

Выпускная квалификационная  
работа.

Выполнил: Будаев

Д.С.

« Напряженно- деформированного состояния  
стрешневого элемента при различных видах  
нагрузки».

Научный руководитель:  
Доцент , кандидат технических наук  
Крайнова Л. Н.

Ивановский государственный энергетический университет  
Кафедра теоретической и прикладной механики

Иваново 2016

# Введение

- В настоящее время широкое распространение получили стержневые конструкции из оцинкованных тонкостенных холодногнутых профилей, полученных методом холодного формообразования на профилегибочных станках из прокатного листового металла. В настоящее время в России сформирован целый сегмент металлостроительной индустрии. Проектирование и производство лёгких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) из холодногнутых профилей, включающих в себя сотни производственных предприятий и проектных организаций в различных регионах страны .
- Применение ЛСТК в России сдерживается из за отсутствия национальной нормативно -методологической базы для их проектирования ,строительства и эксплуатации. Без разработки специальных технологических условий по каждому объекту не возможно прохождение экспертизы проектов .
- Вопрос разработки и постоянного совершенствования нормативно методологической базы проектирования ЛСТК, является важнейшим шагом на пути развития того сегмента металлостроительной индустрии на территории Российской Федерации .

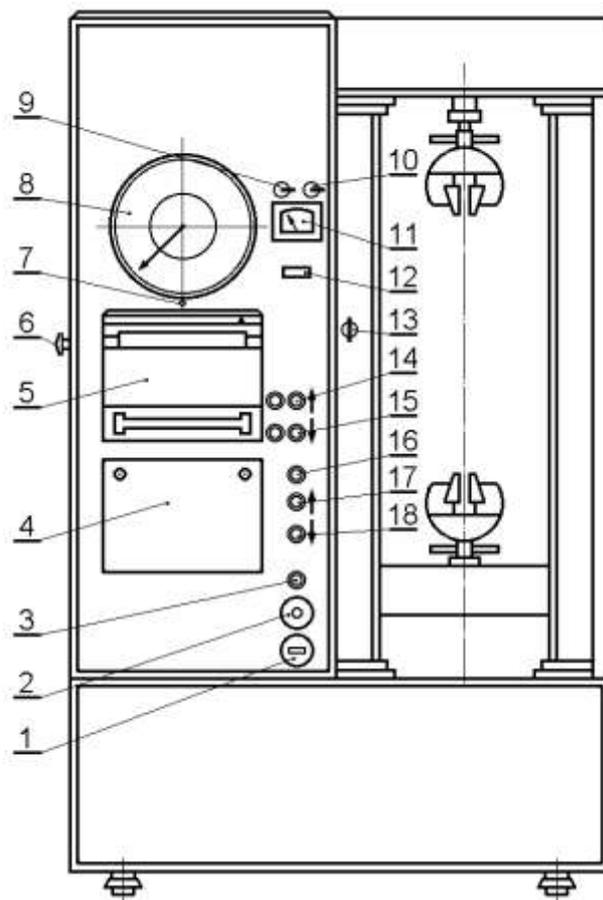
# Цели и задачи работы

- Оценка напряженно- деформированного состояния тонкостенного перфорированного уголка при растяжении, определение количественных параметров при потере его устойчивости и исследование динамических характеристик (собственных частот и форм колебаний) уголка.

