

УДК 621.787

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ УСТАЛОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ В ANSYS FATIGUE TOOL**

Нерсисян Д.А., магистрант гр. КТм - 211, II курс  
Научный руководитель: Блюменштейн В.Ю., доктор тех. наук, профессор  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Одной из основных причин повреждения металлических конструкций является усталость материалов, которая возникает при циклических нагрузках. Усталость материалов проявляется в виде появления трещин и деформаций в структуре, что может привести к серьезным последствиям, включая поломку оборудования и травмы персонала [1]. Поэтому важно обладать инструментами, которые помогут прогнозировать поведение материалов при циклических нагрузках и предотвращать возможные повреждения.

Один из таких инструментов – это ANSYS Fatigue Tool, который позволяет анализировать и решать проблемы усталости материалов при циклических нагрузках [4]. Этот инструмент предоставляет возможность моделировать различные типы циклических нагрузок, а также анализировать поведение материалов при повторяющихся нагрузках. ANSYS Fatigue Tool использует различные методы расчета усталости, включая метод усталостного предела и метод равномерного распределения напряжений, что позволяет получить более точные результаты [5].

Одним из основных преимуществ использования ANSYS Fatigue Tool является возможность определения усталостной жизни материалов. Это позволяет инженерам определить, сколько времени может прослужить конструкция при циклической нагрузке, а также прогнозировать ее поведение в будущем. Таким образом, можно принять решения относительно проектирования и обслуживания конструкций на основе более точной информации о их устойчивости к циклическим нагрузкам.

В ANSYS Fatigue Tool также доступны различные методы оптимизации проектирования, которые позволяют улучшить устойчивость конструкций к усталости материалов. Например, можно изменить форму или размеры конструкции, чтобы уменьшить напряжения, возникающие в материале при циклической нагрузке. Также можно использовать различные материалы с более высокой устойчивостью к усталости или применять методы уменьшения напряжений, такие как технология закалки [2].

Однако необходимо отметить, что использование ANSYS Fatigue Tool позволяет разработать модель, выполнить расчеты, но не гарантирует полную

защиту от повреждений при циклических нагрузках. Всегда необходимо учитывать факторы, в наибольшей мере влияющие на устойчивость конструкции, включая условия эксплуатации, качество материалов и проектирование.

В качестве примера рассмотрим решение задачи.

Цель – смоделировать усталостные испытания, которые проводились на машине ZWICK ROELL BRA370002000.1. Образец, имеющий длину и диаметр рабочей части 72 мм и 20 мм соответственно, подвергался циклическому нагружению в процессе проведения экспериментального исследования (рис. 1). Частота вращения шпинделя усталостной установки составила 3000 об/мин, амплитуда напряжений – 280 МПа, цикл – симметричный с коэффициентом асимметрии цикла  $R=-1$ .

