

УДК 631.7.04-197:631:7.019.8

В.О. ПОВГОРОДНИЙ

Институт проблем машиностроения НАН Украины им. А.Н. Подгорного, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ РОТОРА ЦИЛИНДРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

Рассмотрен метод определения температурных напряжений и перемещений с учетом температурного и динамического нагружений. Задача осесимметричная. Решается с использованием метода конечных элементов для ротора цилиндра высокого давления (ЦВД) паровой турбины. Постановка задачи двумерная. Решается с использованием комплекса программ ANSYS.

температура, напряжение, перемещение, диск, ротор, паровая турбина

Введение

В силу осесимметричности задачи, будем рассматривать поперечное сечение ротора [1], которое представлено на рис. 1.

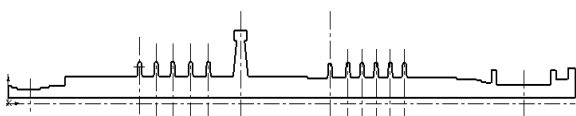


Рис. 1. Поперечное сечение ротора цилиндра высокого давления.

Материал ротора – сталь типа P2MA, с нелинейными физико-механическими характеристиками, зависящими от температуры. Все характеристики материала представлены на рис. 3 – 5.

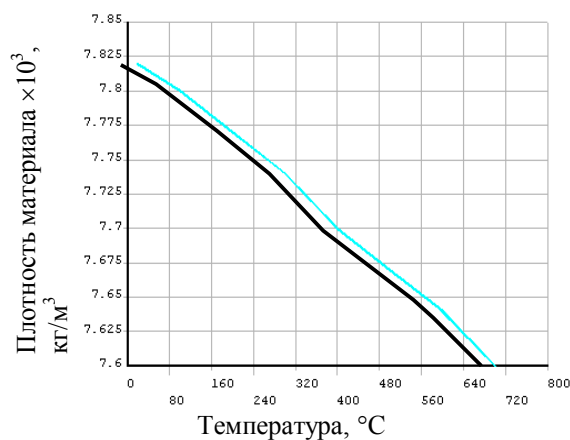


Рис. 2. Зависимость плотности материала от температуры

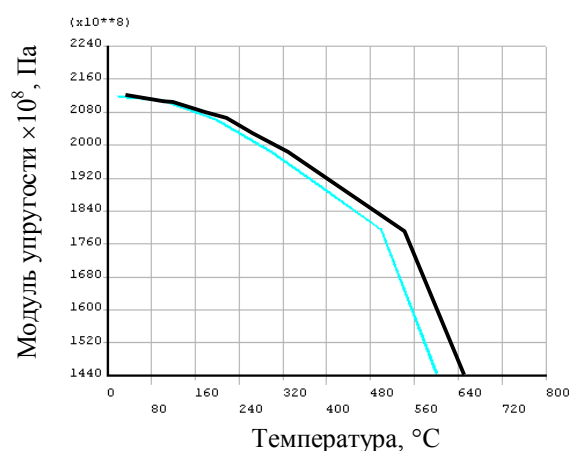


Рис. 3. Зависимость модуля упругости от температуры

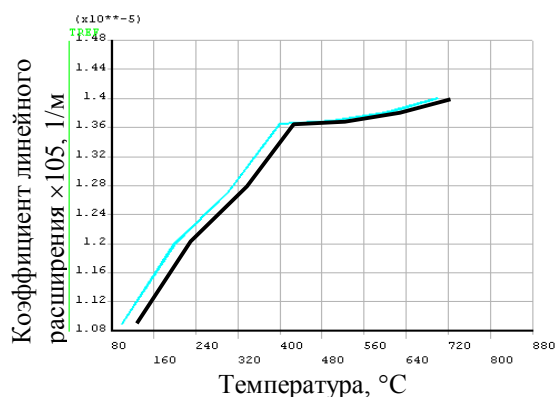


Рис. 4. Зависимость коэффициента линейного расширения от температуры

Формулирование проблемы. Определить значения температурных напряжений и деформаций (перемещений) при совместном действии темпера-

турных нагрузок и динамических (при вращении) ротора ЦВД. При расчетах используется метод конечных элементов (МКЭ) [2]. Цель – использовать в последующем результаты расчета для определения трещиностойкости и ресурса.

