

Информация о научной деятельности кафедры ПТСДМО в 2014 году.

1. Адрес: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 86123, Донецкая обл., г. Макеевка, ул. Державина 2; кафедра «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» e-mail: penshyk@rambler.ru; раб. тел.: (06232) 4-02-02

2. Руководитель: д.т.н, профессор Пенчук Валентин Алексеевич.

3. Состав кафедры

В данное время на кафедре работают 13 преподавателей (1 профессор, 8 доцентов, 3 старших преподавателей), 1 совместитель, 2 сотрудника учебно-вспомогательного персонала..

4. Отрасль научных исследований.

Область научных исследований охватывает такие направления как: машины для земляных работ (бульдозеры, экскаваторы); машины для производства строительных материалов; технология производства деталей машин; конструкции и оборудование для заглубления винтовых свай и конструкции свай; технологи и оборудование для переработки бытовых отходов; рабочие органы грейферов для разработки прочных грунтов; композиционные рабочие органы строительных и дорожных машин.

Основные направления анализов и исследований, которые проводятся:

✓ определение рациональных геометрических форм металлоконструкций рабочего оборудования строительных машин на основании анализа их прочностных свойств;

✓ методы повышения прочности металлоконструкций строительных и дорожных машин;

✓ теоретические обоснования рациональных параметров строительных машин и их рабочих органов (разработка математических моделей процесса взаимодействия конструкции со средой, которое разрабатывается);

✓ комбинированные рабочие органы землеройных машин, обеспечивающие снижение энергоемкости на 10 ... 30%;

✓ эффективные технологии переработки твердых бытовых отходов;

- ✓ новые специализированные грейферы с приводным винтовым якорем для разработки прочных грунтов;
- ✓ новые энергосберегающие технологии;
- ✓ синтезированные конструкции строительных машин;
- ✓ совершенствование ленточных конвейеров и узлов разгрузки материалов с учетом конкретных условий их эксплуатации;
- ✓ интенсифицирующие способности техники; интенсивное развитие производства и строительства;
- ✓ обзор и анализ научно-технических и патентных решений конструкций;
- ✓ анализ физических моделей строительных машин;
- ✓ сферы рационального применения техники.

5. Консультационные и инженерные услуги, предлагаемые кафедрой (секцией)

- ✓ проектирование фундаментов на винтовых;
- ✓ проектирование оборудования для сортировки бытовых отходов;
- ✓ средства механизации малообъемных земляных работ.

6. Основные наиболее интересные научные и практические разработки
Темы и направления:

1. Исследование и определение рационального сечения пустотной металлоконструкции для рам строительных машин.

Основные положения. Расчет конструкций обычно ведется исходя из внешних воздействий на нее и ее сопротивление этим воздействием, а также специфики и особенностей проектируемого узла машины. Сопротивление представляет собой основную функцию несущей конструкции; оно определяется физическими характеристиками и геометрическими параметрами элементов и их соединений. Воздействие в отличие от сопротивления обычно имеют случайный характер, поэтому расчет конструкций, обычно проводится по предельным значениям воздействующих сил.

Конфигурация металлоконструкций строительных и дорожных машин (МК СДМ) в процессе работы не является постоянной, а внешние силы, воздействующие на рабочий орган и другие узлы универсальных машин (т.е. машин, имеющих комплектацию не менее 4 видов рабочего оборудования) непрерывно изменяются, будь-то машина циклического или постоянного действия, следовательно, вопросы выбора оптимального конструктивного решения в этом случае, особо актуальны.

Наиболее распространенными являются гнuto-сварные и сварные профили, изготавливаемые из листовой стали (рис.1). Они обладают рядом преимуществ относительной простотой изготовления, рациональностью форм поперечного сечения, возможностью изготовления балок с переменными по длине сечениями, эстетичностью конструкции.

Очередной особенностью работы металлоконструкций МЗР является динамический режим, при котором конструкции испытывают переменные во времени напряжения (рис.2).

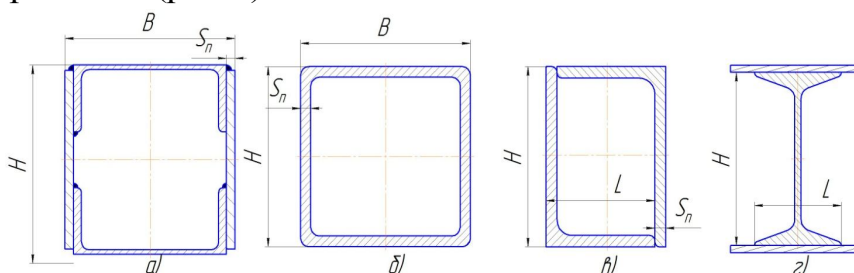


Рисунок 1 - Металлоконструкции, применяемые в СДМ: а - балка с усиливающими пластинами выполненная из 2-х швеллеров; б - балка коробчатого сечения; в - балка выполненная из 2-х уголков; г – двутавр с усиливающими пластинами.

Применение профилей коробчатого сечения (рис.1 а, б, в) не всегда является рациональным решением при проектировании металлоконструкций СДМ. Составные части этих балок - уголки, швеллеры были изготовлены с ориентацией на строительную отрасль. Альтернативным вариантом может стать применение круглых полых профилей, т.е труб, воспринимающих действие динамических и статических нагрузок менее разрушительно и обладающих большим запасом прочности (рис. 3).

Также применение труб позволяет снизить влияние коррозионной среды за счет уменьшения удельной поверхности конструкций. Коэффициент влияния типа сечения на скорость коррозии для труб равен 1; для замкнутого коробчатого сечения – 1,1; для листа, одиночного проката или гнutoго профиля – 1,4; для составного профиля – 2,0.

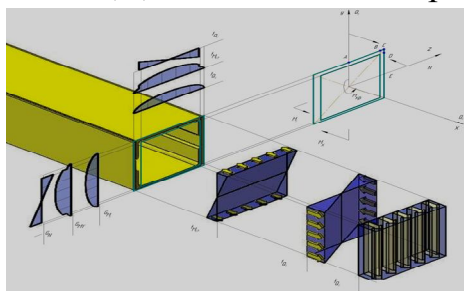


Рисунок 2 - Схемы возникающих напряжений в МК коробчатого сечения (толкающий брус бульдозера).

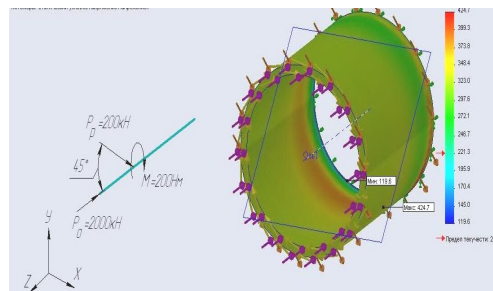


Рисунок 3 - Схема нагрузок действующих на профиль - труба

Значит, такое решение теоретически позволит снизить скорость коррозии в 2 раза, так как наиболее распространены составные профили. Использование труб в МК СДМ обеспечивает следующие преимущества [1-7]:

- снижение расхода стали на 30-50% по сравнению с аналогичными конструкциями, выполненными из профилей;

- повышение технологичности антикоррозионных покрытий и снижение их площади на 30-50%;

- повышение долговечности конструкции на 40%.

Но нельзя не отметить и ряд недостатков:

- относительно высокую цену труб по сравнению с горячекатаным профилем (если учесть, что стоимость материалов составляет 75% цены конструкции, а стоимость монтажа и затраты на проектирование – 25%. Отношение зависит от размеров труб и профиля, но в среднем составляет 1,2. Значит применение труб дороже на 15%);

- усложнение процессов изготовления деталей и сварки, сложность выявления дефектов внутренней поверхности при монтаже и обследовании.

Однако: 1 - с учетом экономии металла и повышения долговечности можно сделать вывод, что цена конструкции из труб будет ниже цены конструкции из профиля; 2 - совершенствование контрольно-измерительной аппаратуры позволит исключить недостаток связанный со сложностью изготовления детали .

Проведя анализ, делаем вывод: при одинаковой площади поперечного сечения, наиболее рациональным является применение профиля круглого сечения (труба).

Исходя из вышперечисленного, проведем анализ поперечных сечений различных по форме профилей балок (табл. 1) используя программное обеспечение Solid Works.

Условия моделирования (исследования).


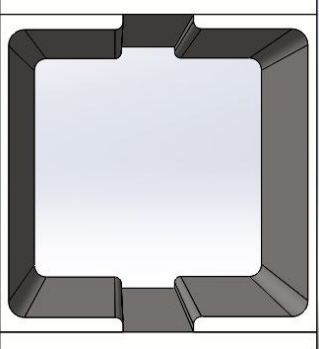
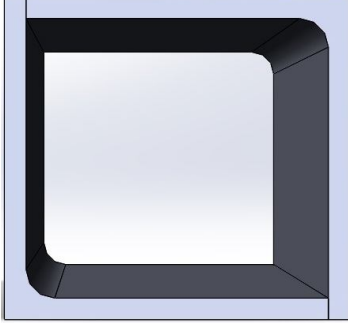

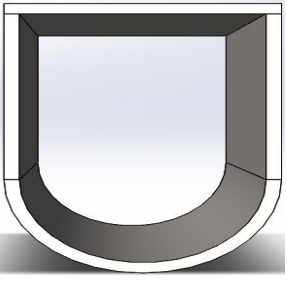
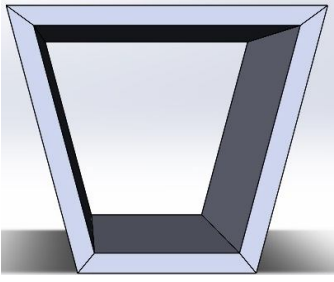
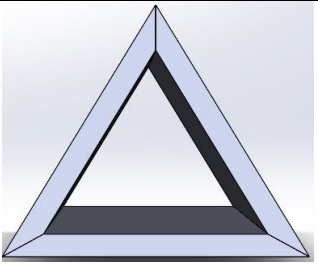
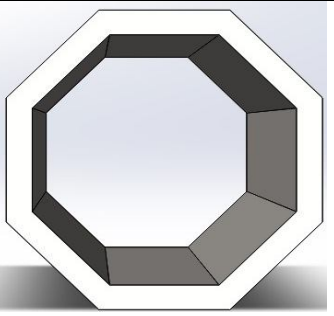
Зададимся некоторыми условиями:

1. Подбор профилей производится с их равенством между собой по площади поперечного сечения.

2. Нагрузки, прикладываемые в разных плоскостях для одного профиля, должны быть идентичны для всех анализируемых профилей.

3. Использование одной марка стали, применяемая для всех профилей.

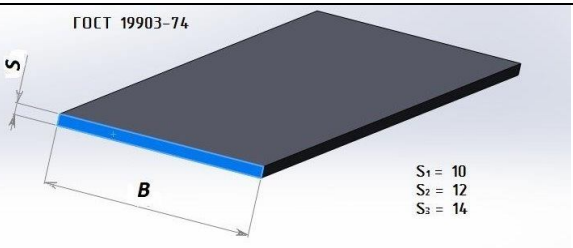
Таблица 1 – Виды сечения (профили)

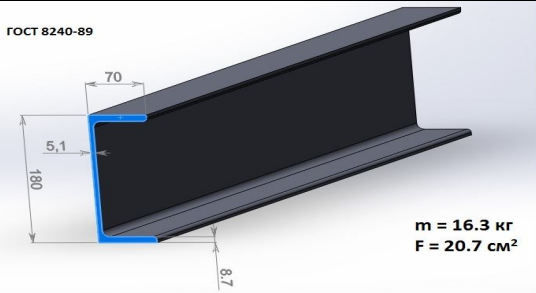
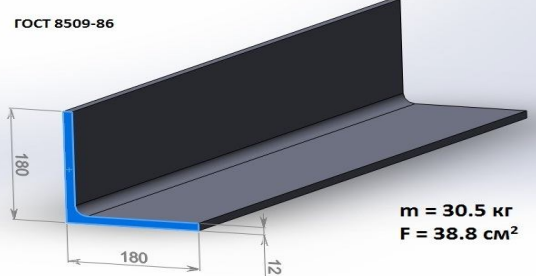
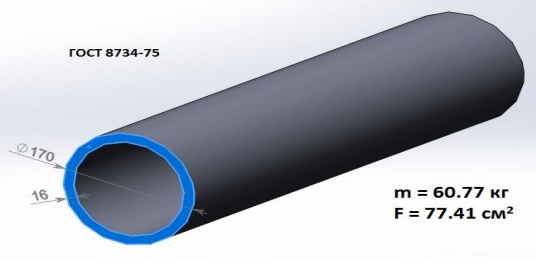
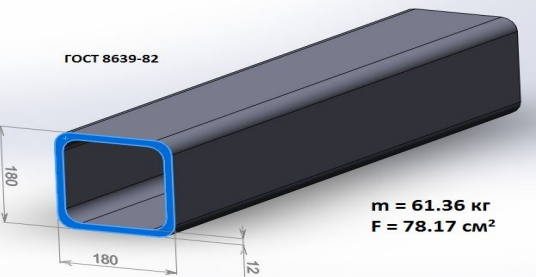
№	Вид/наименование сечения (профили) и составляющих балки	№	Вид/наименование сечения (профили) и составляющих балки	№	Вид/наименование сечения (профили) и составляющих балки
1	 труба	2	 Квадрат (2 Швеллера+2полосы)	3	 Квадрат (2 уголка)
4	 Квадратная труба	5	 3 полосы + ½ трубы	6	 Трапеция (4 полосы)
7	 Треугольные полосы) (3	8	 Многогранная труба		

Составные части предложенных конструкций балок представлены в табл.

2.

