



**Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
Физико-механический факультет
Кафедра «Механика и процессы управления»**

**Магистерская работа
по направлению 553300 «Прикладная механика»**

**Конечно-элементное моделирование и
исследование взаимодействия зубчатой плашки
с упругопластической трубой**

**Выполнила студентка группы 6055/12
Руководитель, к.т.н., профессор
Соруководитель, асс.**

**А.И. Квасова
А.И. Боровков
И.Б. Войнов**

**Санкт-Петербург
2012 год**

Содержание работы

- Общая информация об устройствах, применяемых при спуско-подъемных операциях
- Определение особенностей КЭ модели для получения адекватных результатов
- Выбор параметров трубы и плашки для улучшения удерживающих характеристик элеваторов
- Моделирование с учетом возможного разрушения материала трубы
- Разработка эквивалентной модели трения

Устройства, применяемые при спуско-подъемных операциях

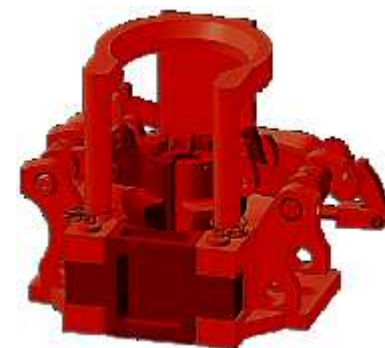


Спуск УЭЦН



Элеватор –

приспособление для захвата колонны труб или штанг и удержания их на весу в процессе спуско-подъемных операций



Спайдер –

устройство для автоматизации операций по захвату, удержания на весу, освобождения и центрирования колонны насосно-компрессорных или буровых труб



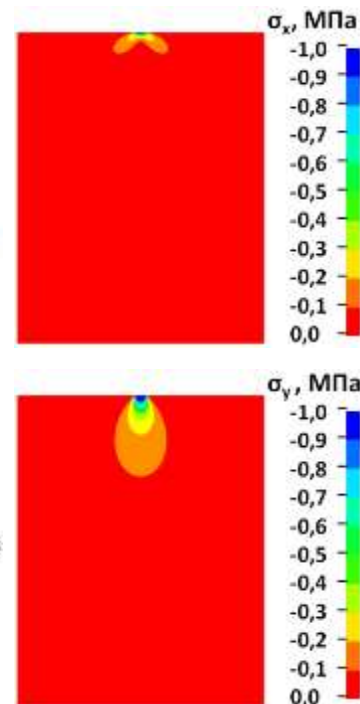
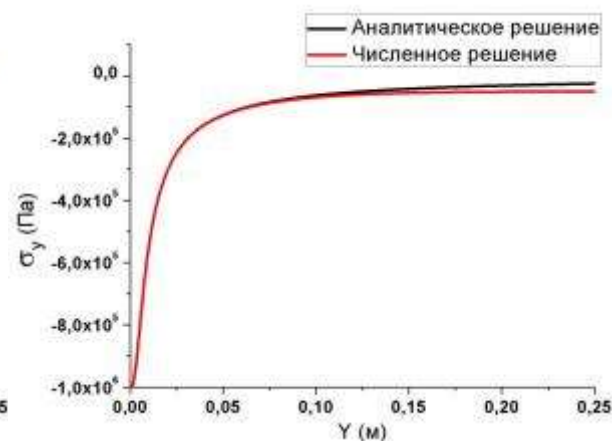
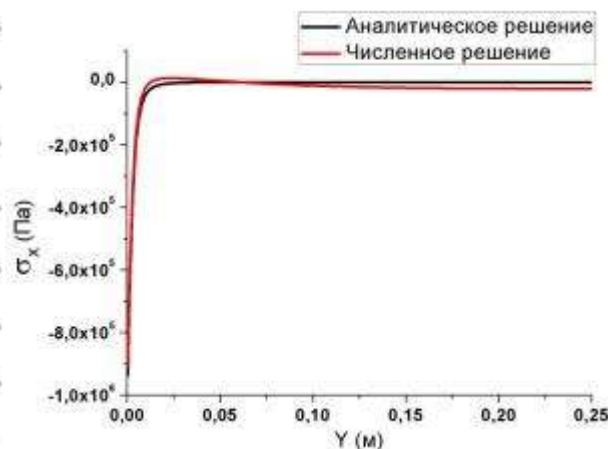
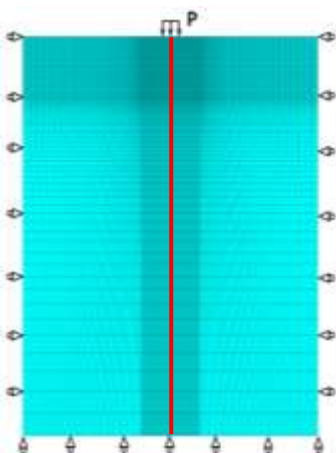
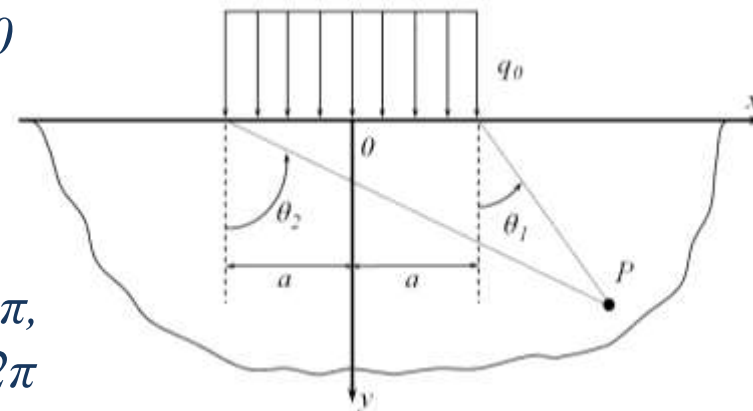
Решение модельной обобщенной задачи Фламана

