

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**«Обоснование параметров
дискового тормоза многоканатной
подъемной машины»**

**Выполнила:
студентка гр. ГМКм-13-1м**

Алёшина Т. Ю.

**Научный
руководитель:
профессор Заболотный К.С.**

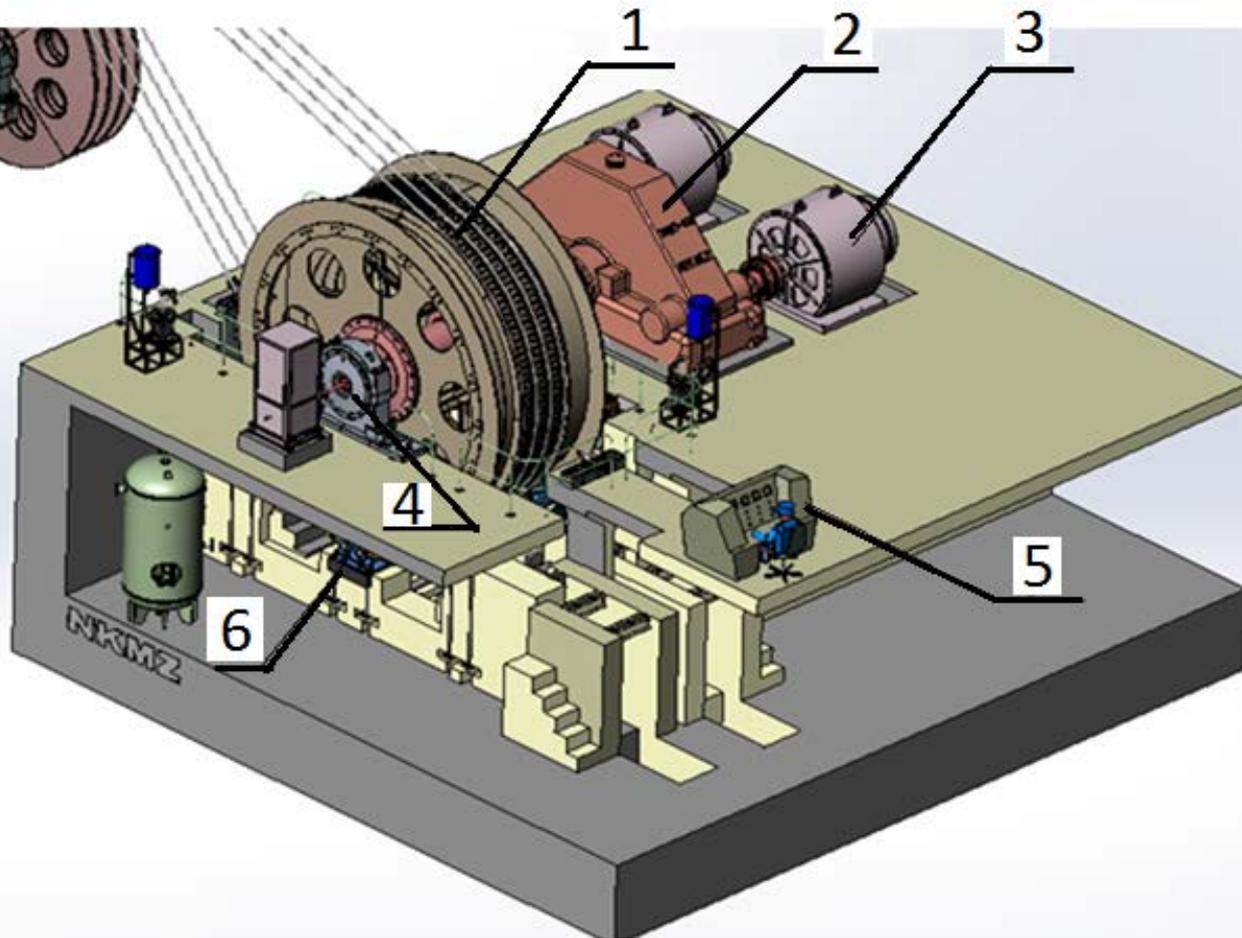
МНОГОКАНАТНАЯ ПОДЪЕМНАЯ МАШИНА

Преимущества многоканатных подъемных машин: меньший диаметр подъёмных канатов и канатоведущего шкива, компактность и малые размеры, возможность подъёма больших грузов с глубины до 1500-2000 м и др.

Распространение подъемных машин этого типа определяется значительными техническими преимуществами их, по сравнению с барабанными подъемными машинами.



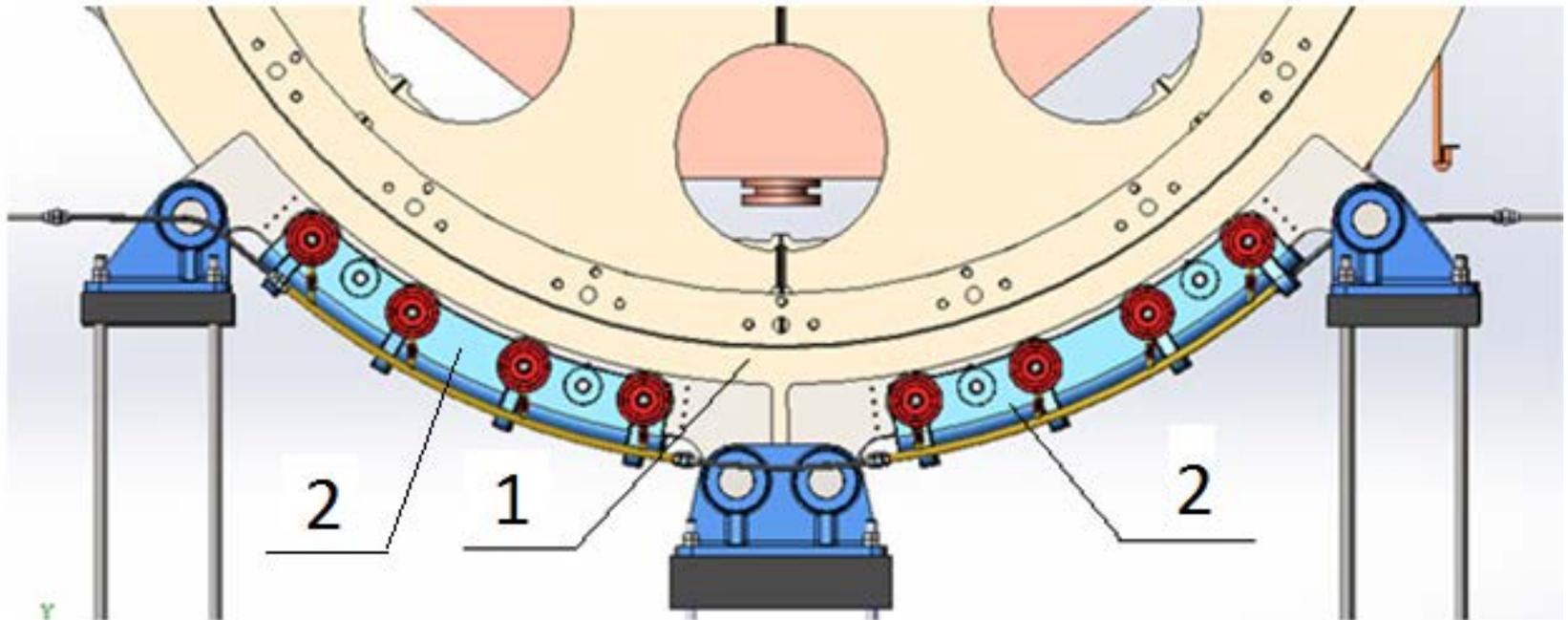
МНОГОКАНАТНАЯ ПОДЪЕМНАЯ МАШИНА



1. Канатоведущий шкив
2. Редуктор
3. Электродвигатель
4. Подшипники концевые
5. Пульт управления
6. Дисковый тормоз



