



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

Лабораторная работа № 5

Дисциплина	Моделирование.
Тема	Исследование математической модели на основе технологии вычислительного эксперимента
Студент	Сиденко А.Г.
Группа	ИУ7-63Б
Оценка (баллы)	
Преподаватель	Градов В.М.

Москва, 2020 г.

Цель работы: Получение навыков проведения исследований компьютерной математической модели, построенной на квазилинейном уравнении параболического типа. Исследование проводится с помощью программы, созданной в лабораторной работе №4.

Все величины как в лабораторной 4, кроме

$$F(t) = \frac{F_{max}}{t_{max}} t \cdot \exp\left(-\left(\frac{t}{t_{max}} - 1\right)\right)$$

где

F_{max} – амплитуда импульса потока

t_{max} – время достижения амплитуды

Результаты

1. Провести исследование по выбору оптимальных шагов по времени и пространству. Шаги должны быть максимально большими при сохранении устойчивости разностной схемы и заданной точности расчета.

Точность расчета будем оценивать, уменьшая шаги и наблюдая сходимость решений, как это делалось в лабораторной работе №1.

Шаг по пространству:

1	0.1	0.01	0.001
300.000	300.000	300.000	300.000
300.384	302.618	304.048	304.054
301.086	307.290	310.032	310.035
302.097	313.573	317.372	317.370
303.405	321.131	325.761	325.753
305.002	329.710	334.998	334.982
306.877	339.120	344.939	344.914
309.019	349.215	355.473	355.437
311.418	359.888	366.513	366.466
314.063	371.052	377.990	377.929
316.943	382.639	389.843	389.767
320.048	394.594	402.024	401.932
323.369	406.872	414.491	414.383
326.895	419.432	427.208	427.082
330.617	432.242	440.143	439.998
334.526	445.271	453.270	453.105

Таким образом, оптимальный шаг $h = 0.01$.

Шаг по времени:

Рассмотрим для различных t_{max} .

Для $t_{max} = 10$

1	0.1	0.01	0.001
851.968	637.082	461.155	460.595
832.182	616.048	439.611	439.064
813.054	596.128	420.660	420.124
794.562	577.294	404.031	403.510
776.688	559.516	389.479	388.973
759.414	542.755	376.775	376.285
742.721	526.974	365.712	365.240
726.593	512.130	356.101	355.649
711.011	498.180	347.772	347.341
695.959	485.082	340.572	340.163
681.421	472.791	334.364	333.977
667.380	461.264	329.025	328.660
653.823	450.460	324.445	324.104
640.732	440.337	320.528	320.210
628.094	430.857	317.187	316.892
615.895	421.982	314.346	314.073

Оптимальный шаг $\tau = 0.01$.

Для $t_{max} = 100$

1	0.1	0.01	0.001
353.894	319.287	318.711	318.652
351.334	316.797	316.224	316.166
348.879	314.599	314.032	313.975
346.527	312.661	312.104	312.047
344.272	310.958	310.413	310.358
342.113	309.464	308.934	308.879
340.045	308.156	307.643	307.590
338.066	307.015	306.520	306.469
336.172	306.020	305.546	305.497
334.360	305.155	304.703	304.657
332.628	304.406	303.977	303.933
330.972	303.757	303.352	303.311
329.391	303.198	302.817	302.778
327.880	302.716	302.360	302.323
326.438	302.302	301.970	301.937
325.061	301.947	301.640	301.609

