольца:

$$J = \frac{\pi D^4}{64} \left(1 - \left(\frac{D_{от.}}{D}\right)^4\right) \quad (3.6.2)$$

F_{m_1}, F_{m_2} - момент площади обеих консольных балок;

x_1, x_2 - расстояния центров тяжести моментных площадей от точки защемления.

При этом предполагается наличие равномерной нагрузки по колоннам, возможная неравномерность нагрузки в начале нагруженного затем выравнивается, так как происходит перераспределение нагрузки.

Подвижная поперечина служит для крепления верхнего рабочего инструмента и передачи усилий от рабочих плунжеров на деформируемую поковку.

Поперечина подвергается изгибу лишь тогда, когда она опирается направляющими втулками на ходоограничительные втулки колонн. Этот случай нагрузки возможен лишь при невнимательном управлении.

3.4 Анализ расчета составной станины механического пресса.

Данный расчет сводится к расчету стяжных болтов, по которому в свою очередь можно составить план:

- 1) Задаем количество стяжных болтов и определяем расчетный диаметр болта;
- 2) Определяем параметр затянутого соединения:
 - i. Усилие затяжки стяжных болтов;
 - ii. Линейную деформацию при затяжке;
 - iii. Силовые параметры затянутого соединения;
 - iv. Напряжения в стяжных болтах при работе;
 - v. Запас прочности стяжных болтов.
- 3) Определения деформации станины при работе пресса.

Определяем расчетный диаметр болта в зависимости от наименования прессы по формуле:

$$d_p = Q_{\text{пресс.}} \sqrt{P} + 2t_p \quad (4.1)$$

Где:

P – номинальное усилие прессы. (Примечание: для прессов двойного действия, номинальное усилие (суммарное) находят по формуле $P = P_{\text{нар.}} + P_{\text{вну.}}$, где $P_{\text{нар.}}$ -усилие наружного ползуна; $P_{\text{вну.}}$ -усилие внутреннего ползуна.);

$Q_{\text{пресс.}}$ -коэффициент зависящий от типа прессы;

t_p - глубина резьбы.

Примечание: формула расчетного диаметра, приведенная для четырех стяжных болтов, так как обычно принимают четыре. При ином количестве полученный диаметр следует умножить на коэффициент k :

- При двух болтах- $k = 1.4$;
- При шести болтах- $k = 0.82$;
- При восьми болтах- $k = 0.72$.

Для определения параметров затянутого соединения находим усилие затяжки: $P_z = \varphi_z \times P$, где: φ_z -коэффициент затяжки выбираем от типа прессы.

Линейную деформацию при затяжке для стяжного болта принято считать его удлинение, которое находим по формуле:

$$\lambda_{\text{б.з.}} = \frac{P_z \cdot l_{\text{бр.}}}{i F_{\text{б.пр.}} \cdot E_{\text{б.}}} \quad (4.2)$$

Где:

$l_{\text{бр.}}$ -расчетная длина стяжного болта, ее можно рассчитать по формуле:

$$l_{\text{бр.}} = l_{\text{ст.}} + 2(H/2) \quad (4.3)$$

$F_{\text{б.пр.}}$ -расчетная приведенная площадь сечения болта;

Приведенную площадь сечения болта можно найти по двум формулам

1. Через расчетный диаметр:

$$F_{б.пр.} = \frac{0.8d_p^2}{\frac{l_1}{l_{б.р.}} + 2.3 \frac{l_2}{l_{б.р.}} + 2 \frac{l_3}{l_{б.р.}}} \quad (4.4)$$

2. По формуле приведенной площади:

$$F_{б.пр.} = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \frac{l_j/l}{F_j}} \quad (4.5)$$

Где:

F_j, l_j -длина и площадь, j -го участка; n -участков;

$E_{б.}$ -модуль упругости материала стяжного болта;

i -количество стяжных болтов.

Линейная деформация станины при затяжке находят по формуле:

$$\lambda_{ст.} = \lambda_{с.} + \lambda_{тр.} + \lambda_{стол.} \quad (4.6)$$

Где:

$\lambda_{с.}$ -укорочение стойки;

$\lambda_{тр.}$ -укорочение траверсы;

$\lambda_{стол.}$ -укорочение стола;

Укорочение стойки находят по формуле:

$$\lambda_{с.} = \frac{P_3 \cdot l_{с.}}{2F_{с.пр.} \cdot E_{с.}} \quad (4.7)$$

Где:

$l_{с.}$ -расчетная длина стойки;

$F_{с.пр.}$ -приведенная площадь сечения стойки.

Приведенную площадь сечения стойки можно найти по двум формулам:

1. По формуле, где площадь принимают как элементарную геометрическую фигуру.

$$2F_{с.пр.} = 2F_1 \frac{l_{с.}}{l_1 + l_2 \frac{F_1/F_2}{F_2} + \dots + l_j \frac{F_1/F_j}{F_j}} \quad (4.8)$$

$$F_1 = F_{min} = \frac{P_3}{2[\sigma_{сж.}]} \quad (4.9)$$

Где:

$[\sigma_{сж.}]$ -допускаемое напряжение сжатия в стойках при затяжке.

2. По формуле разновидности сечения (формула 4.5).

Укорочение траверсы при затяжке соединения находят по формуле:

$$\lambda_{\text{тр.}} = \frac{P_3 \cdot l_{\text{тр.}}}{F_{\text{тр.пр.}} \cdot E_{\text{тр.}}} \quad (4.10)$$

Где:

$l_{\text{тр.}}$ - расчетная длина траверсы;

$F_{\text{тр.пр.}}$ - приведенная площадь сечения траверсы. (находиться так же по формуле 4.5);

$E_{\text{тр.}}$ - модуль упругости материала траверсы.

Укорочение стола при затяжке находят по формуле:

$$\lambda_{\text{стол.}} = \frac{P_3 \cdot l_{\text{ст.}}}{F_{\text{ст.пр.}} \cdot E_{\text{ст.}}} \quad (4.11)$$

Где:

$l_{\text{ст.}}$ - расчетная длина стола;

$F_{\text{ст.пр.}}$ - приведенная площадь сечения стола. (находиться так же по формуле 4.5);

$E_{\text{с.}}$ - модуль упругости материала стола.

При наличии в рассматриваемых столе и траверсе большого количества сечений, разных по площади, среднюю площадь определяем по формуле:

$$F_{\text{пр}} = F_{\text{min}} \frac{l_{\text{min}}}{l_{\text{min}} + \frac{l_2 F_{\text{min}}}{F_2} + \frac{l_3 F_{\text{min}}}{F_3} + \dots + \frac{l_j F_{\text{min}}}{F_j}} \quad (4.12)$$

Определение силовых параметров затянутого соединения сводиться к расчету рабочей нагрузки, при которой происходит полная разгрузка стоек:

$$P_{\text{кр.}} = \left(1 + \frac{\lambda_{\text{ст.}}}{\lambda_{\text{б.з.}}}\right) P_3 \geq [P_{\text{кр.}}] \quad (4.13)$$

$$[P_{\text{кр.}}] = [\varphi_{\text{кр.}}] P \quad (4.14)$$

Примечание: для чеканочных кривошипно-коленных прессов должно быть $P_{\text{кр.}} = [P_{\text{кр.}}]$. Необходимо помнить, что стяжные болты чеканочных кривошипно-коленных прессов являются своего рода предохранителями от перегрузки.

Суммарная сила, действующая на стойки при нагружение пресса:

$$P_{\text{стх.}} = P_3 - P_{\text{кр.}} \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{\text{ст.}}}{\lambda_{\text{б.з.}}}} \geq [P_{\text{стх.}}] \quad (4.15)$$

$$[P_{\text{стх.}}] = [\varphi_{\text{стх.}}]P \quad (4.16)$$

Для чеканочных кривошипно-коленных прессов должно быть $[P_{\text{стх.}}] = P_{\text{стх.}}$

Суммарная сила, растягивающая стяжные болты при нагружении пресса можно найти по формуле:

$$P_{\text{бх.}} = [\varphi_p]P + P_{\text{стх.}} \quad (4.17)$$

В случае полной разгрузки стоек при работе стяжного болта воспринимает как критическую нагрузку. Напряжение которого находим по формуле:

$$\sigma_{\text{бр.}} = \frac{4P_{\text{бх.}}}{\pi d_p^2 i} \quad (4.18)$$

Где:

d_p - внутренний диаметр резьбы стяжного болта.

Далее нам следует определить запас прочности стяжного болта, коэффициент запаса по усталости n_y при нагружении можно найти по формуле:

$$n_y = \frac{\sigma_{-p} F_{\text{min.}i}}{2.25(P_{\text{бх.}} - P_3)C} \quad (4.19)$$

Где:

$F_{\text{min.}}$ - минимальная площадь сечения болта;

σ_{-p} - предел выносливости при растяжении.

C - коэффициент берущийся из условия количества стяжных болтов (для четырех болтов $C = 1$, для шести болтов $C = 1.25$, для двух болтов $C = 0.5$).

Коэффициент запаса по текучести n_T при нагружении можно найти по формуле:

$$n_T = \frac{\sigma_{-p} d_p^3 i}{P_{\text{бх.}} C} \quad (4.20)$$

Вывод.

Первоначальная разработка ведется на основе конструктивной схемы проектируемого пресса, технического задания на проектирование с чертежом штампового пространства, статистической информации и имеющихся в распоряжении изготовителей технических возможностей для производства станин. Расчет является заключительной фазой итерационного цикла проектирования.

Достоинством расчета является введение учета деформации, и предотвращение не связанности конструкции, ведущей к неправильной работе пресса, которая также влияет на быстроту износа движущихся элементов.

4 Разработка алгоритма расчёта станин прессов и интерфейса в программном обеспечении Matrix Laboratory.

MATLAB (сокращение от англ. «Matrix Laboratory», в русском языке произносится как Матлэб) -это пакет прикладных программ для решения задач технических вычисления, которые в свою очередь помогает анализировать данные и визуализировать их. Основной особенностью языка MATLAB являются его широкие возможности по работе с матрицами которые создатели языка выразили в лозунге «Think vectorized» в переводе на русский- «Думай векторно».

В работе использованы программы, написанные по типу файл-программы (Script M-Files), которые основаны на содержании последовательных команд, которые позволяют сохранять множество команд программы MatLab в одном файле, а затем запускать их одной командой или с использованием мыши. После работы, программа создаёт переменные, которые содержат числовые значения (возможно и текстовые варианты), после чего можно производить дальнейшие расчеты, не основываясь уже на Script.

При создании модели алгоритма расчета первая проблем заключена в работа с большим количеством переменных. Обозначение переменных, в данной работе заключалась в переводе с русского на английский (присваивались из словарей перевода либо формировались по смысловому значению) смотрите схему 4.1.

