

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий

институт

Горные машины и комплексы

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А. В. Гилев

подпись

инициалы, фамилия

« 6 »

02

2017 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

21.05.04 Горное дело

специальность

21.05.04.09 Горные машины и оборудование

специализация

Разработка конструкции рабочего органа скребкового конвейера для условий
угольных шахт Кузбасса

тема

Научный руководитель

руководитель

подпись, дата

31.01.2017

доц., в.д.н.

Ю. А. Плютов

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

06.02.2017

К. О. Жбанов

инициалы, фамилия

Рецензент

подпись, дата

07.07.2017

должность, ученая степень

Д. А. Анисимов

инициалы, фамилия

Консультанты:

Безопасность жизнедеятельности

наименование раздела

подпись, дата

31.01.17

Н. М. Капличенко

инициалы, фамилия

Экономическая часть

наименование раздела

подпись, дата

31.01.17г.

А. Д. Бурменко

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

06.02.17

Ю. А. Плютов

инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий

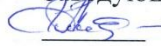
институт

Кафедра «Горные машины и комплексы»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.В.Гилёв

подпись

инициалы, фамилия

« 18 » 01 2017 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме **ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ**

бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации

Студенту Жбанову Константину Олегович
фамилия, имя, отчество

Группа ГГ 11 – 15 Направление (специальность) 21.05.04.09
номер код

Горные машины и оборудование

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка конструкции
рабочего органа скребкового конвейера для условий угольных шахт
Кузбасса

Утверждена приказом по университету № 918/с от 01.02.2017г.

Руководитель ВКР Ю.А. Плютов, доцент, канд. техн. наук, каф. ГМиК СФУ
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

ИГДГиГ

Исходные данные для ВКР Максимальная плотность угля $\gamma = 1.1 \text{ т/м}^3$;
Плотность угля в шахте 1.3 т/м^3 ; угол естественного откоса
 $\alpha = 30^\circ$; скорость обкатки цепи $v = 0.8 \text{ м/с}$; угол наклона $\beta = 3^\circ$

Перечень разделов ВКР Исследовательская часть, Безопасность
жизнедеятельности, Экономическая часть

Перечень графического материала Презентация: в комплекте
20 слайдов; 2 листа формата А1.

Руководитель ВКР


подпись

Ю. А. Плютов

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению


подпись, инициалы и фамилия студента

К. О. Жбанов

« 18 » 01 2017г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	2
1 Исследовательская часть.....	3
1.1 Состояние вопроса и изученность проблемы.....	3
1.2 Анализ условий эксплуатации скребковых конвейеров в условиях шах Кузнецкого угольного бассейна.....	3
1.3 Расчет скребкового конвейера.....	11
1.4 Анализ конструкций рабочих органов скребковых конвейеров.....	17
1.5 Работа с программным обеспечением ANSYS Workbench.....	23
1.5.1 Основные понятия метода конечных элементов.....	25
1.5.2 Реализация метода конечных элементов в пакете ANSYS.....	27
1.5.3 Основы работы в ANSYS WORKBENCH.....	29
1.5.4 Работа с проектом в ANSYS Workbench.....	30
1.6 Разработка рекомендаций по повышению показателей надежности и прочностных характеристик тяговых органов скребковых конвейеров.....	50
2 Безопасность жизнедеятельности.....	52
2.1 Общие требования безопасности.....	52
2.2 Требования безопасности перед началом работы.....	55
2.3 Требования безопасности во время работы.....	56
2.4 Требования безопасности по окончании работ.....	59
2.5 Требования безопасности в аварийных ситуациях.....	59
3 Экономическая часть.....	61
3.1 Сетевая модель выполнения дипломной работы.....	61
3.2 Смета затрат на выполнение работы.....	65
Заключение	68
Список использованных источников.....	69

ВВЕДЕНИЕ

Скребковый конвейер представляет собой транспортирующее устройство непрерывного действия, в котором перемещение насыпных грузов осуществляется по неподвижному желобу – рештаку с помощью скребков, закрепленных на одной или нескольких тяговых цепях и погруженных в слой насыпного груза. В качестве тягового органа скребкового конвейера используют одну или две круглозвенные цепи (реже штампованные разборные), соединенные со штампованными или коваными скребками.

Скребковые конвейеры в комплексе работ угольной промышленности – одно важнейших звеньев технологической цепочки. Они служат основным средством доставки угля или сланца из очистных и подготовительных забоев, не смотря на то, что принцип действия их весьма несовершенный. Подобная техника должна обладать высокой надежностью, так как выход из строя хотя бы одного транспортного звена приводит к большим потерям при добыче полезного ископаемого.

Как показывает широкая практика эксплуатации скребковых забойных конвейеров в условиях угольных шахт Кузбасса, значительное число их отказов вызывается неисправностями тягового органа.

Актуальность данной дипломной работы обусловлена тем постоянно развивающаяся техника и технология выемки угля требуют непрерывного совершенствования конструкций скребковых конвейеров.

Целью дипломной работы является разработка оригинальной конструкции тягового органа скребкового конвейера, лишенного недостатков существующих прототипов и обеспечивающего высокую безотказность и ремонтпригодность при перемещении насыпных грузов с различными физико-механическими свойствами.

В данной дипломной работе ставятся задачи:

- Анализ конструкций рабочих органов скребкового конвейера;
- Определение диапазона моделируемых эксплуатационных нагрузок;
- Выявить наиболее нагруженные зоны тяговых органов существующих прототипов скребковых конвейеров, смоделировав нагрузочные режимы работы в программном обеспечении «Ansys Workbench»;
- Разработать рекомендации по повышению показателей надежности и прочностных характеристик, применяемых в настоящее время тяговых органов скребковых конвейеров.

1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Состояние вопроса и изученность проблемы

Шахтные скребковые конвейеры широко эксплуатируются в условиях угольных шахт и имеют как недостатки, так и многие преимущества по сравнению с другими видами транспорта. В связи их широкой эксплуатацией имеется большая эксплуатационная база отказов скребковых конвейеров. Наибольшее распространение среди всего многообразия неисправностей можно выделить главную – выход из строя тягового органа, что обуславливается многими причинами и факторами.

После поиска и изучения соответствующей литературы по теме я пришел к выводу о недостаточности изученности данной проблемы. После проведения патентного поиска за последние 10 лет мною не было выявлено соответствующих работ, которые бы освещали данную проблему. В связи с данной ситуацией было принято решение о проведении ряда исследований по данному вопросу на основе возможностей программы ANSYS Workbench.

1.2 Анализ условий эксплуатации скребковых конвейеров в условиях шахт Кузнецкого угольного бассейна

Кузнецкий угольный бассейн находится в Западной Сибири, почти целиком располагается на площади Кемеровской области и только очень незначительная часть его северо-западного выступа отходит к Новосибирской области, а крайний юго-западный выступ – к Алтайскому краю.

На территории бассейна расположены следующие промышленные центры (с севера на юг): Анжеро-Судженск, Кемерово, Ленинск-Кузнецкий, Белово, Киселевск, Прокопьевск, Новокузнецк, Осинники, Байдаевка, Мыски и Междуреченск.

Угленосная толща Кузнецкого угольного бассейна содержит около 350 угольных пластов различной мощности, неравномерно распределённых по разрезу. Преобладающая мощность пластов угля от 1,3 до 4,0 м. Имеются угольные пласты в 9-15 и даже в 20 м, а в местах раздувов до 30 м.

Максимальная глубина угольных шахт не превышает 900 м (средняя глубина около 300 м). Средняя мощность разрабатываемых угольных пластов 2,1 м, но до 25 % шахтной добычи угля приходится на пласты свыше 6,5 м. Площадь бассейна около 26 тыс. км². Балансовые запасы его составляют около 637 млрд. тонн;

Добыча угля в Кузнецком бассейне осуществляется шахтами, штольнями и карьерами. Большинство шахт ведут подземные добычные работы на небольшой глубине. Так 37% от общего их количества имеют глубину рабочего горизонта до 100 м от поверхности, 41% от 100 до 200 м, 14% от 200 до 300 м. Шахт глубиной свыше 300 м всего 8% от их общего количества. Все действующие шахты, за редким исключением, имеют большие резервы на глубину.

Горно-геологические условия обработки угля определяются рядом факторов, из которых основное значение имеют тектоническое строение, общая угленасыщенность и мощность отдельных пластов, крепость вмещающих пород, газоносность и гидрогеологические условия.

Высокая угленасыщенность месторождений Кузбасса позволяет вскрывать одной шахтой целую группу угольных пластов (до 20 и более), что сокращает капитальные затраты на строительство шахт, а в условиях сложной тектоники облегчает ведение горных работ.

Очистные забои работают с разными геологическими и эксплуатационными показателями. По мере продвижения очистного забоя изменяются длина лавы, угол наклона почвы, мощность пласта, насыпная плотность угля и др. Так как выемка угля осуществляется стругами и комбайнами разных конструкций, то различна и нагрузка на конвейер. Скребковым конвейерам приходится работать в широком диапазоне горно-технических и горно-геологических условиях.

Основная добыча угля в бассейне проводится в районах с тектонически-сложным строением. По введенным кондициям мощности угольных пластов рабочими являются пласты коксующегося каменного угля от 0,7 м и выше. Нижний предел рабочей мощности пластов энергетического топлива 1,0 м.

В бассейне преимущественно развиты пласты средней мощности — от 1,3 до 3,0 м. Наряду с этим по отдельным районам верхнебалахонской свиты преобладают мощные и среднемощные, в кольчугинской серии – среднемощные и тонкие пласты. В целом по бассейну тонкие пласты в общих запасах углей составляют 21%, средние 46% и мощные 33%. Распределение пластов угля по мощности в разрезе отложений отдельных районов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение мощности угля по группам пластов

Район	Группы пластов по мощности, в % к общей мощности угля			Количество мощных пластов, свыше 10 м
	тонкие, 0.7-1.3 м	средние, 1.3-3.5 м	мощные, свыше 3.5 м	
Анжерский	34	52	14	–
Кемеровский	24	50	26	0 – 2
Крапивинский	55	39	6	–
Титовский	36	47	17	–
Завьяловский	62	29	9	–
Бачатский	8	18	74	2
Прокопьевско-Киселевский	7	30	63	3 – 4
Кондомский	19	31	50	1 – 2
Мрасский	13	27	60	2 – 4
Томь-Усинский	13	35	52	4 – 6
Плотниковский	15	60	25	–
Салтымаковский	12	55	33	–
Ленинский	23	54	23	0 – 3
Беловский	74	25	1	–
Осиновский	47	53	–	–
По Кузбассу в целом	21	46	33	–

По условиям залегания основное значение в запасах углей имеют пологолежащие пласты – с углами падения до 30°. На долю пологих пластов приходится 72% запасов угля, наклонных 12% и крутопадающих 16%. Такое соотношение сохраняется для запасов угля, подсчитанных до глубины 1800 м от поверхности. На верхних горизонтах несколько возрастает удельный вес крутопадающих и наклонных пластов. По отдельным районам это соотношение меняется. Прокопьевско-Киселевский, Араличевский и Бачатский районы, например, характеризуются исключительно крутым залеганием пластов и, наоборот, Крапивинский, Плотниковский, Ерунаковский, Салтымаковский, Томь-Усинский, Мрасский – пологим. Распределение запасов угля районов по углам падения пластов приводится в таблице 2.

Таблица 2 – Приближенное распределение запасов угля по углам падения пластов, в % к общим запасам

Район	Пласты		
	пологие (до 30°)	наклонные (30-45°)	крутые (свыше 45°)
Анжерский	78	11	11
Кемеровский	67	20	13
Крапивинский	100	–	–
Титовский	59	8	33
Завьяловский	62	26	12
Бачатский	–	–	100
Прокопьевско-Киселевский	–	6	94
Кондомский	53	35	12
Мрасский	95	5	–
Томь-Усинский	92	2	6
Плотниковский	95	5	–
Салтымаковский	100	–	–
Ленинский	42	41	17
Беловский	35	41	24
Осиновский	79	11	10
По Кузбассу в целом	66	12	22

При таком разнообразии условий залегания пластов, многообразии проявления форм тектоники и изменения горно-геологических условий отработки с глубиной управления боковыми породами при добыче требует непрерывного совершенствования применительно к конкретным условиям.

Угли различных пластов и свит также отличаются по крепости и условиям отбойки. Угли кольчугинской серии являются наиболее хрупкими и сильно трещиноватыми, что в совокупности приводит к получению товарного угля преимущественно мелких классов. Наибольшей прочностью и выходом крупных классов характеризуются угли Томь-Усинского района, затем угли пластов Мощного, Горелого, Волковского и некоторых других в Прокопьевско-Киселевском и Кемеровском районах.

Данные по характеристике временного сопротивления углей бассейна сжатию единичны и получение этого показателя вследствие большой трещиноватости угля очень затруднено. Величины показателя крепости (f) по методу

толчения в сопоставлении с данными временного сопротивления углей сжатию приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика крепости некоторых углей Кузбасса

Петрографический тип угля	W ^a , %	A ^c , %	V ^Г , %	f	Микротвердость, кг/см ³	Временное сопротивление сжатию, кг/см ³
Паст IV Внутренний шх. Коксовой 1						
Полублестящий	0.7	6.4	19.7	0.48	21.9	75
Полуматовый	1.1	9.4	18.1	0.71	24.5	63
Матовый	0.6	26.5	27.9	1.42	24.5	171
Паст III Внутренний шх. Коксовой 1						
Блестящий	0.6	9.3	19.3	0.63	27	-
Полублестящий	0.7	12.7	19.8	0.75	27.3	-
Полуматовый	1.1	22.2	15.4	1.51	-	-
Матовый	0.6	17.8	23.6	1.66	-	-
Пласт Горелый шх. Коксовой 1						
Полублестящий	1.4	2.0	17.7	0.53	25	36
Полуматовый	1.2	2.5	17.5	0.76	26	94
Полуматовый однородный	0.7	1.7	16.9	0.75	-	131
Матовый	0.8	270.8	-	0.9	-	135
Пласт Кандалепский 1 шх. Капитальной 221						
Блестящий	0.8	3.2	26.8	0.39	22	21
Пласт Толмачевский шх. Им. Кирова						
Блестящий	3.0	1.3	40.5	0.67	30	-

Особенности условий эксплуатации транспортного оборудования, в первую очередь, определяют горно-геологические и горнотехнические факторы. Причем степень неблагоприятности условий при разработке полезных ископаемых подземным способом, как правило, растет в направлении от околотовольного двора к подготовительному и, особенно, очистному забоям.

Рассмотрим основные группы факторов (среда, рабочее пространство и нагрузки) оказывающих непосредственное влияние на эксплуатацию скребковых конвейеров в условиях угольных шахт.

Среда отличается взрывоопасностью, влажностью и агрессивностью, абразивностью, запыленностью и другими свойствами, усложняющими эксплуатацию.

Взрывоопасность рудничной атмосферы шахт обусловлена, главным образом, наличием метана, концентрация которого зависит не только от газоносности пласта, но и скорости подвигания линии очистных забоев.

Взрывоопасна и угольная пыль, концентрация которой обусловлена как свойствами полезного ископаемого, так и конструкцией исполнительного органа выемочной машины и видом транспортного оборудования. Два неблагоприятных фактора – измельчение полезного ископаемого и пылеобразование, таким образом, оказываются взаимосвязанными. Уменьшение первого вызывает и снижение второго. Местами наиболее интенсивного пылеобразования считаются пункты перегрузки полезного ископаемого с одного транспортного средства па другое. В этих пунктах должны применяться средства пылеподавления, та-

кие как орошение, пылеотсасывание и др. В свою очередь, и узлы транспортного оборудования должны быть надежно защищены от проникновения пыли. Это относится, в частности, к подшипниковым узлам, редукторам, гидравлическим и другого вида муфтам, шарнирам, направляющим и т. д.

Пылевидные фракции транспортируемого груза обладают свойством просыпаться на почву через различные неплотности в грузонесущем органе. Некоторое количество пыли транспортируется холостой ветвью конвейера, например скребковыми цепями, пластинчатым полотном, лентой. При выходе на верхнюю ветвь конвейера эта пыль просыпается, засоряя концевую станцию.

Влажность среды зависит, главным образом, от водоносности пород, которую при притоках более $2 \text{ м}^3/\text{ч}$ считают неблагоприятной. Влажность может вызвать вымывание смазки из подшипниковых узлов. Так, если в почве штрека имеется заполненное водой значительное углубление, то ролики пластинчатого полотна, проходя в этом месте, будут окунаются в воду, и, как показывает практика, со временем перестанут вращаться, что приведет к отказу всего пластинчатого конвейера. Влага может привести к гниению некоторых материалов, таких как прокладки несинтетических конвейерных лент, деревянных шпал и подкладок под секции конвейеров, в некоторых случаях деревянных фундаментов и т. д. Поэтому нужно избегать использование подверженных гниению материалов либо они должны быть пропитаны антисептиками. Поскольку обильная влага ухудшает санитарно-гигиенические условия работы, не рекомендуются очистки транспортных машин гидравлическим способом и предпочтение следует отдавать «сухим» способам.

При передаче в машине тягового усилия трением (между конвейерной лентой и барабаном, между сцепными колесами локомотива и рельсами, между приводными катками подвесного локомотива и монорельсом) влажность среды вызывает уменьшение коэффициента сцепления.

Влажность шахтной среды, как правило, сочетается с ее химической активностью, приводящей к коррозии металла. Борьба с ней, имеющая общегосударственное значение, протекает в направлении применения легированных или низколегированных сталей, например для тяговых цепей (повышающих одновременно прочность или позволяющих уменьшить размеры деталей), а также антикоррозионных покрытий в виде полимерных материалов, специальных лаков, рациональной покраски.

Абразивность среды проявляется через истирающую способность горной массы при ее трении о грузонесущий орган или другие элементы транспортной машины. Особенно значительно проявляется абразивность горной массы на конвейерах. Если уголь не обладает значительной абразивностью, то сопутствующие породы, наоборот, могут ощутимо истирать желоб и цепи скребковых конвейеров, полотно пластинчатых конвейеров, конвейерную ленту и т. д. Если степень абразивности зависит главным образом от твердости частиц груза, то острогранность – от наличия острых режущих граней, которые могут быть и у слабоабразивных грузов, таких как каменный уголь. Острогранность может привести к разрезанию обкладок или даже пробую ленты при падении груза на

нее с достаточно большой высоты. Для защиты ленты применяют, в частности, специальные загрузочные устройства.

Немаловажным фактором, усугубляющим агрессивные свойства среды, в которой работают транспортные установки, является липкость горной массы, которая представляет собой свойство грузов прилипать к поверхности узлов транспортной установки; Обычно свойством липкости обладают некоторые влажные грузы.

Налипание груза вызывает снижение емкости кузова вагонетки, рештака скребкового конвейера и т. д. Некоторые особенно липкие грузы, например глинистые (типа марганцевых руд), налипают на поверхности барабанов, роликов и т. д., делая транспортную установку неработоспособной.

Если своевременно не удалить налипший груз, то он может вызвать твердые напластования, крепко сцементированные с теми или иными узлами машины. В этом случае для очистки требуется применение инструментов. К условиям, благоприятствующим налипанию, относятся неровности поверхности, например вмятины, отсутствие плавного изменения формы детали, наличие угловых переходов, карманов и т. д. Типичные места, в которых налипает груз – полотно пластинчатого конвейера, направляющие цепей скребковых конвейеров. В последнем случае образовавшиеся напластования резко увеличивают сопротивления движению, что ухудшает эксплуатационные показатели.

Рабочее пространство характеризуется стесненностью и непостоянством рабочего места, наклонным расположением и непостоянством угла наклона, искривленностью в плане и профиле, деформируемостью, большой протяженностью.

Наиболее стеснено рабочее пространство в забоях, особенно тонких (мощностью до 0,9 м) и весьма тонких (мощностью до 0,7 м) пластов. В этих условиях транспортное оборудование (скребковые конвейеры) должно иметь наименьшие высоту и ширину либо отдельные выступающие части должны размещаться между стойками крепи. Поэтому приводные станции забойных скребковых конвейеров имеют специальную компоновку с расположением двигателя параллельно оси рештачного става или перпендикулярно к ней.

Одно из направлений повышения компактности редукторов и других узлов заключается в применении специальных высокопрочных сталей и соответствующей термической обработки.

Требование наименьшей высоты сохраняется и для других выработок, высота которых равна мощности пласта (просеков, печей и т. д.), но становятся менее жестким для выработок, удаленных от лавы. Благодаря компактности по высоте при доставке ленточными и пластинчатыми конвейерами можно применять переходные мостики, повышающие безопасность эксплуатации. Требование наименьшей ширины транспортной машины распространяется на все выработки. Исключением могут быть на современных шахтах капитальные выработки, сечение которых определяется по условиям проветривания. Уменьшение требуемой ширины выработки может быть также достигнуто расположением

транспортных машин на двух уровнях, например, совмещением конвейеров с подвесными монорельсовыми дорогами.

Компактность приводных станций упрощает также оборудование перегрузочных пунктов с одного конвейера на последующий.

Большинство транспортных машин работает в наклонном положении, обычно при переменном угле наклона, вызванном сложностью гипсометрии пластов. Каждая машина должна быть предназначена не для одного угла наклона, а для определенного диапазона углов. Их предельные значения ограничены особенностями конструкции.

Наклонное положение транспортной машины требует применения обратных остановов и тормозов для конвейеров, тормозов для локомотивов, погрузочных машин, погрузочно-транспортных машин, приводов монорельсовых дорог, парашютов для пассажирских вагонеток и монорельсовых дорог, ловителей тяговых органов конвейеров и вагонеток, а также противоугонных средств, препятствующих сползанию вниз конвейера, рельсового пути, погрузочной машины.

На сопряжениях участков выработки с разными углами наклона (углами падения пласта) возможно возникновение опасных явлений: снижение продольной устойчивости, вагонеток, нарушение геометрического вписывания напочвенного и монорельсового подвижного состава в путь и выработку (особенно при перемещении длинномерных грузов, таких как рельсы, имеющие длину до 12,5 м), приподнимание тягового органа или даже става конвейера над почвой или, наоборот, прижатие с недопустимой силой тягового органа к роликам или направляющим и т.д.

Горизонтальные выработки тоже имеют уклон, требуемый по условиям нормального стока шахтной воды. Хотя нормальным считается уклон в 5‰, но на практике вследствие погрешностей геологических съемок, сложной гипсометрии пластов, наличия различных геологических нарушений этот уклон может быть значительно больше.

Штреки, пройденные по изогипсам, обычно криволинейны. В настоящее время единственными конвейерами большой протяженности при криволинейной трассе являются пластинчатые. Однако, на изогнутых участках возникают повышенные сопротивления движению и износ направляющих, а также нагрузки, стремящиеся опрокинуть конвейерный став.

Из-за сдвижения горных пород выработки деформируются. Это неблагоприятно сказывается на условиях работы транспортных машин, так как вызывает различные перекосы и сдвиги узлов: приводов, конвейерных ставов, рельсовых и монорельсовых путей (особенно на стыках), децентрированию ленты и т.п. Для того чтобы избежать недопустимых перегрузок, в одних конструкциях закладывают некоторую подвижность сопряженных узлов (например, секций конвейерного става), возможность изменения вида опоры (подвеска конвейерного става к крепи). В других конструкциях предусматривают такой способ присоединения узла, на нормальную работу которого деформация выработки не влияет (например, крепление приводного блока конвейера к ставу, крепление

привода электровоза). В третьих – применяют компенсаторы неровностей за счет рессорного подвешивания тд.

Транспортные линии обладают большой протяженностью и разветвленностью. В конвейерах это вызывает помимо увеличения нагрузок на тяговый орган, привод, натяжное устройство, став усложнение контроля средней части и появление отказов в виде децентрирования ленты, прекращение вращения неподвижных или подвижных роликов, перекосы и искривления става, нарушения нормальных зазоров между транспортными машинами и стенками выработок и др. Несмотря на имеющиеся успехи в области увеличения длины конвейеров полностью бесперегрузочного транспортирования достигнуть не удастся. В местах перегрузки возникают вредные явления измельчения полезного ископаемого, пылеобразования, просыпи на почву, ударов кусков груза о тягово-грузонесущий орган конвейера. Для устранения этих явлений требуются дополнительные затраты материальных средств по надлежащему устройству перегрузочных пунктов. Применение в местах перегрузки аккумулялирующих емкостей, снижающих неравномерности грузопотоков, в виде горных или механизированных бункеров требует их оснащения устройствами контроля работы и управления механизмами. Сложности возрастают в местах сопряжения конвейеров с рельсовыми средствами транспорта.

Нагрузки действующие на транспортные машины, специфичны.

Значительная неравномерность грузопотоков требует проведения расчетов по пиковым нагрузкам, что приводит к недогруженности машины при средних грузопотоках и, как следствие, к ухудшению использования прочностных свойств металла, снижению коэффициента мощности, снижению технико-экономических показателей.

Машины подвержены значительным динамическим нагрузкам. Последние при переходных режимах достигают больших величин. Объясняется это сравнительно низкими статическими сопротивлениями, характерными за небольшим исключением для всех горизонтально расположенных машин, что обусловлено небольшими коэффициентами сопротивления движению. В то же время машины обладают большой инерционностью ввиду значительных перемещаемых масс и маховых моментов приводов. Поэтому при пуске и остановке динамические нагрузки могут быть соизмеримы со статическими или превзойти их.

На целый ряд машин динамические нагрузки действуют и при установившемся движении и носят циклический характер. Это относится ко всем цепным конвейерам ввиду неравномерности движения тягового органа. Циклический характер динамических нагрузок приводит к снижению усталостной долговечности деталей. Этому способствует агрессивный характер шахтных вод. Явления коррозии усталостных микротрещин в местах концентрации напряжений ускоряют усталостные процессы и вызывают различные отказы.

Динамические нагрузки могут возникать вследствие аномальных режимов работы, таких как заклинивание тягового органа конвейера, опрокидывание или сход с рельсов вагонеток, порывы сцепок, тяговых органов, тяговых кана-

тов и вследствие этого срабатывания парашютов, амортизаторов, тормозов, стопоров и по другим причинам.

Возрастание нагрузок может возникать и при статических переходных процессах. Так, частичное по длине заполнение грузонесущего органа многоприводного (например, пластинчатого) конвейера вызывает неравномерность распределения нагрузки между приводами и возрастание в определенном месте статического натяжения. Статические переходные процессы вызывают рывки тягового органа монорельсовых канатных дорог.

В связи со всем вышеперечисленным с целью установления нагрузок необходимо произвести расчет скребкового конвейера с целью установления нагрузок, которые впоследствии будут использоваться для нагружения моделей тяговых органов в программном обеспечении Ansys Workbench.

1.3 Расчет скребкового конвейера

Перемещение горной массы на скребковом конвейере осуществляется вращением ее по желобу скребками. Часть транспортирующего органа, которая в данный момент перемещает сыпучий материал, называется грузовой, или рабочей, ветвью; другая ветвь называется порожняковой, или холостой. Загрузка конвейера может производиться по всей длине става, разгрузка – только на концевых головках. Скребковые конвейеры могут перемещать горную массу по горизонтальным и наклонным выработкам с углом до 35° вверх и до 25° вниз. При больших наклонах выработок горная масса может самопроизвольно скатываться вниз по желобу. Длина конвейера зависит от прочности цепей, мощности двигателей и наклона выработки, в которой он установлен.

Скребковые конвейеры применяются преимущественно для транспортирования относительно легких (плотностью менее 2 т/м^3), неабразивных материалов. Перемещение ими тяжелых и весьма крепких пород представляет значительную трудность вследствие выхода (всплывания) транспортирующего органа на поверхность горной массы, быстрого износа цепей и желобов, заклинивания кусков породы между цепью и лучами приводных звездочек и между боковыми цепями и бортами желобов.

Очистные забои работают с разными геологическими и эксплуатационными показателями. По мере продвижения очистного забоя изменяются длина лавы, угол наклона почвы и мощность пласта. Так как выемка угля осуществляется стругами и комбайнами разных конструкций, то различна и нагрузка на конвейер.

Для расчета нагрузок действующих на тяговой орган скребкового конвейера используем следующие горно-геологические и горно-технические условия работы конвейера:

- Длина конвейера в поставке $L = 120 \text{ м}$;
- Насыпная плотность транспортируемого материала $\gamma = 1.1 \text{ т/м}^3$;
- Плотность материала в целике $\gamma_{\text{ц}} = 1.3 \text{ т/м}^3$;
- Угол естественного откоса $\alpha = 30^\circ$;

- Скорость движения цепи конвейера $v = 0.8 \text{ м/с}$;
- Угол наклона конвейера $\beta = 3^\circ$.

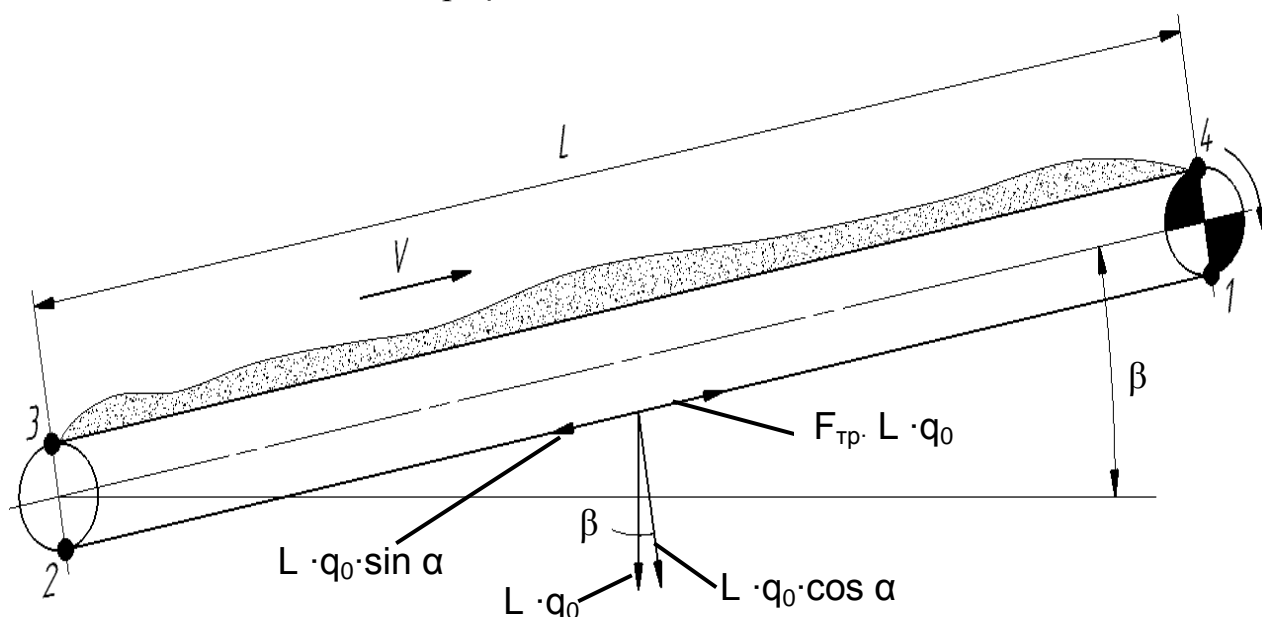


Рисунок 1 – Схема к расчету передвижного скребкового конвейера
 Расчетную производительность скребкового конвейера при неподвижном пункте загрузки определяем по формуле:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \gamma \cdot \psi, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1)$$

где F – площадь поперечного сечения транспортируемого материала на желобе (рештаке) линейной секции конвейера (рисунок 3), м^2 ;

v – скорость движения цепи, м/с ;

γ – насыпная плотность транспортируемого материала, т/м^3 ;

ψ – коэффициент заполнения желоба, учитывающий в струе материала цепей, скребков, а также порционность волочения – для легкосыпучих мелких грузов $\psi = 0.5 \div 0.6$, для плохосыпучих кусковых грузов $\psi = 0.6 \div 0.8$.

$$Q = 3600 \cdot 0.213 \cdot 0.8 \cdot 1.1 \cdot 0.6 = 405 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для определения площади поперечного сечения транспортируемого груза воспользуемся чертежом и встроенной функцией определения площади в программе КОМПАС 3D (рисунок 2).

Сопротивления движению слагаются из суммы распределенных (линейных) и сосредоточенных (местных) сопротивлений, возникающих по длине конвейера. Сопротивления определяются последовательно по ходу движения.

Силы вредных сопротивлений определяются силами трения цепного тягового органа по желобу и в направляющих, силами трения материала по дну и стенкам желоба, по цепи, а также силами трения между частицами материала из-за их непрерывного перемешивания.

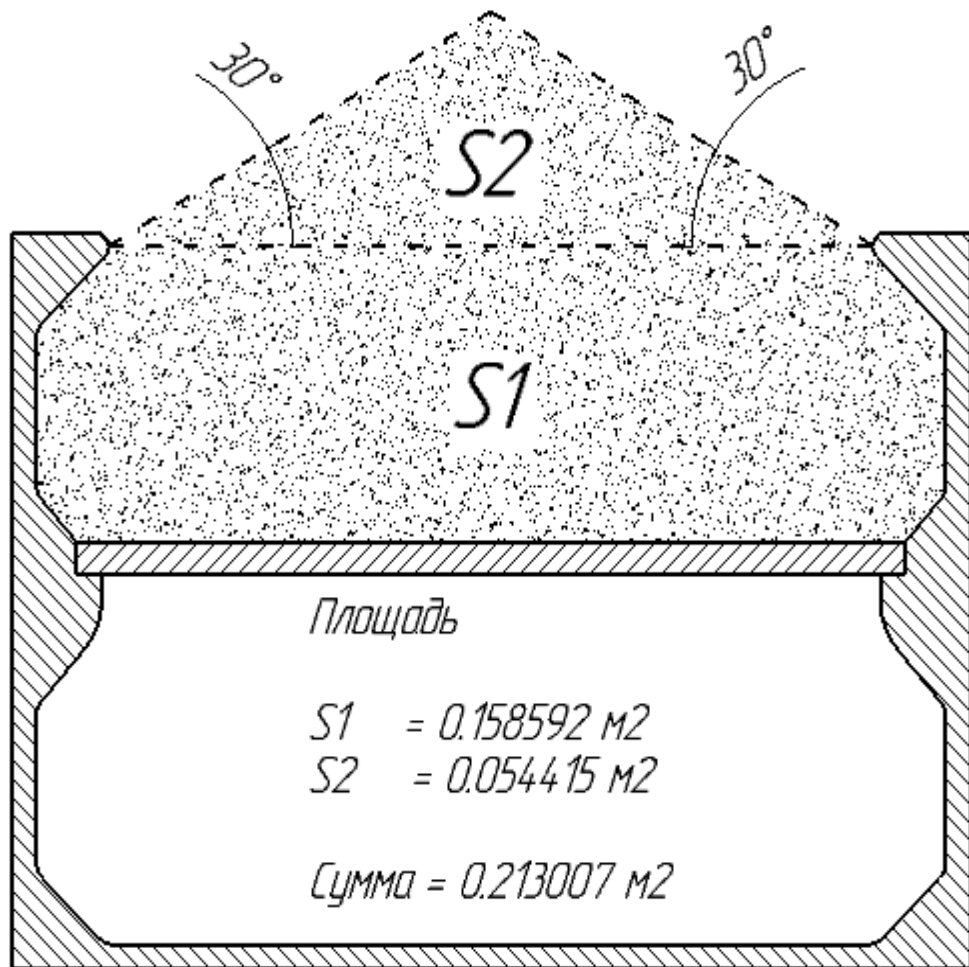


Рисунок 2 – Площадь поперечного сечения транспортируемого материала

Определяем силы сопротивления движению на прямолинейных участках конвейера длиной L , по формуле:

- для груженной ветви

$$W_{zp} = W_{3-4} = L \cdot g \cdot \left[(q \cdot w_{zp} + q_0 \cdot w_0) \cdot \cos \beta \pm (q + q_0) \cdot \sin \beta \right] H \quad (2)$$

- для порожней ветви

$$W_{nop} = W_{1-2} = L \cdot g \cdot q_0 \cdot (w_0 \cdot \cos \beta \pm \sin \beta), H \quad (3)$$

где q – нагрузка от транспортируемого груза на 1 м длины конвейера, кг/м;

q_0 – масса 1 м тяговых цепей, кг/м; для одноцепных конвейеров $q_0 = 10 \div 15 \text{ кг/м}$, для двухцепных $q_0 = 20 \div 25 \text{ кг/м}$;

w_0 – коэффициент сопротивления движению тягового органа по желобу;

w_{zp} – коэффициент сопротивления движению материала по желобу;

β – угол наклона конвейера, град.