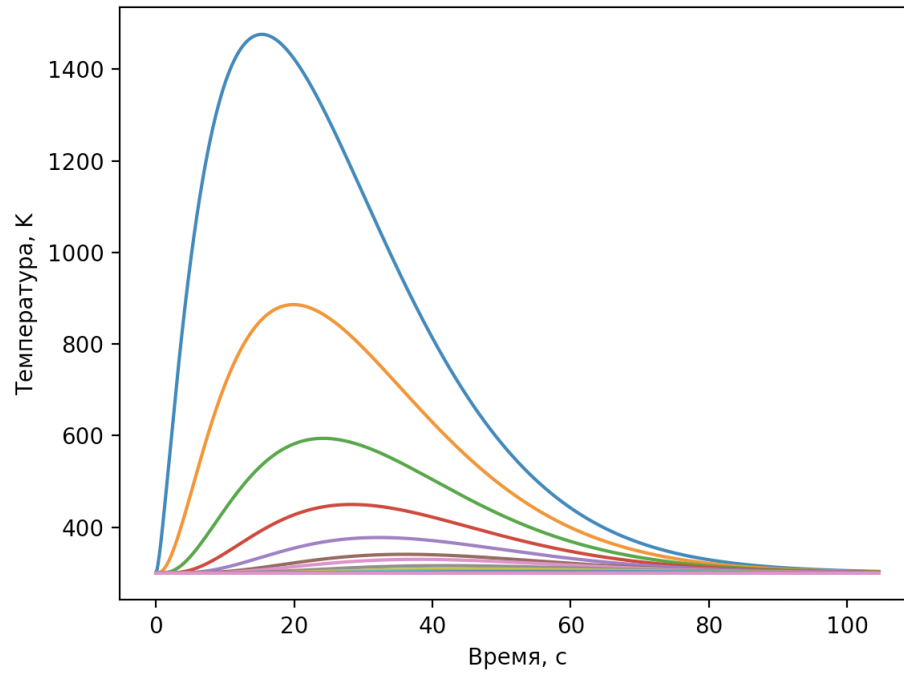
Оптимальный шаг $\tau = 0.1$.

Таким образом, шаг по времени зависит от задаваемой длительности импульса $\tau \approx \frac{t_{max}}{1000}$.

Рассмотрим влияние на получаемые результаты амплитуды импульса и времени.