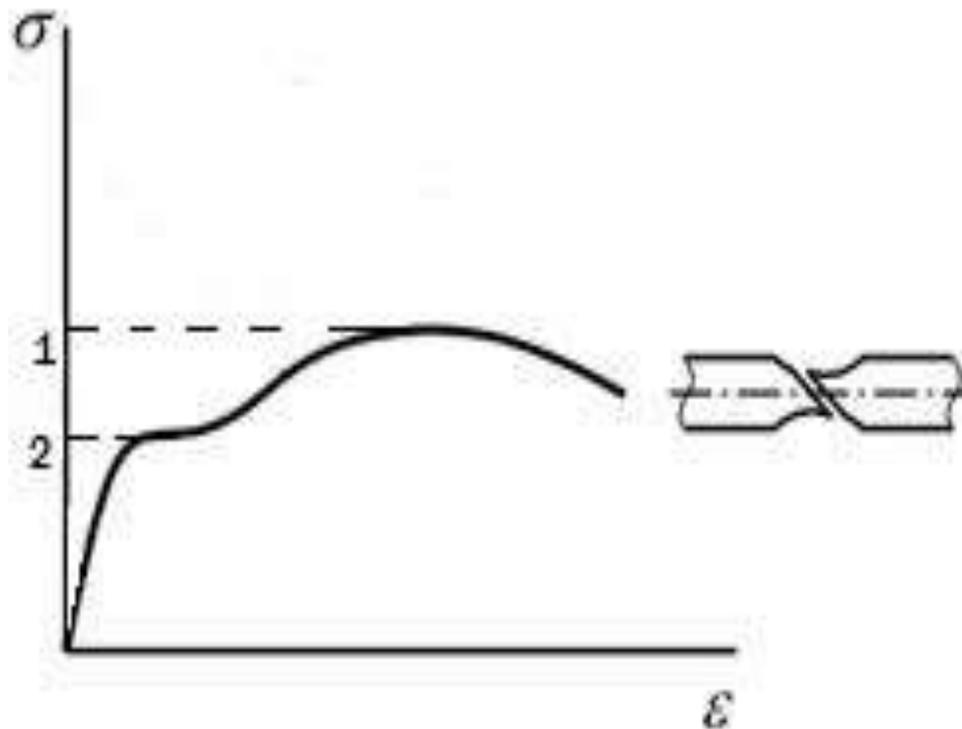
# Определение прочностных характеристик материала



# Разрывная машина Р-5



# Определение механических свойств образца



- 1) Предел прочности 3220 Н.
- 2) Предел текучести 2400 Н.

Образец разрушается под углом 45 градусов продольной оси стержня в следствии действий касательных напряжений

