

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования

«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Информационные и вычислительные системы»

Дисциплина «Надёжность информационных систем»

ОТЧЁТ

ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ №3

«Расчёт единичных и комплексных показателей надёжности»

Вариант 16

Выполнил:

студент группы ИВБ-211

А. Шефнер

(дата, подпись)

Проверил:

к.т.н., доцент кафедры «ИВС»

Е.Н. Шаповалов

(дата, подпись)

Санкт-Петербург
2025

ЗАДАНИЕ

Цель работы

Выразить предложение по доработке системы с учётом рассчётных показателей надёжности

Выполнить:

Рассчитать показатели надёжности для исходной и доработанной системы. Построить графики зависимостей показателей надёжности.

Исходные данные

Таблица 1. Исходные данные о надежности элементов

$\lambda_i \text{час}^{-1}$	$\lambda_i^{\text{д}} \text{час}^{-1}$	$t_{\text{в}_i}$, час	t_3 , час
$9 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	10	100
$7 \cdot 10^{-4}$		24	500
$8 \cdot 10^{-4}$		16	1000
$3 \cdot 10^{-4}$	10^{-4}	20	10000

Таблица 2. Виды ТО системы в течение цикла

1	2	3
ГТО	ГТО+ПГТО	ГТО+ПГТО+КвТО

ХОД РАБОТЫ

Задание 1

Найти:

1. интенсивность отказов системы Λ_c
2. математическое ожидание наработки системы до отказа T_c
3. Вероятность безотказной работы системы (ВБР) системы в течение заданного времени $P_{\hat{T}_c}(t_3)$ (четвертый столбец таблицы 1) для экспоненциального распределения.

Решение

1. $\Lambda_c = \sum \lambda_i = 0.0027 \cdot \text{час}^{-1}$
2. $T_c = \frac{1}{\Lambda_c} = 370.37 \cdot \text{час}$
3. $P_{\hat{T}_c}(t_3) = e^{-\lambda t}$
 - $P_{\hat{T}_c}(100 \cdot \text{час}) = 0.7633794943368533$
 - $P_{\hat{T}_c}(500 \cdot \text{час}) = 0.25924026064589156$
 - $P_{\hat{T}_c}(1000 \cdot \text{час}) = 0.06720551273974978$
 - $P_{\hat{T}_c}(10000 \cdot \text{час}) = 0.00000000000187952881653909$

Задание 2

Сравнить полученные показатели надежности (ПН) системы с ПН элементов, сделать выводы.

Решение

Можно сравнить среднюю наработку до отказа отдельных элементов и системы.

- Для $\lambda_1 = 9 \cdot 10^{-4} \text{час}^{-1}, T_{c,1} = 1111$
- Для $\lambda_2 = 7 \cdot 10^{-4} \text{час}^{-1}, T_{c,2} = 1428$
- Для $\lambda_3 = 8 \cdot 10^{-4} \text{час}^{-1}, T_{c,3} = 1250$
- Для $\lambda_4 = 3 \cdot 10^{-4} \text{час}^{-1}, T_{c,4} = 3333$

Можно заметить, что средняя наработка до отказа систему (≈ 370 час) значительно меньше средней наработки каждого отдельного элемента. Это говорит о том, что система менее надёжна её самого ненадёжного элемента.

Задание 3

Построить график зависимости $P_{\hat{T}_c}(t_3)$.

Решение

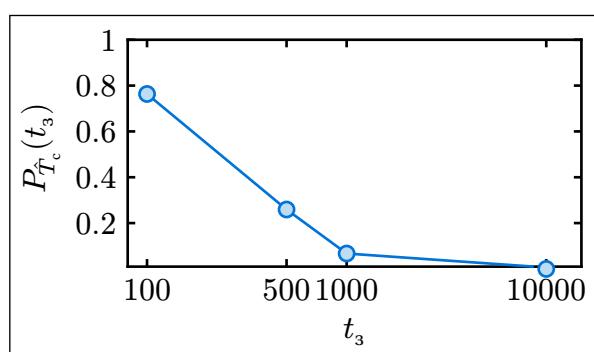


Рисунок 1. График зависимости $P_{\hat{T}_c}(t_3)$

Задание 4

Рассчитать гамма-процентное время наработки системы до отказа при различных значениях при различных значениях. Результаты занести в таблицу 3. Построить график зависимости $T_\gamma(\gamma)$.