Условия на границе $y = 0$: $\sigma_y = -q_0$, $\tau_{xy} = 0$

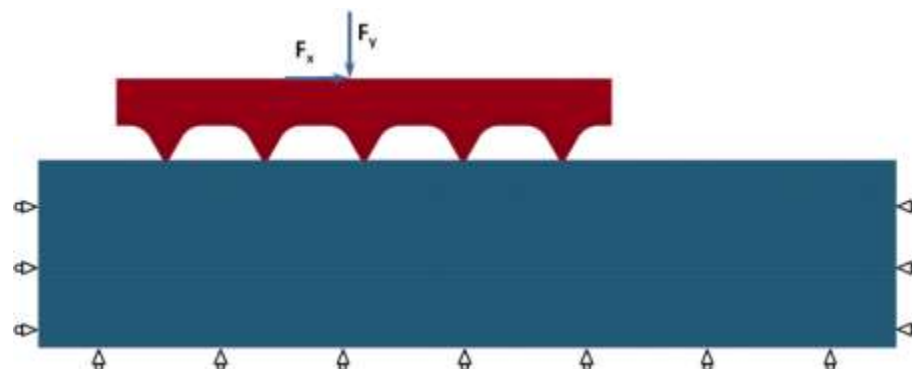
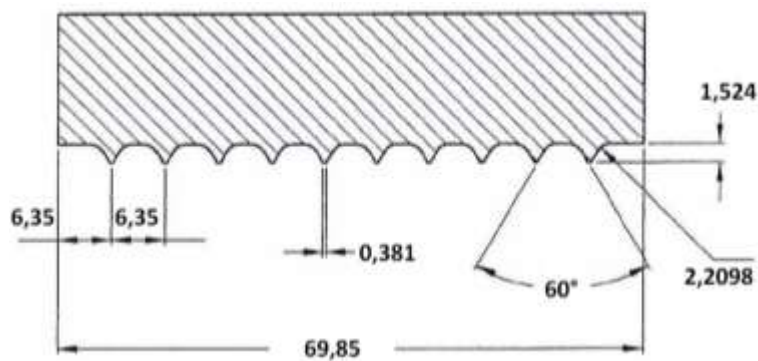
Выражения для напряжений в точке P имеют следующий вид*:

$$\sigma_x = -q_0 [\sin 2\theta_1 - \sin 2\theta_2 + 2(\theta_2 - \theta_1)] / 2\pi,$$

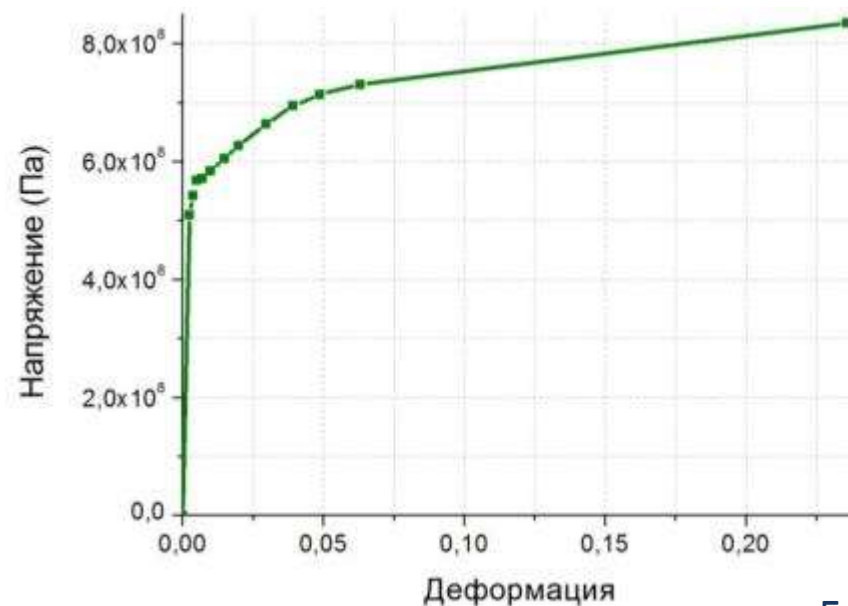
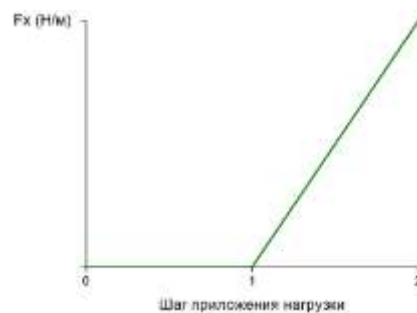
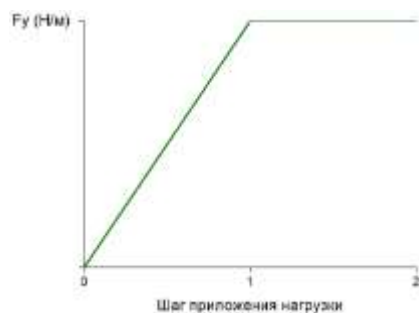
$$\sigma_y = -q_0 [-\sin 2\theta_1 + \sin 2\theta_2 + 2(\theta_2 - \theta_1)] / 2\pi$$