Desing_parameter_press
•Параметор конструкции пресса
Capacity_of_press
•Номинальное усилие пресса
Major_effort_focus
•Наибольшее напряжение при центральной нагрузки
Distance_time_X
•Меж-осевое расстояние
• Примечание: В переменных которых пресуствует слово "Time"- обозначает временную переменную. Такие переменные могут использоваться несколько раз. В последствии по окончанию расчета будет удалена в целях экономи памяти и в простоте дальнейшей работе.

Схема 4.1 Обозначение переменных.

4.1 Алгоритм расчета колон.

Исходя из условия анализа методов расчета колон гидравлического пресса, изложенного в главе 3.3, расчетный алгоритм вытекает из условия выбора типовой конструкции, что влечет за собой дальнейший расчет колонн. Схема 4.1.1 показывает типовую работу файл-программы (Script.Schiedepressen).



Схема 4.1.1 Типовая схема работы файл-программы (Script.Schiedepressen).

При программировании в MatLab нужно учитывать синтаксис написания команд, к этому относятся операторы специальных символов, смотрите приложение 1 таблица 1. Они позволяют формировать, различные объекты входного языка, а также самого языка программирования.

```
Array_Capacity_of_press=0:10^3:(input({'Установите'  
'номинальное усилие прессы в [мН]'}))*10^6);
```

Данное написание сразу создает массив от входного параметра. Его синтаксис можно представить в виде: Name=<начальное значение>:<приращение>:<входной параметр>; где видно после установления номинального усилия прессы создается массив с начальной точкой 0, последующим приращением равным 10^3 до входного параметра.

Для упрощения и во избежание ошибок ввода, были созданы меню, которые в дальнейшем поле ввода служили условием обработки. На рисунке 4.1.1 представлено меню выбора типовой конструкции прессы. Синтаксис написания данной команды выглядит так: Переменная=menu('Название', 'Объект 1', ..., 'Объект N');

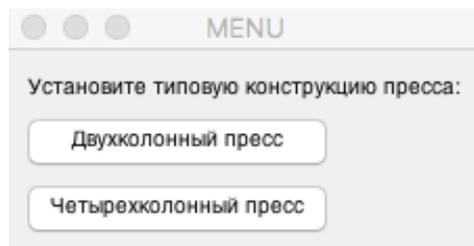


Рисунок 4.1.1 Внешний вид меню.

```
Desing_parameter_press=menu('Установите типовую конструкцию прессы:', ...  
'Двухколонный пресс', 'Четырехколонный пресс');
```

Обработка параметров конструкции гидравлической машины сводится к выбору типовой конструкции, для обработки условия был использован обыкновенный оператор if. В самом простом случае синтаксис данного оператора имеет вид, представленный на схеме 4.1.2.

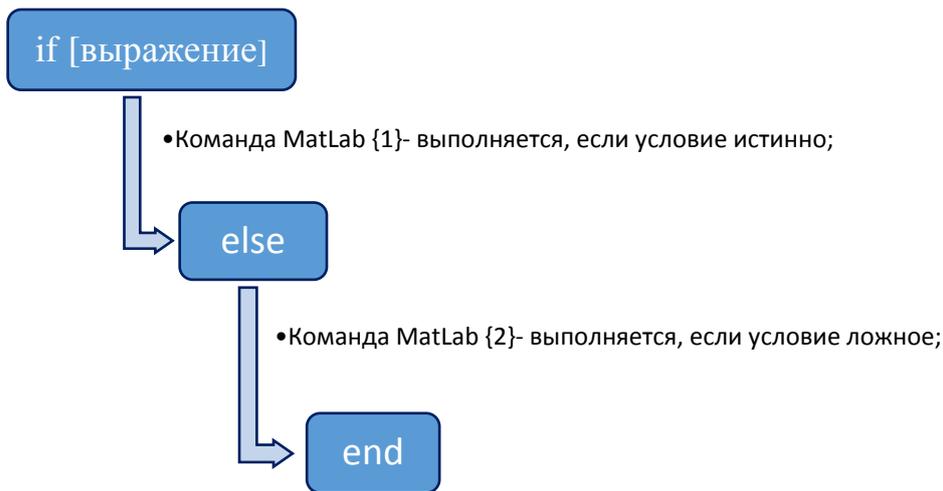


Схема 4.1.2 Синтаксис оператора if.

Если значение параметра [выражение] соответствует значению- истинно, то выполняется команда MatLab {1}, иначе он пропускается программой, и выполняется команда MatLab {2}. Следует отметить, что [выражение] является условным выражением, в котором выполняется проверка по типу логического выражения. В приложение 1 таблице 2 представлены варианты простых логических выражений оператора if.

Нижу представлен фрагмент реализации обработки, зависящий от выбора типовой конструкции и в дальнейшем запрос необходимых параметров.

% Условия конструкции и размещение колонн:

```

if Desing_parameter_press==1; % если выбрана двухколонная конструкция
    Distance_time_X=input('Установите расстояние между осями колонн [мм]: ');
else % если выбрана четырехколонная конструкция
    Distance_time_X=input('X-установите расстояние между осями колонн [мм]:');
    Distance_time_Y=input('Y-установите расстояние между осями колонн [мм]:');
end
  
```

Обработка входных параметров основано на подсчете формул, зависящие от выбранного типа конструкции колонны (сплошной стержень или присутствие конструкционного отверстия). Также через оператора if происходит обработка, ниже представлен фрагмент расчета площади наименьшего сечения (формулы

3.1.1 и 3.1.2), статического момента (формулы 3.3.1 и 3.3.2) и осевого момента (формулы 3.6.1 и 3.6.2).

```
if Desing_parameter_collumn==1; % если в виде сплошного стержня.
```

```
%Площадь наименьшего сечения колонны;
```

```
Smallest_crosssection_area=((pi*(Diameter_collumn^2))/4);
```

```
%Статический момент колонны;
```

```
Statical_moment_collumn=((pi*(Diameter_collumn^3))/32);
```

```
%Осевой момент колонны;
```

```
Polar_moment_collumn=((pi*(Diameter_collumn^4))/64);
```

```
else % при условии конструкционного отверстия
```

```
Smallest_crosssection_area=((pi*((Diameter_collumn^2)-...  
(Segment_Diameter_collumn^2)))/4);
```

```
Statical_moment_collumn=(((pi*(Diameter_collumn^3))/32)*...  
(1-((Segment_Diameter_collumn/Diameter_collumn)^4)));
```

```
Polar_moment_collumn=(((pi*(Diameter_collumn^4))/64)*...  
(1-((Segment_Diameter_collumn/Diameter_collumn)^4)));
```

```
end
```

Арифметические операторы- это неотъемлемая часть математических выражений, вычисление которых является одной из основных задач данного фрагмента. Для реализации подсчета в MatLab, надо помнить о арифметическом синтаксисе и синтаксисе самой программы. Подробная информация предоставлена в приложение 1 таблица 3.

При обработке массива будем пользоваться логическими и специальными операторами, рассмотрим фрагмент файл-программы, где происходит работа над массивом поиск нулевого значение и удаление его.

```
Array_Capacity_of_press(:,~any(Array_Capacity_of_press,1))=[];
```

Это производится из-за того, что при формировании массива было установлена начальная точка отсчета ноль (во избежание ошибок при формировании), для корректности расчета нам необходимо убрать нулевое значение, так как усилие равное нулю испытывается только при простое прессы.

Одна из условий обработки массива- это его слияние двух матриц входных аргументов в один равный по величине массив. Ниже приведен фрагмент реализации данной задачи.

```
% Слияние двух матриц;
```

```
[Array_Capacity_of_press,Array_Eccentricity]=meshgrid...
```

```
(Array_Capacity_of_press,Array_Eccentricity);
```

Это сделано с целью того, чтобы при решении получать массив переменных, по которым будет осуществлена визуализация данных в 3D плоскости. На рисунке 4.1.2 показано реализация данной команды в среде MatLab.

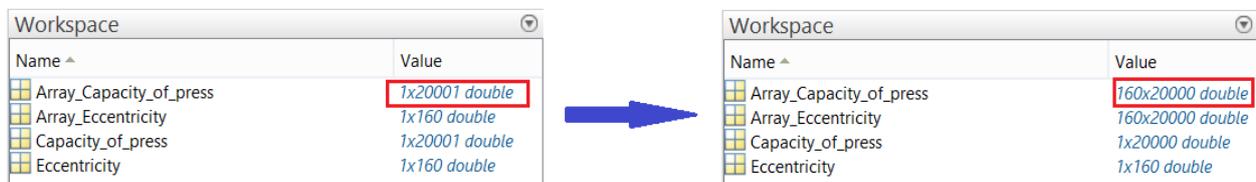


Рисунок 4.1.2

Визуализация данных помогает наглядно просмотреть зависимость, или провести сравнение. MatLab предоставляет широкие возможности по отображению графической информации в виде графиков, диаграмм, и т.п. Команда surf(X,Y,Z) выводит на экран сетчатую поверхность для значений массива Z, определенных на множестве значений X и Y. Ниже приведен фрагмент построения 3D поверхности прогиба колонн при среднем положении поперечины.

```
% Построение поверхности прогиба.
```

```
surf(Array_Capacity_of_press,Array_Eccentricity,Greatest_deflection);
```

При создании графика нужно выйти из условия его информационного назначения, и грамотного оформления. Для начала необходимо настроить размер графика и его положение на экране, в данной работе сделано отображение на весь экран с целью лучшей видимости всех прелестей данного графика.

```
figure('Name','Визуализация данных', 'NumberTitle', 'off','Units', 'normalized',...  
      'OuterPosition', [0 0 1 1]);
```

Затем необходимо настроить шрифты, которые будут использоваться для вывода значений осей и надписей на графике, что также помогает в случаях неправильного отображения надписей на русском языке.

```
title({'Наибольшее напряжение в местах приложения нагрузок';  
      'от подвижной поперечины при эксцентричной нагрузке прессы:'},...  
      'FontSize',9,'DefaultAxesFontName','Times New Roman','FontWeight','bold');  
xlabel('Усилие прессы','FontSize',7,'DefaultAxesFontName','Times New Roman',...  
      'FontWeight','normal','Color','b');  
ylabel('Эксцентриситет ковки','FontSize',7,'DefaultAxesFontName',...  
      'Times New Roman', 'FontWeight','normal','Color','b');  
zlabel('Наибольшее растяжение','FontSize',7,'DefaultAxesFontName',...  
      'Times New Roman','FontWeight','normal','Color','b');  
text=colorbar;  
text.Label.String = 'Шкала наибольшего напряжения';
```

На рисунке 4.1.3 представлено построение, где отчетливо по координатам можно отследить зависимость прогиба.