Решение

Чтобы вычислить гамма-процентное время до отказа, можно решать уравнение:

$$\begin{aligned} P(t) &= \gamma \\ e^{-\lambda t} &= \gamma \\ \ln(e^{-\lambda t}) &= \ln(\gamma) \\ -\lambda t &= \ln(\gamma) \\ t &= -\frac{\ln(\gamma)}{\lambda} \end{aligned}$$

Таблица 3. Гарантированное время безотказной работы системы

$\gamma, \%$	90	95	99	99.5
$T_\gamma, \text{ час}$	39.02241	18.99752	3.72235	1.8565

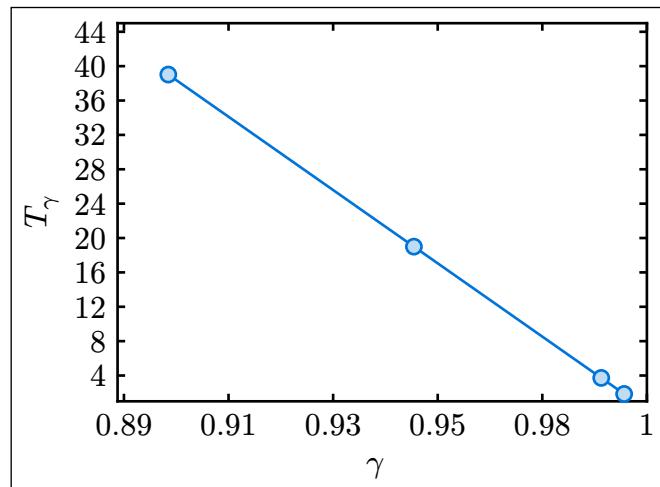


Рисунок 2. График зависимости гарантированного времени безотказной работы системы от γ

Задание 5

Рассчитать среднее время восстановления системы $\bar{T}_{\text{вс}}$. Сделать выводы о соотношении $\bar{T}_{\text{вс}}$ с t_{bi} .

Решение

Среднее время восстановления системы вычисляется по формуле:

$$\bar{T}_{\text{в}} = \sum_{i=1}^4 \bar{t}_{\text{в},i} \cdot \frac{\lambda_i}{\Lambda_c}$$

$$\bar{T}_{\text{в}} = 10 \cdot \frac{9 \cdot 10^{-4}}{0.0027} + 24 \cdot \frac{7 \cdot 10^{-4}}{0.0027} + 16 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-4}}{0.0027} + 20 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-4}}{0.0027}$$

$$\overline{T_{\text{в}}} = 16.51852$$

Можно сделать вывод, что среднее время восстановления системы является средневзвешанной оценкой времени восстановления отдельных её элементов.

Задание 6

Рассчитать среднее время восстановления системы после повышения надёжности (доработок) некоторых элементов (второй столбец таблицы 1). Сделать выводы о том, какие ПН системы улучшились, а какие ухудшились, и подкрепить их расчетами.

Решение

Можно вычислить базовые показатели надёжности на примере предыдущих заданий с учётом доработки.

$$\begin{aligned}\Lambda_{\text{сд}} &= \sum_{i=1}^4 \lambda_{\text{д},i} = 0.0019 \cdot \text{час}^{-1} \\ T_{\text{сд}} &= \frac{1}{\Lambda} = 526.31579 \cdot \text{час} \\ \overline{T}_{\text{вд}} &= \sum_{i=1}^4 \bar{t}_{\text{в},i} \cdot \frac{\lambda_{\text{д},i}}{\Lambda_{\text{сд}}} = 18.21053 \text{ час}\end{aligned}$$

Можно сделать вывод, что система после доработки стала значительно надёжнее. Несмотря на то, что время восстановления немного увеличилось, средняя наработка до отказа увеличилась на 42%.

Задание 7

Рассчитать коэффициент готовности системы в конце межрегламентного периода и средний коэффициент готовности системы при условии, что ее состояние не контролируется для различных вариантов регламентных работ (таблица 2). Построить график изменения коэффициента готовности от времени (в течение цикла).

