

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА КОНЕЧНО-
ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ANSYS ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ КОНСТРУКЦИЙ
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ, СЖАТИИ**

Патрина Татьяна Александровна,

*к.т.н., доцент кафедры Прикладной механики и инженерной графики,
Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет
“ЛЭТИ”, г. Санкт-Петербург, Россия*

АННОТАЦИЯ

Предложенная методика исследования напряжений и деформаций различных твердых тел при внешних воздействиях с помощью расчетного пакета Ansys позволяет исследовать механические характеристики материалов конструкций.

ABSTRACT

The proposed method of studying the stresses and strains of various solids under external influences with the design package Ansys allows to study the mechanical characteristics of structures materials.

Ключевые слова: механические характеристики материалов конструкций, программный пакет конечно-элементного анализа, напряженно-деформированное состояние твердого тела.

Keywords: mechanical characteristics of construction materials, software package of finite element analysis, stress-strain state of the solid body.

Введение

В механике твердого деформированного тела при анализе напряженно-деформированного состояния конструкций напряжения и деформации,

возникающие в результате внешнего воздействия, не должны превышать допустимых.

Допускаемое напряжение вычисляется по формуле: $\sigma = \frac{\sigma_{on}}{n}$, где σ_{on} опасное напряжение, n – коэффициент запаса прочности. За опасное напряжение принимается механическая характеристика материала, коэффициент запаса прочности должен быть не менее 1,5.

Механические характеристики материала: предел пропорциональности σ_{pi} – напряжение для которого справедлив закон Гука, т.е. пропорциональная зависимость между внешней нагрузкой и вызываемой ею деформацией; предел текучести – напряжение σ_m при котором деформации растут без заметного увеличения нагрузки; временное сопротивление σ_{ep} – напряжение, которое соответствует максимальной нагрузке. При расчете прочности пластичных материалов за опасное напряжение принимается предел текучести, для хрупких материалов за опасное напряжение принимается временное сопротивление.

Использование конечно-элементного программного пакета Ansys позволяет провести исследование механических свойств материалов. Это способствует лучшему пониманию процесса деформации твердого тела материала, наглядному представлению механических характеристик конструкций.

Методика исследования механических характеристик материалов при растяжении и сжатии с помощью пакета Ansys. Для исследования задействован модуль Transient Structural для решения задач динамики конструкций. В качестве конструкции исследования выбран стальной стержень. Первой задачей является создать геометрическую модель конструкции в модуле Geometry. В режиме эскизирования необходимо нарисовать окружность, задать диаметр окружности через вкладку Modify [1]. В режиме моделирования вытянуть окружность на заданное расстояние через операцию Extrude. Также последовательно построить еще две цилиндрические части

(рис. 1). Затем создать собственную координатную плоскость на дальней стороне третьей цилиндрической части стержня. Потом зеркально отобразить три последовательных цилиндра относительно построенной плоскости. Через команду Chamfer следует выполнить фаски на ребрах объемной модели (рис. 2).

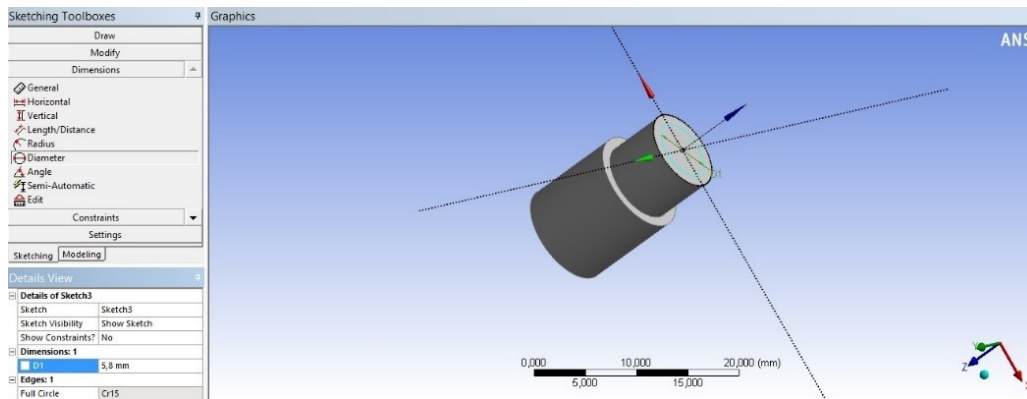


Рис. 1. Построение последовательно соединенных цилиндров

Для исследования механических характеристик необходимо выделить геометрический участок посередине стержня через команду Slice (рис. 3) и объединить разделенные участки стержня в один объект (рис. 4).