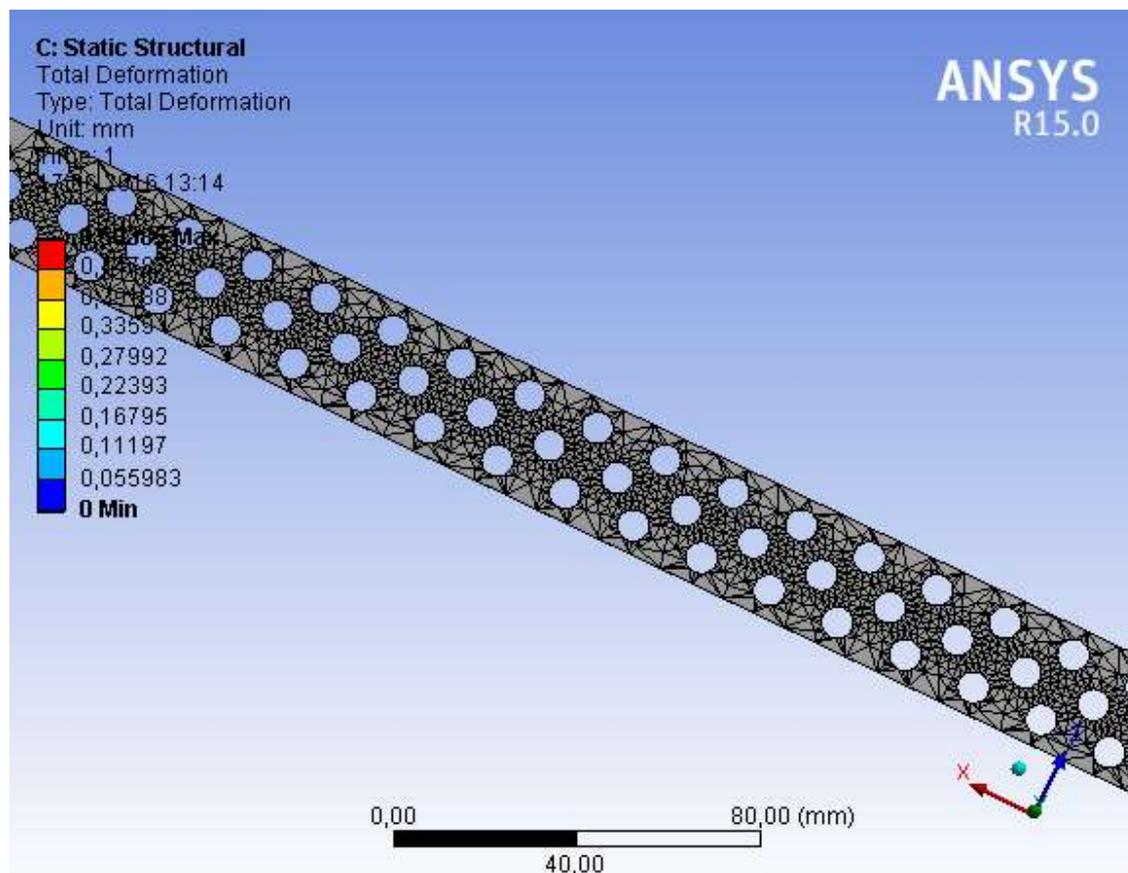


В ходе 2-го эксперимента в разрывную машину Р-5 был помещен перфорированный уголок