ДИСКОВЫЙ ТОРМОЗ С ТОРМОЗНЫМ ДИСКОМ В СБОРЕ

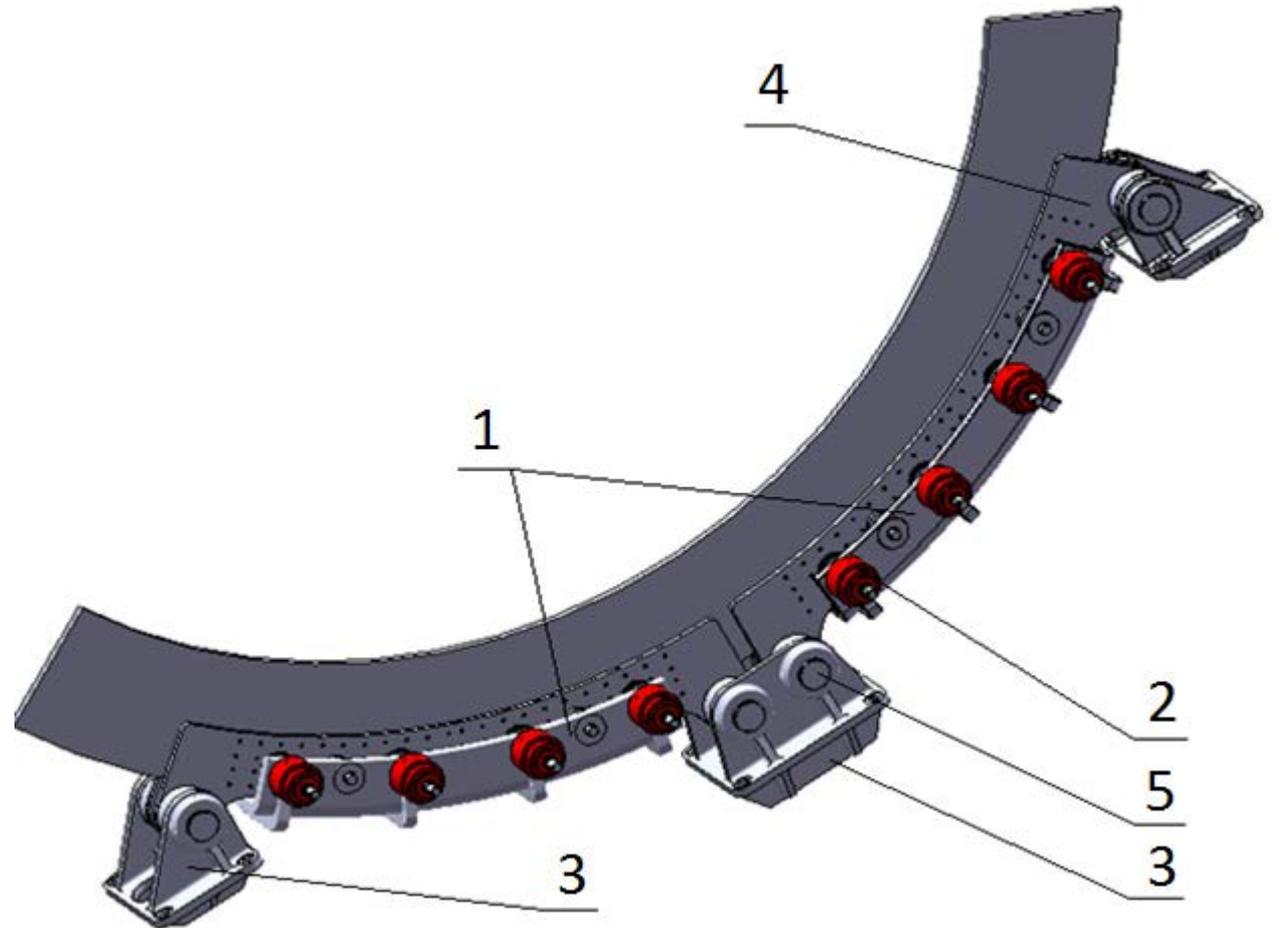


1. Тормозной диск
2. Узел дискового тормоза

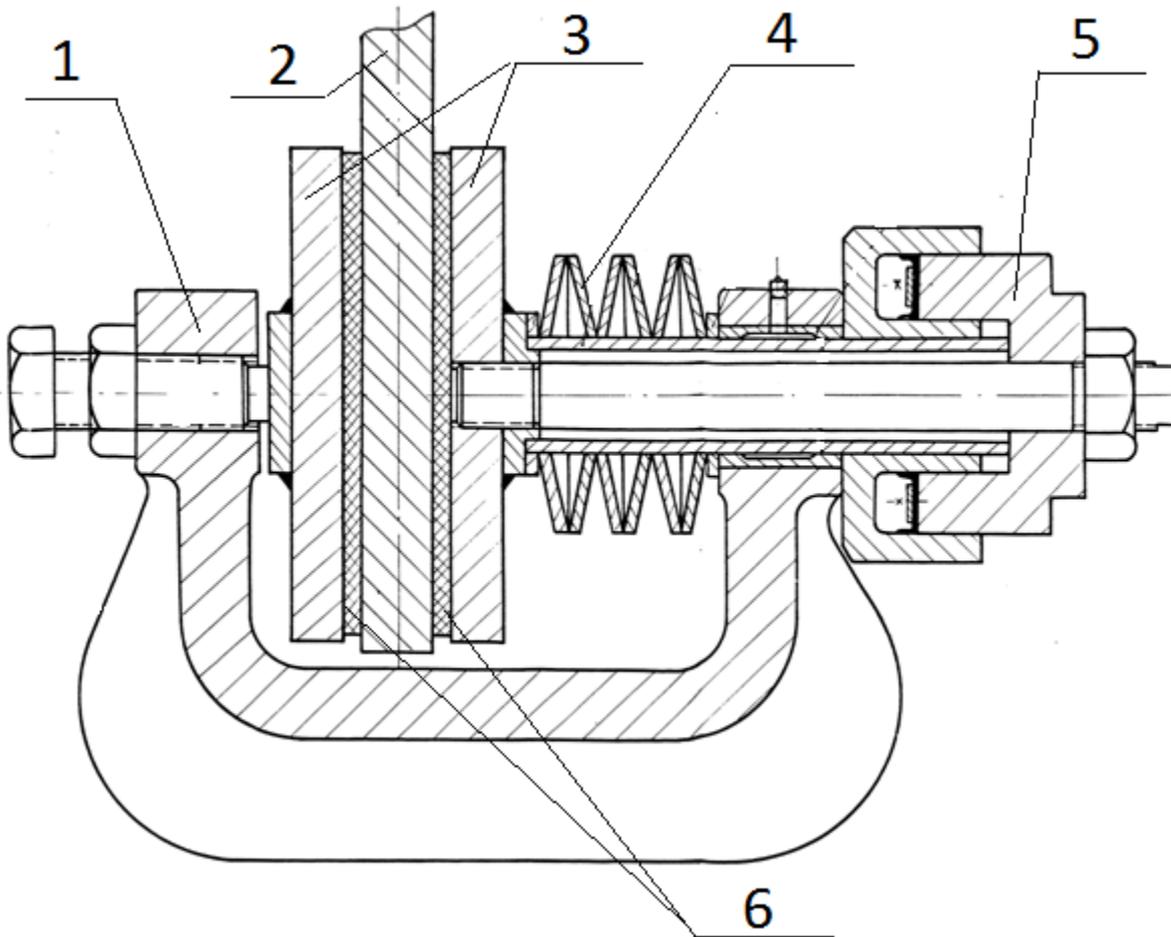


УЗЕЛ ДИСКОВОГО ТОРМОЗА

- 1 – корпус;
- 2 – цилиндр
дискового
тормоза;
- 3 – тормозная
стойка;
- 4 – щека;
- 5 – ось.



ЧЕРТЕЖ УЗЛА ДИСКОВОГО ТОРМОЗА В РАЗРЕЗЕ



1. Корпус
2. Тормозной диск
3. Щеки
4. Пружина тарельчатая
5. Цилиндр дискового тормоза
6. Фрикционные накладки

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ

Возможность возникновения аварийных ситуаций в связи с чрезмерным нагревом тормозных колодок и тормозного диска.



ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Тепловые процессы в дисковых тормозах при рабочем и предохранительном торможении.



ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Зависимость температуры тормозного диска от режима торможения, скорости движения подъема сосудов и параметров взаимодействия с внешней окружающей средой.



ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование тепловых явлений в дисковых тормозах для обоснования параметров дискового тормоза многоканатной подъемной машины.



ИДЕЯ РАБОТЫ

Комплексный учет наиболее значимых факторов при компьютерном моделировании тепловых процессов, возникающих при торможении машины.



Метод исследований - моделирование тепловых режимов в SolidWorks Simulation.

Достоверность полученных результатов основана на сравнении конечно-элементных расчетов на применяемой сетке с аналитическими решениями, представленными в «Верификационных задачах» и «Критериях NAFEMS», поставляемыми со стандартным пакетом SolidWorks Simulation Professional.



АНАЛИЗ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работах таких ученых как: Максименко В.К., Ильин П.Л., Белоус А.А., Богомоллов М.А., Буй Куанг Тхуан, Гаркуша Н.Г., Карпышев М.К. исследованы основные закономерности тепловых режимов, возникающих при торможении.

Остались не исследованными вопросы распределения температуры по тормозному ободу при предохранительном торможении, а также определения температурного поля, возникающего при установившемся тепловом режиме после многократного рабочего торможения и охлаждения.



ПОДЗАДАЧИ

1. Найти распределение температуры по секторам тормозного обода при предохранительном торможении для различных ускорений.

2. Определить температурное поле, возникающее при установившемся тепловом режиме после многократного рабочего торможения и охлаждения.



1 ПОДЗАДАЧА

1. Найти распределение температуры по секторам тормозного обода при предохранительном торможении для различных ускорений.

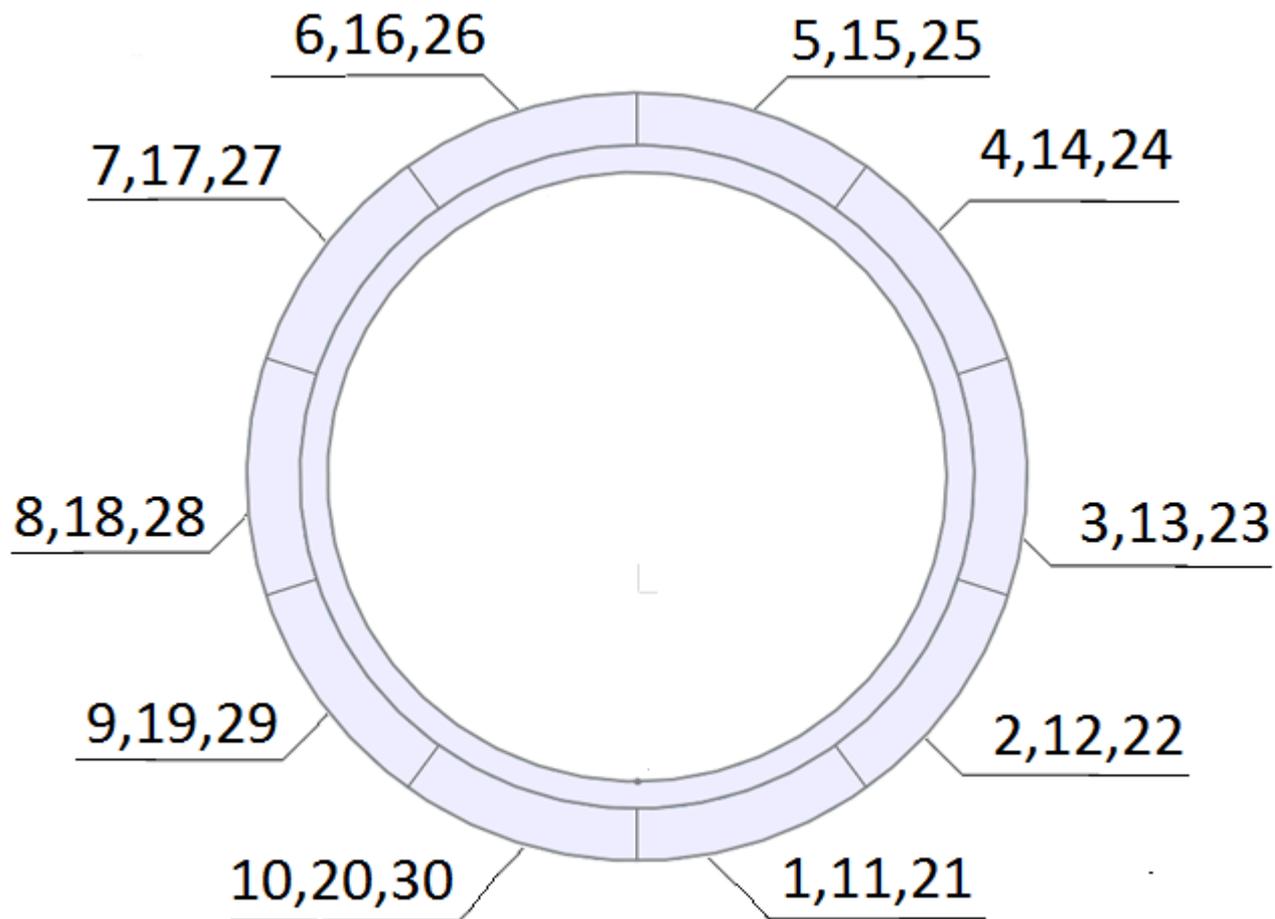


ДОПУЩЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПОДЗАДАЧИ 1

- Считаем что весь поток тепла уходит в обод
- Коэффициент излучения 1
- Коэффициент теплоотдачи конвекцией в воздушную среду $6 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$



НУМЕРАЦИЯ СЕКТОРОВ



Исходные параметры для режима предохранительного торможение

Количество секторов	$N=10$ шт.	$N=30$ шт.
Ускорение	$a = 3 \text{ м/с}^2$	$a = 1 \text{ м/с}^2$
Линейная скорость в начале предохранительного торможения диска по его среднему радиусу	$V_0 = 10 \text{ м/с}$	
Масса, приведенная к окружности шкива подвижных частей ПУ	$m_{\text{уст}} = 256643 \text{ кг.}$	
Длина дуги сектора L :	$L = 1,654 \text{ м.}$	