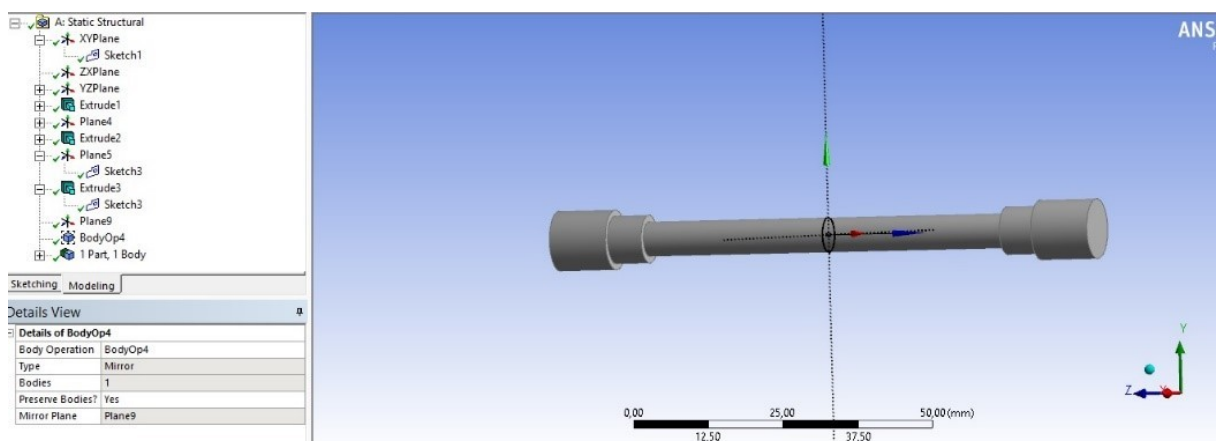


Рис. 2. Построение зеркально второй части стержня

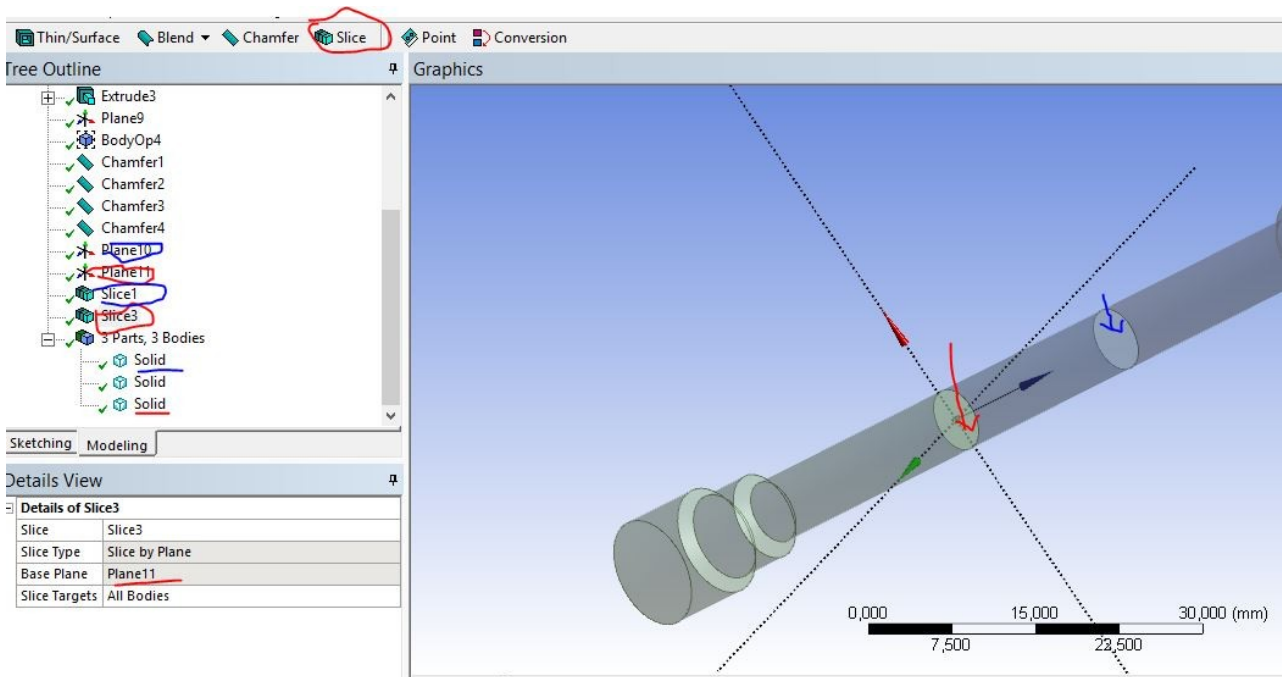


Рис. 3. Выделение участка стержня для механического исследования

