

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

кафедра информационных систем

ОТЧЕТ

по практической работе №3

по дисциплине “ИКСиС”

Тема: “Математическое моделирование и расчет ВВХ систем множественного доступа”

Выполнил: Лобачев Иван Максимович

Группа: № 3374

Вариант: № 93

Санкт-Петербург

2025

Цель работы

Изучить принципы математического моделирования систем множественного доступа и расчета их основных вероятностно-временных характеристик на примере системы с СВД.

Исходные данные

$r_{пр}$ (бит) - длина преамбулы = 16

$r_{ф}$ (бит) - длина флага = 8

$r_{у}$ (бит) - длина поля управления = 16

$r_{кр}$ (бит) - число контрольных разрядов = 16

k (бит) - длина пакета = 128

$n_{кв}$ (бит) - длина квитанции = 16

N - число станций в сети = 26

V_c (бит/с) - скорость передачи в сети = $2.1 \cdot 10^9$

D (км) - длина канала = 2.0

p - вероятность ошибки в канале = 0

k_g - коэффициент готовности канала данных = 1

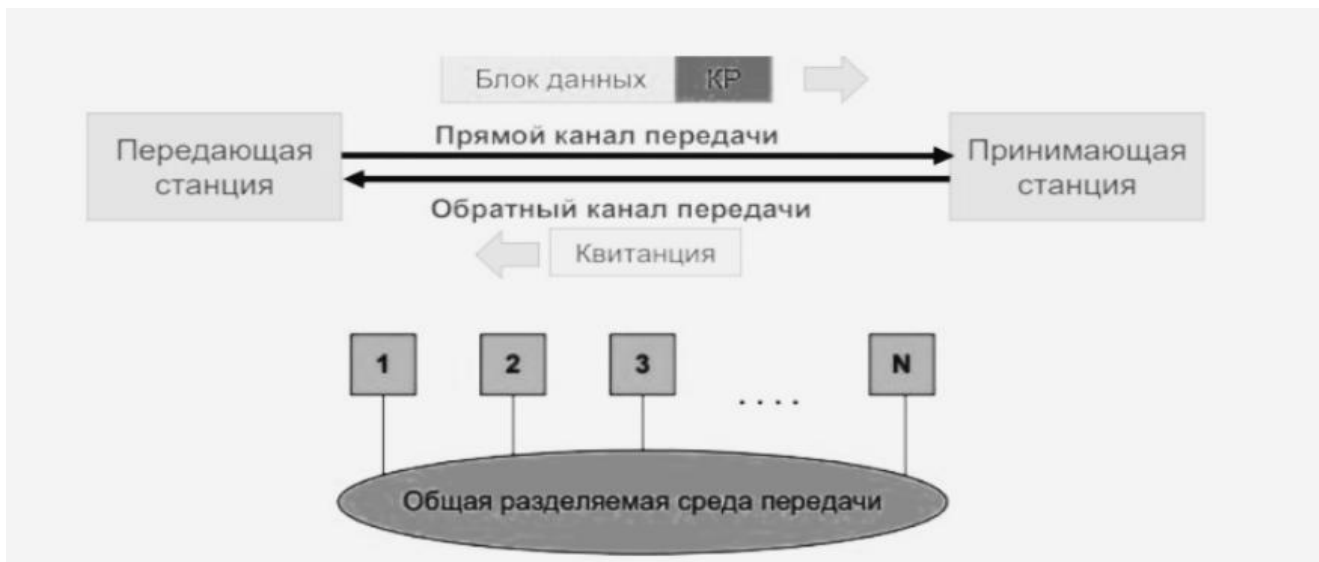
q_b - вероятность отсутствия блокировок = 1

$t_{дкк}$ (мс) - время декодирования кадра = 0.4

$t_{дккв}$ (мс) - время декодирования квитанции = 0.12

$T_{доп}$ (с) - среднее допустимое время старения = 2.1

Физическая структура заданной сети



Синхронно-временной доступ (СВД) - это метод управления общим каналом связи, при котором время работы делится на повторяющиеся циклы. Каждый цикл, в свою очередь, разделён на фиксированные временные интервалы (окна), закреплённые за конкретными рабочими станциями. В своём интервале станция имеет эксклюзивное право на передачу кадра. Если в момент её окна передавать нечего, канал простаивает. Метод предполагает, что все станции генерируют пакеты одинаковой длины и интенсивности, образуя простейший поток.