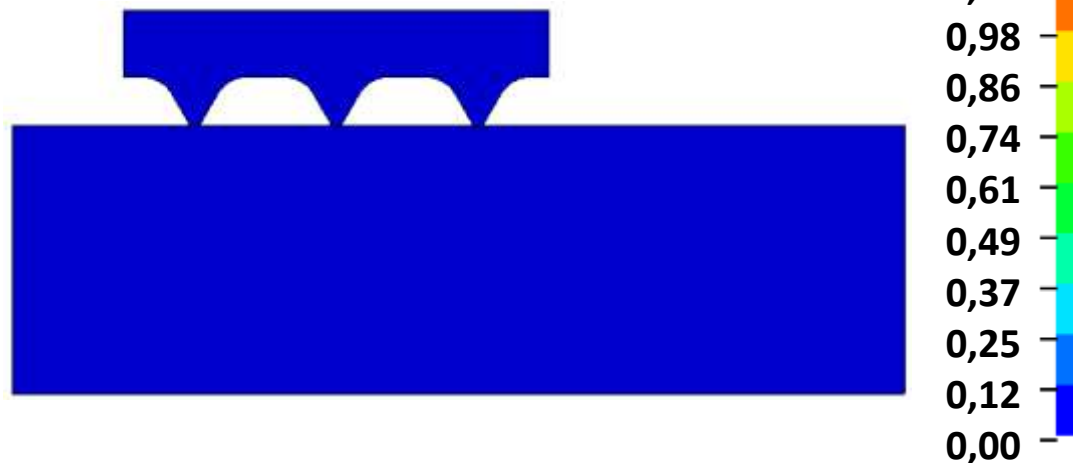
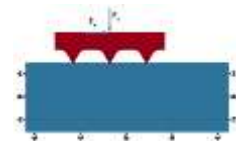
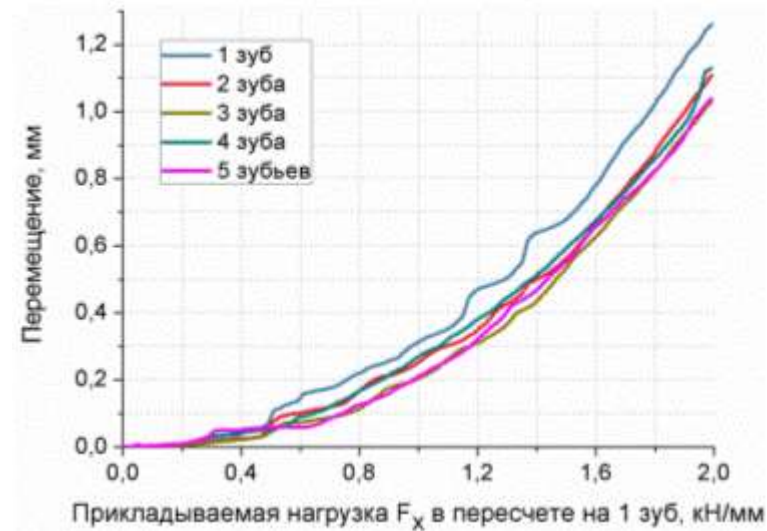
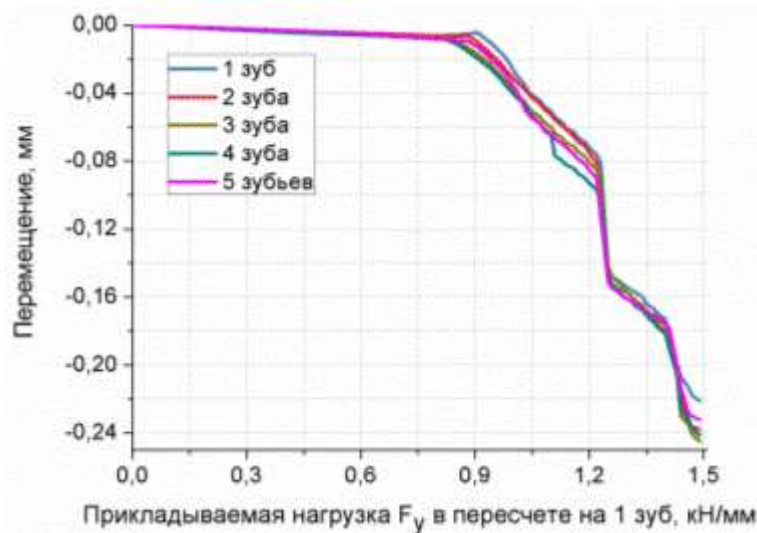
Построение КЭ модели



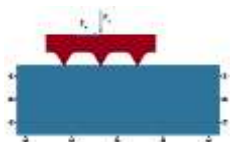
Количество зубьев в модели	Размер деформируемой области, мм	F_y , кН/мм	F_x , кН/мм
1	25×12	1,486	2
2	35×12	2,972	4
3	40×12	4,458	6
4	45×12	5,944	8
5	55×12	7,430	10