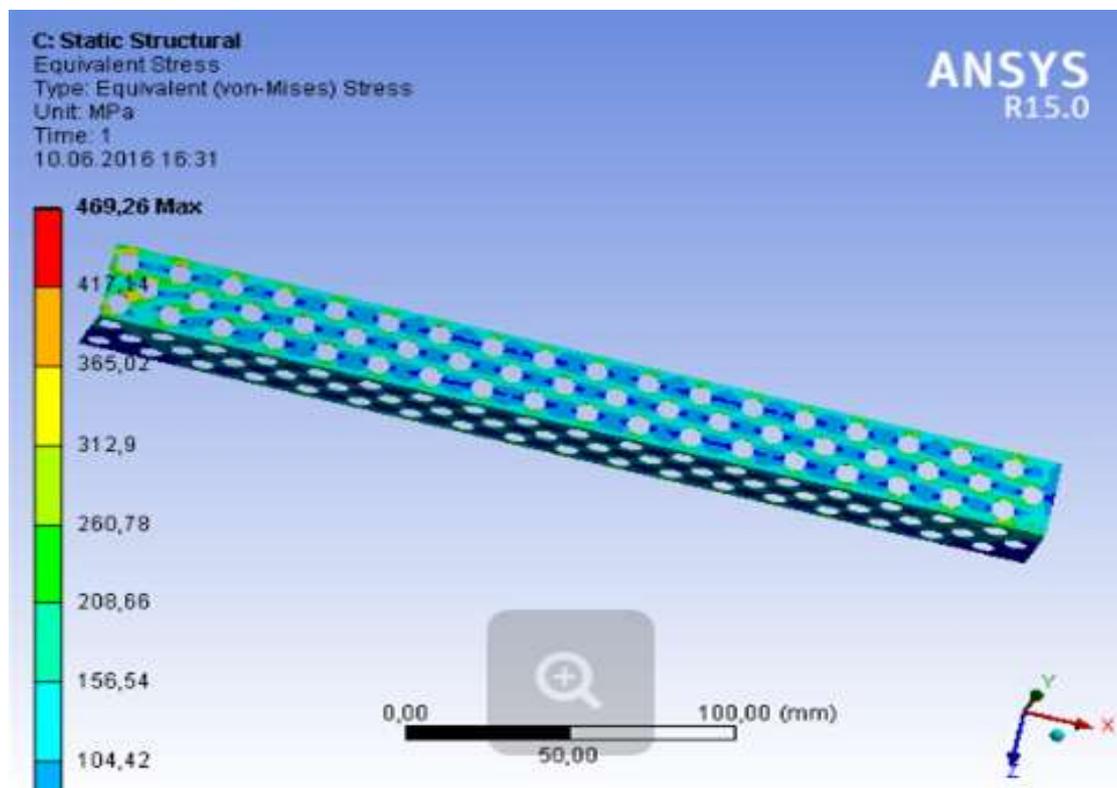
Разрыв уголка произошел 2490 Н в сечениях близких к захвату машины по отверстиям под углом 45\*