Таблица 2 - Составные части конструкций балок

№	Название элемента по сортаменту	Эскиз
1	Полоса	 <p>ГОСТ 19903-74</p> <p>$S_1 = 10$ $S_2 = 12$ $S_3 = 14$</p>

2	Швеллер	<p>ГОСТ 8240-89</p>  <p>$m = 16.3 \text{ кг}$ $F = 20.7 \text{ см}^2$</p>
3	Уголок	<p>ГОСТ 8509-86</p>  <p>$m = 30.5 \text{ кг}$ $F = 38.8 \text{ см}^2$</p>
4	Труба	<p>ГОСТ 8734-75</p>  <p>$m = 60.77 \text{ кг}$ $F = 77.41 \text{ см}^2$</p>
5	Квадратная труба	<p>ГОСТ 8639-82</p>  <p>$m = 61.36 \text{ кг}$ $F = 78.17 \text{ см}^2$</p>

Для проведения прочностного анализа в **CAD Solid Works Simulation** зададимся некоторыми начальными условиями:

- $P_1 = 300 \text{ кН}$, $L_{\text{стержня}} = 1000 \text{ мм}$, $F \approx 78 \text{ см}^2$ рис.14;
- материал - низколегированной стали 09Г2С (характеристики в табл. 3);
- форма сечения – представленные в табл.4
- заполнение балки: полое; с заполнителем; с заполнителем и армированием

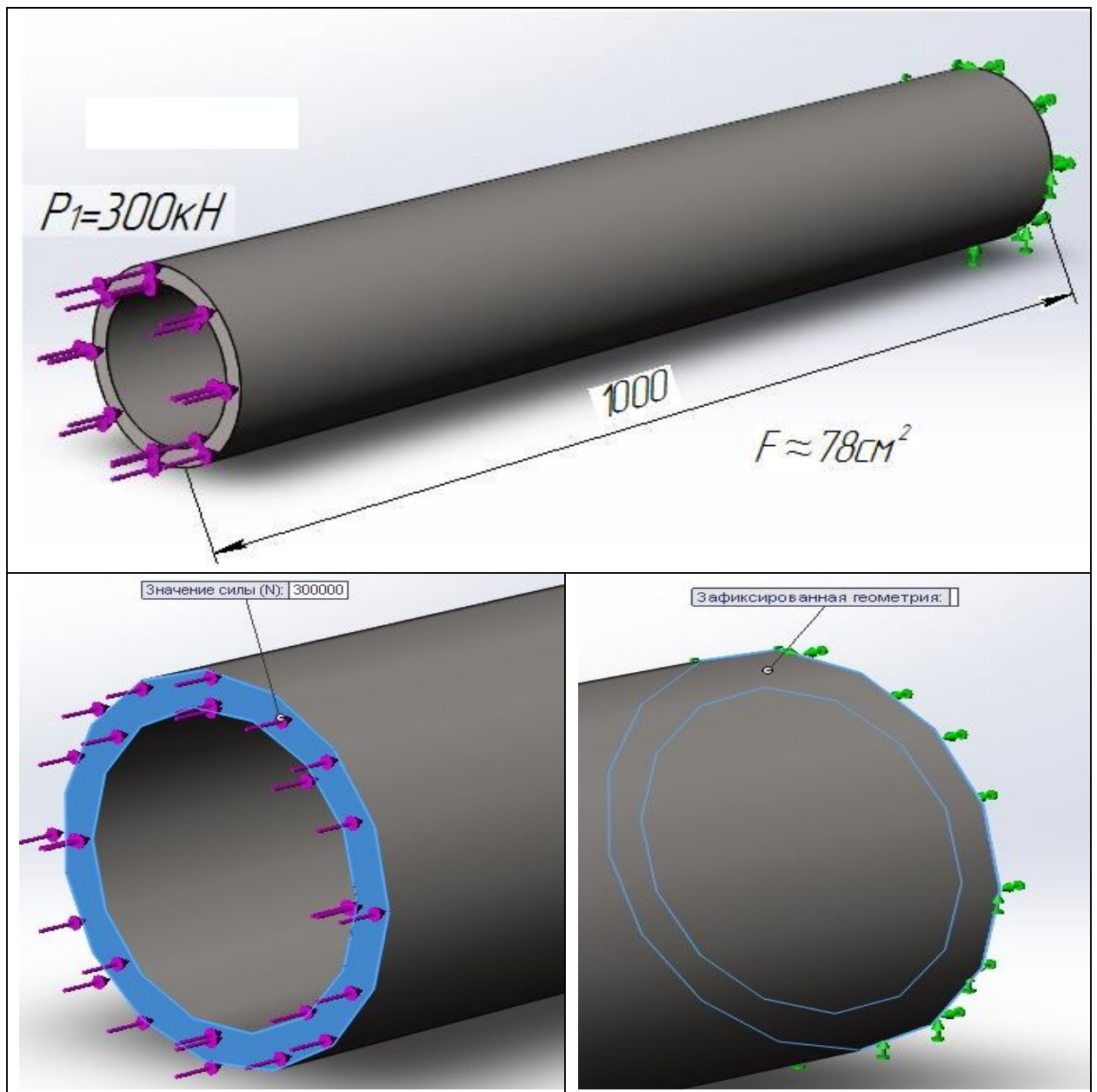
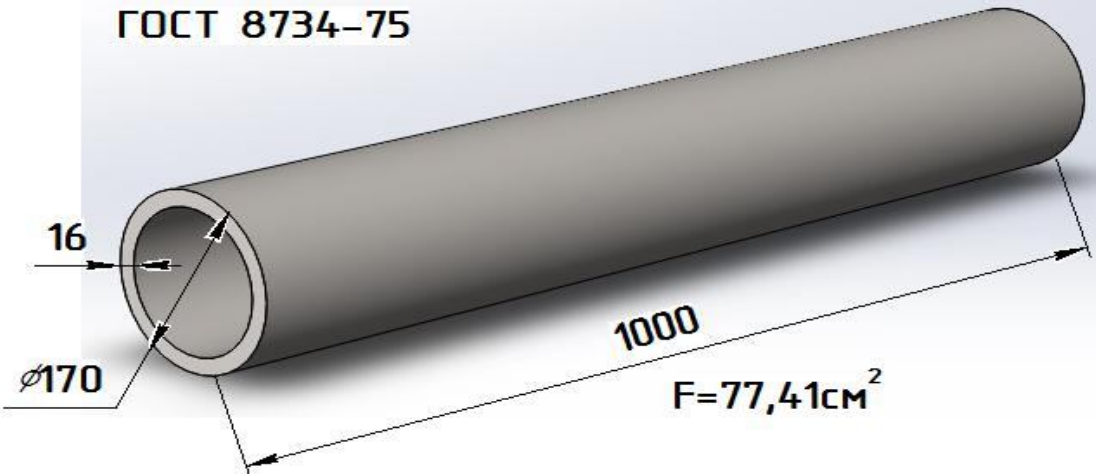
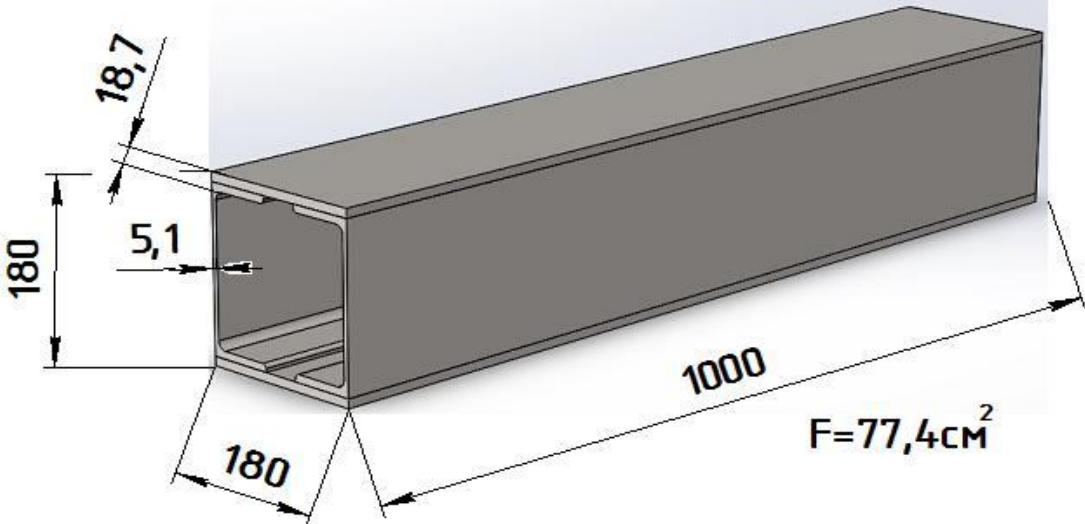
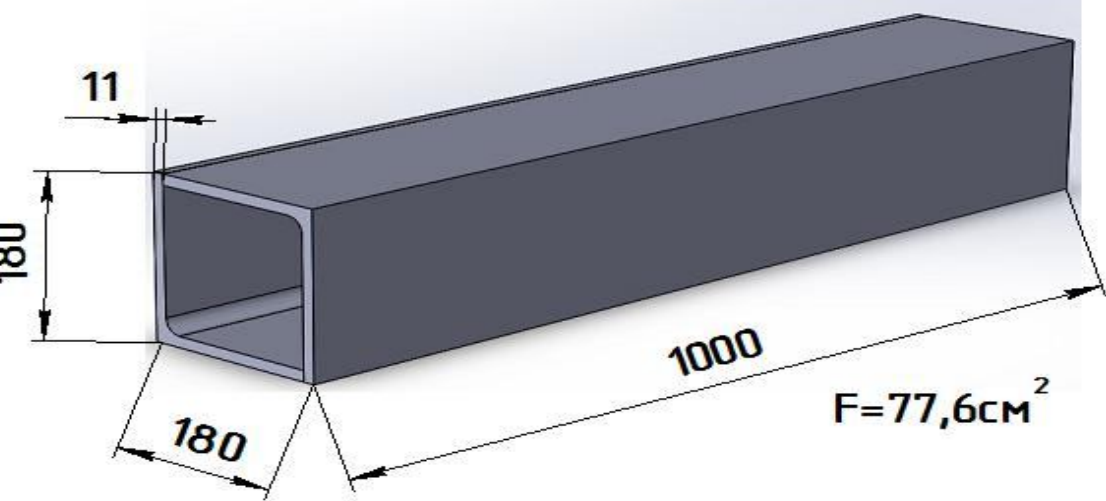


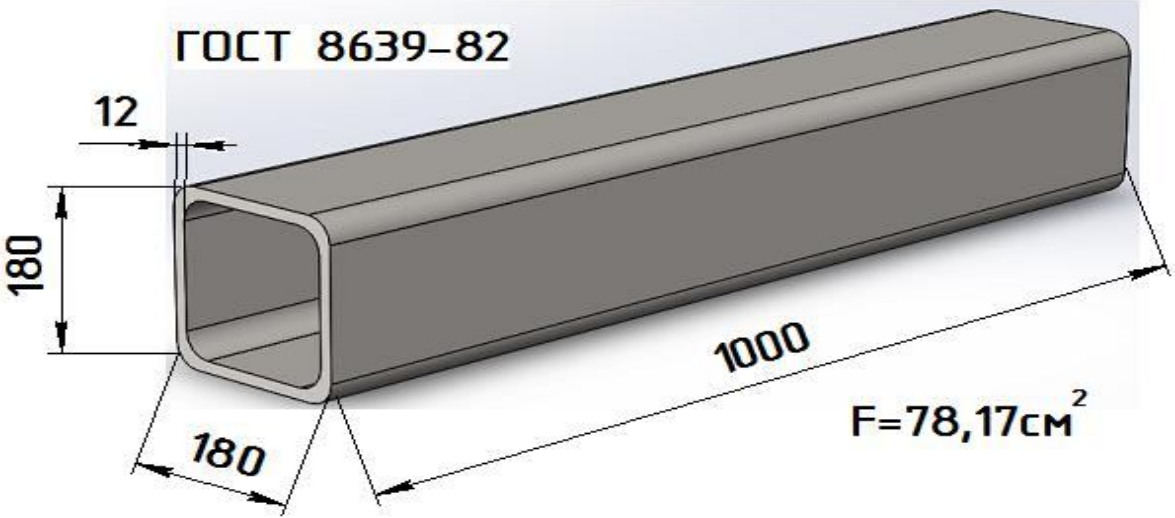
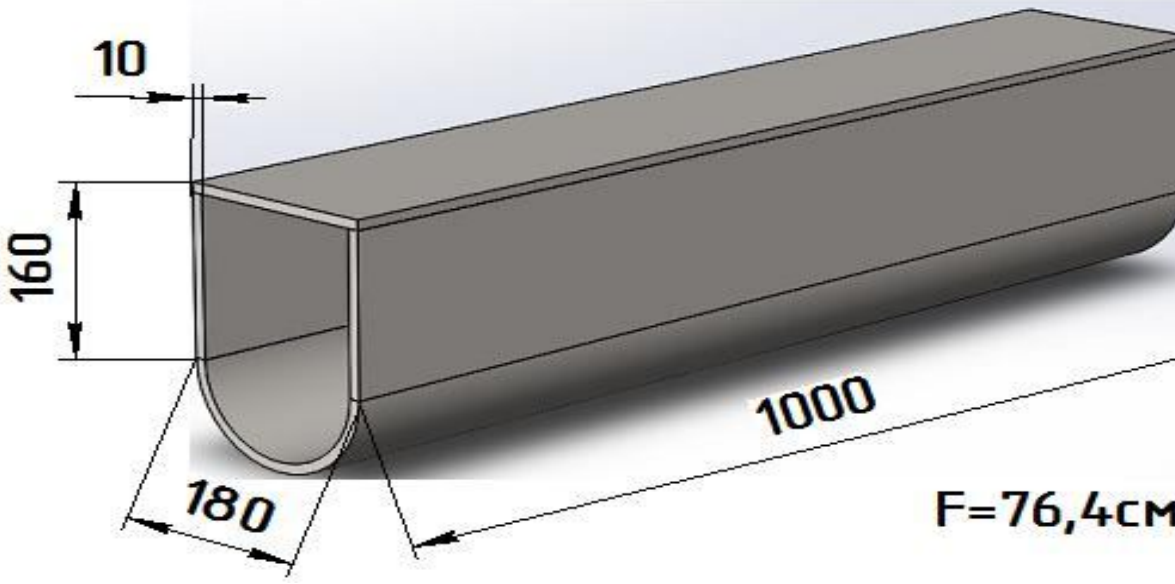
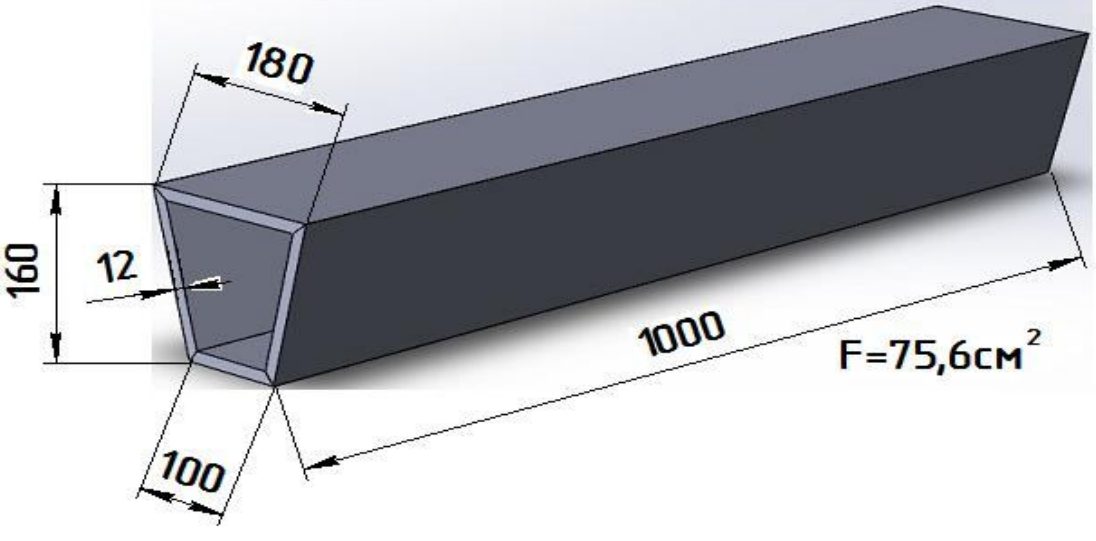
Рисунок 4 - Общая схема нагружения балок.