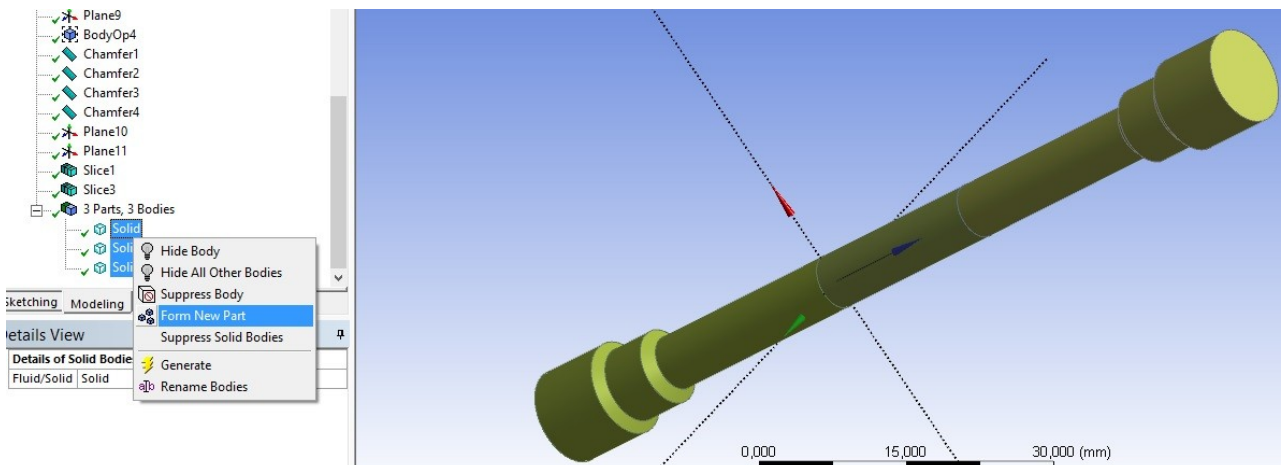


Рис. 4. Объединение три твердотельных участка в единый стержень

Выбор материалов для созданных тел и задание их свойств происходит через модуль Engineering Data, связанный с блоком анализа (рис. 5).