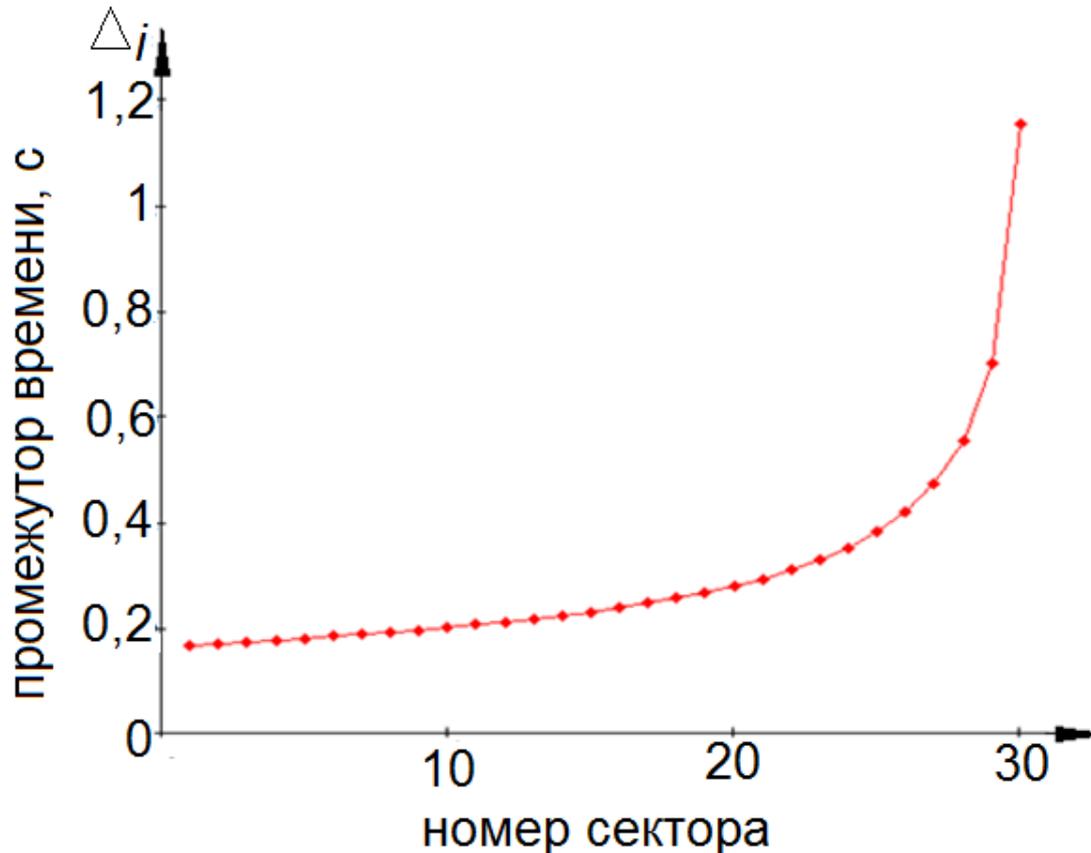
**РАЗНОСТЬ КИНЕТИЧЕСКИХ ЭНЕРГИЙ ВСЕХ
ПОДВИЖНЫХ ЧАСТЕЙ МАШИНЫ В НАЧАЛЕ И КОНЦЕ
ПРОХОЖДЕНИЯ i -ОГО СЕКТОРА ТОРМОЗНОГО ДИСКА
ЧЕРЕЗ ТОРМОЗНЫЕ НАКЛАДКИ ЯВЛЯЕТСЯ
ПОСТОЯННОЙ:**

$$K_i = [(V_{i-1})^2 - (V_i)^2] \cdot \frac{m_{уст}}{2}$$



ПРОМЕЖУТОК ВРЕМЕНИ ПРОХОЖДЕНИЯ I-ОГО СЕКТОРА ТОРМОЗНОГО ДИСКА ЧЕРЕЗ ТОРМОЗНЫЕ НАКЛАДКИ:

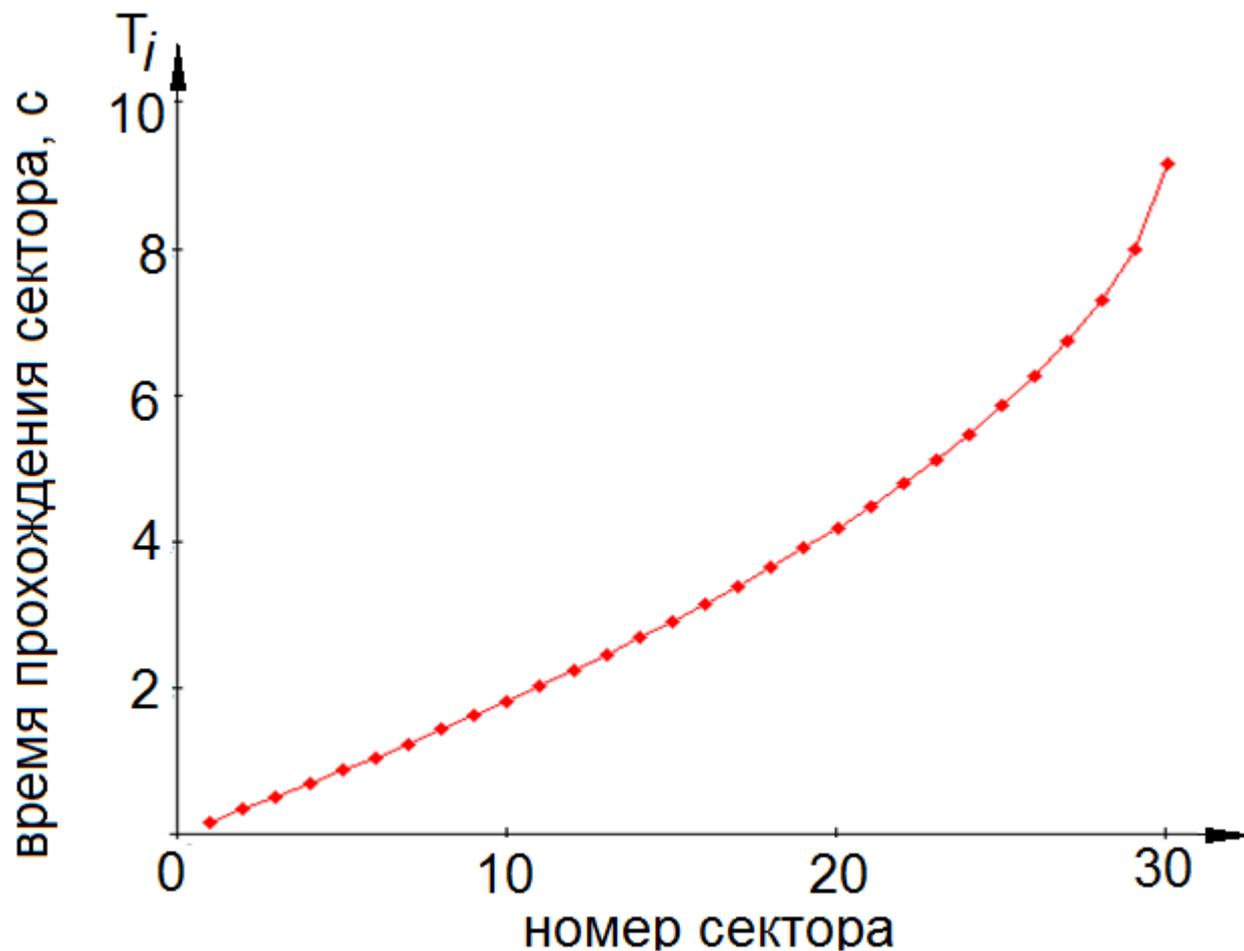
$$\Delta_i = \frac{V_{i-1} - \sqrt{(V_{i-1})^2 - 2 * a * L}}{a}$$



ВРЕМЯ ПРОХОЖДЕНИЯ i -ОГО СЕКТОРА ТОРМОЗНОГО

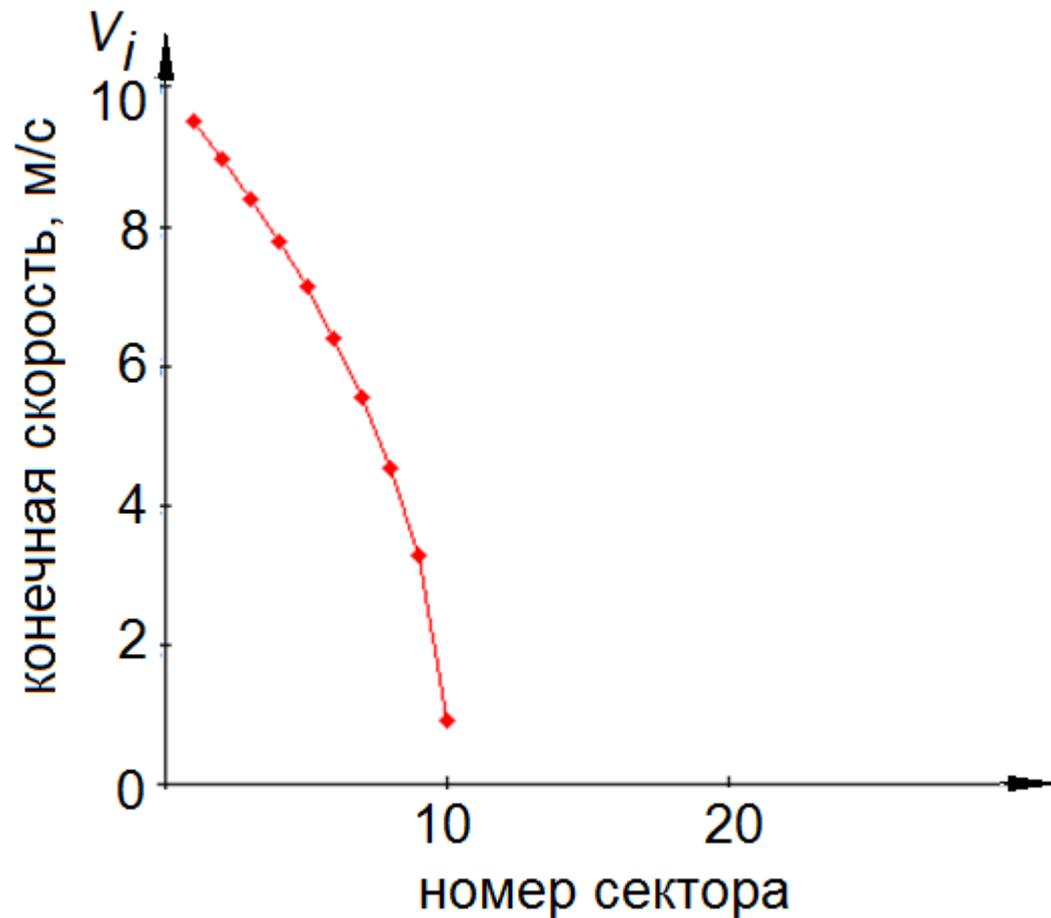
ДИСКА ЧЕРЕЗ ТОРМОЗНЫЕ НАКЛАДКИ:

$$T_i = T_{i-1} + \Delta_i$$



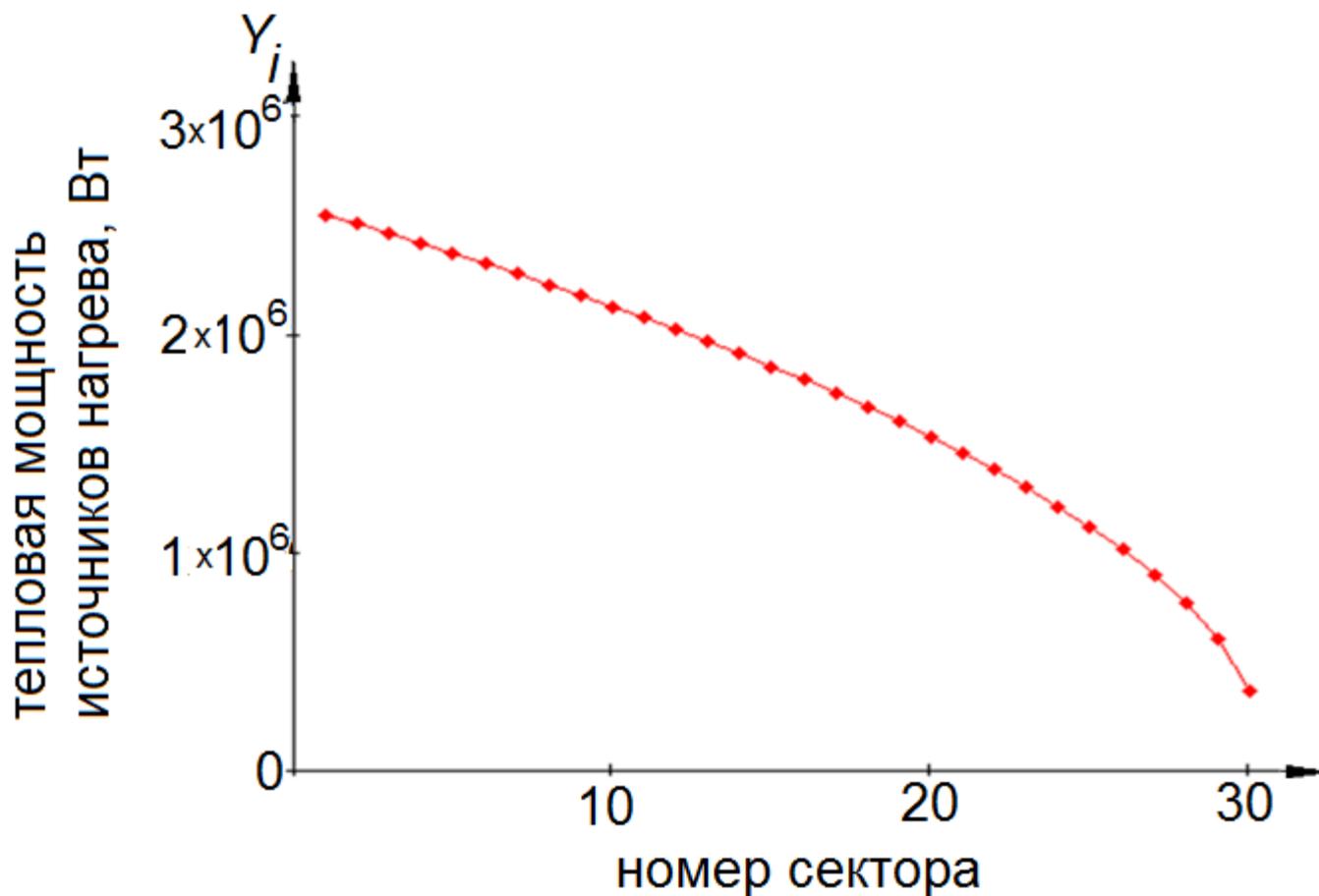
КОНЕЧНАЯ СКОРОСТЬ ПРОХОЖДЕНИЯ I-ОГО СЕКТОРА:

$$V_i = V_o - a * T_i$$

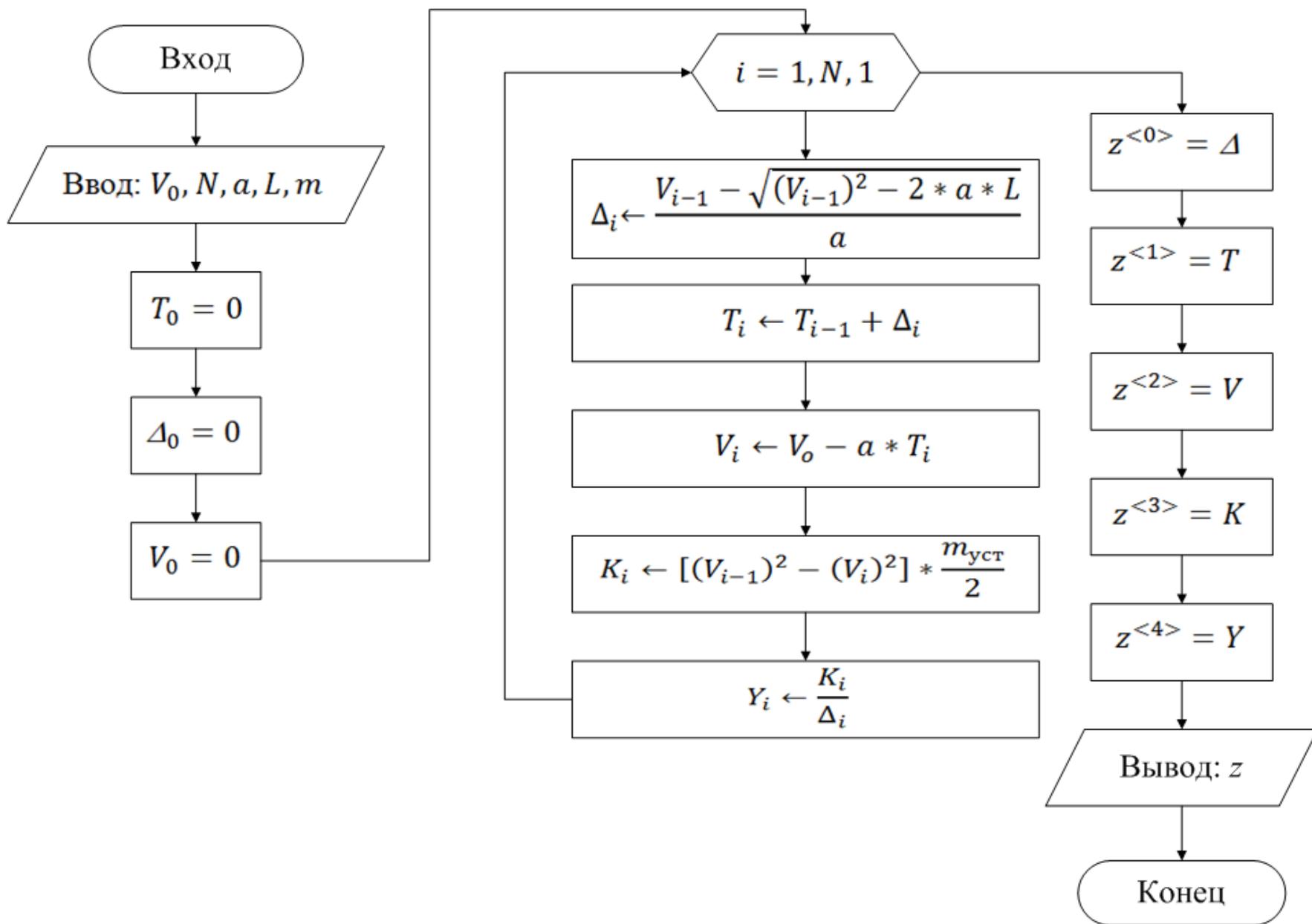


МОЩНОСТЬ НАГРЕВА, СООТВЕТСТВУЮЩАЯ ПРОХОЖДЕНИЮ I -ОГО СЕКТОРА:

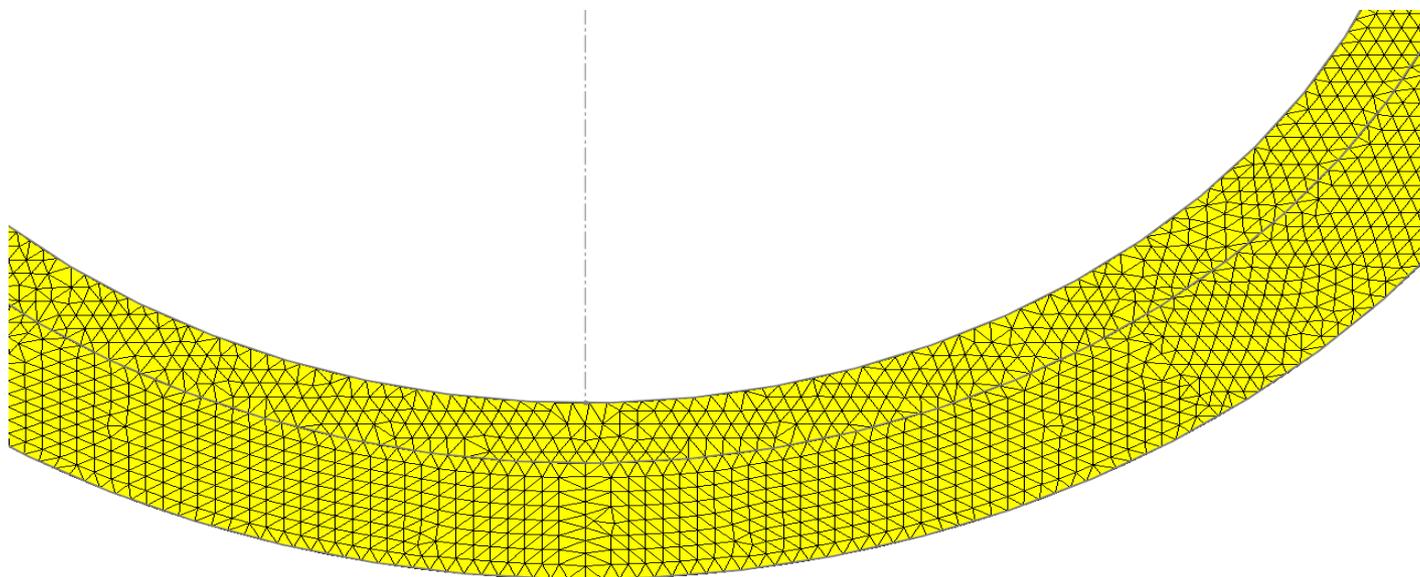
$$Y_i = \frac{K_i}{\Delta_i}$$



Блок-схема расчета температуры обода



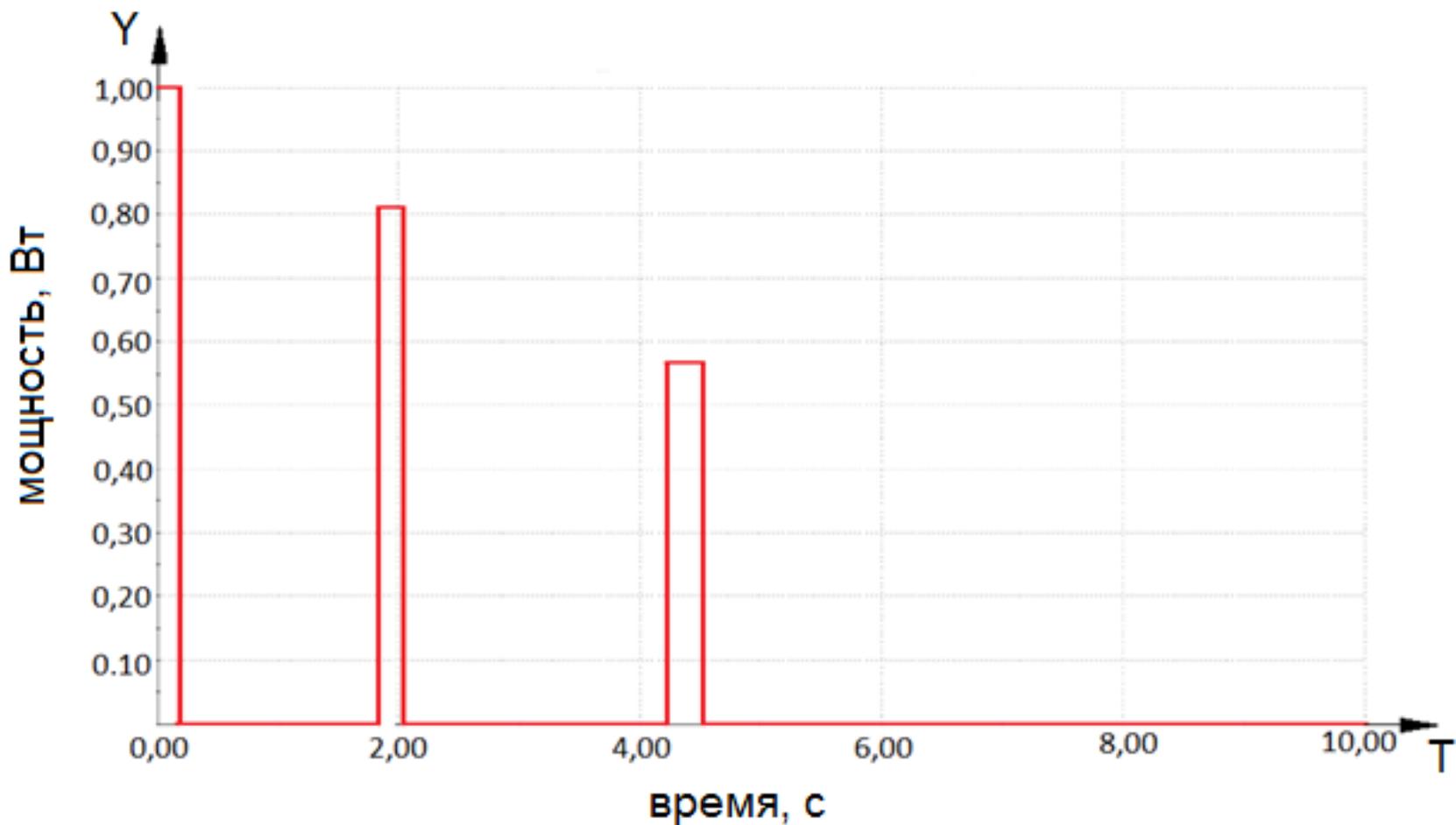
КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ СЕТКА ФРАГМЕНТА ТОРМОЗНОГО ДИСКА