# Конечно элементная модель

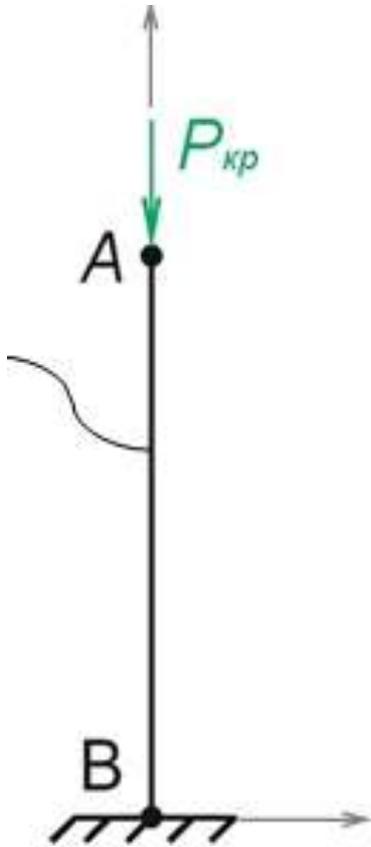


Аналогичная сила  $P = 2490 \text{ Н}$  (при которой произошел разрыв образца), была приложена к модели уголка в программном комплексе ANSYS. Определены расчетные напряжения в уголке



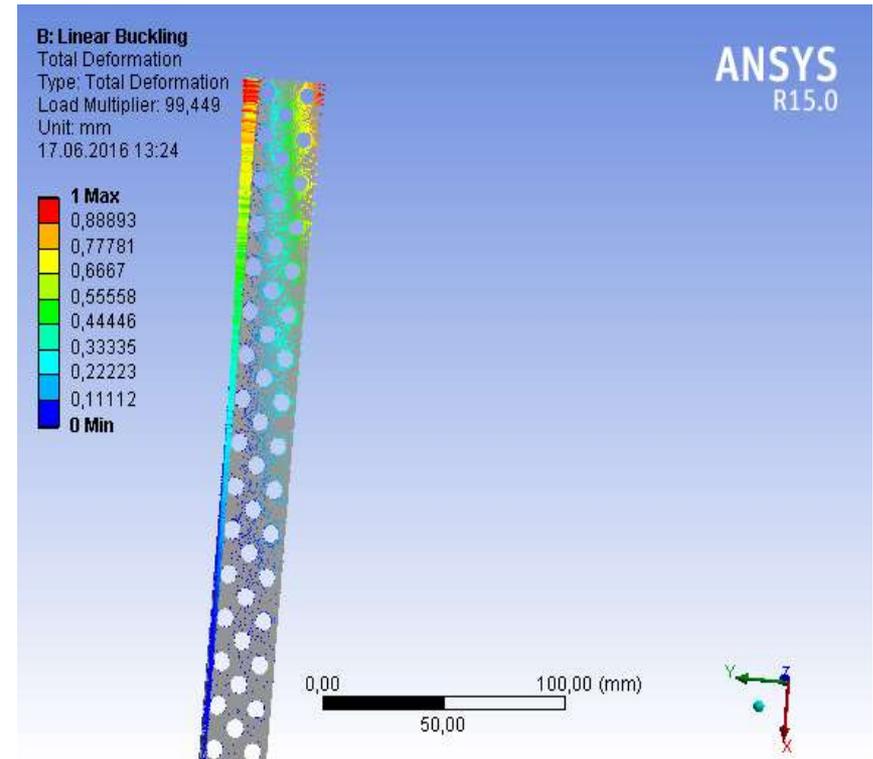
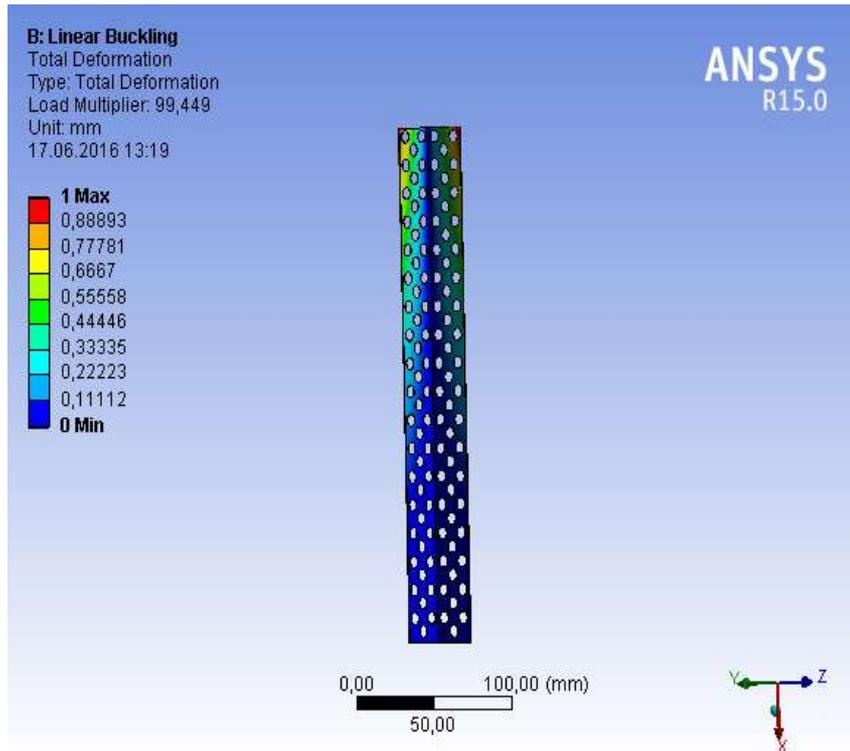
Согласно принципу Сен-Винана в теории упругости уравновешенная система сил, приложенная к некоторой части твердого тела, вызывает в нём проявление неравномерности распределения напряжения, которая быстро уменьшается по мере удаления этой части, т.е. в сечениях, достаточно удалённых от мест приложения нагрузки, деформации тела не зависят конкретного способа нагрузки и определяются лишь статическим эквивалентом нагрузки. Равномерность распределения напряжения нарушается возле отверстий, в местах изменения формы или размеров сечения. Вблизи от таких мест наблюдается концентрация напряжения, что и можно наблюдать в результате численного расчета уголка.