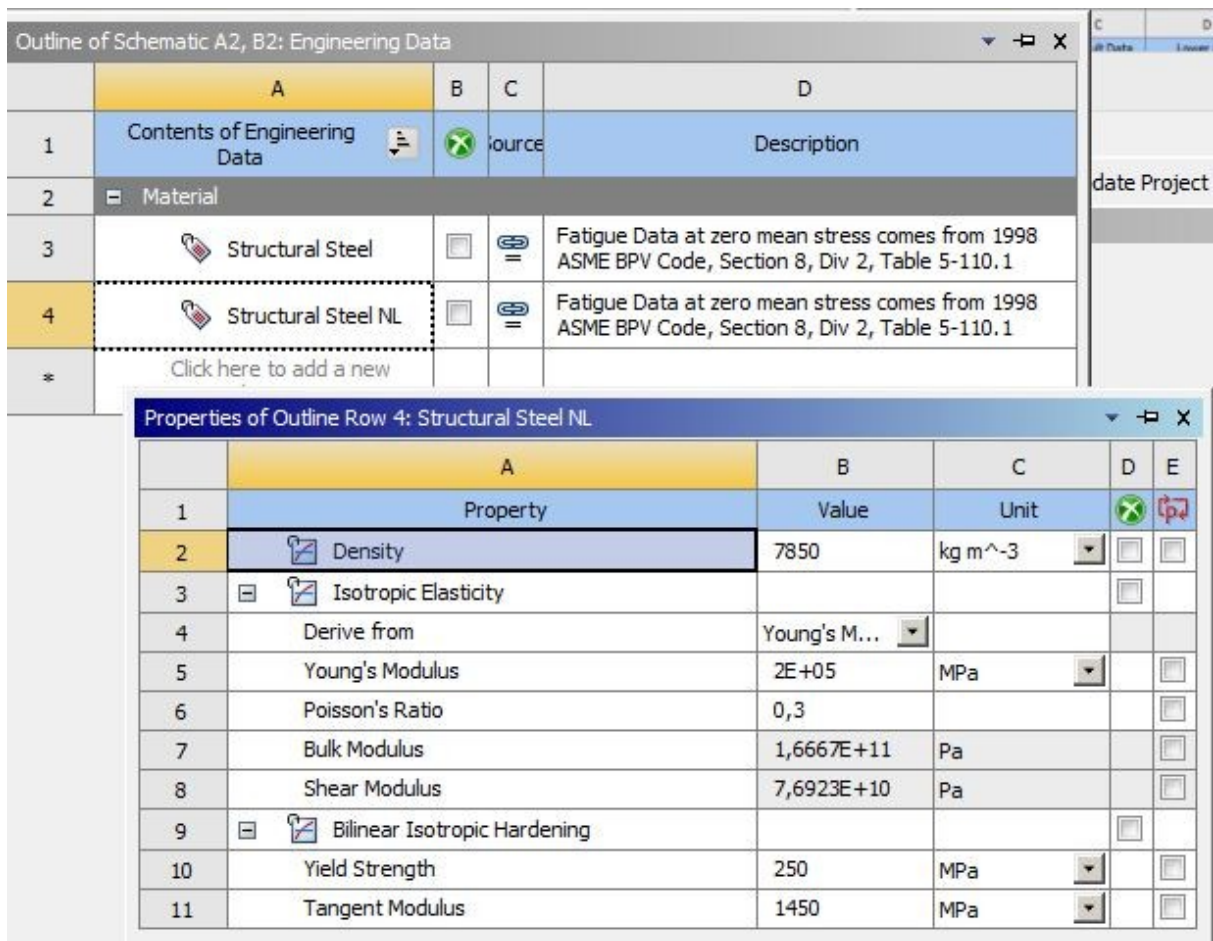


Рис. 5. Задание нелинейных свойств материалов стержня

Затем требуется построить конечно – элементную сеть в модуле симуляции Mechanical [3]. Сеть генерируется на геометрической модели и является основной для составления и решения системы уравнений в матричном виде.

Следующий этап – задание действующих сил на стержень. Среди нагрузок нам понадобится параметр Velocity. Производится выбор поверхности, на которую действует растяжение (параметр Geometry), задается величина скорости (параметр Magnitude) и направление для приложенной скорости (опция Define By) (рис. 6). Второму концу стержня нужно установить жесткое закрепление – Fixed Support.