Решение

Из предыдущего задания, коэффициент готовности для экспоненциального распределения невосстанавливаемой системы:

$$\begin{aligned}K_r &= P_t(t) = e^{-\lambda t} \\ \overline{K}_r &= \frac{1}{t_n} \int_0^{t_n} e^{-\lambda t} dt = \frac{1 - e^{-\lambda t_n}}{\lambda t_n}\end{aligned}$$

В следующей таблице приведены рассчёты коэффициента готовности для разных периодов обслуживания

Таблица 4. КГ в конце периода обслуживания и средний КГ исходной системы

вид ТО	период, час	КГ в конце периода	средний КГ
ГТО	8760	5.3465e-11	4.2280e-2
ГТО+ПГТО	4380	7.3120e-6	8.4559e-2
ГТО+ПГТО+КвТО	2190	2.7041e-3	1.6866e-1

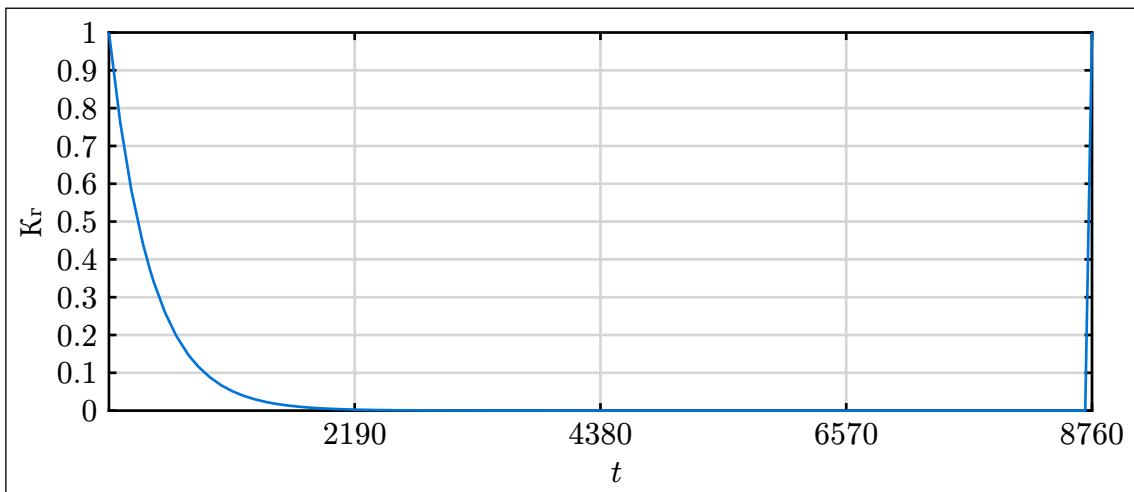


Рисунок 3. КГ доработанной системы при ГТО

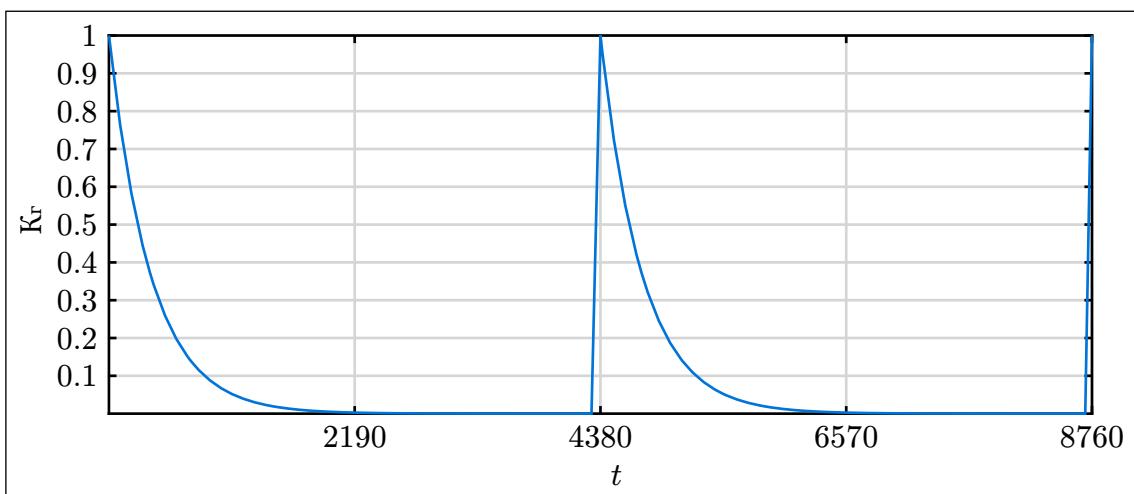


Рисунок 4. КГ доработанной системы при ПГТО+ГТО