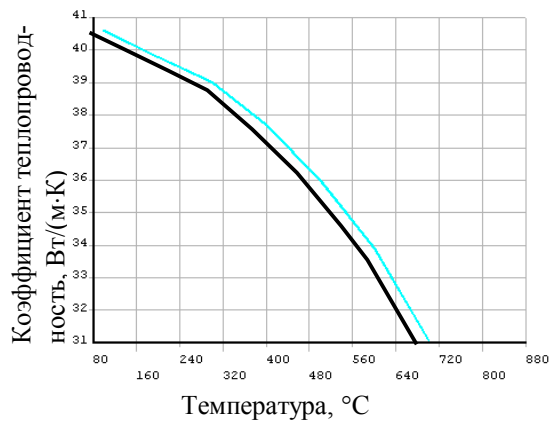


Рис. 5. Зависимость величины теплопроводности от температуры

Решение проблемы

Геометрическая модель сечения была выполнена в ПК SOLIDWORKS и импортирована в ПК ANSYS [3] для разбиения на конечные элементы и дальнейшего анализа. Конечно-элементная модель представлена на рис.6 и состоит из 1018 элементов.

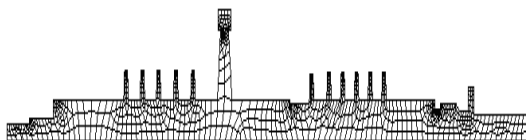


Рис. 6. Конечно-элементная модель сечения ротора

В качестве граничных условий выбирались температурные ГУ 3-го рода (температура рабочей среды и коэффициент интенсивности теплообмена) для пуска из холодного состояния на поверхности ротора в определенный моменты времени, а также невозможность перемещения в местах установки опорных подшипников, а также с учетом числа оборотов ротора 3000 об/мин.

Рассмотрим температуру ротора на некоторых поверхностях (рис. 7 – 18).

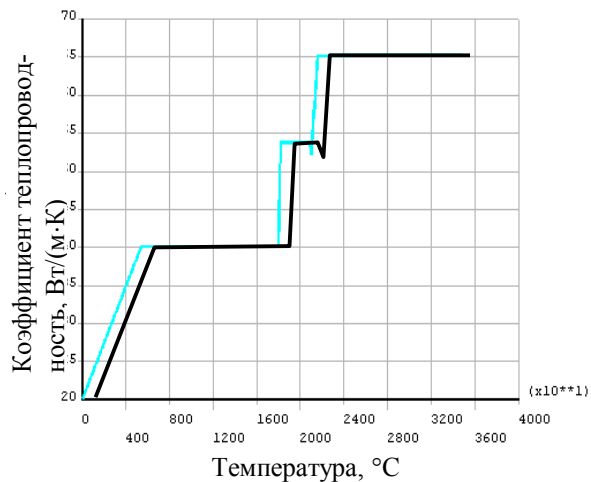


Рис. 7. Зависимость теплопроводности от температуры на поверхности вала в районе переднего опорного подшипника

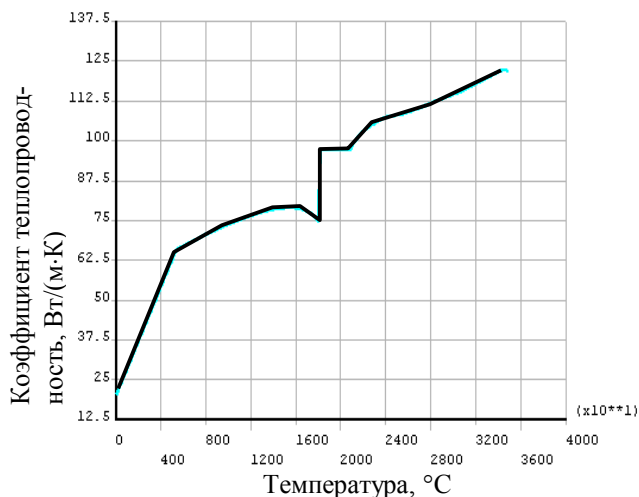


Рис. 8. Зависимость теплопроводности от температуры на поверхности вала в районе переднего уплотнения

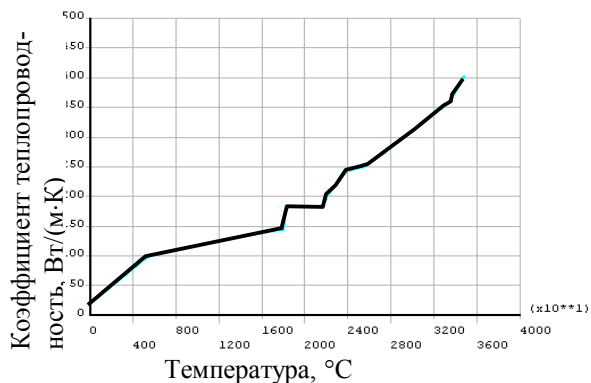


Рис. 9. Зависимость теплопроводности от температуры на поверхности вала в районе 2-го переднего уплотнения

