

Кафедра «Металлических конструкций»

НДС узлов рамных трубобетонных конструкций

Аспирант каф. МК: Алексеев Д.В.
Научный руков.: к.т.н., доцент Миронов А.Н.

Цель :

- исследование работы жестких узлов т/б конструкций; разработка рекомендаций по их расчету и проектированию на основании теоретических и экспериментальных исследований.

Задачи работы:

- анализ НДС рамных узлов с примыканием двух балок к т/б колонне в одной плоскости;
- теоретически исследовать изменения НДС узлов при различных толщинах сенок трубы и сравнить с экспериментальными значениями;
- экспериментально исследовать работу узлов при статических нагрузках;
- разработать метод расчета т/б жестких узлов и проанализировать сходимость полученных данных с результатами экспериментальных исследований;
- разработать практические рекомендации по конструированию узлов

Области применения трубобетонных конструкций

Трубобетонные конструкции

Эстакады

Промышленные здания

Многоэтажные гражданские здания

Большепролетные конструкции

Мостостроение

Морские стационарные платформы

Машинные залы ЭС

Высотные здания

Большие крановые нагрузки

Колонны

Фермы

Арки

Арки

Фермы

Структурные конструкции

Опоры мостов

Пролетные строения

Опоры ЛЭП



Жилое 25-ти этажное здание с применением т/б колонн



Узел примыкания балки
перекрытия к т/б колонне.
Аэропорт Домодедово.

Целесообразность использования сталебетонных конструкций по сравнению с другими типами конструкций:

- 1. Экономическая обоснованность применения сталебетонных сечений в сравнении с металлическими и железобетонными ;
- 2. Сочетание наилучших качеств стали и бетона в одной конструкции, бетон эффективен при сжатии, а сталь при растяжении;
- 3. В ряде случаев возможность использования стальных несущих элементов в качестве опалубки монолитного бетона ;
- 4. В сравнение с металлическими конструкциями уменьшение открытых стальных поверхностей, что приводит к снижению как единовременных, так и эксплуатационных затрат на окрашивание;
- 5. В сравнение с железобетонными конструкциями значительное уменьшение массы возводимого строения;
- 6. В общественных многоэтажных зданиях сталебетонные конструкции наиболее эффективны при пропуске коммуникаций ;
- 7. В ряде случаев полностью закрытое железобетонное сечение повышает сопротивляемость профилей воздействию коррозии;
- 8. Сталебетонные конструкции более эффективны с точки зрения пожарной безопасности.

Анализ расхода материалов для различных вариантов несущих колонн.

Усилие в колонне, Тс	Монолитная ЖБ колонна квадратного сечения			Стальная труба по ГОСТ 8732-78		Колонна из трубобетона		
	Профил ь, мм	Расход материала, кг		Профиль мм	Сталь С20, кг	Профиль см	Расход материала, кг	
		Армату рная сталь	Бетон М600				Сталь С20	Бетон М600
225	30 x 30	8.5	690	325 x 9.5	222	159 x 5.5	63	150
675	40 x 40	112	1312	402 x 16	456	325 x 6.0	150	642
1275	50 x 50	248 *	2052	530 x 35	1110	402 x 7.5	278	889
1875	60 x 60	442 *	2946	550 x 75	2637	530 x 8.0	313	1544
2625	70 x 70	761 *	4006	720 x 63	3375	630 x 10.0	438	2182

В нашей стране вопросами разработки теории расчета трубобетонных конструкций занимались:

О.Я. Берг, О.О. Гвоздев, Г.А. Гениев, О.А. Долженко, В.И. Ефименко, А.И. Кикин, Ф.Е. Клименко, К.Ф. Клименко, Л.К. Лукша, В.Ф. Маренин, Г.П. Передерный, В.А. Росновский, Р.С. Санжаровский, Л.И. Строженко, В.М. Сурдин, В.А. Трулль, В.Ф. Пенц, Д.А. Эрмоленко, А.В. Семко, А.П. Воскобоцник, С.В. Шкиренко, В.М. Тимошенко.

Также достаточно активно занимаются исследованиями трубобетона в странах ближнего зарубежья:

- в Казахской Головной Архитектурно-Строительной Академии (**Е.А. Бейсембековна, Байтурсунов Д.М.**);
- Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова (**А.Л. Кришан, А.А.Варламов, В.Г.Матвеев, М.Ш.Гареев, А.И.Сагадатов**).
- активным изучением местной и общей устойчивости трубобетонных конструкций занимаются также и в Словацкой республике, Кошицкий технический университет, профессор **Винцент Квочак**.