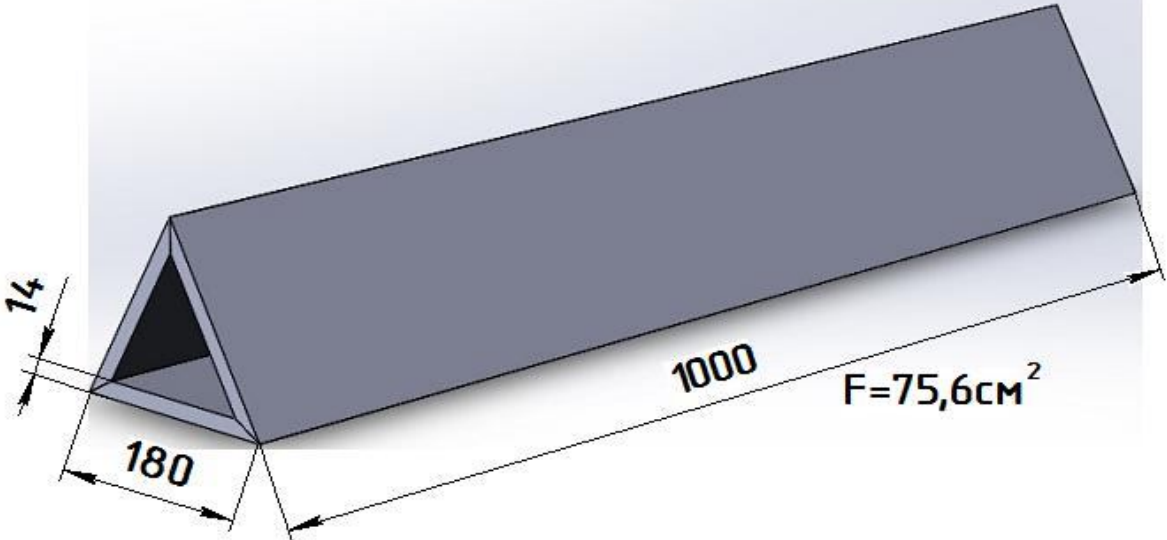
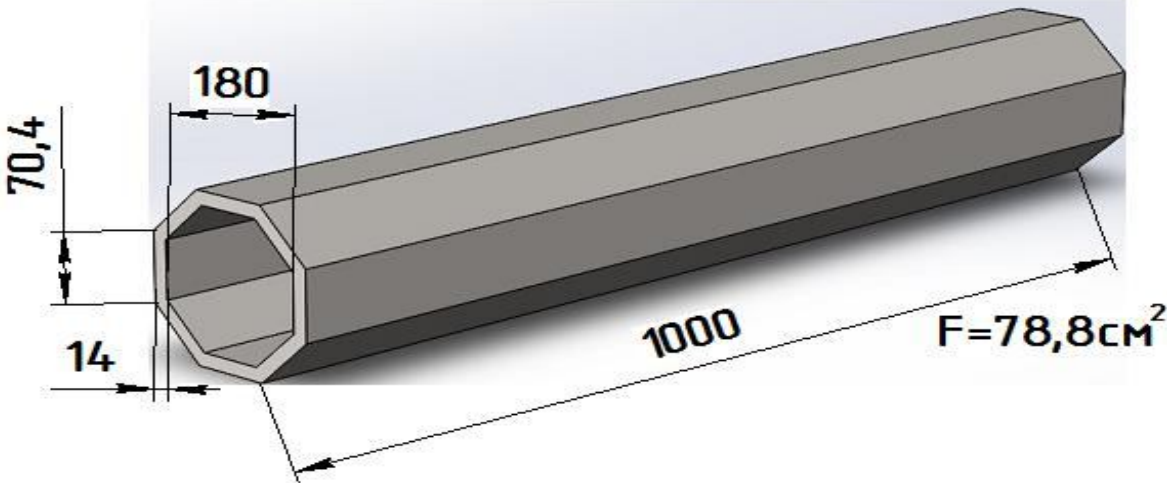
Таблица 3 – Характеристика низколегированной стали 09Г2С

Параметр	Значение	Ед. измерения
Модуль упругости	210000	Н/мм ²
Коэффициент Пуассона	0.28	Не применимо
Плотность	7800	кг/м ³
Предел прочности при растяжении	470	Н/мм ²
Предел текучести	325	Н/мм ²

Таблица 4 – Форма сечения и основные геометрические параметры

№	Геометрия сечения/ параметры/ название
1	2
1	<p data-bbox="411 360 707 398">ГОСТ 8734-75</p>  <p data-bbox="292 846 387 884">Труба</p>
2	 <p data-bbox="292 1451 802 1489">Квадрат (2 Швеллера+2полосы)</p>
3	 <p data-bbox="276 2027 571 2065">Квадрат (2 уголка)</p>

1	2
4	<p>ГОСТ 8639-82</p>  <p>Квадратная труба</p>
5	 <p>3 полосы + ½ трубы</p>
6	 <p>Трапеция (4 полосы)</p>

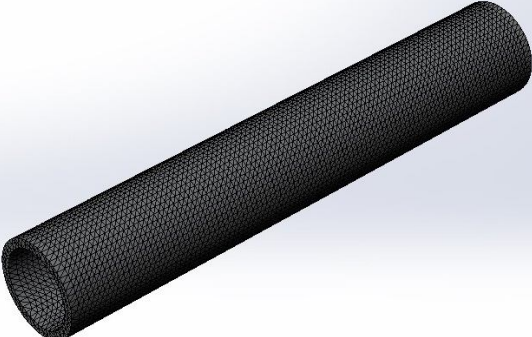
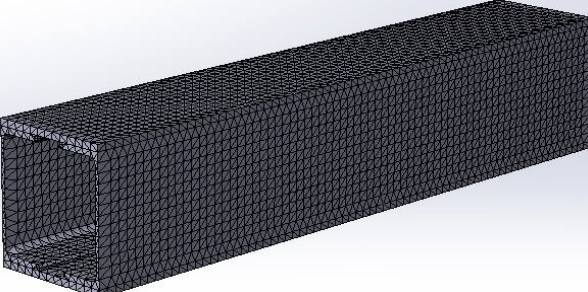
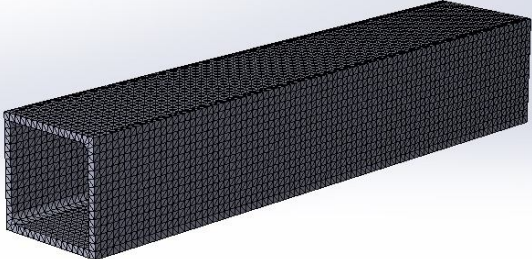
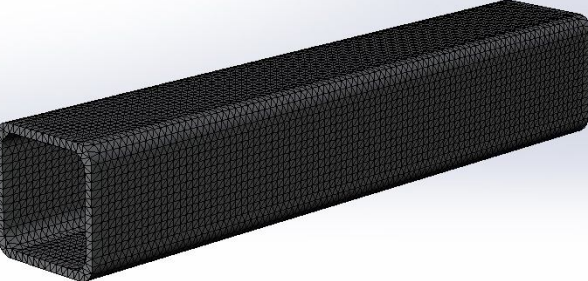
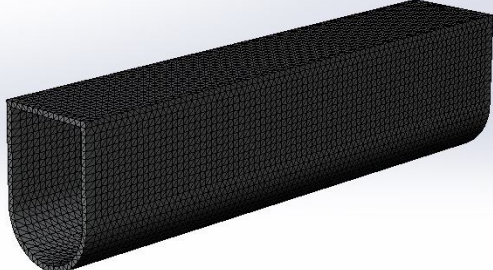
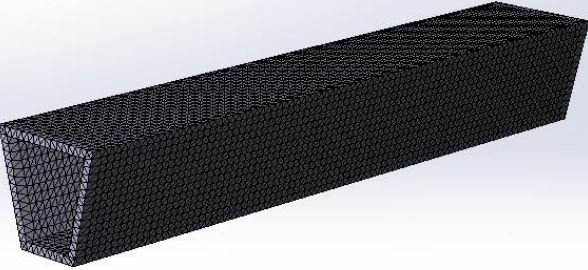
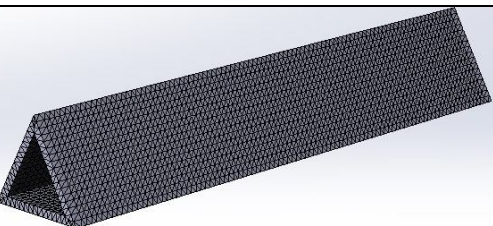
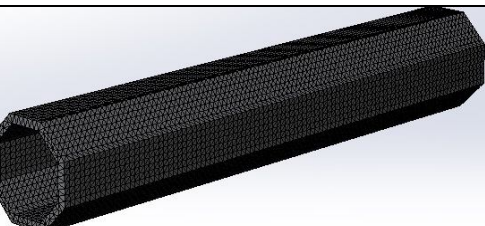
1	2
7	 <p>Треугольное (3 полосы)</p>
8	 <p>Многогранная труба</p>

Исследование балок (в современной CAD системе).

В данной CAD системе при прочностном и других расчётах используется метод конечных элементов (табл. 5) [8] - численный метод решения задач прикладной физики .

Метод широко используется для решения задач механики деформируемого твёрдого тела. С точки зрения вычислительной математики, идея метода конечных элементов заключается в том, что минимизация функционала (числовая функция, заданная на векторном пространстве) вариационной задачи осуществляется на совокупности функций, каждая из которых определена на своей подобласти, для численного анализа системы позволяет рассматривать его как одну из конкретных ветвей диакоптики - общего метода исследования систем путём их расчленения.

Таблица 5 – Разбиение конструкций балок с разным сечением (профилем) на «сетку» по методу конечных элементов

№	Вид балки разбитой на «сетку»/наименование балки	№	Вид балки разбитой на «сетку»/наименование балки
1	2	1	2
1	 труба	2	 Квадрат (2 Швеллера+2полосы)
3	 Квадрат (2 уголка)	4	 Квадратная труба
5	 3 полосы + ½ трубы	6	 Трапеция (4 полосы)
7	 Треугольное (3 полосы)	8	 Многогранная труба

На основании проведенного анализа пустотелых балок были получены эпюры напряжений и эпюры запаса прочности исследуемых сечений (табл. 6-13) и данные об изменении исследуемых факторов от воспринимаемых нагрузок, которые представлены в таблице.

Следует отметить, что полученные результаты в виде эпюр обрабатывались по следующим критериям:

- **максимальное напряжение сдвига (касательные напряжения)[8]**

Критерий максимального напряжения сдвига, называемый критерием текучести Tresca, основан на теории максимального напряжения сдвига.

Настоящая теория прогнозирует разрушение материала в случаях, когда абсолютный максимум напряжения сдвига (τ_{\max}) достигнет нагрузки, которая вызывает повреждение материала при простом испытании на растяжение. Критерий максимального напряжения сдвига используется для пластичных материалов.

$$\tau_{\max} \geq \sigma_{\text{limit}} / 2 \quad (1)$$

где: τ_{\max} – самое большое значение $\text{abs}(\sigma_{12}, \sigma_{23}, \sigma_{13})$:

$$\sigma_{12} = (\sigma_1 - \sigma_2) / 2; \sigma_{23} = (\sigma_2 - \sigma_3) / 2; \sigma_{13} = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 \quad (2)$$

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – главные напряжения в порядке уменьшения.

Коэффициент запаса прочности (FOS) получается из:

$$\text{FOS} = \sigma_{\text{limit}} / (2 * \tau_{\max}) \quad (3)$$

- **максимальное нормальное напряжение**

Критерий максимального нормального напряжения также известный как критерий Кулона основан на теории максимального нормального напряжения. В соответствии с настоящей теорией, разрушения появляются, когда максимальное основное напряжение достигнет предела прочности материала для простого натяжения.

Данный критерий используется для хрупких материалов. Предполагается, что предел прочности материала при натяжении и сжатии одинаковый. Во всех случаях данное предположение не допустимо.

Например, трещины значительно уменьшают прочность материала при натяжении, в то время как их влияние гораздо меньше при сжатии, так как трещины имеют тенденцию закрываться.

Хрупкие материалы не имеют определенной точки текучести и, следовательно, не рекомендуется использовать предел текучести для определения предельного напряжения для настоящего критерия.

Настоящая теория прогнозирует появление повреждений в случае:

$$\sigma_1 \geq \sigma_{\text{limit}}, \quad (4)$$

где σ_1 – максимальное главное напряжение.

Коэффициент запаса прочности (FOS) вычисляется из:

$$\text{FOS} = \sigma_{\text{limit}} / (\sigma_1) \quad (5)$$

- **максимальное напряжение по Мизесу (приведенные напряжения).**

Критерий максимального напряжения по Мизесу основывается на теории Мизес-Хенки (Mises-Hencky), также известной как теория энергии формоизменения.

Для главных напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ напряжение по Мизесу выражается как:

$$\sigma_{\text{vonMises}} = \{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2] / 2\}^{1/2} \quad (6)$$

Теория утверждает, что пластичный материал начинает повреждаться в местах, где напряжение по Мизесу становится равным предельному напряжению. В большинстве случаев, предел текучести используется в качестве предельного напряжения. Однако, программа позволяет использовать предельное растяжение или задавать свое собственное предельное напряжение.

$$\sigma_{\text{vonMises}} \geq \sigma_{\text{limit}} \quad (7)$$

Предел текучести - свойство, зависящее от температуры. Настоящая заданная величина предела текучести должна учитывать температуру компонента. Коэффициент запаса прочности в данном месте подсчитывается на основе

Запас прочности:

$$(\text{FOS}) = \sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{vonMises}} \quad (8)$$

Чистый сдвиг (срез):

В случае чистого сдвига $\sigma_{12} = \sigma_{21} \neq 0$, когда другие $\sigma_{12} = 0$, критерий напряжения по Мизесу выражается как:

$$\sigma_{12} \text{ max} = \sigma_{\text{растяжение}} / \sqrt{3} = 0,5777 \sigma_{\text{растяжение}} \cdot \quad (9)$$

Это значит, что в начальный момент растяжения максимальное напряжение сдвига при чистом сдвиге меньше в $\sqrt{3}$ раз, чем напряжение сдвига в случае простого растяжения.

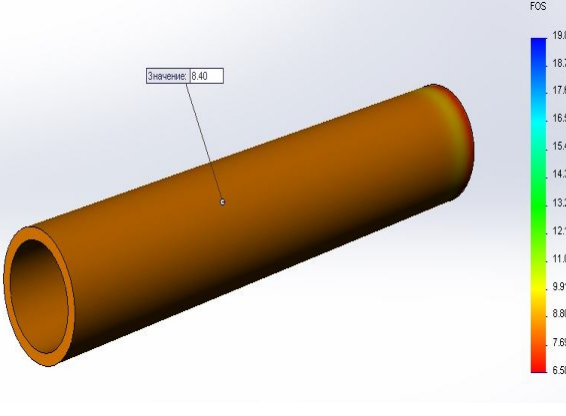
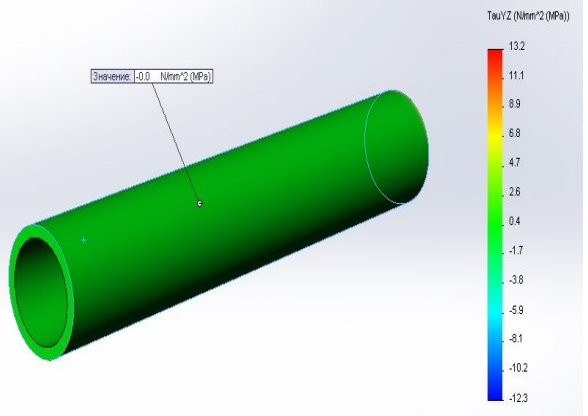
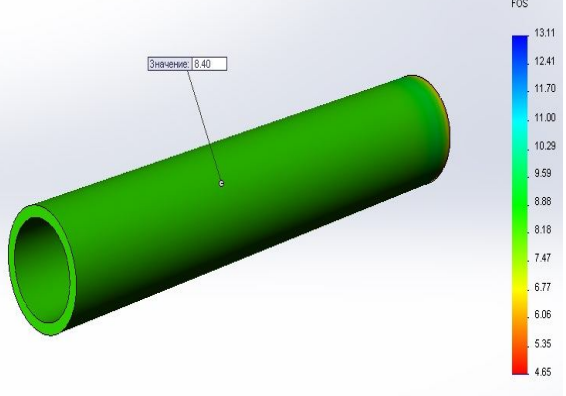
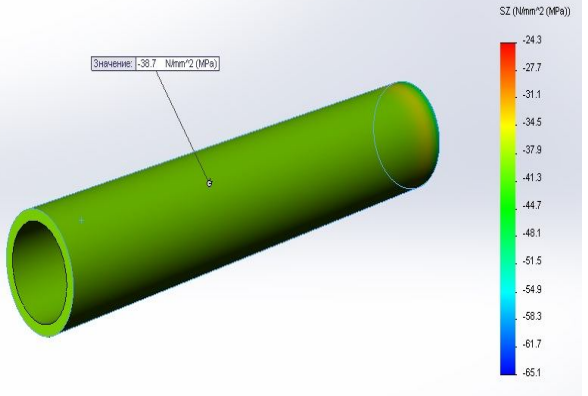
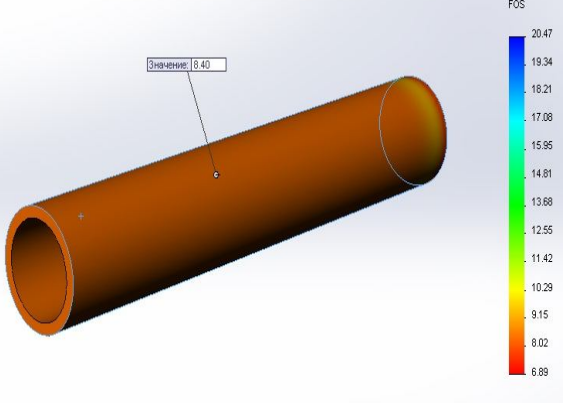
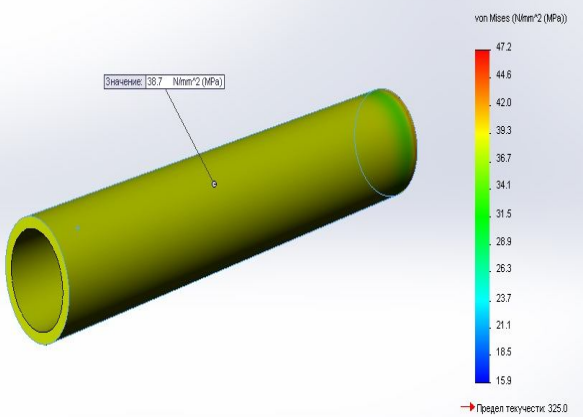
Сравнение критерия напряжения по Мизесу и критерия напряжения Tresca:

Критерий максимального напряжения сдвига более занижен, чем напряжение по Мизесу, поскольку шестиугольник, представляющий напряжение сдвига заключен в эллипс, представляющий критерий напряжения по Мизесу.