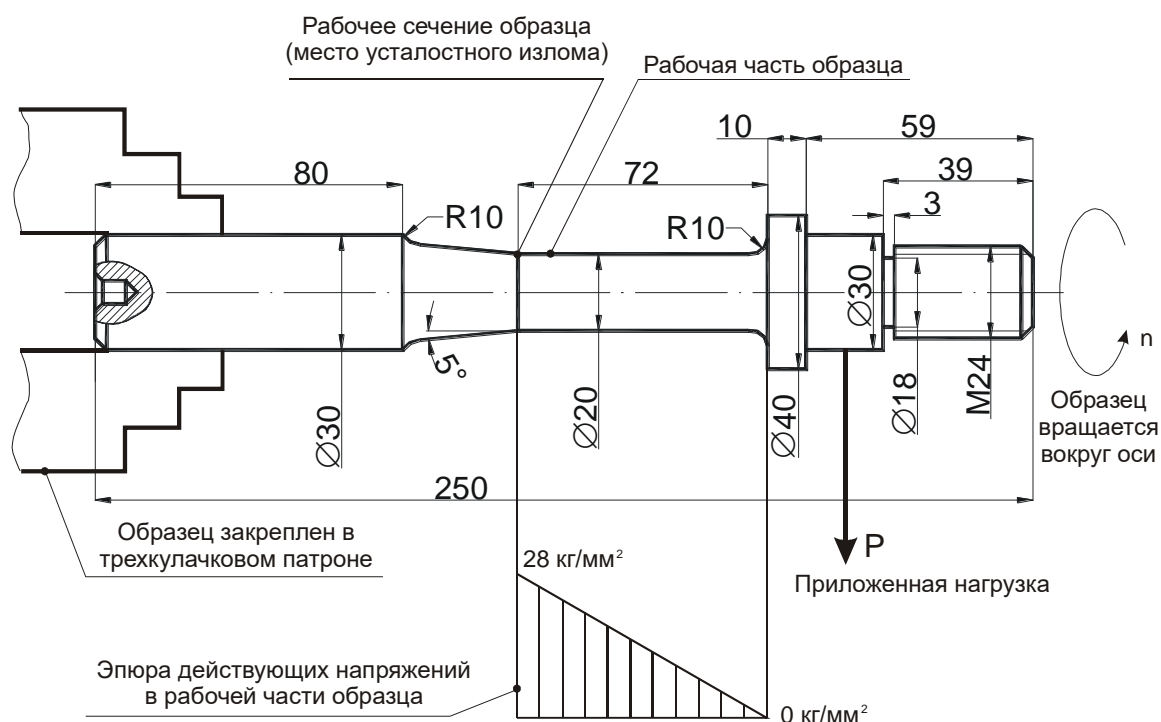


Рисунок 1 – Схема нагружения усталостного образца

Материал усталостного образца – сталь 45 ГОСТ 1050-2013; твердость 160...180 HV; предел прочности –  $\sigma_B = 600$  МПа; предел текучести –  $\sigma_{0.2} = 360$  МПа.

На рис. 2 представлена 3-D модель усталостного образца, а на рис. 3 – циклическая диаграмма данного материала (диаграмма Веллера).