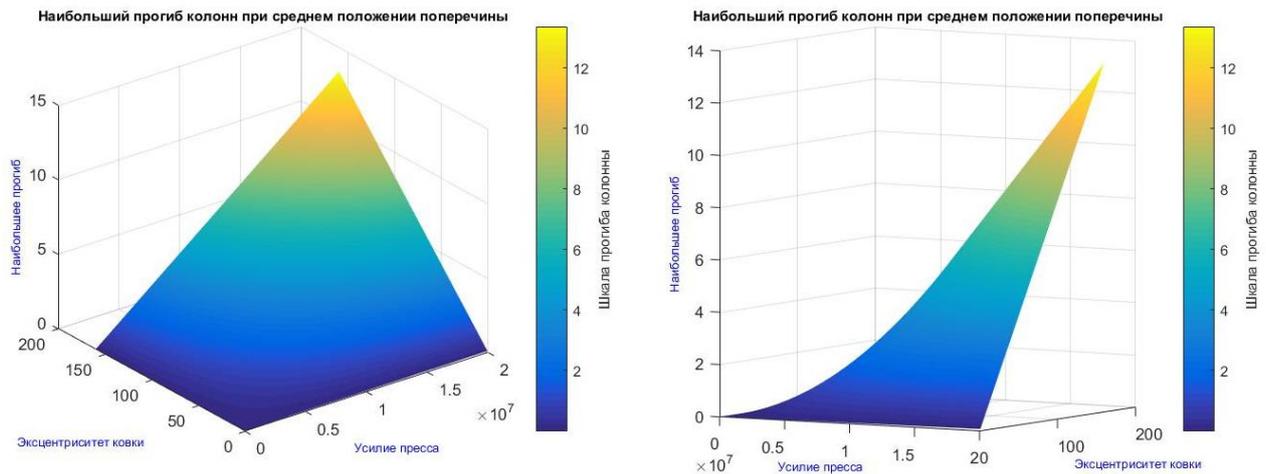


Рисунок 4.1.3 Визуализация данных.

Неотъемлемая часть расчета- это предоставление понятного отчета. Ниже представлен фрагмент реализации отчета:

```
clc
```

```
if Desing_parameter_press==1;
```

```
    disp('Отчет по расчёту 2-х колонную конструкцию:');
```

```
else
```

```
    disp('Отчет по расчёту 4-х колонную конструкцию:');
```

```
end
```

```
fprintf('Наибольшее напряжение в колоннах при центральной нагрузке пресса в Мпа: %f .\n', max(max(Major_effort_focus)));
```

```
fprintf('Наибольшее напряжение в местах приложения нагрузок от подвижной поперечины при эксцентричной нагрузке пресса в Мпа: %f .\n', max(max(Major_effort_eccentricity)));
```

```
fprintf('Наибольший прогиб колонн при среднем положение поперечины относительно неподвижной поперечины в мм: %f .\n', max(max(Greatest_deflection)));
```

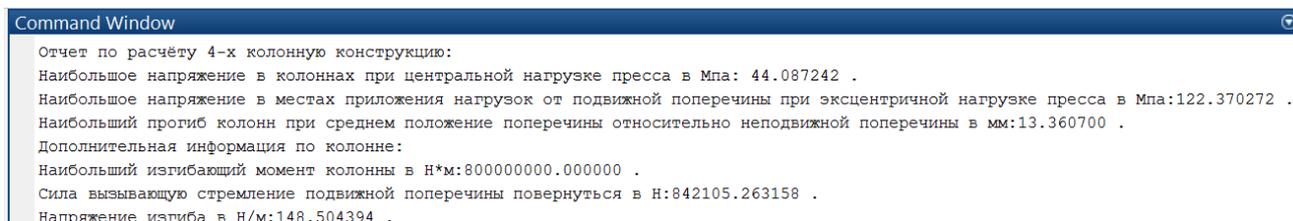
```
disp('Дополнительная информация по колонне:');
```

```
    fprintf('Наибольший изгибающий момент колонны в Н*м: %f .\n', max(max(Maximum_flexural_moment)));
```

```
fprintf('Сила вызывающую стремление подвижной поперечины повернуться в  
Н:%f .\n',max(max(Steer_force)));
```

```
fprintf('Напряжение изгиба в Н/м:%f .\n',max(max(Flexural_stress)));
```

Для реализации вывода на экран значение используем две команды (disp и fprintf), на рисунке 3.2.3 представлена реализация вывода в командной строке.



```
Command Window
Отчет по расчёту 4-х колонную конструкцию:
Наибольшее напряжение в колоннах при центральной нагрузке прессы в Мпа: 44.087242 .
Наибольшее напряжение в местах приложения нагрузок от подвижной поперечины при эксцентричной нагрузке прессы в Мпа:122.370272 .
Наибольший прогиб колонн при среднем положении поперечины относительно неподвижной поперечины в мм:13.360700 .
Дополнительная информация по колонне:
Наибольший изгибающий момент колонны в Н*м:800000000.000000 .
Сила вызывающую стремление подвижной поперечины повернуться в Н:842105.263158 .
Напряжение изгиба в Н/м:148.504394 .
```

Рисунок 4.1.3 Вывод отчета на экран (Script.Schiedepressen).

Синтаксис записи команды представлен ниже:

- disp('Текст:');
- fprintf('Текст:%f.\n', переменная);
 - %f- фиксированной точкой (использовать точность оператора, чтобы указать количество цифр после десятичной точки.)
 - \n- индикатор в качестве новой строки.

4.2 Алгоритм расчета стяжных болтов.

Расчет стяжных болтов так же сводиться к конструкционным параметрам, схема 4.2.1 показывает типовую работу файл-программы (Script.Kurbelpresse).

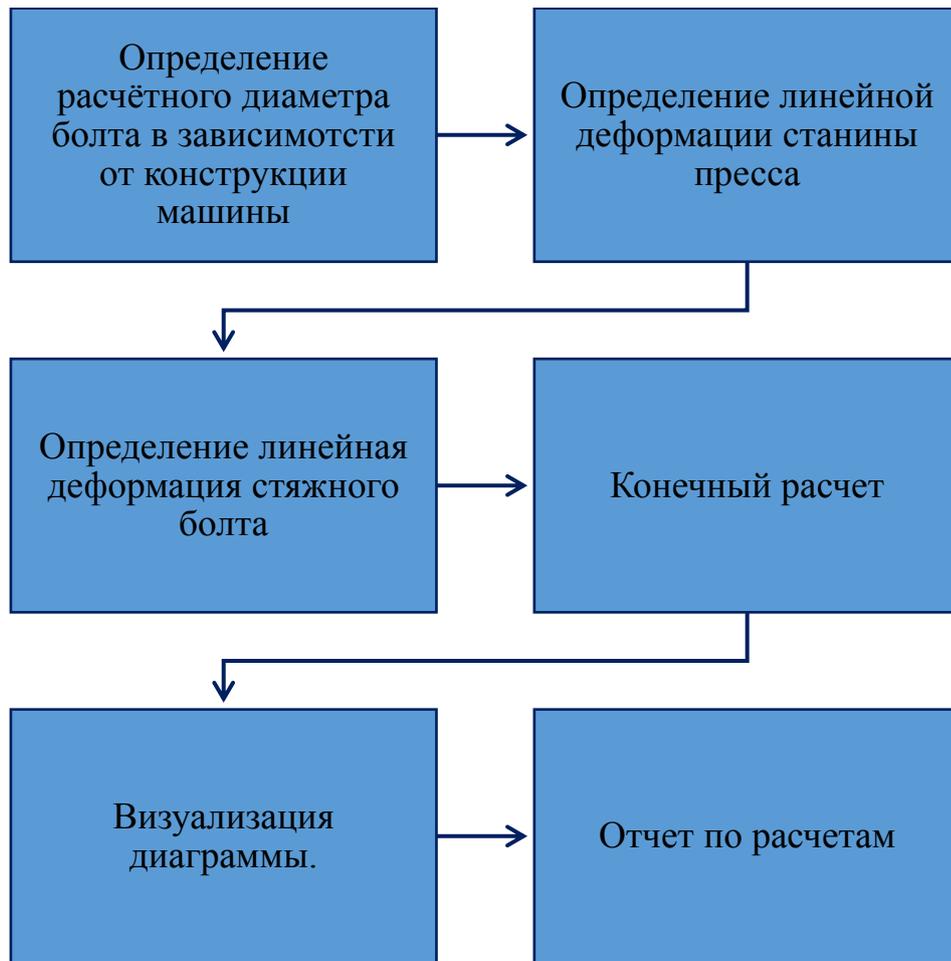


Схема 4.2.1 Типовая схема работы файл-программы (Script.Kurbelpresse).

Для упрощения и во избежание ошибок ввода, были созданы меню, которые в дальнейшем поле ввода служили условием обработки. На рисунке 4.2.1.

Так же для упрощения понимание между пользователем и файл-программы были созданы вспомогательные окна, в них содержится информация о правильности ввода данных и примечание, это сделано с целью во избежание ошибок (смотрите рисунок 4.3.2).

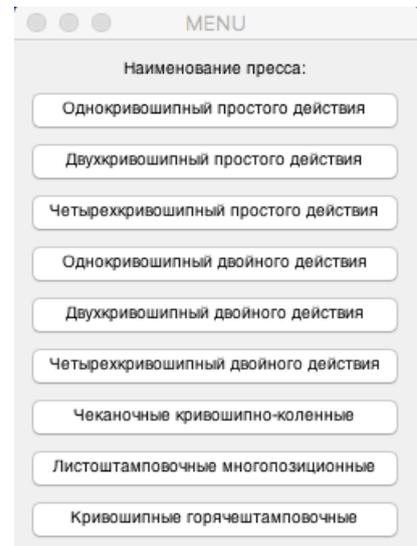


Рисунок 4.2.1 Внешний вид меню.

`msgbox({ 'По округлению расчетного диаметра не было найдена ГОСТ-ых параметров'...`

'Будет произведено округление по нормали!'},...