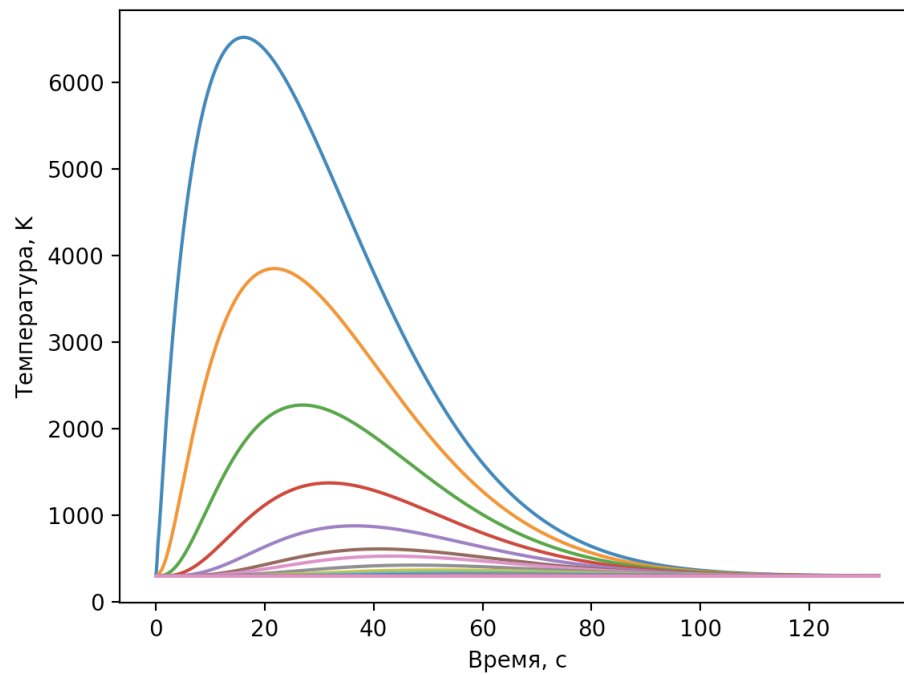
$$F_{max} = 100$$

$$t_{max} = 10$$



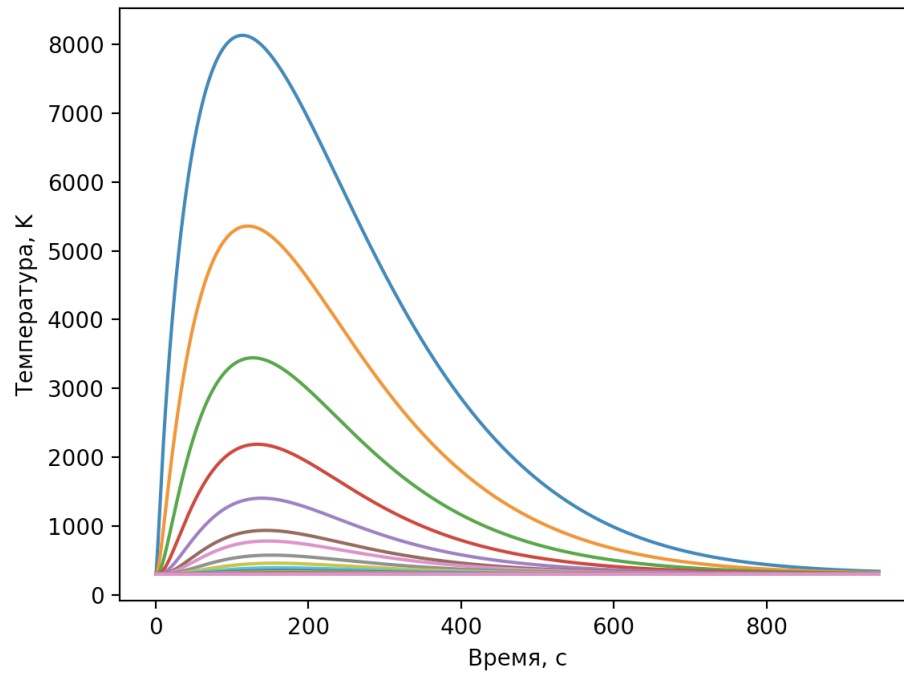
$$F_{max} = 1000$$

$$t_{max} = 10$$



$$F_{max} = 1000$$

$$t_{max} = 100$$



Таким образом, при увеличении F_{max} возрастает и максимальная температура стержня. При изменении t_{max} меняется время импульса, соответственно меняется время достижения точки с максимальной температурой.