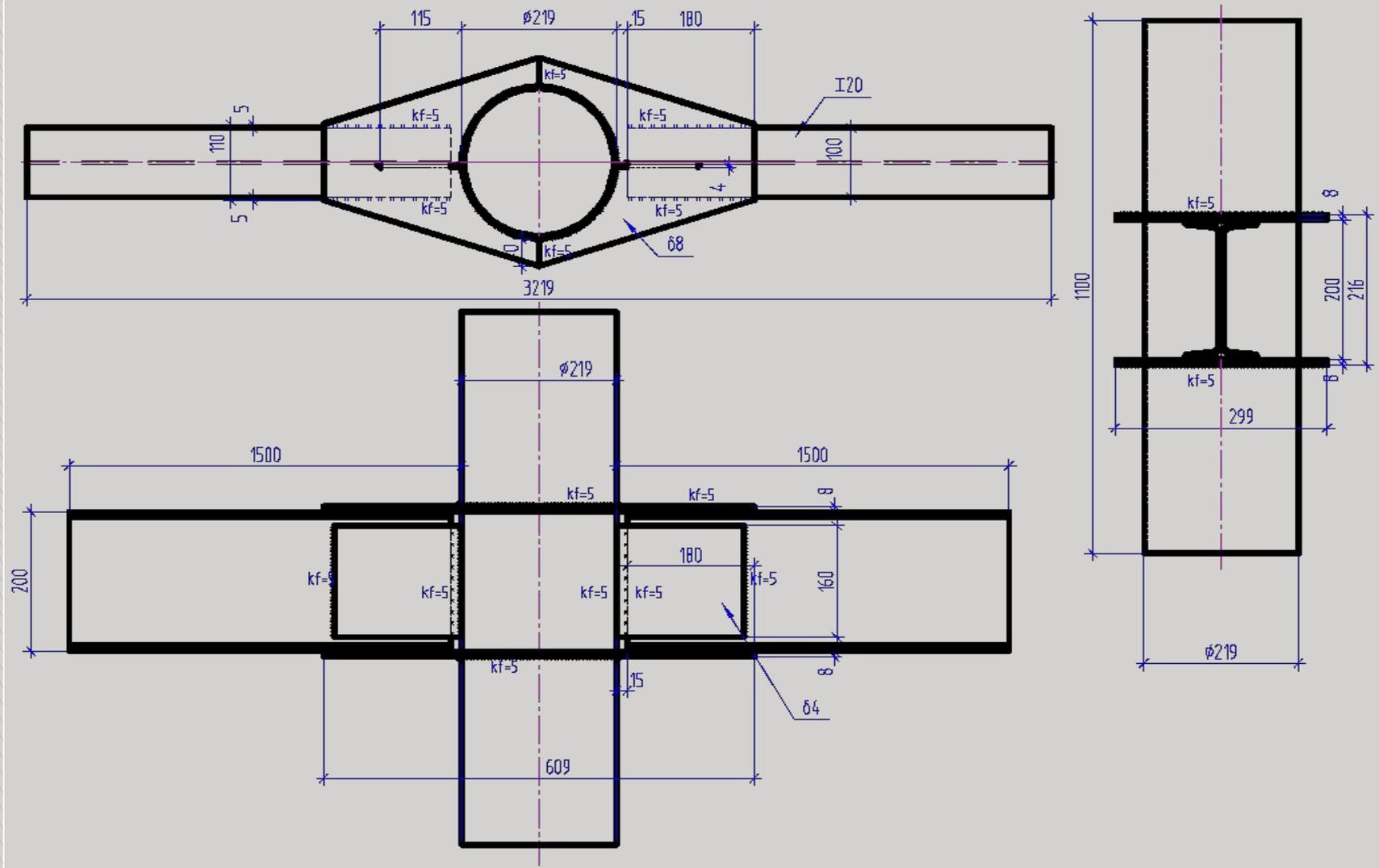


Схема экспериментального узла

Толщины стенок трубы принятые
для эксперимента:

$t_1=4\text{мм};$

$t_2=6\text{мм};$

$t_3=7\text{мм}$



Фотографии экспериментальных узлов



Фотографии экспериментальных узлов

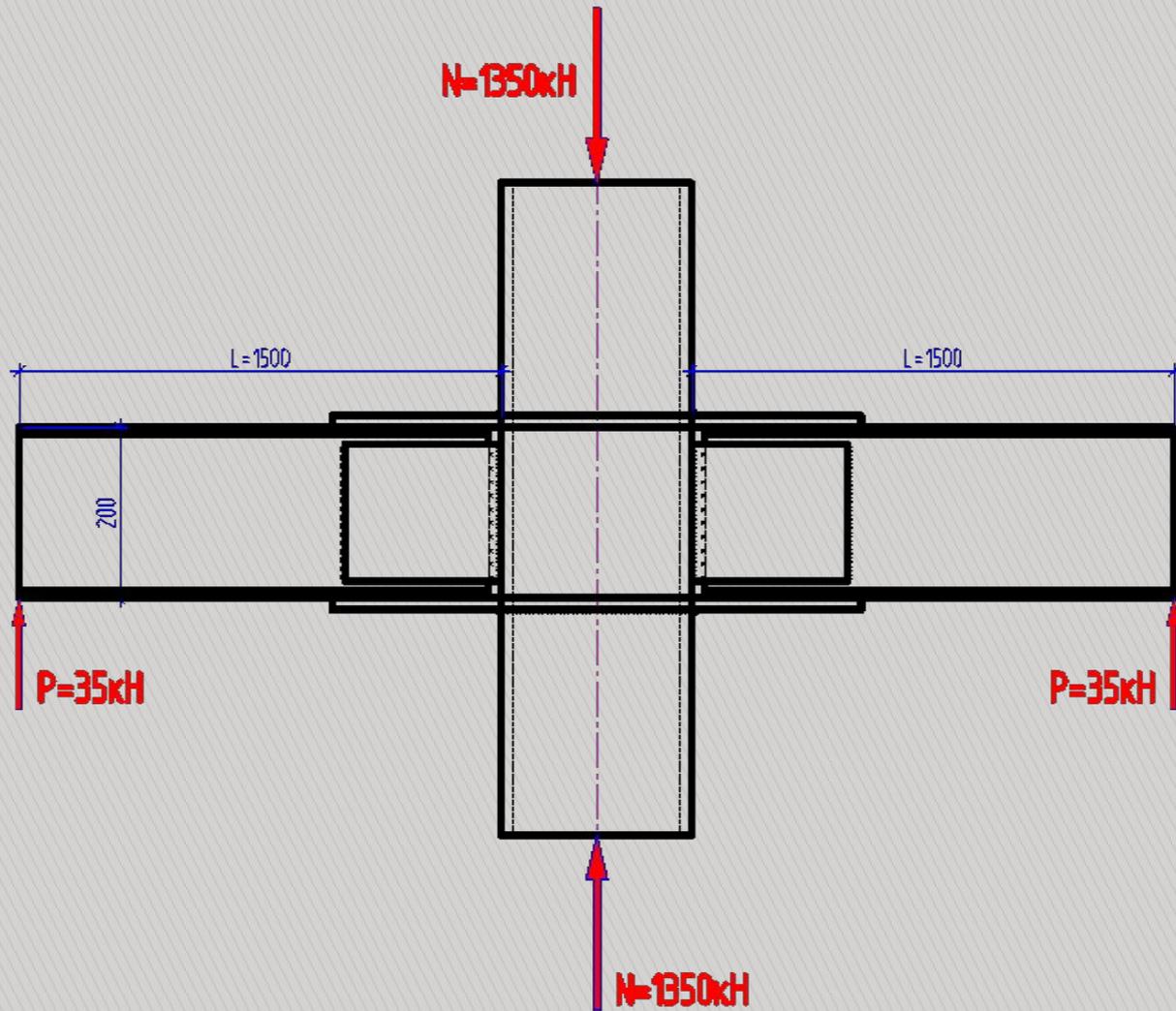
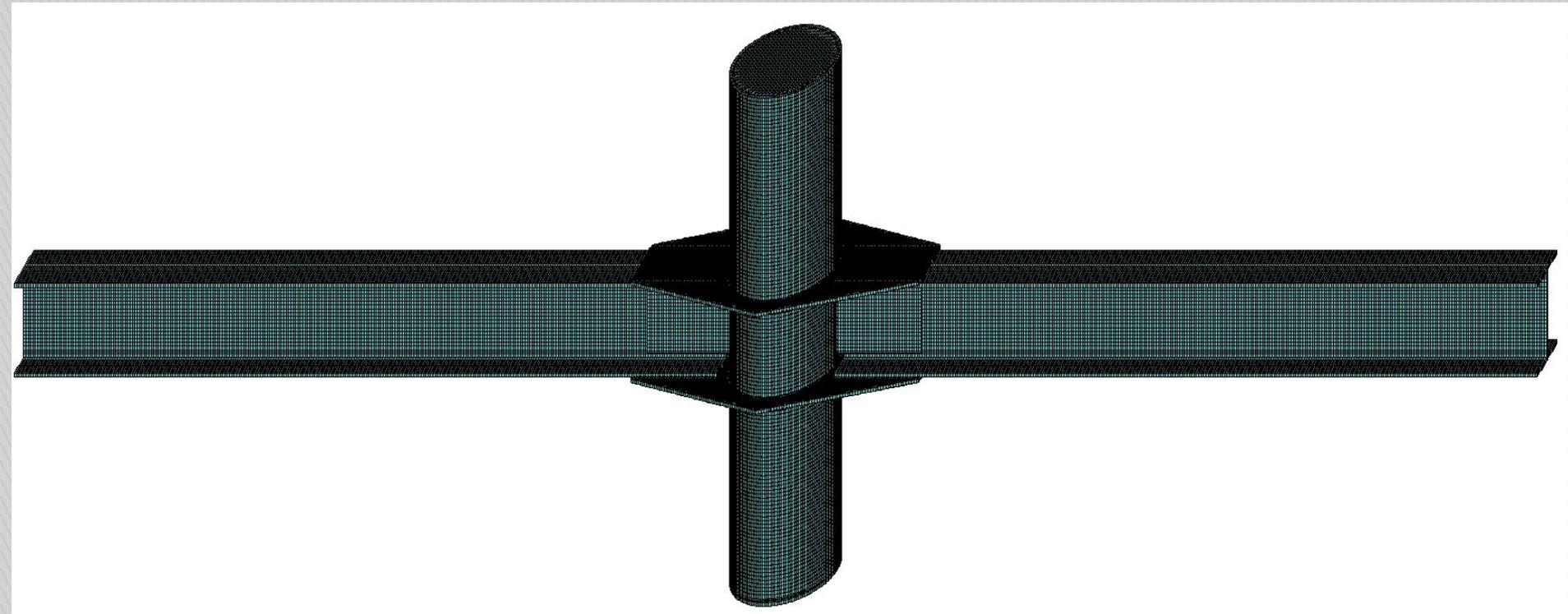