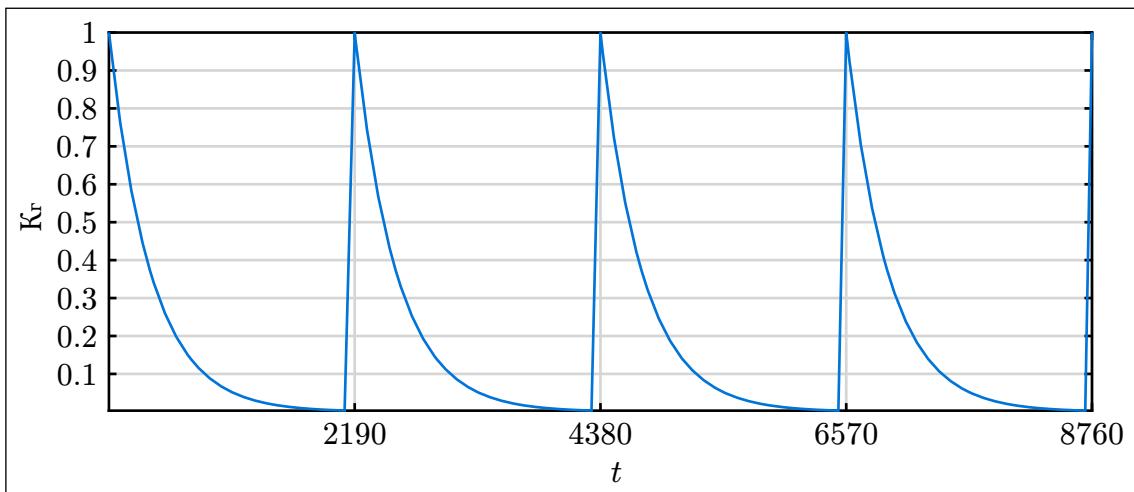


Рисунок 5. КГ доработанной системы при ГТО+ПГТО+КвТО

Задание 8

Рассчитать коэффициент готовности доработанной системы (второй столбец таблицы 1) в конце межрегламентного периода и средний коэффициент готовности доработанной системы при условии, что ее состояние не контролируется для различных вариантов

регламентных работ (таблица 2). Построить график изменения среднего коэффициента готовности от продолжительности межреламентного периода.

Решение

Расчёты аналогичны предыдущему заданию и приведены в следующей таблице.

Таблица 5. КГ в конце периода обслуживания и средний КГ доработанной системы

вид ТО	период, час	КГ в конце периода	средний КГ
ГТО	8760	5.9102e-8	6.0082e-2
ГТО+ПГТО	4380	2.4311e-4	1.2013e-1
ГТО+ПГТО+КВТО	2190	1.5592e-2	2.3658e-1