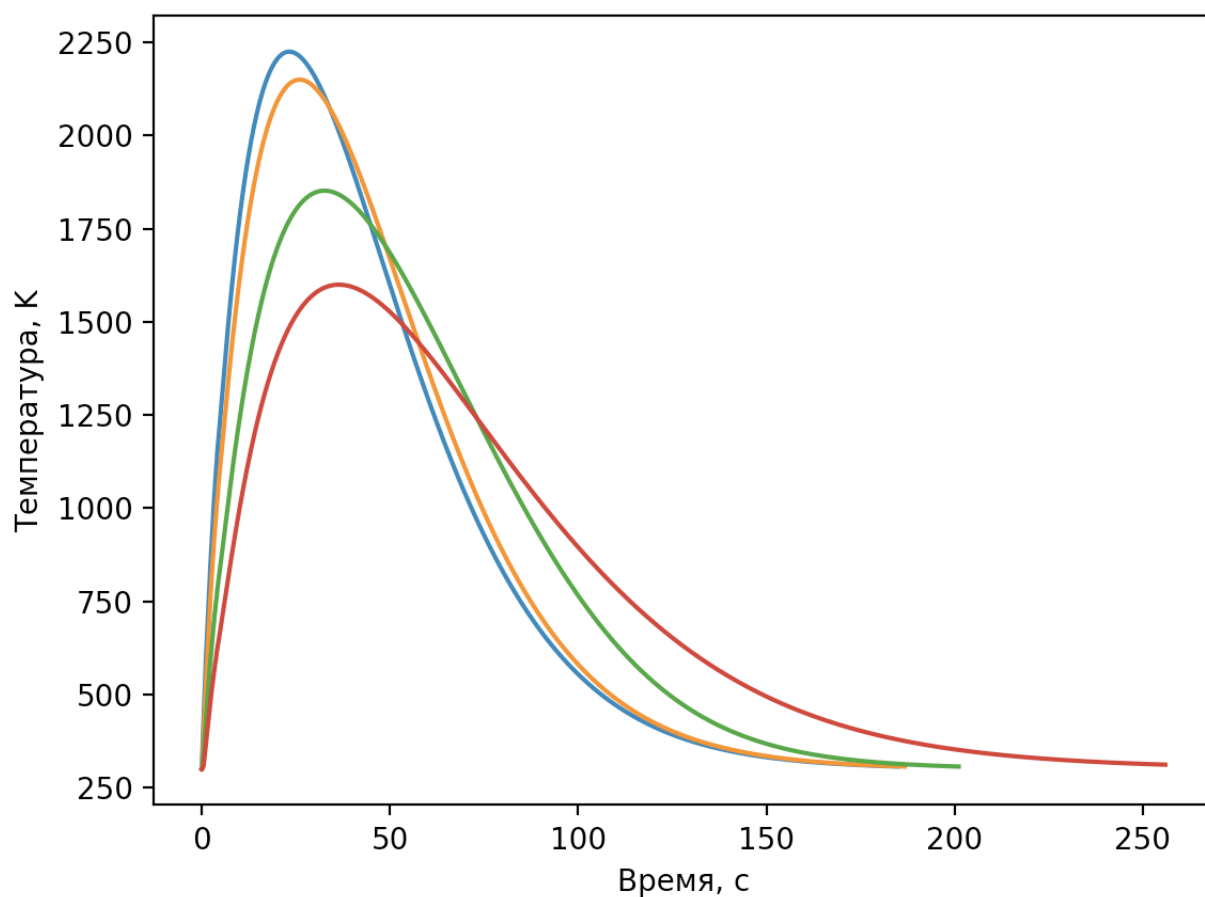
2. График зависимости температуры при 3-4 значениях параметров a_2, b_2 теплоемкости.

a_2, b_2 меняются попарно значениями из массивов:

$$a_2 = [0.5, 1, 2, 5]$$

$$b_2 = [0.0005, 0.001, 0.005, 0.01]$$