При условии чистого сдвига (среза), напряжение по Мизесу прогнозирует разрушения при $(0,577 * \text{предел текучести})$, принимая во внимание, что критерий напряжения сдвига прогнозирует разрушения на 0,5 предела текучести.

Фактические испытания на кручение, используемые для разработки чистого сдвига (срез) подтверждают, что критерий напряжения по Мизесу дает более точные результаты, чем теория максимального напряжения сдвига.

Таблица 6 - Трехмерная эпюра исследования балки – труба

Эпюра запаса прочности	Эпюра напряжений
<p>по касательным напряжениям $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (2 * \tau_{\text{max}})$</p>	<p>сдвига</p>
	
<p>по нормальным напряжениям $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (1 * \tau_{\text{max}})$</p>	<p>нормальных</p>
	
<p>по приведенным напряжениям $(FOS) = \sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{vonMises}}$</p>	<p>напряжение по Мизесу</p>
	

где FOS - коэффициент запаса прочности.

Таблица 7 - Трехмерная эпюра исследования балки – квадрат (из швеллера)

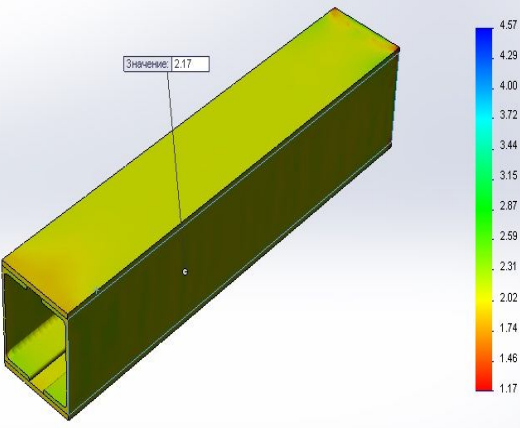
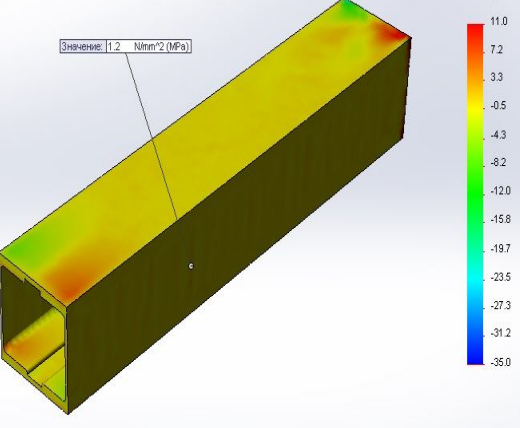
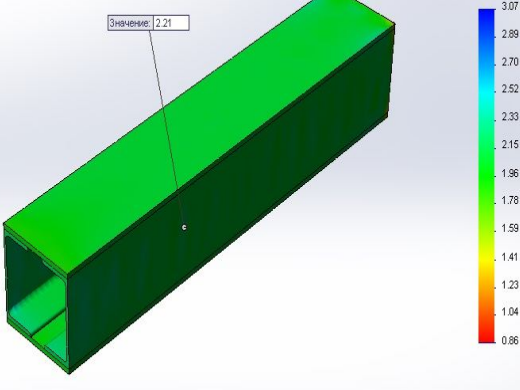
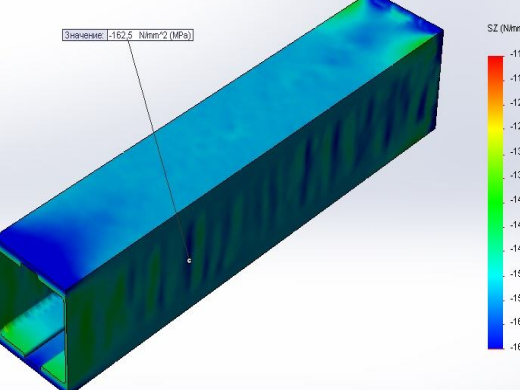
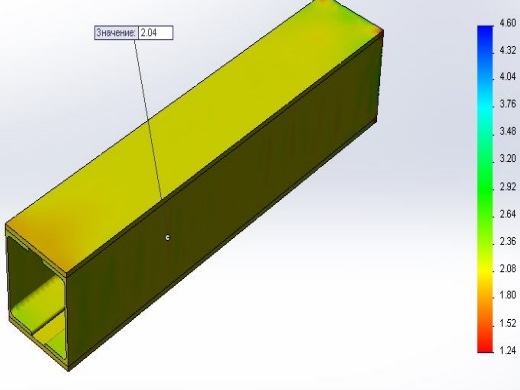
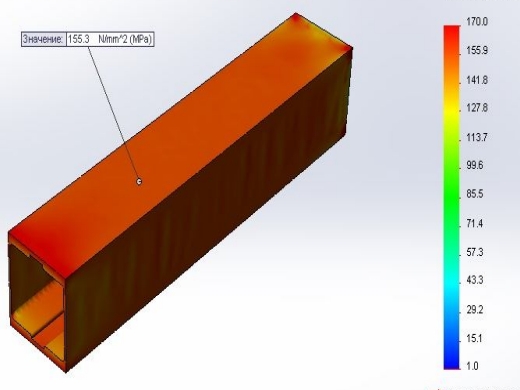
Эпюра запаса прочности	Эпюра напряжений
<p>по касательным напряжениям</p> $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (2 * \tau_{\text{max}})$	<p>сдвига</p>
	
<p>по нормальным напряжениям</p> $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (1 * \tau_{\text{max}})$	<p>нормальных</p>
	
<p>по приведенным напряжениям</p> $(FOS) = \sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{vonMises}}$	<p>напряжение по Мизесу</p>
	

Таблица 8 - Трехмерная эпюра исследования балки – квадрат (из уголка)

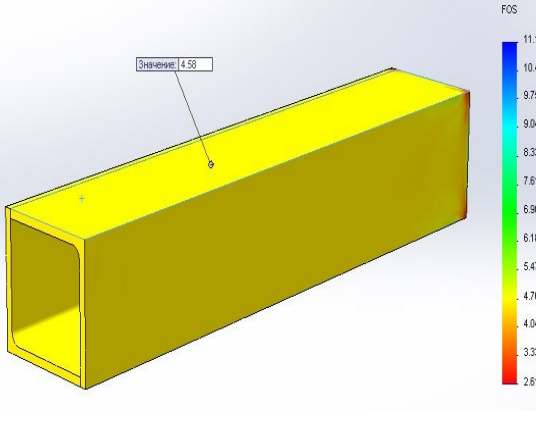
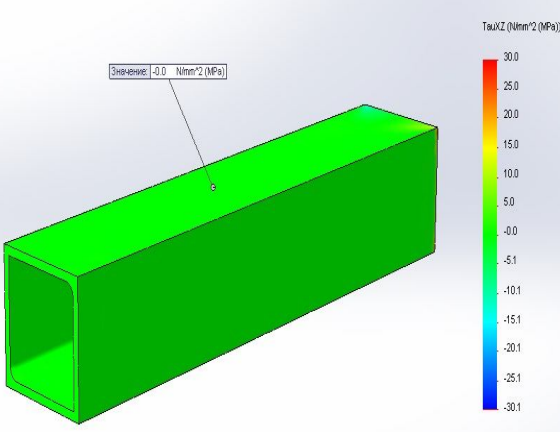
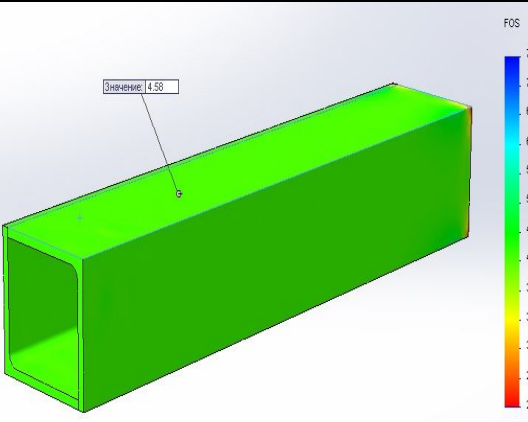
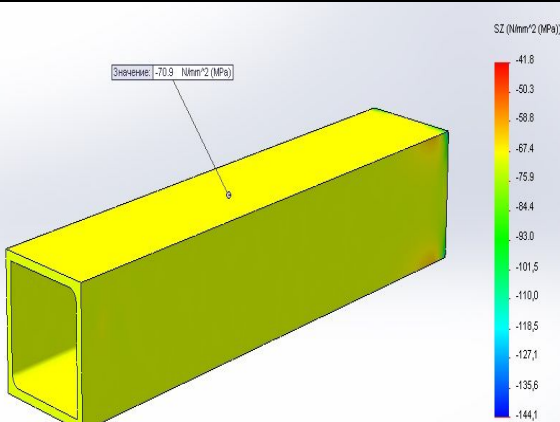
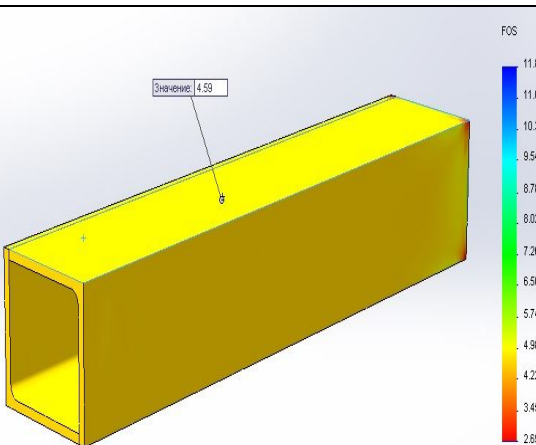
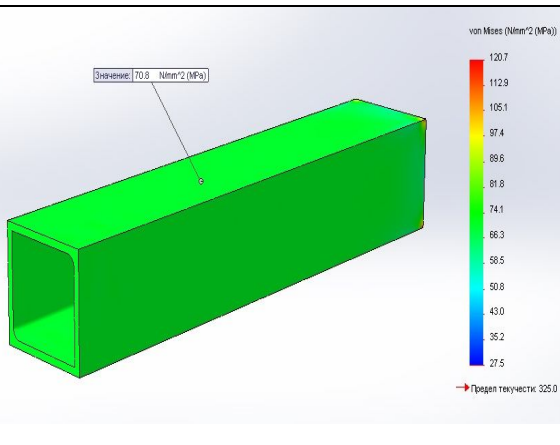
Эпюра запаса прочности	Эпюра напряжений
<p>по касательным напряжениям</p> $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (2 * \tau_{\text{max}})$	<p>сдвига</p>
	
<p>по нормальным напряжениям</p> $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (1 * \tau_{\text{max}})$	<p>нормальных</p>
	
<p>по приведенным напряжениям</p> $(FOS) = \sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{vonMises}}$	<p>напряжение по Мизесу</p>
	

Таблица 9 - Трехмерная эпюра исследования балки – квадратная труба

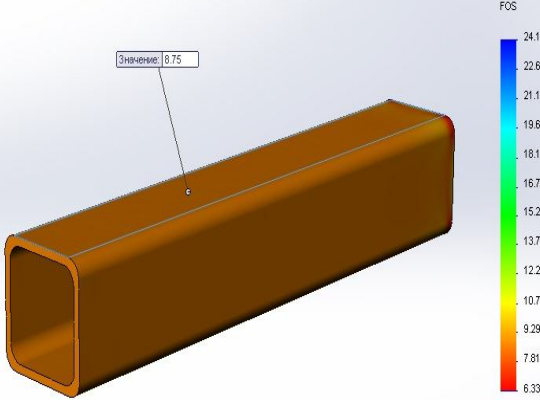
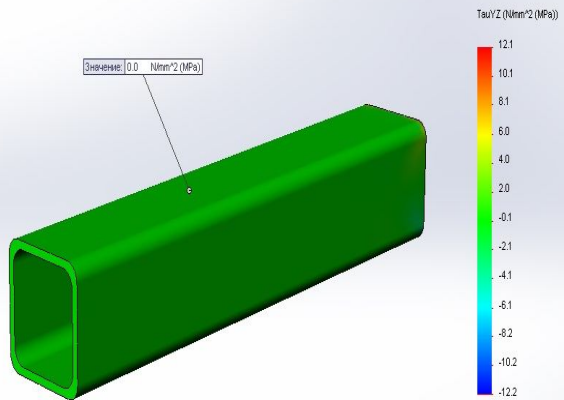
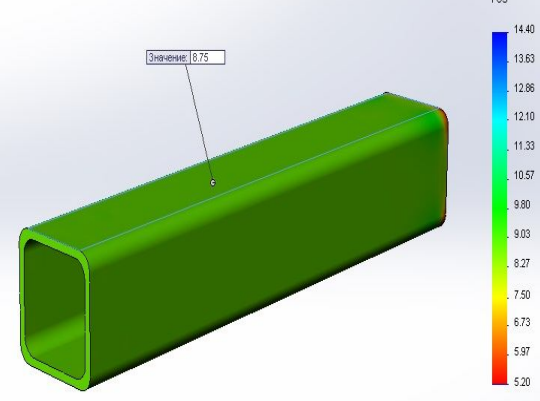
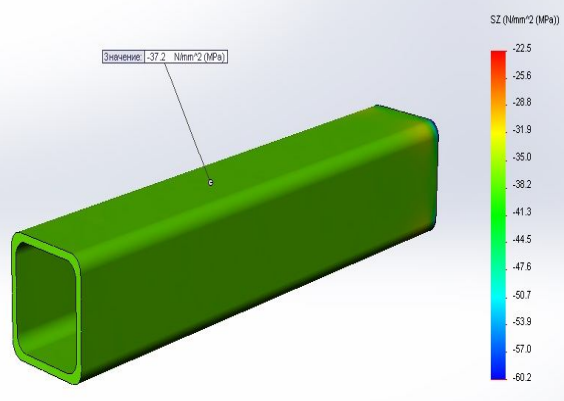
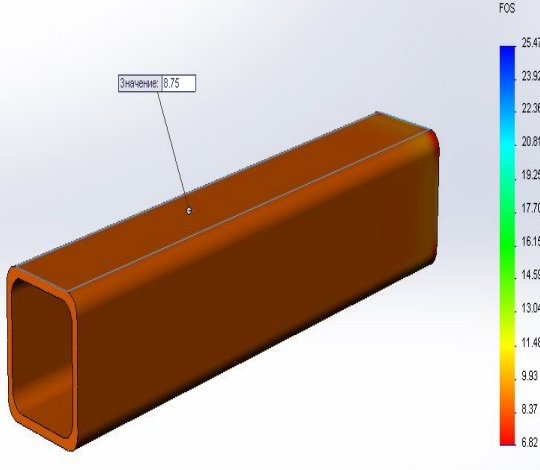
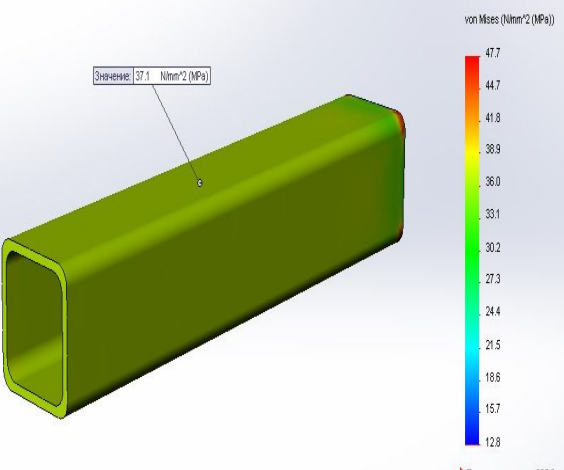
Эпюра запаса прочности	Эпюра напряжений
<p>по касательным напряжениям</p> $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (2 * \tau_{\text{max}})$	<p>сдвига</p>
	