Знак плюс – соответствует доставке груза по восстанию, знак минус – для доставке груза по падению.

Таблица 4 – Значение коэффициентов сопротивлений движению

Тип конвейера	w_0	w_{zp}
Одноцепной с вертикально замкнутой цепью	0.45 – 0.55	0.35
Одноцепной с горизонтально замкнутой цепью	0.70 – 0.75	0.4
Двухцепные с вертикально замкнутой цепью с верхними направляющими и закрытой нижней ветвью при прямолинейном стае	0.70 – 0.80	0.3
Двухцепные с вертикально замкнутой цепью с верхними направляющими и закрытой нижней ветвью при волнистом профиле става	1.0 – 1.2	0.4
Двухцепные с вертикально замкнутой цепью, с верхними направляющими при открытой снизу холостой ветви и прямолинейном стае	0.70 – 0.80	0.5

Определяем массу от транспортируемого груза на 1 м длины конвейера по формуле:

$$q = Q/3.6 \cdot v = 405/3.6 \cdot 0.8 = 140.6 \text{ кг} \quad (4)$$

$$W_{zp} = W_{3-4} = 120 \cdot 9.81 \cdot [(140.6 \cdot 0.3 + 20 \cdot 0.75) \cdot \cos 3 + (140.6 + 20) \cdot \sin 3] = 77105.8 \text{ Н}$$

$$W_{nop} = W_{1-2} = 120 \cdot 9.81 \cdot 20 \cdot (0.75 \cdot \cos 3 - \sin 3) = 16402 \text{ Н}$$

При определении натяжения тягового органа в любой точке контура исходим из условия минимума натяжений, т.е. что тяговый орган в любой точке контура растянут. Поэтому считаем по условию повсеместного растяжения S_{np} (S_{np} – ограничение натяжения), предполагая что в точке 1 сбегая с привода натяжение $S_1 = S_{np} = 2000 \div 3000 \text{ Н}$.

Далее методом обхода контура рассчитываем натяжение в последующих характерных точках, Н:

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} = 3000 + 16402 = 19402 \text{ Н}, \quad (5)$$

$$S_3 = S_2 \cdot 1.05 = 19402 \cdot 1.05 = 20372.1 \text{ Н}, \quad (6)$$

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = 20372 + 77105.8 = 97477.9 \text{ Н} \quad (7)$$

При движении цепи по отклоняющим и приводным звездочкам появляются дополнительные статические сопротивления, определяемые силами сопротивления при изгибе цепи, сопротивлениями трения цепей о звездочку, а также сопротивлениями от трения в подшипниковых узлах звездочки.

Обычно данные сопротивления учитывают интегрально коэффициентом потерь.

Определяем силу сопротивления на приводной и хвостовой звездочке по формулам:

$$W_{np} = \zeta_{np} \cdot (S_{нб} + S_{сб}), H \quad (8)$$

$$W_{хв} = \zeta \cdot S_{нб}, H \quad (9)$$

где ζ_{np} – коэффициент потерь на приводной звездочке, равный (0.03÷0.05);
 ζ – коэффициент потерь на хвостовой звездочке, равный (0.04÷0.06);
 $S_{нб}, S_{сб}$ – натяжение тягового органа соответственно в точках набегания на приводную звездочку и сбегая с нее, Н.

$$W_{np} = 0.4 \cdot (97477.9 + 3000) = 4019.1H,$$

$$W_{хв} = 0.5 \cdot 97477.9 = 4873.9H$$

Тяговое усилие на приводном валу определяем по формуле, Н:

$$W_0 = S_4 - S_1 + W_{np} = 97477.9 - 3000 + 4019.1 = 98497H \quad (10)$$

Допустимая нагрузка на цепной тяговый орган определяется разрывным усилием одной цепи, необходимым запасом прочности, количеством цепей, а также неравномерностью распределения нагрузки между цепями.

Допускаемую нагрузку на цепной тяговый орган определяем по формуле:

$$S_{доп} = \frac{\lambda \cdot S_p \cdot i}{m_p}, H \quad (11)$$

где λ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между цепями (таблица 2);

S_p – разрывное усилие одной цепи, принимается из технической характеристики цепей (таблица 3);

i – количество тяговых цепей, ед;

m_p – коэффициент запаса прочности цепи.

Таблица 2 – Значение коэффициента неравномерности распределения нагрузки между цепями

Характеристика цепного тягового органа	λ
Одноцепной	1.0
Двухцепной:	
• штампованные разборные цепи	0.63...0.67
• круглозвенные цепи	0.83...0.91

Определяем расчетный коэффициент запаса прочности на натяжение по несущей способности по выражению:

$$m_p = \frac{m_{н.ом}}{k_p \cdot k_m \cdot k_o \cdot k_{дин}}, \quad (12)$$

где: $m_{н.ом}$ – номинальный коэффициент запаса прочности (при расчете по нагрузкам установившегося режима $m_{н.ом} = 5$; по пусковым нагрузкам $m_{н.ом} = 3$).

k_p – коэффициент режима работы конвейера (таблица 4);

k_m – коэффициент конфигурации трассы конвейера ($k_m = 1.00$ - для горизонтальной прямолинейной трассы; $k_m = 0.85$ - для сложной трассы);

k_o – коэффициент ослабления расчетного сечения деталей цепи (при предельно допусаемом износе $k_o = 0.8 \div 0.9$);

$k_{дин}$ – коэффициент динамических нагрузок (таблица 5).

$$m_p = \frac{5}{0.9 \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot 0.8} = 7.7$$

Таблица 4 Значения коэффициента режима работы конвейера

Режим работы	Весьма легкий	Легкий	Средний	Тяжелый	Весьма тяжелый
k_p	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8

Таблица 5 – Значения коэффициента динамических нагрузок

Скорость движения цепи, м/с	до 0.1	0.1...0.3	>0.3
$k_{дин}$	1.0	0.9	0.8

Тогда допустимая нагрузка будет равна:

$$S_{дон} = \frac{0.87 \cdot 510 \cdot 2}{8.17} = 115.2 \text{ кН}$$

Условие прочности выполняется, т.к. $S_{дон} > S_{max}$

Двигатели скребкового конвейера, как и большинства прочих установок непрерывного действия, выбираем по нагреву при работе со статическим (установившимся) тяговым усилием приводного блока W_0 .

Определяем суммарную мощность двигателей привода в тяговом режиме по формуле:

$$N = \frac{k_m \cdot W_0 \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт} \quad (13)$$

где k_m – коэффициент запаса мощности, $k_m = 1.1 \div 1.2$;

η – коэффициент полезного действия привода, равный для забойных скребковых конвейеров $0.82 \div 0.87$

$$N = \frac{1.1 \cdot 98497 \cdot 0.8}{1000 \cdot 0.87} = 99.6 \text{ кВт}$$

В результате расчета определены нагрузки возникающие в различных местах тягового органа скребкового конвейера. Моделирование нагрузочных режимов работы тягового органа в программном обеспечении ANSYS Workbench будем производить по максимальным статическим напряжениям приведенным в расчете.

1.4 Анализ конструкций рабочих органов скребковых конвейеров

Тяговые органы конвейеров служат для передачи тягового усилия от привода транспортной установки грузонесущим элементам или непосредственно грузу. По конструктивному признаку тяговые органы разделяют на: цепные, ленточные, канатные, колесные с использованием рабочей смеси (вода или сжатый воздух), силы тяжести самого груза, грузонесущих элементов (желоба, трубы, лотки).

В зависимости от типа тяговых органов тяговое усилие может передаваться: зацеплением с тяговыми цепями (в скребковых, пластинчатых и ленточных конвейерах и др.); трением или сцеплением – в установках с гибким замкнутым тяговым элементом (в ленточных и канатно-ленточных конвейерах); сцеплением – в установках с приводными колесами (локомотивы); силой инерции – в качающихся и вибрационных конвейерах; рабочей средой – в гидро- и пневмоустановках и др.

Транспортирующий орган скребковых конвейеров (рисунок 1) состоит из одной или двух, очень редко трех тяговых цепей, к которым с помощью болтов или специальных соединений крепятся скребки.

Тяговые цепи в скребковых конвейерах один из ответственных элементов, преодолевающий большие сопротивления движению груза и выдерживающий большие нагрузки. Тяговая цепь должна быть прочной и износоустойчивой, простой по конструкции, дешевой в изготовлении.

Цепи изготовляют разборными штампованными для конвейеров С53, СК38 (рисунок 1, а) и круглозвенными кольцевыми сварными для конвейеров СР, СП (рисунок 1, б, в).

Основные параметры тяговых цепей:

- шаг t , мм;
- нагрузка на 1 м длины q_0 , Н/м;
- разрывное усилие S_p , кН;
- коэффициент тары K_T , т/м.

Шаг цепей, применяемых в скребковых конвейерах, составляет 50, 64, 80 и 86 мм для круглозвенных, 80 мм для штампованных, 100, 125, 160, 200 мм для пластинчатых. Разрывное усилие цепей колеблется от 23 до 55 кН, а нагрузка q_0 изменяется от 3 до 20 Н/м.

В зависимости от назначения и типа транспортной установки цепи снабжают различными исполнительными или рабочими элементами: скребками и

грузонесущим элементом, ковшами (в элеваторах), упорными кулаками (в толкателях) и др.

На каждую тонну нагрузки приходится перемещать две—три тяговые цепи с прикрепленными к ним рабочими элементами, что обуславливает непроизводительные затраты энергии и большую металлоемкость транспортного комплекса.

Коэффициент тары характеризует не только металлоемкость, но и техническое совершенство транспортной установки, а также степень ее загрузки.

Штампованная цепь (рисунок 3, а) состоит из боковых звеньев 1 и внутреннего звена 2, шарнирно соединенных между собой валиком 3 с головкой. Элементы цепи изготавливают из стали марок 40Х или 45 Г2 горячей штамповкой на молотах или прокаткой (кроме валиков) на ковочных кольцах. Звенья и валики должны подвергаться термообработке, закалке и отпуску. Твердость после термообработки должна быть для звеньев НВ 269...321, для валиков НВ 321...388. Скребки (сварные) длиной 350 мм крепятся к средним звеньям цепи.

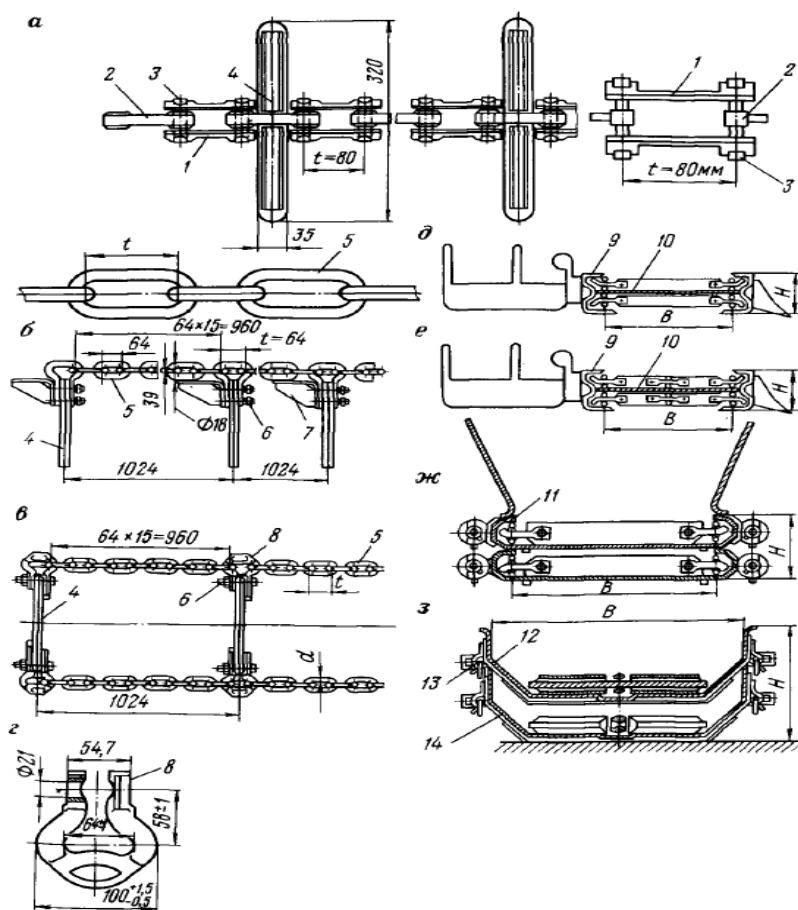


Рисунок 3 – Узлы скребковых конвейеров: а – тяговая цепь со скребками штампованная; б, в – то же, круглозвенная; г – соединительное звено цепи; д, з - сечение рештачного става (д, е – конвейеров типа СП, ж – СР70 и С53); 1 – боковое звено; 2 – внутренне звено; 3 – валик звена; 4 – скребок; 5 – звено цепи; 6 – соединительный болт; 7 – кронштейн; 8 – соединительное звено; 9 – боковина рештака конвейера типа СП; 10 – днище рештака; 11 – направляющие для цепи конвейера типа СР; 12, 14 – верхний и нижний рештаки конвейера типа С53; 13

– затвор со скобой

Штампованные разборные цепи просты в изготовлении, легко собираются и разбираются, однако во время работы происходит самопроизвольное рассоединение при ослабленных натяжениях, а во время переноски – потеря звеньев.

Не меньшее значение, чем отсутствие самопроизвольного размыкания, имеет сохранение свойства разборности цепи в процессе эксплуатации. Основной причиной потери разборности служит поперечная деформация звеньев и вызываемое ею зажатие валиков. Поперечная деформация может происходить при нарушении зацепления цепи со звездочкой, попадании куска породы на звездочку и пр.

Круглозвенная кольцевая сварная цепь (рисунок 3, б, в) состоит из одинаковых звеньев 5 овальной формы, которые изготовляют из круглой стали калибром от 14 до 28 мм. Заводы выполняют цепи отрезками длиной по 960 мм с допуском по длине ± 2 мм. Звено крепится болтом 6.

Элементы цепи соединяют сваркой, а отрезки цепи по 960 мм – с помощью звена 8 (рисунок 3, г).

Достоинства круглозвенных цепей являются: пространственная гибкость, что позволяет применять их для изгибающихся конвейеров (скребковых, пластинчатых и др.); высокая прочность (статическая и циклическая благодаря благоприятной форме); малые потери металла при изготовлении; сравнительно небольшая масса. Кроме того, по мере приработки цепи контактные напряжения в шарнирах постепенно уменьшаются.

Указанные преимущества способствуют возрастающему распространению круглозвенных цепей в различных конструкциях конвейеров.

Круглозвенную цепь изготовляют из стали марки 20Г2 на станках автоматах и подвергают термообработке. Диаметр прутка в месте сварки не должен быть меньше диаметра исходного материала и превышать его более, чем на 10%.

Для передвижных изгибающихся скребковых конвейеров применяют соединительные звенья С-образной формы (рисунок 4). Их используют также для крепления к цепи скребков. Звено состоит из скобы 1, болта 2, пружинной шайбы 3 и гайки 4. Технические характеристики соединительного звена С-образной формы представлены в таблице 5.

Соединительные звенья изготавливают из стали марки 35ХГСА с термообработкой. Для особо прочных цепей рекомендуется сталь марки 30ХГСН2А.

Скребок 4 представляет собой металлическую планку, которая продевается через среднее звено. Сверху и снизу к продетой планке привариваются дуго-

образные ребра по обе стороны среднего звена цепи. Шаг скребков при доставке по падению пласта 1000—1200 мм, по восстанию 400—600 мм.

Таблица 5 – Технические характеристики соединительного звена С-образной формы

Типоразмер цепи, мм	Обозначение (марка)	Номинальные размеры (рисунок 2), мм						Разрушающая нагрузка, кН/9.81
		T	A	m	k	n	d	
14 × 50	СП-46-0901	50	81	15	40	52	17	23
18 × 64	СП-63-0701К	62	104	19.5	48	58	21	36
18 × 64	СП-202-6-001А	62	103	19.5	45	55	21	48
23 × 86	СП-80А-0402А	85	137	25	50	78	27	55

Для цепных передач характерен ряд предельных состояний, при которых дальнейшее использование передач невозможно или нецелесообразно из-за появления функциональных нарушений.

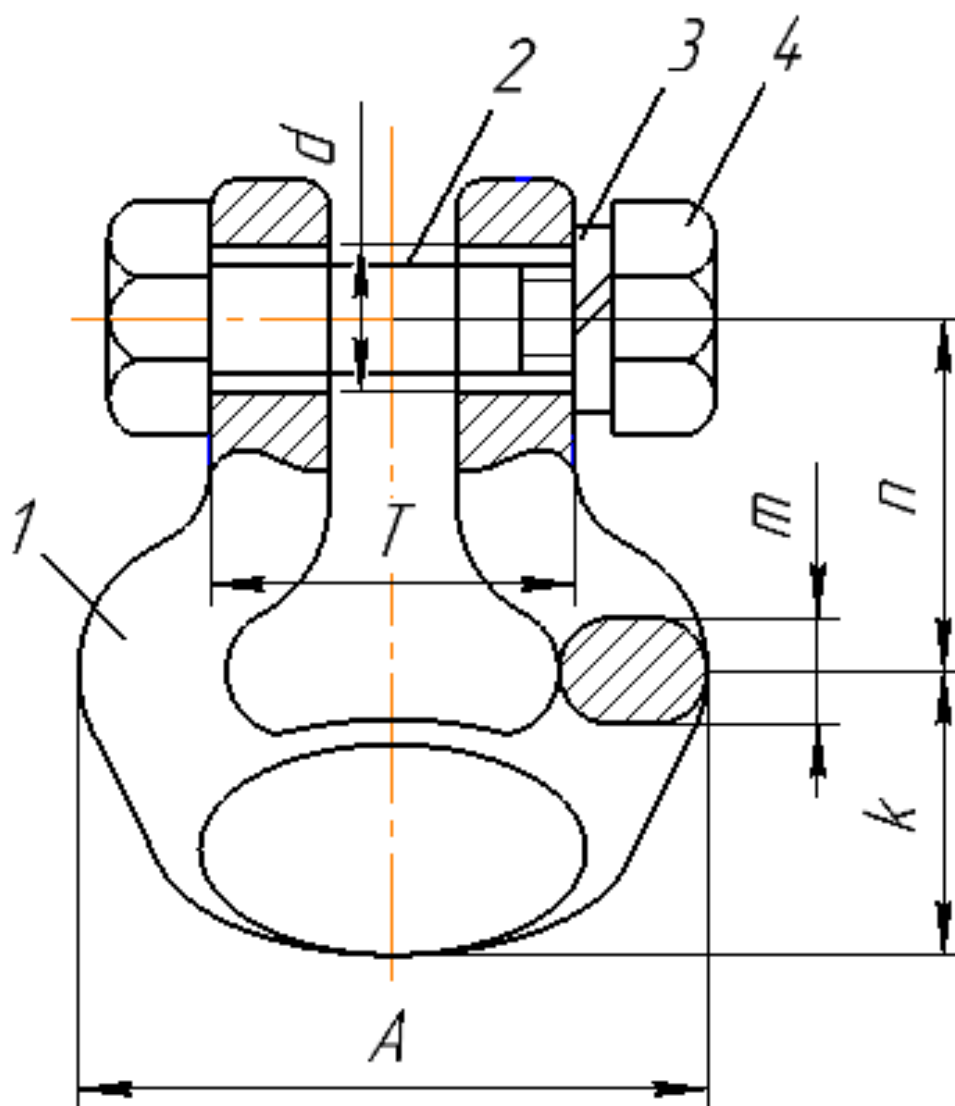


Рисунок 4 – Соединительное звено круглозвенной цепи скребкового конвейера:
1 – скоба; 2 – болт; 3 – пружинная шайба; 4 – гайка

Основные причины, вызывающие предельные состояния: уменьшение прочности, ведущее к разрушению или деформации цепи, износ и др.

К числу требований, которым должны удовлетворять тяговые цепи, относятся: прочность (статическая и циклическая), жесткость, препятствующая деформациям (продольная и поперечным); износостойкость (шарниров, боковых граней, выступов), легкость разборки и надежность соединений (для разборных цепей), стойкость по отношению коррозии.

В зависимости от конкретных условий эксплуатации те или иные требования приобретают первостепенное значение.

Нарушение прочности цепи проявляется в виде разрушения или деформации. Разрушение может произойти под действием статических или динамических нагрузок. Динамические нагрузки могут носить циклический характер, вызванный, например, неравномерностью движения тягового органа. Они могут привести к усталостному разрушению цепей. Они могут также носить ударный характер, вызванный ударом зуба звездочки о шарнир цепи и другими причинами. Складываясь со статическими натяжениями, ударные нагрузки приводят к ударному разрушению. Деформация может быть продольной или поперечной. Первая приводит к вытягиванию звеньев и нарушению таким образом номинального шага цепи. Поперечная деформация может быть вызвана многими причинами: попаданием крепкой пустой породы или прочных предметов между цепью и рештаком (в скребковом конвейере), между цепью и звездочкой, прохождением плоского звена по барабану, ударом вывалившейся из кровли породой и т. п. При этом происходит изгиб валиков и звеньев.

Цепь с погнутыми или деформированными элементами обладает пониженной прочностью и жесткостью, ее эксплуатация недопустима, так как приводит к различным отказам в работе.

Износу подвергаются плоскости скольжения в шарнирах и других элементах цепей, а также замковые выступы (в разборных цепях).

Износ приводит к появлению разноразмерности шагов, снижению жесткости и прочности цепей.

Основные функциональные нарушения работы цепей вследствие нарушения прочности и износа: разрыв цепи; нарушение правильности зацепления цепи со звездочкой; нарушение правильности работы исполнительного органа; появление саморазборности или нарушение разборности (в разборных цепях); увеличение сопротивления движению.

Третья группа причин (нарушение правильности работы исполнительного органа) включает в себя коррозию звеньев и валиков. К этой же группе относятся функциональные нарушения присоединенных к цепям деталей: катков, скребков, пластин, ковшей и др. Сюда можно отнести также функциональные нарушения направляющих для цепей: их деформация, появление выступов («порогов»), ослабление стыковочного узла и т. д.

С целью установления нагрузок в различных местах скребков и цепей для дальнейшего исследования принимаем 3 наиболее распространенные конструкции скребков (рисунок 5) и 3 тяговых органа с этими скребками с двумя

(рис.6,а,б) и одной (рисунок 6,в) круглозвенными цепями. Все габаритные параметры указанных элементов соответствуют параметрам продукции, выпускаемой российскими производителями скребковых конвейеров. Компьютерное 3D моделирование тяговых органов рассматриваемых установок производилось с помощью программы «КОМПАС 3D».

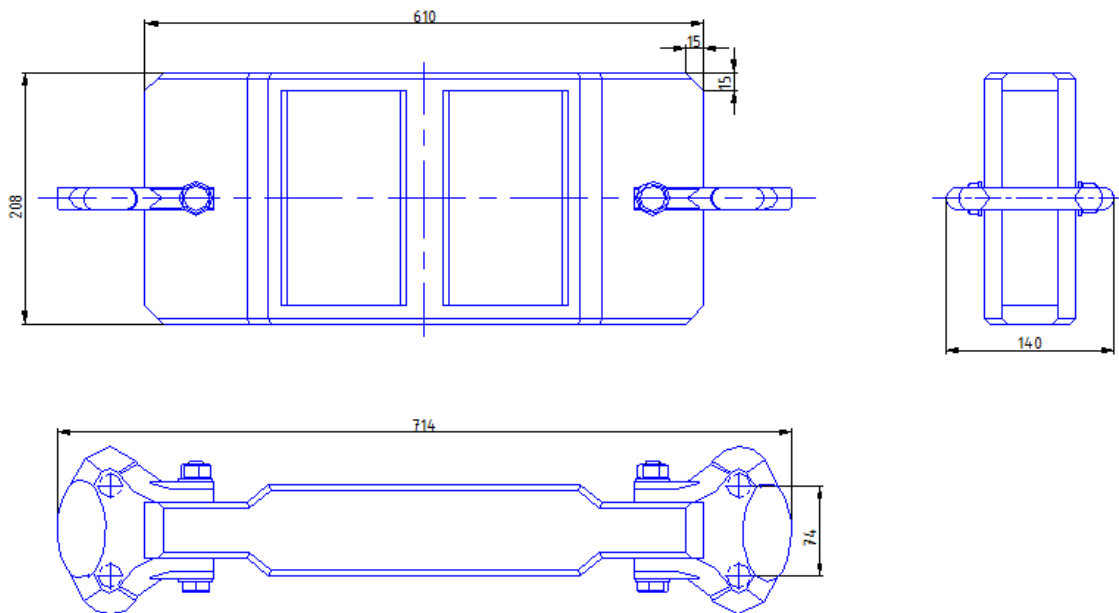


Рисунок 5 – Чертеж скребка формы А

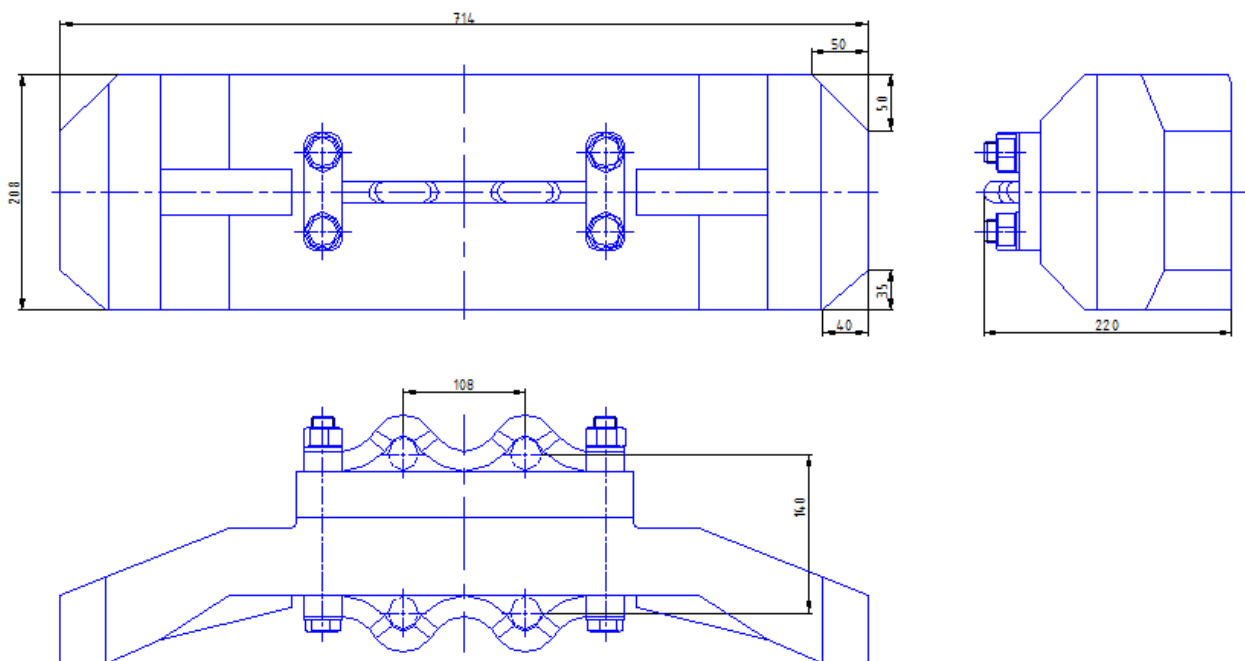


Рисунок 6 – Чертеж скребка формы Б

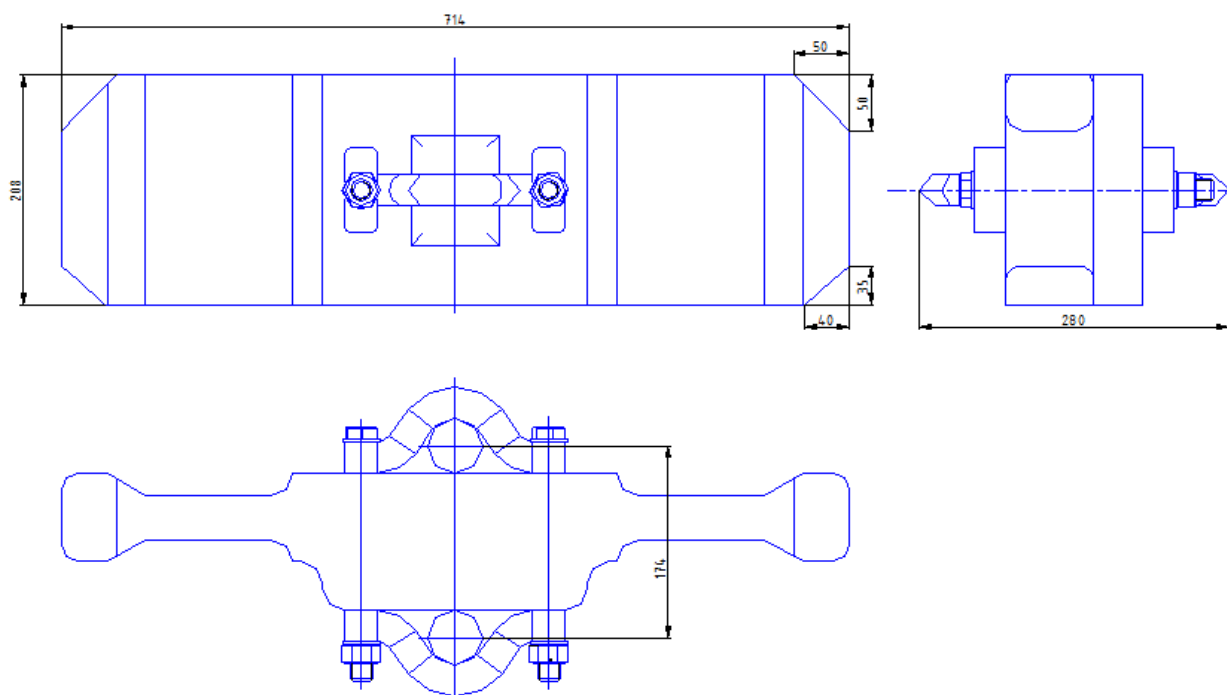


Рисунок 7 – Чертеж скребка формы В

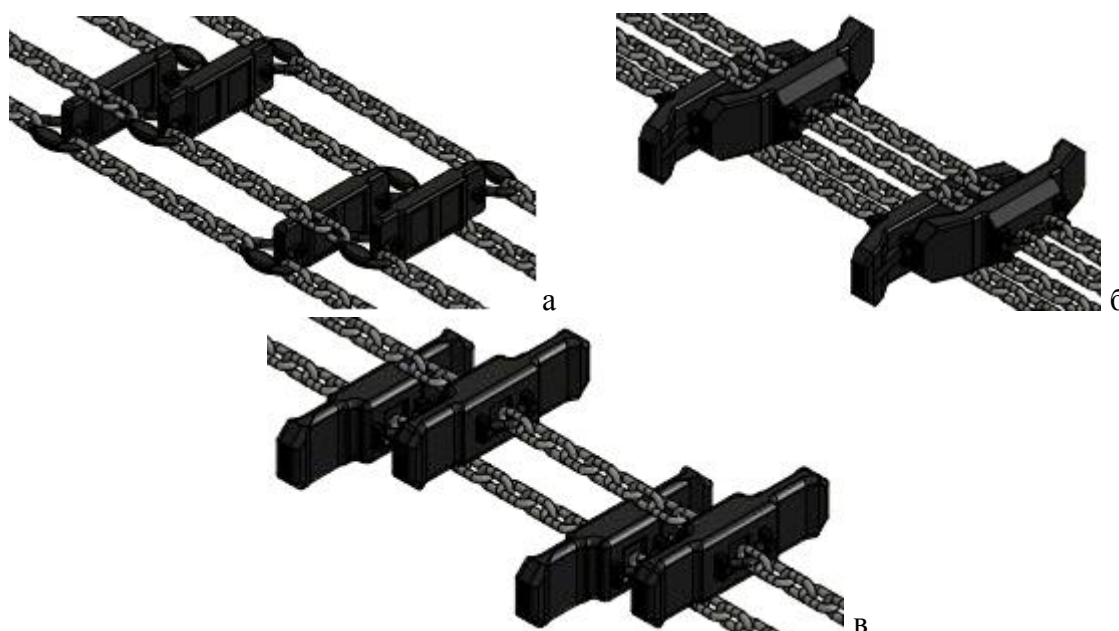


Рисунок 8 – 3D модели тяговых органов скребковых конвейеров

1.5 Работа с программным обеспечением ANSYS Workbench

Программный комплекс ANSYS относится к числу лидеров в области CAE – продуктов конечно-элементного анализа и имеет почти сорокалетний опыт в решении прикладных задач численными методами. Первая версия ANSYS, вышедшая в 1970 г., позволяла проводить расчеты напряженно-деформированного состояния конструкций и тепловые расчеты в стационарной постановке, с тех пор возможности программы выросли многократно. Основным направлением развития программного кода ANSYS, определенным его основателем - профессором Джоном Свонсоном (John Swanson), стала реализация

многодисциплинарных инженерных расчетов. Это во многом определило политику развития компании ANSYS, Inc., и в настоящее время программный комплекс ANSYS охватывает практически все виды инженерного анализа: от механики деформируемого твердого тела и теплового анализа до гидрогазодинамики и анализа процессов горения, взрыва, тепломассообмена и фазовых переходов, электродинамики.

Начиная с первых версий, в ANSYS постоянно совершенствовался графический интерфейс программы, но при этом основная логика работы в программе не изменялась. Все команды представлялись в основном окне в виде дерева, а построение и редактирование геометрических моделей выполнялось в модуле PREP7. В это же время интенсивно развивались CAD-системы проектирования, предоставляющие пользователю широкие возможности для создания, редактирования и управления геометрическими моделями. Кроме того, обострялась проблема эффективной интеграции отдельных программных кодов того или иного вида инженерного анализа в единую расчетную среду для раскрытия всех возможностей многодисциплинарного связанного анализа. Учитывая эти тенденции, фирма ANSYS, Inc., начиная с 10-той версии продукта, предлагает новую платформу Workbench, которая реализует современный графический интерфейс и позволяет эффективно управлять отдельными модулями и продуктами ANSYS.