Соответственно, с каждым шагом значение теплоемкости увеличивается.



Графики по порядку:

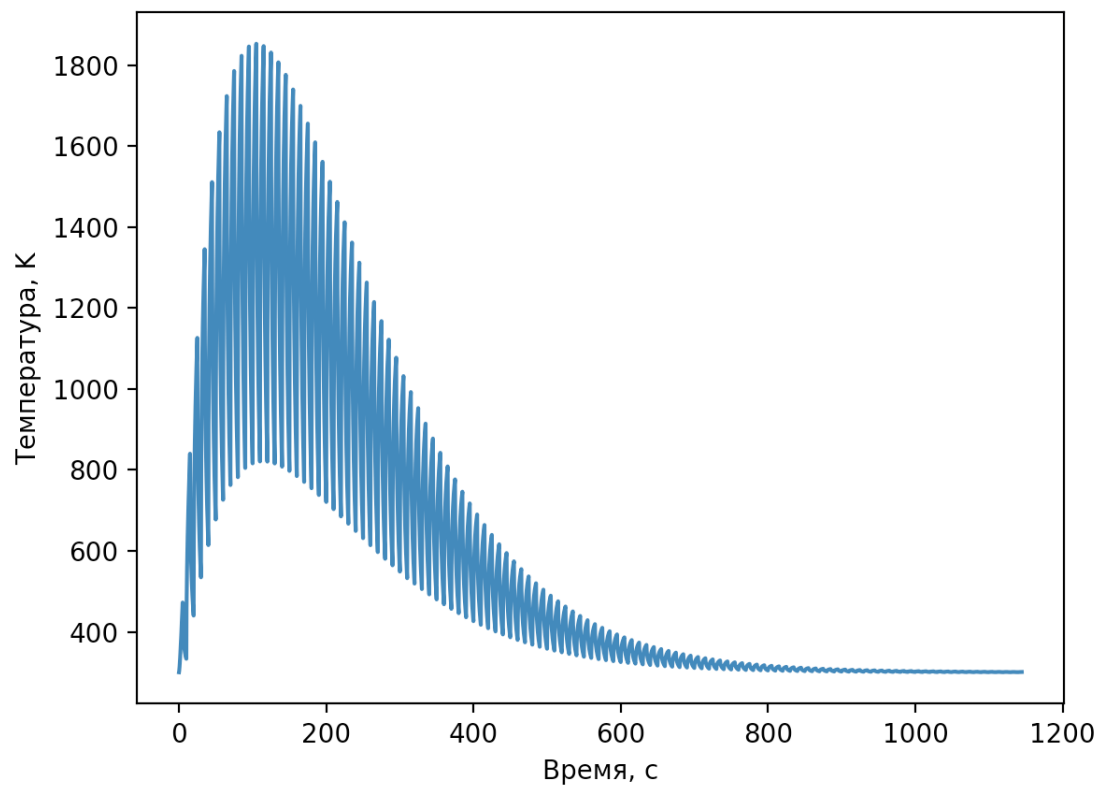
- синий – $a_2 = 0.5, b_2 = 0.0005$
- оранжевый – $a_2 = 1, b_2 = 0.001$
- зеленый – $a_2 = 2, b_2 = 0.005$
- красный – $a_2 = 5, b_2 = 0.01$