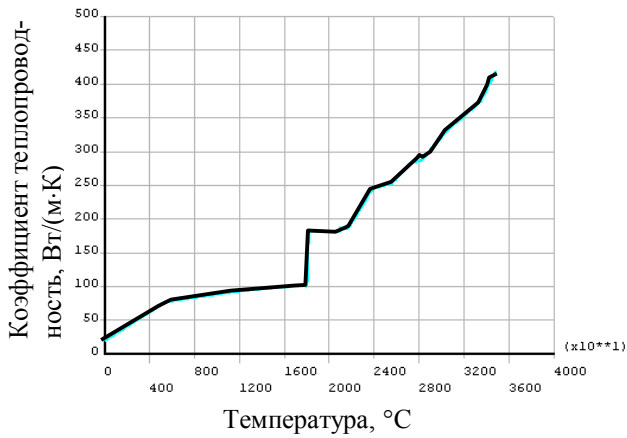


Рис. 10. Зависимость температуры на поверхности вала в районе 6-ой ступени

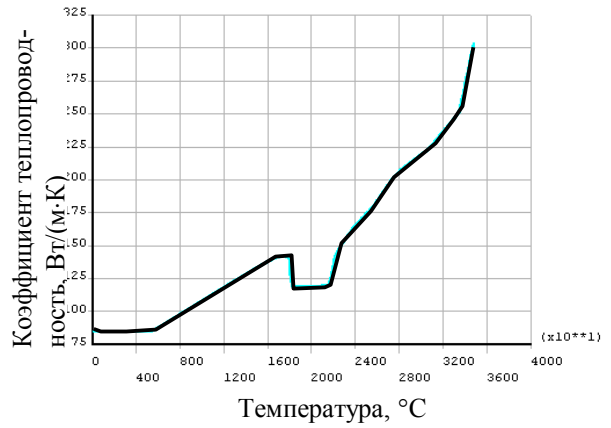


Рис. 13. Зависимость температуры на поверхности вала в районе заднего уплотнения

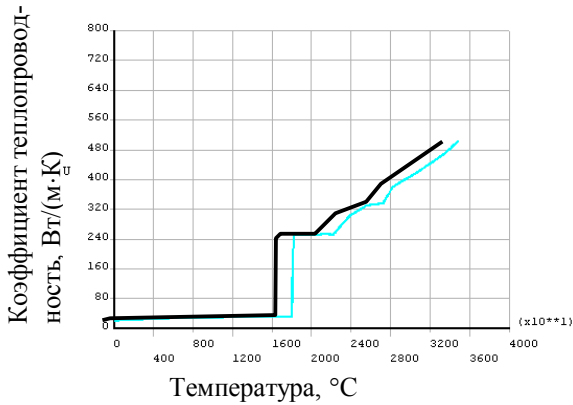


Рис. 11. Зависимость температуры на поверхности вала в районе регулирующей ступени

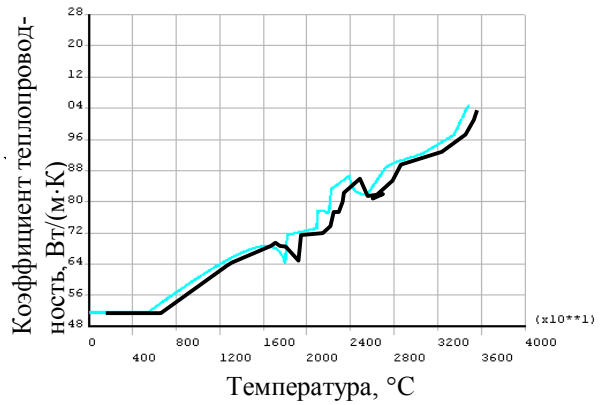


Рис. 14. Зависимость температуры на поверхности вала в районе заднего уплотнения

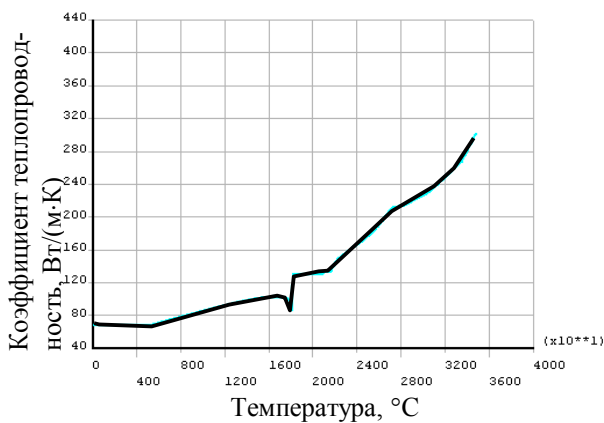


Рис. 12. Зависимость теплопроводности от температуры на поверхности вала в районе 12-ой ступени