Для геометрического моделирования в эту платформу встроен новый модуль Design Modeler, реализованный на базе ядра Parasolid. Модуль симуляции Mechanical обеспечивает пользователя необходимыми инструментами моделирования. CAE-системы, приобретенные фирмой ANSYS, Inc. за последние годы, такие как CFX, FLUENT, AUTODYN и др., удобно интегрированы в Workbench и могут использоваться для решения связанных задач. С помощью Workbench практически весь комплекс программных продуктов ANSYS может быть объединен с мощными CAD-системами, такими как SolidWorks, Unigraphics, Inventor и др., в единую расчетно-проектировочную среду. На базе Workbench реализованы инструменты для обмена и эффективного управления расчетными данными пользователей (ANSYS EKM).

Программа ANSYS, как и многие другие CAE-продукты, для математического моделирования различных физических процессов использует метод конечных элементов. Этот метод сочетает в себе универсальность алгоритмов решения различных краевых задач с эффективностью компьютерной реализации вычислений. Работа с пакетом ANSYS предполагает наличие у пользователя хотя бы базовых знаний в области метода конечных элементов.

Метод конечных элементов (МКЭ) позволяет приближенно численно решать широкий спектр физических проблем, которые математически формулируются в виде системы дифференциальных уравнений или в вариационной постановке. Этот метод можно использовать для анализа напряженно деформированного состояния конструкций, для термического анализа, для решения гидрогазодинамических задач и задач электродинамики. Могут решаться и связанные задачи.

Историческими предшественниками МКЭ были различные методы строительной механики и механики деформируемого твёрдого тела, использующие дискретизацию, в частности, метод сил и метод перемещений. Основные идеи и процедуры МКЭ впервые были использованы Курантом в 1943 году при решении задачи о кручении стержня. Но только с 50-х годов началось активное практическое применение МКЭ, сначала в области авиации и космонавтики, а затем и в других направлениях. Термин «конечные элементы» (КЭ) вошёл в 1960 году Клаф. Развитию этого метода способствовало совершенствование цифровых электронных вычислительных машин.

Область применения МКЭ значительно расширилась, когда для его обоснования стали применяться методы взвешенных невязок - Галёркина и наименьших квадратов. МКЭ превратился в универсальный способ решения дифференциальных уравнений.

1.5.1 Основные понятия метода конечных элементов

Исходным объектом для применения МКЭ является материальное тело (в общем случае - область, занимаемая сплошной средой или полем), которое разбивается на части - *конечные элементы* (КЭ) (рисунок 7). В результате разбиения создаётся *сетка* из границ элементов. Точки пересечения этих границ образуют *узлы*. На границах и внутри элементов могут быть созданы дополнительные узловые точки. Ансамбль из всех конечных элементов и узлов является основной конечно-элементной моделью деформируемого тела. Дискретная модель должна максимально полно покрывать область исследуемого объекта.

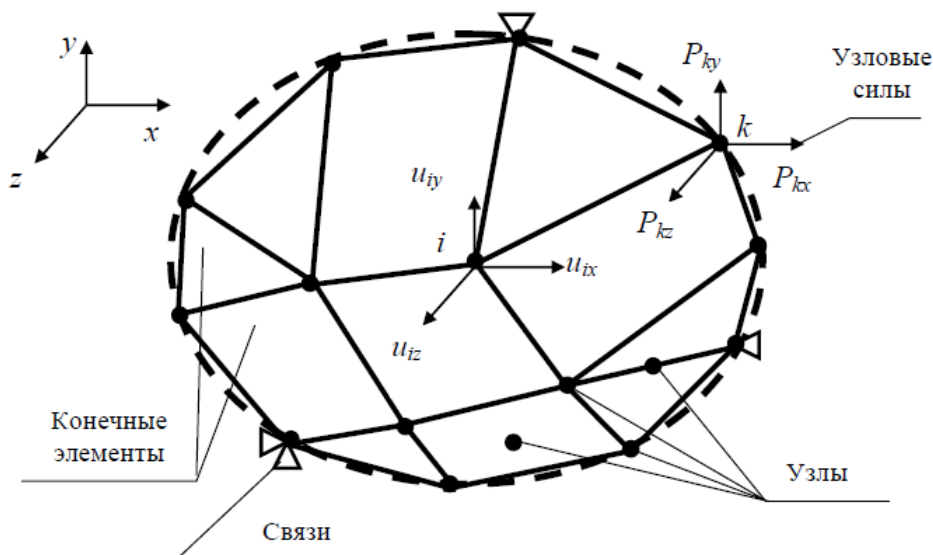


Рисунок 9 – Конечно элементная сетка

Выбор типа, формы и размера конечного элемента зависит от формы тела и вида напряжённо-деформированного состояния. Стержневой КЭ применяется для моделирования одноосного напряжённого состояния при растяжении (сжатии), а также в задачах о кручении или изгибе. Плоский двумерный КЭ в виде, например, треугольной или четырёхугольной пластины используется для моделирования плоского напряжённого или плоского деформированного состояния.

Объёмный трёхмерный КЭ в виде, например, тетраэдра, шестигранника или призмы служит для анализа объёмного напряжённого состояния. КЭ в форме кольца применяется в случае осесимметричного напряжённого состояния. Для расчёта изгиба пластины берётся соответствующий плоский КЭ, а для расчёта оболочки используется оболочечный КЭ или также изгибаемый плоский элемент. В тех зонах деформируемого тела, где ожидаются большие градиенты напряжений, нужно применять более мелкие КЭ или элементы большего порядка.

Конечные элементы наделяются различными свойствами, которые задаются с помощью констант и опций. Например, для стержневого ферменного КЭ указывается площадь поперечного сечения, а если моделируется трос, работающий только на растяжение, то назначается соответствующая опция. Для плоских несгибаемых КЭ может указываться толщина и задаваться вид напряжённого состояния: плоское напряжённое, плоское деформированное или осесимметричное. Для плоских изгибаемых и оболочечных КЭ должна задаваться толщина.

Все элементы и узлы нумеруются. Нумерация узлов бывает общей (глобальной) для всей конечно-элементной модели и местной (локальной) внутри элементов. Нумерацию элементов и общую нумерацию узлов желательно производить так, чтобы трудоёмкость вычислений была наименьшей. Существуют алгоритмы оптимизации этой нумерации. Должны быть определены массивы связей между номерами элементов и общими номерами узлов, а также между местными и общими номерами узлов.

Для расчета полей различных физических величин с помощью МКЭ в рассматриваемой области необходимо определить *материалы* элементов и задать их свойства. В задачах деформирования, прежде всего, нужно указать упругие свойства - модуль упругости и коэффициент Пуассона. Если предполагается пластическое течение, то необходимо задать истинные диаграммы деформирования, которые аппроксимируются билинейными или мультилинейными кривыми. Когда тело неравномерно нагрето, указанные выше механические свойства требуется задать для ряда температур и, кроме того, нужно ввести коэффициент теплового расширения. Для динамических задач необходимо определить плотность материала и, возможно, коэффициент вязкого демпфирования.

В стационарных задачах теплопроводности для выбранного материала тела должен быть задан коэффициент теплопроводности. При нестационарной теплопроводности нужно дополнительно знать плотность материала и его теплоёмкость. Если рассматривается нелинейная задача теплопроводности, то указанные физические свойства требуется определять как функции температуры.

Состояние тела характеризуется конечным числом независимых параметров, определённых в узлах конечно-элементной сетки. Такие параметры называются *степенями свободы*. В рассматриваемых ниже деформационных задачах в качестве степеней свободы применяются перемещения узлов, среди компонентов которых могут быть и угловые перемещения. В задачах теплопроводности степенями свободы являются температуры узлов.

Координаты узлов, перемещения узлов и произвольных точек элементов, силы и другие объекты могут определяться в различных *системах отсчёта* (системах координат). В алгоритме МКЭ используются общая (глобальная) система координат, привязанная ко всей конечно-элементной модели (рисунок 4), и местные (локальные) системы координат, связанные с конкретными конечными элементами, в силу чего их называют элементными системами отсчёта. Переход от одной системы отсчёта к другой производится с помощью матриц преобразования.

В деформационной задаче число степеней свободы одного узла зависит от типа задачи и от системы отсчёта. На рисунке 4 показан узел i , имеющий в общей системе координат x, y, z три степени свободы, составляющих узловой вектор степеней свободы (перемещений). В общей системе координат этот вектор может быть записан в виде:

$$U_i = \{U_i\} = \begin{Bmatrix} u_{ix} \\ u_{iy} \\ u_{iz} \end{Bmatrix}, \quad (14)$$

Если узел i имеет n_i степеней свободы, а конечный элемент включает n_e узлов, то число степеней свободы одного элемента равно $n_e \times n_i$. Число степеней свободы всей модели, имеющей n однотипных узлов равно $N = n \times n_i$. Набор всех степеней свободы составляет общий (глобальный) вектор степеней свободы (то есть узловых перемещений модели), в котором нумерация степеней свободы может быть общей (глобальной) или по номерам узлов с добавлением индекса узловой степени свободы:

$$\{U\} = \begin{Bmatrix} u_1 \\ \vdots \\ u_q \\ \vdots \\ u_N \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} U_1 \\ \dots \\ U_i \\ \dots \\ U_n \end{Bmatrix}, \quad (15)$$

где $\{U_i\}$ – подматрица, составленная из всех n_i перемещения узла i .

В частности, для трехмерной задачи при использовании общей декартовой системы координат x, y, z эта подматрица является вектором перемещений узла 1.

1.5.2 Реализация метода конечных элементов в пакете ANSYS

Программный комплекс ANSYS решает методом конечных элементов стационарные и нестационарные, линейные и нелинейные задачи из таких областей физики, как механика твёрдого деформируемого тела, механика жидкости и газа, теплопередача, электродинамика. Возможно решение связанных задач. Для решения задач деформирования конструкций МКЭ применяется в варианте метода перемещений.

Расчёты могут производиться в пакетном (*Batch*) или интерактивном (*Interactive*) режимах. Для пакетного режима предварительно должна быть написана программа пользователя с помощью встроенного языка APDL (ANSYS Parametric Design Language) и команд ANSYS. Текстовый командный файл, содержащий эту программу, считывается средствами пакета ANSYS и выполняется. Пакетный режим удобен при решении сложных задач, алгоритм которых содержит циклы, переходы, структуры «если - то» и пр.

Интерактивный режим работы реализуется или с помощью графического интерфейса пользователя (GUI) классического ANSYS, или на платформе нового продукта Workbench. Эти оболочки состоят из командных меню и окон. Каждая вводимая через меню команда при интерактивном моделировании сразу же выполняется, а результат или сообщение о нём выводятся в соответствующие окна. Интерактивный режим - основной режим моделирования, даже командные файлы для пакетного режима создаются обычно с использованием инструментов интерактивного режима.

Решение МКЭ поставленной краевой задачи осуществляется программой ANSYS в три этапа соответственно логике метода. На первом этапе (препроцессинге) создаётся основа конечно-элементной модели исследуемого объекта. Этот этап включает в себя нижеследующие процедуры:

1. Устанавливается физический тип задачи (механика деформируемого твёрдого тела, теплопередача, гидродинамика и т.д.), производится соответствующая настройка программы.
2. Выбирается тип конечного элемента в зависимости от размерности объекта и других его свойств. Могут быть заданы некоторые характеристики элемента.
3. Выбирается материал объекта и указываются все его необходимые свойства. Свойства могут быть заданы с клавиатуры или импортированы из библиотеки материалов ANSYS. Задание свойств определяет модель материала (линейно-упругий, упруго-пластичный, билинейный и т.д.), что влияет на выбор определяющих уравнений МКЭ.
4. Строится геометрическая твёрдотельная модель объекта. В классическом ANSYS для этого используется программный модуль PREP7. В Workbench используется модуль Design Modeler. Геометрическая модель может быть экспортирована из какого-либо CAD- пакета.
5. Геометрическая модель разбивается на конечные элементы. При разбивке могут быть заданы различные параметры сетки.
6. В случае контактной задачи устанавливаются контактные пары, определяется модель контакта и её характеристики.

Второй этап - наложение на модель необходимых физических условий и решение задачи - состоит из трёх основных шагов:

1. Задаются граничные условия - силы, перемещения (связи) и пр.
2. Выбирается тип анализа (статический, динамический, модальный и т.д.). Возможен выбор метода решения системы уравнений МКЭ и задание па-

раметров вычислительных процедур (числа шагов нагружения, числа итераций и др.).

3. Осуществляется решение системы уравнений, полученной методом МКЭ. В результате решения формируется файл результатов, который содержит вектор найденных степеней свободы (узловых перемещений, узловых температур и т.д.).

Третий этап (постпроцессинг) - анализ результатов расчёта. Рассчитанные МКЭ физические величины (перемещения, деформации, напряжения, температуры и др.) представляются в графическом окне ANSYS в виде картинок, таблиц, графиков, анимаций. Все эти результаты можно записать в соответствующие файлы.

При выполнении рассмотренных выше этапов решения задачи программа ANSYS создаёт в памяти компьютера базу данных, содержащую полную информацию о модели. Эту базу данных можно сохранить в бинарном файле и использовать для продолжения анализа.

Модуль помощи (Help) пакета ANSYS предоставляет полную информацию о процедурах моделирования различных задач. Имеется теоретический раздел, где на базе МКЭ рассматриваются применяемые расчётные соотношения.

В последние годы компания ANSYS, Inc. внедряет новую модульную систему - Workbench, которая выводит процесс моделирования на новый современный уровень. Применение Workbench делает моделирование более наглядными, а некоторые манипуляции, в частности, настройку контактных пар, управление сеткой конечных элементов, более простыми, что важно для начинающих пользователей. Workbench более адаптивен к различным пакетам CAD и CAE, имеет встроенный генератор отчётов. Однако следует отметить, что пока Workbench не предоставляет пользователю всех возможностей ANSYS и автоматизирует некоторые важные операции, например выбор типа конечного элемента, что не всегда бывает удобным. Компания ANSYS, Inc. интенсивно развивает Workbench как в части совершенствования графического интерфейса, так и в части расширения возможностей платформы.

1.5.3 Основы работы в ANSYS WORKBENCH

Центральным объектом при работе в ANSYS Workbench является *проект*, под которым понимается совокупность геометрических, физических и конечно-элементных моделей тел рассматриваемой задачи, а также результатов численного решения. Проект может состоять из одного или нескольких *блоков*, реализующих отдельные виды инженерного анализа. В свою очередь, блок состоит из *элементов* - структурных частей блока, отвечающих за определенный этап анализа. Можно выделить следующие этапы проведения инженерного анализа:

- разработка модели (препроцессинг). На данном этапе осуществляется подготовка геометрической модели, задание материала и его свойств, генерация конечно-элементной сетки, определение физических условий

моделирования. Конечным результатом этапа является модель, подготовленная для численного решения;

- настройка решателя и решение. На данном этапе задаются необходимые настройки решателя, параметры, обеспечивающие сходимость итерационного процесса, и запускается решатель. Конечным результатом этапа является численное решение, полученное с заданной точностью;
- обработка результатов (постпроцессинг). На данном этапе полученное численное решение задачи используется для визуализации распределения необходимых физических величин (напряжений, деформаций, температур и др.). Конечным результатом этапа является набор графиков, анимаций, массивов значений, представляющих необходимые результаты решения задачи.

Процедура инженерного анализа редко бывает линейной. При решении практической задачи, как правило, приходится часто возвращаться к предыдущим этапам, вносить изменения в модели, перестраивать КЭ-сетку, корректировать настройки решателя. Наличие удобных инструментов для этого играет весьма важную роль, так как позволяет существенно ускорить процесс получения численного решения. Платформа Workbench обеспечивает инженера большим количеством инструментов, необходимых на всех этапах анализа, позволяет быстро получать численное решение различными решателями, эффективно организует взаимосвязи между отдельными видами инженерных расчетов.

1.5.4 Работа с проектом в ANSYS Workbench

Как было отмечено выше, ANSYS позволяет проводить инженерный анализ различного вида. Некоторые виды анализа представлены в следующем перечне:

- *Static Structural* - статический прочностной анализ;
- *Transient Structural* - нестационарный прочностной анализ;
- *Steady-State Thermal* - стационарный тепловой анализ;
- *Transient Thermal* - нестационарный тепловой анализ;
- *Modal* - модальный анализ;
- *Harmonic Response* - гармонический анализ;
- *Linear Buckling* - анализ устойчивости;
- *Explicit Dynamics* - твердотельный динамический анализ.

Открываем ANSYS Workbench R17.1 создаем новый проект и сохраняем его под именем Diplom. Устанавливаем физический тип задачи как механика деформируемого твердого тела и производим соответствующие настройки программы. Выбираем блок статический прочностной инженерный анализ (*Static Structural*) и вставляем его в схему проекта в 3-х экземплярах в связи с тем, что расчет поэтапно производим для всех 3-х моделей в одном проекте (рисунок 10).

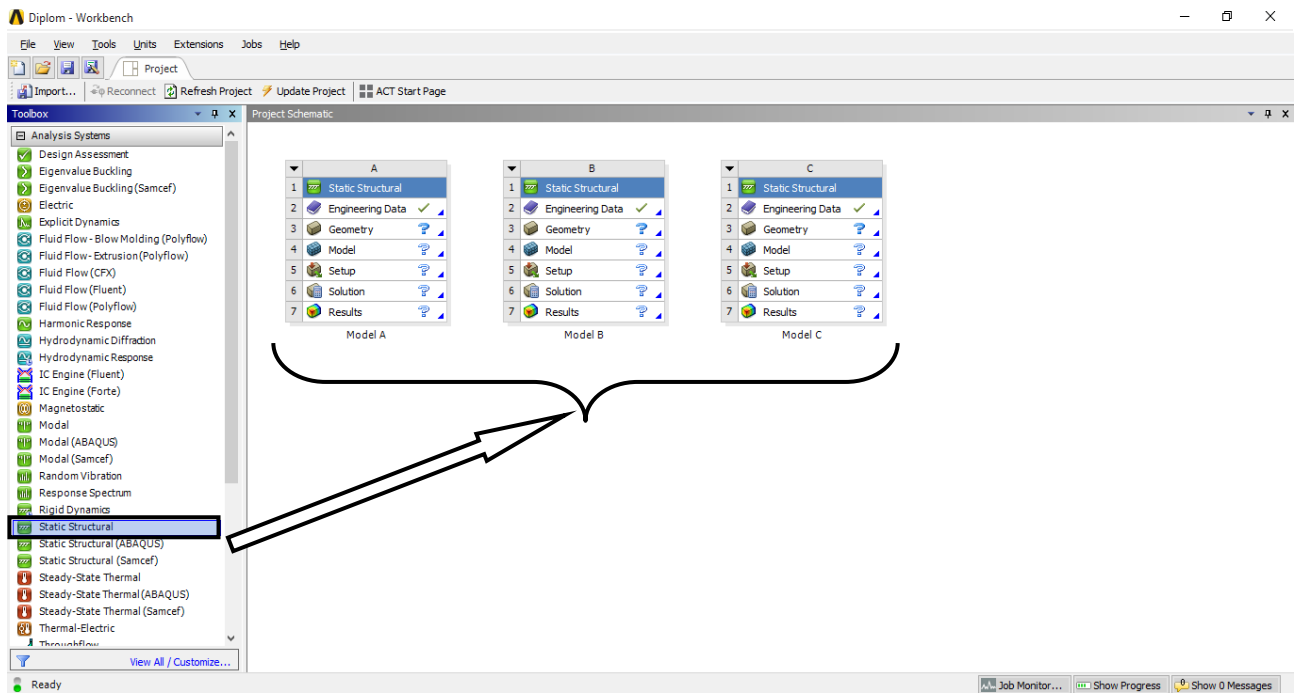


Рисунок 10 – Схема проекта Diplom

Каждый блок содержит все необходимые этапы выполнения инженерного анализа (рисунок 11), которые последовательно необходимо выполнить.

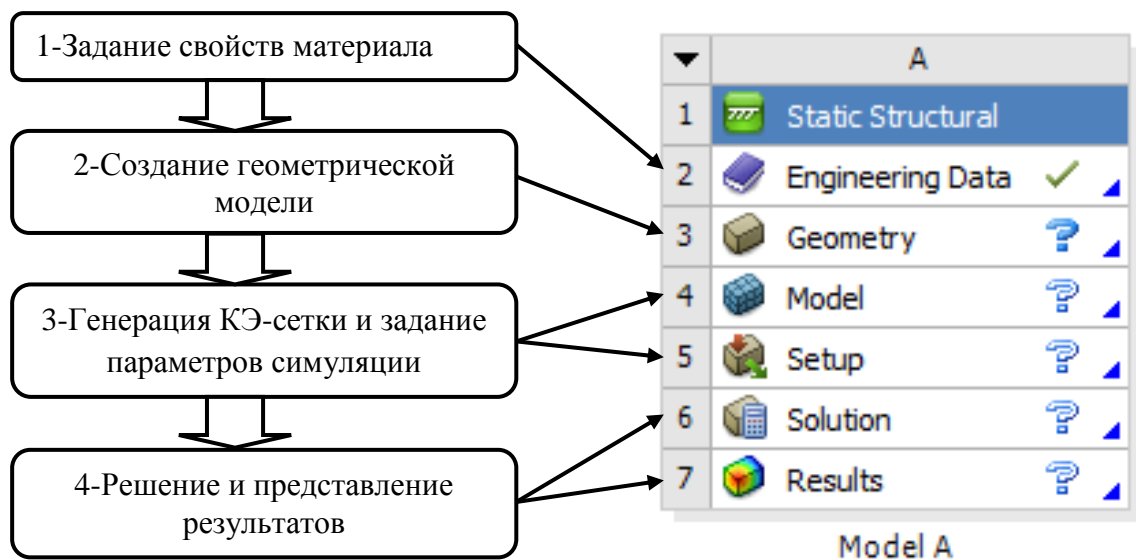



Рисунок 11 – Этапы выполнения инженерного анализа

Каждый элемент блока инженерного анализа имеет статус, отображаемый справа от его наименования (рисунок 8). Если блок только что вставлен, то в нем по умолчанию задаются лишь свойства материала в элементе *Engineering Data*, который при этом помечается галочкой. По мере работы с проектом будет изменяться статус и других элементов блока. Если для элемента блока не определены какие-либо свойства, то его статус отмечается знаком вопроса. Если для элемента требуется проведение расчетов, то его статус помечается знаком молнии, а если требуется только обновить связи или свойства элемента, то его статус отмечается знаком .

Приступаем к первому этапу расчета – заданию свойств материалов. Переходим в элементе *Engineering Data* и согласно ранее принятым материалам деталей 3D моделей изменяем необходимые свойства, которые будут учитываться при расчете (рисунок 12):

- Плотность материала, кг/м³;
- Модуль Юнга, МПа;
- Модуль Сдвига, МПа;
- Коэффициент Пуассона.

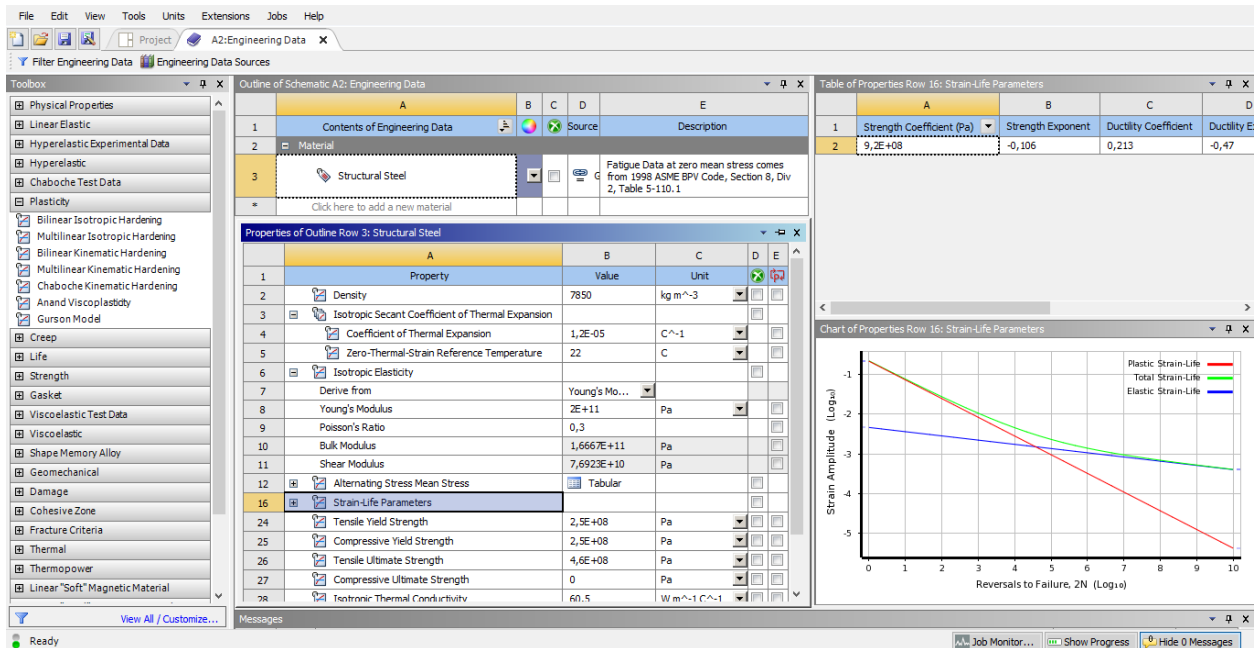


Рисунок 12 – Задание свойств материалов в элементе *Engineering Data*

После задания необходимых свойств материалов возвращаемся в дерево проекта и переходим к следующему этапу расчета.

Второй этап расчета создание геометрических моделей. Для построения геометрической модели, кликнув правой кнопкой мыши на элементе *Geometry*, вызываем контекстное меню, в котором выбираем пункт – *New Design Modeler Geometry* (рисунок 13).

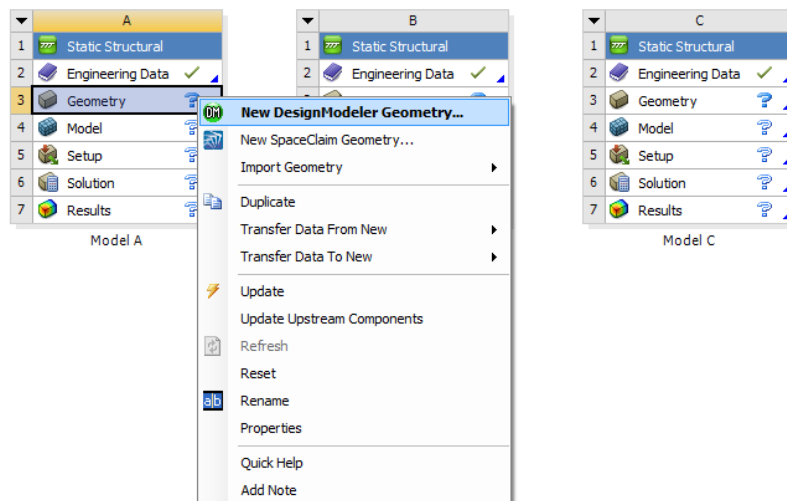


Рисунок 13– Создание новой геометрической модели в элементе *Geometry*

Геометрическая модель создается в модуле *Design Modeler* который реализует современные методы моделирования плоской трехмерной геометрии. Кроме стандартных инструментов геометрического моделирования *Design Modeler* имеет ряд специальных функций, позволяющих подготовить модель к инженерному анализу ANSYS, и является удобным для начинающего исследователя.

Так как геометрические модели ранее уже созданы в CAD-системе КОМПАС 3D, то геометрию можно импортировать в *Design Modeler* (рисунок 14) предварительно сохранив в соответствующем формате, таких как: Parasolid (.x_b,x_t), IGES (.iges, igs), SolidWorks (.SLDPRT, .SLDASM), Inventor (.ipt, .iam), Pro/Engineer (.prt, .asm), ACIS (.sat) и другие.

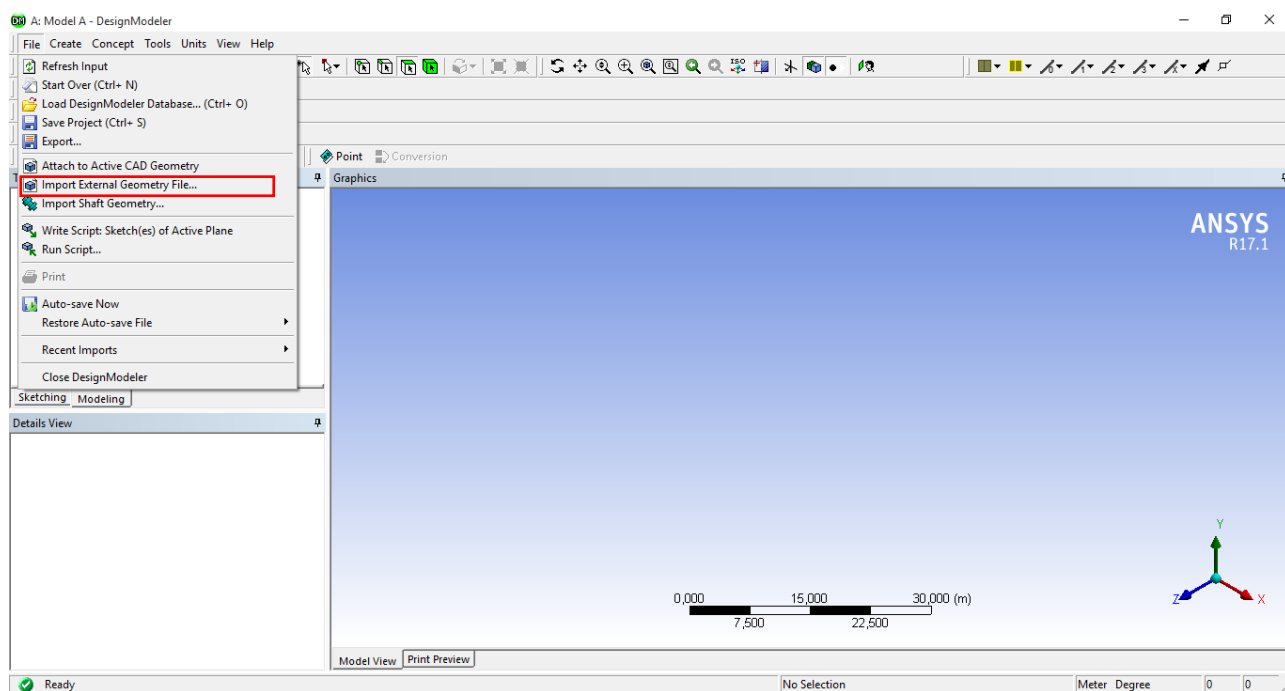


Рисунок 14 – Импорт геометрической модели в *Design Modeler*

После сохранения геометрических моделей А, Б, В с помощью программного обеспечения КОМПАС 3D в формате IGES (.iges, igs) импортируем их в *Design Modeler* (рисунок 15-17).

Выполненные модели имеют симметрию, поэтому для полноценного расчета достаточно использовать $\frac{1}{2}$ моделей. Это позволяет построить более качественную конечно-элементную сетку и увеличить скорость расчета без изменения его качественных характеристик.