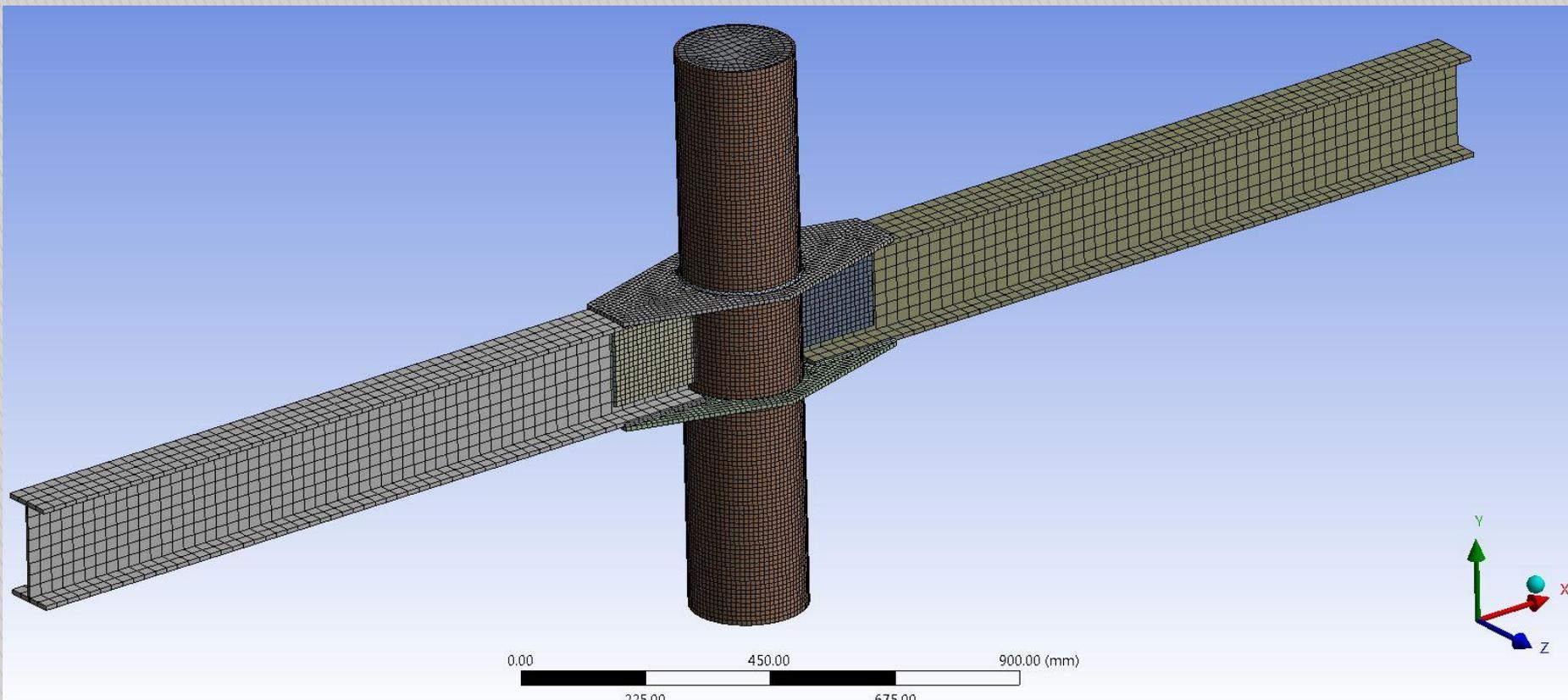
Схема загрузки
экспериментального узла

Описание КЭ для моделей узла

Элемент модели узла	Тип КЭ		Описание КЭ»	
	в ПК Лира	ПК ANSYS	в ПК Лира	ПК ANSYS
Пояс балки, фасонка	34	SOLID185	Универсальный пространственный 6-узловой изопараметрический КЭ	Объемный 8-узловой КЭ.
Пояс балки, фасонка, колона, бетонное ядро	36	SOLID185	Универсальный пространственный 8-узловой изопараметрический КЭ	Объемный 8-узловой КЭ.



Расчетная модель экспериментального узла в ПК «Ли́ра 9.6».



Расчетная модель экспериментального узла в ПК «ANSYS 14.5».

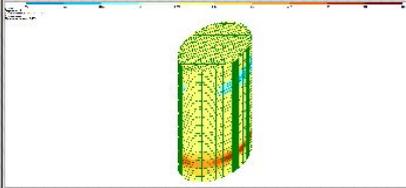
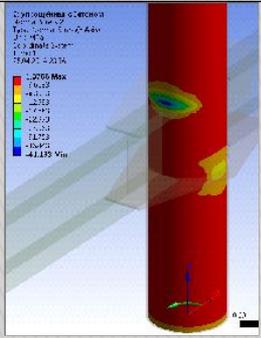
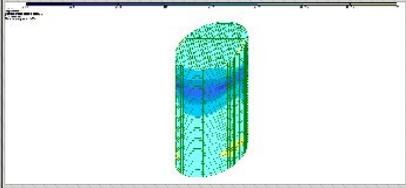
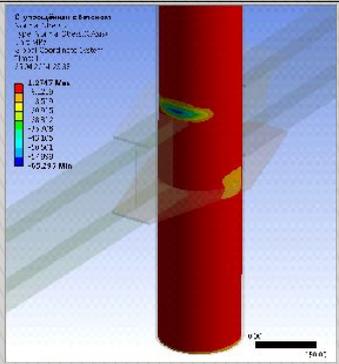
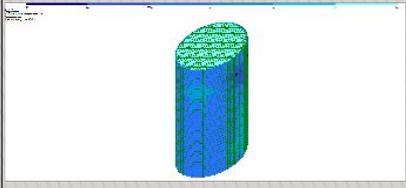
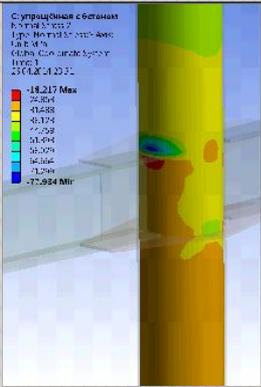
Анализ результатов расчета узлов производился по главным и эквивалентным напряжениям $\sigma_{\text{экв}}$, рассчитанным:

- для стальных элементов- по 4-й энергетической теории прочности (Губера – Хенки – Мизеса), поскольку данная теория наиболее приемлема для пластичных материалов, каким является обычная строительная сталь:

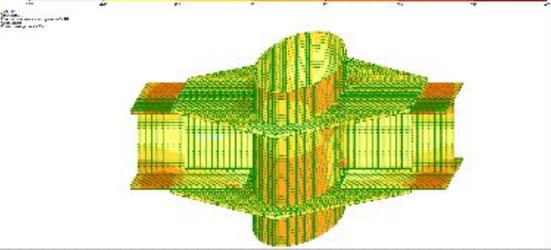
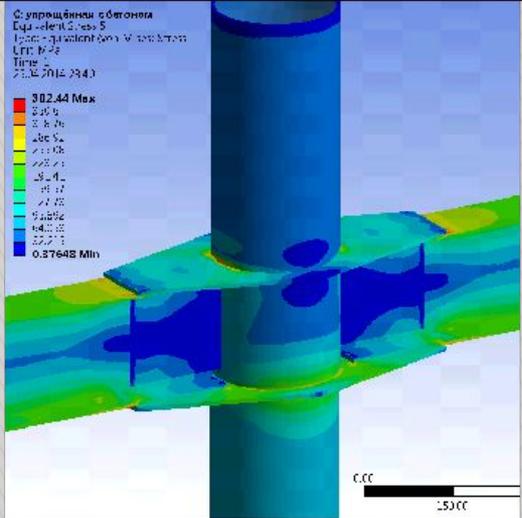
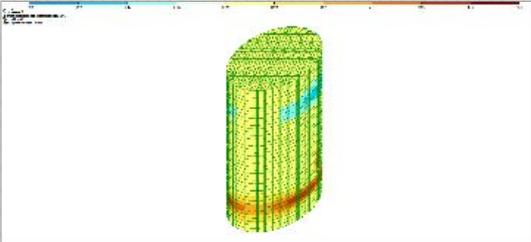
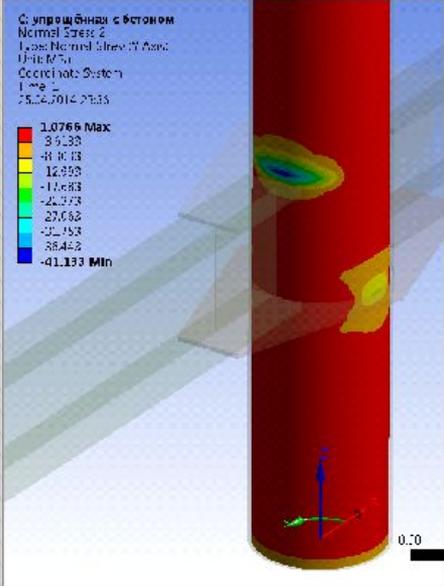
$$\sigma_{\text{экв}}^{IV} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]}$$

- для бетона- по 1-й теории прочности (наибольших главных напряжений).

Изополя главных напряжений σ_1 , σ_2 , σ_3 (сверху вниз) в бетонном ядре

Элемент	Линейный расчет в ПК «Лира 9.6»	Линейный расчет в ПК «ANSYS 14.5»
Бетонное ядро		
		
		

Изополю эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ в стальной оболочке и бетонном ядре.

Элемент	Линейный расчет в ПК «Лира 9.6»	Линейный расчет в ПК «ANSYS 14.5»
<p>Стальная оболочка</p>		
<p>Бетонное ядро</p>		

Распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ по трубе.