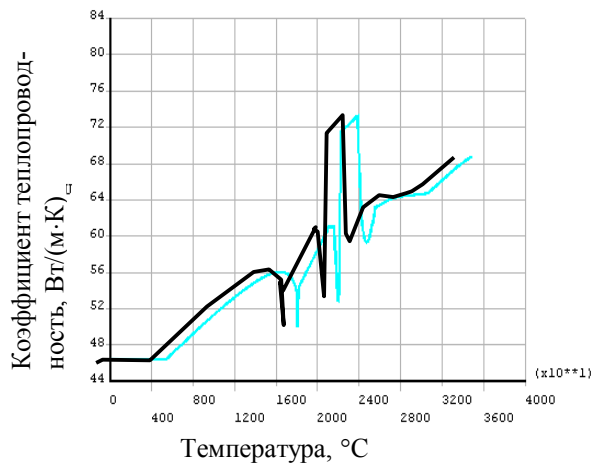


Рис. 15. Зависимость температуры на поверхности вала в районе заднего опорного подшипника

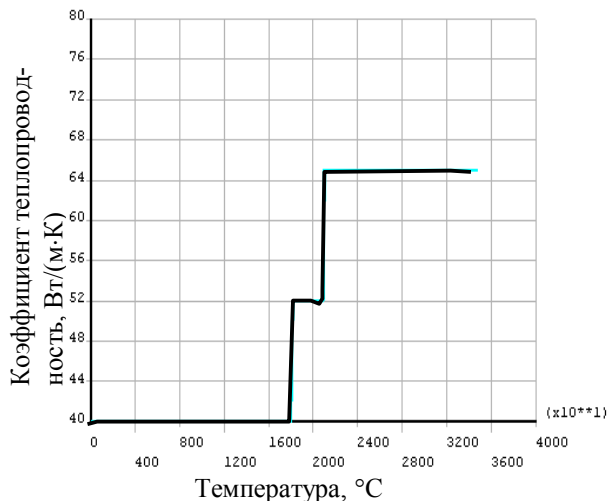


Рис. 16. Зависимость температуры на поверхности вала в районе заднего опорного подшипника

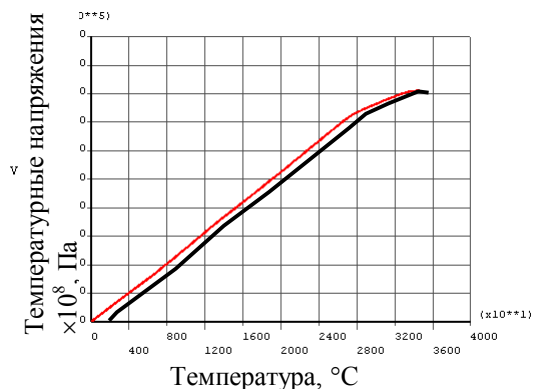


Рис 17. Эквивалентные напряжения Па (по Мизесу) в районе заднего опорного подшипника

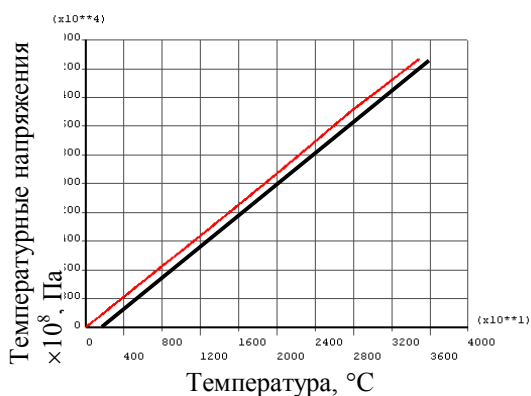


Рис. 18. Эквивалентные напряжения Па (по Мизесу) в районе заднего опорного подшипника

Как показывает теория и практика наиболее напряженными участками любой конструкции являются находящиеся районы крепления (опоры) конструкции. Места ротора в опорных подшипниках являются наиболее напряженными.

Заключение

Для определения температурных перемещений ротора паровой турбины используются известные зависимости для тел базовой геометрии, а именно, для диска ротора турбины, который можно сравнить с цилиндром. Для определения температурных напряжений используется метод конечных элементов. Расчеты проведены с использованием комплекса программ ANSYS. Основные результаты можно использовать в энергетическом машиностроении при расчетах показателей надежности элементов конструкций турбин, при термостроном расчете ротора, а также при расчете трещиностойкости и ресурса.

Литература

1. Щегляев А.В. Паровые турбины. – М.: Госэнергоиздат, 1976. – 368 с.
2. Тепловое состояние роторов и цилиндров паровых и газовых турбин / Под ред. К.П.Селезнева. – М.: Машиностроение, 1964. – 320 с.
3. Анализ напряженно-деформированного состояния авиационных конструкций с помощью системы ANSYS / А.Г. Гребенников, С.П. Светличный, В.Н. Король, В.Н. Анпилов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т. «ХАИ», CADGEM GmbH, АНТО «КНК», 2002. – Ч. 1. – 26 с.

Поступила в редакцию 2.06.2006

Рецензент: д-р техн. наук А.Л. Шубенко, Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины, Харьков.