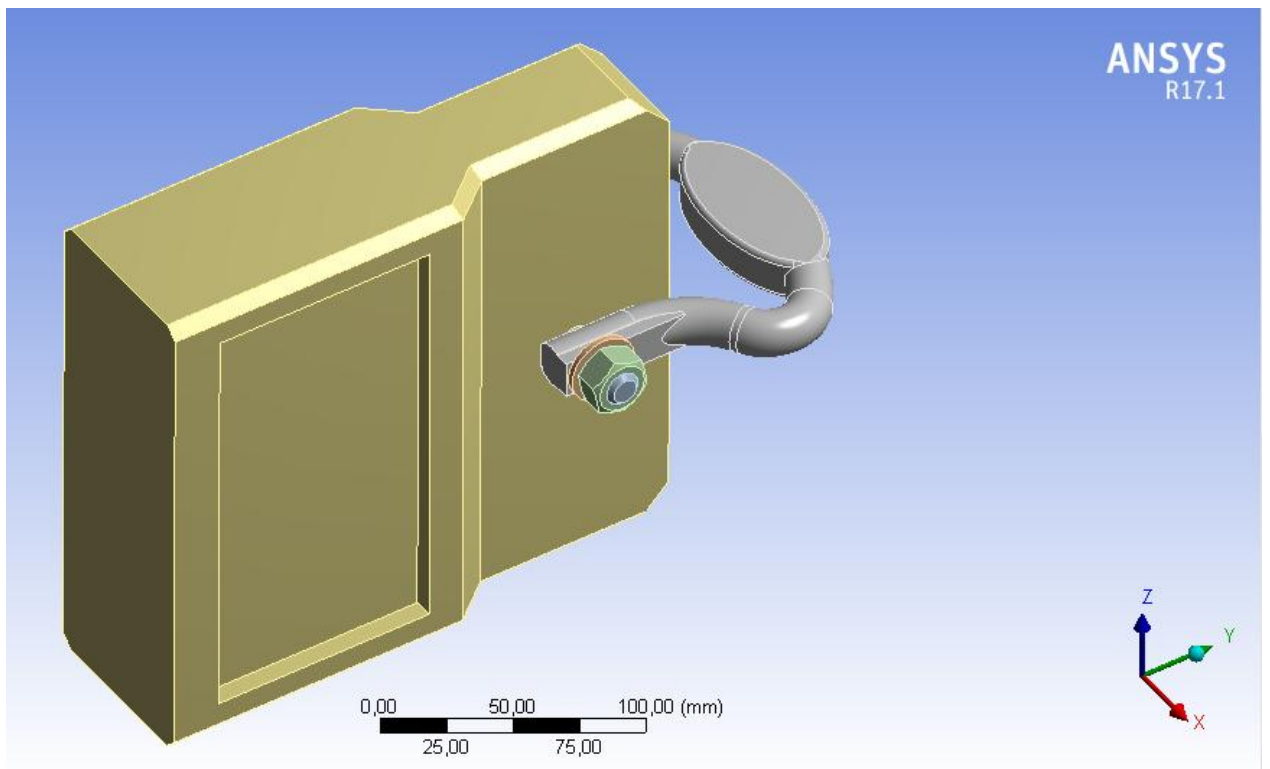


Рисунок 15 – Импортированная модель (А) в *Design Modeler*

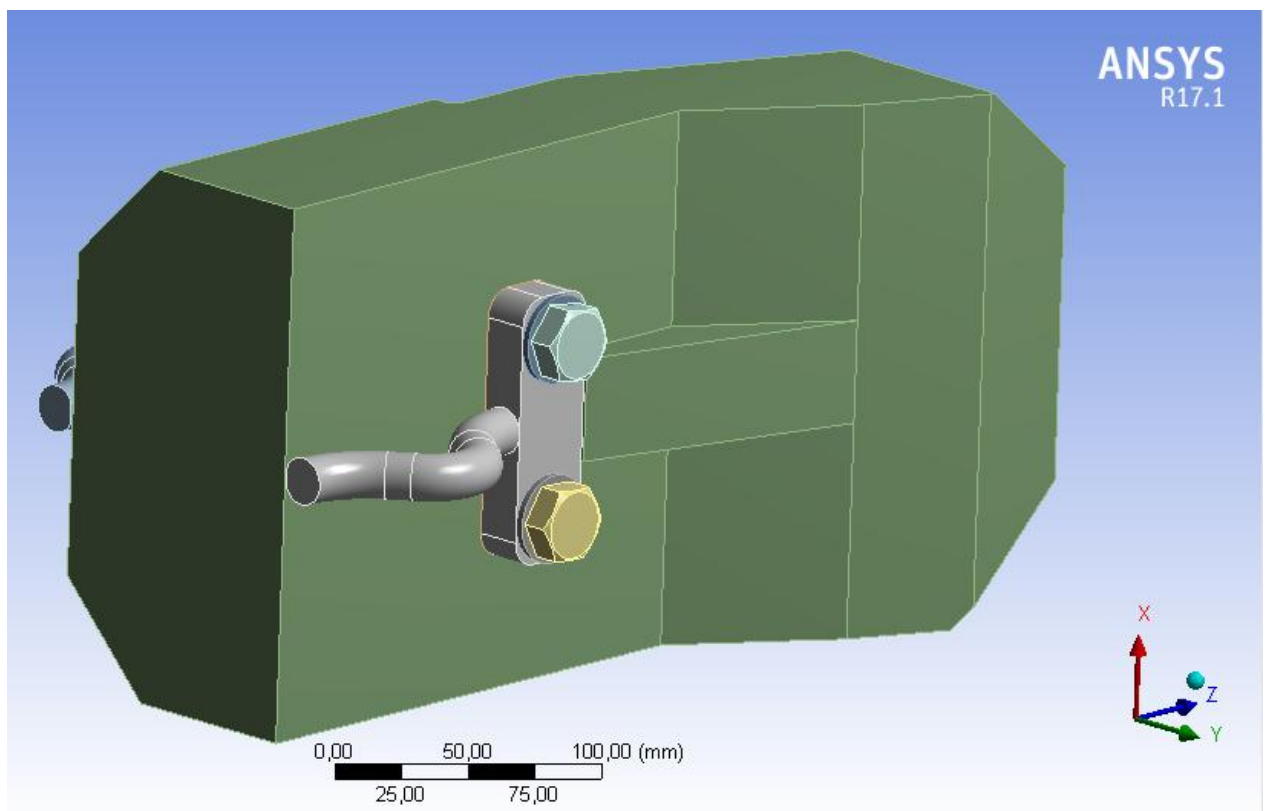


Рисунок 16 – Импортированная модель (Б) в *Design Modeler*

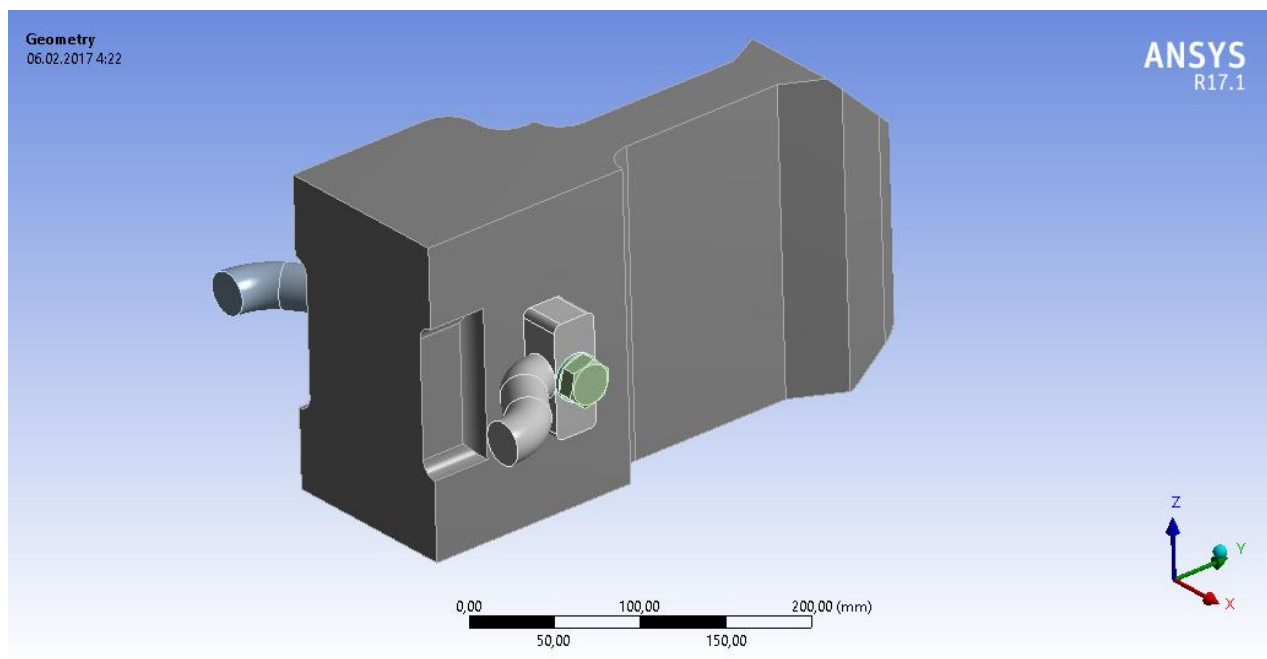


Рисунок 17 – Импортированная модель (В) в *Design Modeler*

Для получения численного решения необходимо выполнить разбиение геометрических моделей конечно-элементной сеткой. Данную процедуру выполняем в модуле симуляции *Mechanical*.

Сетка на объемных телах создается с помощью тетраэдрических или гексаэдрических твердотельных элементов с линейной или квадратичной функцией формы. Сетка на двумерных объектах создается с помощью треугольных или прямоугольных твердотельных элементов с линейной или квадратичной функцией формы. Сетка в тонких слоях или оболочках (*Surface bodies*) создается с помощью линейных оболочечных элементов. Сетка на одномерных объектах (*Line bodies*) создается с помощью линейных балочных элементов (*Beam*). Линейные элементы используются для расчета стержневых конструкций

Сетка генерируется на геометрической модели является основой для составления и решения системы уравнений в матричном виде.

Существует два способа генерации сетки:

- автоматическая генерация сетки с установками по умолчанию при запуске на решение. При этом имеется возможность предварительно просмотреть сетку (команда *Preview*) до запуска на расчет, чтобы оценить её соответствие поставленной задаче;
- генерация сетки с задаваемыми пользователем установками. В этом случае пользователь самостоятельно определяет особенности создаваемой сетки и задает значения необходимых параметров.

Тип анализа устанавливается автоматически, если сетка генерируется в какой-либо физической системе, например FLUENT, CFX и т.д.

Устанавливаем метод создания сетки, задаем установки конечно-элементной сетки (плотность, форму элементов, размеры и т.д.).

После установки всех необходимых параметров приступаем к генерации конечно-элементной сетки, полученные результаты представлены на рисунках 18, 19 и 20.

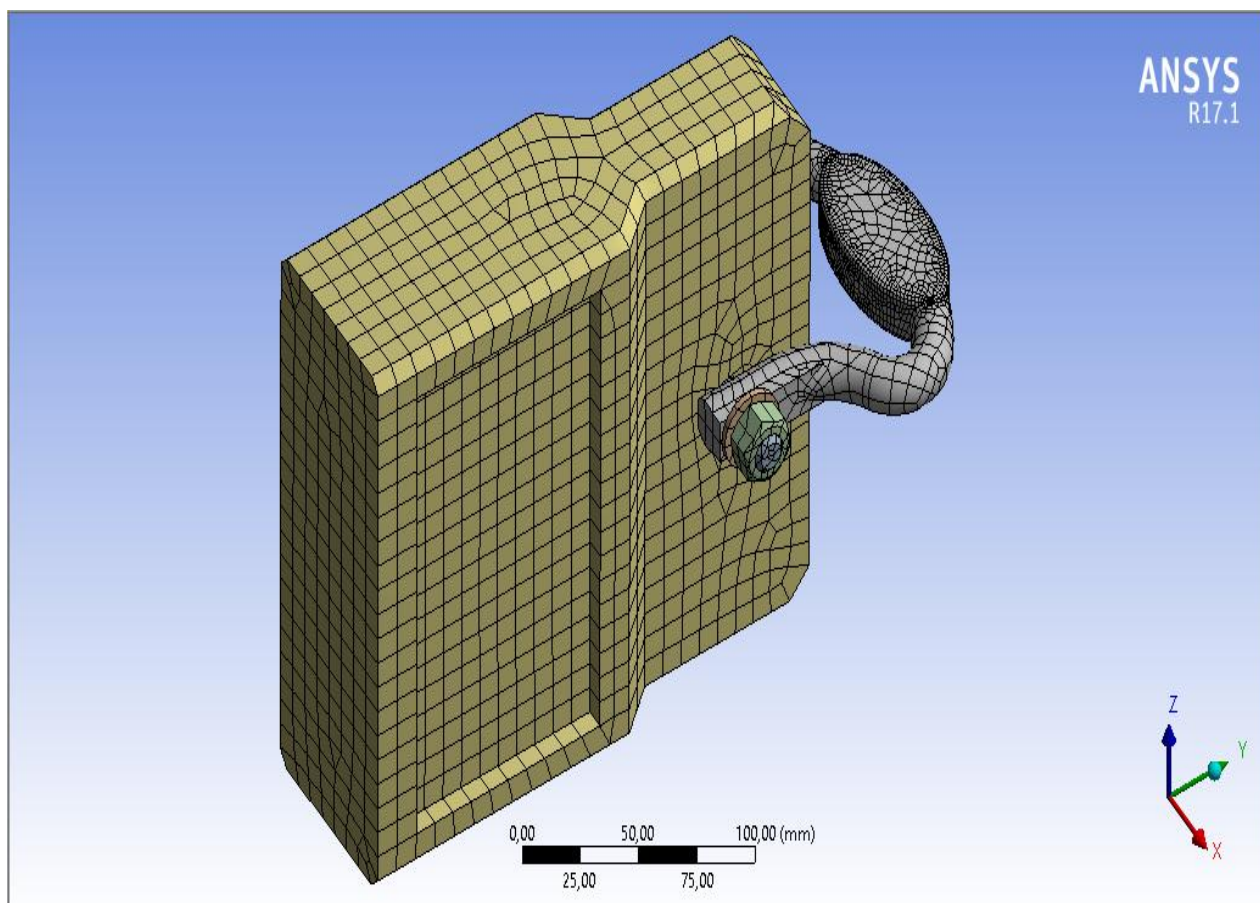


Рисунок 18 – Сгенерированная конечно-элементная сетка модели А

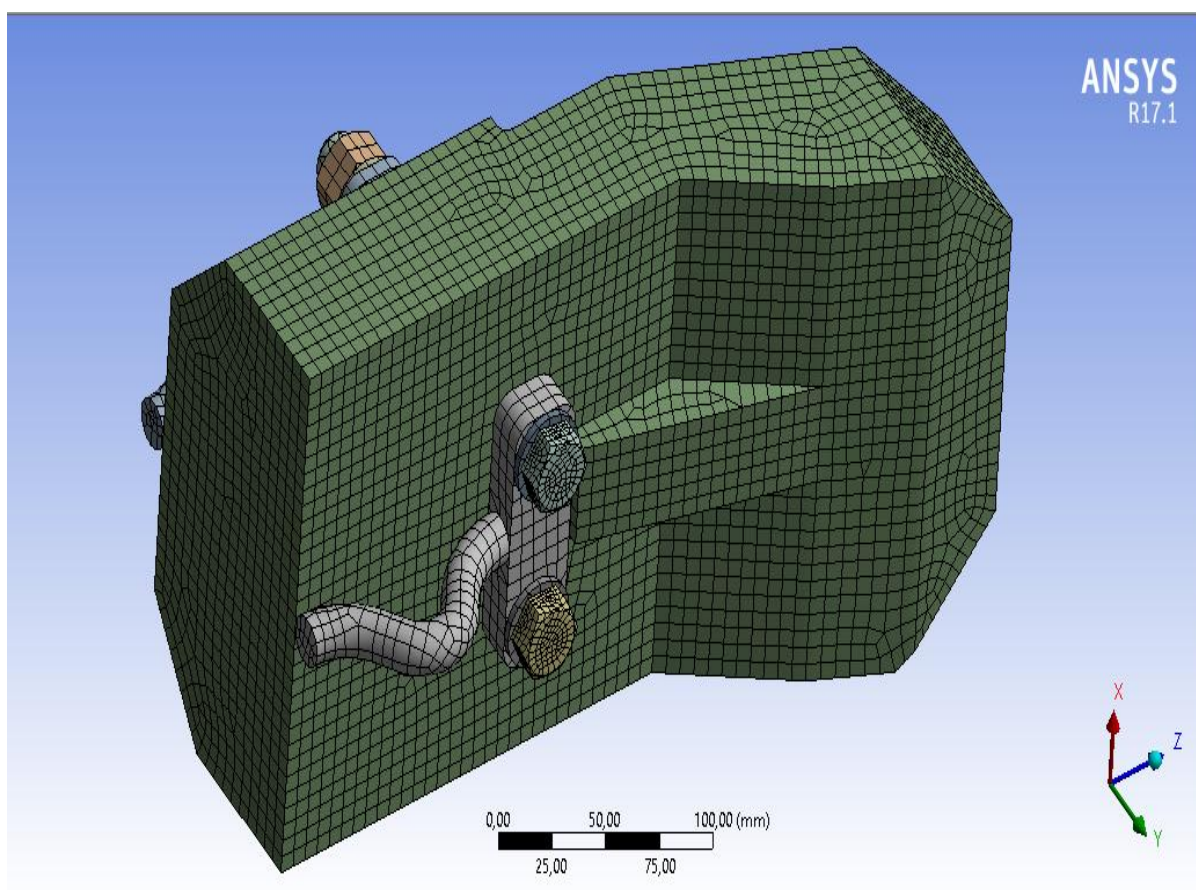


Рисунок 19 – Сгенерированная конечно-элементная сетка модели Б

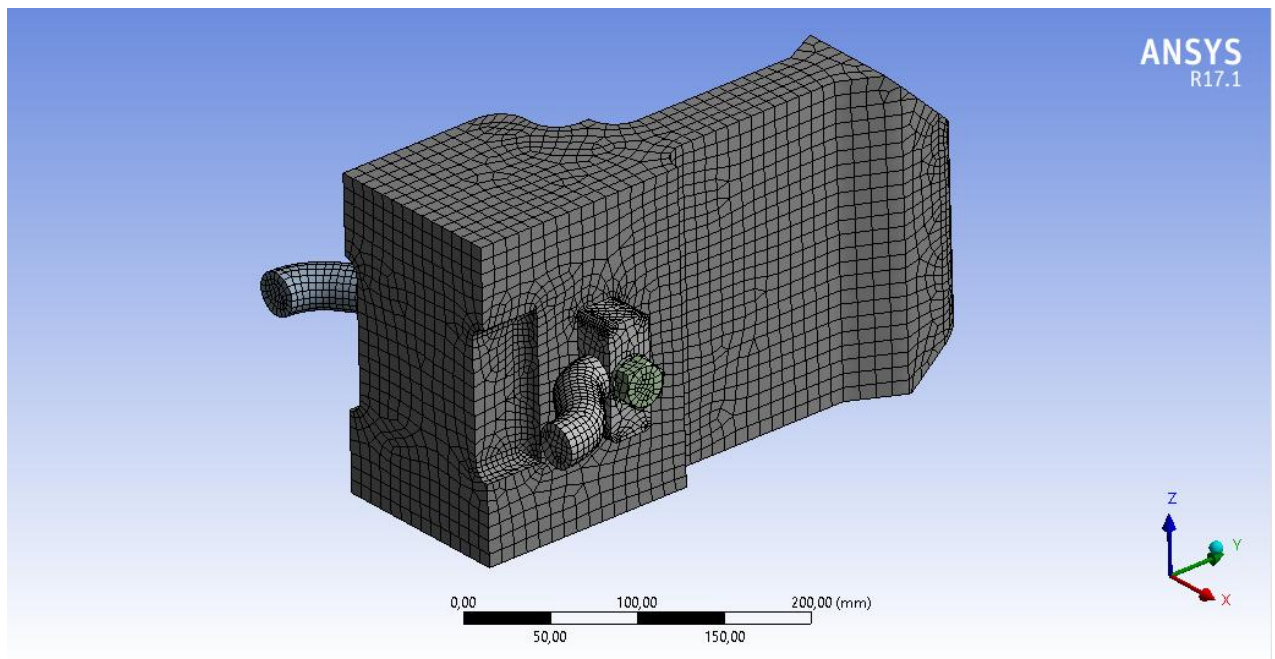


Рисунок 20 – Сгенерированная конечно-элементная сетка модели В

Перед началом детального рассмотрения этапов выполнения необходимо отметить, что для каждой модели скребка рассчитывалось по 2 задачи каждая в отдельном проекте: 1- расчет напряжений и деформаций в соединительных петлях; 2 – расчет напряжений и деформаций в скребке от действия силы распределенного веса груза и в случае заклинивания тягового органа.

Следующим одним из важнейших этапов подготовки к проведению расчета и получения удовлетворительных результатов является определение и правильное приложение внешних воздействий (механических, тепловых и тд.) на конструкцию. Величины и места приложения нагрузок были определены ранее. Устанавливаем необходимые настройки и производим приложение внешних нагрузок на модели скребков по каждой задаче исходя из геометрических особенностей и характера работы.

Задание граничных условий (ограничений) - необходимый этап конечно-элементного анализа. Число граничных условий для модели должно быть достаточным для расчета распределений всех неизвестных величин.

Граничные условия в Workbench задаются в разделе *Supports* панели инструментов *Environment* (рисунок 21) и разделяются на следующие типы:

- *Fixed Support* – жесткая заделка;
- *Displacement* – перемещение;
- *Remote Displacement* – перемещение с поворотом;
- *Velocity* – скорость;
- *Impedance Boundary* – граничное сопротивление;
- *Frictionless Support* – закрепление без трения;
- *Compression Only Support* – закрепление сжатия;
- *Cylindrical Support* – цилиндрическое закрепление;
- *Simply Supported* – простое закрепление;
- *Fixed Rotation* – запрет поворотов;

- *Elastic Support* – упругое закрепление;
- *Coupling* – связывание;
- *Constraint Equation* – ограничение, определяемое уравнением.

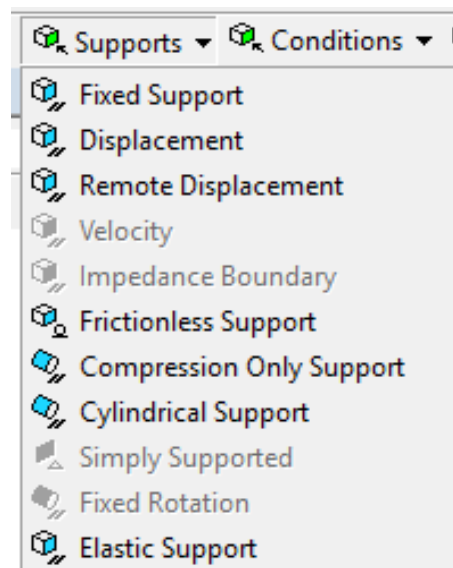


Рисунок 21 – Панель задания граничных условий

Жесткая заделка (*Fixed Support*) исключает все линейные и вращательные перемещения выбранных вершин, ребер, поверхностей.

Чтобы задать жесткую заделку, вставляем команду *Fixed Support* в дерево проекта, затем выбираем необходимые объекты (рисунок 22-27) и в окне *Details of Fixed Support* подтверждаем свой выбор нажатием кнопки *Apply* в поле параметра *Geometry*.

Граничные условия, а также приложение нагрузок по первой задаче представлено на рисунках 22-24.

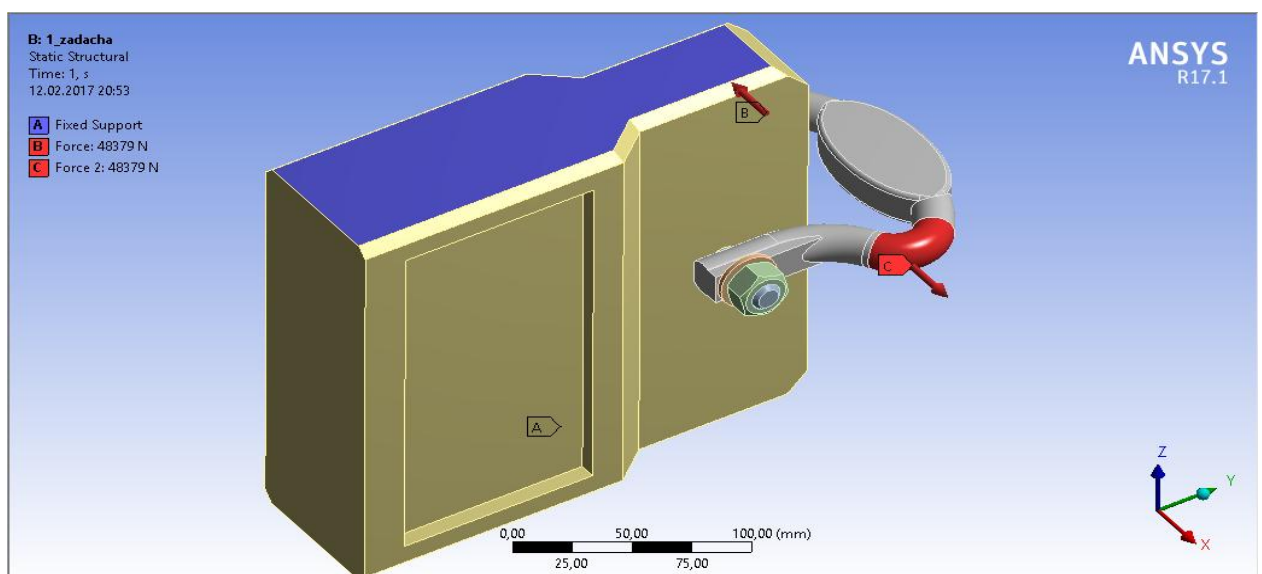


Рисунок 22 – Граничные условия, приложение внешних нагрузок на модель А задача №1

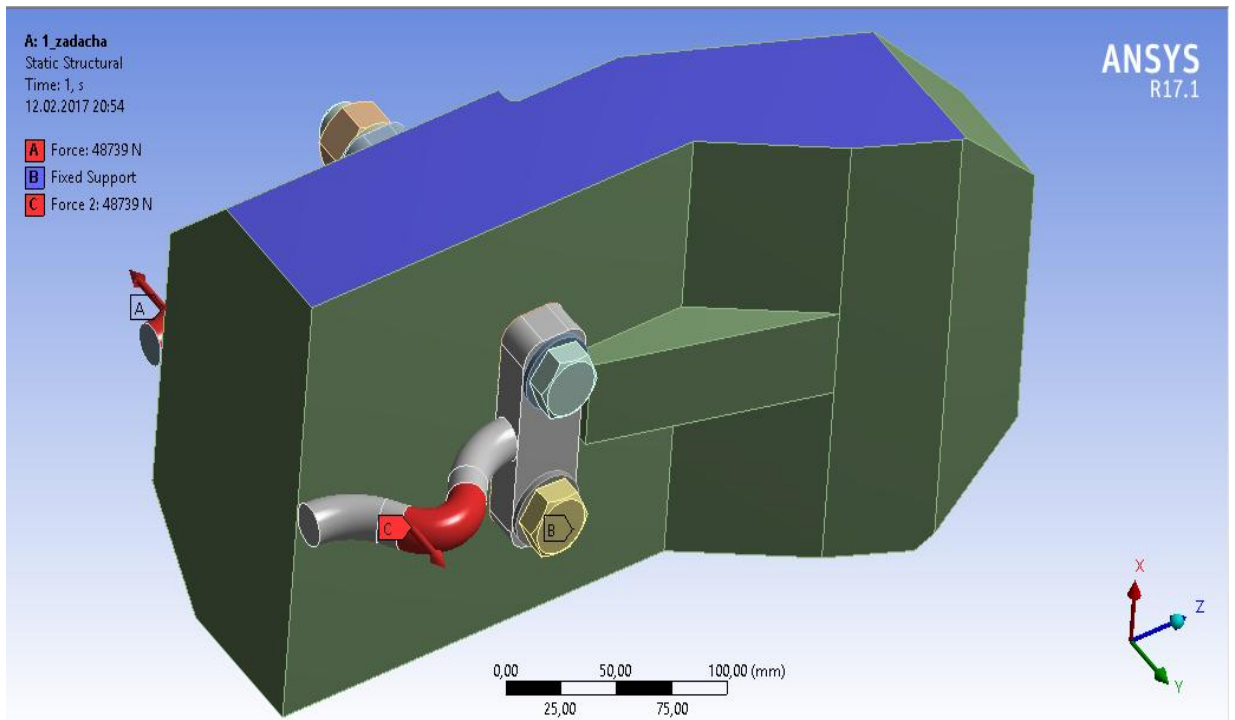


Рисунок 23 – Граничные условия, приложение внешних нагрузок на модель Б задача №1

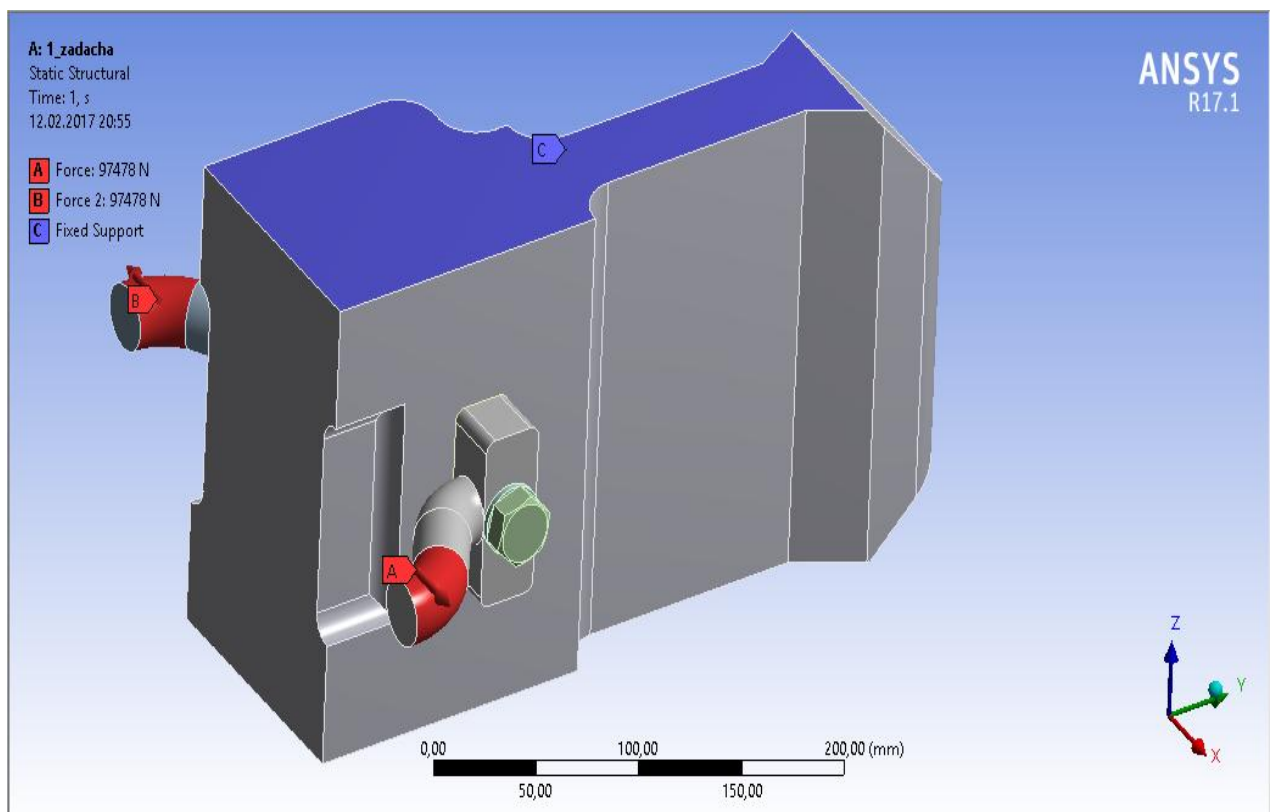


Рисунок 24 – Граничные условия, приложение внешних нагрузок на модель В задача №1

Граничные условия, а также приложение нагрузок по первой задаче представлено на рисунках 25-27.

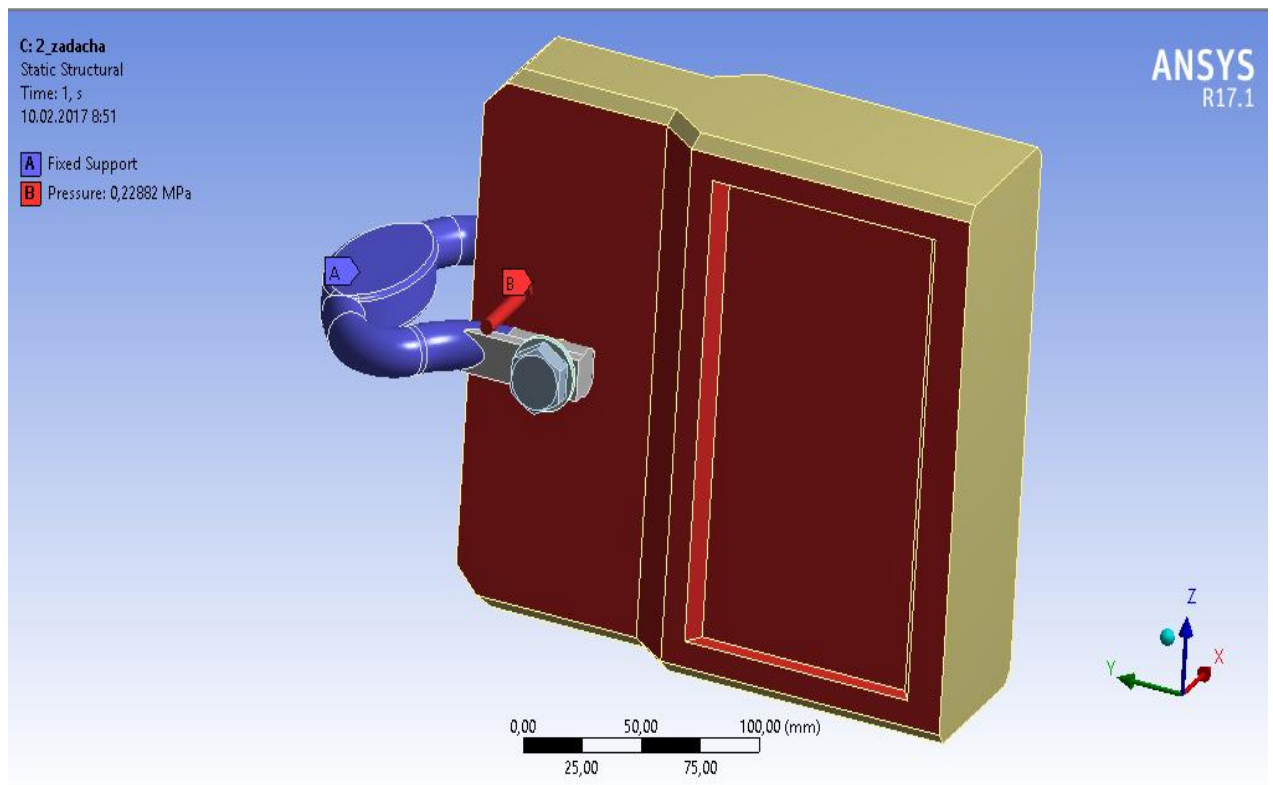


Рисунок 25 – Граничные условия, приложение внешних нагрузок на модель А задача №2

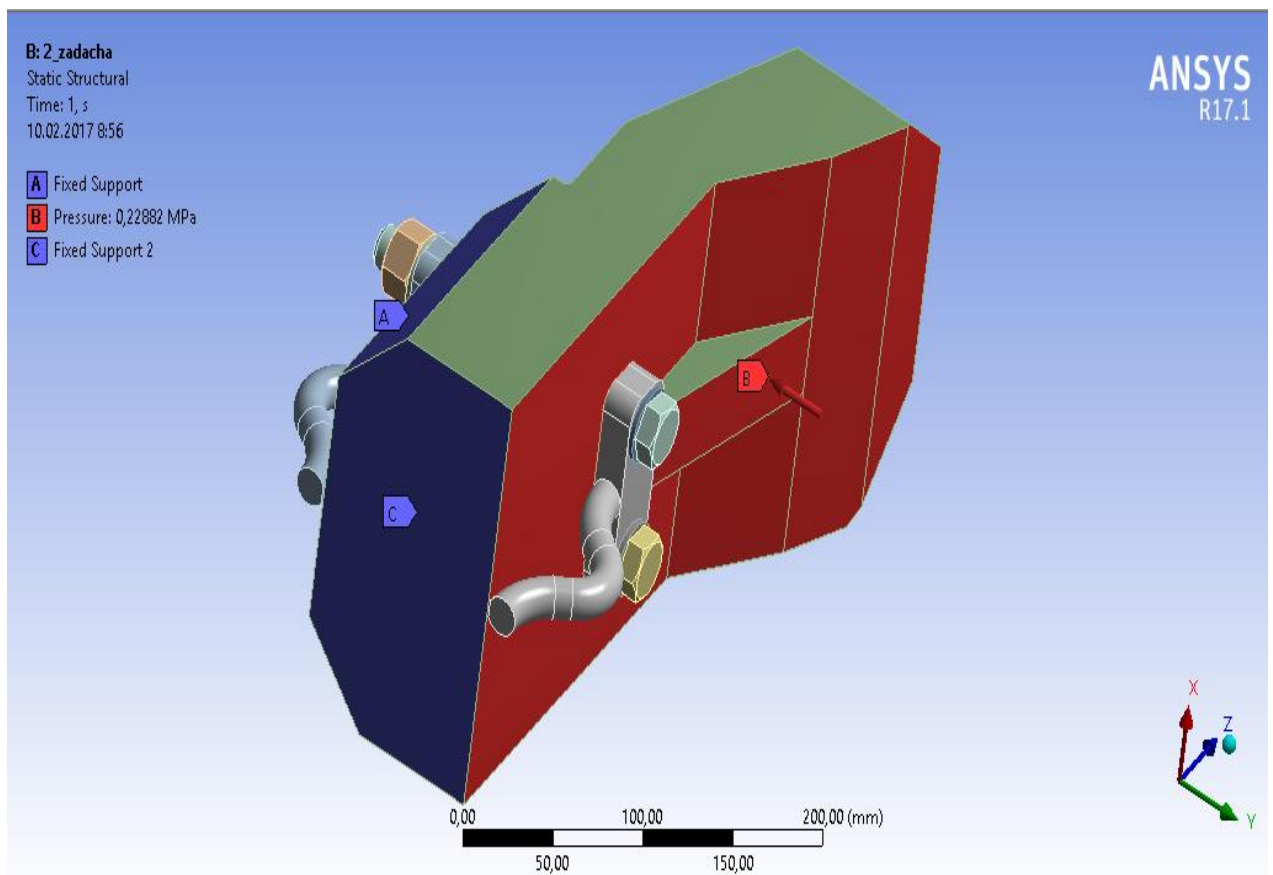


Рисунок 26 – Граничные условия, приложение внешних нагрузок на модель Б задача №2

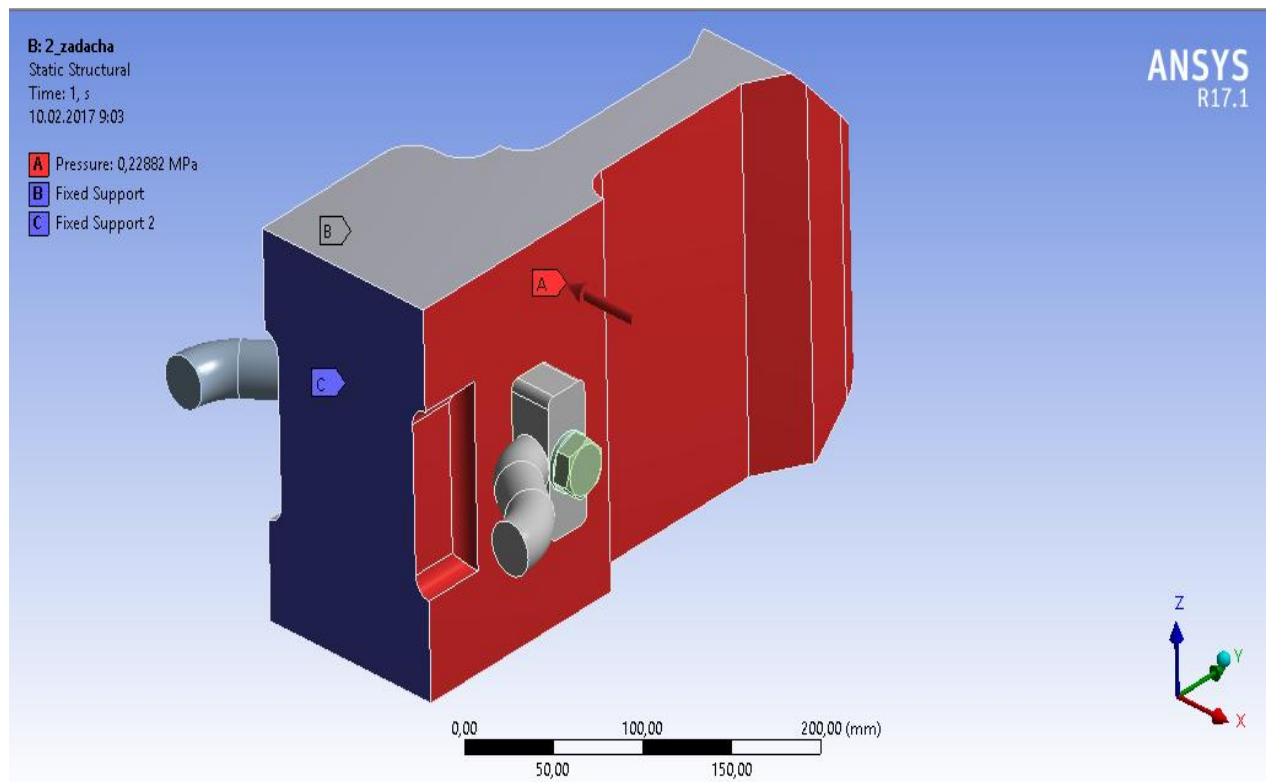


Рисунок 27 – Граничные условия, приложение внешних нагрузок на модель В задача №2

Предпоследним этапом расчета является установка необходимых параметров и опций решателя, которые выбираются в дереве проекта. Выбираем необходимые нам такие опции решателя как деформации и напряжения.