'Error','error');

pause(7); % целесообразно установить паузу расчета.

msgbox({'Текст сообщения'}, 'Название сообщения','вызов картинка');

pause(секунды);

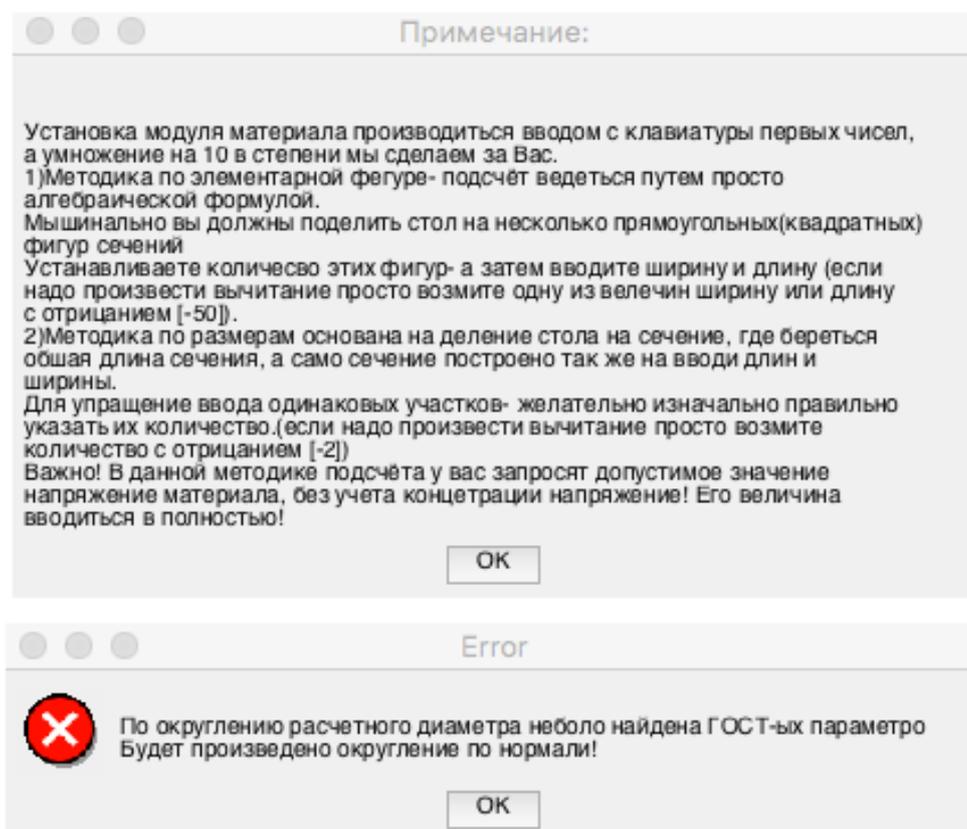


Рисунок 4.3.2 Вспомогательные сообщения.

Для определение расчетного диаметра болта, который зависит от условия конструкции пресса используется так же оператор if, но синтаксис в данном случае имеет вид, представленный на схеме 4.2.2.



Схема 4.2.2 Синтаксис оператора if в (Script.Kurbelpresse).

Ниже представлен частичный фрагмент реализации условия обработки данных для расчета диаметра стяжного болта зависящие от входных параметров.

```

if Design_parameter==1;% Однокривошипный простого действия;
    Capacity_of_press=input('Введите номинальное усилие прессы в [кН]: ');
    % Находим расчётный диаметр;
    Calculated_diameter_screws=(2.1*sqrt(Capacity_of_press));
    Coefficient_tightening=1.3; % Коэффициент затянутого соединения;
    Coefficient_unloading=1.6; % Коэффициент полной разгрузки;
    Coefficient_loading=0.5; % Коэффициент нагружения прессы;
    Coefficient_distension=1;% Коэффициент растяжения;
elseif Design_parameter==2;% Двухкривошипный простого действия;
    Type_press=menu('Параметр конструкции:', 'Коленчатый вал параллельно
фронтну прессы',...
    'Коленчатый вал перпендикулярно фронтну прессы');
    if Type_press==1;
        Coefficient_tightening=1.35;Coefficient_unloading=1.6;
        Coefficient_loading=0.4;Coefficient_distension=1.1;
    elseif Type_press==2;
  
```

```

Coefficient_tightening=1.45;Coefficient_unloading=1.7;
Coefficient_loading=0.5; Coefficient_distension=1.1;
end
Capacity_of_press=input('Введите номинальное усилие прессы в [кН]: ');
if Capacity_of_press<=5393.7;
    Calculated_diameter_screws=(2.4*sqrt(Capacity_of_press));
elseif Capacity_of_press>=6178.1;
    Calculated_diameter_screws=(2.1*sqrt(Capacity_of_press));
end
elseif Design_parameter==3; % Четырехкривошипный простого действия;
...
end

```

На рисунке 4.2.1 представлен пример переменных после обработки данного фрагмента программы.

Name ^	Value
Calculated_diameter_scre...	334.0135
Capacity_of_press	2.4517e+04
Coefficient_distension	1
Coefficient_factor	1
Coefficient_loading	0.5000
Coefficient_tightening	1.3000
Coefficient_unloading	1.6000
Design_parameter	1
Effort_inhalings	3.1872e+04
Number_clamping_screws	4
Thread_pitch	4

Рисунок 4.2.1 Объявление переменных.

Для реализации метода, описанного в главе II с целью баланса программы, было сделано цикл, оператор for, гибкость которого позволяет дублировать его несколько раз и использовать в нем временные переменные, с целью экономии памяти при работе.

Оператор for предназначен для выполнения заданного числа повторяющихся действий. Самое простое использование оператора for представлено на схеме 4.2.3. Где count - переменная цикла, <начальное значение> - ее стартовое значение, <конечное значение> - граничное условие цикла, а <приращение> - шаг, на который увеличивается count при каждом следующем заходе в цикл.

Цикл заканчивается, как только значение count становится больше <конечного значения>.

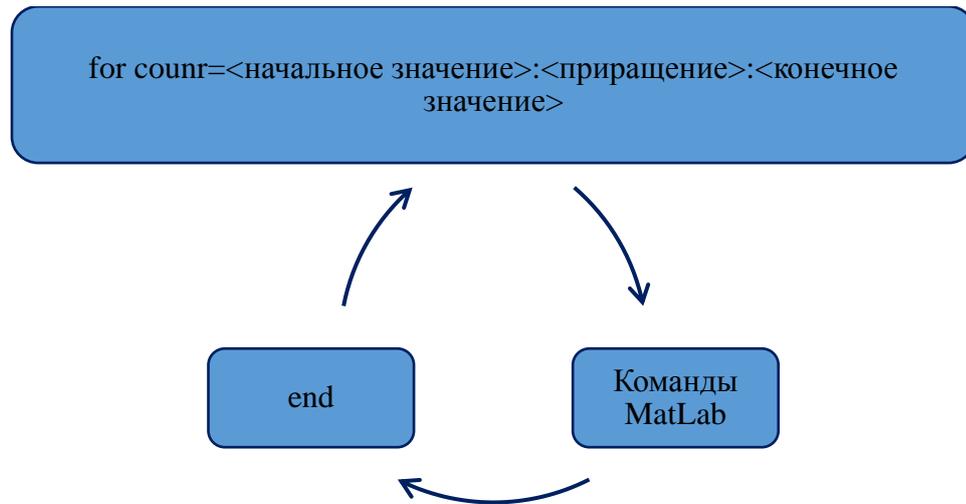


Схема 4.2.3 Синтаксис оператора for в (Script.Kurbelpresse).

Ниже приведен фрагмент программы, рассчитывающий формулы 4.5.

% Общие входные параметры конструкции для расчёта приведенной площади стойки:

```
Number_plots_time=input('Установите число участков сечения стойки: ');
```

% Обнуляем временные переменные:

```
i=0; j=0;
```

% Запускаем цикл ввода данных:

```
for i=1:1:Number_plots_time;
```

```
    Segment_length_crutch(i)=input(...
```

```
        'Установите расчетную длину сегмента стойки: ');
```

```
    Number_segment_time=input(...
```

```
        'Установите число элементов сечения (для подсчёта площади участка): ');
```

```
for j=1:1:Number_segment_time;
```

```
    Segment_number_time(j)=input('Установите количество элементов участка: ');
```

```
    Segment_width_time(j)=input('Установите ширину участка: ');
```

```

Segment_height_time(j)=input('Установите высоту участка: ');
end

Segment_area_time=Segment_number_time.*Segment_width_time.*...
    Segment_height_time;
Segment_area_crutch(i)=sum(Segment_area_time);

% Производим удаление временных переменных
Clear Segment_number_time;
Clear Segment_width_time;
Clear Segment_height_time;
Clear Segment_area_time;
Clear j;
end

% Производим расчёт приведенной площади:
% Создает матрицу суммы сегментов.
Equalized_area_crutch=cat(1,Segment_length_crutch,Segment_area_crutch);
% Производим деление первой строки массива на старую строку массива.
Equalized_area_crutch=(Equalized_area_crutch(1,:))./(Equalized_area_crutch(2,:));
% Производим конечный подсчёт приведенной площади стойки.
Equalized_area_crutch=sum(Segment_length_crutch)/(sum(Equalized_area_crutch));
% Возвращает значения, округленные до ближайшего целого.
Equalized_area_crutch=round(Equalized_area_crutch);
;% Обнуляем значение счетчика временных переменных.
Number_plots_time=0;
end

```

Ниже приведен фрагмент программы, рассчитывающий формулы 4.8 4.9.

```
% Общие входные параметры конструкции для расчёта приведенной площади  
стойки:
```

```
% Обнуляем временные переменные:
```

```
i=0;
```

```
for i=1:1:Number_plots_time;
```

```
% Создает матрицу со значениями длины
```

```
Segment_length_time(i)=input('Установите длину сегмента: ');
```

```
% Создает матрицу с площадью прямоугольника по формуле
```

```
Segment_area_time(i)=((input('Установите ширину сегмента: ')*(Seg-  
ment_length_time)));
```

```
% Создает матрицу минимальной площади по формуле
```

```
Area_min(i)=Effort_inhalings/2*(Compression_resistance);
```

```
end
```

```
% Обрабатываем созданный массив:
```

```
i=0;
```

```
Area_min(:,1)=[];% Уменьшаем массив на -1 ячейку;
```

```
% Ищем первый индекс в созданном массиве;
```

```
[Lenth_min, i]=min(Segment_length_time);
```

```
Segment_length_crutch=Segment_length_time;
```

```
Segment_length_time(:,i)=[];
```

```
Segment_area_time(:,i)=[];
```

```
% Производим расчёт приведенной площади:
```

```
Equalized_area_crutch=Effort_inhalings/2*(Compression_resistance)*(sum(Seg-  
ment_length_crutch)/lmin+...
```

```
(sum(Segment_length_time.*Area_min)/Segment_area_time));
```

% Обнуляем временные значения:

```
Number_plots_time=0; Length_min=0; Segment_area_time=0; Segment_length_time=0;
```

На рисунке 4.2.2 приведен пример работы данного фрагмента в среде MatLab.