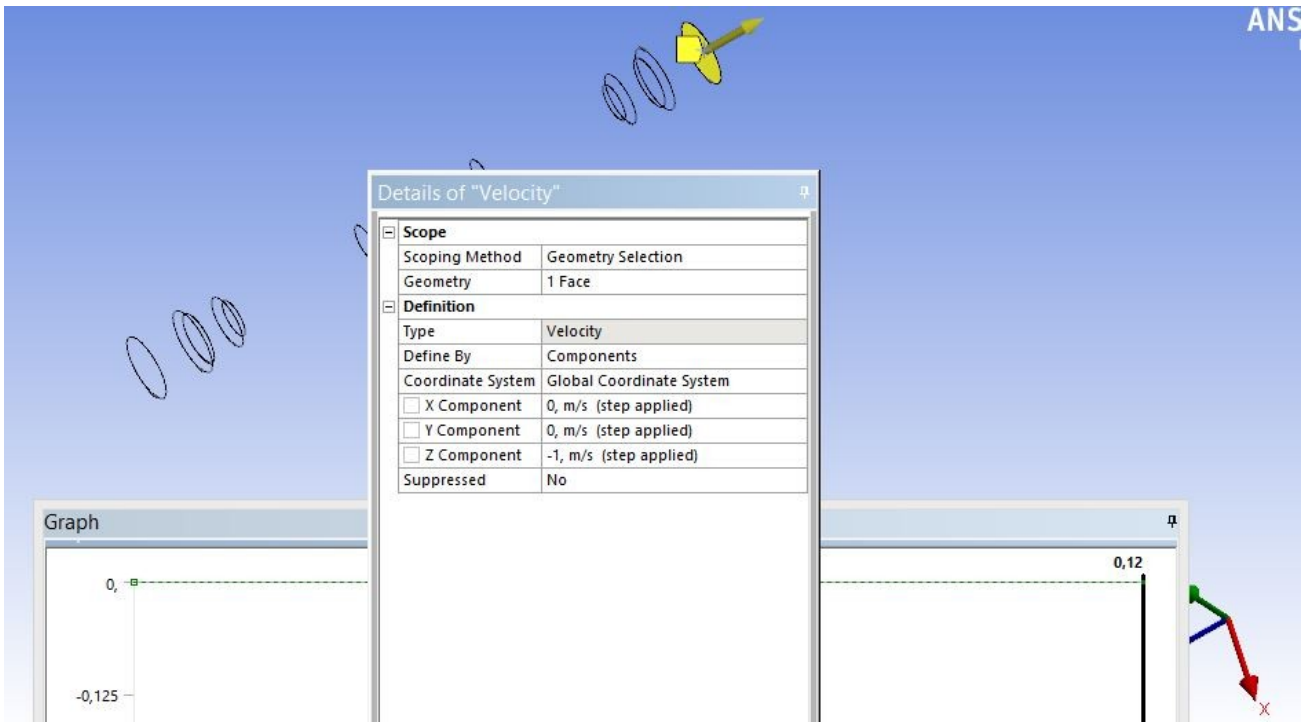


Рис. 6. Задание скорости растяжения стержня по направлению действия давления

Теперь требуется задать время исследования эксперимента и временной шаг расчета напряжений и деформаций конструкций. Это выполняется через Analysis Settings (рис. 7).

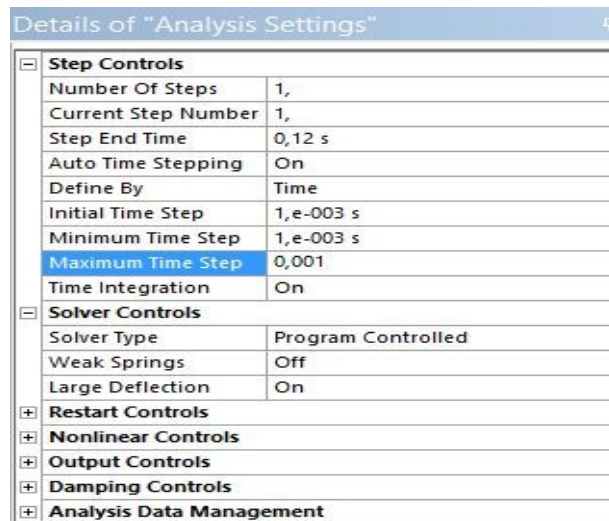


Рис. 7. Настройка решателя. Задание шага времени расчета

Заключение и результаты расчета.

На рисунках 8, 9 представлены значения полных эквивалентных деформаций Equivalent Total Strain и эквивалентные напряжения Мизеса

Equivalent (von Mises) Stress, учитывающие одновременно касательные и нормальные напряжения. Расчет данных величин с заданным временным шагом для среднего участка стержня. Максимальные напряжения и деформация наблюдаются в сужающейся шейке стержня.