Последним этапом после выбора установок решателя остается нажать функцию решения (Solve) и программа произведет расчет каждой модели относительно всех условий, которые были заданы. Результаты нагружения представлены на (рисунках 28 - 42).

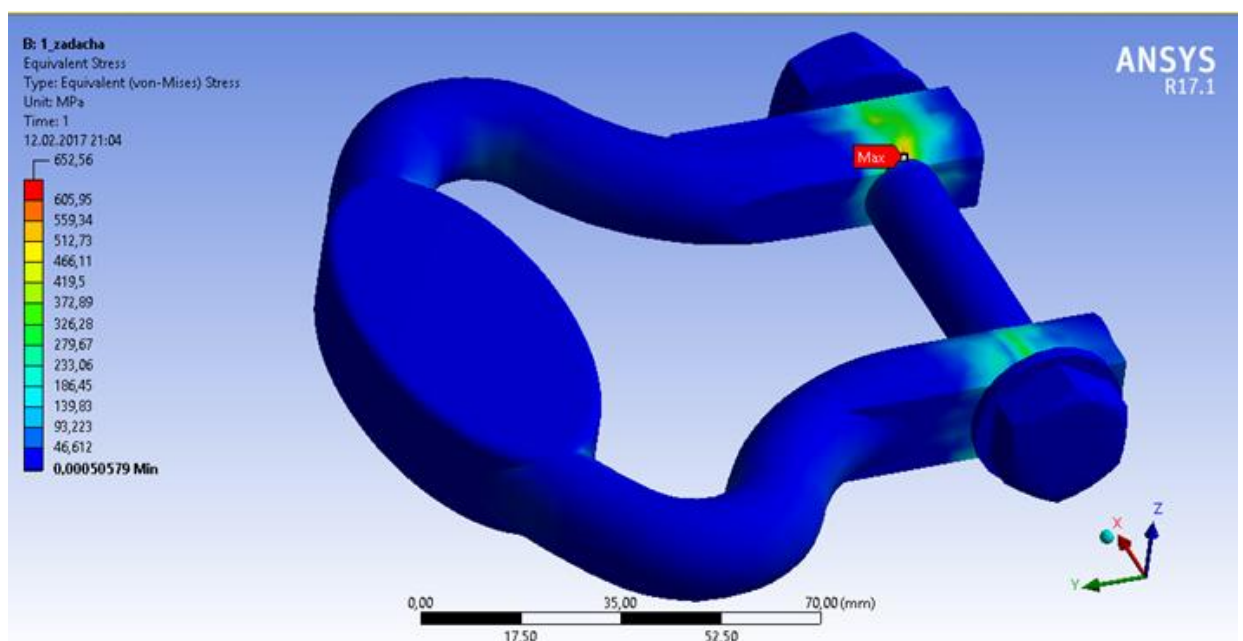


Рисунок 28 – Напряжения в соединительной петле модели А задача №1

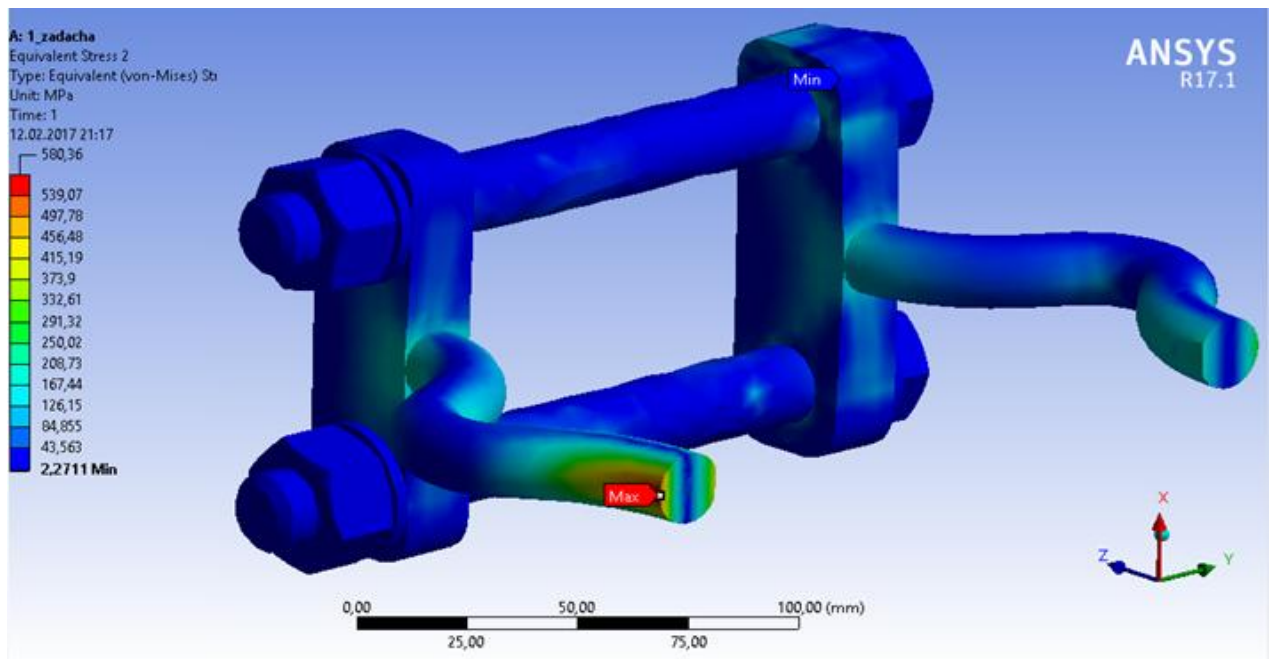


Рисунок 29 – Напряжения в соединительной петле по модели Б задача №1

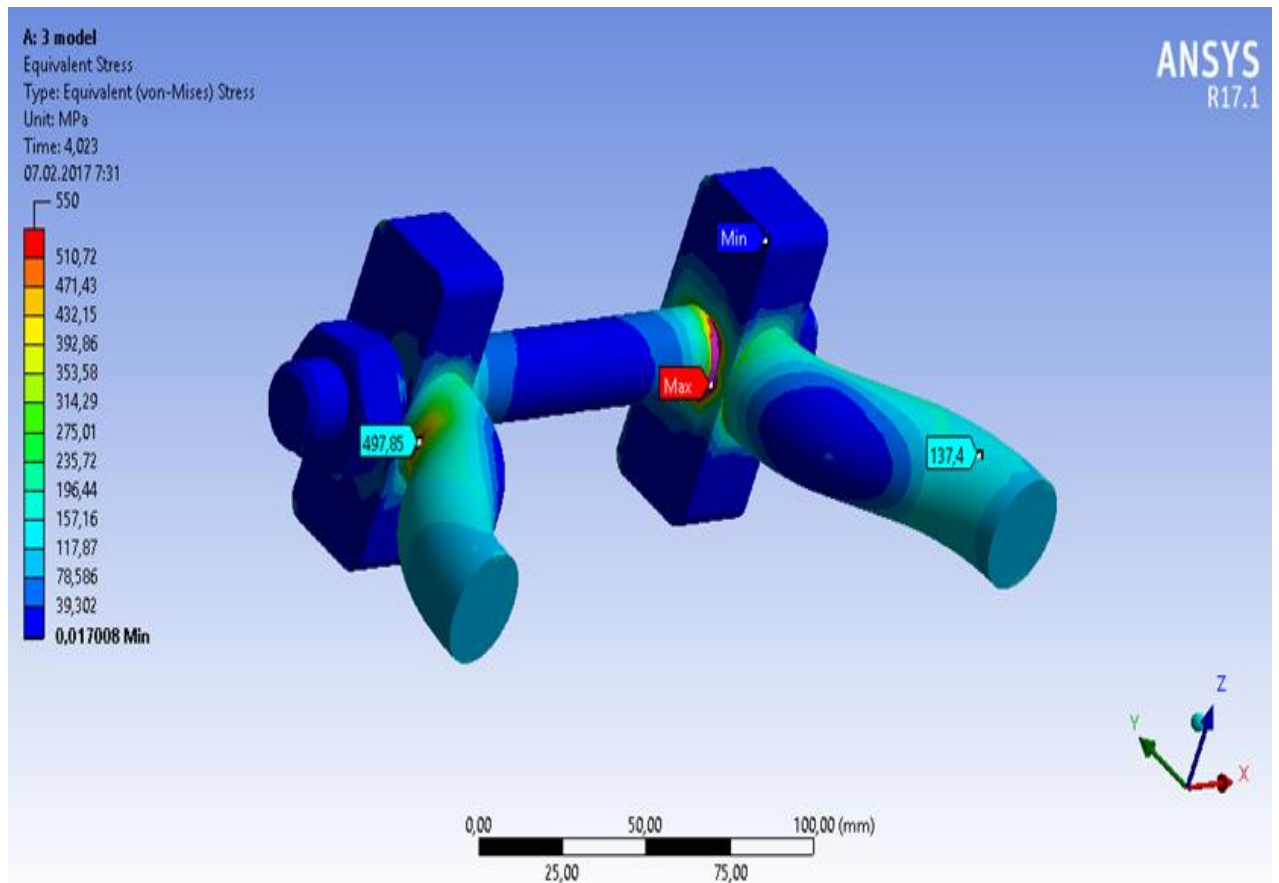


Рисунок 30 – Напряжения в соединительной петле по модели В задача №1

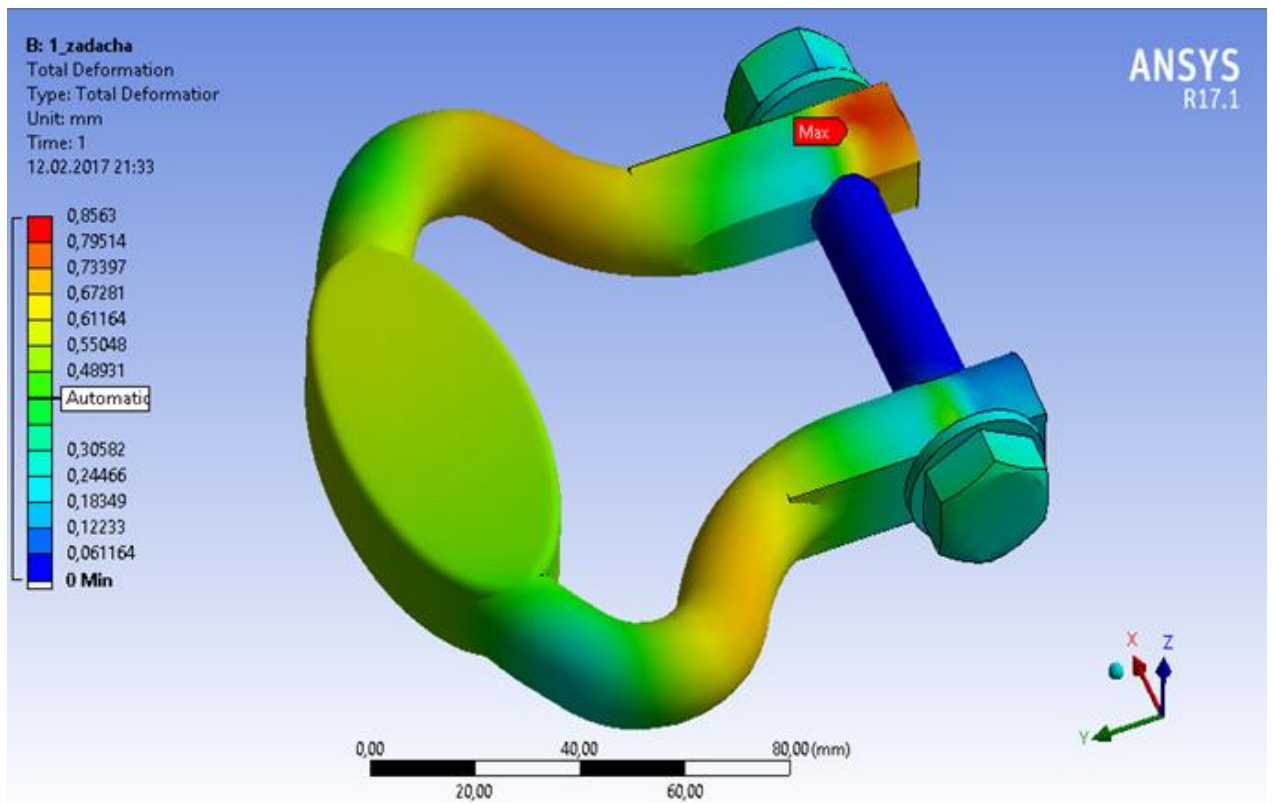


Рисунок 31 – Распределение деформаций в соединительной петле модели А задача №1

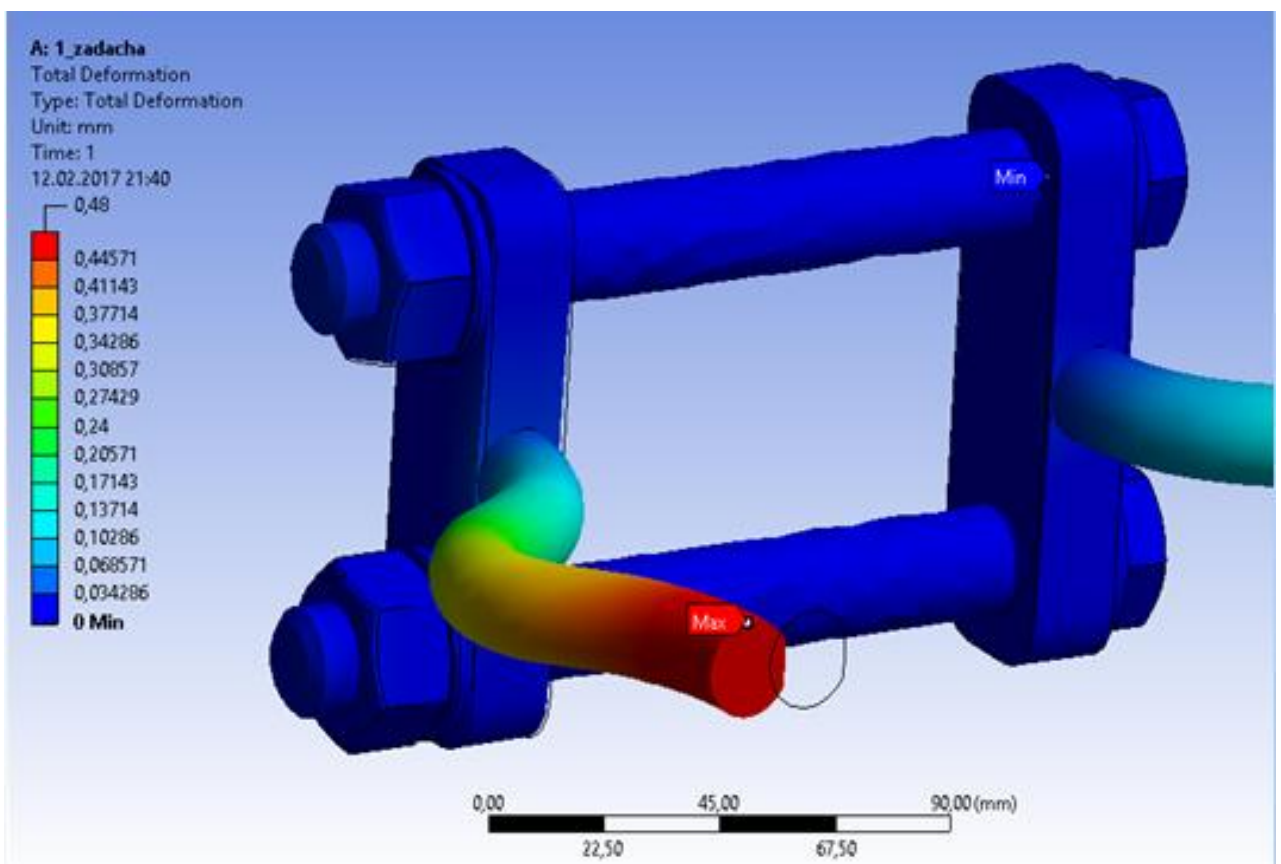


Рисунок 32 – Распределение деформаций в соединительной петле модели Б задача №1

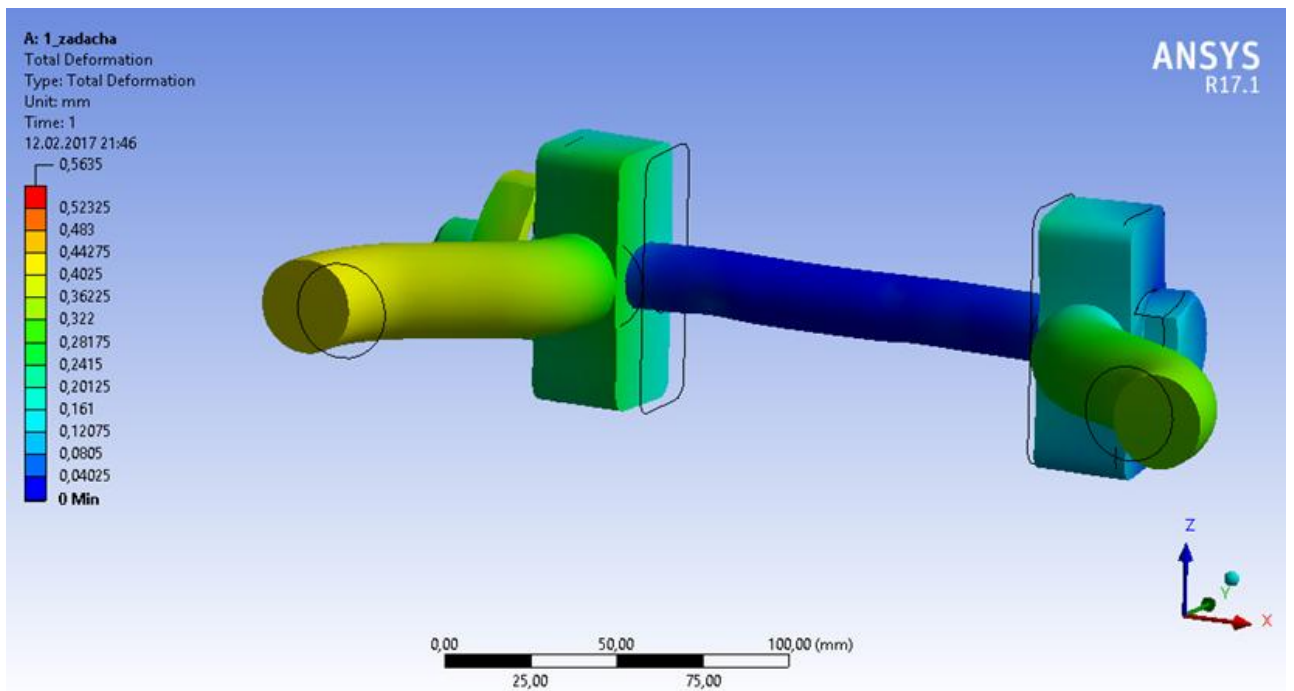


Рисунок 33 – Распределение деформаций в соединительной петле модели В задаче №1

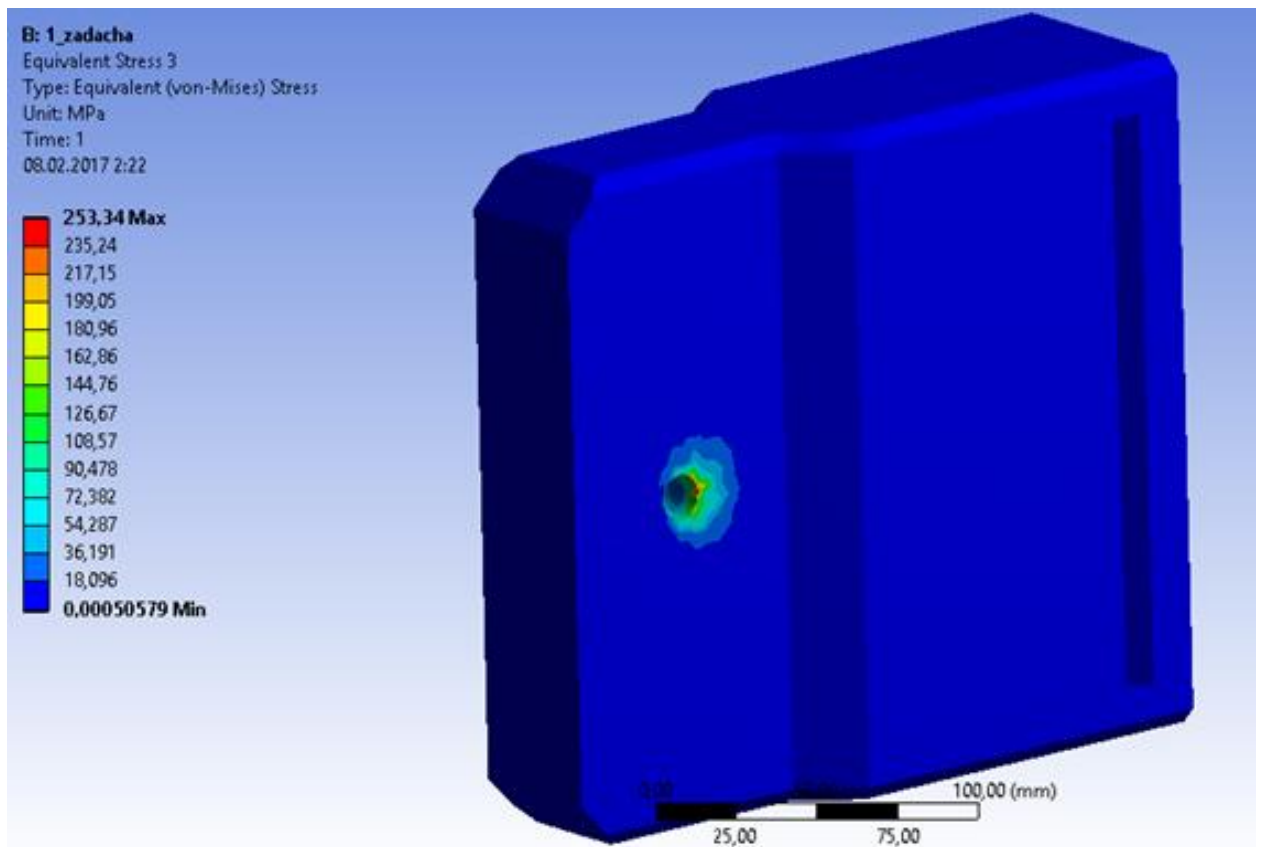


Рисунок 34 – Напряжение в скребке модели А задача №1

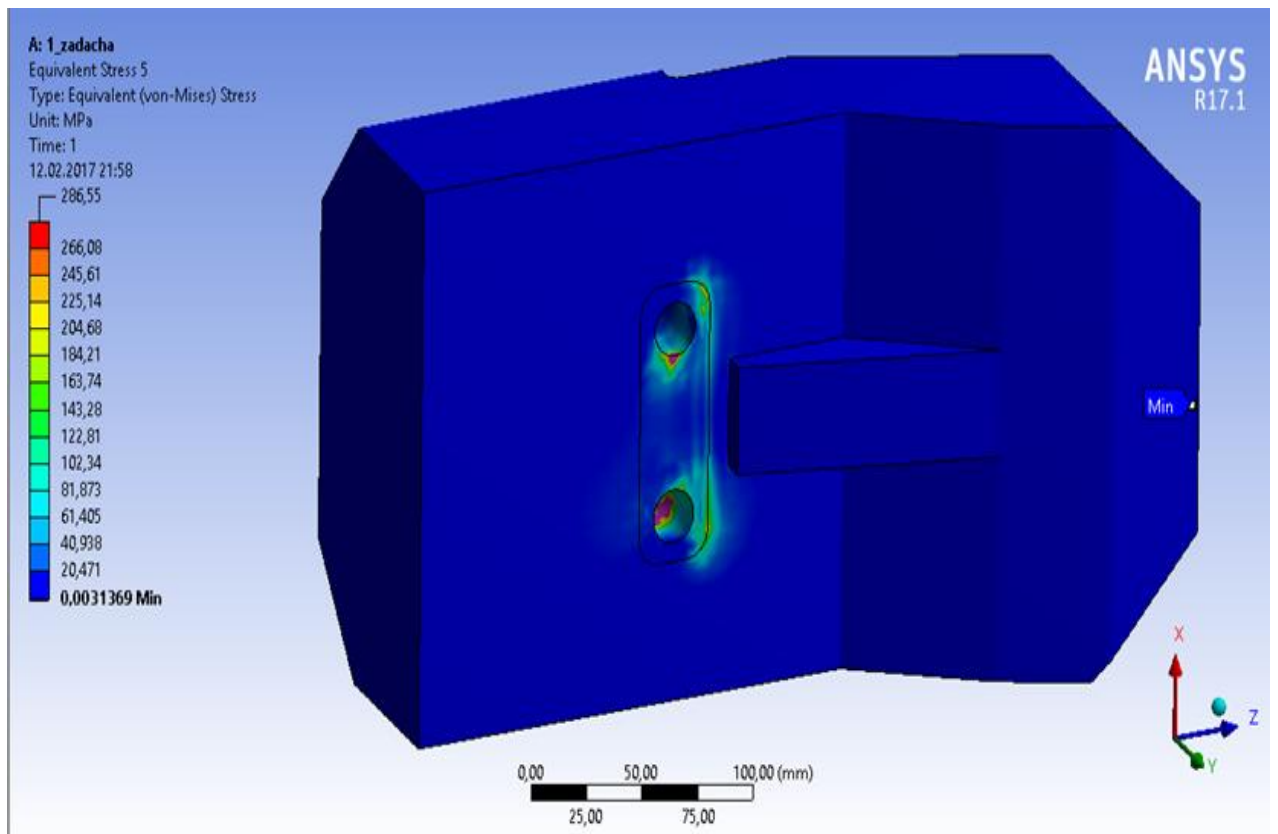


Рисунок 35 – Напряжение в скребке модели А задача №1

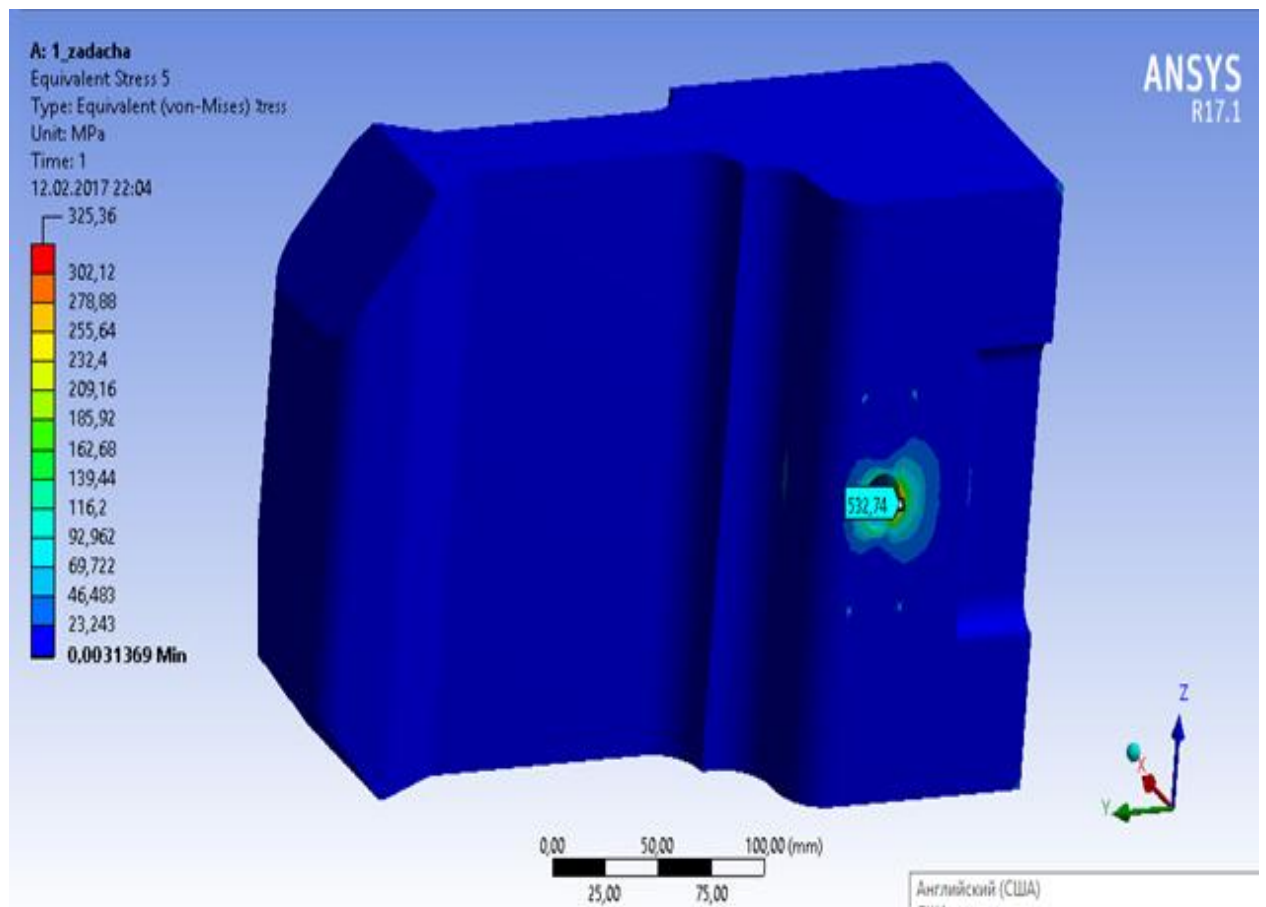


Рисунок 36 – Напряжение в скребке модели А задача №1
 Результаты расчетов по задаче №2 представлены на рисунках 34-39.