Моделирование при варьировании числа зубьев

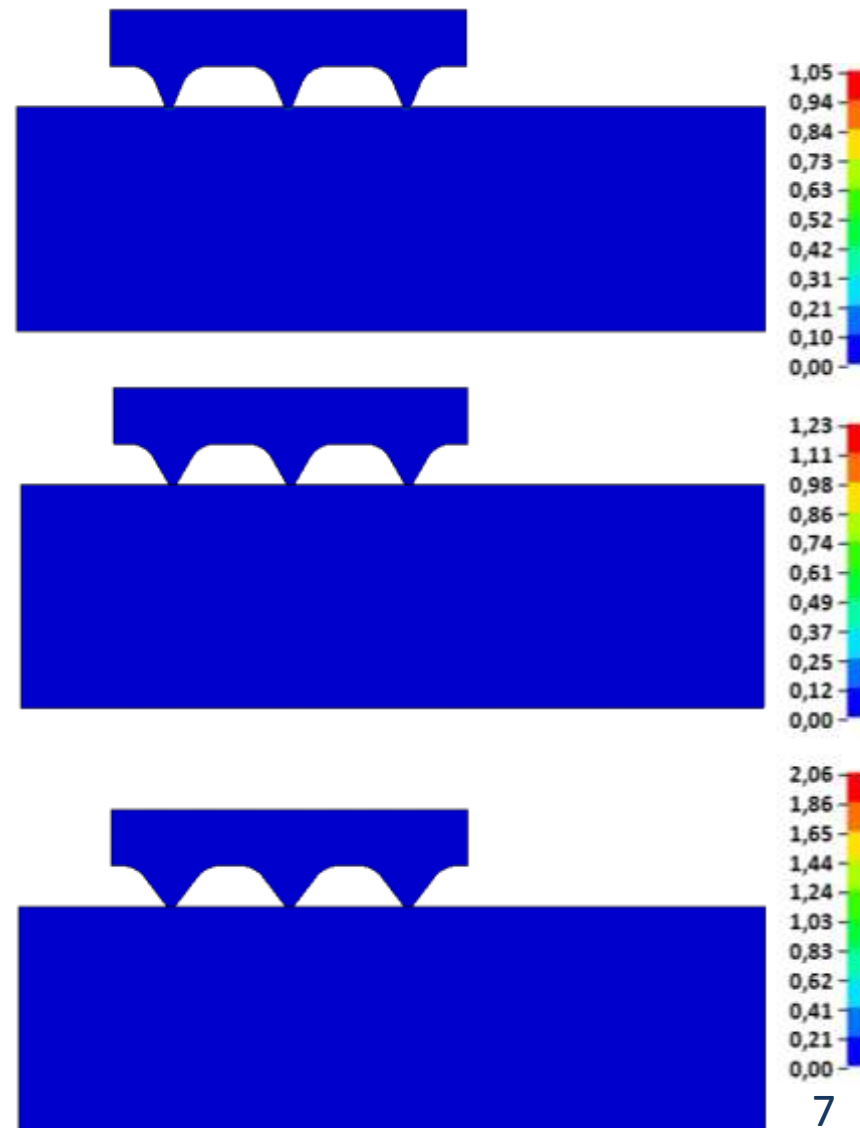
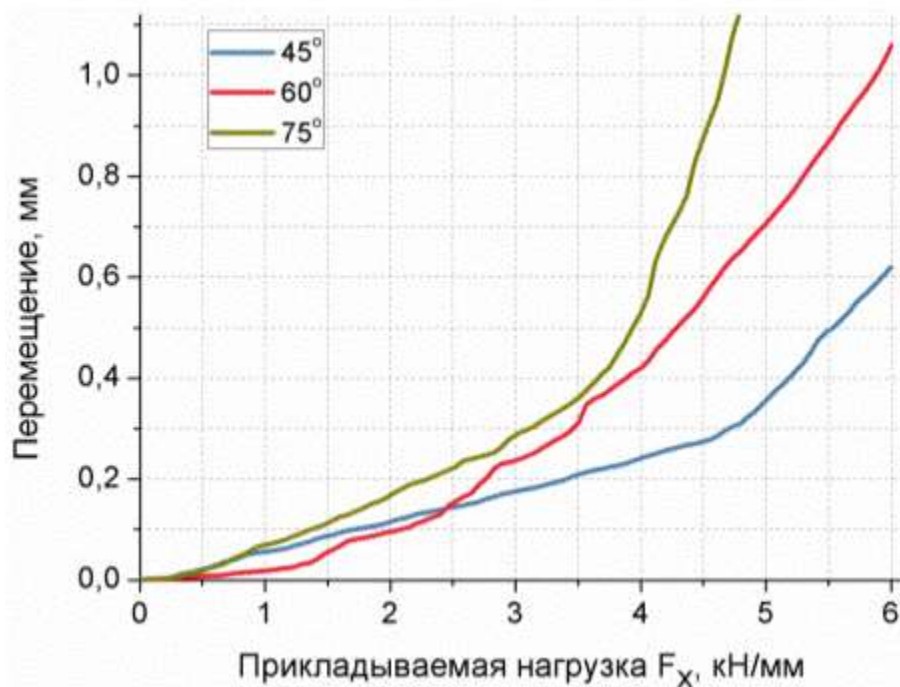
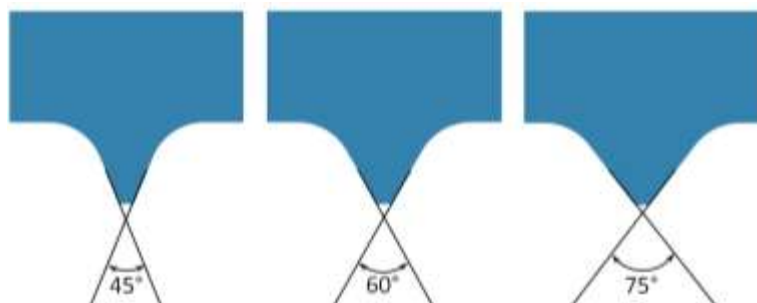