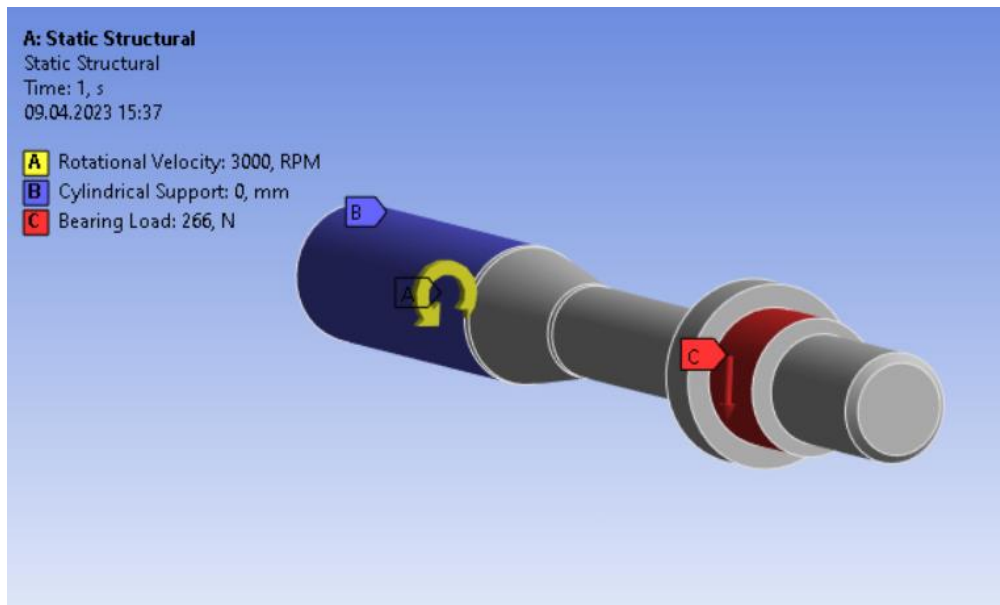


Рисунок 2 – 3-D модель усталостного образца

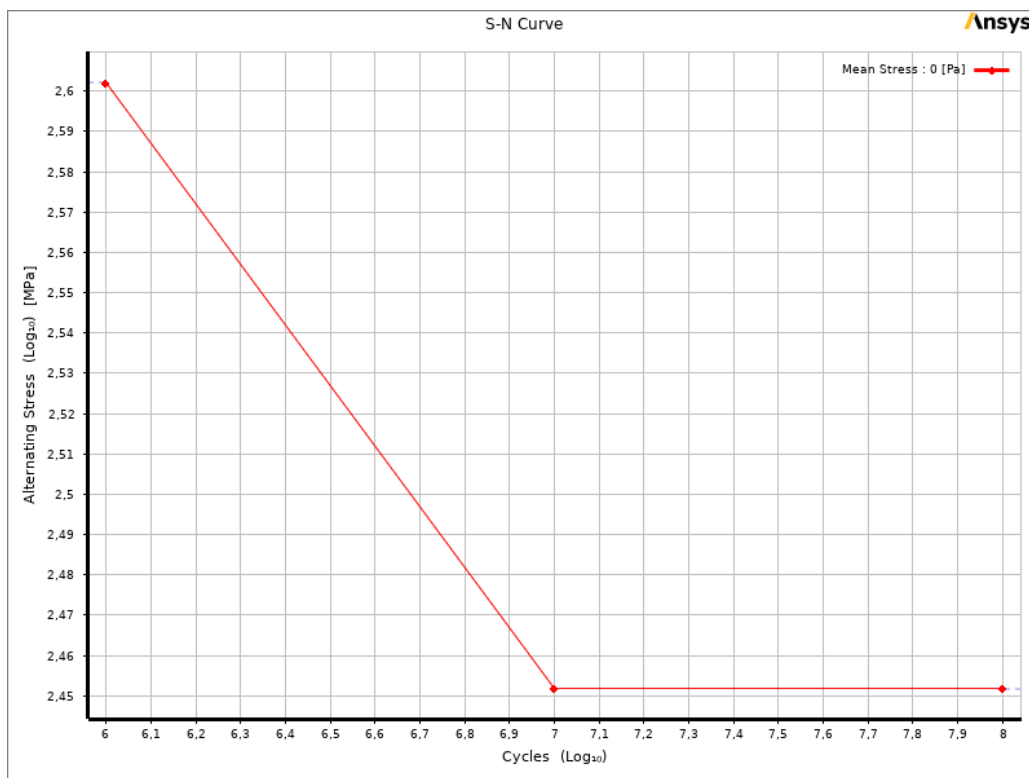


Рисунок 3 – Циклическая диаграмма

Расчет выполнялся по методике, изложенной в статье [6].

1. Выполнялся расчет параметра Life (Долговечность), который показал, что при заданной нагрузке изделие выдержит свыше  $10^7$  циклов (рис. 4).

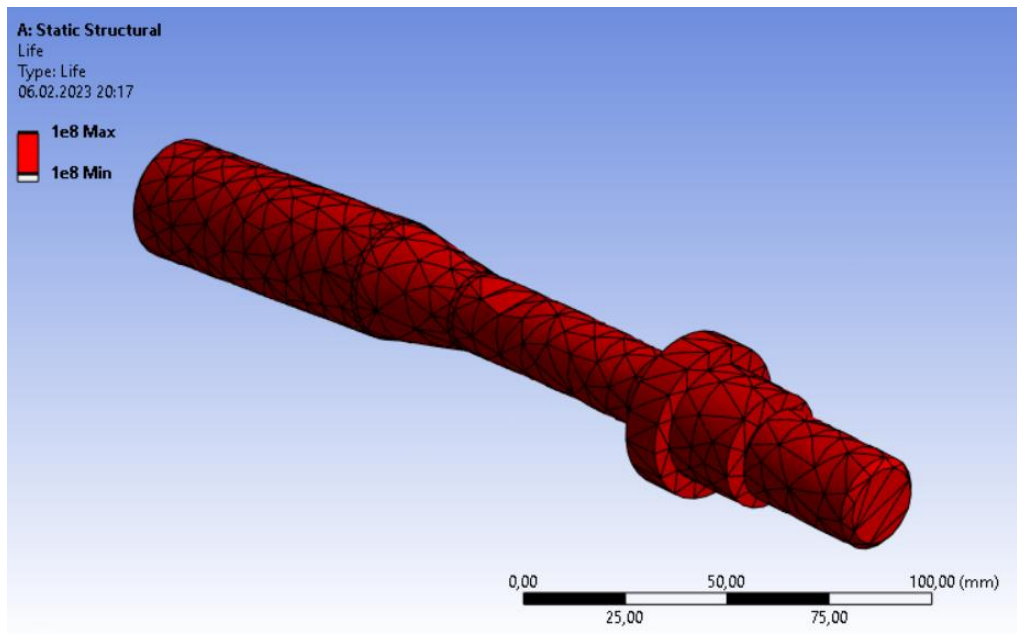


Рисунок 4 – Визуализация расчетов долговечности (Life)

2. Рассчитывался параметр Biaxiality Indication (Индикация двухосности), который показал, что значение индикации двухосности приближается к единице (рис. 5). Данные показывают, что практически во всем образце, и, в частности, опасных областях, деформированное состояние соответствует растяжению. Следовательно, использование выбранных данных о кривой усталости, полученных в случае циклического изгиба, было корректно.