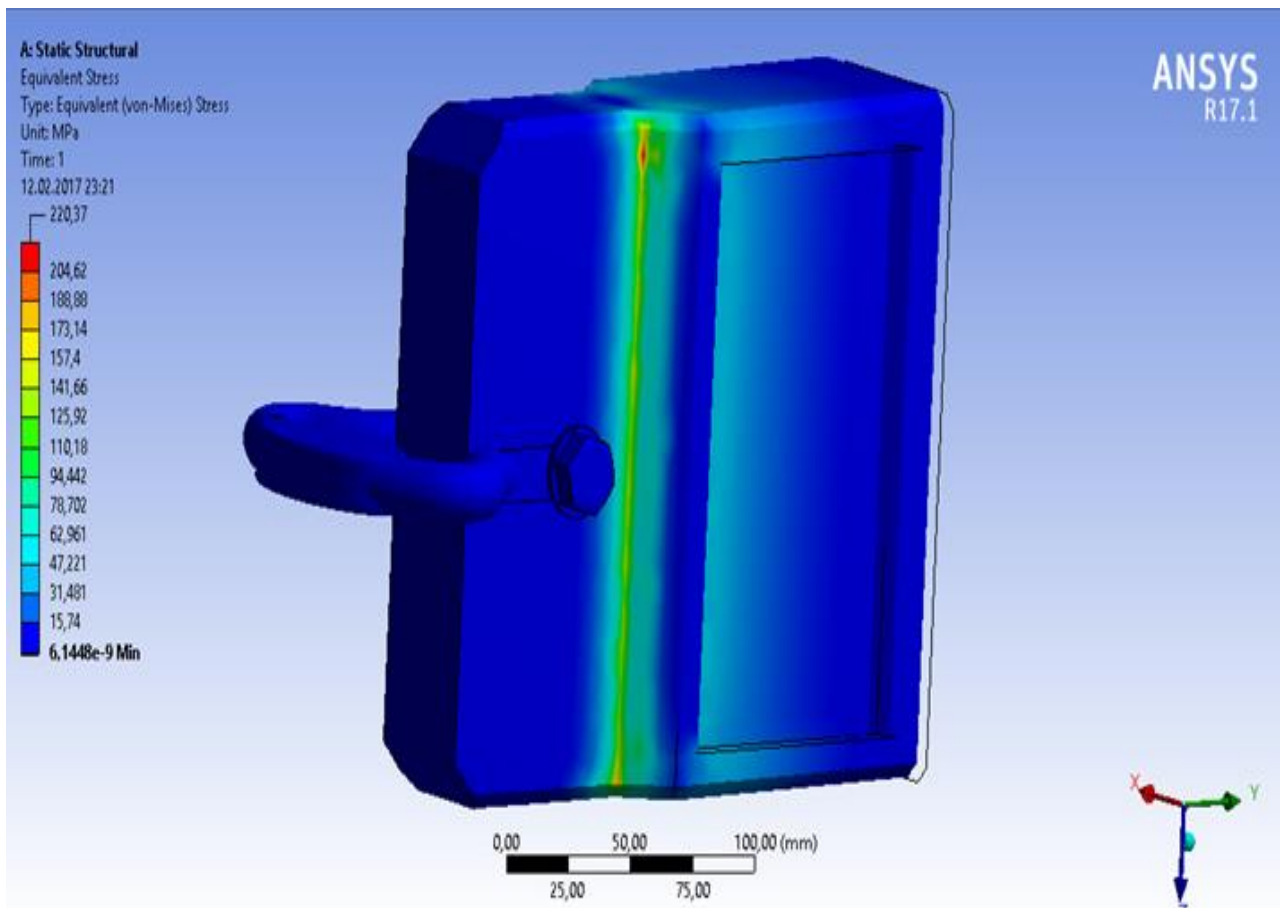


Рисунок 37 – Распределение напряжений в скребке формы А задача №2

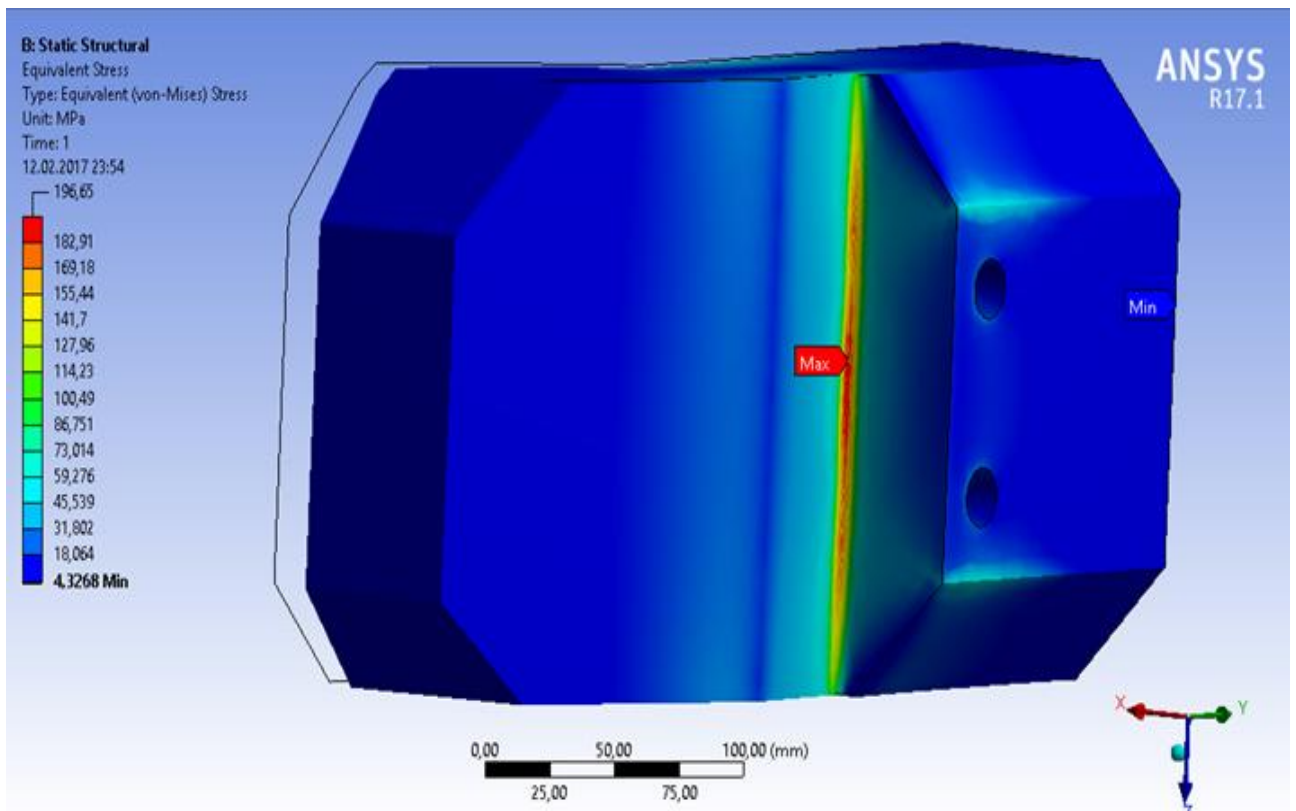


Рисунок 38 – Распределение напряжений в скребке формы Б задача №2

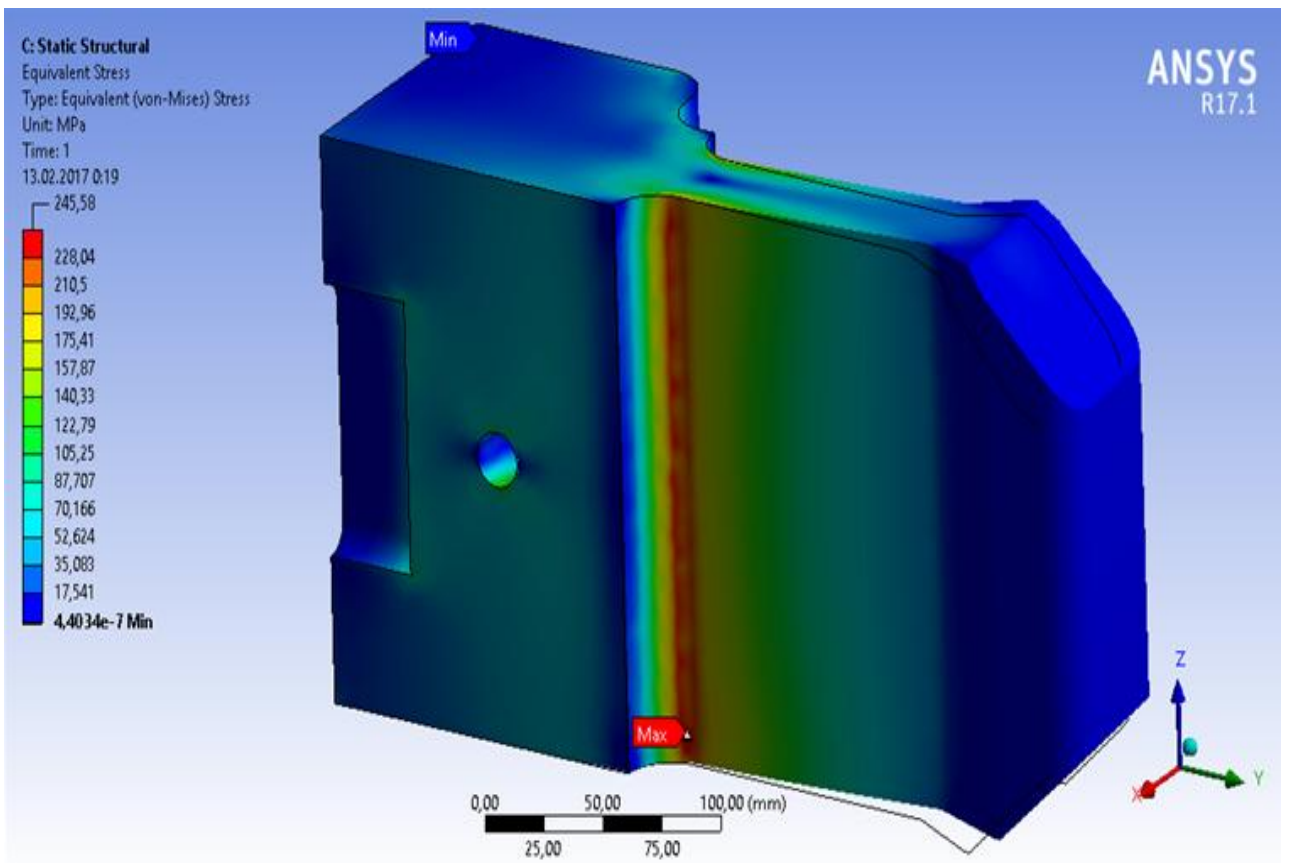


Рисунок 39 – Распределение напряжений в скребке формы В задача №2

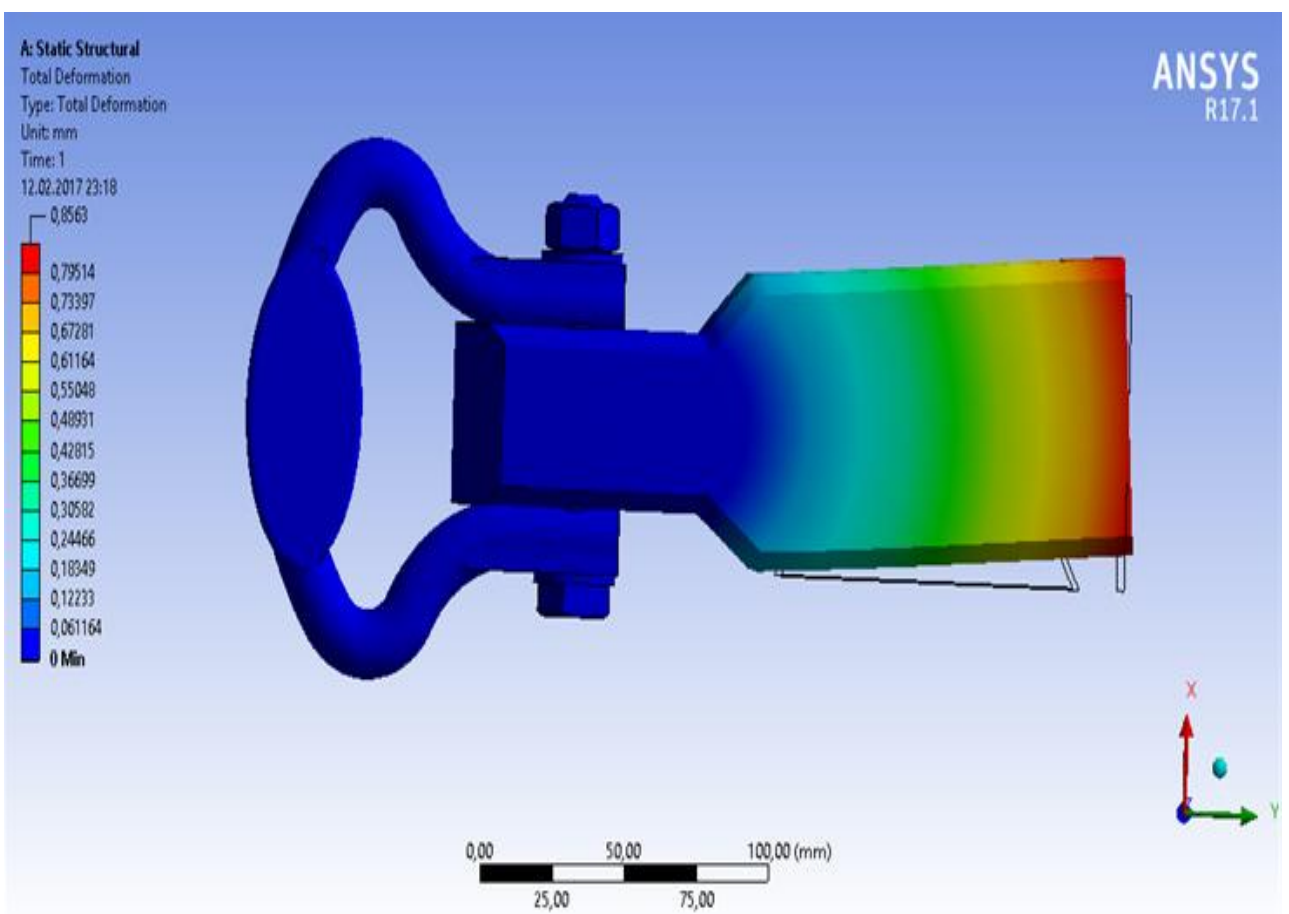


Рисунок 40 – Распределение деформаций в скребке формы А задача №2

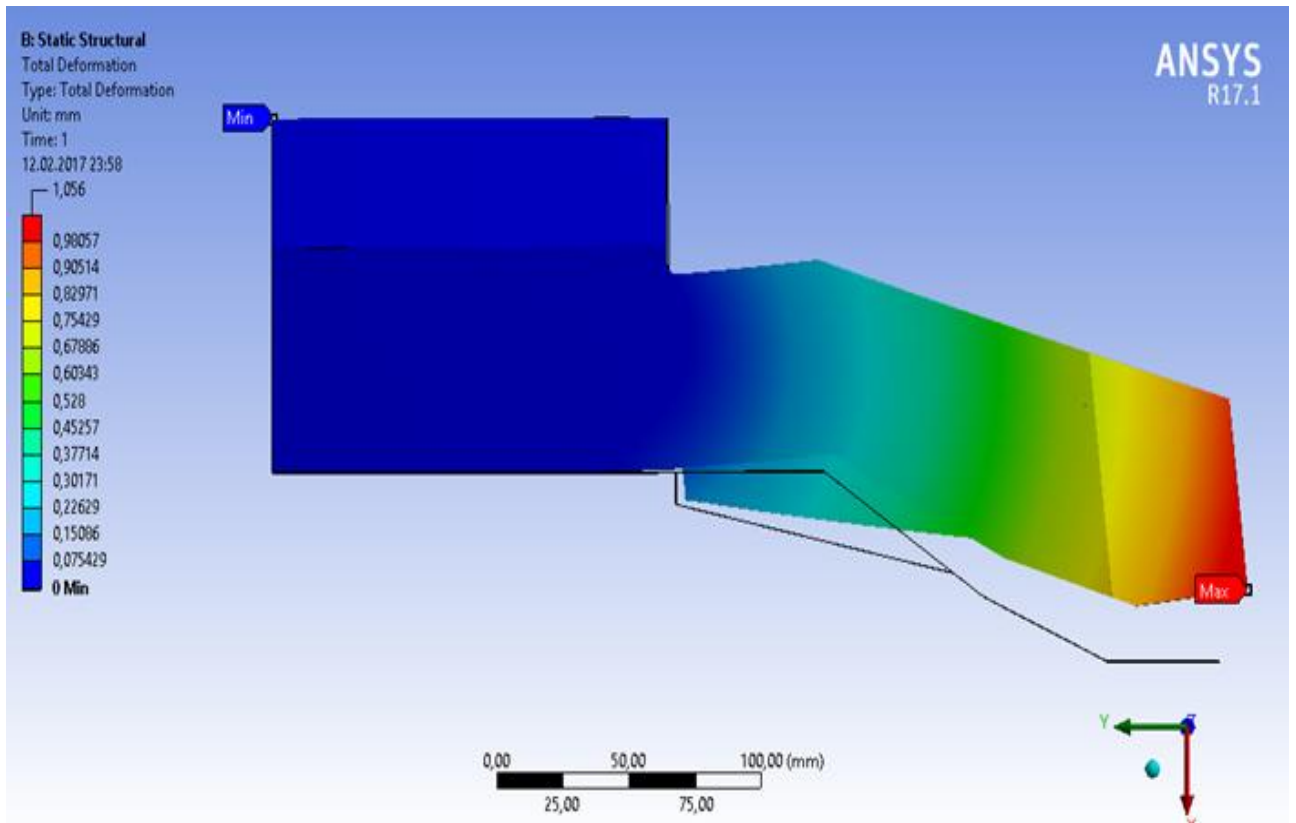


Рисунок 41 – Распределение деформаций в скребке формы Б задача №2

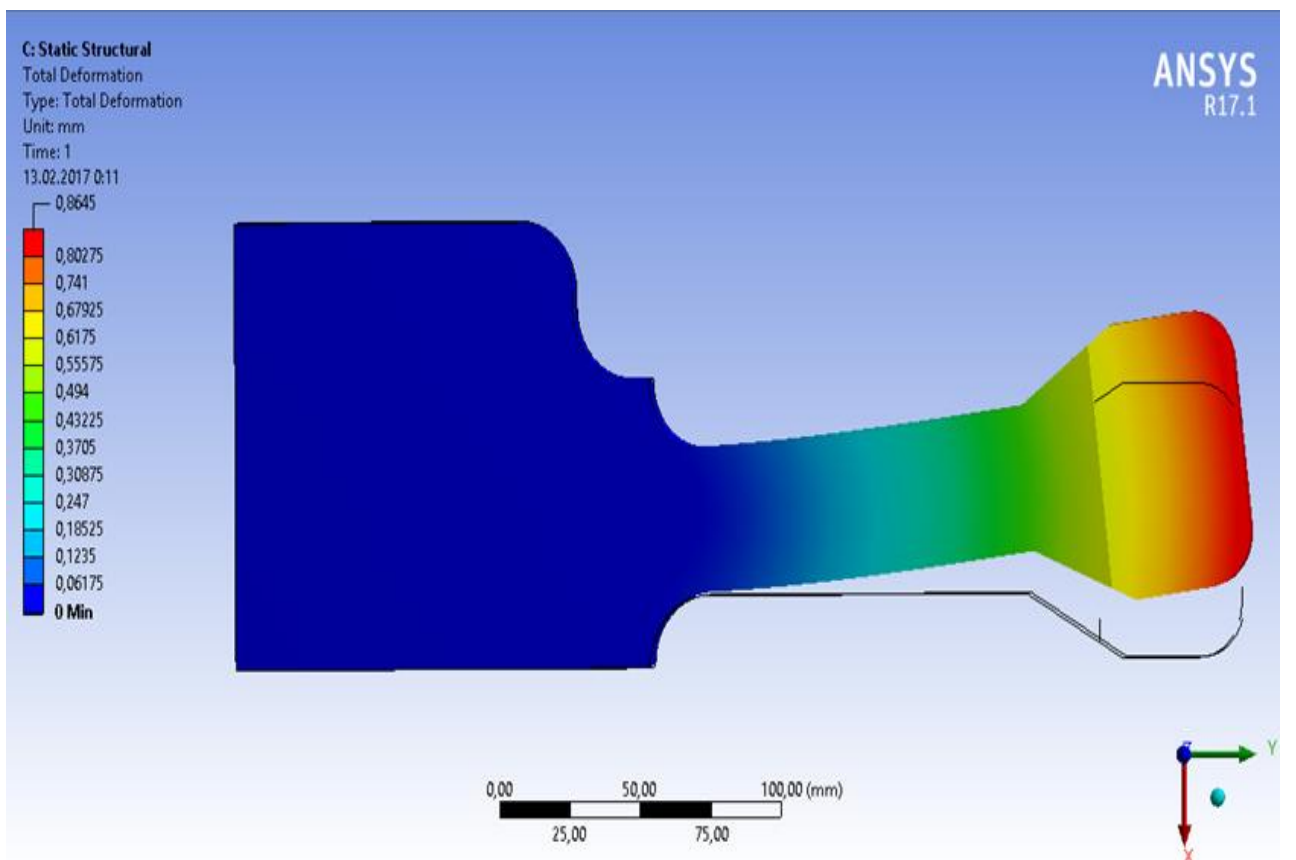


Рисунок 42 – Распределение деформаций в скребке формы В задача №2

Анализируя результаты расчетов можно сделать вывод, что наибольшие деформации и нагрузку испытывают соединительные звенья скребков тяговых органов скребковых конвейеров. Во всех 3 моделях надежным элементом является высокопрочное болтовое соединение и сам скребок в целом. Анализируя результаты можно с уверенностью сделать вывод, что наименьшие нагрузки испытывает скребок геометрической формы Б.

Создание экспериментальной модели тягового органа скребкового конвейера будем производить учитывая деформации и напряжения исследуемых моделей А, Б и В.

В связи с ограниченностью сроков выполнения дипломной работы и сложностью при работе с программой ANSYS на данном этапе я представляю вам доработанную модель скребка формы В (рисунок 43).

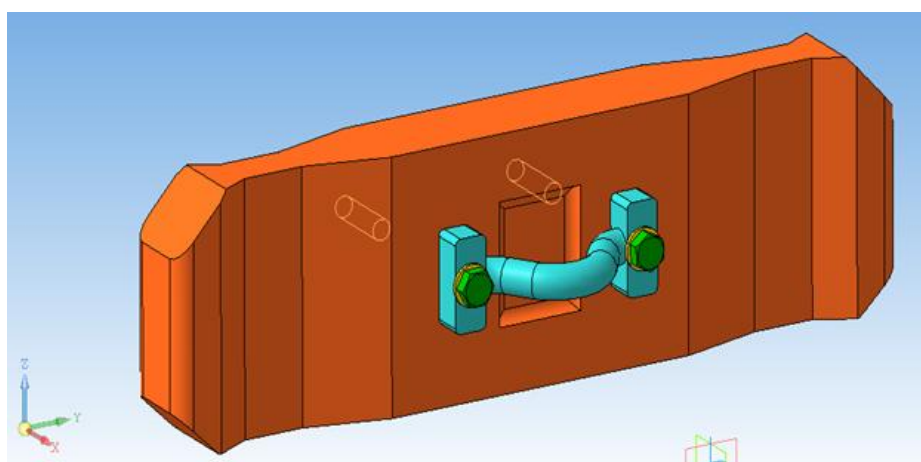


Рисунок 43 – Доработанная модель скребка формы В

Изменением формы скребка удалось добиться снижения деформации с (0,86) до (0,55) мм (рисунок 44), снижение напряжений в скребке с (245 МПа) до (187 МПа) (рисунок,45), а также уменьшить массу скребка на 1 кг без изменения его прочностных характеристик. Уменьшение массы скребка в рамках крупносерийного производства только по закупке материала приводит к экономии на 13.8%.

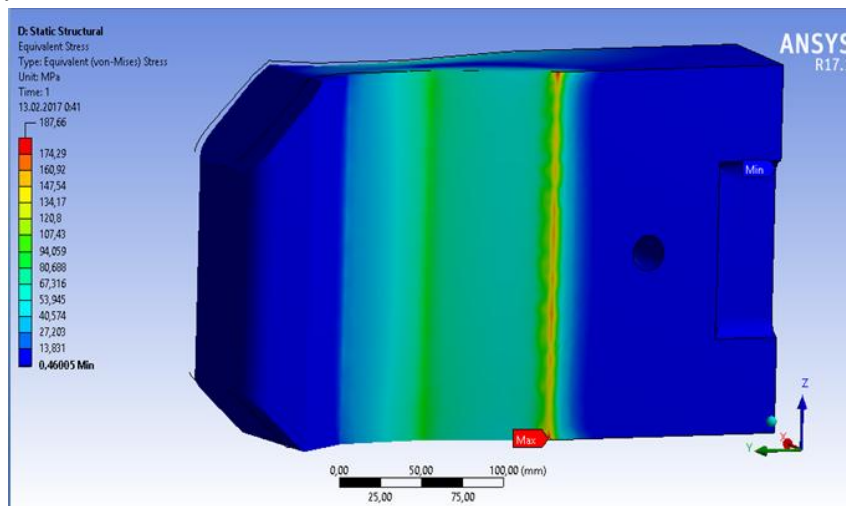


Рисунок 44 – Распределение напряжений в скребке доработанной формы В

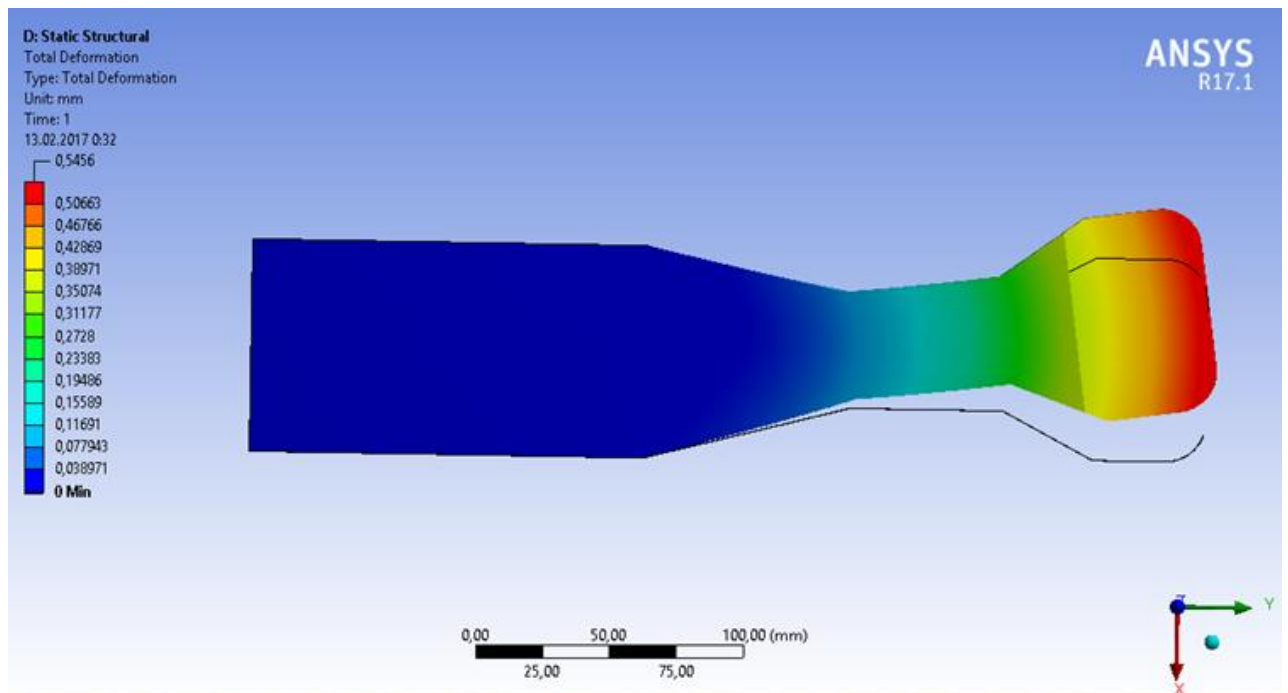


Рисунок 45 – Распределение деформаций в скребке доработанной формы В

1.6 Рекомендации по повышению показателей надежности и прочностных характеристик тяговых органов скребковых конвейеров.

После проведения инженерного анализа используемых в настоящее время моделей тяговых органов можно дать следующие рекомендации по повышению показателей надежности и прочностных характеристик тяговых органов скребковых конвейеров:

1. При выборе конвейера необходимо учитывать производительность, которую он должен обеспечивать в процессе эксплуатации. Так как несоответствие конвейера производительности в случае ее увеличения может привести к увеличению нагрузок на тяговый орган и в последствии выходу его из строя.
2. Конвейер должен соответствовать горно-техническим и горно-геологическим характеристикам шахты, так как от этого зависят особенности эксплуатации транспортного оборудования.
3. Применение в местах перегрузки аккумулирующих емкостей, снижающих неравномерности грузопотоков, в виде горных или механизированных бункеров.
4. При тяговом расчете скребкового конвейера необходимо учитывать динамические нагрузки при пуске и остановке конвейера, которые зачастую превышают статические.
5. На стадии проектирования необходимо уделять большое внимание выбору соответствующих материалов и методов их упрочнения для производства элементов конвейера. Именно от правильного выбора материалов и формы детали во многом зависят прочностные характеристики деталей и узлов.

6. В связи с тем, что динамические нагрузки могут возникать вследствие аномальных режимов работы, таких как заклинивание тягового органа конвейера необходимо должное внимание уделять осмотру конвейера как во время работы так и в момент остановки с целью выявления неисправностей которые впоследствии могут привести к аварии и разрушению тягового органа.
7. В связи инерционностью тяговых органов скребковых конвейеров, которые вызваны значительными перемещаемыми массами и маховыми моментами приводов необходимо вести работы по уменьшению массы тяговых органов без потери прочностных характеристик, а так же эксплуатационных показателей.

2 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2.1 Общие требования безопасности

2.1.1 Настоящая инструкция предусматривает основные требования по организации и проведению безопасной работы машиниста конвейера при эксплуатации оборудования.

2.1.2 К самостоятельной работе в качестве машиниста конвейера допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие:

- профессиональное обучение и имеющие соответствующее удостоверение по профессии;
- предварительный медицинский осмотр и получившие заключение о пригодности к данной профессии;
- вводный инструктаж по безопасности труда, пожарной безопасности и оказанию доврачебной помощи пострадавшему;
- первичный инструктаж на рабочем месте и обученные безопасным методам и приемам выполнения работ.

2.1.3 Машинист конвейера, занятый на работе, где организацией труда предусматривается совмещение производственных профессий, должен пройти обучение по всем видам работ, сдать экзамены и получить допуск.

2.1.4 Машинист конвейера обязан проходить:

- периодические медицинские осмотры - ежегодно;
- повторный инструктаж по безопасности труда - не реже одного раза в квартал;
- обучение безопасным методам и приемам работ и проверку их знаний в объеме программы, утвержденной администрацией предприятия, - один раз в год;
- внеплановый и целевой инструктаж по безопасности труда - по мере необходимости.

2.1.5 Машинист конвейера с признаками явного недомогания, в состоянии алкогольного или наркотического опьянения к работе не допускается.

2.1.6 Машинист конвейера обязан: соблюдать правила внутреннего распорядка и дисциплину труда; своевременно и точно исполнять распоряжения администрации; соблюдать технологическую дисциплину, требования по охране труда, технике безопасности и производственной санитарии; бережно относиться к имуществу предприятия; соблюдать порядок передвижения по территории предприятия; знать значения применяемых на предприятии знаков безопасности, звуковых и световых сигналов, быть внимательным к подаваемым сигналам и выполнять их требования.

Каждый неправильно поданный или непонятный сигнал должен восприниматься как сигнал «Стоп».

2.1.7 В случае возникновения в процессе работы каких-либо вопросов, связанных с ее безопасным выполнением, необходимо немедленно обратиться к

работнику, ответственному за безопасное производство работ (мастеру или начальнику смены).

2.1.8 В течение всей рабочей смены следует соблюдать установленный администрацией режим труда и отдыха.

2.1.9 Отдыхать и курить разрешается только в специально отведенных местах.

2.1.10 Для питья следует использовать воду только из сатураторов, питьевых фонтанчиков, питьевых бачков. Использовать другие случайные источники не допускается.

2.1.11 Прием пищи следует производить только в специально оборудованных помещениях (местах).

2.1.12 При обслуживании конвейерного оборудования имеют место такие опасные и вредные производственные факторы как: движущая лента и вращающиеся барабаны и ролики; подвижные части производственного оборудования; повышенная запыленность воздуха рабочей зоны с содержанием в пыли волокон асбеста; повышенная температура поверхности оборудования и материалов (асбестовая руда на тракте транспортирования горячей руды); повышенный уровень шума (при совмещении с профессией дробильщика); повышенный уровень общей вибрации; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

2.1.13 Администрация предприятия должна обеспечивать машиниста конвейера средствами индивидуальной защиты в соответствии с действующими отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты:

- костюм хлопчатобумажный - 1 комплект на год;
- ботинки кожаные или сапоги резиновые - 1 пара на год;
- рукавицы комбинированные - 6 пар на год;
- каска защитная - 1 шт. на 2 года;
- респиратор - до износа.

В зимнее время в неотапливаемых помещениях:

- куртка на утепляющей прокладке - 1 шт. на 2 года;
- брюки на утепляющей прокладке - 1 шт. на 2 года;
- валенки - 1 пара на 2,5 года.

При наличии нескольких видов равноэффективных респираторов работники могут пользоваться правом выбора респиратора, наиболее приемлемого для них с точки зрения защиты и комфорта.

2.1.14 Машинист конвейера без полагающихся по условиям производства спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты и предохранительных приспособлений к выполнению работ не допускается.

2.1.15 Машинист конвейера обязан:

- соблюдать на производстве требования пожарной безопасности, а также соблюдать и поддерживать противопожарный режим;

- соблюдать меры предосторожности при проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями, горючими газами и другими пожаро- и взрывоопасными веществами, материалами и оборудованием;
- знать месторасположение главного и запасных выходов из цеха и пути эвакуации из зоны возникновения пожара или аварии;
- уметь пользоваться первичными средствами пожаротушения.

2.1.16 Использовать первичные средства пожаротушения, немеханизированный пожарный инструмент и инвентарь для хозяйственных и прочих нужд, не связанных с тушением пожара, запрещается.

2.1.17 Сбор использованных обтирочных материалов или просыпи асбеста должен производиться в специальные металлические ящики с закрывающимися крышками.

Ящики, по мере заполнения материалом, должны очищаться, но не реже одного раза в смену.

2.1.18 Машинист конвейера должен: иметь элементарное представление об опасности электрического тока и мерах безопасности при работе на обслуживаемом участке, электрооборудовании, установке; знать правила оказания первой помощи пострадавшим от электрического тока.

2.1.19 Запрещается прикасаться к открытым токоведущим частям оборудования и оголенным проводам, производить самовольное исправление или подключение электропроводки, устанавливать или заменять электролампы, а также вешать одежду и класть какие-либо предметы на провода, изоляторы, выключатели, розетки, посты управления и другую коммутационную аппаратуру.

2.1.20 О случаях травмирования и всех неисправностях работы механизмов, оборудования, нарушениях технологических режимов, ухудшении условий труда, возникновении чрезвычайных ситуаций машинист конвейера должен сообщить мастеру (начальнику) смены и принять профилактические меры по обстоятельствам, обеспечив собственную безопасность.

2.1.21 При заболевании, отравлении или несчастном случае машинист конвейера должен прекратить работу, известить об этом мастера (начальника) смены и обратиться за медицинской помощью.

2.1.22 При несчастном случае с другими работниками необходимо: оказать пострадавшему первую помощь, соблюдая меры собственной безопасности; по возможности сохранить обстановку случая и о случившемся доложить мастеру (начальнику) смены.

2.1.23 В процессе работы машинист конвейера обязан соблюдать правила личной гигиены: обеспыливать спецодежду; мыть руки с мылом перед приемом пищи; следить за чистотой рабочего места, спецодежды и средств индивидуальной защиты.

2.1.24 По мере загрязнения или износа спецодежда машиниста конвейера должна подвергаться химчистке, стирке или ремонту за счет средств предприятия.

Не допускается обработка и стирка загрязненной спецодежды на дому самими работниками, а также применение для этой цели взрыво- и пожароопасных веществ.

2.1.25 За невыполнение требований безопасности, изложенных в настоящей инструкции, в зависимости от характера допущенных нарушений и их последствий, машинист конвейера несет дисциплинарную, материальную или уголовную ответственность согласно действующему законодательству Российской Федерации.

2.2 Требования безопасности перед началом работы

2.2.1 Осмотреть, привести в порядок и надеть спецодежду. Застегнуть и заправить одежду так, чтобы она не имела свисающих и развевающихся концов.

2.2.2 Проверить комплектность и исправность средств индивидуальной защиты.

2.2.3 Получить задание на работу и инструктаж по технике безопасности, связанный с особенностями работы.

2.2.4 Ознакомиться с записями в журнале приема-сдачи смен. Получить от машиниста конвейера, сдающего смену, сведения об исправности оборудования и о неполадках, имевших место в течение прошедшей смены.