Схема направления распределения

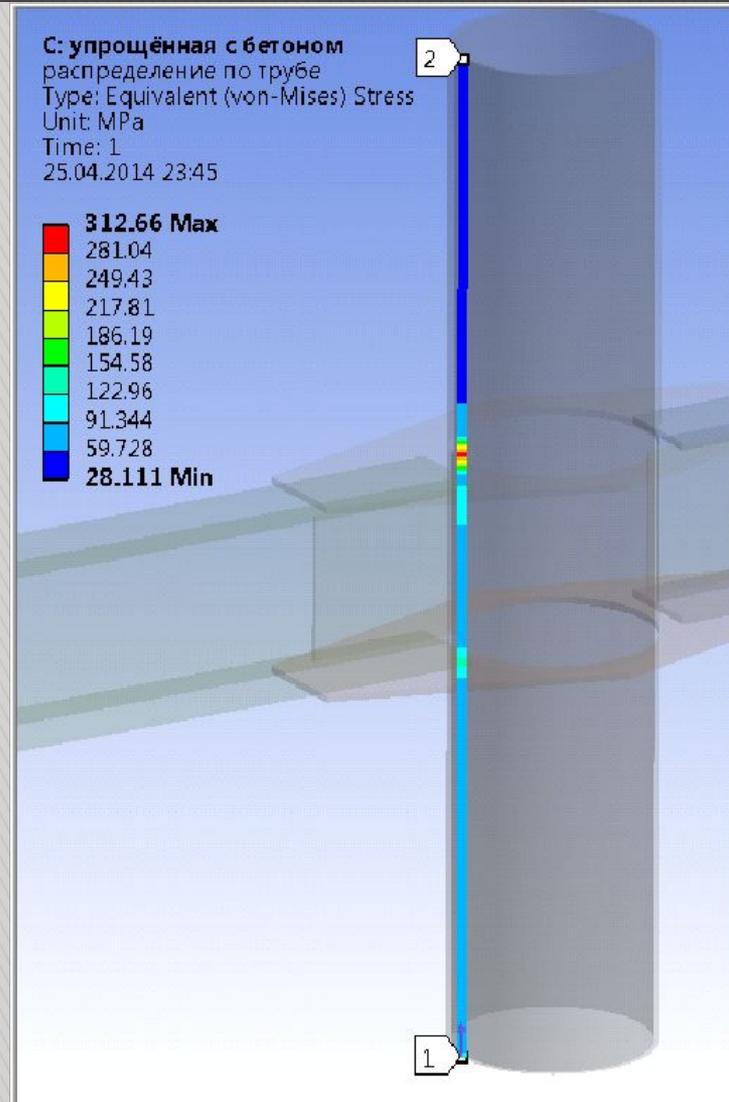
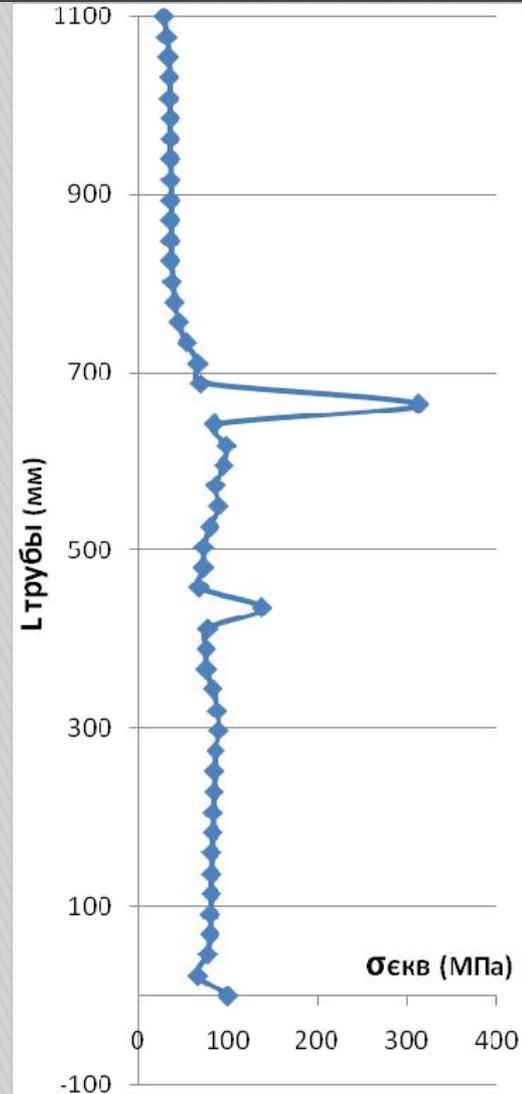


График распределения $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ напряжения по длине.



Распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ по крайнему волокну бетонного ядра.

