

**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ
РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ С УЧЕТОМ
ТРЕБОВАНИЯ
РАБОТОСПОСОБНОСТИ
КОНСТРУКЦИИ**

В настоящее время расчеты на прочность активно проводятся с учетом формоизменения конструкции при действии нагрузки на каждом шаге нагружения (геометрическая нелинейность) и диаграммы деформирования материала (физическая нелинейность). Учет геометрической и физической нелинейности позволяет получить более полное напряженно-деформированное состояние (НДС) исследуемой конструкции. Широко применяется для данных расчетов метод конечных элементов и основанные на нем программные комплексы ANSYS и NASTAN. Типовой упрощенный алгоритм проведения расчета на прочность выглядит следующим образом:

анализ конструкции → выбор расчетной схемы → построение расчетной модели →
определение НДС → сравнение расчетных напряжений с допускаемыми →
определение коэффициента запаса прочности → вывод о достаточности прочности

Однако при расчете на прочность с учетом геометрической и физической нелинейности возможны большие перемещения в конструкции.

В данном докладе представлен расчет на прочность оси и анализ полученных результатов с учетом требования работоспособности конструкции.

Ось является составной частью сложного механизма. Работоспособность данного механизма зависит от сохранения контактных связей между элементами его системы. Расчет прочности проводился методом конечных элементов с использованием программного комплекса MSC.NASTAN.

Параметры оси:

Диаметр оси $d = 4$ мм;

Длина оси $l = 129$ мм.

Поперечные силы:

$N_1 = 32$ кгс

$N_2 = 149$ кгс

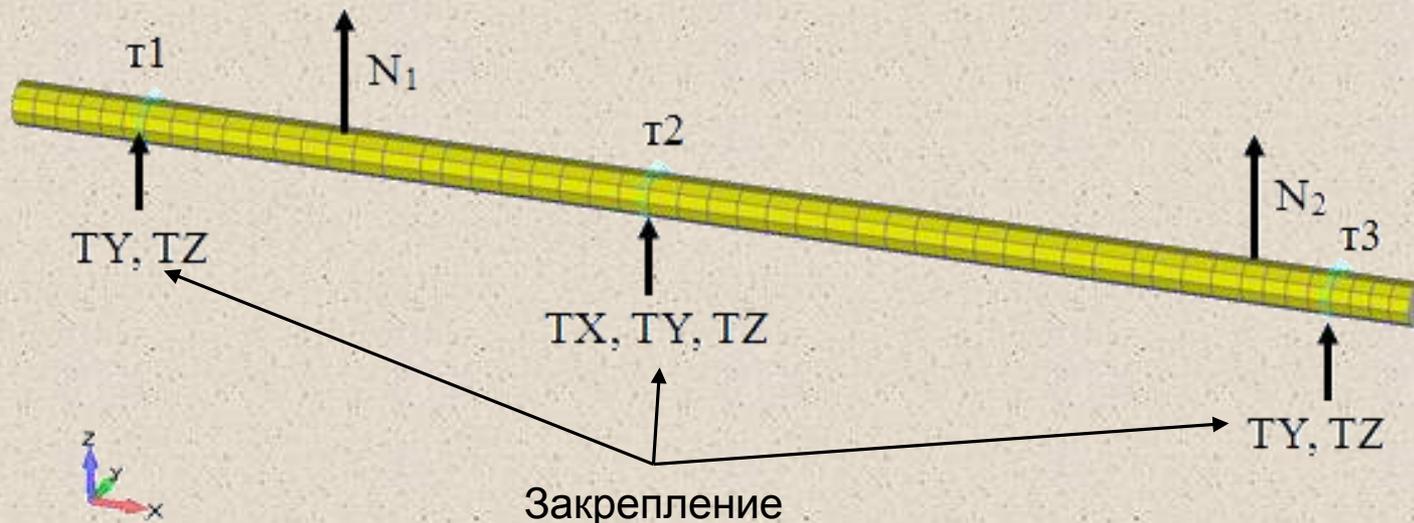
Материал оси – сталь 12X18H10T:

Предел прочности $\sigma_B = 5200$ кгс/см²;

Условный предел текучести $\sigma_{0,2} = 2000$ кгс/см²;

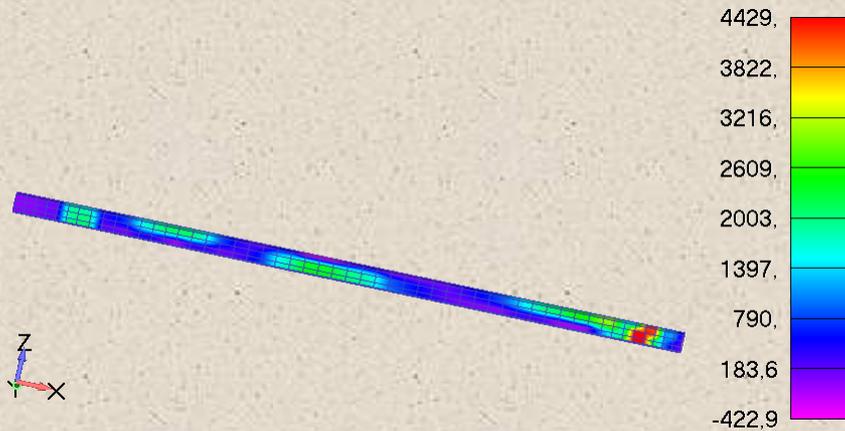
Относительное удлинение $\delta = 61$ %.