- Размер сетки 45,55 мм
- Качество сетки: высокое



Тепловая мощность источников нагрева 1, 11, 21 секторов, с ускорением 1 м/с²:



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В СЕКТОРАХ ПОСЛЕ ТОРМОЖЕНИЯ С УСКОРЕНИЕМ 1 М/С²

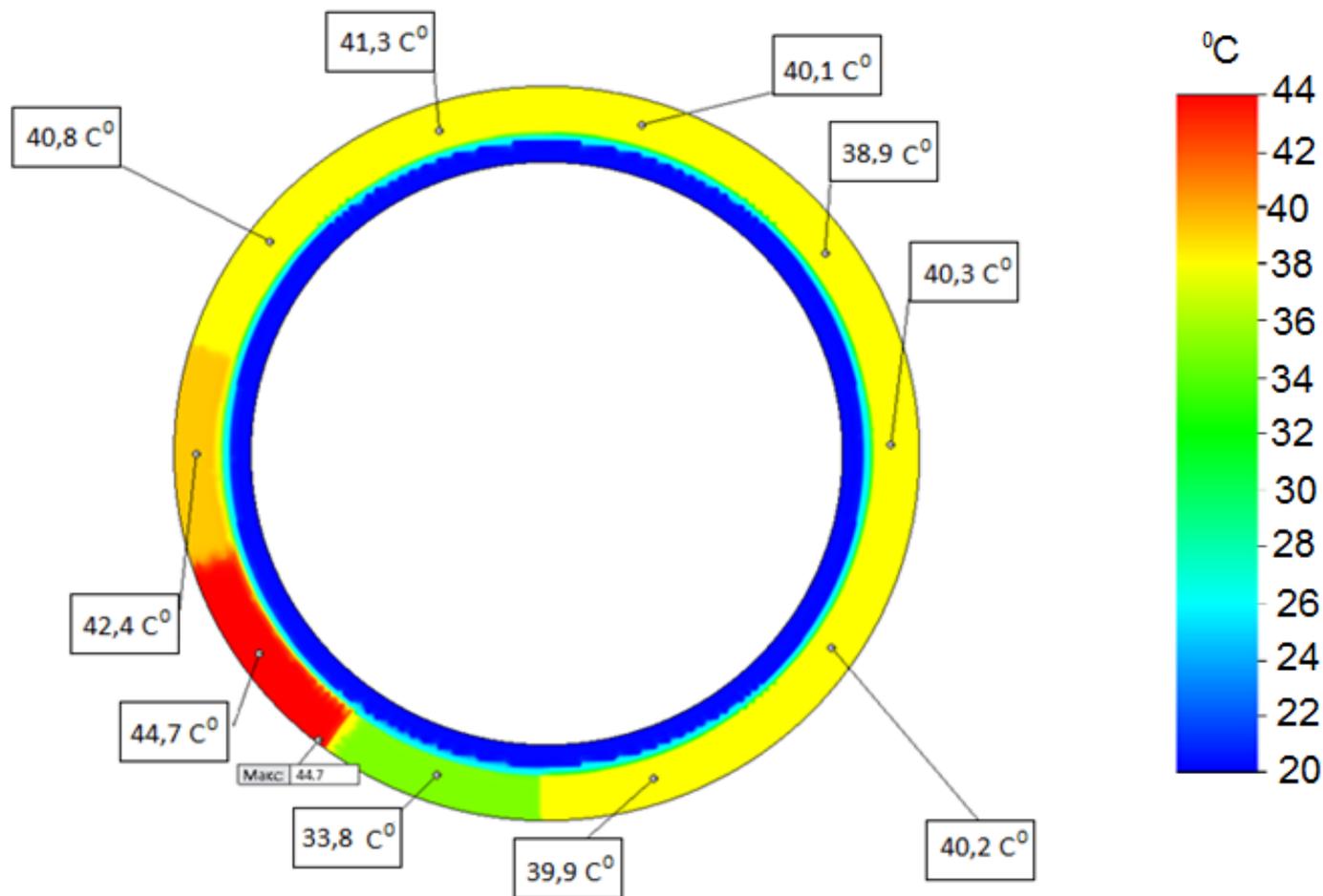
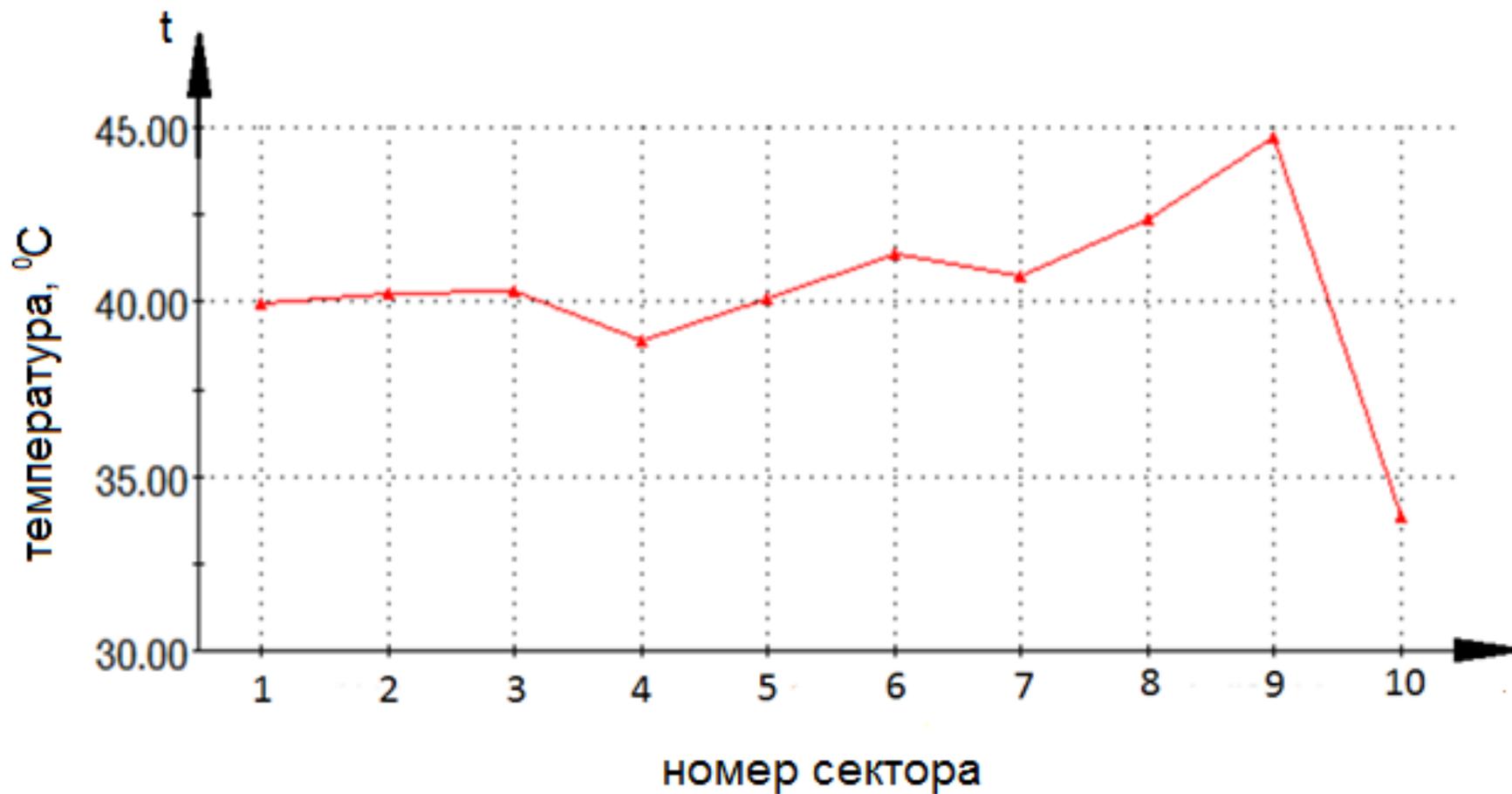
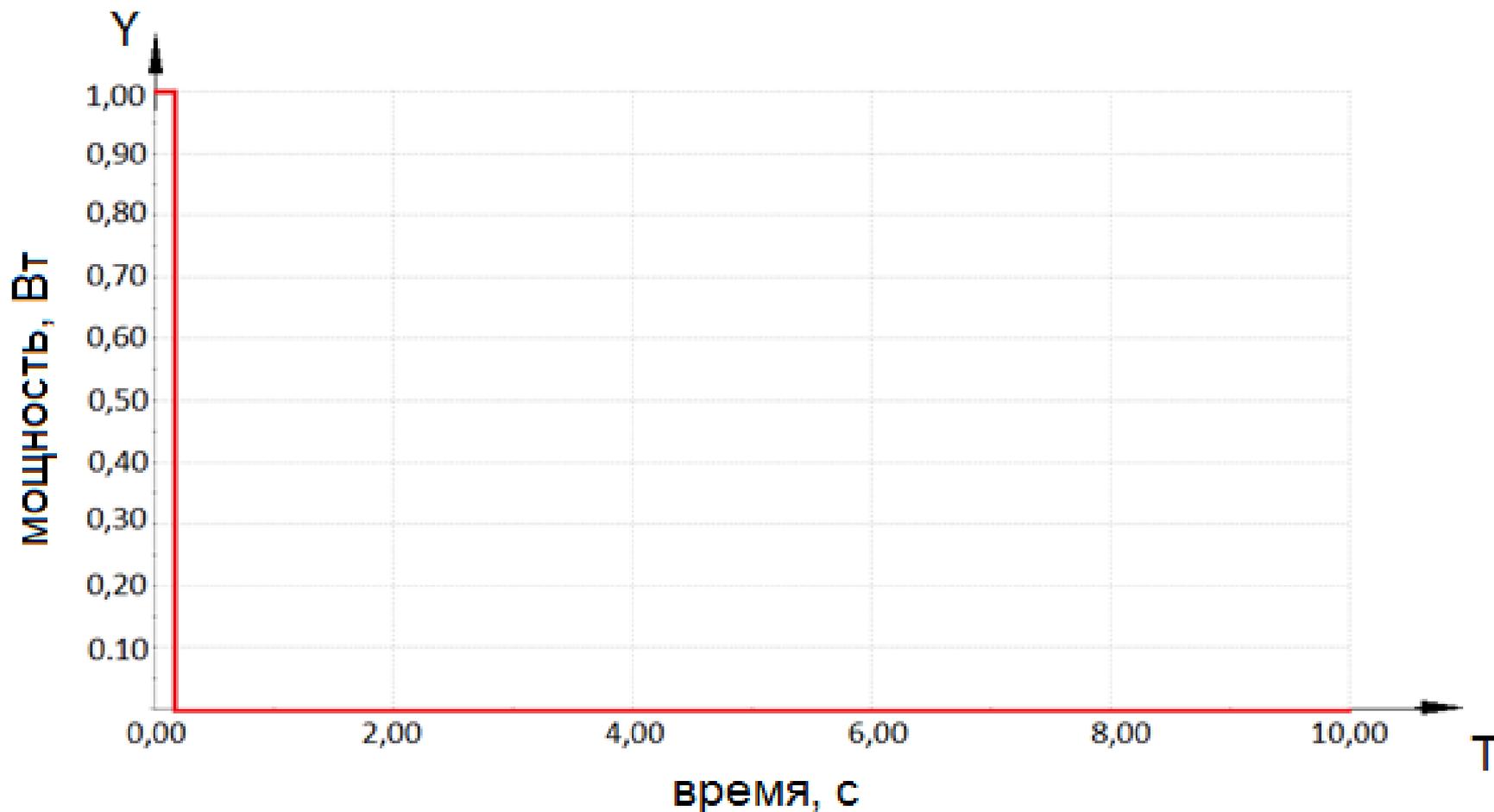