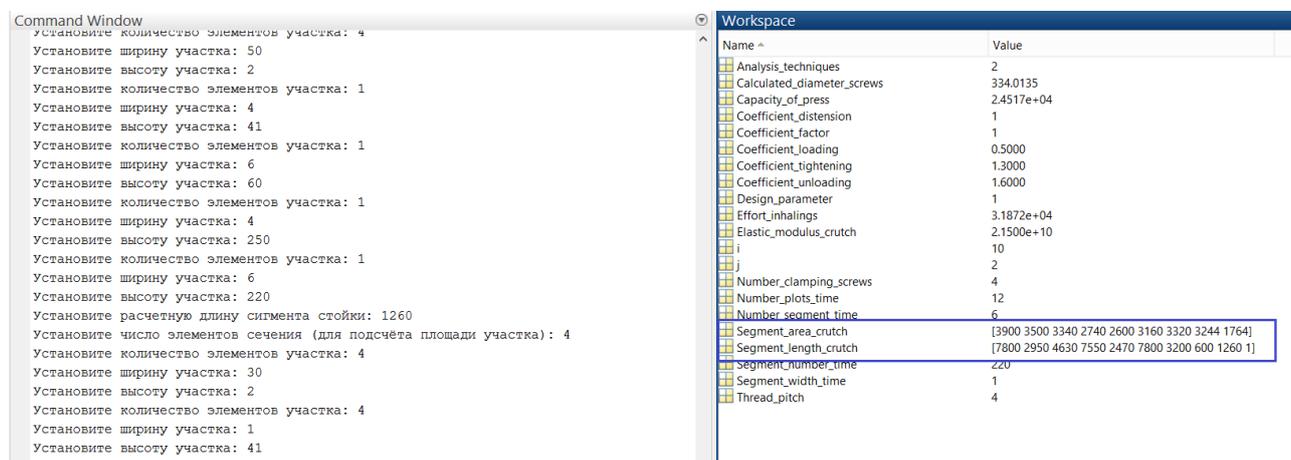


Рисунок 4.2.2 Расчет приведенной площади стойки.

Неотъемлемой частью анализа данного метода является визуализация данных в виде диаграммы, по которой происходит анализ конструкции станины, ниже приведен фрагмент программы, на рисунке 4.2.3 реализация.

```
x_screws=[0 Distrnsion_screws];y_screws=[0 0];  
x_entablature=[Distrnsion_screws Distrnsion_screws+Contraction_entablature];y_entablature=[0 0];  
x_inhalings=[Distrnsion_screws Distrnsion_screws];y_inhalings=[0 Effort_inhalings];  
x_unloading=[Distrnsion_screws+Contraction_entablature Distrnsion_screws+Contraction_entablature];y_unloading=[0 Work_load_unloading];  
x_platen=[Distrnsion_screws Distrnsion_screws+Contraction_entablature];y_platen=[Effort_inhalings 0];  
x=[0 Distrnsion_screws Distrnsion_screws+Contraction_entablature];y=[0 Effort_inhalings Work_load_unloading];  
plot(x_screws,y_screws,...  
     x_entablature,y_entablature,...  
     x_inhalings,y_inhalings,...  
     x_unloading,y_unloading,...  
     x_platen,y_platen,...  
     x,y);  
grid on;  
title({'Диаграмма затянутого соединения системы болт-станина'},...  
      'FontSize',9,'DefaultAxesFontName','Times New Roman','FontWeight','bold');
```

legend('Линейная деформация стяжного болта(растяжение)', 'Линейная деформация станины пресса(сжатие)', ...
'Усилие затяжки болтового соединения', 'Усилие раскрытие стыков'
, 'Location', 'northwest');

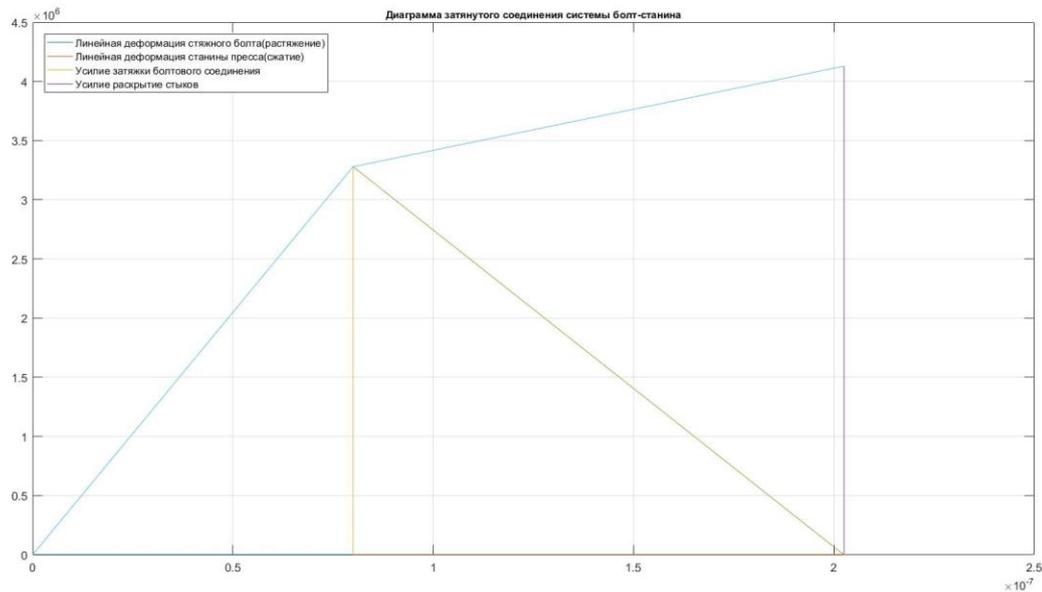


Рисунок 4.2.3 Диаграмма затянутого соединение.

4.3 Разработка интерфейса расчета конструкции гидравлического пресса в Matrix Laboratory.

GUI (также известный как графических пользовательских интерфейсов или интерфейсов) обеспечивают точку и щелкнуть по кнопке управления программных приложений, устраняя необходимость изучения языка или введите команды для запуска приложения.

MatLab приложений представляют собой автономные программы MatLab с графическим интерфейсом, что передние концы автоматизировать задания или вычисления. Графический пользовательский интерфейс обычно содержит элементы управления, такие как меню, панели инструментов, кнопки и ползунки. Многие продукты MatLab, такие как Curve Fitting Toolbox, Signal Processing Toolbox, и системы управления Toolbox, включают в себя приложения с пользовательские интерфейсы. Вы также можете создавать свои собственные приложения, в том числе их соответствующие UIs, для использования другими.

Средства создания оконных приложений в MatLab позволяют проявить творчество при разработке интерфейса приложения. Реализация задачи расчет типовой конструкции четырехколонного гидравлического пресса можно разделить на две части

1. Ввод исходных данных для численного расчета;
2. Расчет и визуализация данных.

Для реализации поставленных задач был разработан интерфейс приложения, смотрите рисунок 4.3.1.

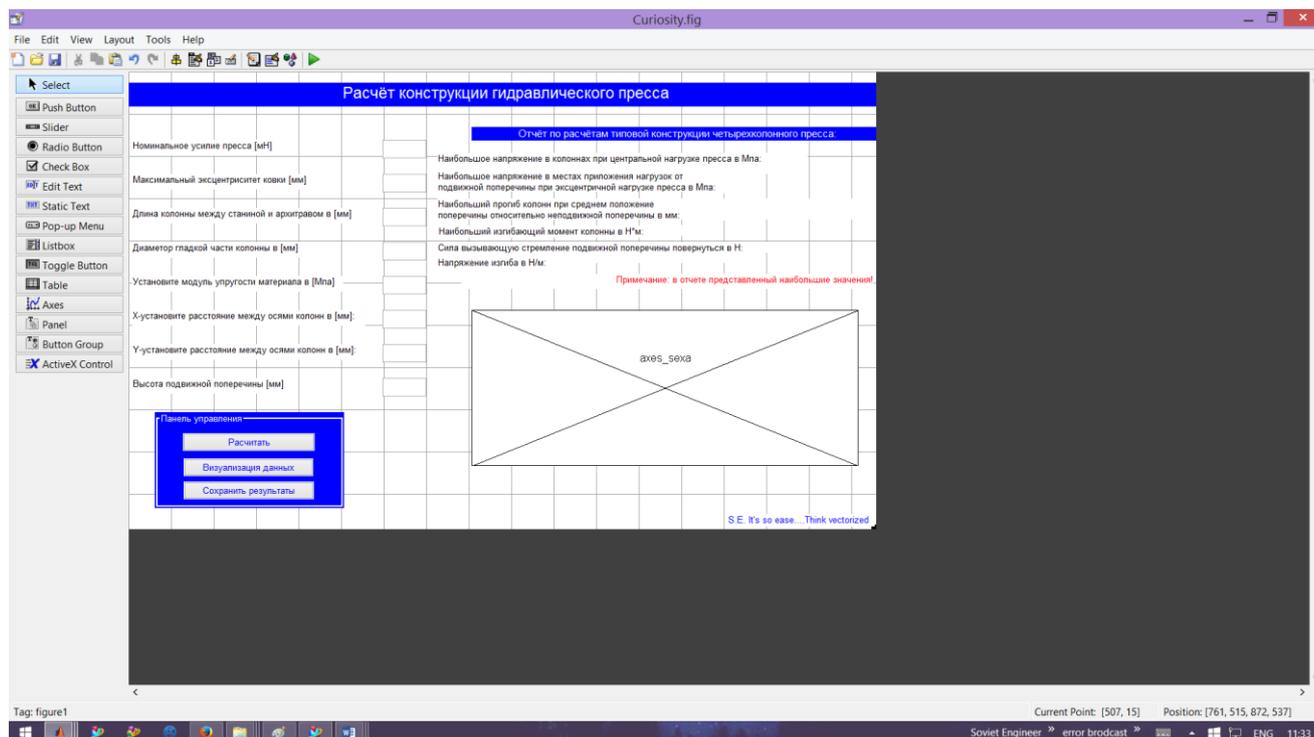


Рисунок 4.3.1 Интерфейс приложения Curiosity.

Имя функции состоит из имени компонента, символа подчёркивания и имени события. В переменной hObject хранится указатель на объект, событие которого обрабатывается в настоящий момент, переменная handles является структурой с указанием на все объекты приложения, и чтобы обратиться к любому компоненту, необходимо писать handles.name, где name совпадает со значением свойства Tag нужного компонента. Сохранение структуры handles для использования в других подфункциях осуществляется с помощью команды guidata(gcbo,handles). Функция get, предназначенная для получения значений

свойств объекта, вызывается с двумя входными компонентами: `get(Объект, 'Свойство')`.

Изначально среда MatLab воспринимает, в приложениях с окнами, все входные параметры как текст, для того чтобы он оперировал с вводными командами применяется функция `str2num()` для преобразования текста в число.