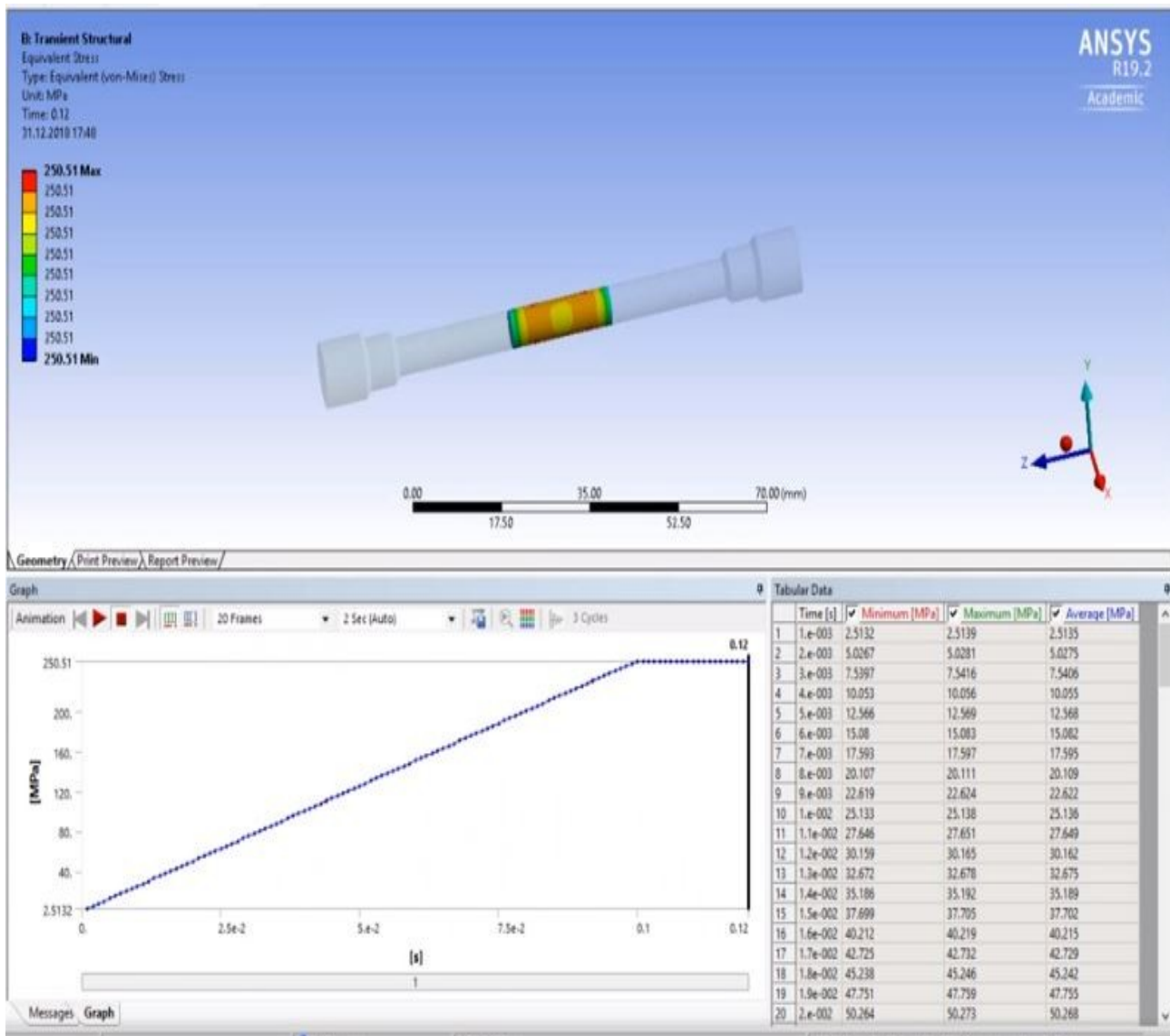


Рис. 8. Графическое и табличное представление значений эквивалентных напряжений Мисеза на выделенном участке стержня

На рисунке 10 представлен график зависимости эквивалентных напряжений от эквивалентных полных деформаций в середине стержня по истечению времени исследования. На начальной стадии нагружения справедлив закон Гука, зависимость между эквивалентными деформациями и

напряжениями линейная [4, с. 420]. Образец испытывает упругую деформацию. Максимальная нагрузка на этом участке – $P_{ну}$.