2.2.5 Обойти обслуживаемый участок. При осмотре конвейеров и другого оборудования в зоне обслуживания убедиться в исправности:

- и надежности крепления ограждений движущихся частей (головных, хвостовых и отклоняющих барабанов, натяжных устройств, опорных роликов и роликов нижней ветви ленты в зонах рабочих мест, ременных и других передач, шкивов, муфт и т.п.);
- тормозных устройств на каждом приводе многоприводных конвейеров, а также тормозных устройств элеваторов, исключая обратный ход механизма при его остановке, и ловителей при обрыве ковшовой цепи;
- выключающих устройств, позволяющих останавливать конвейер в аварийных ситуациях с любого места по его длине со стороны прохода для обслуживания (тросового выключателя), а также аварийных кнопок «Стоп» в головной и хвостовой части конвейеров;
- действия двусторонней предупредительной предпусковой звуковой или световой сигнализации на участках трассы конвейеров, находящихся вне зоны видимости;
- ограничительных упоров и приспособлений для гашения инерции движущихся грузов у роликовых неприводных конвейеров;
- блокировочных устройств, автоматически отключающих привод конвейера при снятых ограждениях головных и хвостовых барабанов, открывания люков и крышек у винтовых конвейеров (шнеков) и защиты от проскальзывания ленты на конвейерах;
- аварийных выключателей у мест загрузки и разгрузки элеваторов;

- защитных заземлений электрооборудования;
- местных аспирационных отсосов или оросительных систем у конвейеров.

2.2.6 Проверить чистоту рабочего места, проходов, площадок, подходов к постам с противопожарным инвентарем, убедиться, что они свободны и не загромождены, лестницы, переходы исправны и хорошо освещены. Проверить комплектность противопожарного инвентаря.

2.2.7 В случае обнаружения нарушений требований безопасности или неисправности оборудования, устранение которых не входит в обязанности машиниста конвейера или которые не могут быть устранены его силами, сообщить о них мастеру (начальнику) смены и поступать согласно его указаниям.

2.2.8 Убедиться в достаточности освещения рабочего места. Освещение должно обеспечивать четкую видимость пусковых устройств, приводов, ограждений. При обнаружении неисправности в осветительной сети необходимо вызвать дежурного электрослесаря.

2.2.9 Оформить прием смены в журнале приема-сдачи смен.

2.3 Требования безопасности во время работы

2.3.1 Перед пуском оборудования в работу подать предупредительный звуковой и световой сигналы.

Перед запуском оборудования, находящегося вне зоны видимости, оповестить о предстоящем запуске по громкоговорящей связи с указанием наименования и технологической нумерации запускаемого оборудования, подать предупредительный звуковой сигнал продолжительностью не менее 10 секунд; сделав выдержку во времени не менее 30 секунд, подать второй звуковой сигнал продолжительностью 30 секунд.

Запуск механизмов и оборудования должен быть полностью заблокирован с выполнением указанной выдержки времени.

2.3.2 Во время работы машинист конвейера обязан:

- следить за работой электрооборудования, редукторов, соединительных муфт и т.д.;
- беречь ограждения от поломок, не снимать их при работающем оборудовании;
- проверять внешним осмотром вращение рабочих и поддерживающих роликов;
- следить за исправностью и натяжкой конвейерной ленты;
- следить за исправностью приводных и натяжных барабанов, тормозов, ограждений;
- следить за исправностью предупредительной сигнализации и освещения;
- проверять наличие и исправность блокировочных устройств на ограждениях приводных и натяжных барабанов и троса аварийного останова;
- постоянно следить за равномерным распределением материала на конвейере во избежание падения транспортируемого материала;

- налипший материал на ленте, барабанах и роликах очищать только при остановленном конвейере с применением скребков и щеток;
- очистку за ограждениями производить при остановленном конвейере;
- переходить через конвейер только по переходным мостикам.

2.3.3 Запрещается:

- работать на неисправном оборудовании (без ограждения движущихся и токоведущих частей, без заземления или с неисправным заземлением, с поврежденной изоляцией электропроводов, с неисправной сигнализацией, при повреждении уплотнений пылящего оборудования, при отключенных или забитых аспирационных системах и т.д.);
- во время работы оборудования производить какой-либо ремонт, трогать руками движущиеся части, производить смазку, тормозить руками или какими-либо предметами вращающиеся части;
- производить запуск оборудования без предупредительного сигнала;
- запускать без разрешения мастера (начальника) смены механизмы, бывшие в ремонте, включать оборудование, на кнопках и на ключах управления которого висит плакат «Не включать! Работают люди»;
- прикасаться к движущейся ленте и вращающимся частям оборудования;
- работать под движущейся лентой конвейера и над ней.

2.3.4 Запрещается пускать в работу конвейеры, барабаны которых завалены транспортируемым материалом, а также при захламленности и загроможденности проходов, отсутствии или неисправности:

- ограждений головных, хвостовых и отклоняющих барабанов;
- тросового выключателя;
- заземления электрооборудования, брони кабелей или рамы конвейера.

2.3.5 Лента конвейера при работе не должна иметь боковых смещений, выходящих за пределы краев барабанов и роликоопор. Запрещается направлять движение ленты руками и заправлять ее бортовые уплотнения без специальных приспособлений при работе конвейеров. Во избежание бокового схода ленты конвейера должны быть оборудованы приспособлениями, исключающими смещение ленты.

2.3.6 Подсыпать на приводной барабан канифоль или другие материалы с целью устранения пробуксовки лент запрещается. Пробуксовку необходимо устранять соответствующей натяжкой ленты.

2.3.7 При обслуживании винтовых конвейеров (шнеков) запрещается:

- ходить по крышкам винтовых конвейеров;
- проталкивать сырье или случайно попавшие в конвейер предметы и брать пробы для лабораторного анализа во время работы винтового конвейера;
- эксплуатировать винтовой конвейер при касании винтом стенок корпуса, при неисправных крышках и неудовлетворительных уплотнениях.

2.3.8 При обслуживании пластинчатого питателя следить за тем, чтобы соединительные оси звеньев, состояние пластин, натяжка цепи питателя были в

полной исправности. Следить за правильным ходом звеньев питателя на натяжном барабане и приводном валу-звездочке.

Запрещается во время работы питателя:

- поправлять пластины и убирать просыпь с верхней ленты;
- спускаться в бункер питателя для ликвидации сводообразований руды;
- работать при неисправной ведущей цепи и при наличии хотя бы одной сломанной пластины;
- производить смазку;
- работать без ограждений на приводе и цепи питателя;
- работать без блокировки и ограждения натяжного барабана питателя.

2.3.9 Загружать элеватор следует после проверки готовности к работе следующего за ним оборудования транспортной линии (конвейеров, шнеков, бункеров и т.п.).

2.3.10 При обслуживании элеваторов запрещается:

- пускать элеватор при недостаточном натяжении ковшовой ленты;
- производить осмотры, ремонты и отбирать пробы сырья во время работы элеватора;
- останавливать элеватор во время подачи в него сырья или при загруженных ковшах.

2.3.11 Перед осмотром и очисткой элеватора ковшовую ленту необходимо надежно затормозить.

2.3.12 Работы по очистке вручную элеваторов, головных, хвостовых, отклоняющих барабанов, роlikоопор и конструкций ленточных конвейеров, пластинчатых питателей, а также уборку просыпавшегося материала из-под них производить с разрешения мастера (начальника) смены, который должен в установленном порядке обеспечить разборку электрической схемы приводов этого оборудования.

Перед производством перечисленных работ машинист конвейера должен:

- с разрешения мастера (начальника) смены на пульте местного управления (ПМУ) перевести управление оборудованием с дистанционного на местное и путем пробного включения убедиться, что электрическая схема привода оборудования разобрана;
- на ПМУ установить универсальный переключатель программы в положение «Запрет» и вывесить на нем плакат с поясняющей надписью «Не включать! Работают люди».

2.3.13 Ликвидацию зависаний материала в загрузочных и разгрузочных воронках при работающем оборудовании производить инвентарными шуровками с площадок через специальные шуровочные лючки.

2.3.14 Очистку желобов и воздухопроводов от зависшего материала через шуровочные лючки, расположенные на высоте от 1,5 до 2 м от пола, производить с площадок, оборудованных перилами, или со стационарных и переносных лестниц, а на высоте 2 м и более - только с площадок или лесов.

2.3.15 Перед работой со стационарных лестниц и площадок проверить наличие и прочность закрепления перил.

2.4 Требования безопасности по окончании работы

2.4.1 Отключить оборудование, на ПМУ вывесить плакат "Не включать! Работают люди". При непрерывном процессе, согласно технологическому регламенту, оборудование не отключать.

2.4.2 Произвести уборку рабочего места. Удалить осевшую пыль с оборудования и пола на обслуживаемом участке. Уборку пыли производить механизированным способом (пневмоуборка или гидравлическая уборка). Допускается производить уборку при помощи предназначенного для выполнения этих работ инструмента (щетки, лопаты, совка, скребка) с соблюдением требований безопасности, изложенных в настоящей инструкции.

2.4.3 Запрещается:

- производить чистку работающего оборудования;
- уборку просыпавшегося материала между работающими конвейерами, если нижняя ветвь конвейера и поддерживающие ролики не ограждены с боков и снизу.

2.4.4 По окончании уборки снять с ПМУ плакат «Не включать! Работают люди».

2.4.5 Обо всех замеченных неисправностях оборудования, начатом и неоконченном ремонте известить мастера (начальника) смены.

2.4.6 Непосредственно на рабочем месте смену сдать машинисту конвейера, заступающему на работу, ознакомив его с неполадками, которые наблюдались при работе обслуживаемого оборудования. Произвести запись в журнал приема-сдачи смен о сдаче смены и сообщить мастеру (начальнику) смены.

2.4.7 В случае неявки сменщика доложить об этом мастеру (начальнику) смены и действовать согласно его указаниям.

2.4.8 Произвести обеспыливание спецодежды.

2.4.9 Снять спецодежду в гардеробной для загрязненной одежды, убрать ее в шкаф и принять душ.

2.4.10 Надеть личную одежду в гардеробной для чистой одежды.

2.5 Требования безопасности в аварийных ситуациях

2.5.1 Для экстренного отключения электродвигателя конвейера при угрозе аварии или несчастного случая воспользоваться тросом аварийного останова конвейера, натянув его с любого места по длине конвейера. Сообщить об этом мастеру (начальнику) смены. Для обычного останова конвейера пользоваться тросом аварийного останова запрещается.

2.5.2 Пуск конвейера после экстренного останова тросовым выключателем разрешается производить только машинисту конвейера, обслуживающему данный конвейер, после выполнения следующих мероприятий:

- вывести ключ запрета в положение «выключено» (при дистанционном управлении - ближайший, при местном - на ПМУ) и вывесить плакат «Не

включать! Работают люди», рукой отвести защелку выключателя, вернуть выключатель тросового останова в исходное положение;

- осмотреть конвейер по всей длине и убедиться, что людей и посторонних предметов на нем нет;
- при местном управлении дать предупредительный сигнал и запустить конвейер с ПМУ, при дистанционном управлении перевести ключ запрета в рабочее положение.

2.5.3 При пожаре:

- остановить конвейер, обесточить электропривод с пульта управления;
- сообщить по телефону или другими средствами связи диспетчеру или мастеру (начальнику) смены;
- принять меры по эвакуации людей и сохранности материальных ценностей;
- приступить к тушению очага пожара имеющимися средствами пожаротушения.

2.5.4 При обрыве провода или кабеля запрещается приближаться к опасному месту на расстояние ближе 8 м. При этом необходимо принять меры, исключающие попадание других работников в опасную зону, и сообщить о случившемся диспетчеру или другому должностному лицу.

Уходить из зоны растекания тока следует короткими шажками, не отрывая одной ноги от другой.

2.5.5 При несчастном случае:

- остановить конвейер тросом аварийного останова и заблокировать конвейер от запуска с других мест управления;
- принять меры по извлечению пострадавшего из опасной зоны;
- оказать первую помощь, при необходимости вызвать скорую медицинскую помощь или врача, либо принять меры для транспортировки пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение.

3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Сетевая модель выполнения дипломной работы

Дипломная работа выполнялась с применением метода сетевого планирования и управления, что позволило рационально распределить время по видам работ и выполнить дипломную работу в установленные учебным графиком сроки.

Перечень необходимых работ представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень необходимых работ

Код работы	Наименование работы	Код события	Наименование события	Продолжительность, дней
1-2	Постановка цели и задачи работы	2	Тема дипломной работы	2
2-3	Изучение литературы	3	Литература изучена	5
3-4	Составление технического задания	4	Техническое задание составлено	4
3-16	Изучение литературных источников	16	Составление пояснительной записки	5
4-5	Составление графика выполнения дипломной работы	5	Календарный график выполнения дипломной работы построен	1
5-6	Осуществление патентного поиска	6	Необходимая информация собрана	3
6-7	Анализ конструкций рабочих органов скребковых конвейеров	7	Выбраны наиболее распространенные тяговые органы	2
7-8	Создание 3D моделей тяговых органов в КОМПАС-3D	8	3D Модели тяговых органов созданы	4
8-9	Анализ условий эксплуатации скребковых конвейеров в условиях угольных шахт Кузбасса	9	Определены необходимые параметры для расчета нагрузок действующих на тяговые органы	4
9-10	Расчет нагрузок действующих на тяговые органы скребковых конвейеров	10	Нагрузки определены	2
10-11	Работа с программой ANSYS Mechanical	11	Получены результаты нагружения тяговых органов	10
11-12	Анализ результатов полученных в программе ANSYS Mechanical	12	Выявлены возможные зоны разрушения тяговых органов скребковых конвейеров	2
12-13	Создание конструкции тягового органа скребкового конвейера лишенной недостатков предыдущих моделей	13	Создана экспериментальная 3D модель	3

Окончание таблицы 6

Код работы	Наименование работы	Код события	Наименование события	Продолжительность, дней
13-14	Работа с программой ANSYS Mechanical	14	Получены результаты нагружения экспериментального тягового органа	3
14-15	Анализ результатов полученных в программе ANSYS Mechanical	15	Анализ полученных результатов проведен, сделаны соответствующие выводы	2
15-16	Составление пояснительной записки	16	Пояснительная записка готова	12
16-17	Подготовка презентации	17	Презентация готова	4
17-18	Защита дипломной работы	18	Дипломная работа защищена	1

На основании перечня необходимых работ построен сетевой график процесса выполнения дипломной работы, который представлен на рисунке 46.

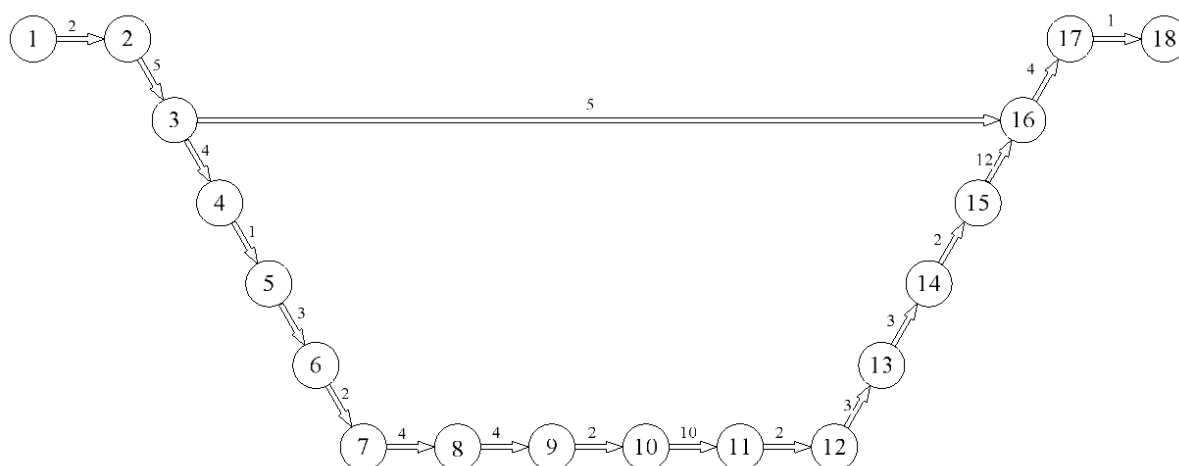


Рисунок 46 – Сетевой график процесса выполнения дипломной работы

Расчет основных показателей сетевой модели производим табличным методом. Полученные результаты заносим в таблицу 7.

Раннее начало работы есть самый ранний срок, в который работа может начаться. Численно он равен продолжительности самого длинного предшествующего данной работе пути. Как бы много ни было этих предшествующих путей им всегда будут принадлежать работы, непосредственно предшествующие данной.

Ранние начала и ранние окончания находим в процессе расчета графика от начального события к конечному. Раннее окончание работы связано с ее ранним началом следующей формулой:

$$t_{ij}^{PO} = t_{ij}^{PH} + t_{ij}, \text{дней} \quad (16)$$

где t_{ij}^{PO} – раннее окончание работы, дней;

t_{ij}^{PH} – раннее начало работы, дней;

t_{ij} – продолжительность выполнения работ, дней.

Позднее окончание работы определяет самый поздний срок, в который работа может закончиться, не увеличивая продолжительности критического пути. Численно позднее окончание работы равно разности между продолжительностью критического пути и самого длинного за данной работой пути. Как бы много ни было таких путей им всегда будут принадлежать работы непосредственно последующие за данной.

Поздние начала, и поздние окончания отыскиваем в процессе расчета графика «ходом назад» - от конечного события к начальному. Они связаны следующей зависимостью:

$$t_{ij}^{PH} = t_{ij}^{PO} - t_{ij}, \text{ дней} \quad (17)$$

где t_{ij}^{PH} – позднее начало работы, дней;

t_{ij}^{PO} – позднее окончание работы, дней.

Полный резерв времени работы показывает, на какой промежуток времени можно отодвинуть сроки выполнения работы вправо (в сторону их увеличения), не увеличивая продолжительности критического пути.

Для расчета полного и частного резервов времени работ используем следующие формулы:

$$R_{ij}^n = t_{ij}^{PO} - t_{ij}^{PO}, \text{ дней} \quad (18)$$

$$Ч_{ij} = t_{jh}^{PH} - t_{ij}^{PO}, \text{ дней} \quad (19)$$

где t_{jh}^{PH} – раннее начало последующей работы.

Таблица 7 – Расчет параметров сетевого графика табличным методом

Предшествующее событие, i	Последующее событие, j	Продолжительность работы, t_{ij}	Раннее начало работ, $t_{p.n}(ij)$	Раннее окончание работ, $t_{p.o}(ij)$	Позднее начало работ, $t_{п.н}(ij)$	Позднее окончание работ, $t_{п.о}(ij)$	Полный резерв времени работ, $R_n(ij)$	Частный резерв времени работ, $Ч_{(ij)}$
1	2	2	0	2	0	2	0	0
2	3	5	2	7	2	7	0	0
3	4	4	7	11	7	11	0	
3	16	5	7	12	7	12	0	0
4	5	1	11	12	11	12	0	0
5	6	3	12	15	12	15	0	0
6	7	2	15	17	15	17	0	0
7	8	4	17	21	17	21	0	0
8	9	4	21	25	21	25	0	0
9	10	2	25	27	25	27	0	0

Окончание таблицы 7

Предшествующее событие, i	Последующее событие, j	Продолжительность работы, t_{ij}	Раннее начало работ, $t_{p.n(ij)}$	Раннее окончание работ, $t_{p.o(ij)}$	Позднее начало работ, $t_{п.н(ij)}$	Позднее окончание работ, $t_{п.о(ij)}$	Полный резерв времени работ, $R_n(ij)$	Частный резерв времени работ, $Ч_{(ij)}$
10	11	10	27	37	27	37	0	0
11	12	2	37	39	37	39	0	0
12	13	3	39	42	39	42	0	0
13	14	3	42	45	42	45	0	0
14	15	2	45	47	45	47	0	0
15	16	12	47	59	47	59	0	0
16	17	4	59	63	59	63	0	0
17	18	1	63	64	63	64	0	0

Для расчета раннего срока наступления события используем следующие зависимости:

- если к событию подходит одна работа, то $t_{pi}=t_{po}$;
- если несколько, то $t_{pi}=\max\{t_{po}\}$.

Для расчета позднего срока наступления события используем следующие зависимости:

- если от события отходит одна работа, то $t_{пi}=t_{пн}$;
- если несколько, то $t_{пi}=\min\{t_{пн}\}$.

Таблица 8 – Ранние и поздние сроки свершения событий и резервы времени

Код события	t_{pi}	$t_{пi}$	R_i
1	2	2	0
2	7	7	0
3	11	11	0
4	12	12	0
5	12	12	0
6	15	15	0
7	17	17	0
8	21	21	0
9	25	25	0
10	27	27	0
11	37	37	0
12	39	39	0
13	42	42	0
14	45	45	0
15	47	47	0
16	59	59	0
17	63	63	0
18	64	64	0

Сетевой график изготовления стенда (рисунок 28) имеет пути:

L_1 : 1-2-3-16-17-18; t_{L1} =17 дней;

L_2 : 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18; t_{L2} =64 дня.

Критический путь равен 64 дням и не имеет резервов времени.

3.2 Смета затрат на выполнение работы

Себестоимость продукции – это стоимостная оценка используемых в процессе производства продукции природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов, а также других затрат на ее производство и реализацию. Состав себестоимости регламентируется Постановлением Правительства РФ №552 от 05.08.92 г. С учетом изменений и дополнений №661 от 01.07.95 г. и главой 25 Налогового кодекса РФ

В смету затрат включают следующие экономические элементы:

- материальные затраты;
- затраты на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;
- амортизация основных фондов;
- прочие денежные затраты.

Затраты на материалы представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Затраты на материалы

Наименование	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Бумага	2	110	220
Картридж	1	200	200
Итого:			420

Расчёт затрат на электроэнергию приведен в таблице 10.

Таблица 10– Затраты на электроэнергию

Наименование потребителя	Мощность, кВт	Время использования, ч	Потреблённая электроэнергия, кВт·ч	Цена кВт·ч, руб.	Стоимость, руб.
Персональный компьютер	0.400	784	313.6	0.55	172.5
Принтер	0.140	12	1.7	0.55	0.9
Итого					173.4

Таблица 11 – Оплата услуг сети Internet

Наименование работы	Тариф, руб./Мб	Кол-во, Мб	Сумма, руб.
Доступ к сети Internet	1	1000	1 000.00
Итого:			1 000.00

Расходы на оплату труда консультантов рассчитываем по формуле:

$$Z_T = T_K \cdot T_{TC}, \text{руб} \quad (20)$$

где T_{TC} – часовая тарифная ставка, руб./час.;

T_K – время занятости по теме, ч;

Единый социальный налог (ЕСН) — налог, который с 2002 по 2010 год взимался для реализации права граждан на государственное пенсионное и социальное обеспечение, а также медицинскую помощь. Он составлял 26% от фонда оплаты труда.

С 1 января 2010 года Единый социальный налог был отменён, вместо него для плательщиков введены страховые взносы в:

- Пенсионный фонд Российской Федерации;
- Фонд социального страхования Российской Федерации;
- Фонд обязательного медицинского страхования.

Страховые взносы на социальные нужды осуществляются по определённым нормативам от фонда оплаты труда. Величина этих нормативов устанавливается в законодательном порядке и может пересматриваться.

Структура страховых взносов на 2017 год представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Структура страховых взносов

Направленность отчислений	Норма отчисления от ЗП, %
В Пенсионный фонд	22
В Фонд социального страхования	2.9
В Федеральный фонд обязательного медицинского страхования	5.1
Итого:	30

Результаты расчета заработной платы приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты расчета заработной платы

Категория работников	Часовая тарифная ставка, руб./час	Затраченное время, час.	Сумма затрат на оплату труда, руб.	Отчисления на социальные нужды, руб.	Итого затраты на оплату труда, руб.
Исполнитель	3 000 (мес.)	2 (мес.)	6 000	-	6 000
Руководитель	187	32	5 984	1795.2	7 779.2
Консультант по экономике	140	2	280	84	364
Консультант по охране труда	140	3	420	126	546
Рецензент	160	2	320	96	416
Итого			13 004	2 101.2	15 105.2

Амортизационные отчисления вычисляем по формулам:

$$A = C_{\text{ПЕРВ}} \cdot N_A \cdot T, \quad (21)$$

$$N_A = 1/T_{\text{ПИ}} \quad (22)$$

где $C_{\text{ПЕРВ}}$ – первоначальная стоимость, руб.;

N_A – норма амортизации;

T – период использования, мес.;

$T_{\text{ПИ}}$ – нормативный срок полезного использования, мес.

Расчет амортизационных отчислений по основным средствам представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Результаты расчета амортизационных отчислений

Наименование	$C_{\text{ПЕРВ}}$, руб.	$T_{\text{ПН}}$, мес.	T , мес.	N_{Δ}	A , руб.
Персональный компьютер	20 000	36	4	0,027	2 160
Принтер	3 000	36	4	0,027	324
Итого					2 484

Прочие денежные расходы включают в себя накладные расходы в размере 15% от суммы прямых затрат. В статью накладные расходы включаются расходы на управление и хозяйственное обслуживание, которые в равной степени относятся ко всем выполняемым работам.

Смета затрат представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Смета затрат

Элементы	Сумма, руб.
Материальные затраты	1 593.4
Затраты на оплату труда	13 004
Отчисления на социальные нужды	2 101.2
Амортизационные отчисления	2 484
Итого:	19 182.6
Накладные расходы 15%	2 877.4
Всего:	22 060

Составленная сетевая модель выполнения дипломной работы позволила рационально распределить время по видам работ и выполнить работу в установленные учебным графиком сроки. Критический путь сетевого графика составляет 64 календарных дня и не имеет резервов времени. Согласно смете сумма затрат на выполнение работы составила 22 060 рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломной работы «Разработка конструкции рабочего органа скребкового конвейера для условий угольных шахт Кузбасса» можно сделать следующие выводы:

1. Проведен анализ условий эксплуатации скребковых конвейеров в условиях угольных шахт Кузнецкого угольного бассейна
2. Произведен расчет существующего прототипа забойного скребкового конвейера.
3. Рассмотрен анализ конструкций тяговых органов скребковых конвейеров.
4. Произведено моделирование нагрузочных режимов работы тяговых органов созданных 3D моделей существующих прототипов в программном обеспечении «ANSYS Workbench».
5. Выявлены наиболее нагруженные зоны тяговых органов существующих прототипов скребковых конвейеров.
6. Разработаны рекомендации по повышению показателей надежности и прочностных характеристик применяемых в настоящее время тяговых органов скребковых конвейеров.
7. Проведена модернизация скребка формы (B) исходя из наиболее нагруженных зон исходной модели.
8. Сумма затрат на выполнение комплексной дипломной работы составила 22 060 рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Будишевский В.А., Сулимы А.А. Теоретические основы и расчеты транспорта энергоемких производств. – Донецк, 1999. — 216 с. ISBN 966–7559–02–5 Проектирование и конструирование транспортных машин и комплексов: Учеб. Для вузов / Под ред. Штокмана И. Г. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Недра, 1986 – 392с.
2. Бруяка В. А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench. Учеб. пособ/ Бруяка В. А., Фокин В. Г., Кураева Я. В. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010 – 271с.
3. Бруяка В. А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench. Учеб. пособ/ Бруяка В. А., Фокин В. Г., Кураева Я. В. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013 – 149с.
4. Кузнецов Б. А., Ренгевич А. А, Шорин В. Г. Транспорт на горных предприятиях. Изд. 2-е перераб. и доп. – М: Недра, 1976 – 552с.
5. Справочник по шахтному транспорту. Под ред. Г. Я. Пейсаховича и И. П. Ремизова. – М: Недра, 1977 – 624с.
6. Татаренко А. М., Максецкий И. П. Рудничный транспорт: Учеб. Для техникумов. – 2-е изд., перераб. И доп. – М: Недра, 1990 – 318с.
7. Тихонов Н. В. Транспортные машины и комплексы горнорудных предприятий. – М: Недра, 1975 – 288с.
8. Угольная база России. Том 2. Угольные бассейна и месторождения Западной Сибири. – М: ООО «Геоинформцентр», 2003 – 604с.
9. СТО 4.2-07-2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Введ. 09.01.2014. – Красноярск: СФУ, 2014 – 60с.
10. ГОСТ 2.316–2008 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения. – Взамен ГОСТ 2.316–68 ; введ. 01.07.2009. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 12 с.
11. ГОСТ Р ИСО 5612-94 Горное дело. Скребки для забойных конвейеров. – Введ. 01.01.1995. - Москва : Издательство стандартов, 1994. – 8с.
12. ГОСТ Р 51670-2000 Конвейеры шахтные скребковые. – Введ. 01.07.2001. – Москва: Издательство стандартов, 2001. – 10с.
13. ГОСТ Р ИСО 1082-94 Горное дело. Звенья соединительные типа «серьги» для скребковых конвейеров. Введ. 01.01.1995. – Москва: Издательство стандартов, 1994. – 11с.
14. ГОСТ 25996-97 (ИСО 610-90) Цепи круглозвенные высокопрочные для горного оборудования. Технические условия. Введ. 01.07.2000. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 15с.

ПРЕЗЕНТАЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт горного дела, геологии и геотехнологий
Кафедра горных машин и комплексов

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

**«Разработка конструкции
тягового органа скребкового конвейера
для условий угольных шахт Кузбасса»**

Выполнил:

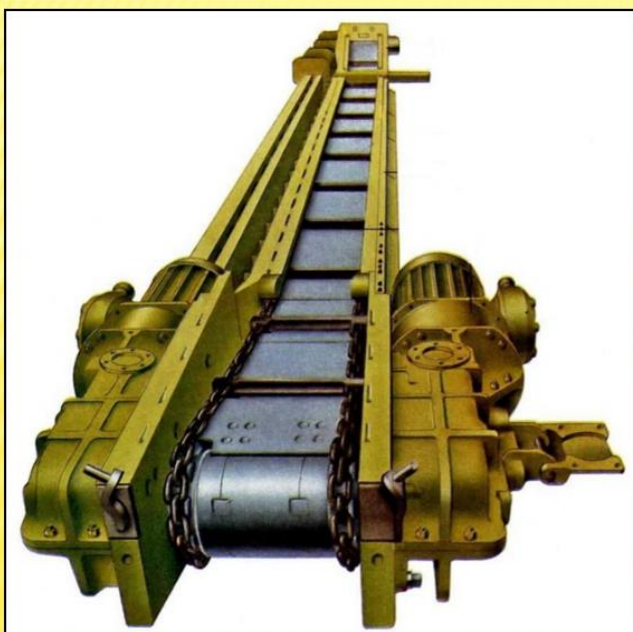
студент группы ГГ 11 – 15
Жбанов К. О.

Дипломный руководитель:

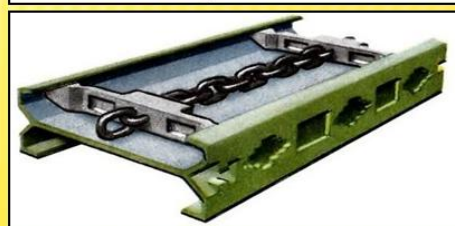
доцент, канд. техн. наук
Плютов Ю. А.

Красноярск 2017г.