Схема направления распределения

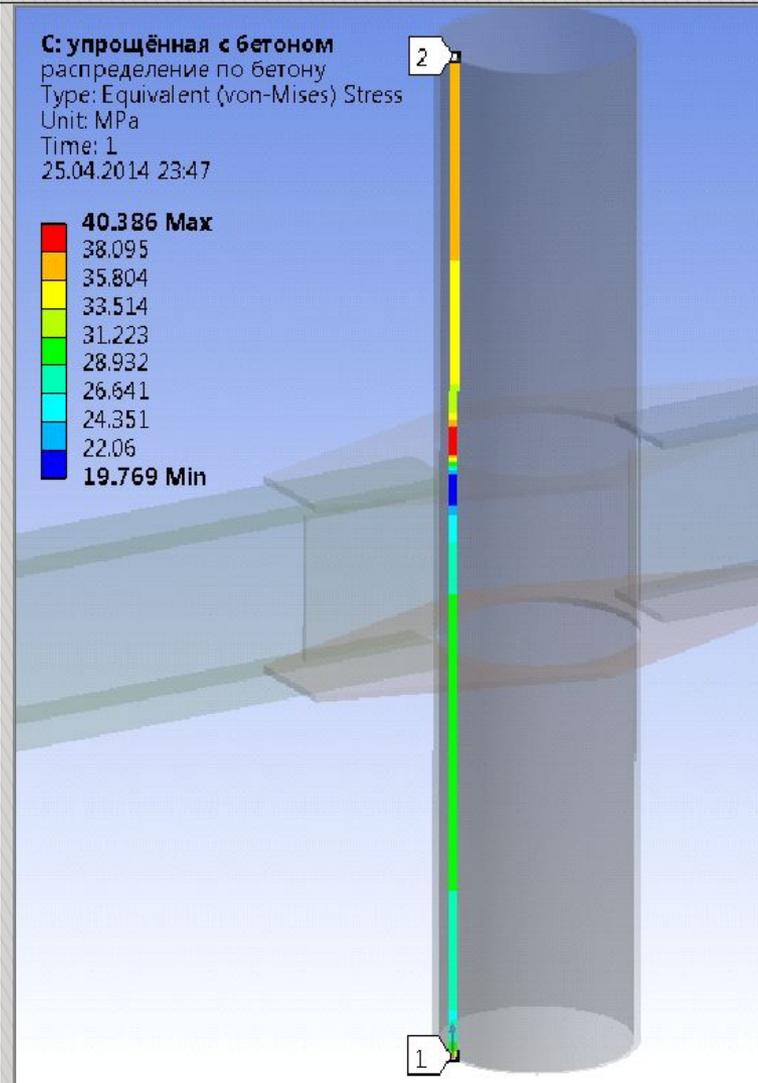
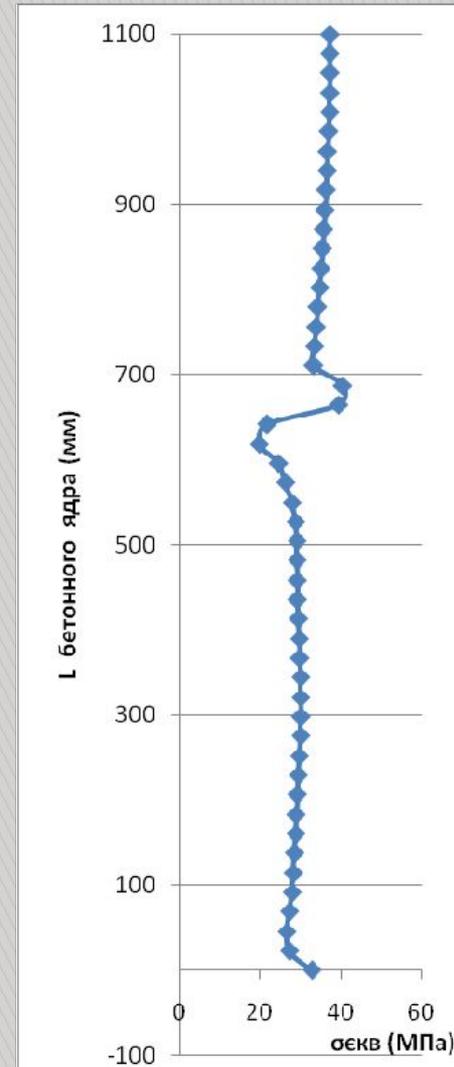
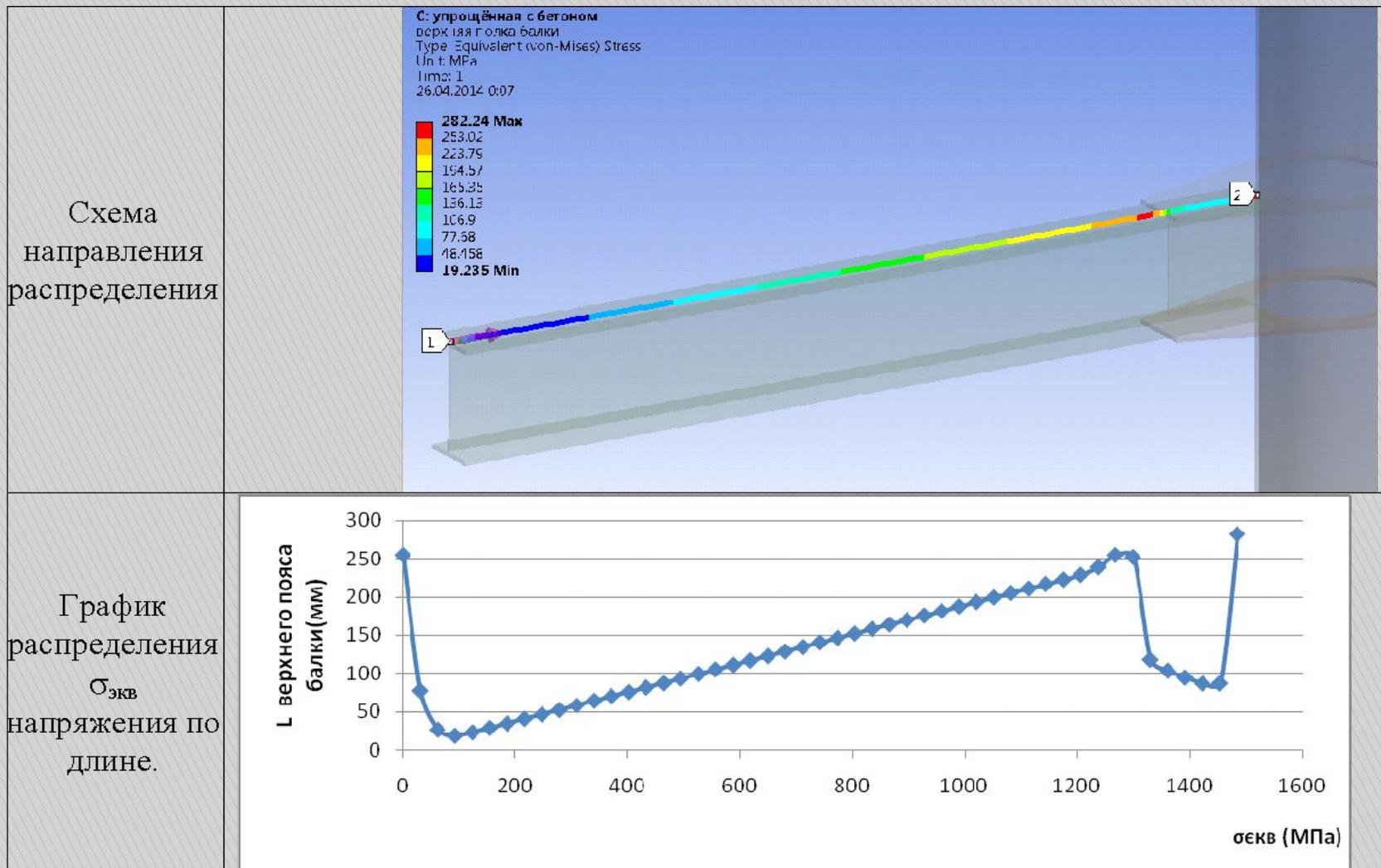