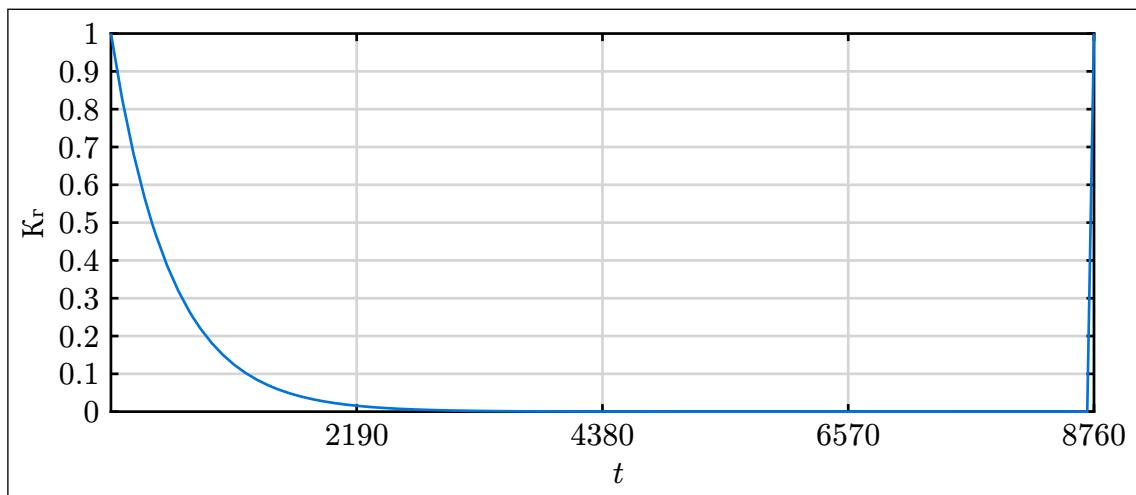


Рисунок 6. КГ доработанной системы при ГТО

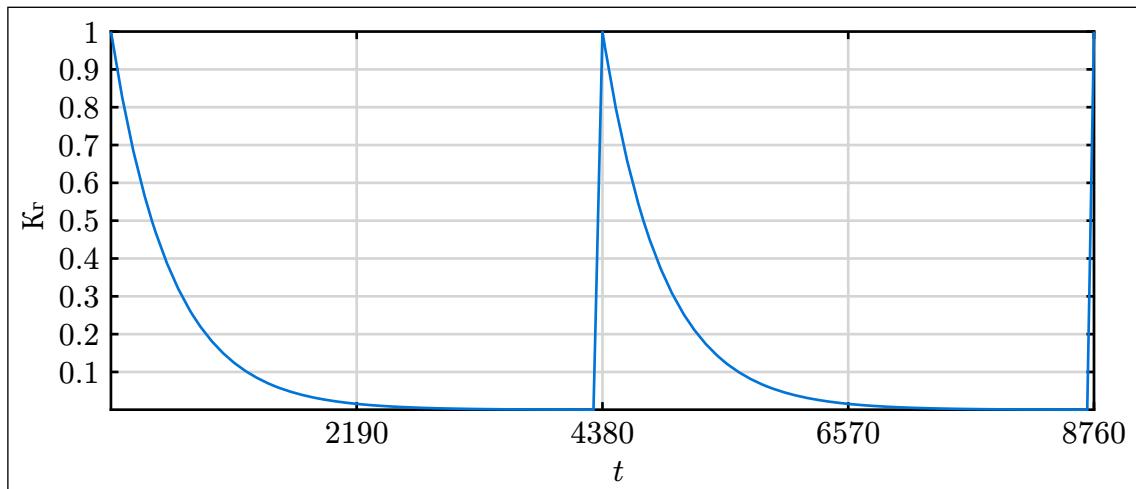


Рисунок 7. КГ доработанной системы при ПГТО+ГТО

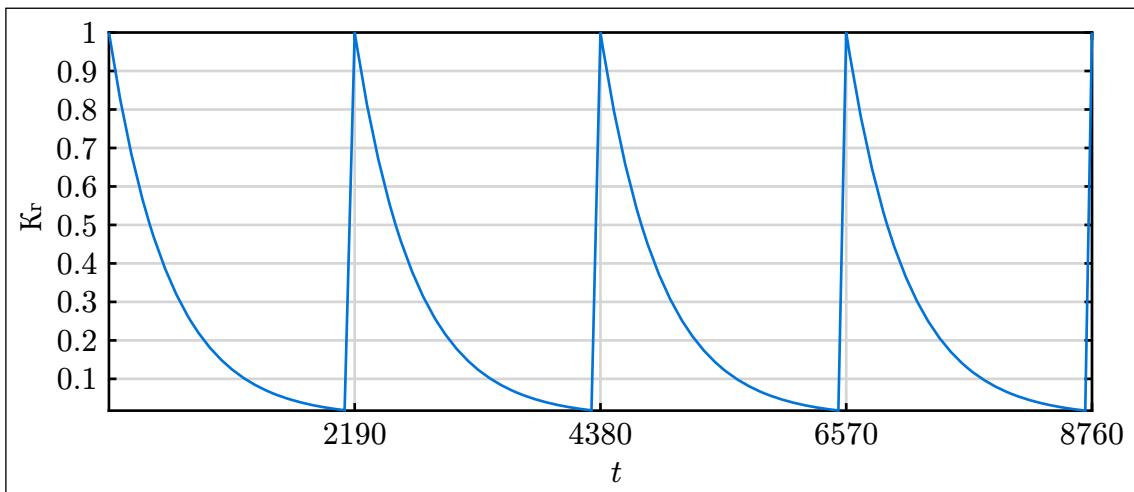


Рисунок 8. КГ доработанной системы при ГТО+ПГТО+КвТО

Задание 9

Рассчитать коэффициент готовности (средний и стационарный) системы при условии, что система непрерывно контролируется в межрегламентный период для различных вариантов регламентных работ (таблица 2). Сравнить результаты, сделать выводы. Построить график изменения среднего коэффициента готовности от продолжительности межрегламентного периода.