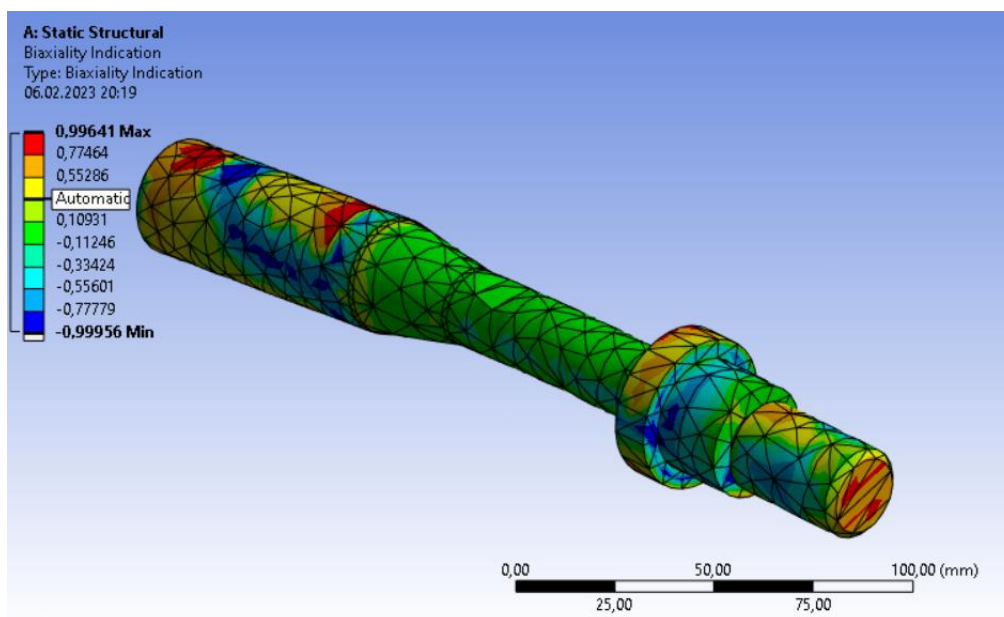


Рисунок 5 – Визуализация расчетов индикации двухосного состояния (Biaxiality Indication)

3. Рассчитывался параметр Safety Factor (Коэффициент запаса), который показал, что для заданных условий нагружения значение должно превышать единицу (рис. 6). В данном случае коэффициент запаса составил 11,03, что является допустимым значением.

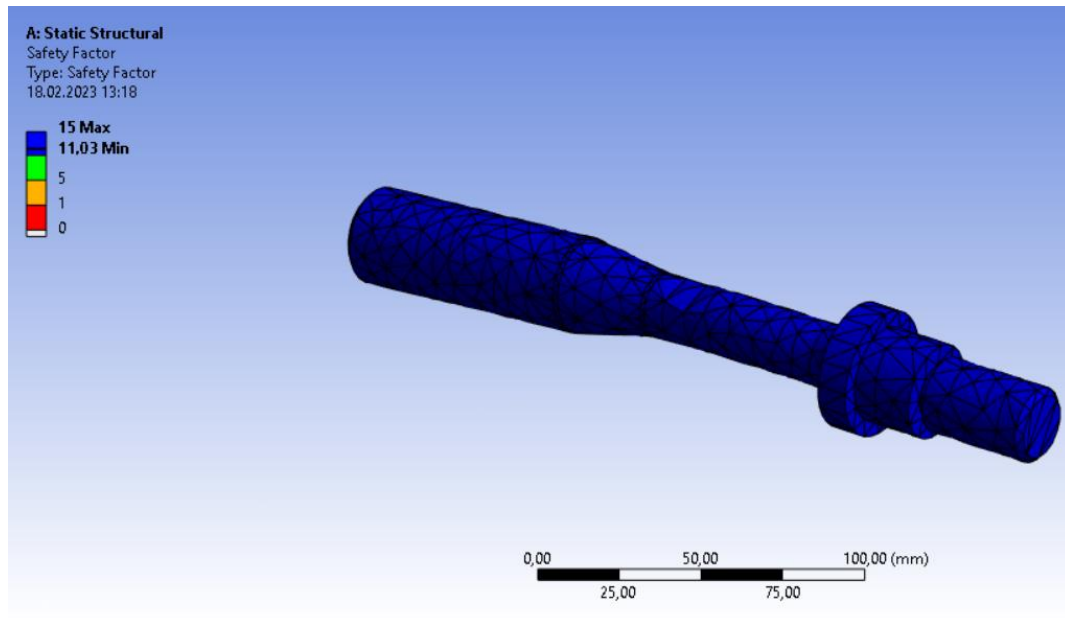


Рисунок 6 – Визуализация расчетов Safety Factor

4. Рассчитывался параметр Equivalent Alternating Stress (Эквивалентная амплитуда напряжений)  $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ , полученный после сведения к эквивалентному по повреждаемости симметричному циклу приведенных характеристик одноосного цикла нагружения. Значения представлены в МПа (рис. 7).