<p>по нормальным напряжениям</p> $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (1 * \tau_{\text{max}})$	<p>нормальных</p>
	
<p>по приведенным напряжениям</p> $(FOS) = \sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{vonMises}}$	<p>напряжение по Мизесу</p>
	

Таблица 10 - Трехмерная эпюра исследования балки – 3полосы+1/2 трубы

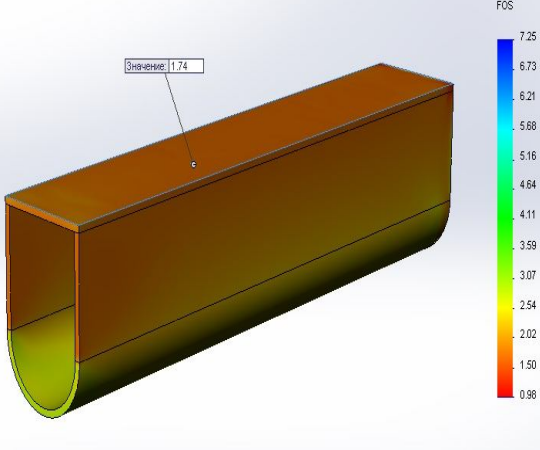
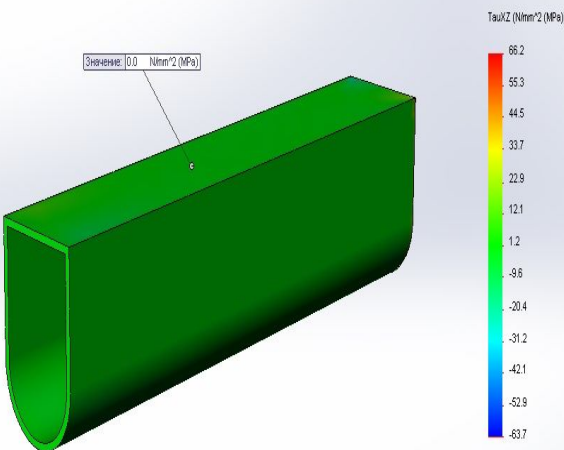
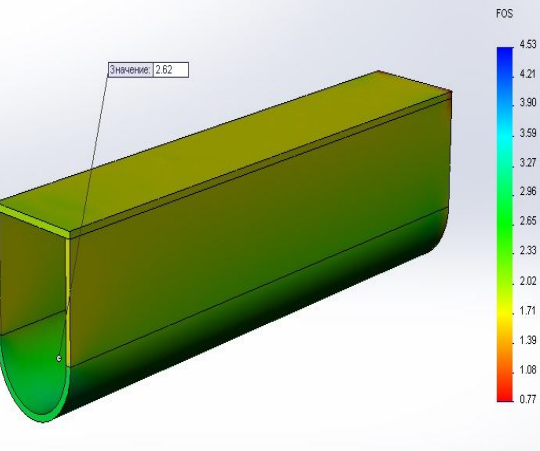
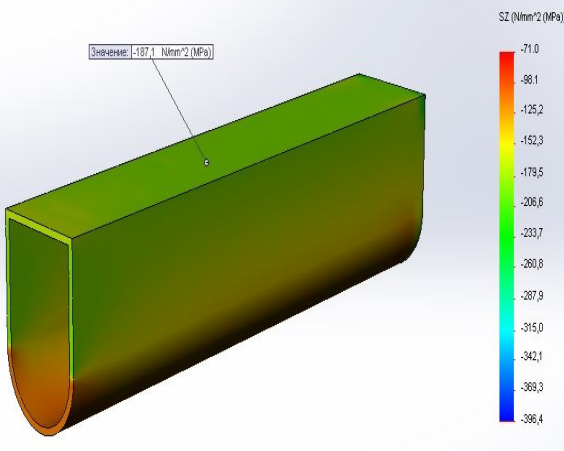
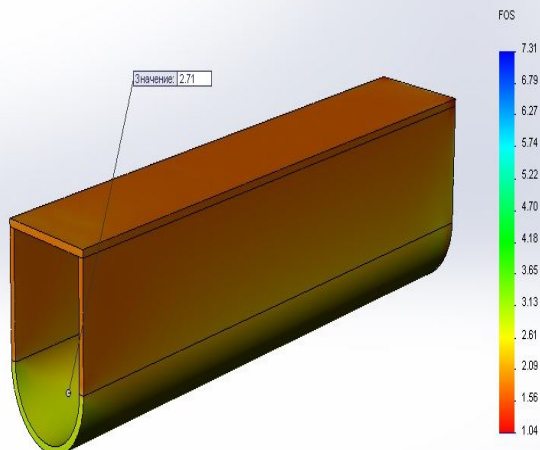
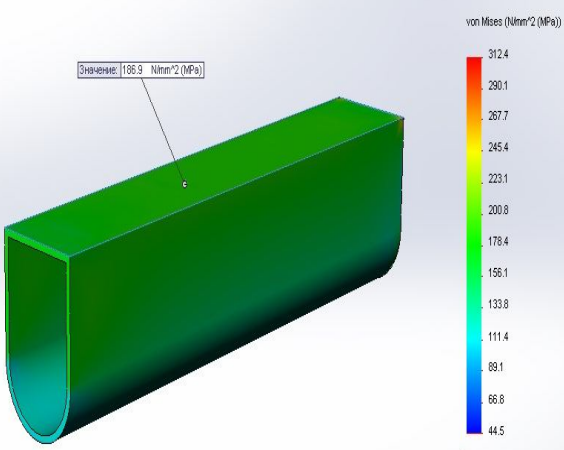
Эпюра запаса прочности	Эпюра напряжений
<p>по касательным напряжениям</p> $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (2 * \tau_{\text{max}})$	<p>сдвига</p>
 <p>Значение: 1.74</p> <p>FOS</p> <p>7.25 6.73 6.21 5.88 5.16 4.64 4.11 3.59 3.07 2.54 2.02 1.50 0.98</p>	 <p>Значение: 0.0 N/mm² (MPa)</p> <p>TauXZ (N/mm² (MPa))</p> <p>86.2 55.3 44.5 33.7 22.9 12.1 1.2 -9.6 -20.4 -31.2 -42.1 -52.9 -63.7</p>
<p>по нормальным напряжениям</p> $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (1 * \tau_{\text{max}})$	<p>нормальных</p>
 <p>Значение: 2.62</p> <p>FOS</p> <p>4.53 4.21 3.90 3.59 3.27 2.96 2.65 2.33 2.02 1.71 1.39 1.08 0.77</p>	 <p>Значение: -187.1 N/mm² (MPa)</p> <p>SZ (N/mm² (MPa))</p> <p>-71.0 -88.1 -125.2 -152.3 -179.5 -206.6 -233.7 -260.8 -287.9 -315.0 -342.1 -369.3 -396.4</p>
<p>по приведенным напряжениям</p> $(FOS) = \sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{vonMises}}$	<p>напряжение по Мизесу</p>
 <p>Значение: 2.71</p> <p>FOS</p> <p>7.31 6.79 6.27 5.74 5.22 4.70 4.18 3.85 3.13 2.81 2.09 1.56 1.04</p>	 <p>Значение: 185.3 N/mm² (MPa)</p> <p>von Mises (N/mm² (MPa))</p> <p>312.4 290.1 267.7 245.4 223.1 200.8 178.4 156.1 133.8 111.4 89.1 66.8 44.5</p> <p>→ Предел текучести: 325.0</p>

Таблица 11 - Трехмерная эпюра исследования балки – трапеция (из 4 полос)

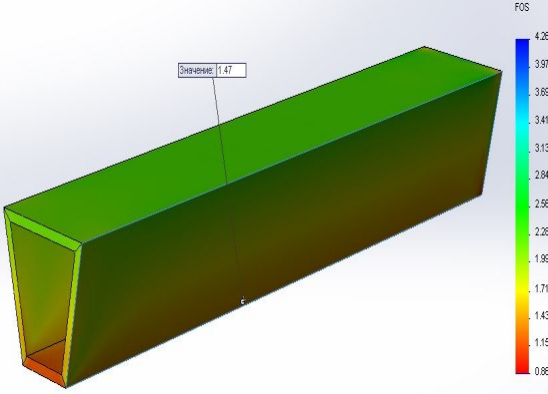
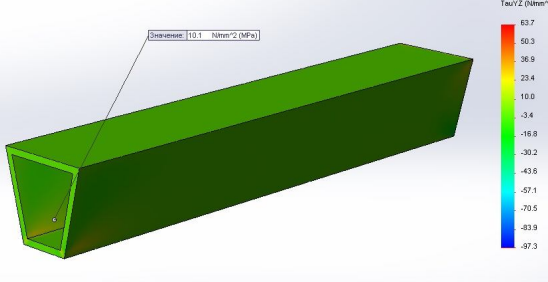
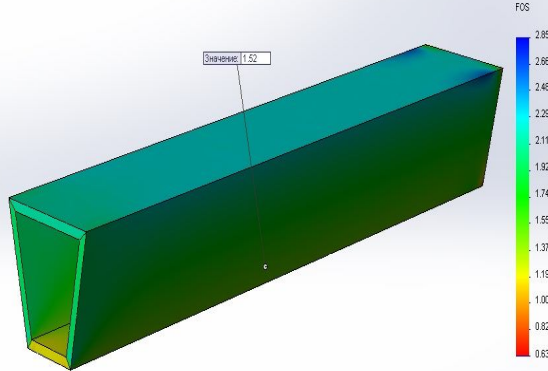
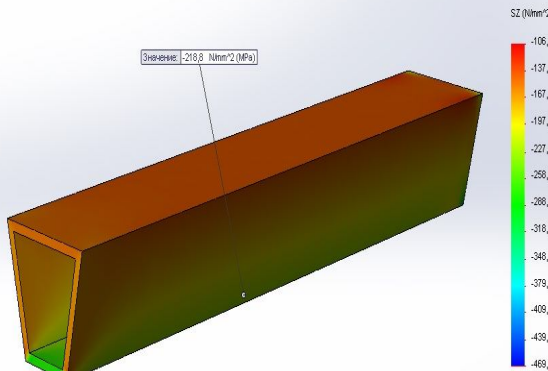
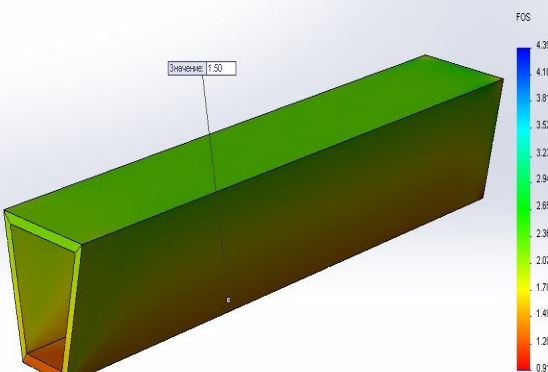
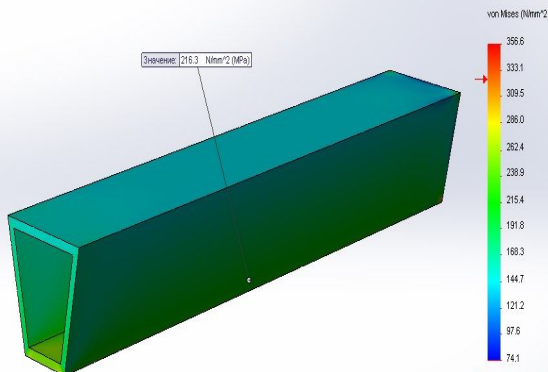
<p>Эпюра запаса прочности по касательным напряжениям $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (2 * \tau_{\text{max}})$</p>	<p>Эпюра напряжений сдвига</p>
	
<p>по нормальным напряжениям $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (1 * \tau_{\text{max}})$</p>	<p>нормальных</p>
	
<p>по приведенным напряжениям $(FOS) = \sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{vonMises}}$</p>	<p>напряжение по Мизесу</p>
	

Таблица 12 - Трехмерная эпюра исследования балки – треугольник (из 3 полос)