Условия нагружения и граничные условия

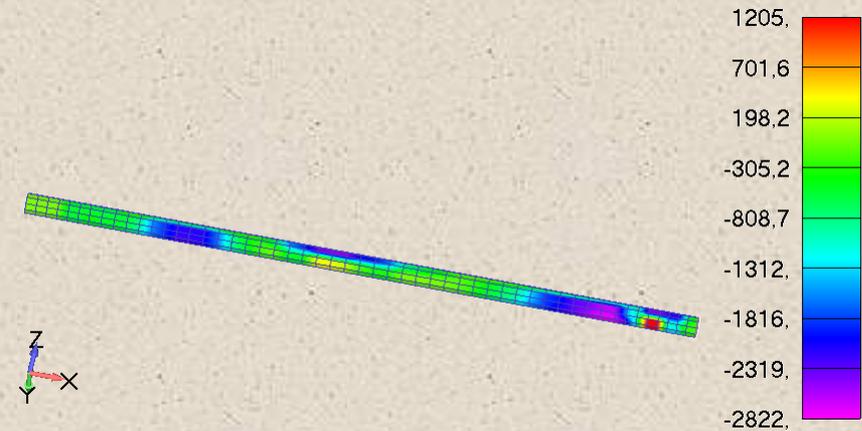


Результаты расчета прочности оси

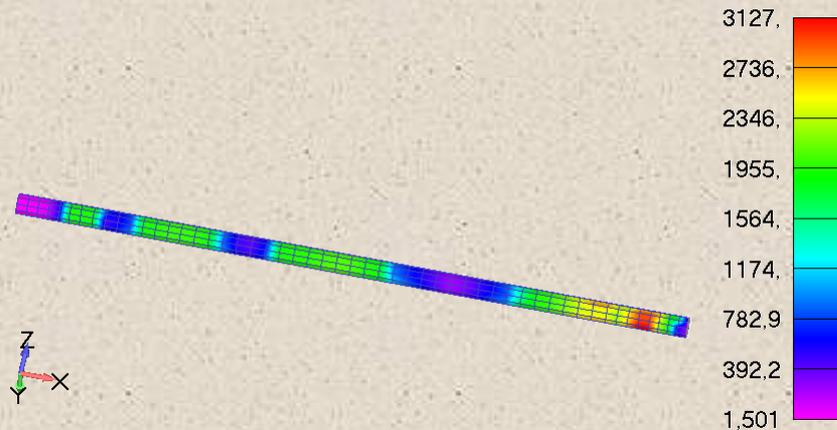
$\sigma_{\text{раст.}}, \text{ кгс/см}^2$	$\sigma_{\text{сж.}}, \text{ кгс/см}^2$	$\sigma_{\text{М.}}, \text{ кгс/см}^2$	$\sigma_{\text{В.}}, \text{ кгс/см}^2$	η
4429	2822	3127	5200	1,17



Распределение главных растягивающих напряжений в оси



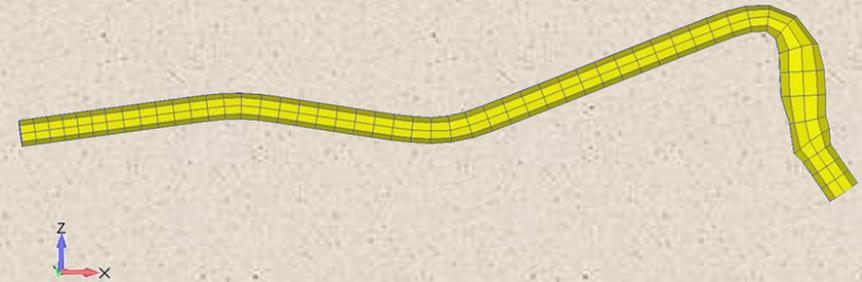
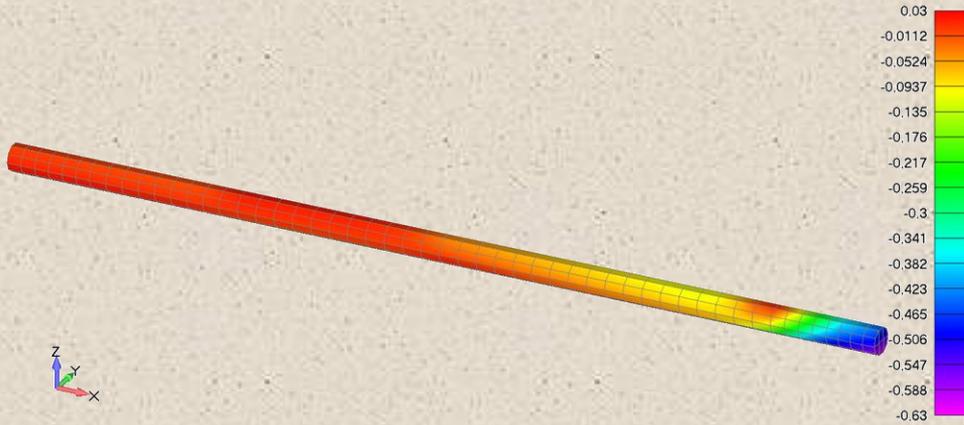
Распределение главных сжимающих напряжений в оси