Ниже представлен фрагмент программы обработки входных параметров при нажатие на кнопку «Расчитать»:

```
function calculation_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to calculation (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Обработка условий входных переменных:
% Номинального усилия:
Array_Capacity_of_press=get(handles.editCapacity,'string');
Array_Capacity_of_press=str2num(Array_Capacity_of_press);
% Эксцентриситет ковки:
Array_Eccentricity=get(handles.editEccentricity,'string');
Array_Eccentricity=str2num(Array_Eccentricity);
% Общая длина колонны:
Total_length_Collumn=get(handles.editLength,'string');
Total_length_Collumn=str2num(Total_length_Collumn);
% Диаметр колонны:
Diameter_collumn=get(handles.editDiameter,'string');
Diameter_collumn=str2num(Diameter_collumn);
% Модуль упругости материала:
Elastic_modulus_collumn=get(handles.editElastic,'string');
Elastic_modulus_collumn=str2num(Elastic_modulus_collumn);
% Межосевое расстояние:
Distance_time_X=get(handles.editDistanceX,'string');
Distance_time_X=str2num(Distance_time_X);
```

```

Distance_time_Y=get(handles.editDistanceY,'string');
Distance_time_Y=str2num(Distance_time_Y);
% Высота подвижной поперечины:
Height_mobile_crosspiece=get(handles.editHeight,'string');
Height_mobile_crosspiece=str2num(Height_mobile_crosspiece);

```

После проделанной процедуры можно производить манипуляции над аргументами, ниже представлен фрагмент создание массивов:

```

% Создание массива:
Array_Capacity_of_press=0:10^3:((Array_Capacity_of_press)*10^6);
Capacity_of_press=Array_Capacity_of_press;% Дублируем массив;
Array_Eccentricity=1:1:Array_Eccentricity;
% Удаляем 0 в массиве:
Array_Capacity_of_press( :, ~any(Array_Capacity_of_press,1) ) = [];
Capacity_of_press( :, ~any(Capacity_of_press,1) ) = [];
% Производим слияния массивов:
[Array_Capacity_of_press,Array_Eccentricity]=meshgrid...
(Array_Capacity_of_press,Array_Eccentricity);

```

После создание массива можно производить сам расчет, который берется из ранее созданного (Script.Schiedepressen). Для вывода результатов установка значений свойств объектов производится при помощи функции set, которая вызывается с тремя входными аргументами: set(Объект,'Свойство','Значение').

Ниже приведен фрагмент создание отчета.

```

set(handles.text_T1,'String',max(max(Major_effort_focus)));
set(handles.text_T2,'String',max(max(Major_effort_eccentricity)));
set(handles.text_T3,'String',max(max(Greatest_deflection)));
set(handles.text_T4,'String',max(max(Maximum_flexural_moment)));
set(handles.text_T5,'String',max(max(Steer_force)));
set(handles.text_T6,'String',max(max(Flexural_stress)));

```

На рисунке 4.3.2 показан результат после ввода входных аргументов и нажатие кнопки «Расчитать».

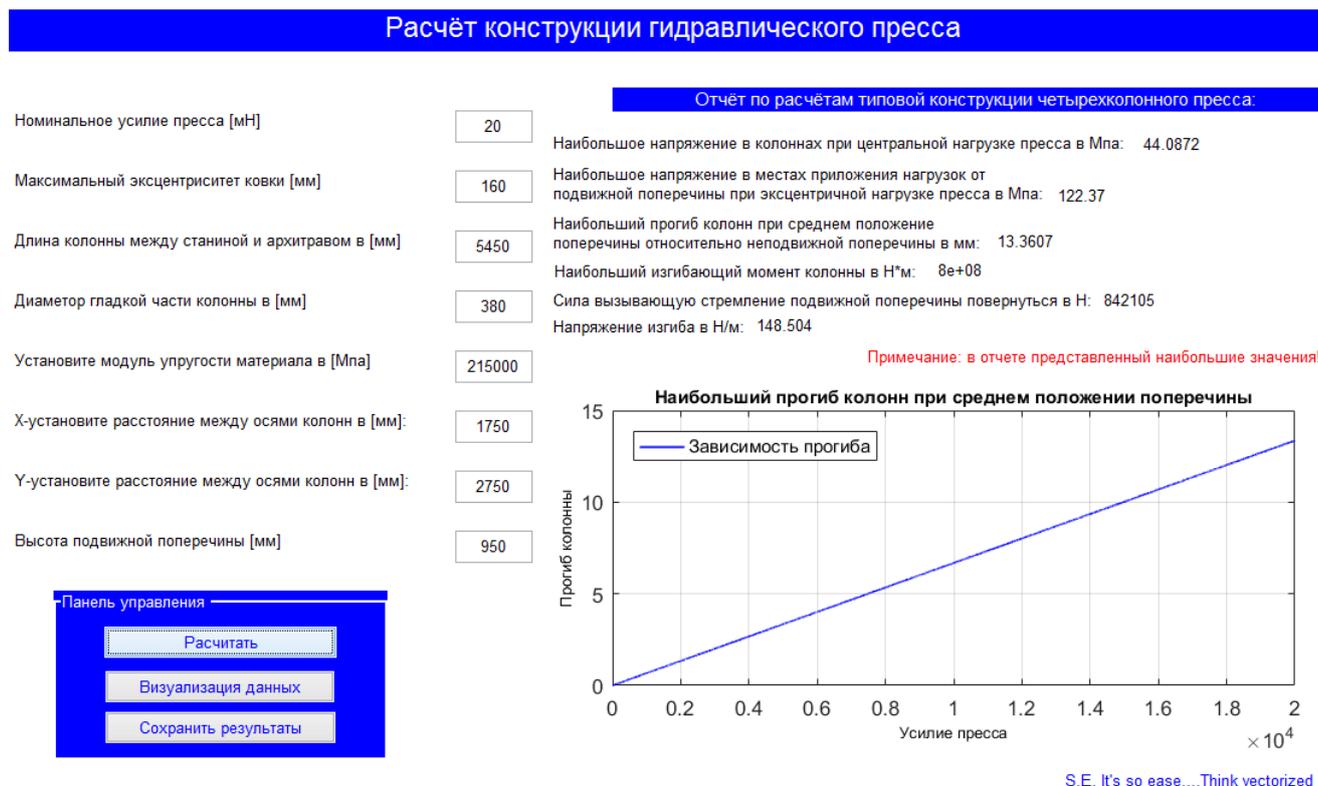


Рисунок 4.3.2 Работа приложение Curiosity.

В кнопки «Визуализация данных» прописываем условие создание отчета по графикам, ниже приведен фрагмент:

```
function visual_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to visual (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Объявление переменных:
global Major_effort_eccentricity Array_Eccentricity Greatest_deflection ...
Major_effort_focus Array_Capacity_of_press Steer_force
% Создание окна с графиками:
figure('Name','Визуализация данных','NumberTitle','off','Units','normalized',
'OuterPosition',[0 0 1 1]);
subplot(2,2,1);
Y=[0 max(max(Major_effort_eccentricity))];
y=[0 max(max(Major_effort_focus))];
x=[0 max(max(Array_Capacity_of_press))];
plot(x,Y,x,y);
grid on;
title({'Сравнение центральной и эксцентричной нагрузки'},...
'FontSize',9,'FontWeight','bold');
```

```

ylabel('Напряжение растяжение','FontSize',7,'FontWeight','normal','Color','b');
xlabel('Усилие прессы','FontSize',7,'FontWeight','normal','Color','b');
legend('Напряжение в местах приложения нагрузки','Напряжение при цент-
ральной нагрузки','Location','northwest');
subplot(2,2,2);
meshz(Array_Capacity_of_press,Array_Eccentricity,Major_effort_eccentricity);
shading flat;
text=colorbar;
text.Label.String = 'Шкала наибольшего напряжение';
% Оформление графика:
title({'Наибольшее напряжение в местах приложения нагрузок';
      'от подвижной поперечины при эксцентричной нагрузке прессы:'},...
      'FontSize',9,'DefaultAxesFontName','Times New Roman','FontWeight','bold');
xlabel('Усилие прессы','FontSize',7,'DefaultAxesFontName','Times New
Roman','FontWeight','normal','Color','b');
ylabel('Эксцентриситет ковки','FontSize',7,'DefaultAxesFontName','Times New
Roman','FontWeight','normal','Color','b');
zlabel('Наибольшее растяжение','FontSize',7,'DefaultAxesFontName','Times New
Roman','FontWeight','normal','Color','b');
subplot(2,2,4);
surf(Array_Capacity_of_press,Array_Eccentricity,Greatest_deflection);
shading flat;
text=colorbar;
text.Label.String = 'Шкала прогиба колонны';
% Оформление графика:
title({'Наибольший прогиб колонн при среднем положении поперечины'},...
      'FontSize',9,'DefaultAxesFontName','Times New Roman','FontWeight','bold');
xlabel('Усилие прессы','FontSize',7,'DefaultAxesFontName','Times New
Roman','FontWeight','normal','Color','b');
ylabel('Эксцентриситет ковки','FontSize',7,'DefaultAxesFontName','Times New
Roman','FontWeight','normal','Color','b');

```

```
zlabel('Наибольшее прогиб','FontSize',7,'DefaultAxesFontName','Times New Roman','FontWeight','normal','Color','b');  
end
```

На рисунке 4.3.3 представлен результат после нажатие кнопки происходит создание нового окна, это сделано с целью дальнейшего анализа графиков.

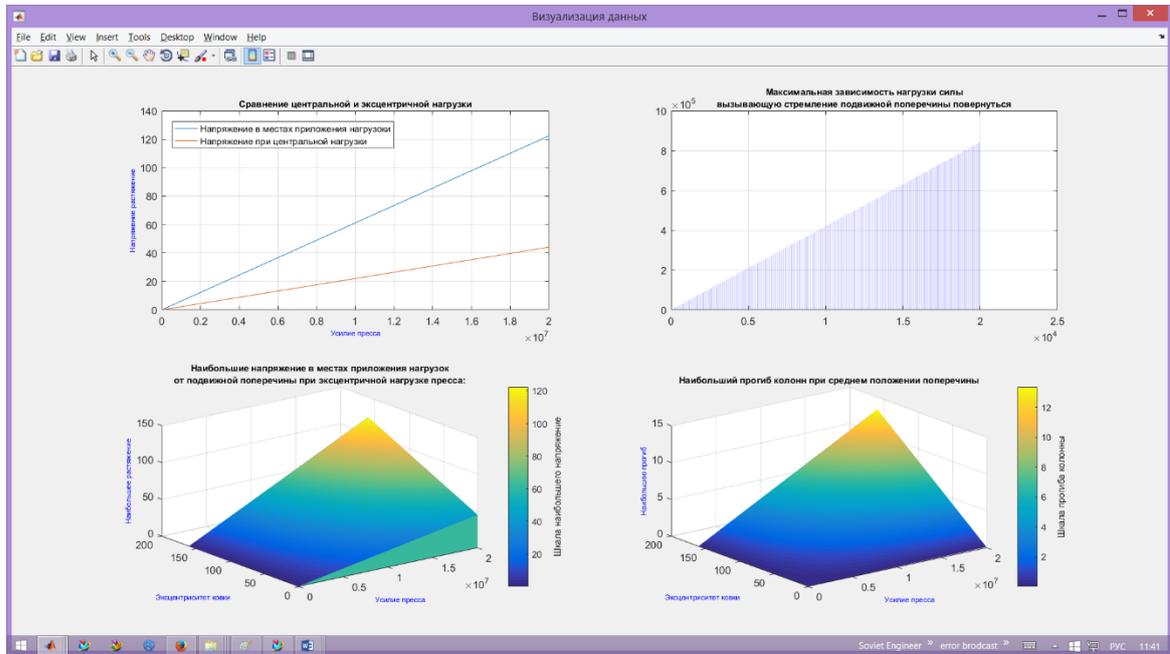


Рисунок 4.3.3 Визуализация данных.