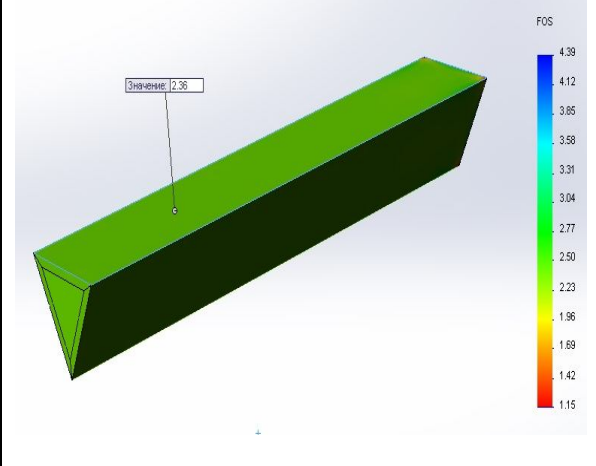
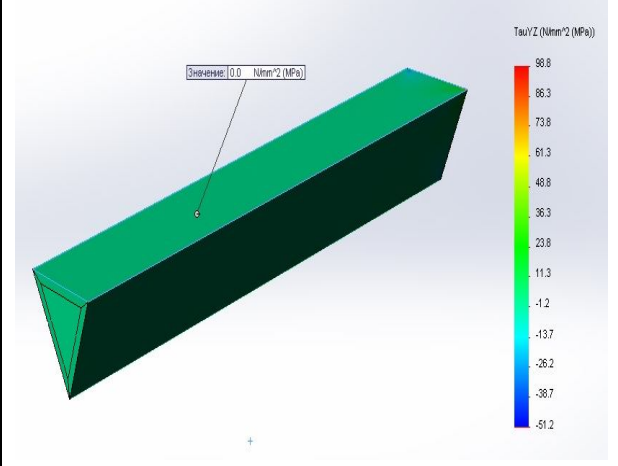
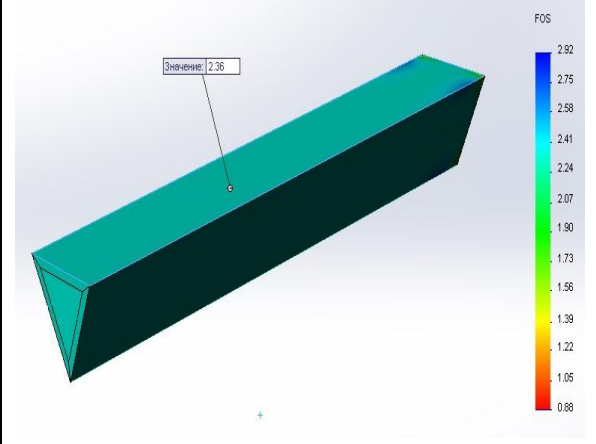
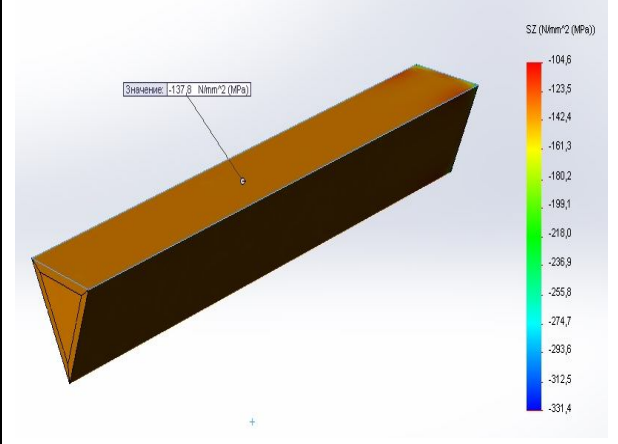
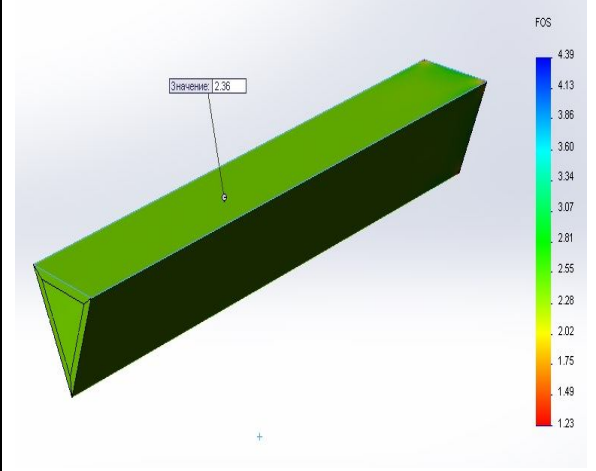
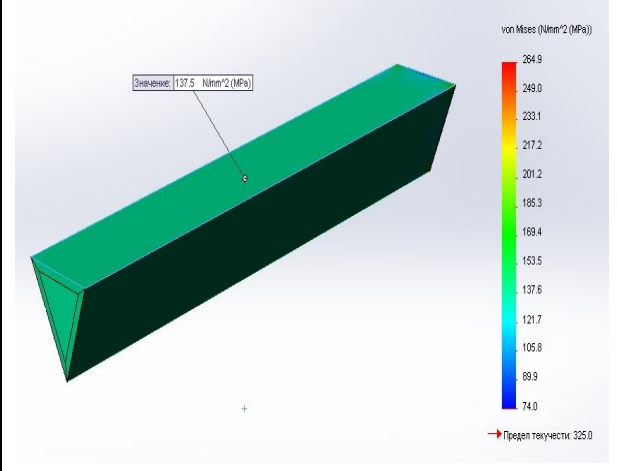
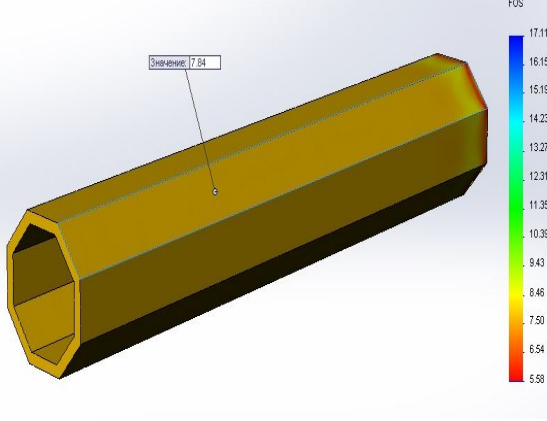
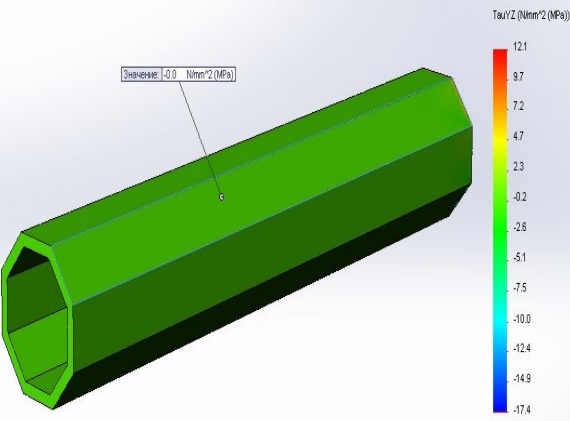
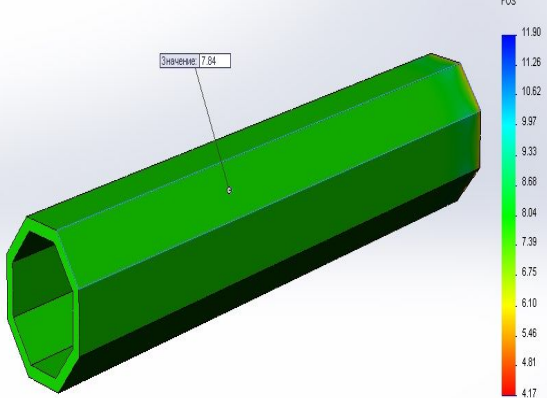
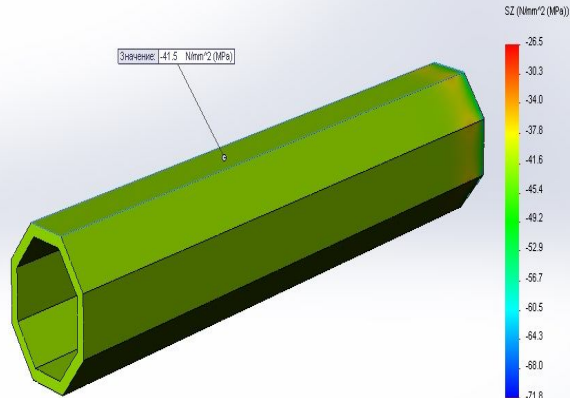
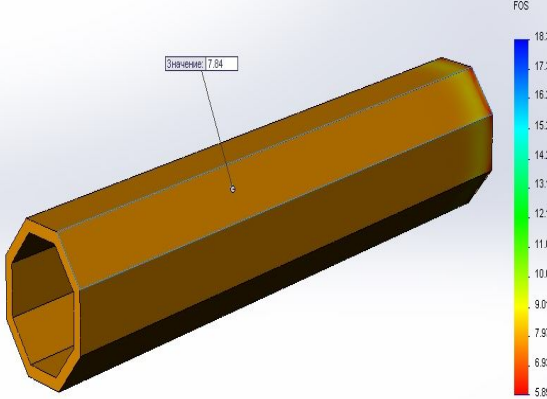
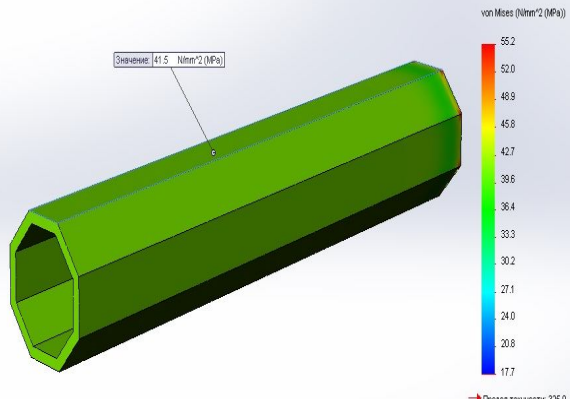
Эпюра запаса прочности	Эпюра напряжений
<p>по касательным напряжениям</p> $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (2 * \tau_{\text{max}})$	<p>сдвига</p>
	
<p>по нормальным напряжениям</p> $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (1 * \tau_{\text{max}})$	<p>нормальных</p>
	
<p>по приведенным напряжениям</p> $(FOS) = \sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{vonMises}}$	<p>напряжение по Мизесу</p>
	

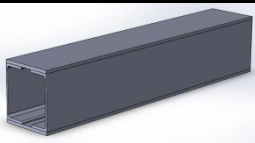
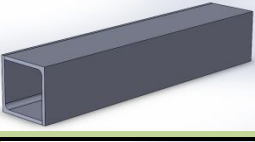
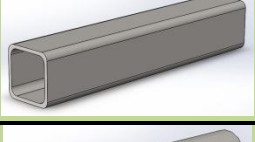
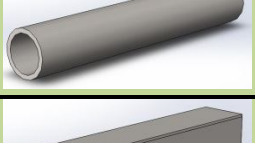


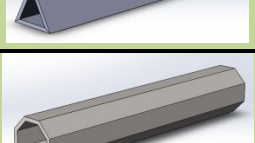
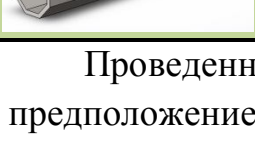
Таблица 13 - Трехмерная эпюра исследования балки – многогранная туба

Эпюра запаса прочности	Эпюра напряжений
<p>по касательным напряжениям</p> $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (2 * \tau_{\text{max}})$	<p>сдвига</p>
	
<p>по нормальным напряжениям</p> $FOS = \sigma_{\text{limit}} / (1 * \tau_{\text{max}})$	<p>нормальных</p>
	
<p>по приведенным напряжениям</p> $(FOS) = \sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{vonMises}}$	<p>напряжение по Мизесу</p>
	

Результаты исследования разнотипных сечения пустотной конструкции.

Анализ полученных эпюр позволил определить численные значения напряжений и коэффициентов запаса прочности по данным напряжениям, которые были снесены в табл. 14. Данные результаты, для более качественного сравнения, был представлен в виде графических построений, представленных на рис. 5- 7.

Таблица 14 – Результаты анализа эпюр

№ Сечения	Нормальные напряжения	Приведенные напряжения	Касательные напряжения	FOS норм	FOS прив	FOS кас
	162,5	155,3	1,2	0,5	0,47	0,003
	70,9	70,8	0	0,21	0,21	0
	37,2	37,1	0	0,11	0,11	0
	38,7	38,7	0	0,11	0,11	0
	187,1	186,9	0	0,57	0,57	0
	218,8	216,3	10,1	0,67	0,66	0,03
	137,8	137,5	0	0,42	0,42	0
	41,5	41,5	0	0,12	0,12	0

Проведенный анализ гистограмм подтвердил ранее высказанные предположение об преимущества балок круглого сечения, а именно: труба, квадратная труба и многогранная труба (рис. 8). В это же время анализ гистограмм показал, что менее эффективными являются сечения в геометрии которых присутствуют углы и нескругленные кромки. Так наименее эффективным оказалось сечение (от не эффективного до эффективного):

трапеция; 3 полосы + ½ трубы; квадрат (2 Швеллера+2полосы); треугольное сечение (3 полосы); квадрат (2 уголка); многогранная труба; труба; квадратная труба.

Качественными показателями оценки рациональности сечения выступили:

- напряжения в балке σ , МПа;

- коэффициента использования материала: $K_u = \frac{\sigma}{\sigma_0}$, где σ_0 – предел прочности для стали 09Г2с: $\sigma_0 = 325$ МПа;

прочности для стали 09Г2с: $\sigma_0 = 325$ МПа;

- запаса прочности: $K_{зп} = 1 - \frac{\sigma}{\sigma_0}$.

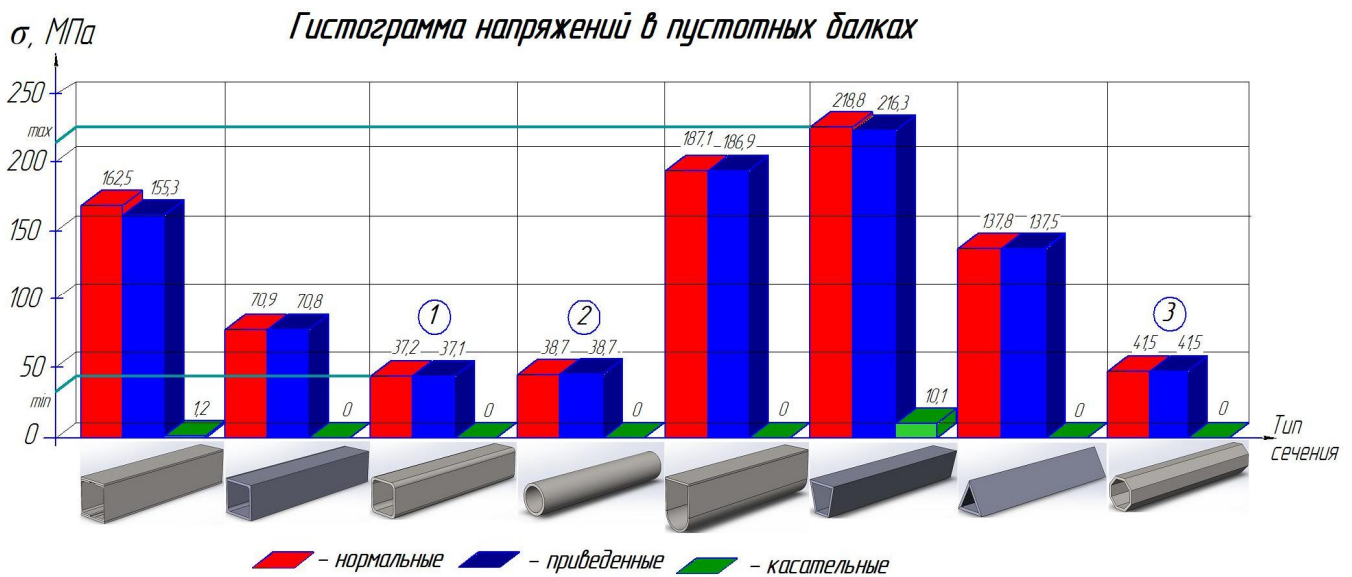


Рисунок 5 – Гистограмма напряжений в пустотных балках

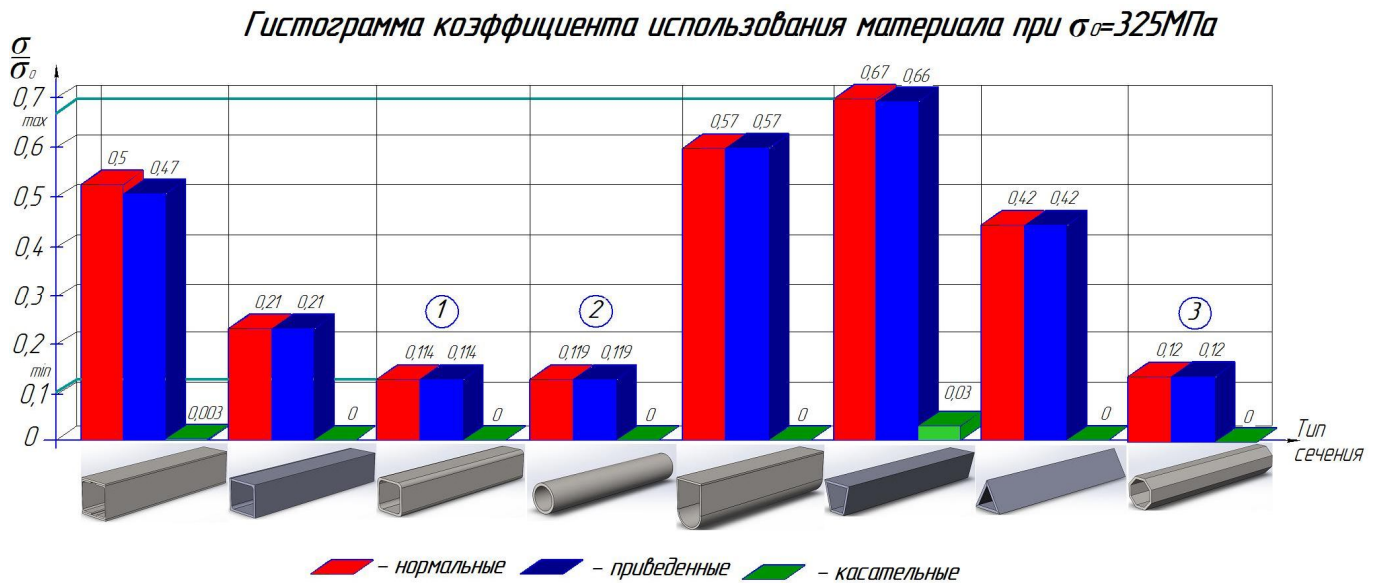


Рисунок 6 – Гистограмма коэффициента использования материала $\sigma_0 = 325$ МПа