Моделирование при варьировании геометрии зубьев

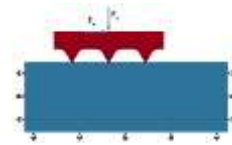
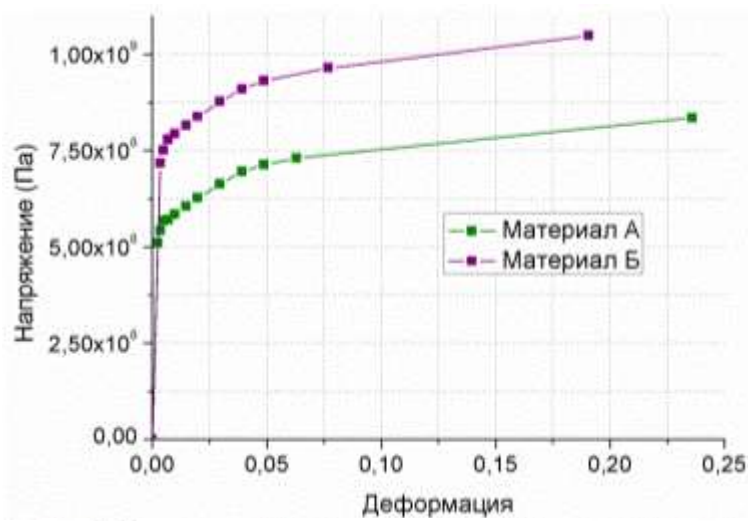


$$F_y = 4,5 \text{ кН/мм}$$

$$F_x = 6,0 \text{ кН/мм}$$

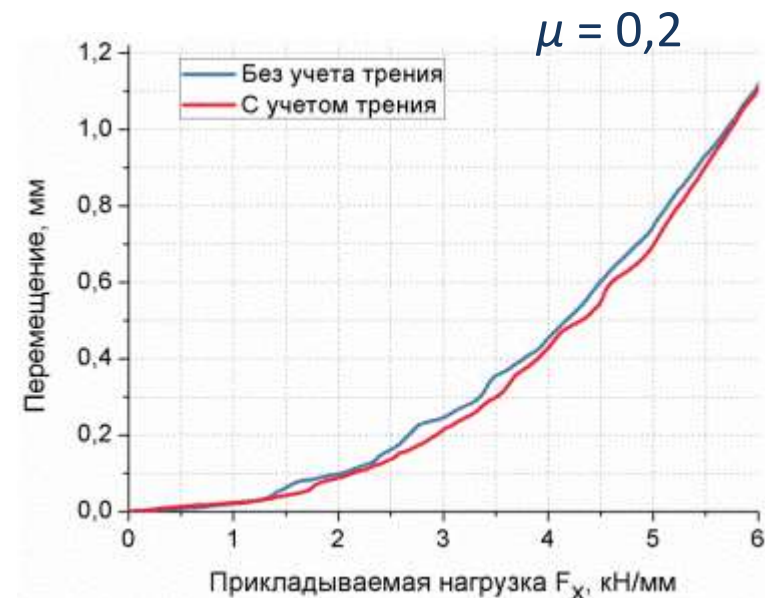
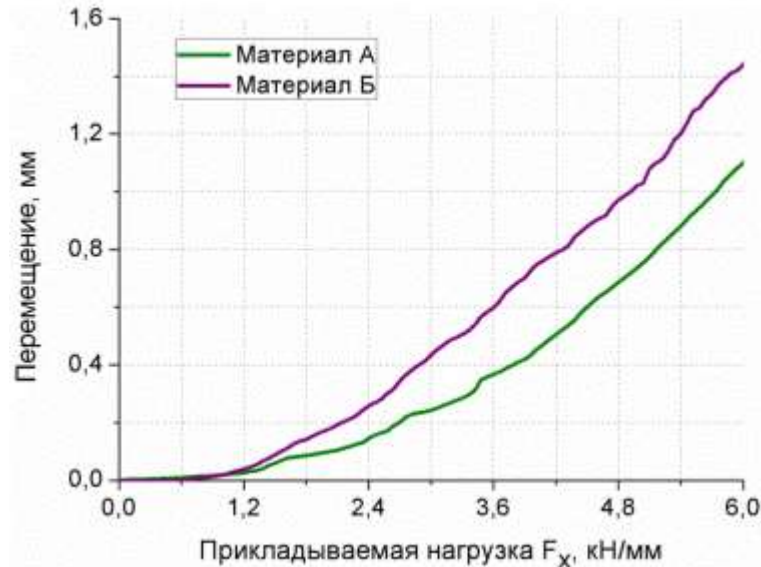


Моделирование при варьировании материала трубы и коэффициента трения между трубой и зубьями