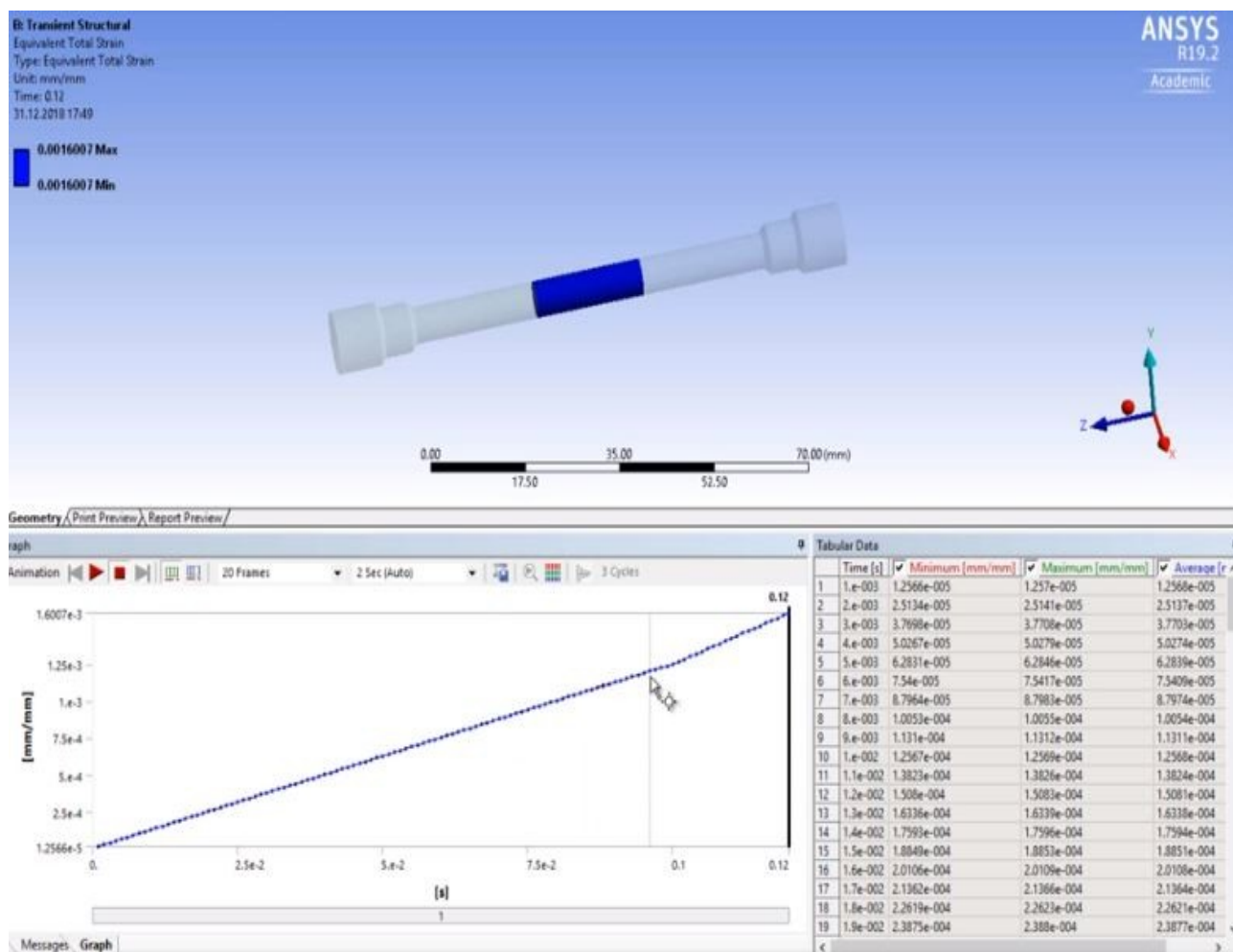


Рис. 9. Графическое и табличное представление значений полных эквивалентных деформаций на выделенном участке стержня

Далее зависимость между напряжением и деформацией становится нелинейной. Рост деформации происходит без заметного роста нагрузки. Для металлов (пластических материалов) это явление получило название текучести. На диаграмме это соответствует горизонтальному участку – участок текучести. Нагрузка при этом равна P_m . Следует заметить, что у большинства пластичных материалов площадка текучести отсутствует. Однако условно считают, что нагрузка равняется P_m , если деформация составляет 0,2% от длины рабочей части образца.