График распределения температур



Тепловая мощность источников нагрева 1 сектора, с ускорением 3 м/с^2 :



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В СЕКТОРАХ ПОСЛЕ ТОРМОЖЕНИЯ С УСКОРЕНИЕМ 3 м/с^2

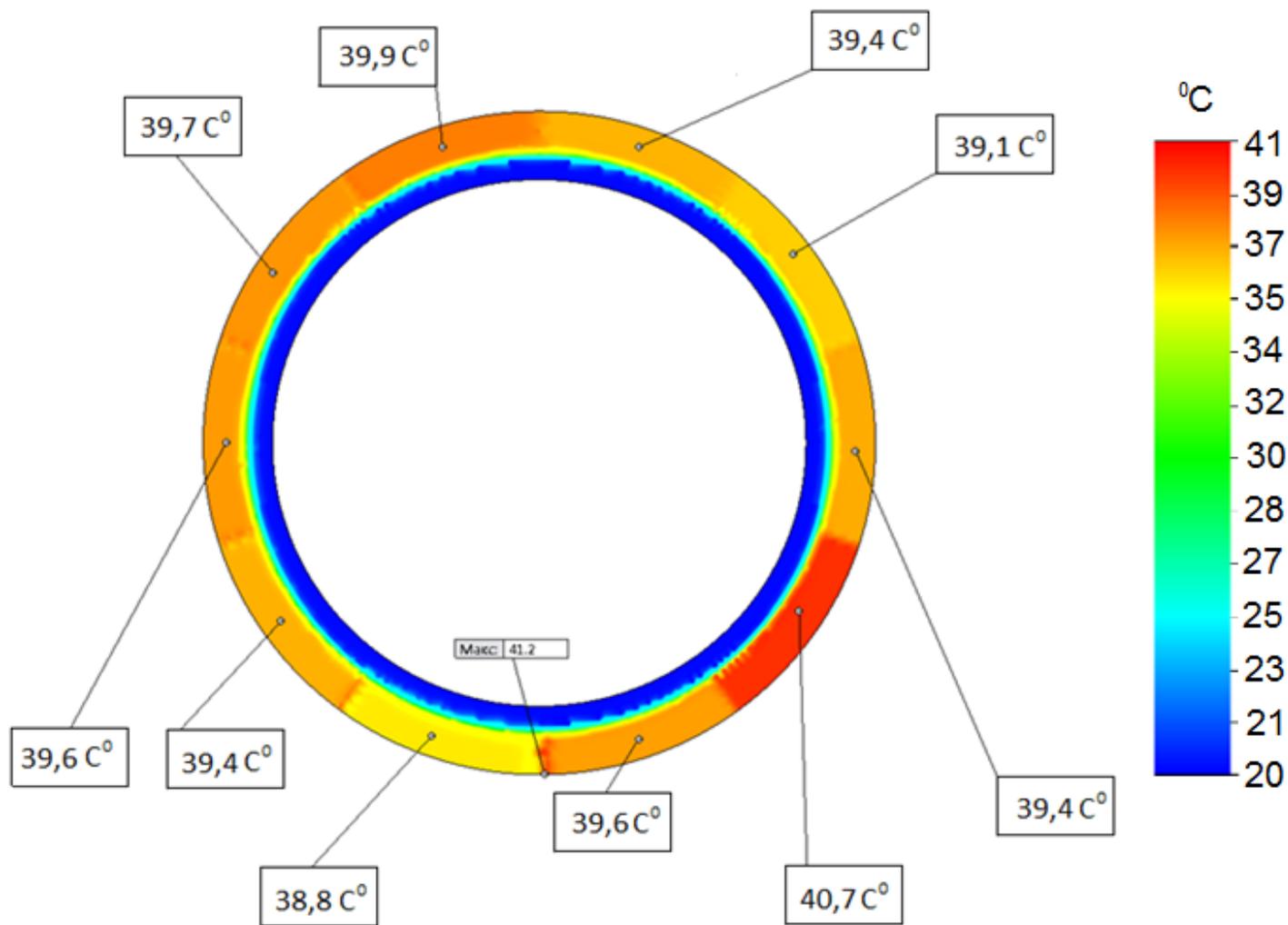
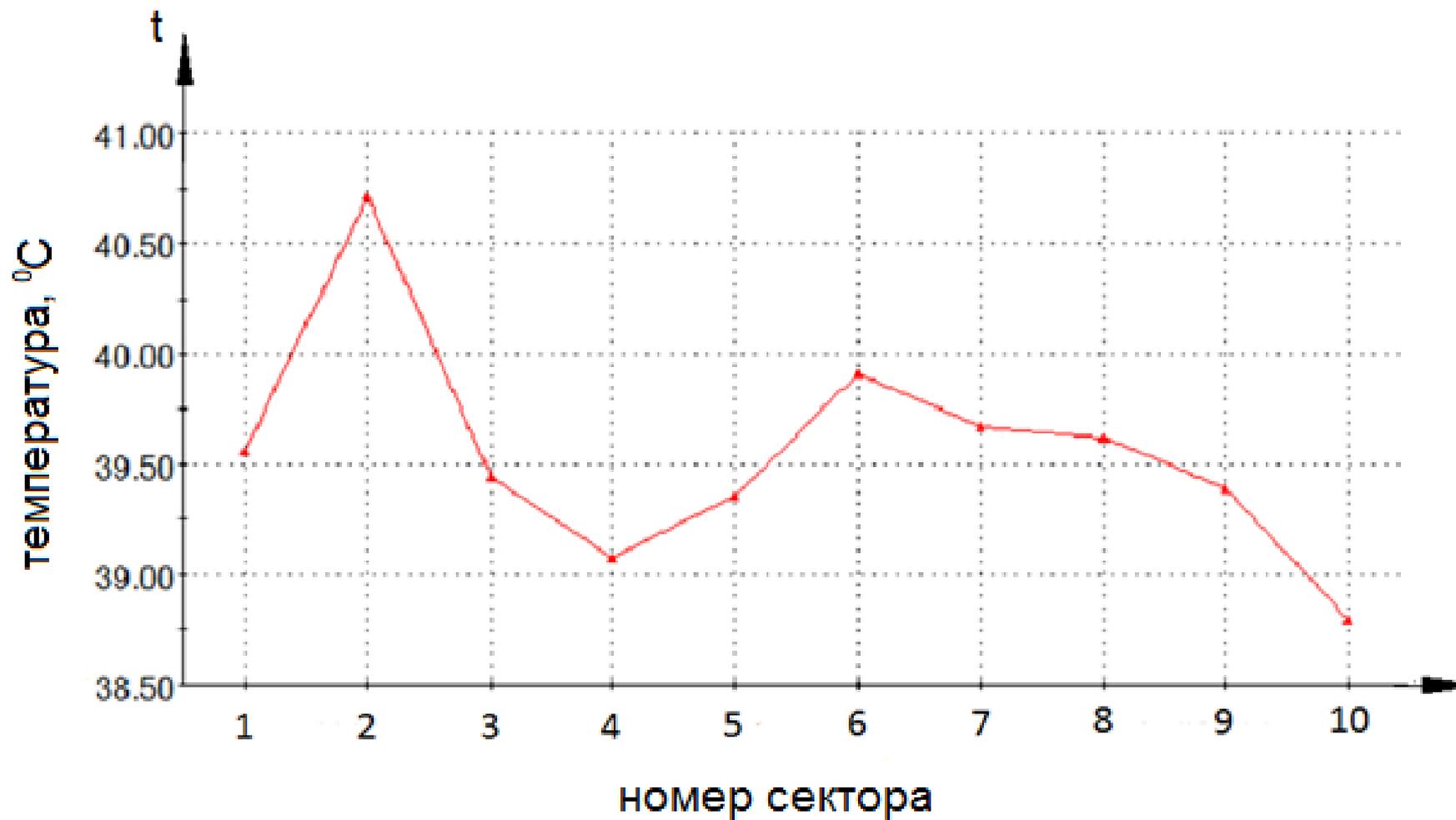


График распределения температур



ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ПОДЗАДАЧЕ:

- При однократном торможении температура полностью зависит от количества тепла, т.е. от кинетической энергии движения подвижных частей установки.
- С погрешностью 0,9% можно не учитывать излучение.
- Независимо от величины замедления температурное поле по ободу является равномерным и с погрешностью 2,3% составляет для рассмотренной машины 40°C.



2 подзадача

2. Определить температурное поле, возникающее при установившемся тепловом режиме после многократного рабочего торможения и охлаждения

2.1 Расчет температурного поля при случае перегона пустых сосудов

2.2 Случай подъема груза с противовесом



ДОПУЩЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПОДЗАДАЧИ 2

- Нагрев тормозного диска происходит осисеметрично.
- Отсутствует динамическое торможение



ИСХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ РЕЖИМА РАБОЧЕГО ТОРМОЖЕНИЯ

Время охлаждения	$t_{\text{охл}} = 111 \text{ с}$
Время торможения	$t_{\text{наг}} = 10 \text{ с}$
Общее количество кинетической энергии	$K = 1,2832 \cdot 10^7 \text{ Дж}$
Потенциальная энергия при торможении	$\Pi = 1,22625 \cdot 10^7 \text{ Дж}$