Получается, что с увеличением теплоемкости темп роста и максимальное значение температуры уменьшаются.

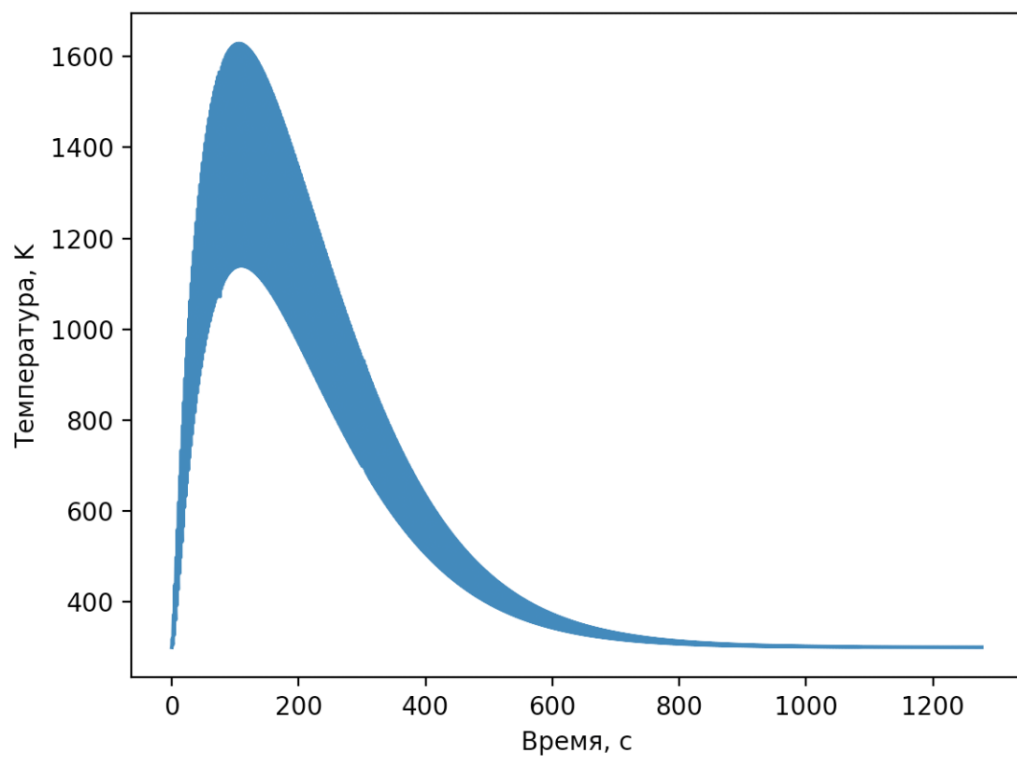
3. График зависимости температуры в частотном режиме теплового нагружения. Импульсы следуют один за другим с заданной частотой ν и длительностью t_u .