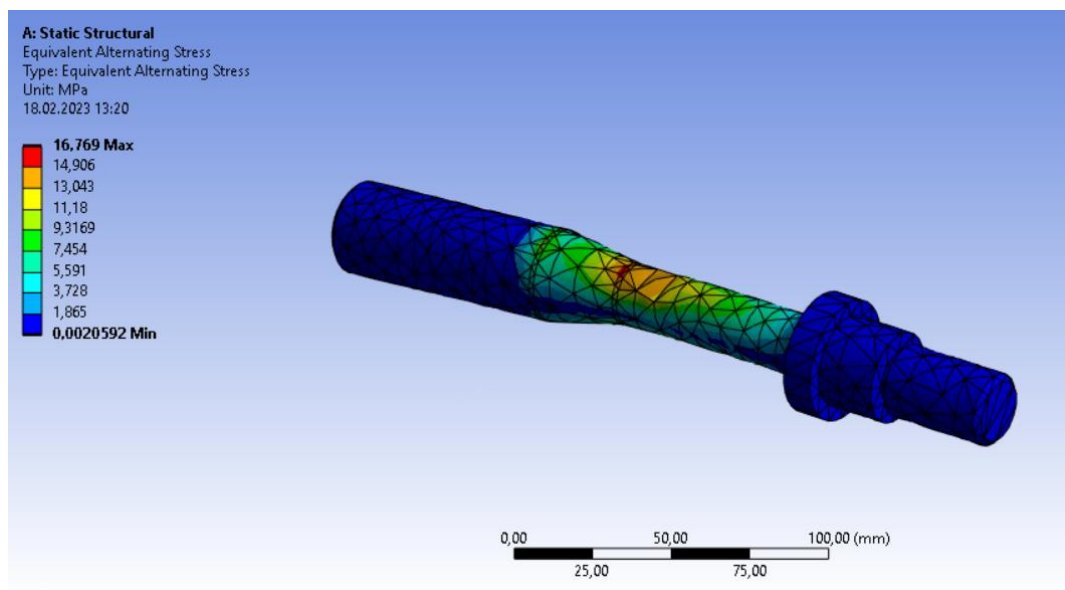


Рисунок 7 – Визуализация расчетов Equivalent Alternating Stress

Из результатов анализа, полученных с помощью ANSYS Fatigue Tool, можно сделать вывод о том, что выбранные параметры соответствуют допустимым значениям и позволяют определить долговечность изделия при циклическом нагружении. Результаты показывают, что изделие выдержит свыше 10 миллионов циклов нагружения, что подтверждает его высокую циклическую долговечность.

Также было рассчитано значение индикации двухосности, которое приближается к единице, что говорит о том, что практически во всем образце состояние соответствует растяжению. Коэффициент запаса составил 11,03, что является допустимым значением для данных условий нагружения.

Получено распределение напряжений в различных сечениях образца во время нагружения.

Таким образом, результаты, полученные с помощью ANSYS Fatigue Tool, позволяют определить параметры усталости и долговечности изделия при циклической нагрузке, что является важным для обеспечения безопасной и надежной работы конструкции.

#### Список литературы:

1. Блюменштейн В.Ю., Смелянский В.М. Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин. – М.: Машиностроение, – 2007. – 400 С. – ISBN 5-942-75342-9.
2. Смелянский В. М. Механика формирования поверхностного слоя деталей машин в технологических процессах поверхностного пластического деформирования : дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.08. - М., 1985. - 379 с.
3. Моделирование остаточных напряжений на разных этапах жизненного цикла изделий / В. Ю. Блюменштейн, М.С. Махалов – Вестник машиностроения, 2014. – 11с.
4. Рахимьянов Х. М., Семенова Ю. С., Третьяков М. А. Повышение качества поверхностного слоя деталей с покрытиями малой толщины из нанокристаллических порошков ультразвуковым пластическим деформированием //Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2011. – №. 3 (52). – С. 18-22.
5. Карзов Г.П., Марголин Б.З., Швецова В.А. Физико-механическое моделирование процессов разрушения – СПб. : Политехника, 1993. – 391 с.
6. Нерсиян Д.А., Блюменштейн В.Ю. Методика проведения расчетов характеристик усталостного нагружения в ANSYS FATIGUE TOOL // Инновации в машиностроении: материалы докладов XIII Международной научно-практической конференции ИнМаш-2022. Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2022. С. 109. URL: [https://journal.altstu.ru/konf\\_2022/2022\\_1/109/](https://journal.altstu.ru/konf_2022/2022_1/109/).