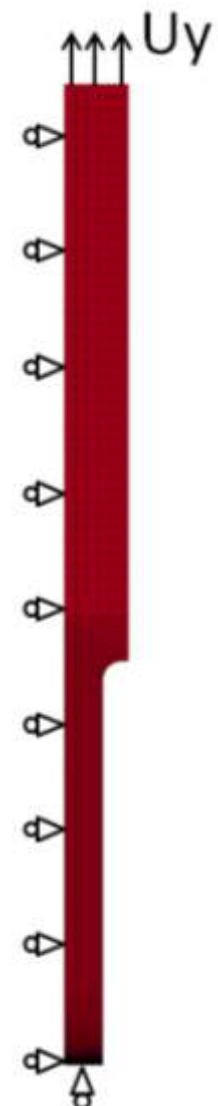
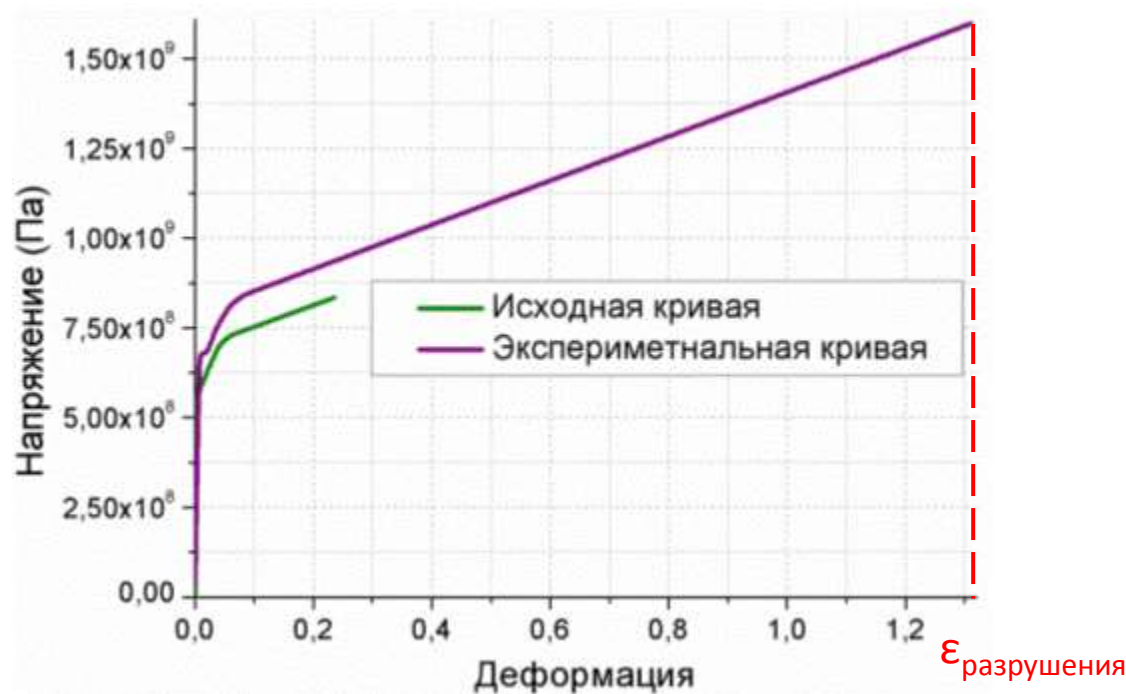
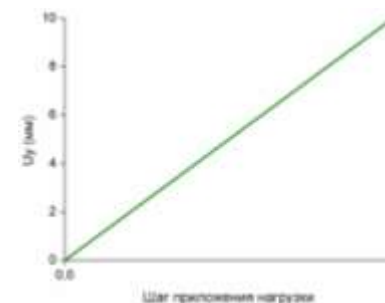
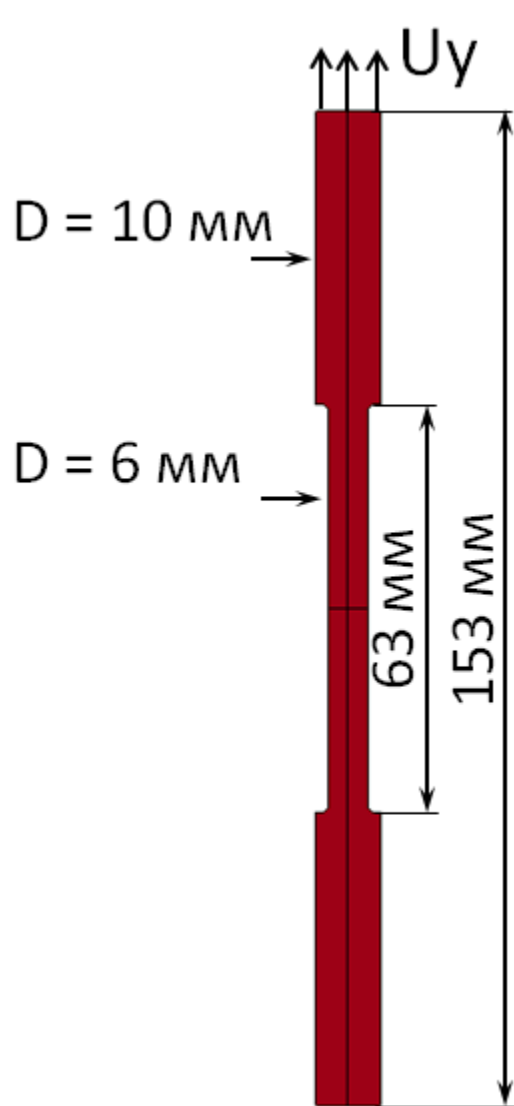