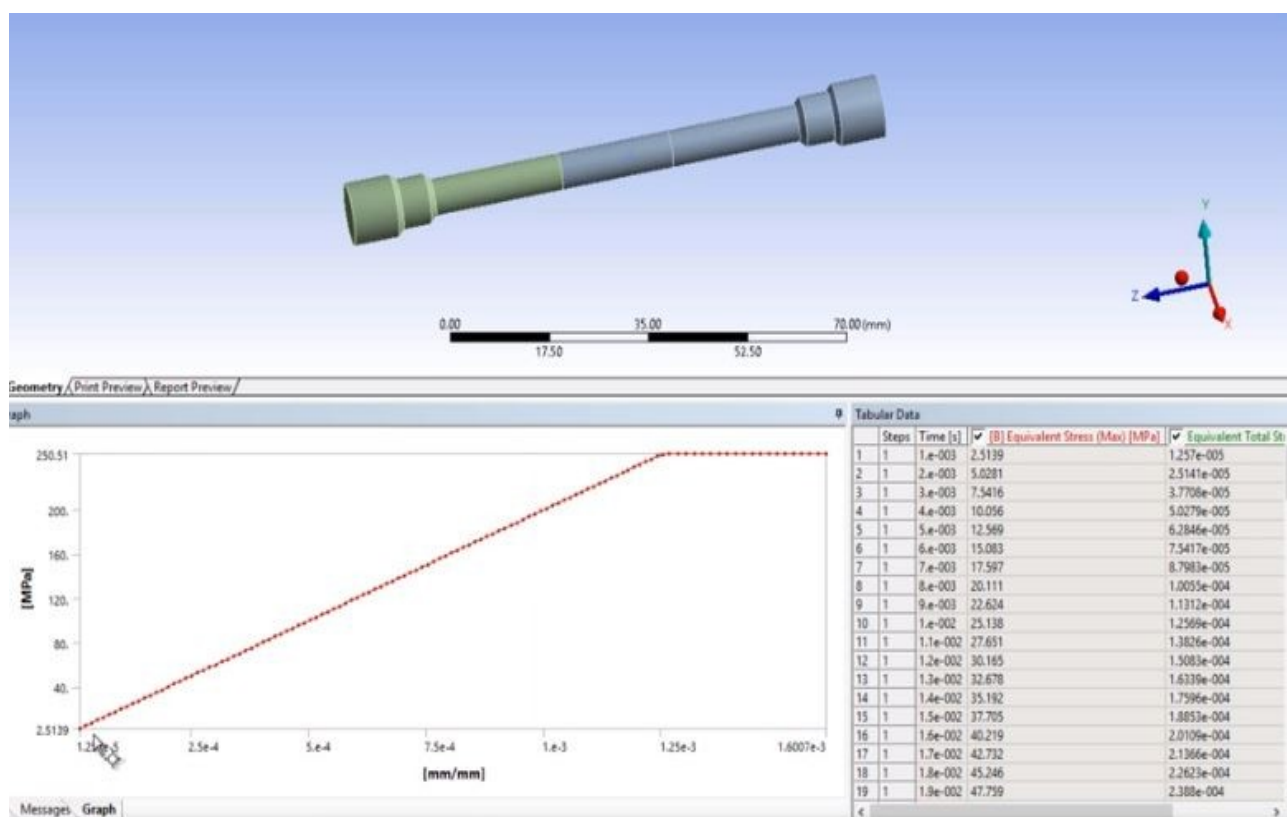


Рис. 10. График зависимости эквивалентных напряжений от эквивалентных полных деформаций на выделенном участке стержня

После стадии текучести материал вновь начинает сопротивляться возрастающей нагрузке – стадия упрочнения. До момента достижения максимальной нагрузки P_{max} , продольная и поперечная деформации растут равномерно. Полная деформация в каждый момент времени складывается из упругой и остаточной.

При достижении максимальной нагрузки P_{max} деформации локализуются в одном сечении образца – ослабленное сечение, т.е. образуется местное сужение поперечного сечения. Сопротивление образца нагрузкам резко падает, что видно на диаграмме – кривая идет вниз. Затем происходит разрушение образца, и нагрузка в момент разрыва равна P_k .

Заключение

Предложенная методика исследований механических характеристик конструкционных материалов при растяжении, сжатии позволяет

самостоятельно проводить многовариантные исследования состояния материалов, наблюдать за поведением материалов на различных стадиях деформации конструкций.

Список литературы

1. Bruyaka, V. A, Fokin, V. G. & Soldusova, E. A. (2010) Engineering analysis in ANSYS Workbench. Samara: SSTU. 234.
2. Training manual for the software package ANSYS. CADFEM.
3. Zienkewicz, O. C., Taylor, R. L. (2002) The finite element method 5th ed. Oxford. UK: Butter worth-Heinemann.
4. Бегун, П. И., Кормилицын, О. П. (2012) Прикладная механика. СПб.: Политехника. 420.