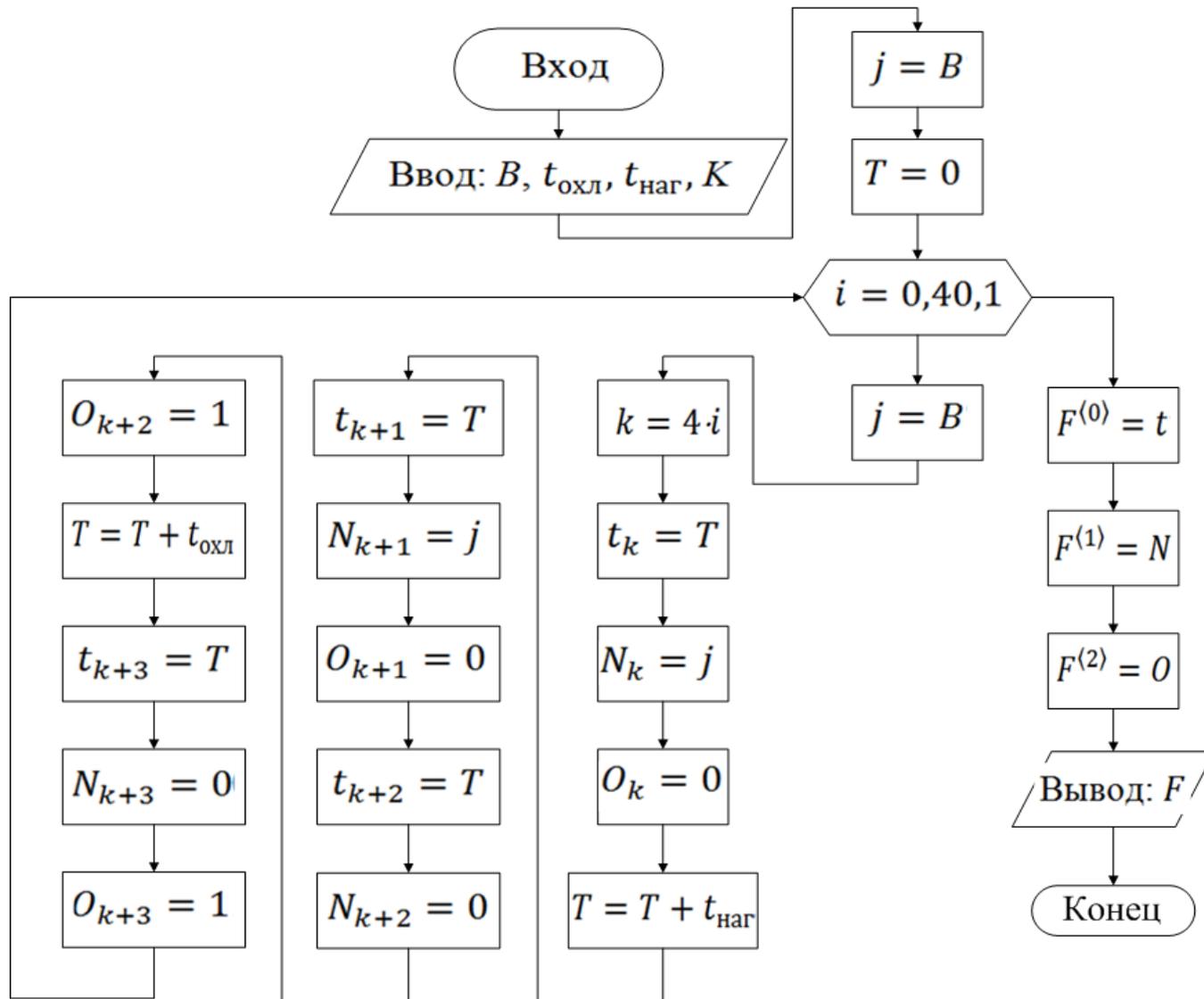
2.1 РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ДЛЯ СЛУЧАЯ ПЕРЕГОНА ПУСТЫХ СОСУДОВ

Постановка задачи: рассмотрим последовательно чередующееся торможение системы (нагрев диска) - время 10 с и подъем (охлаждение диска) – время 110 с до тех пор, пока нагрев диска не выйдет на установившийся тепловой режим.

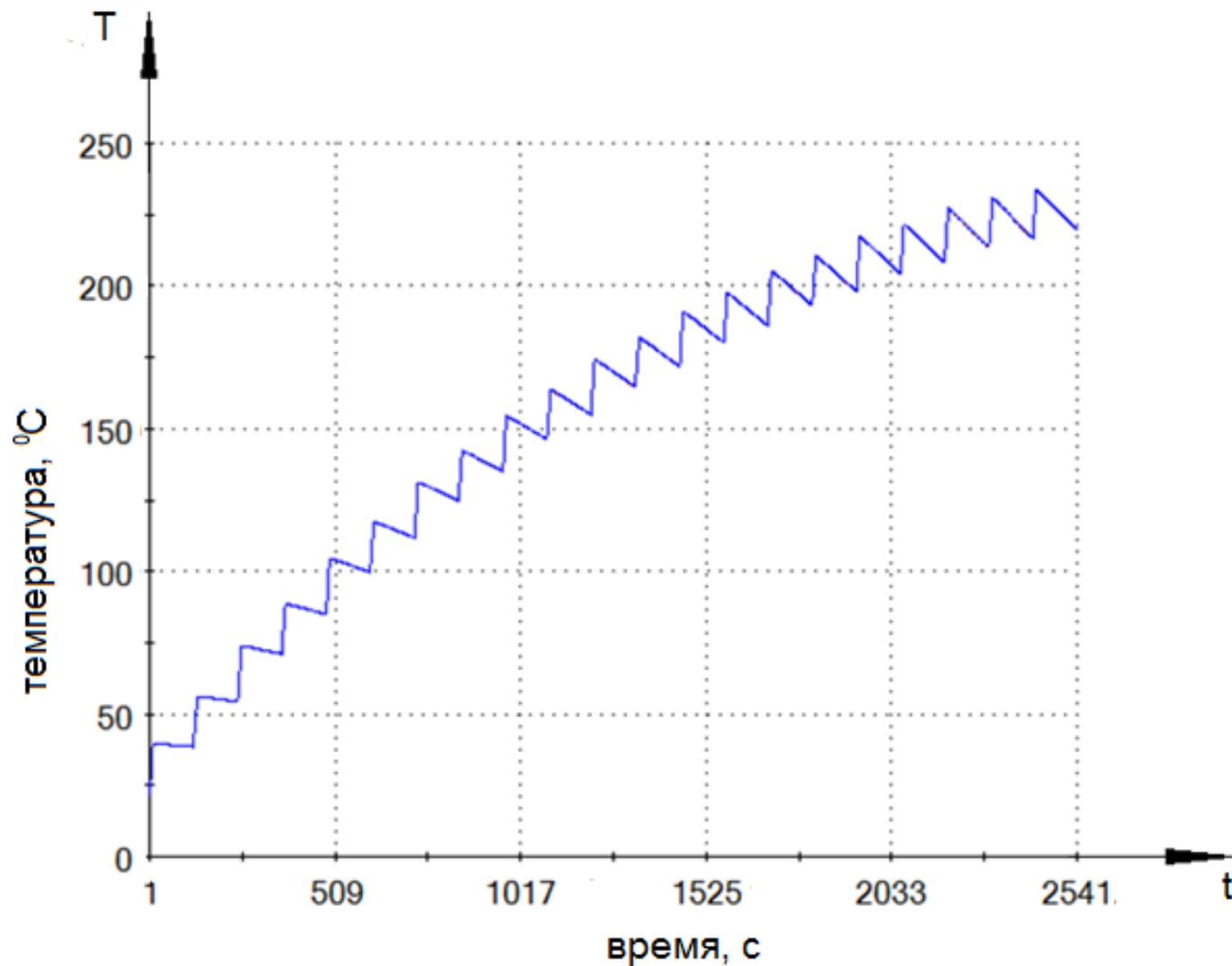


2.1 БЛОК-СХЕМА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ

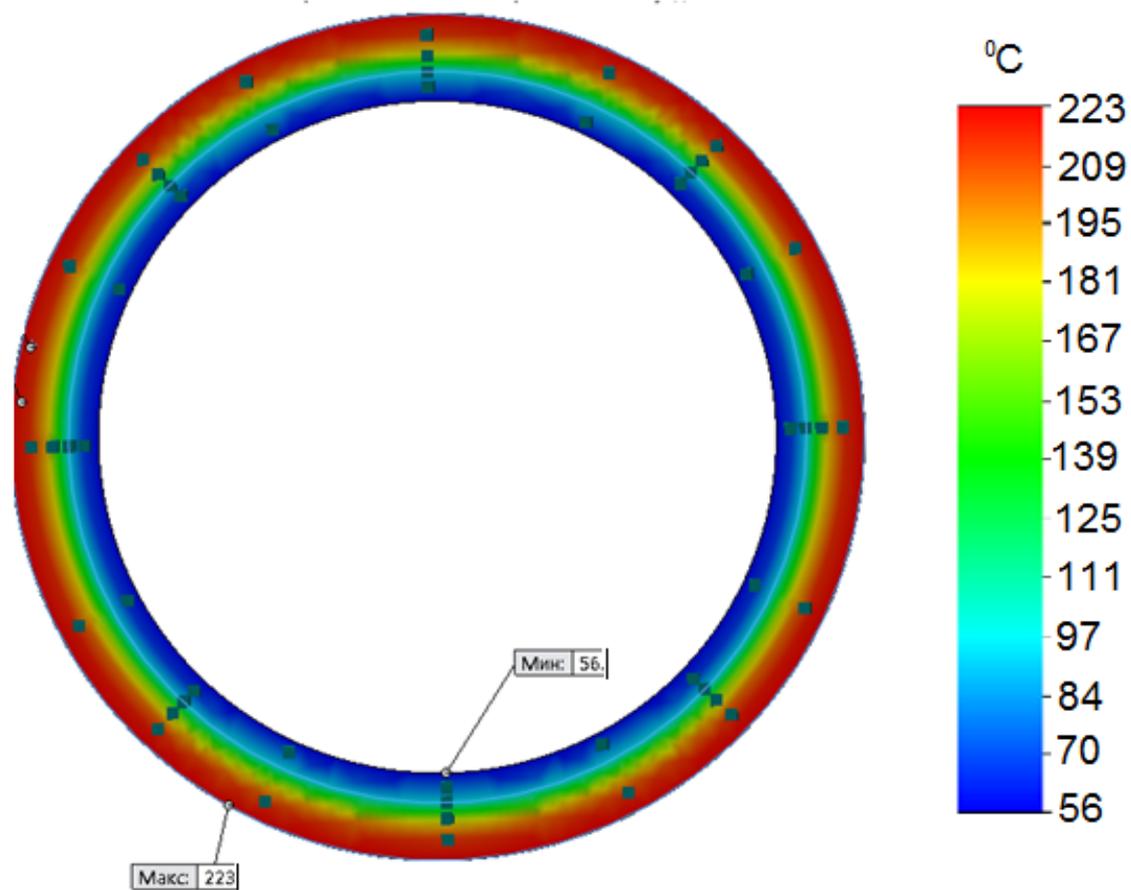
ОБОДА



ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ТОРМОЗНОГО ДИСКА ОТ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ ШПМ



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛА ПО ТОРМОЗНОМУ ДИСКУ



Не учет излучения приводит к погрешности 0,83%

Выводы по 2.1

- При перегоне пустых сосудов без применения динамического торможения температура рабочего диска достигает $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 80 циклов подъема-спуска.
- С погрешностью $0,83\%$ можно не учитывать влияния излучения.