Распределение напряжений по Мизесу в оси

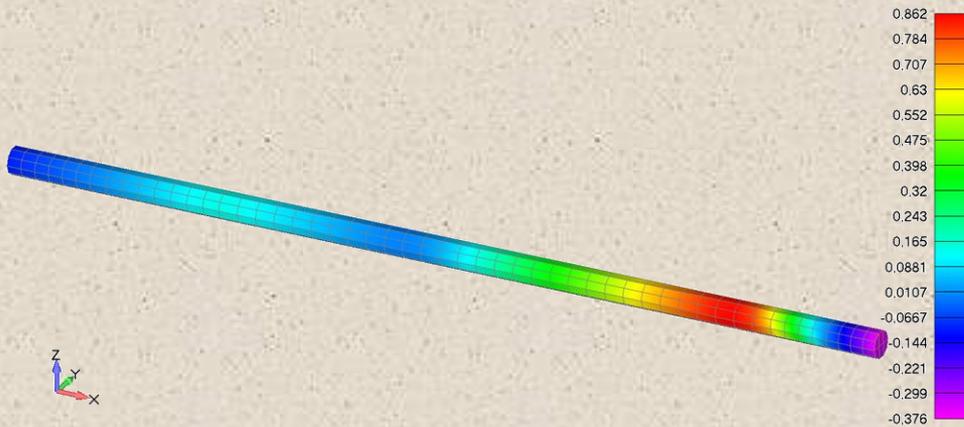
Результаты расчета перемещений оси

Продольные перемещения ΔX , мм	Поперечные перемещения ΔZ , мм	Суммарные перемещения ΔL , мм
6,3	3,8	7,4



Распределение перемещений оси в продольном направлении

Деформированное состояние оси



Распределение перемещений оси в направлении действия силы

Общий вид оси, после нагружения

1. Продольная реакция по оси $X \approx 0$, соответственно точка т2 при нагружении конструкции не перемещается, что подтверждает правильность выбранной расчетной схемы.
2. Прочность оси при заданных нагрузках обеспечивается.
3. Максимальные действующие напряжения в оси находятся в области больших пластических деформаций.
4. Максимальные перемещения в направлении действия силы составляют $\approx 8,7$ мм, что приводит к большим перемещениям конструктивно зависимых от оси элементов и как следствие может привести к нештатной работе конструкции.
5. Максимальные перемещения края оси в районе точки т3 составляют $\approx 7,4$ мм, что может привести к «вытягиванию» оси из проушины корпуса.
6. Полученные результаты обусловлены использованием пластичного материала оси.
7. Несмотря на обеспечение прочности оси, наличие больших деформаций может привести к нештатной работе конструктивно зависимых от оси элементов конструкции и как следствие нештатной работе конструкции в целом.
8. Требование работоспособности данного механизма – сохранение контактных связей между элементами его системы не обеспечивается.

Результаты проведенного анализа показали, что при расчете на прочность с учетом геометрической и физической нелинейности необходимо оценивать напряженно-деформированное состояние, поведение конструкции и возникающие в ней перемещения. Для проведения данной оценки рекомендуется проводить два расчета:

- расчет на прочность при действии расчетных нагрузок с учетом коэффициента безопасности;
- определение напряженно-деформированного состояния и перемещений конструкции при действии эксплуатационных нагрузок без учета коэффициента безопасности.

Поскольку ось является составной частью сложного механизма целесообразно обеспечить ее работу в упругой области или области малых упруго-пластических деформаций.

Для проведения дальнейших расчетов целесообразно выполнить ось из высокопрочной стали 10X17H13M2T с механическими характеристиками не ниже: предел прочности $s_b = 105$ кгс/мм², условный предел текучести $s_{02} = 83,5$ кгс/мм², относительное удлинение на разрыв $\delta = 12\%$. А также рекомендуется увеличить диаметр оси до 4,5 мм.