Решение

Коэффициент восстановления можно найти очень просто:

$$\mu = \frac{1}{T_B} = \frac{1}{[16.51851851851852]} = 0.06053811659192825$$

Тогда формула коэффициента готовности для контролируемой системы примет вид (из предыдущего П3):

$$\bar{K}_r \approx \frac{\mu}{\lambda + \mu} \left[1 + \frac{\lambda}{\mu t_n (\lambda + \mu)} \right]$$

Результаты расчётов представлены на следующей таблице.

Таблица 6. КГ в конце периода обслуживания и средний КГ непрерывно контролируемой исходной системы

вид ТО	период, час	КГ в конце периода	средний КГ
ГТО	8760	9.573042e-1	9.573813e-1
ГТО+ПГТО	4380	9.573042e-1	9.574584e-1
ГТО+ПГТО+КвТО	2190	9.573042e-1	9.576125e-1

Задание 10

Рассчитать коэффициент готовности (средний и стационарный) доработанной системы при условии, что система непрерывно контролируется в межрегламентный период для различных вариантов регламентных работ (таблица 2). Сравнить результаты, сделать выводы.

Решение

Таблица 7. КГ в конце периода обслуживания и средний КГ непрерывно контролируемой доработанной системы

вид ТО	период, час	КГ в конце периода	средний КГ
ГТО	8760	9.665571e-1	9.666243e-1
ГТО+ПГТО	4380	9.665571e-1	9.666915e-1
ГТО+ПГТО+КвТО	2190	9.665571e-1	9.668259e-1

Задание 11

Рассчитать коэффициент оперативной готовности исходной и доработанной системы, не контролируемой в межрегламентный период, за заданное время (четвертый столбец таблицы 1).

Решение

Коэффициент оперативной готовности есть произведение среднего коэффициента готовности и вероятности безотказной работы в единый промежуток времени

$$K_{\text{ог}}(t) = \bar{K}_{\text{г}}(t) \cdot P_{\hat{T}_c}(t)$$

На таблице далее приведены значения КОГ для различных промежутков времени исходной и доработанной системы

Таблица 8. КГ в конце периода обслуживания и средний КГ непрерывно контролируемой доработанной системы

	$K_{\text{ог}}$ исходной системы	$K_{\text{ог}}$ доработанной системы
$t = 100$	6.69005e-1	7.53146e-1
$t = 500$	1.42248e-1	2.49655e-1
$t = 1000$	2.32181e-2	6.69462e-2
$t = 10000$	6.96122e-14	2.94884e-10

Задание 12

Рассчитать коэффициент оперативной готовности исходной и доработанной системы, непрерывно контролируемой в межрегламентный период, за заданное время (четвертый столбец таблицы 1).

Решение

Таблица 9. КГ в конце периода обслуживания и средний КГ непрерывно контролируемой доработанной системы

	$K_{\text{ог}}$ исходной системы	$K_{\text{ог}}$ доработанной системы
$t = 100$	7.35940e-1	8.04171e-1
$t = 500$	2.48522e-1	3.74263e-1
$t = 1000$	6.43815e-2	1.44655e-1
$t = 10000$	1.79941e-12	5.41575e-9

Задание 13

Рассчитать коэффициент технического использования системы при различных значениях продолжительности регламентных работ.

Решение

Коэффициент технического использования вычисляется по формуле:

$$K_{\text{ти}} = \frac{T_c}{T_c + T_b + T_{\text{пп}}}$$

Результаты вычислений для исходной и доработанной системы при различных режимах регламентных работ приведена на таблице

Таблица 10. Коэффициент технического использования

$T_{\text{пп}}$	$K_{\text{ти}}$ исх. системы	$K_{\text{ти}}$ дор. системы
ГТО	0.9455896757104884	0.9455902498406576
ГТО+ПГТО	0.8390707287813013	0.8390716329141887
ГТО+ПГТО+КвТО	0.6847900388057504	0.6847912432322031