$$F_y = 4,5 \text{ кН/мм}$$

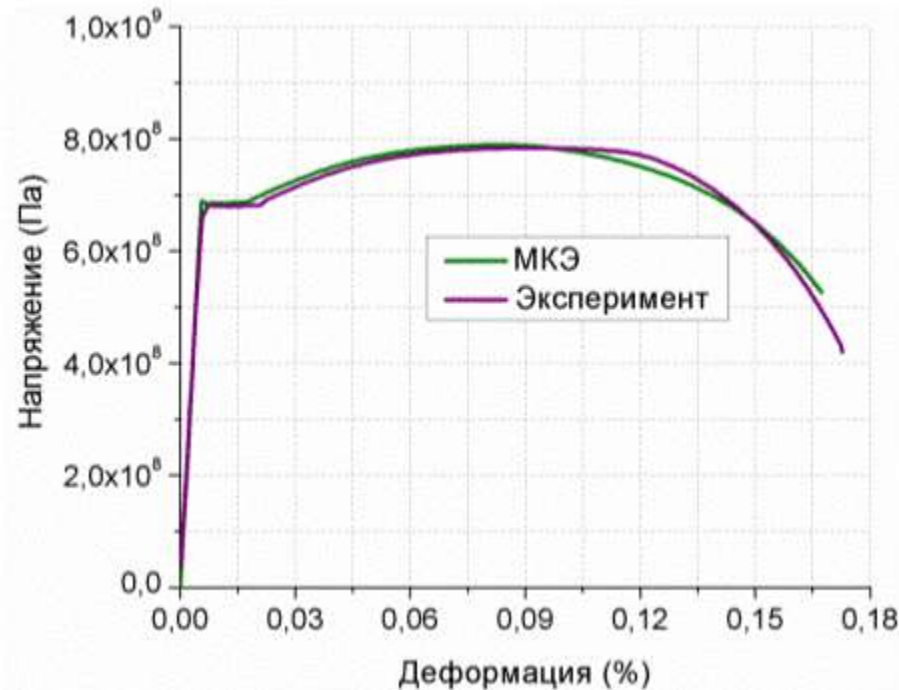
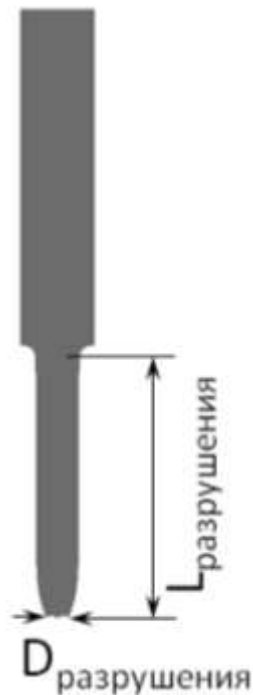
$$F_x = 6,0 \text{ кН/мм}$$



Экспериментальное определение свойств материала

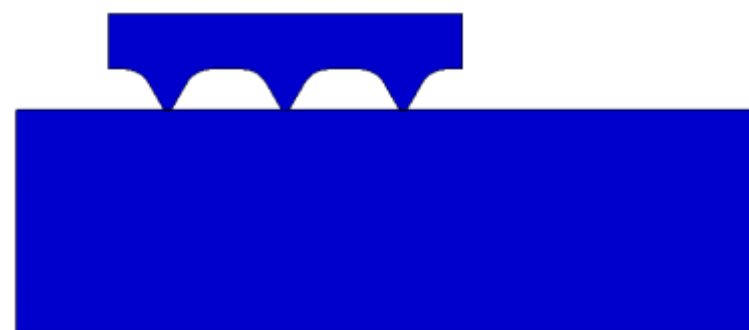
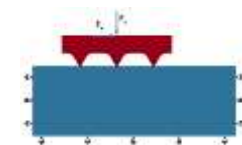
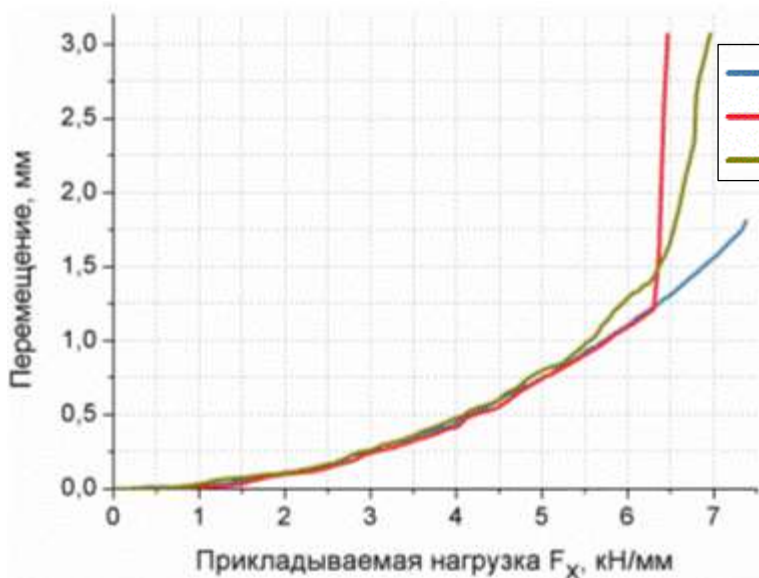


Экспериментальное определение свойств материала



	Натурный эксперимент	Численный эксперимент
$D_{\text{разрушения}}$	3 мм	3,1 мм
$L_{\text{разрушения}}$	35 мм	35,5 мм