# Устойчивость конструкции



Местной потерей устойчивости является потеря устойчивости каким-либо элементом сечения стержня и выход его из работы, при котором происходит резкое ослабление стержня, делающее оставшуюся часть сечения несимметричной.

# Численный расчет в программном комплексе ANSYS



# Универсальная испытательная машина УТС-101-10-1У



Характеристики:

Наибольшая предельная нагрузка, кН: 10

Диапазон измерения, кН: 0,1 - 10

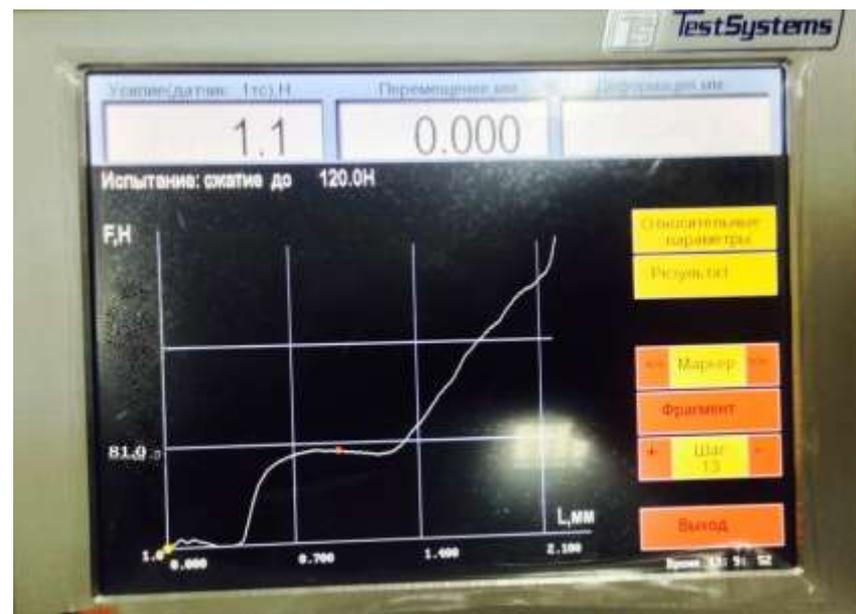
Предел измерения усилия, %:  $\pm 1$

Конструкция потеряла устойчивость при нагрузке в 99.449 Н в численном расчете и при 81 Н при проведении эксперимента. Ее верхние края стали закручиваться и изгибать уголок.

Вид стержневого элемента после потери устойчивости.



График потери устойчивости.

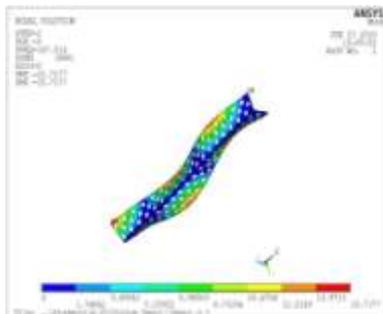


# Определение собственных частот и форм колебаний.

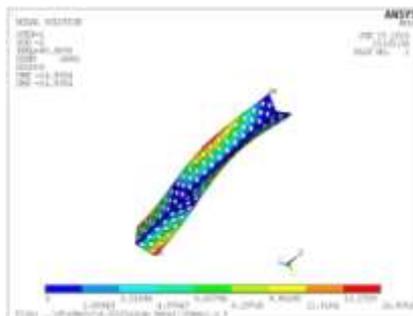
- Частоты перфорированного уголка

Номер частоты	Частота Гц
1	28.24
2	85.98
3	147.51
4	152.97
5	214.78

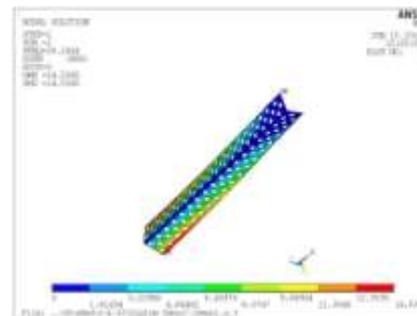
# Формы колебаний



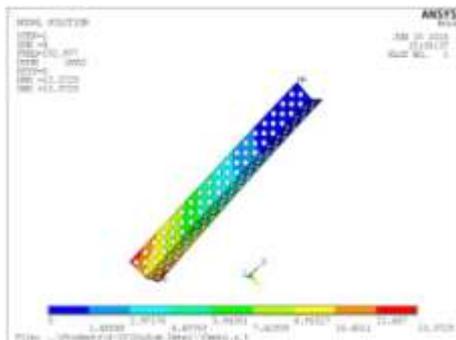
28.24 Гц



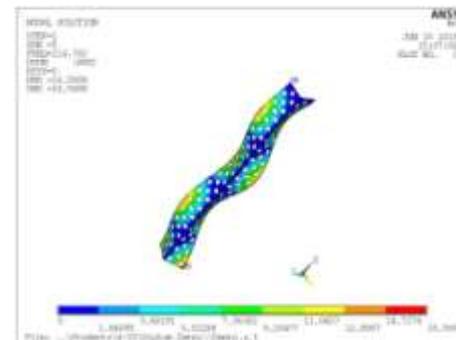
85.98 Гц



147.51 Гц



152.97 Гц



214.78 Гц

# Вывод

- - Проведены серии испытаний конструкции на растяжения и потерю устойчивости и проведено сравнение экспериментальных данных с численными расчетами расчётами .
- - Созданы расчетные конечно-элементные модели, по полученным характеристикам и максимально близким по показателям к экспериментальному образцу.
- - На основе эксперимента и расчетов выявлены особенности работы тонкостенных конструкций при различных видах нагружения: растяжения и сжатия до потери устойчивости.
- - проведены численные расчеты по определению собственных частот и форм колебаний.