Для начала рассмотрим при $F_{max} = 150$, $t_{max} = 100$. И будем уменьшать частоту и длительность импульса.

- $\nu = \frac{1}{10}, t_u = 5$

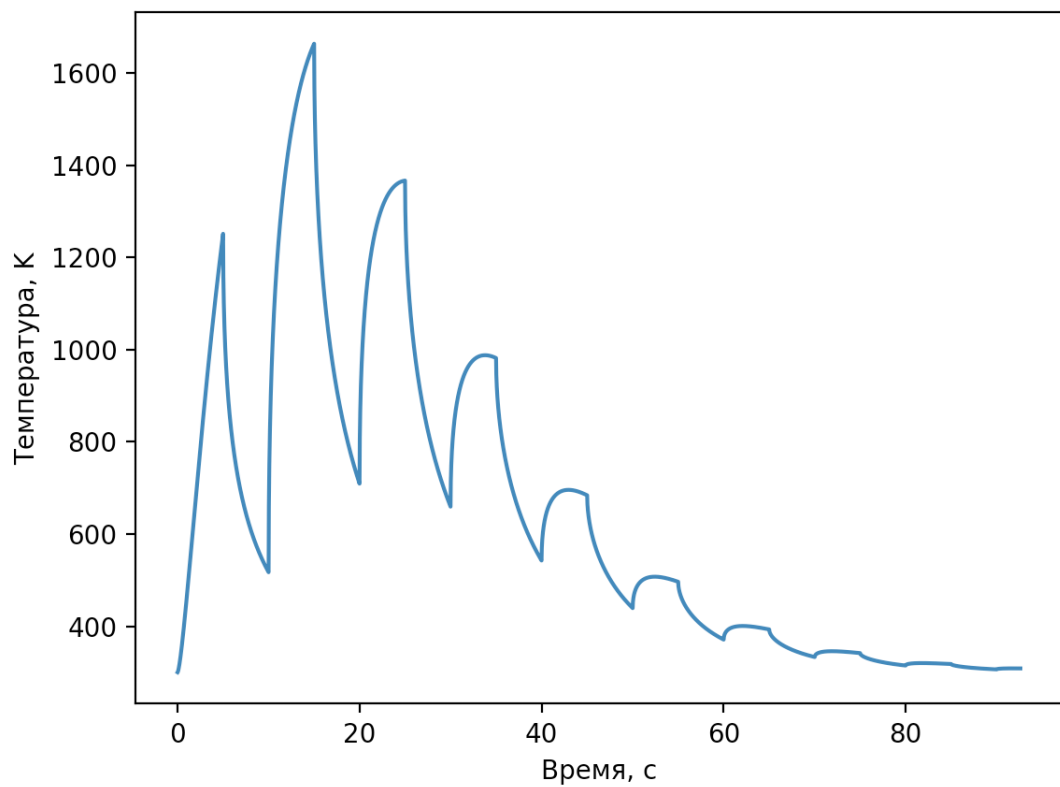


- $\nu = \frac{1}{2}, t_u = 1$

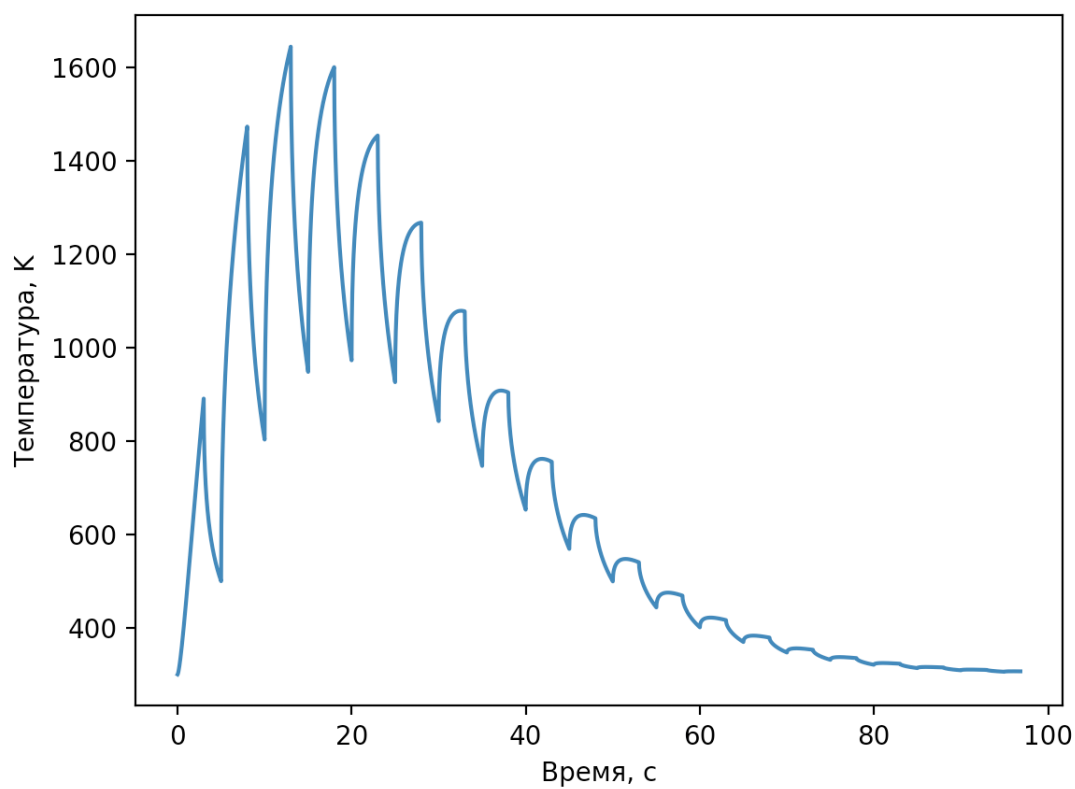


Теперь установим $F_{max} = 150$, $t_{max} = 10$. Продолжаем уменьшать частоту и длительность импульса.