5 Разработка расчета конструкционных частей прессы с помощью метода конечных элементов в Siemens PLM NX 10.0

NX CAE — набор средств инженерного анализа, выпускаемый Siemens PLM Software. Вся работа с CAE-приложениями осуществляется через интерфейс пре-постпроцессора NX Advanced FEM, к которому подключаются требуемые расчетные модули.

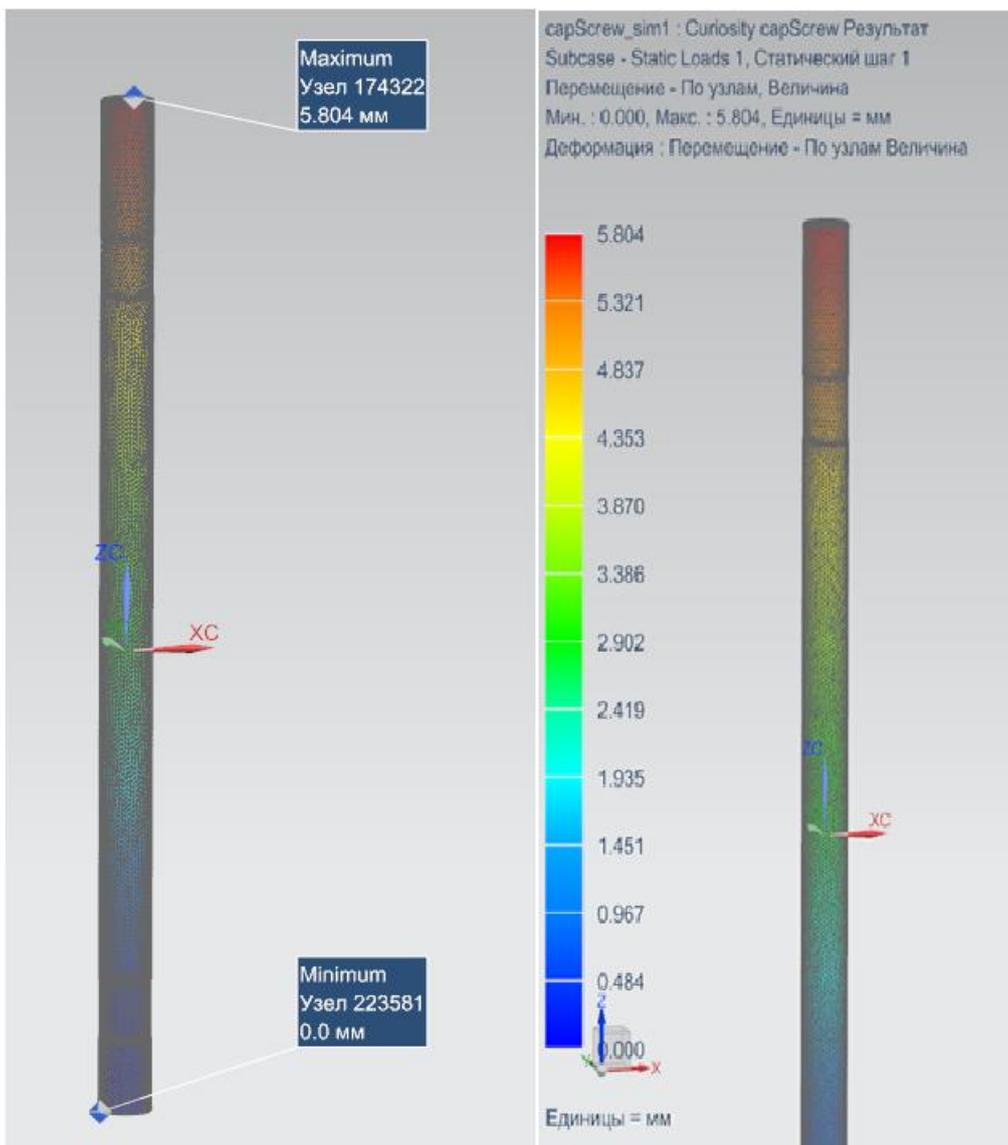
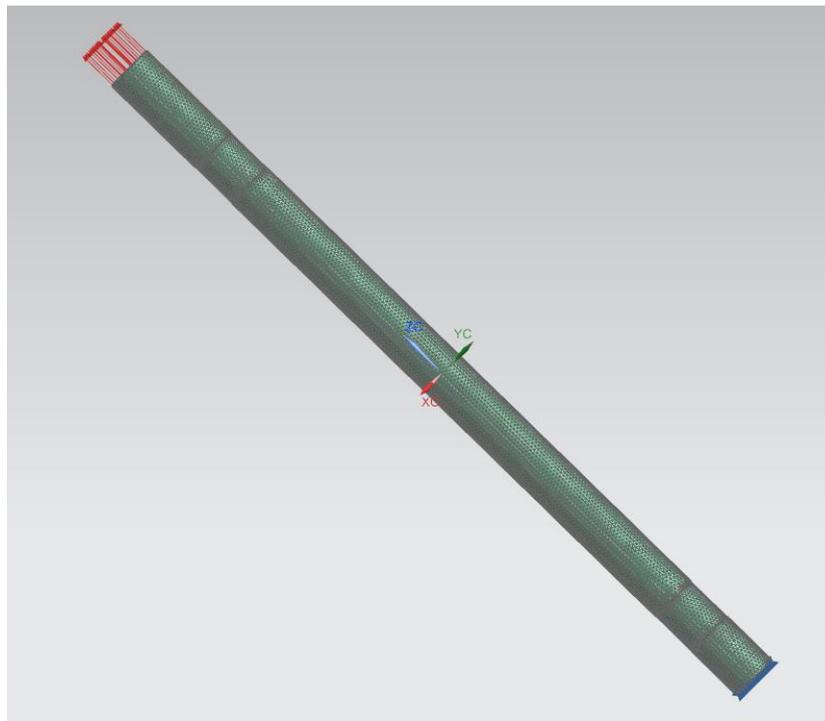
NX Nastran — инструмент для проведения компьютерного инженерного анализа (CAE) проектируемых изделий методом конечных элементов (МКЭ) от компании Siemens PLM Software. NX Nastran вместе с дополнительными решателями предназначен для решения как статических, так и динамических линейных и нелинейных задач инженерного анализа[4]

5.1 Разработка расчета стяжного болта методом конечных элементов.

Для расчета стяжного болта создадим 3D модель, где для упрощения пренебрежем резьбой, смотрите рисунок 5.1.1



Рисунок 5.1.1 Модель стяжного болта.



5.2 Разработка расчета колонн методом конечных элементов.

Прогиб колонны можно рассчитать достаточной точностью, рассекая колонну в точке перегиба и исходя из условий прогибов как сумму прогибов двух консольных балок. На рисунке 5.1 представлена симуляция прогиба