График распределения $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ напряжения по длине.



Распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ по верхнему поясу балки.



Распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ по верхней соединительной пластине.

Схема
направления
распределения

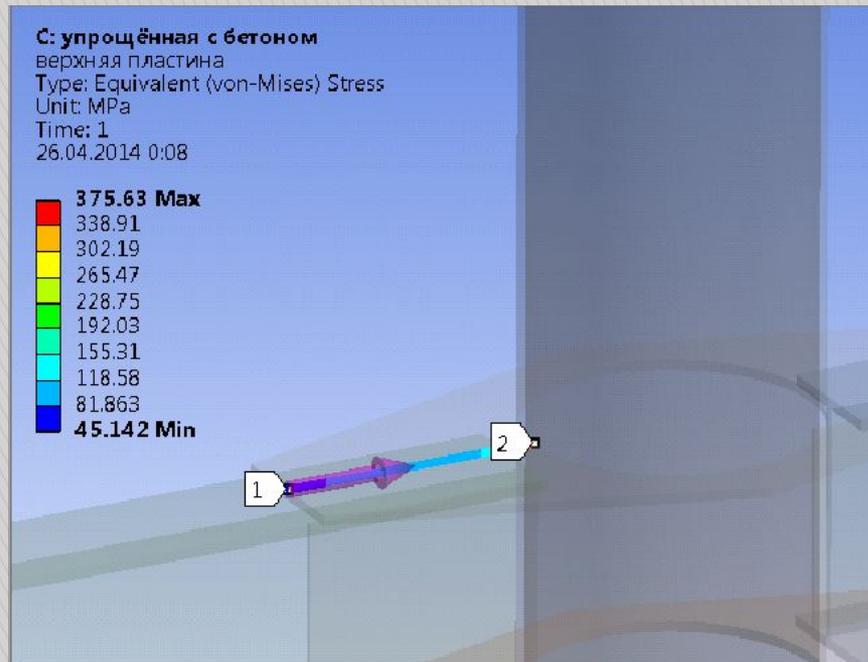
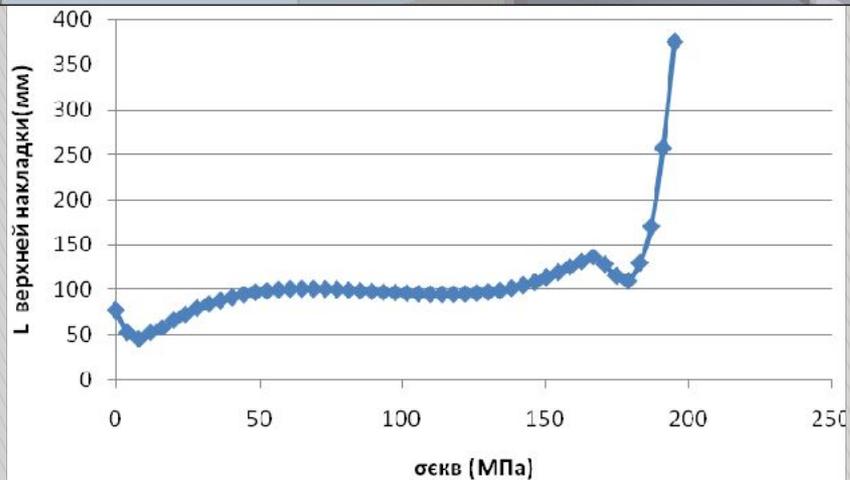


График
распределения
 $\sigma_{\text{ЭКВ}}$
напряжения по
длине.



По результатам расчета можно отметить следующее:

- Сходимость полученных результатов расчета в двух программных комплексах находится в пределах 15-17%. По всей видимости, это может объясняться введением в одну расчетной схеме границы трения между материалами.
- Как и предполагалось, концентрация напряжения в стальной обойме наблюдается в местах крепления верхней соединительной накладке и достигает $\sigma=300$ МПа.
- Наибольшие сжимающие напряжения в бетонном ядре наблюдаются в зоне крепления соединительной накладке и составляют $\sigma=40$ МПа.
- Напряжения в верхней соединительной пластине в месте примыкания к трубе превышают предел текучести стали и составляют $\sigma=370$ МПа.
- Бетонное ядро находится в объемном напряженном состоянии, вызванном сдерживанием поперечных деформаций стальной обоймой.
- В зоне соединения соединительной накладке и трубы сталь переходит в упругопластическую стадию работы.
- Полученные результаты позволяют сделать анализ наиболее важных зон крепления тензорезисторов.
- Проведенные численные исследования дают основу для дальнейшего проведения натурного эксперимента.