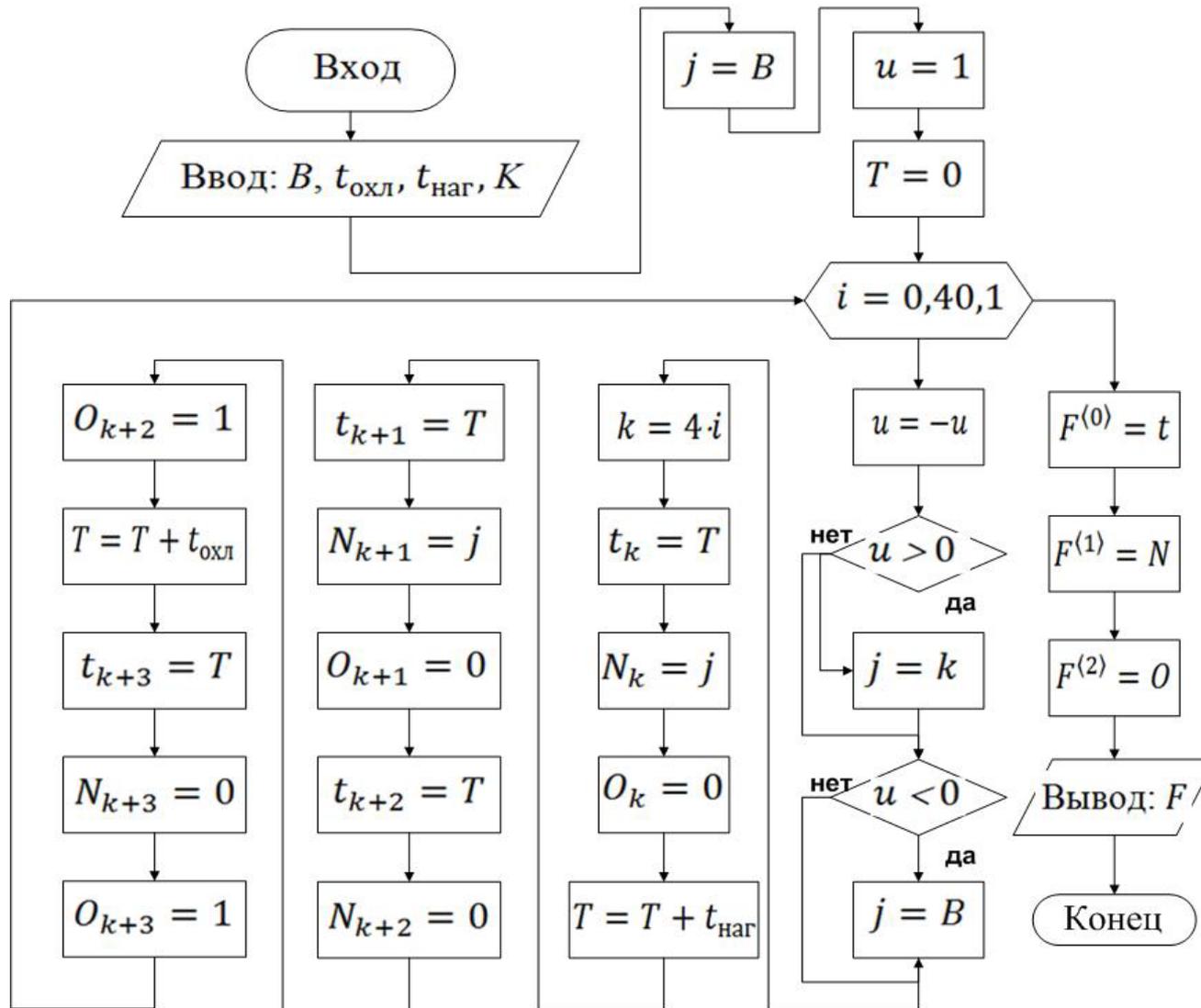
2.2 СЛУЧАЙ ПОДЪЕМА ГРУЗА С ПРОТИВОВЕСОМ

Постановка задачи: рассмотрим последовательно чередующееся торможение груза (нагрев диска)- время 10 с. и подъем противовеса - время 110 с, торможения противовеса - время 10 с, подъем груза(охлаждение диска) – время 110 с до тех пор, пока нагрев диска не выйдет на установившийся тепловой режим.

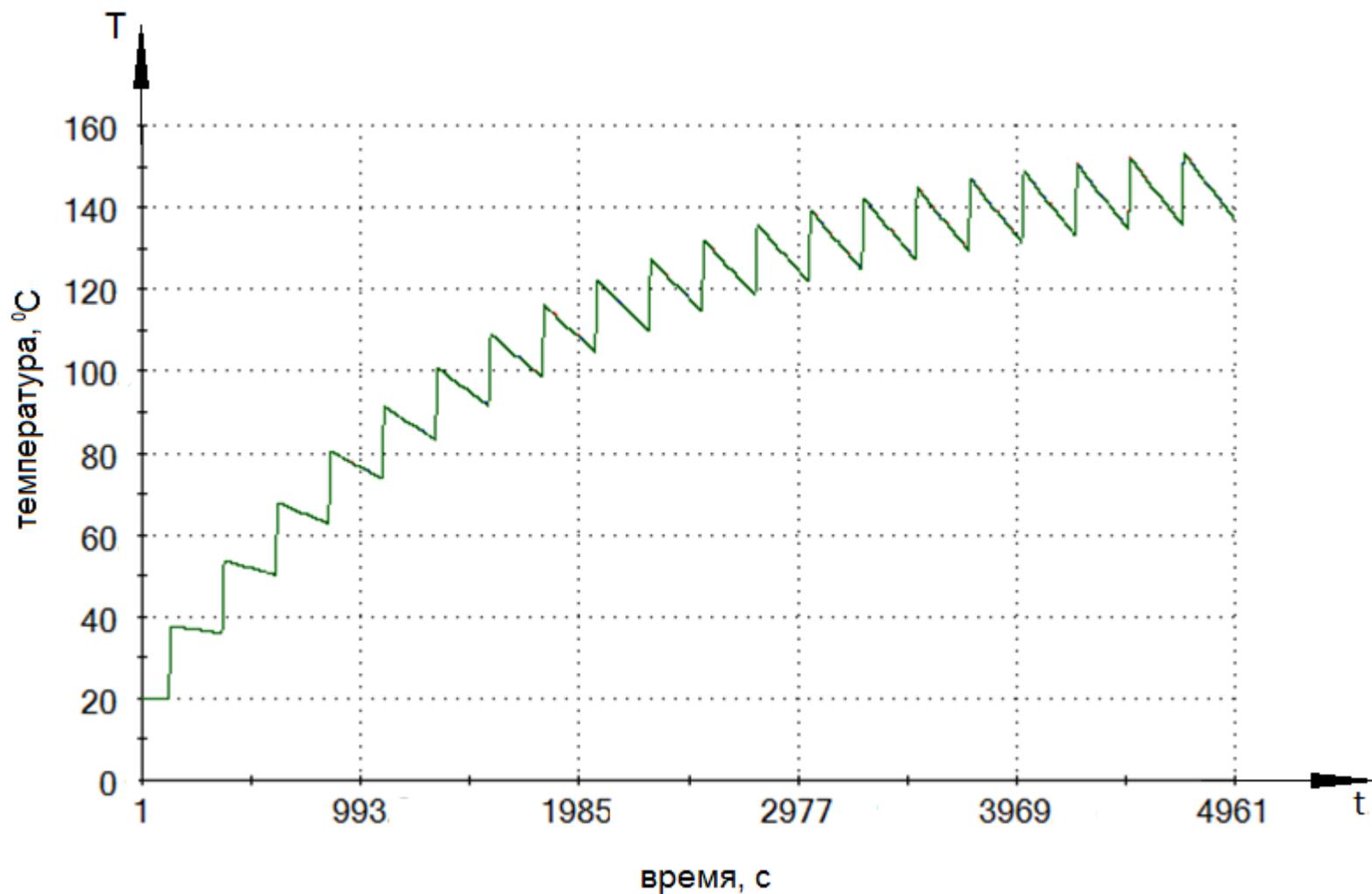


2.2 БЛОК-СХЕМА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ

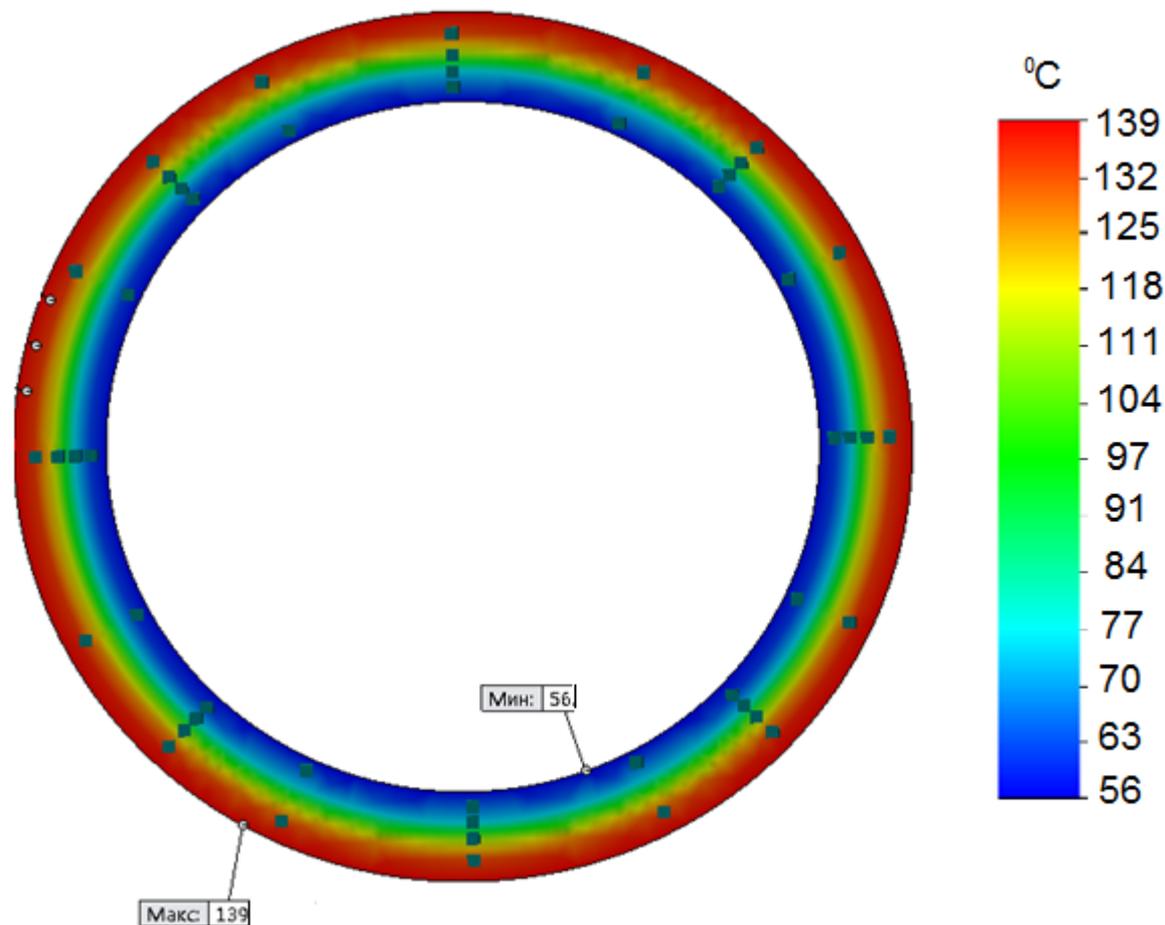
ОБОДА



ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ТОРМОЗНОГО ДИСКА ОТ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ ШПМ



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛА ПО ТОРМОЗНОМУ ДИСКУ



Не учет излучения приводит к погрешности 0,7%



Выводы по 2.2

- При подъеме груза с использованием противовеса без применения динамического торможения температура рабочего диска достигает $139\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 80 циклов подъема-спуска
- Не учет излучения приводит к погрешности 0,7%



ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

- Независимо от величины замедления при предохранительном торможении температурное поле по ободу является равномерным и с погрешностью 2,3% составляет для рассмотренной машины 40 °С.
- При перегоне пустых сосудов без применения динамического торможения температура рабочего диска достигает 220 °С за 80 циклов подъема-спуска
- При подъеме груза с использованием противовеса без применения динамического торможения температура рабочего диска достигает 139 °С за 80 циклов подъема-спуска
- Не учет излучения приводит к погрешности 0,7-0,9%

СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ.
ДОКЛАД ОКОНЧЕН.