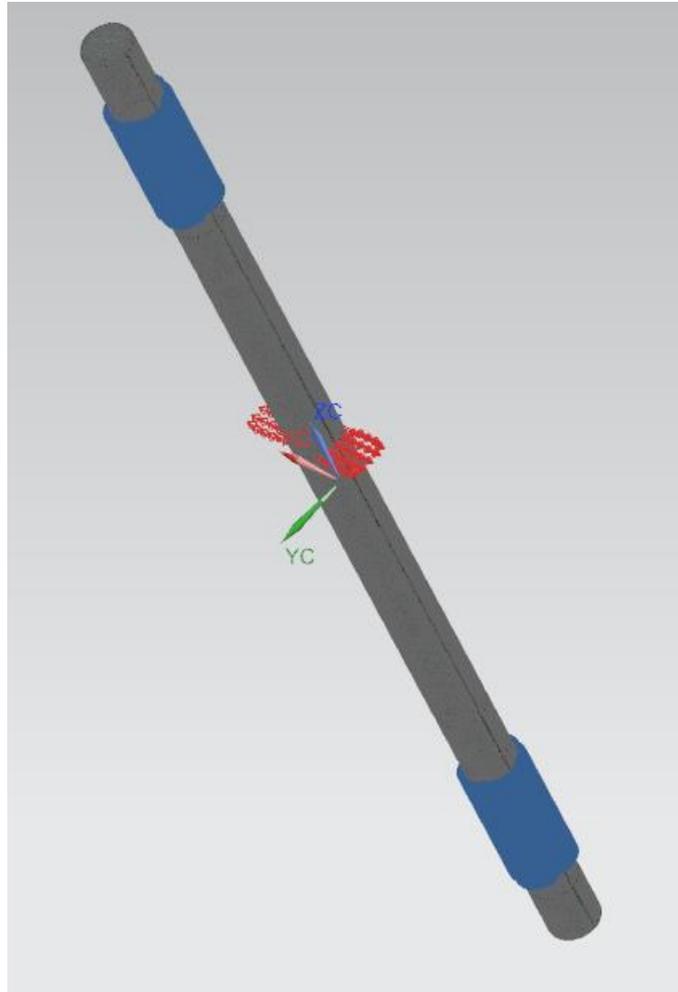
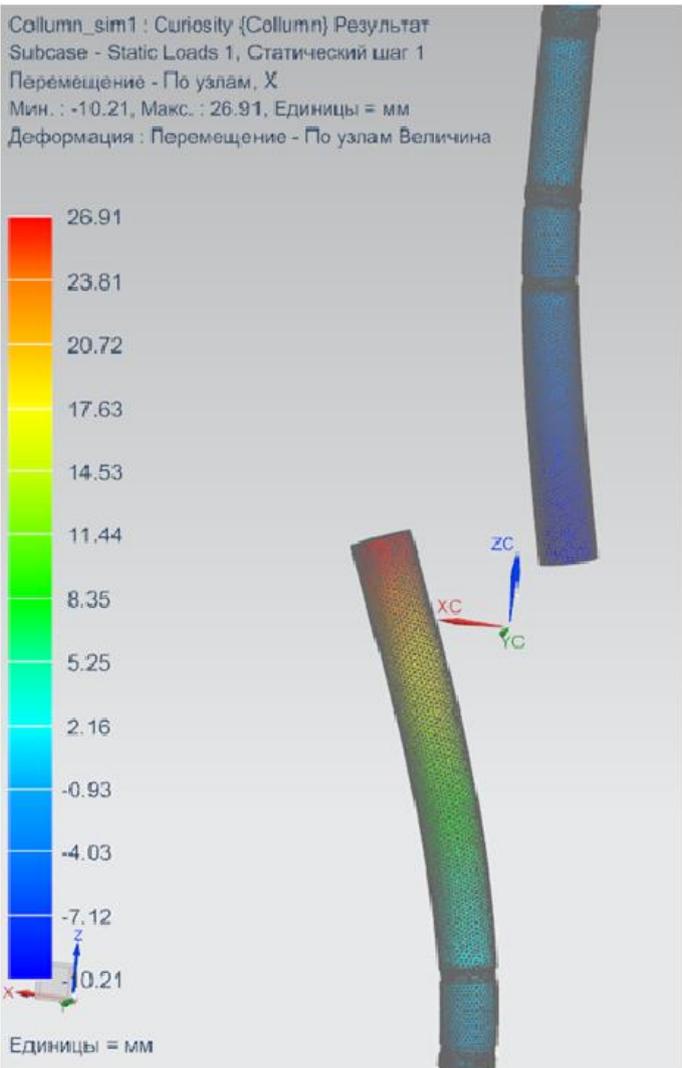
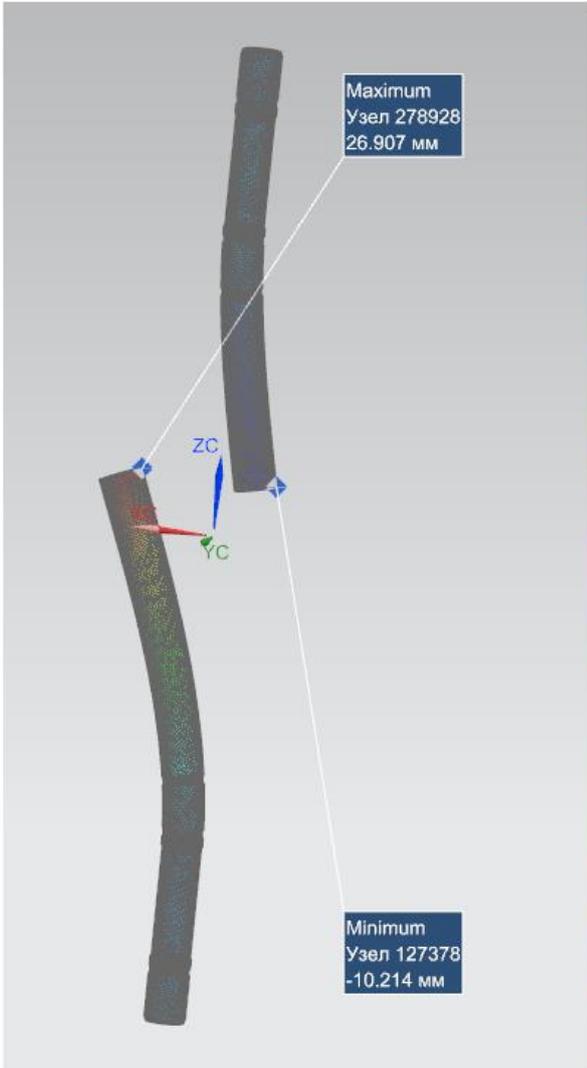


Рисунок 5.1 Симуляция прогиба.



Приложение 1.

Символ	Описание
%%	Разделение программы на сегмент
%	Знаком процента предваряются текстовые комментарии (такие комментарии MATLAB игнорирует)
.	Десятичная точка применяется для отделения дробной части чисел от целой, а также для выделения полей структур
..	Две точки означают переход по дереву каталогов на один уровень вверх
...	Три и более точек в конце строки означают продолжение этой строки
()	Круглые скобки применяются для задания порядка выполнения операций в арифметических выражениях, указания аргументов функции и указания индексов элемента вектора или матрицы
[]	Квадратные скобки предназначены для формирования векторов и матриц
{}	Фигурные скобки служат для формирования массивов ячеек
:	Двоеточие служит для формирования подвекторов и подматриц из векторов и матриц, а также для создания числовых последовательностей
;	Используется для разделения строк матриц (в круглых скобках), а также для подавления вывода на экран результатов вычислений (в конце операторов)
=	Знак равенства является символом присваивания значений в арифметических выражениях
'	Апостроф (одиначная кавычка) является символом транспонирования; текст, заключенный в апострофы, представляется как вектор символов с компонентами, являющимися ASCII-кодами символов
[,]	Горизонтальная конкатенация матриц
[;]	Вертикальная конкатенация матриц
!	Восклицательный знак свидетельствует о вводе команды операционной системы

Таблица 1 Специальные символы.

Логическое выражение	Описание
if $A < B$	Истинно, если переменная A меньше переменной B и ложно в противном случае.
if $A > B$	Истинно, если переменная A больше переменной B и ложно в противном случае.
if $A == B$	Истинно, если переменная A равна переменной B и ложно в противном случае.
if $A <= B$	Истинно, если переменная A меньше либо равна переменной B и ложно в противном случае.
if $A >= B$	Истинно, если переменная A больше либо равна переменной B и ложно в противном случае.
if $A \sim = B$	Истинно, если переменная A не равна переменной B и ложно в противном случае.

Таблица 2 Логическое выражение условия.

Арифметический оператор	Синтаксис
Плюс +	$M+L$
Унарный плюс +	$+M$
Минус -	$M-$
Унарный минус -	$-M$
Матричное умножение *	$M*L$
Поэлементное умножение массивов .*	$M.*L$
Возведение матрицы в степень ^	$M.^x$
Поэлементное возведение массива в степень .^	$M.^x$
Обратное (справа налево) деление матриц \	$M\L$
Деление матриц слева направо /	M/L
Поэлементное деление массивов справа налево .\	$M.\L$
Поэлементное деление массивов слева направо ./	$M./L$
Транспонирование матрицы '	M'

Таблица 3 Арифметические операторы.

Список литературы:

1. Игнатов А. А., Игнатова Т.А. Кривошипные горячештамповочные прессы. / А.А.Игнатов; Изд. 2-е, перераб. и доп., М.: «Машиностроение», 1974.с. 30-34, [1];
2. Вяткин В.П., Баскаков С.Т. Исследование деформаций и напряжений кривошипных ковочно- штамповочных прессов. Сб. «Исследование деформаций и напряжений кривошипных горячештамповочных прессов». М., Машгиз, 1959, с. 134-190 (ЭНИКМАШ, № 1)[2];
3. Банкетов А.Н., Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник К89 для машиностроительных вузов/ А.Н. Банкетов, Ю.А. Бочаров, Н.С. Добринский и др.; Под ред. Перераб. И доп.- М.: Машиностроение, 1982.-330с. [3]
4. Гончаров П. С., Ельцов М. Ю., Коршиков С. Б., Лаптев И. В., Осюк В. А. NX для конструктора-машиностроителя. — ИД ДМК Пресс. Москва, 2010. — 504 с. — ISBN 978-5-94074-590-7.
5. Ланской Е.Н., Банкетов А.Н. Элементы расчета деталей и узлов кривошипных прессов. М., «Машиностроение», 1966.
6. Свистунов В.Е. Кузнечно- штамповочное оборудование. Кривошипные прессы. Учебное пособие.- М.: МГИУ, 2008.
7. Лукашкин Н.Д., Кохан Л.С., Якушев А.М. Конструкция и расчет машин и агрегатов металлургических заводов. Учебник для визов.-М.:ИКЦ «Академкниг»,2003.
8. Живов Л.И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для вузов /Под ред. Л.И. Живова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 560 с
9. Иосилевич Г.Б. и др. Затяжка и стопорение резьбовых соединений: Справочник/Г.Б. Иосилевич-2-е изд. Перераб. И доп. –М.: Машиностроение.1985.
10. Решетов Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов-4-е изд. Перераб. И доп.-М.: Машиностроение 1989.

11. Молоков К.А., Славгородская А.В., Китаев М.В. Компьютерные технологии в машиностроении: метод. указания к выполнению практических работ для студентов направлений 150700.68 «Машиностроение», 180100.68 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры» [Электронный ресурс] / Дальневосточный федеральный университет, Инженерная школа. – Электрон. дан. – Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2013. – 40 с
12. Карпов, В. В., Рябикова, Т. В. Комплексный расчёт элементов строительных конструкций в среде MATLAB: учеб. пособие / В. В. Карпов, Т. В. Рябикова; СПбГАСУ. – СПб., 2009. – 136 с.
13. Дьяконов В. П. MATLAB 7.*/R2006/R2007: Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2008.– 768 с.
14. Быков, В.П. Методическое обеспечение САПР в машиностроении [Текст] / В.П. Быков. - Л.: Машиностроение, 1989. - 255 с.
15. Аверкиев, Ю.А. Технология листовой штамповки [Текст] / Ю.А. Аверкиев, А.Ю. Аверкиев. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
16. Почекуев, Е.Н. Структурно-логическое проектирование штампов листовой штамповки В САПР [Текст] / Е.Н. Почекуев // Межвузовский сборник научных трудов. Тольятти. - 2000. - С. 74-79.
17. Самаркин, А.И. Особенности автоматизированного проектирования штампов [Текст] / А.И. Самаркин // Вестник Псковского государственного университета. - 2013. - № 3. - С. 45—49.
18. Почекуев, Е.Н. Разработка классификации систем автоматизированного проектирования листовой штамповки на основе факторного и кластерного анализа [Текст] / Е.В. Почекуев, П.А. Путеев // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2015. - № 2-2. – С. 155 – 160.
19. Bintas, M. Development of a Computer Aided Die Design Software and Die Design Process Modeling [Текст] / M. Bintas // The 6th International Conference and Exhibition on Design and Production of Machines and Dies/Molds. Turkey. - 2011. - P. 285-290.

20. Bor-Tsuen, Lin. Application of an integrated CAD/CAE/CAM system for stamping dies for automobiles [Текст] / Bor-Tsuen Lin, Chun-Chih Kuo // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. - 2008. - Vol. 35. № 9-10. - P. 1000-1013.