Моделирование с учетом возможного разрушения материала



Исходный материал, без учета разрушения

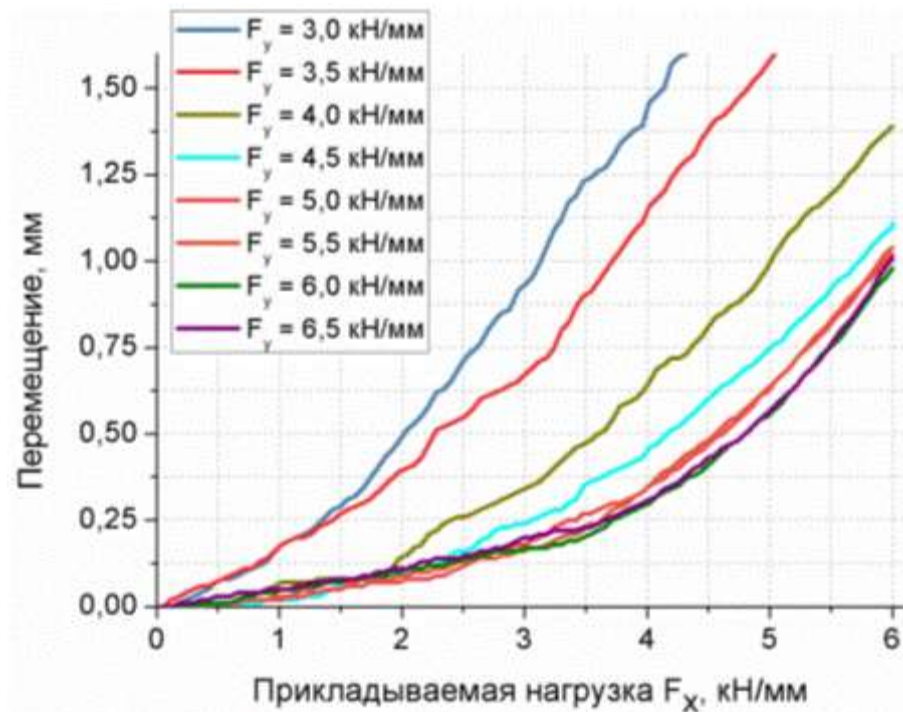


Исходный материал, с учетом разрушения



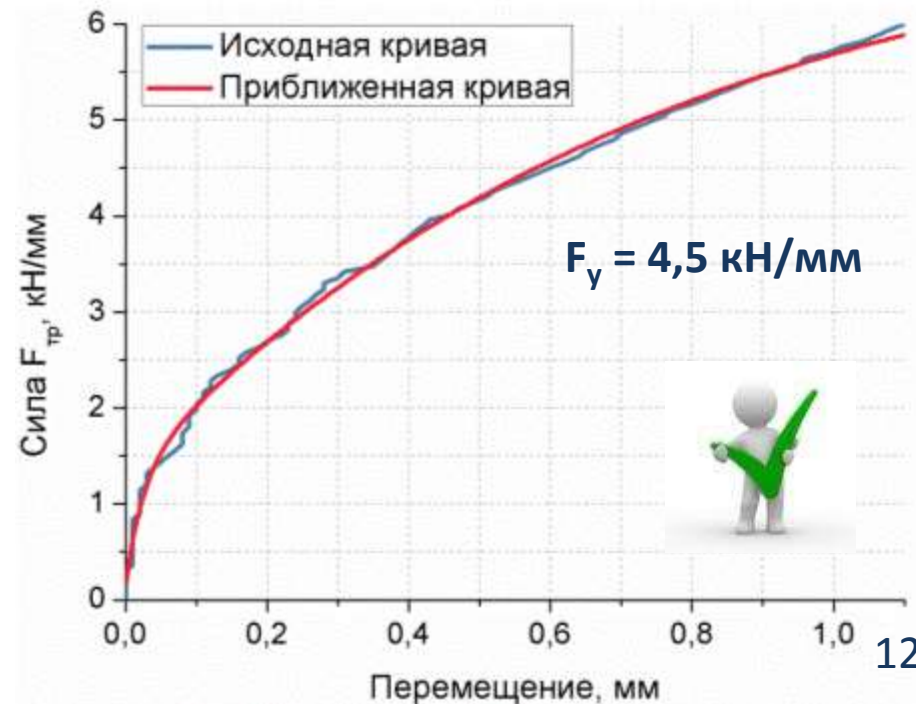
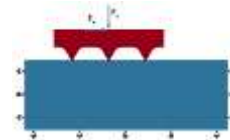
Экспериментальный материал,
с учетом разрушения

Разработка эквивалентной модели трения



$$F_{\text{тр}} = a + be^{\alpha x} + ce^{\beta x}$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила трения,
 a, b, c, α, β – варьируемые коэффициенты,
 x – перемещение



Выводы

- нет необходимости использовать полную модель плашки для получения адекватных результатов;
- при использовании более твердого материала трубы удерживающие свойства элеватора уменьшаются;
- более острые зубья плашек легче внедряются в трубу, но при этом сильно ее деформируют; плашка с более тупыми зубьями «срывается» при меньших касательных усилиях;
- учет возможного разрушения материала трубы заметно влияет на взаимное поведение плашки и трубы
- зависимость касательного усилия и перемещения – нелинейная, варьирующаяся от прикладываемого нормального усилия. Для реализации подобного закона трения возможностей пакета LS-DYNA недостаточно