Гистограмма запаса прочности пустотных балок

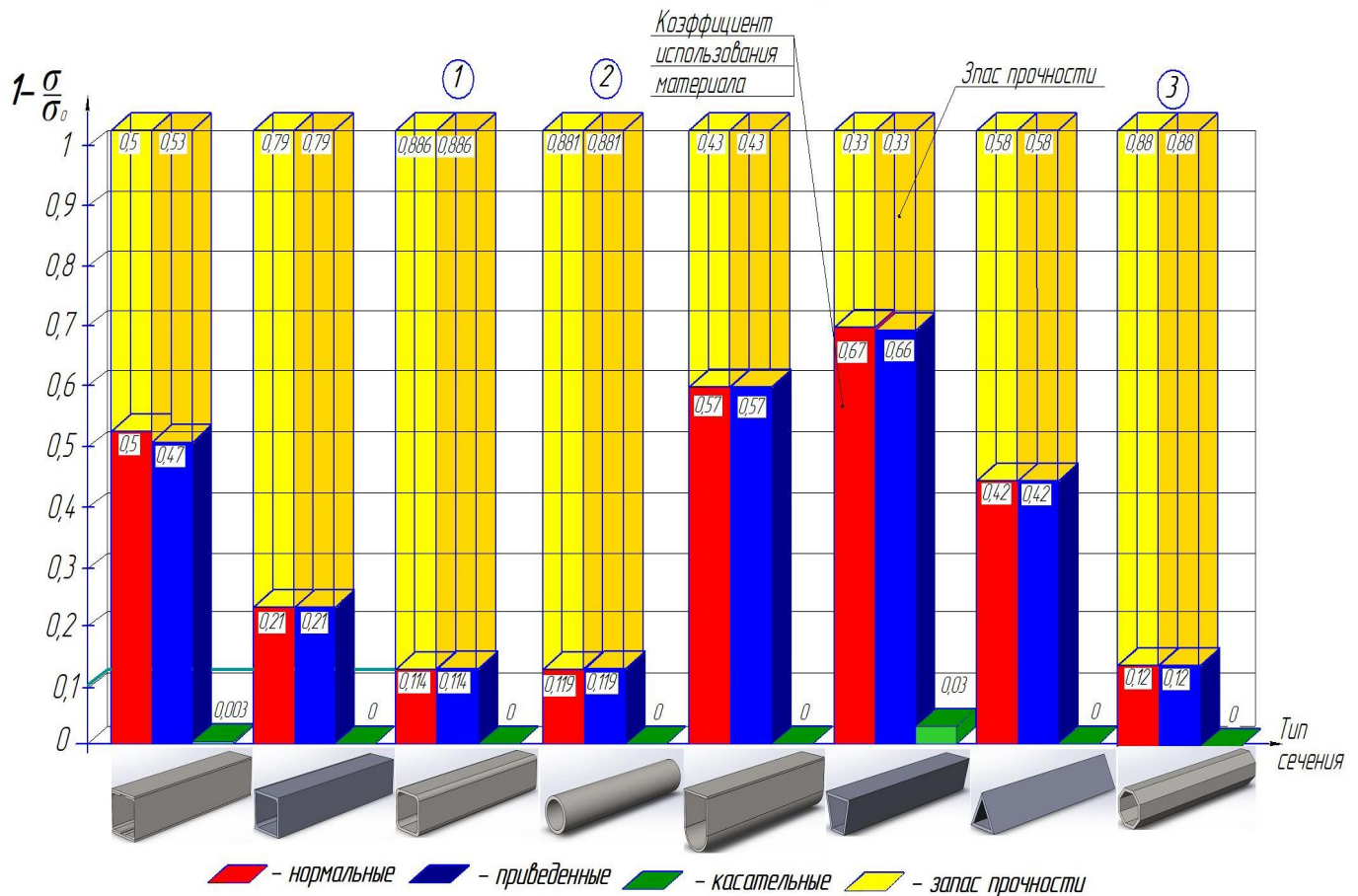


Рисунок 7 – Гистограмма запаса прочности пустотных балок

Обобщенная гистограмма исследуемых показателей рациональных сечений

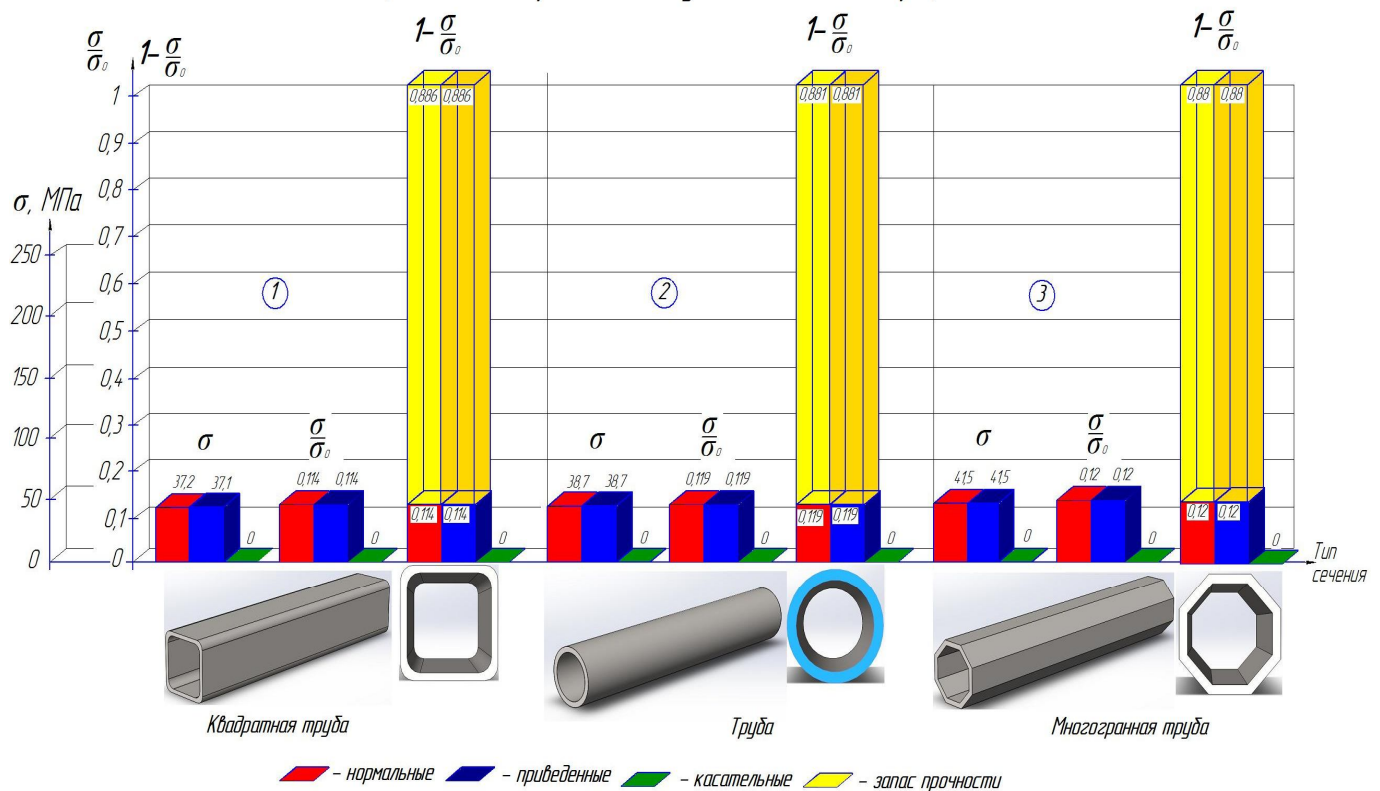


Рисунок 8 – Обобщенная гистограмма исследований рациональных сечений

Проведя расстановку рациональности сечений была построена соответствующая графическая зависимость (рис.9).

График выбора рациональных сечений пустотных балках по показателям – возникающих напряжений

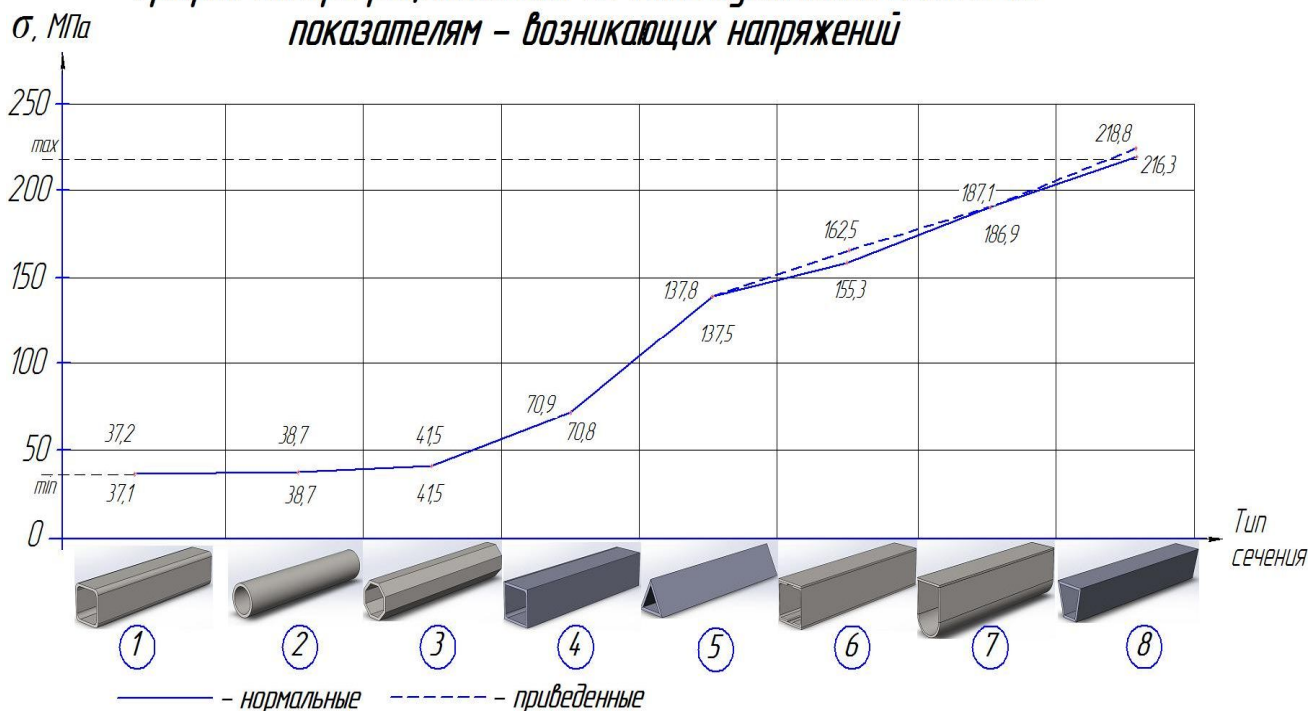


Рисунок 9 – Выбор рациональных сечений по показателю возникающих напряжений в пустотелой балке.

Вывод. Наиболее эффективным сечением пустотелой балки оказалось, круглое сечение, т.е. труба и ее частные случаи: квадратная труба и многогранная труба. При этом следует отметить, что из квадратных сечений, наиболее рациональным стало: квадрат из 2-х уголков (4 место), а квадрат из швеллеров оказался менее эффективней и показал аж 6 место. Из сечений выполненных из полос, эффективным оказалось сечение – треугольник (5 место) и менее эффективным – трапеция (8 - место).

2. Исследование сортировка продуктов ТБО без их предварительной подпрессовки.

Сортировка продуктов ТБО на ленте конвейера может быть отнесена к непрерывно поточному производству, которое обеспечивает самую короткую длительность производственных циклов, а также непрерывности и ритмичности производства. Разделение на фракции продуктов ТБО в зависимости от места их сбора может производится от 4-х до 7-ми фракций. Согласно данных [96] состав продуктов ТБО населенных пунктов может быть следующим:

m_m - макулатура –25%; m_c - стекло- 15%; $m_{\text{пэп}}$ - пластмасса – 12%;

$m_{мет}$ - металл – 5%; $m_{тек}$ - текстиль – 5%

Для непрерывно поточного производства обязательным условием является равенство операционных циклов, при котором продолжительность отбора отдельных фракций должна быть равна:

$$t_m = t_c = t_{нэм} = t_{мет} = t_{тек} = t_{рас} \quad (1)$$

где $t_m; t_c; t_{нэм}; t_{мет}; t_{тек}$ - соответственно затраты времени на отбор макулатуры, стекла, пластмассы, металла и текстиля;

$t_{рас}$ - условное время движения или расчетный ритм движения конвейера.

Необходимо особо выделить такой параметр как расчетный режим движения конвейера, который всецело зависит от физиологических возможностей человека – оператора. Первоначально человек - оператор должен визуально найти нужный объект на конвейере, согласно данным [70] затрачиваемое время на данную операцию составляет $t_{виз} = 0.5...1$ с. Далее оператор производит операцию ручного захвата $t_{зах}$, перемещения к приемному отверстию $t_{неп}$ и опускание в приемное отверстие $t_{онус}$. Соответственно один цикл работы человека оператора можно представить как:

$$t_{чел} = t_{виз} + t_{зах} + t_{неп} + t_{онус} \quad (2)$$

Если представить рабочий конвейер в виде зон отбора соответствующих компонентов ТБО, то расчетная схема выглядит как (рис. 1)

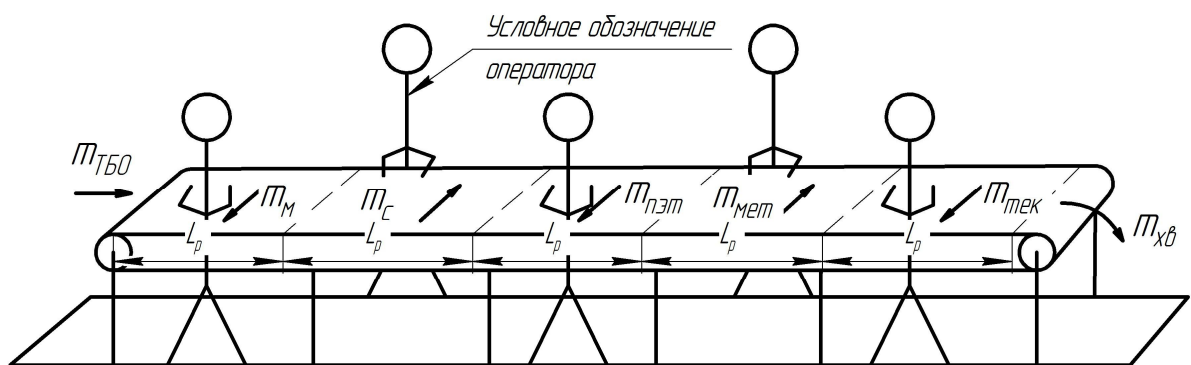


Рис. 1. Расчетная схема отбора фракций ТБО

m_m – макулатура; m_c – стекло; $m_{нэм}$ – пластмасса; $m_{мет}$ – металл; $m_{тек}$ – текстиль; $m_{хв}$ – «хвосты»; L_p – длина рабочей зоны оператора.