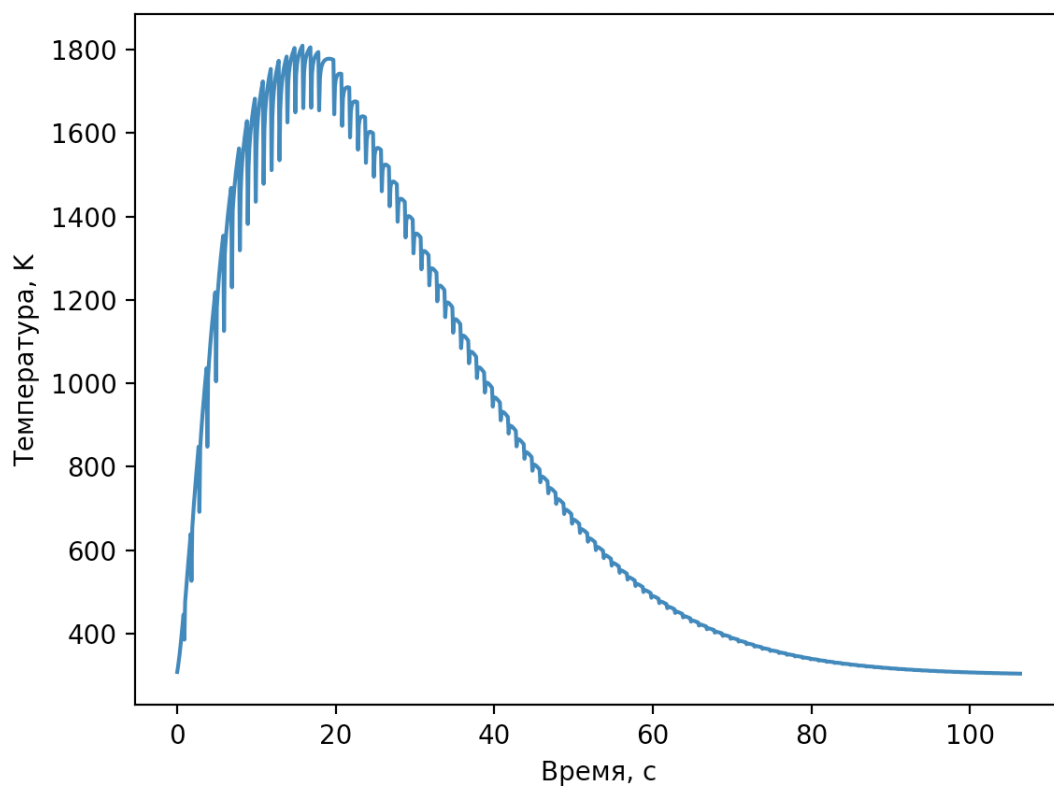
- $\nu = \frac{1}{10}, t_u = 5$



- $\nu = \frac{1}{5}, t_u = 3$



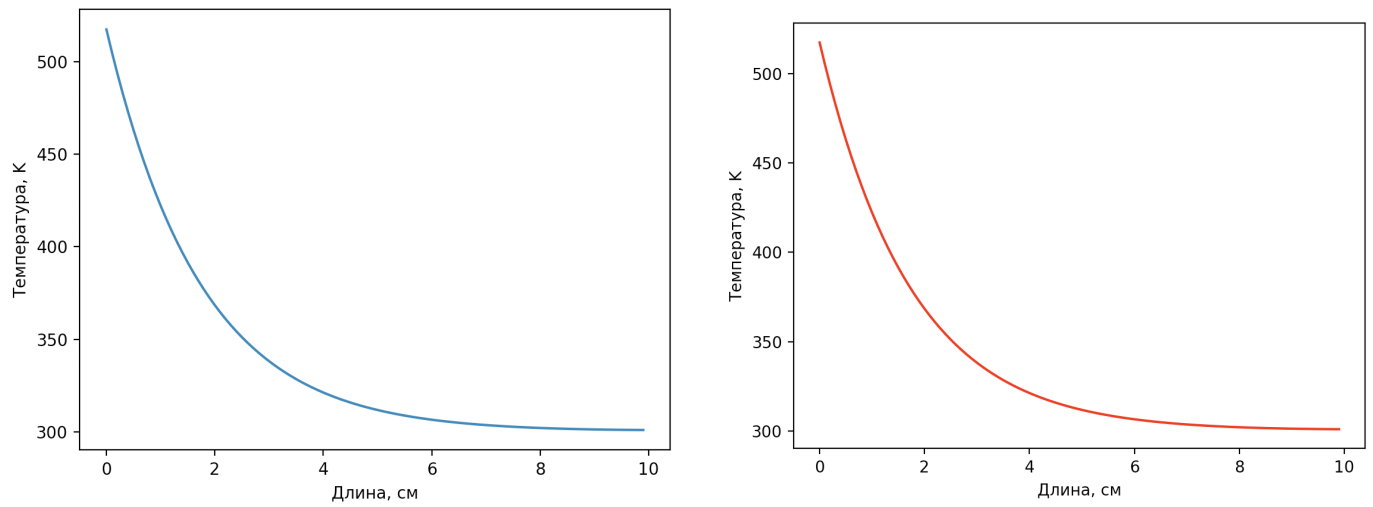
- $\nu = 1, t_u = 0.9$



По мере роста частоты импульсов размах колебаний температуры уменьшается.

Уменьшается вплоть до нуля в этот момент в торец поступает постоянный поток.

Рассмотрим данный график и график из лабораторной работы 3 при всех одинаковых параметрах модели.



На левом рисунке представлен график из 3 работы, а на правом из текущей.

Полученное температурное поле совпало с результатом расчета $T(x)$.