ПРОБЛЕМА



Конвейер СП - 202



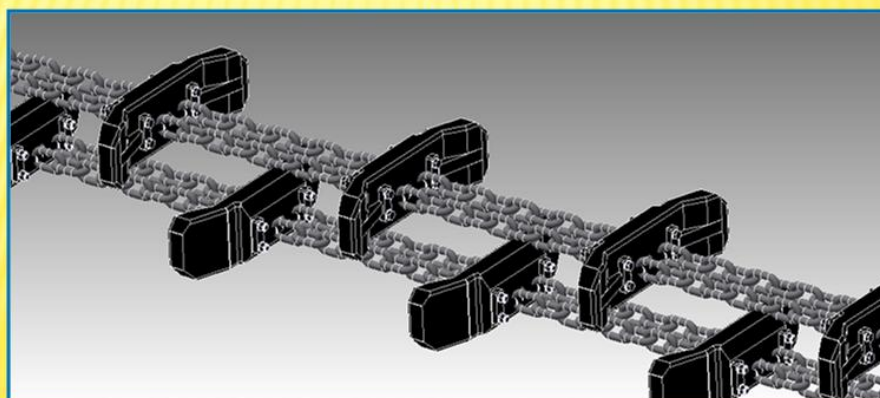
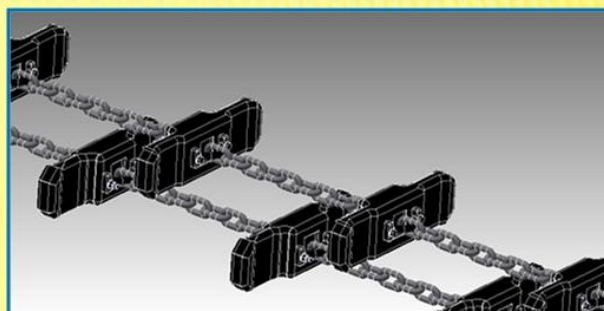
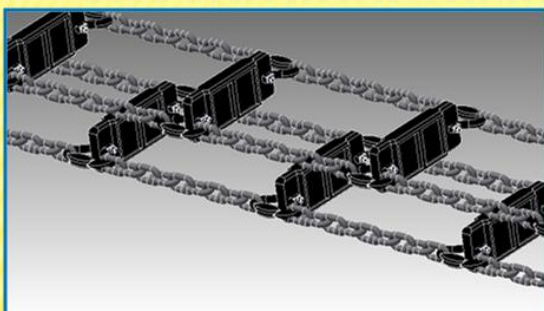
ЦЕЛЬ

Повышение коэффициента технической готовности скребкового конвейера

ЗАДАЧИ:

- ❖ **Анализ конструкций рабочих органов скребкового конвейера;**
- ❖ **Определение диапазона моделируемых эксплуатационных нагрузок;**
- ❖ **Моделирование нагрузочных режимов работы тяговых органов в программном обеспечении ANSYS Workbench;**
- ❖ **Разработка рекомендаций по повышению показателей надежности и прочностных характеристик тяговых органов;**

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАПАЗОНА МОДЕЛИРУЕМЫХ НАГРУЗОК

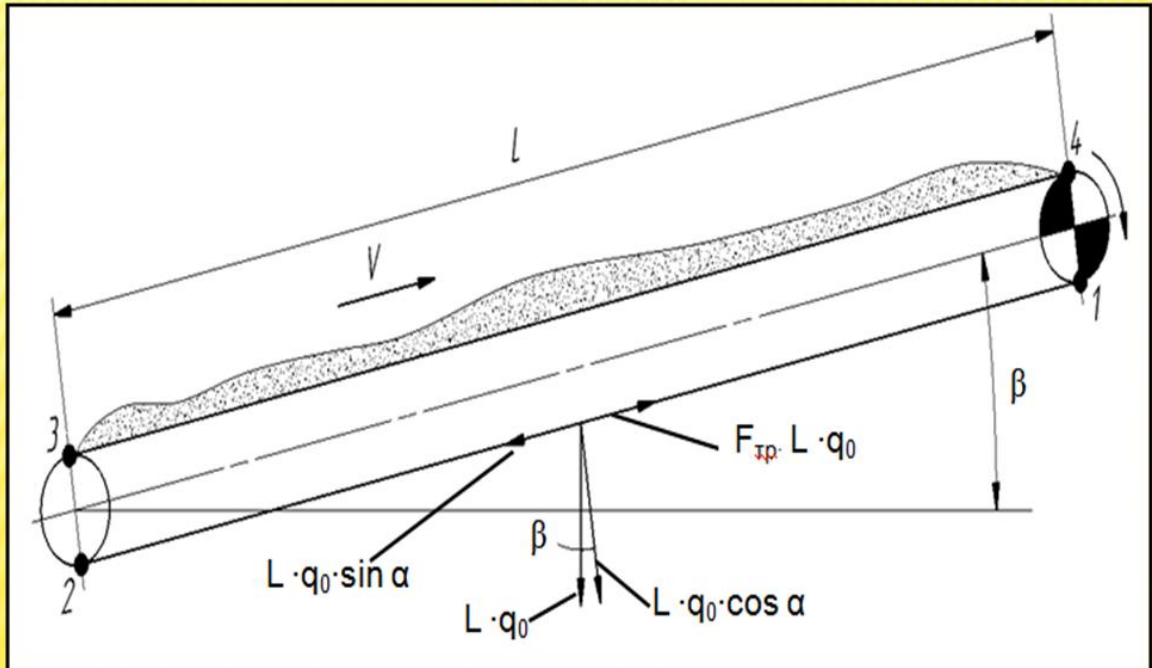
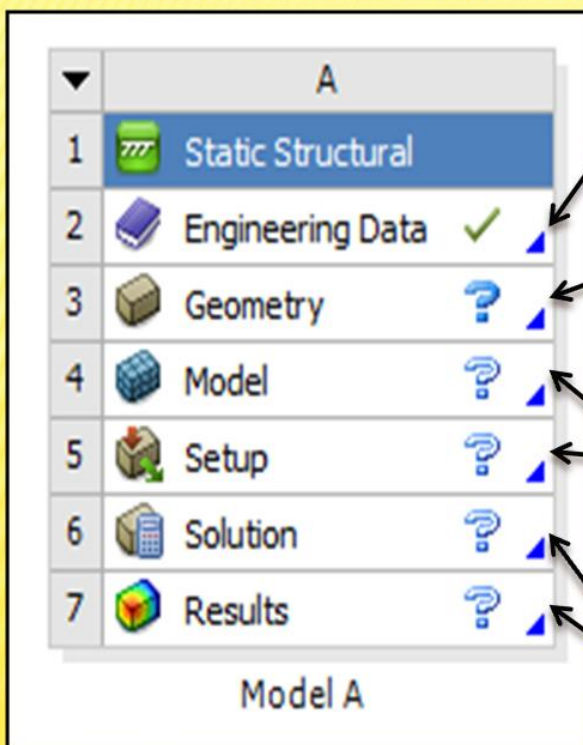


Схема к расчету скребкового конвейера

РАБОТА С ПРОГРАММОЙ



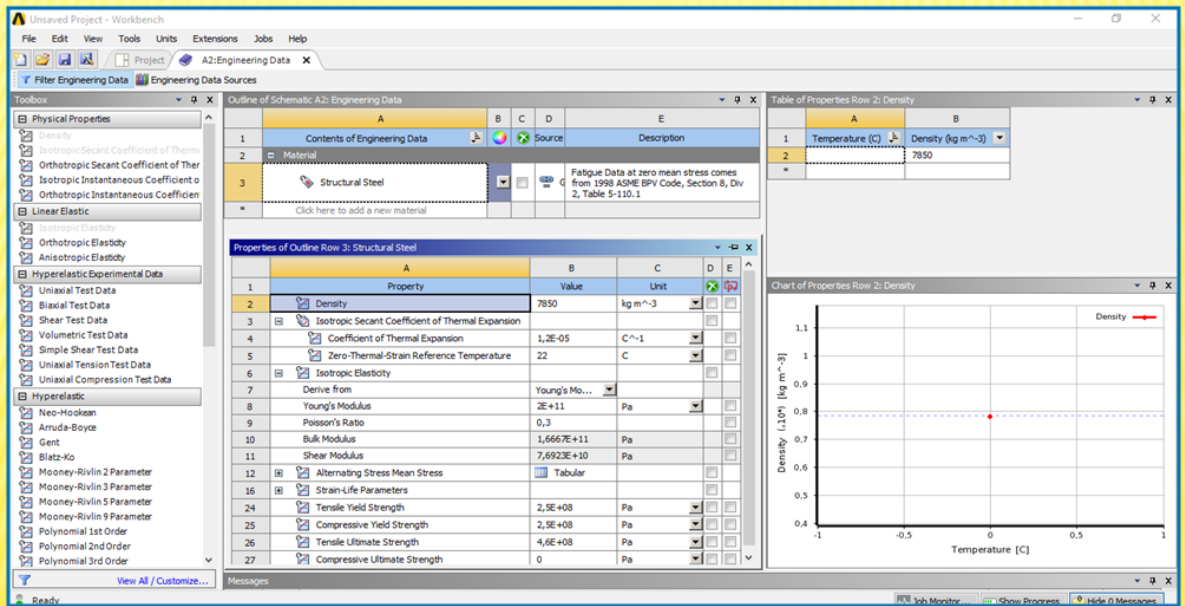
1 – Задание свойств материала

2 – Создание геометрической модели

3 – Генерация конечно-элементной сетки и задание свойств симуляции

4 – Решение и представление материалов

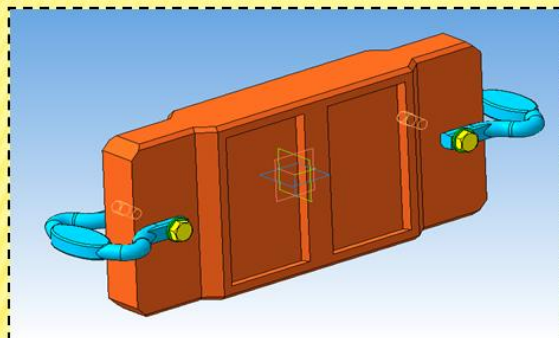
ЗАДАНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ



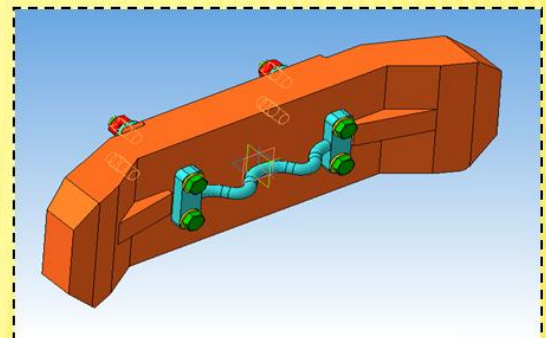
1 – Плотность материала, кг/м³
 2 – Модуль Юнга, МПа

3 – Модуль сдвига, МПа
 4 – Коэффициент Пуассона

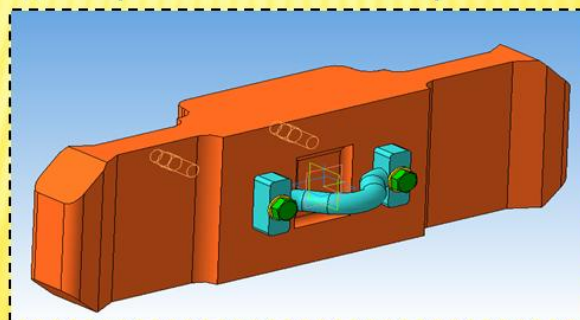
СОЗДАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ



Геометрическая 3D модель скребка формы А

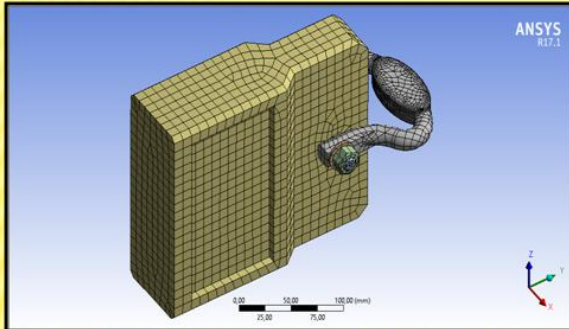


Геометрическая 3D модель скребка формы Б

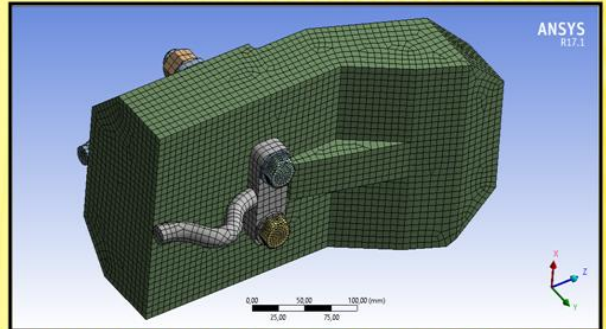


Геометрическая 3D модель скребка формы В

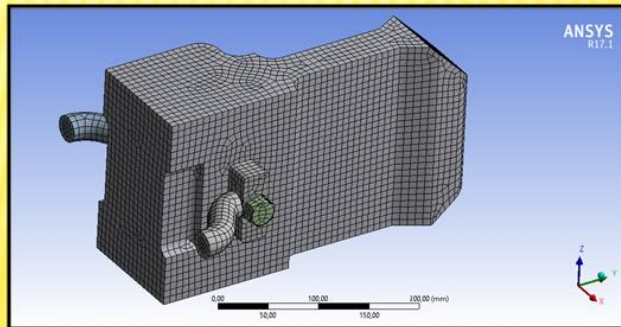
ГЕНЕРАЦИЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ СЕТКИ



КЭ сетка скребка формы А



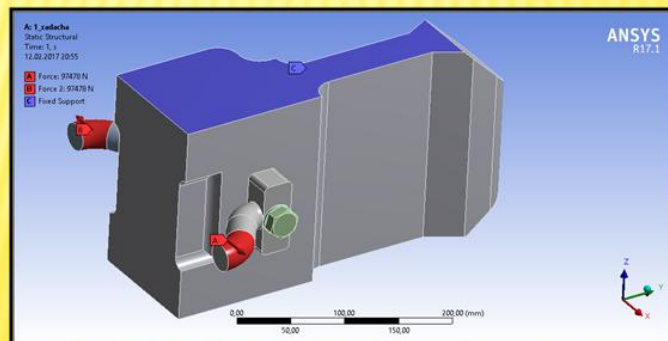
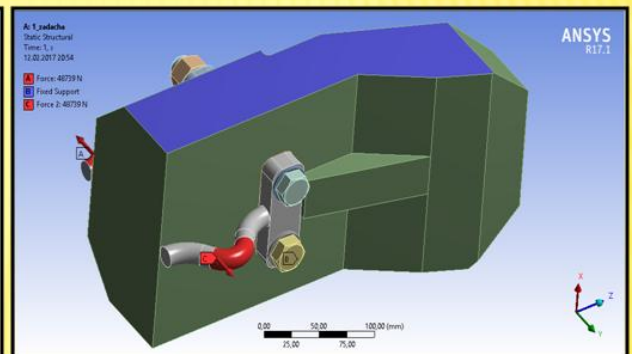
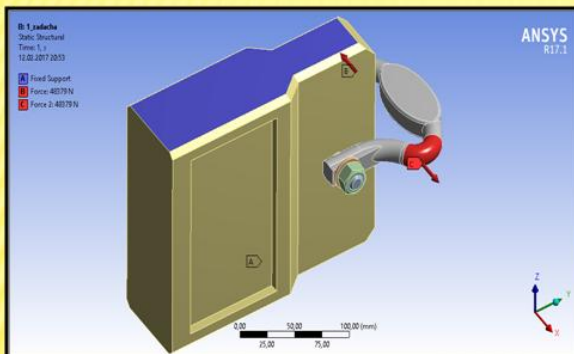
КЭ сетка скребка формы Б



КЭ сетка скребка формы В

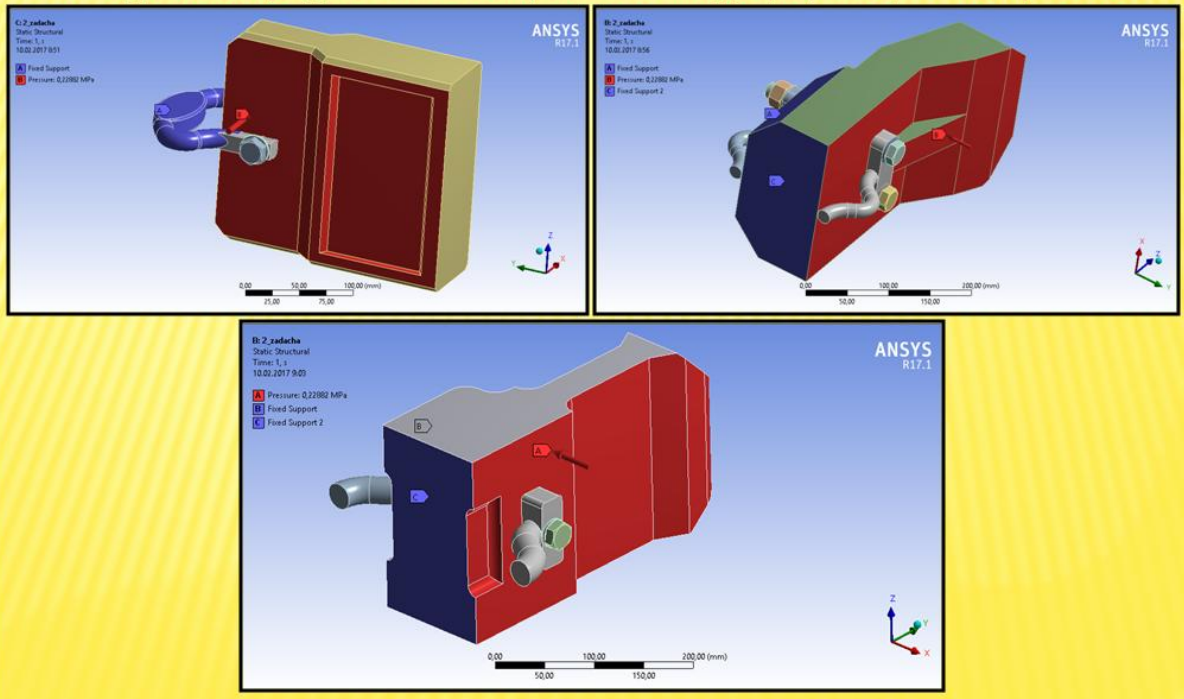
НАСТРОЙКА ПАРАМЕТРОВ СИМУЛЯЦИИ

1- Задача: определение напряжений и деформаций в соединительных петлях скребков

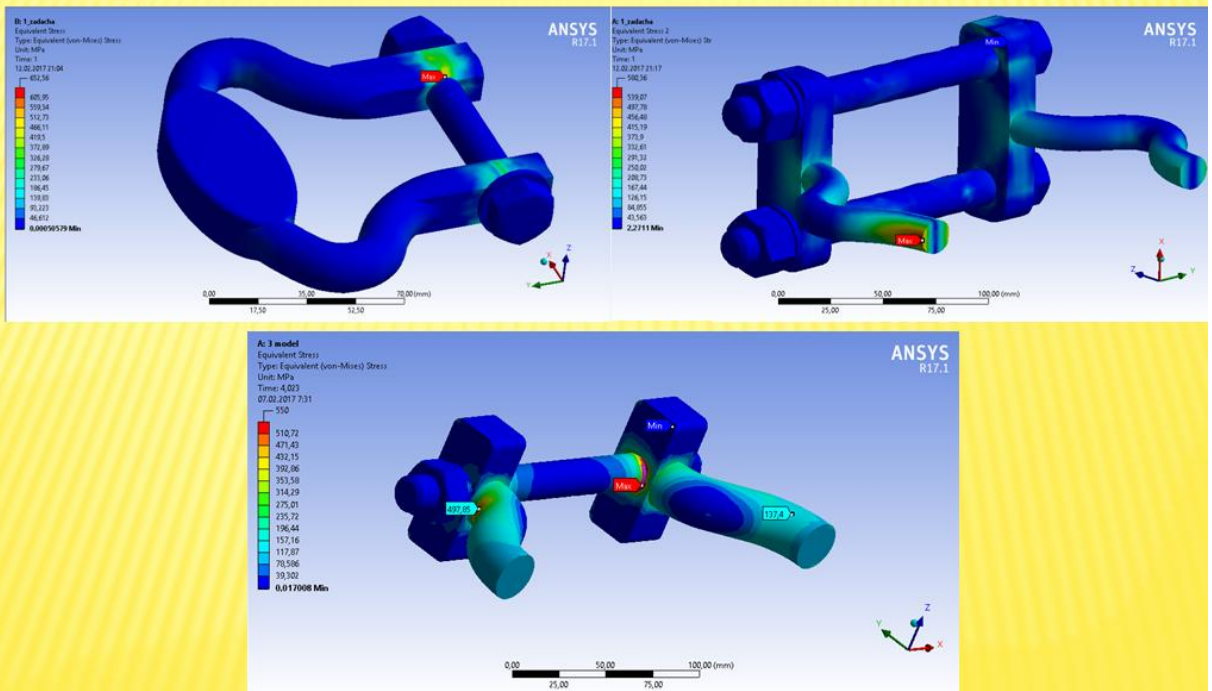


НАСТРОЙКА ПАРАМЕТРОВ СИМУЛЯЦИИ

2- Задача: определение напряжений и деформаций в скребках

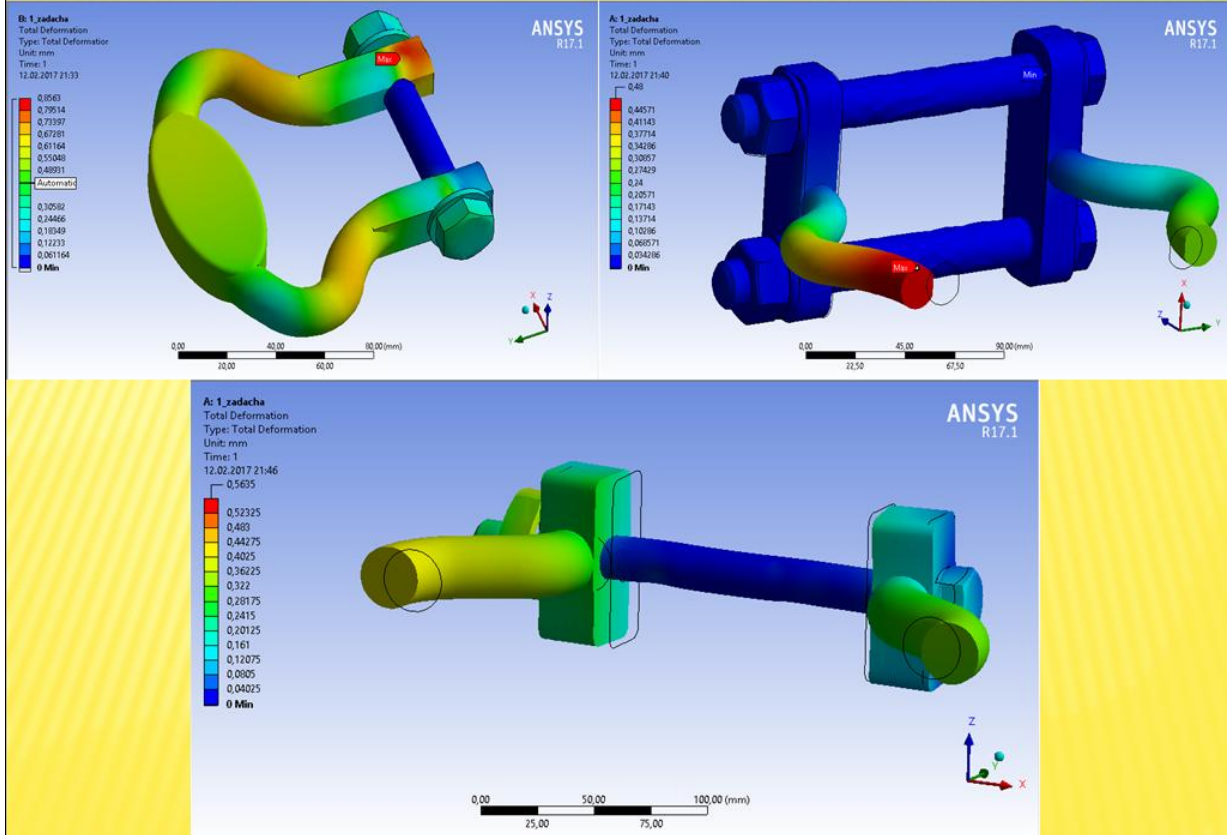


РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗАДАЧА № 1

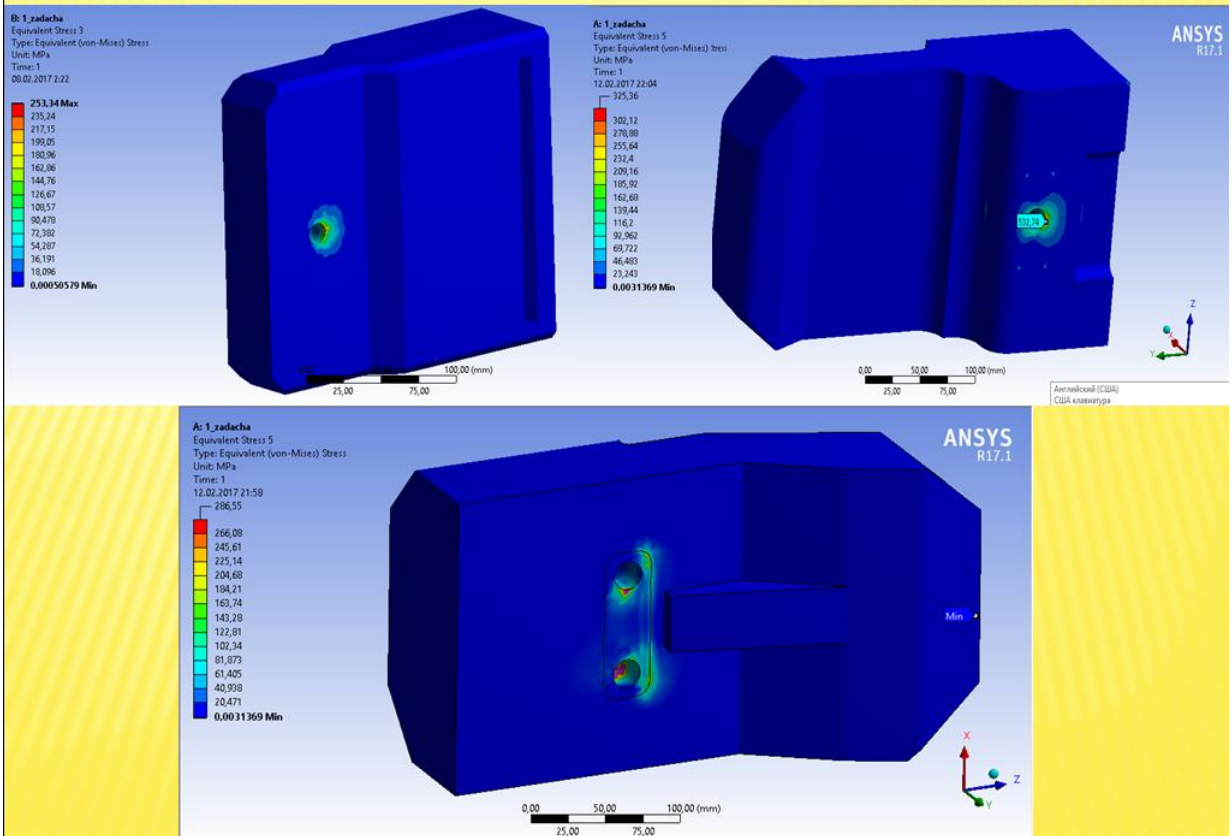


Распределение напряжений в соединительных элементах моделей скребков

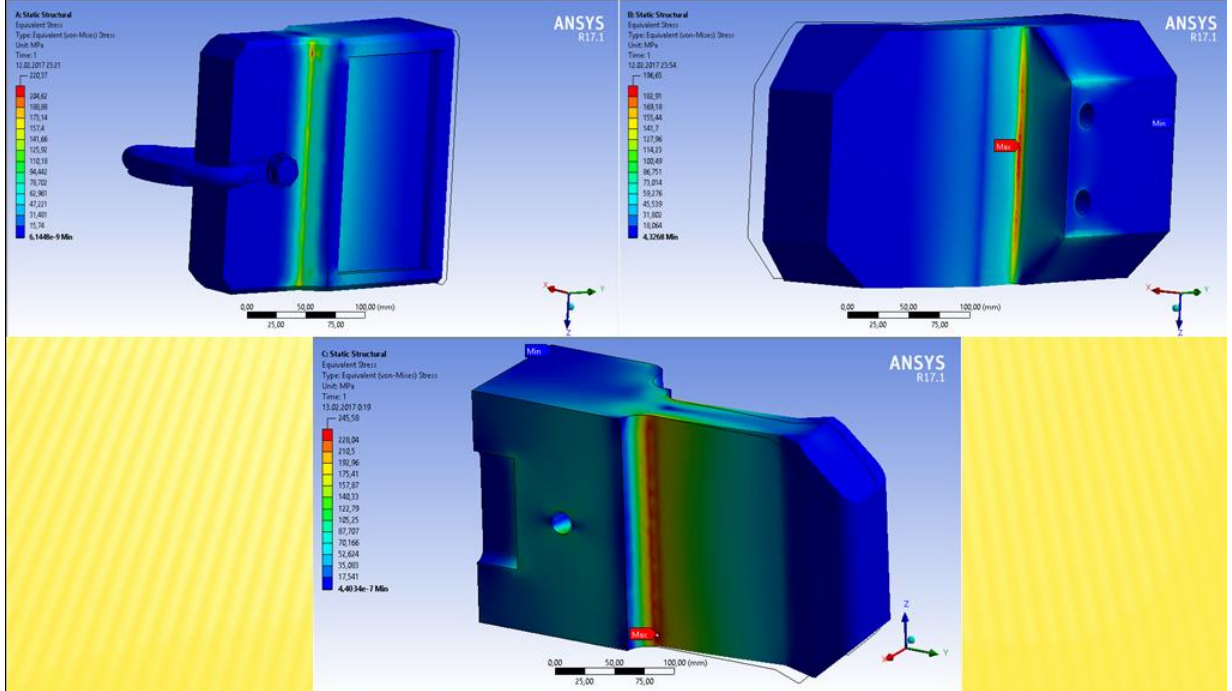
Распределение деформаций в соединительных элементах моделей скребок



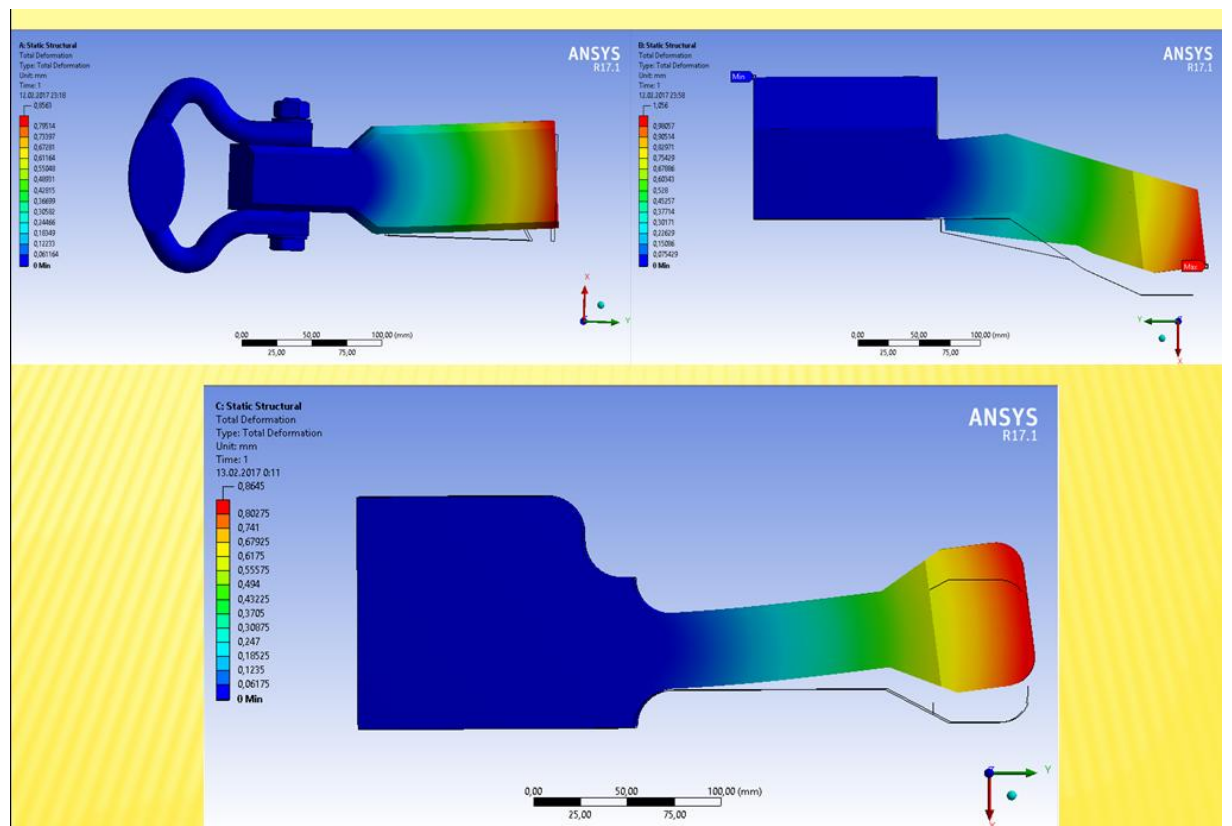
Распределение напряжений в моделях скребок



РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА № 2

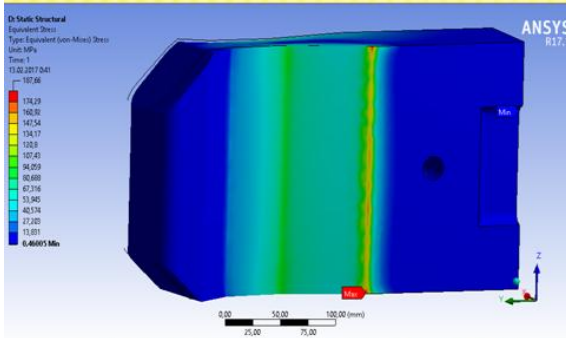
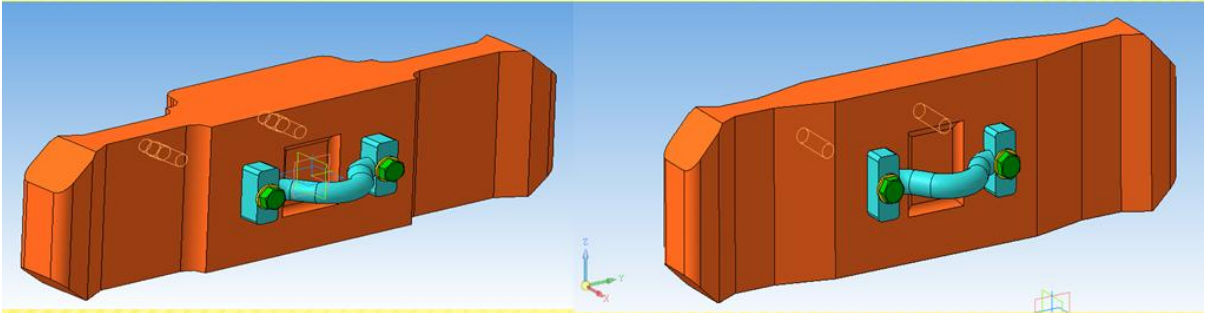


Распределение напряжений в моделях скребков

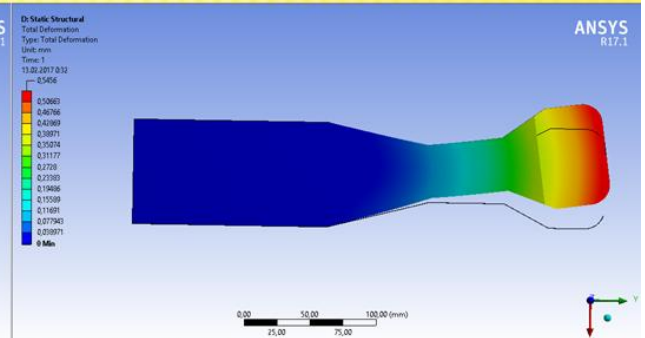


Распределение деформаций в моделях скребков

РЕКОМЕНДАЦИИ:



Распределение напряжений



Распределение деформаций

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ





СБОРНИК ТРУДОВ

XIV международной
научно-технической конференции
«Чтения памяти В. Р. Кубачека»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ГОРНОЙ И НЕФТЕГАЗОВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГОРНОЙ И НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Список литературы

1. Вельможин А.В. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов / А.В. Вельможин и др. — 2-е изд., стереотип. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007 — 560 с.: ил.
2. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.Э. Горев. — 5-е изд., испр. — М.: «Академия», 2008. — 288 с.
3. Просветов Г.И. Математические методы в логистике: задачи и решения: учебно-практическое пособие. 2-е изд., доп. — М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2012. — 304 с.
4. Электронный ресурс [http://thebard.narod.ru/gos/3/36.htm]

УДК 622

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ТЯГОВОГО ОРГАНА СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ С УЧЕТОМ НАГРУЖЕННЫХ ЕГО РАБОЧИХ ЗОН

Жбанов К. О., Плытов Ю. А.

Сибирский федеральный университет, Институт горного дела, геологии и геотехнологий, г. Красноярск

Рассмотрены основные стадии проектирования и конструирования тягового органа скребкового конвейера, способного обеспечивать высокий уровень безотказности и ремонтопригодности в сложных условиях работы угольных шахт.

Ключевые слова: скребковый конвейер, тяговый орган, моделирование, показатели надежности.

DEVELOPMENT OF CONSTRUCTIONS OF HAULING ORGAN OF SCRAPER CONVEYERS TAKING INTO ACCOUNT LOADED HIS WORKING ZONES

Zhbanov K. O., Plyotov J. A.

The basic stages of planning and constructing of hauling organ of scraper conveyor able to provide the high level of faultlessness and reparability in the difficult terms of work of coal mines are considered.

Keywords: scraper conveyor, hauling organ, design, reliability indexes.

Скребокный конвейер представляет собой транспортирующее устройство непрерывного действия, в котором перемещение насыпных грузов осуществляется по неподвижному желобу – рештаку с помощью скребков, закрепленных на одной или нескольких тяговых цепях и погруженных в слой насыпного груза. В качестве тягового органа скребкового конвейера используют одну или две круглозвенные цепи (реже штампованные разборные), соединенные со штампованными или коваными скребками.

Угольные шахты Кузбасса, широко эксплуатирующие скребковые конвейеры, имеют ряд нареканий, вызванных многими причинами, по поводу показателей надежности их тяговых органов. В связи с этим ставится задача создания оригинальной конструкции тягового органа скребкового конвейера, лишенной недостатков существующих прототипов и обеспечи-

492

КОНТАКТНЫЕ ДАННЫЕ



Kostr-Gbanow@yandex.ru



8 – 923 – 372 – 44 – 50



<https://vk.com/id50315086>