Рассчитать ритм конвейера можно установить исходя из возможности человека оператора. Если обозначить длину рабочей зоны L_p , которую может

без напряжения обслужить рука человека, то можно записать зависимость для расчетного времени:

$$t_{рас} = \frac{L_p}{v_l} \quad (3)$$

Тогда количество рабочих циклов оператора составит:

$$n_{ц} = \frac{t_{рас}}{t_{чел}} = \frac{L_p}{v_l} \cdot \frac{1}{t_{виз} + t_{зах} + t_{пер} + t_{онус}} \quad (4)$$

Если сделать предположение, что в объеме ТБО, расположенного на расчетной длине участка конвейера L_p , находится n_i -е количество фракций, то требуемое количество постов отбора фракций можно представить как:

$$k_m = \frac{n_m}{n_{ц}}; \quad k_c = \frac{n_c}{n_{ц}}; \quad k_{нэт} = \frac{n_{нэт}}{n_{ц}}; \quad k_{мет} = \frac{n_{мет}}{n_{ц}}; \quad k_{тек} = \frac{n_{тек}}{n_{ц}} \quad (5)$$

Если требуемое количество постов > 1 , то принимается значение округленное в большую сторону.

Синхронизация отдельных постов может быть обеспечена разнообразными техническими и организационными мероприятиями.

Предварительная синхронизация может быть достигнута путем комбинирования вариантов отбора фракций:

- 1) макулатура, стекло, ПЭТ, металл, текстиль;
- 2) стекло, макулатура, ПЭТ, металл, текстиль;
- 3) ПЭТ, макулатура, стекло, металл, текстиль;
- 4) металл, макулатура, стекло, ПЭТ, текстиль и т.д.

Чтобы принять более рациональную технологию отбора составляющих ТБО, нужен предварительный эксперимент с подбором фракций отбора, или отладки линии в производственных условиях следующими способами:

- индивидуальным набором персонала на отдельные операции;
- согласованием нужной скорости движения ленты конвейера;
- введением вспомогательных рабочих;
- предварительной сортировкой крупных фракций.

В соответствии с расчетной схемой (рис.1) и зависимостью (5) необходимую длину конвейера можно определить по следующей формуле:

$$L_k = L_p \cdot (k_m + k_c + k_{нэт} + k_{мет} + k_{тек}) \quad (6)$$

Если некоторая из операций значительно отклоняется от нормы, то возможно установить резервные зоны или возможность регулировки скорости движения ленты.

Заслуживает внимание закономерности процессов сортировки материалов ТБО, которые предварительно сжаты в процессе сбора и транспортировки. Такая технология находит наиболее массовое применение в настоящее время.

Для оценки качественных показателей той или иной технологии сортировки можно воспользоваться следующими количественными показателями. Общая степень сортировки:

$$\mathcal{E}_{\text{сор}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{m_{\text{хв}}} \quad (7)$$

где $\sum_{i=1}^n m_i$ - общая масса поступаемая на сортировку;

$m_{\text{хв}}$ - масса материала – «хвоста» остающегося после сортировки.

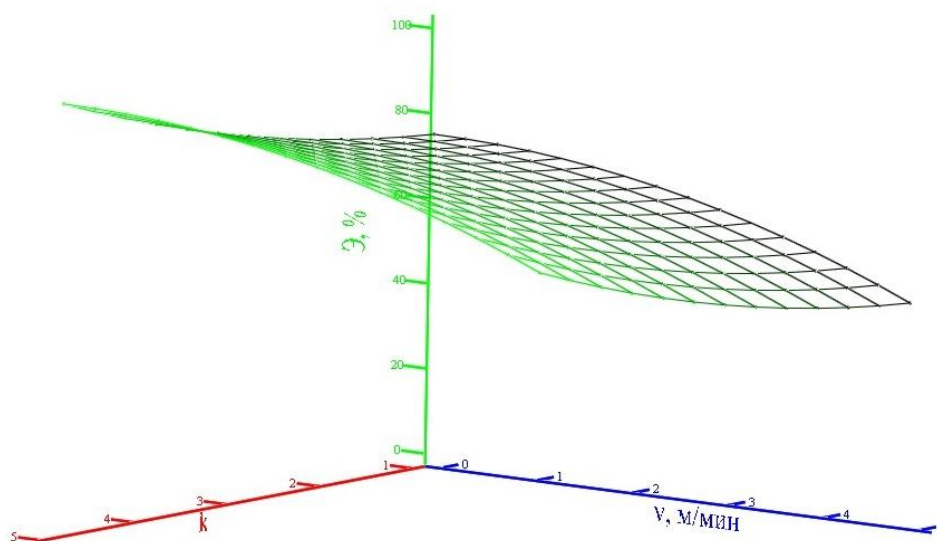


Рис. 2. Зависимость эффективности сортировки от скорости движения конвейера и количеством постов отбора i -й фракции

3. Совершенствование процессов разработки грунта грейферными рабочими органами.

Кафедра «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» ДонНАСА предлагает новые энергосберегающие процессы разработки грунта грейферами, в которых реализуется способ разработки массива грунта при создании в нем напряжений разрыва.

Минимизация объемов работ является одним из эффективных направлений дальнейшего совершенствования средств механизации. Одним

из наиболее перспективных рабочих органов, обеспечивающих минимизацию земляных работ на малообъемных объектах городского хозяйства, являются грейферные рабочие органы. Широкое применение этого вида оборудования на предприятии коммунального хозяйства (водоканал; теплосеть; горгаз и др.) сдерживает невозможность разработки грунтов выше III категории традиционными конструкциями грейферов.

Новый способ разработки плотных грунтов грейферным рабочим органом (рис. 1) заключается в отрыве некоторого центрального объема грунта якорем, ослаблении массива грунта и разработке ослабленного массива в сторону открытой поверхности.

Специальные грейферы с приводным якорем позволяют разрабатывать грунты всех категорий, обеспечивают снижение энергозатрат до 30%, повышение производительности выполнения малообъемных рассредоточенных земляных работ в 2...2,5 раза.

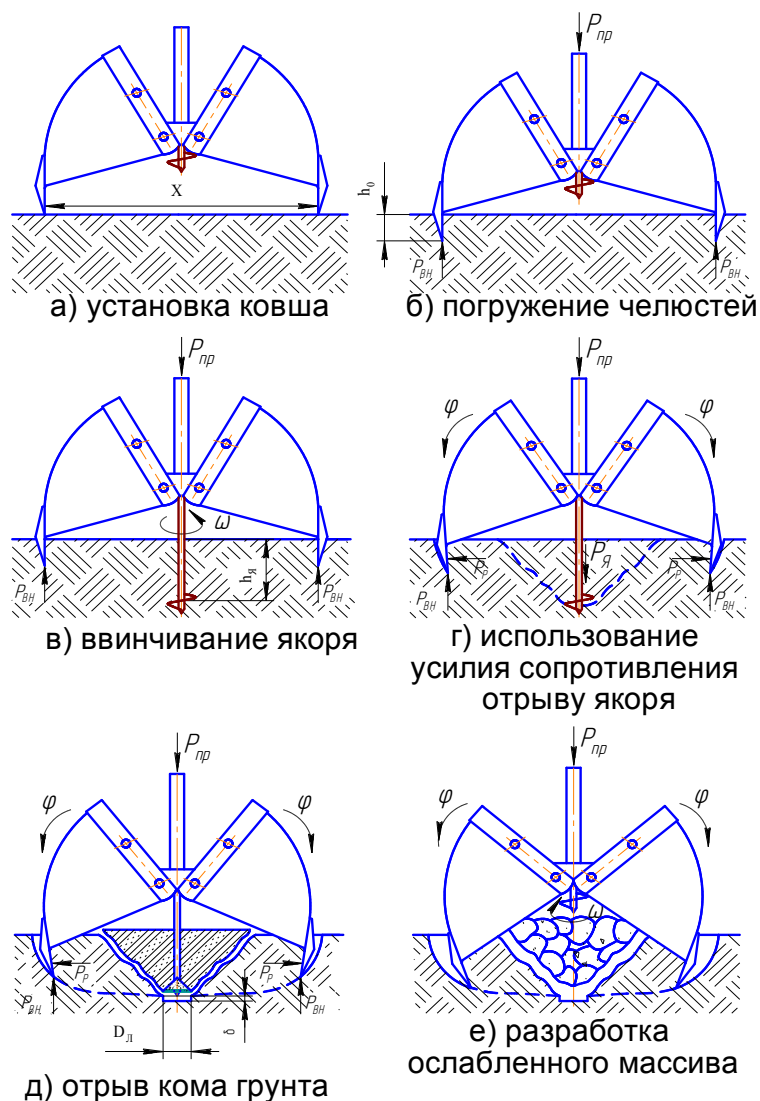


Рис. 1. - Разработка грунта грейфером с винтовым якорем (Пенчук В.А., Белицкий Д.Г. патент Украины UA №75788)

Установка на грейфере приводного якорного устройства позволяет расширить его функциональные возможности, без значительного увеличения металлоемкости и изменений в базовой конструкции (рис. 2).

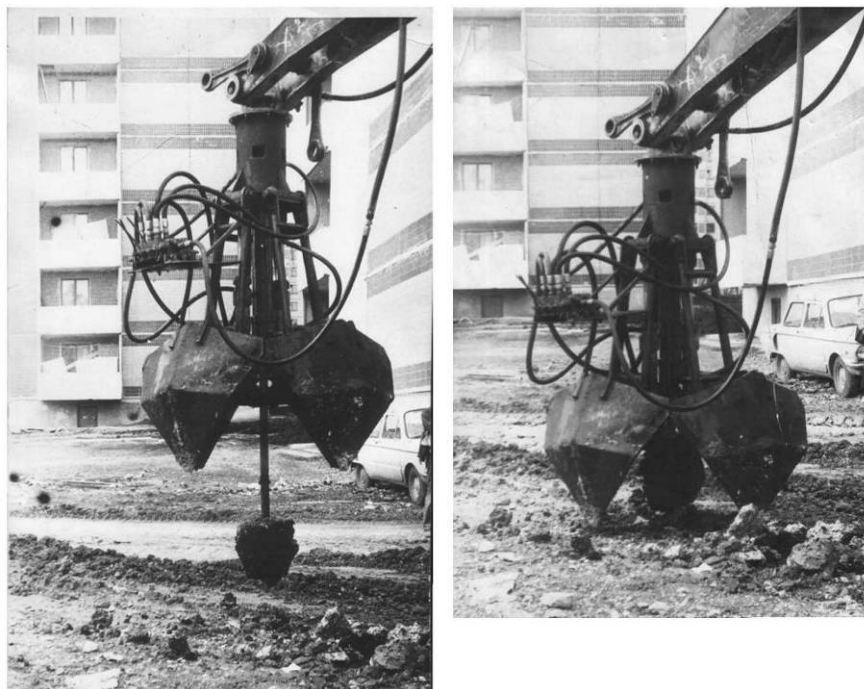


Рис. 2. Общий вид конструкции грейфера.

Руководитель: д.т.н., проф. Пенчук В.А.

7. Участие в международных проектах и программах (название проекта, с кем, сроки действия).
8. Сотрудничество с организациями, в том числе международными.
Сотрудничаем с организациями Зуевский энергомеханический завод, ОП по тушению, профилактике терриконов и рекультивации земель ГП «Макеевуголь», НКМЗ, ООО «Азовинтекс».
9. Госбюджетные и кафедральные темы (название, руководитель, сроки выполнения).
Кафедральная тема: "Основи фізичних процесів будівельних і комунальних машин і обладнання". Срок сдачи 2015 г. Руководитель Пенчук В.А.
10. Научные, научно-производственные центры и лаборатории. Руководитель.
На территории кафедры расположены лаборатории по исследованию:
 - гидропривода;
 - рабочего процесса землеройных машин;
 - машин для производства строительных материалов;
 - деталей машин.

11. Специальное оборудование, предназначенное для научных исследований, которое может заинтересовать посторонних.

✓ стенд физического моделирования рабочих процес сов разработки грунта землеройными машинами (руководитель: проф. Пенчук В.А.);

✓ рабочие орган грейфера для прочных грунтов (руководитель: проф. Пенчук В.А.);

✓ блочная установка для сортировки бытовых отходов (руководитель: проф. Пенчук В.А.);

✓ стенд физической модели конвейера с изменяющейся длиной (руководитель: доц. Гаврюков А.В.);

✓ экспериментальная установка для определения реологической (руководитель: доц. Гаврюков А.В.).

12. Публикации

Общее количество публикаций кафедры за 2014 г. составляет 22 работы.

13. Инновационная деятельность (см. приложение).

14. Участие в международных конференциях, в том числе за рубежом (название конференции, место проведения, дата проведения, авторы и названия докладов).

№ з/п	Назва конференції	Місце проведення	Дата проведення	Автори	Назва доповіді
1	2	3	4	5	6
1	Міжнародна конференція «Науково-методичне та практичне забезпечення містобудування, територіального і стратегічного планування»	г. Макеевка	15-16 мая 2014	Пенчук В.А. Даценко В.М. Гололобов Б.Д.	Логистические аспекты в технологии применения мобильных установок сортировки тбо
2				Даценко В.М.	Совершенствование технологии и оборудования для переработки твердых бытовых отходов
3				Белицкий Д.Г. Зема О.В.	Механизация монтажа и обслуживания заглубленных накопите лей для ТБО
4				Белицкий Д.Г. Голубов И.В.	Краново-манипуляторная установка – универсальное средство механизации при сборе бытового и строительного мусора
5				Новичков Ю.А.	Перспективы механизации технологического комплекса по утилизации отработанных резиновых шин колесной техники с целью создания экологически безопасных условий эксплуатации
6				Рыбалко Р.И. Кралин А.К.	О проблемах утилизации и возможностях переработки опавшей листвы и ее практической ценности

1	2	3	4	5	6
7	Международная научно-техническая конференция «Интерстроймех-2014»	г. Самара	9-11 сентября 2014 г.	Пенчук В.А., Белицкий Д.Г., Голубов И.В.	Технологические аспекты производства земляных работ специальными грейферами
8				Луцко Т.В., Сирош А.И.	К вопросу определения рациональных параметров барабана в механизмах подъема груза
9				Пенчук В.А., Клен А.Н., Селеменев Д.И.	Использование современных САПР при проектировании металлоконструкций башенного крана.

15. Защищенные диссертации

- кандидатская диссертация ас. Даценко В.М. по специальности 21.06.01– экологическая безопасность на тему «Совершенствование технологий и оборудования переработки твердых бытовых отходов» защищена в специализированном совете К 08.085.03 Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. Защита: 28.05.2014.

Зав. кафедры "ПТБДМО"

_____ В.А. Пенчук