Заданный формат кадра

Кадр	
Преамбула	$\Gamma_{\text{пр}}$
Флаг	$\Gamma_{\text{ф}}$
Управление	$\Gamma_{\text{у}}$
Адрес (отправителя и получателя)	$\Gamma_{\text{а}}$
Данные	k
Контрольные разряды	$\Gamma_{\text{кр}}$

$$\Gamma_{\text{а}} = 9 \text{ бит}$$

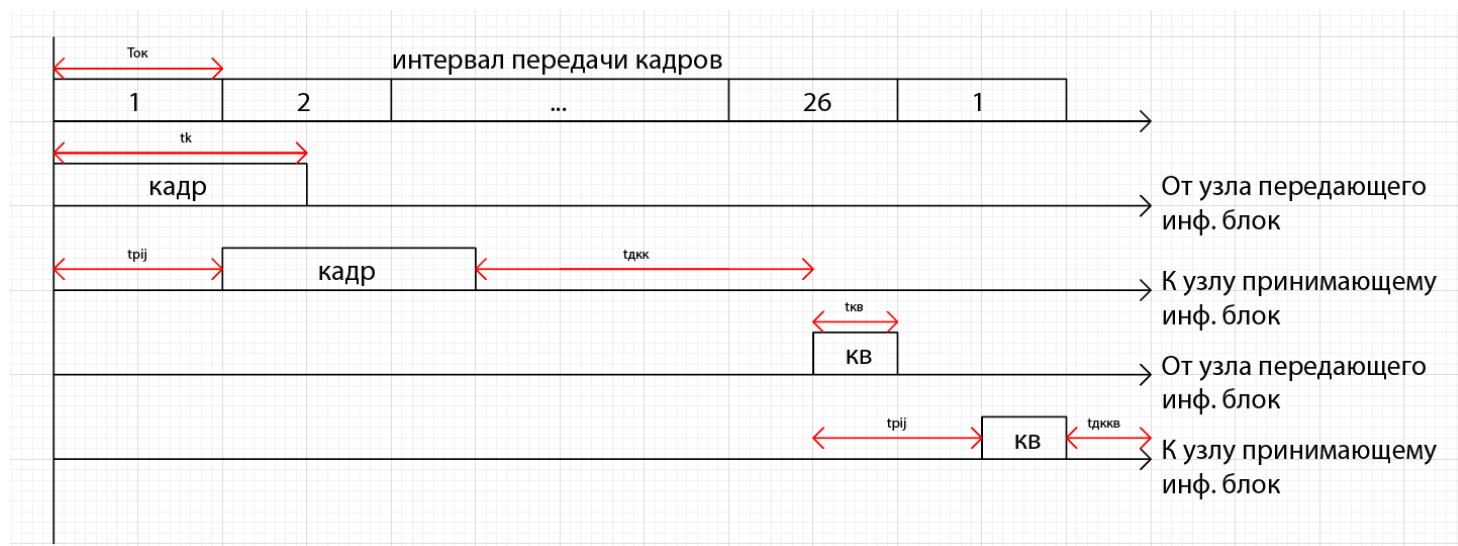
$$\Gamma_{\text{к}} = 193 \text{ бит}$$

$$t_{\text{к}} = 92 \text{ нс}$$

$$t_{\text{кв}} = 7.6 \text{ нс}$$

$$t_{\text{п.и.ж}} = 9.5 \text{ мкс}$$

$$T_{\text{ок}} = 539 \text{ мкс}$$



Математическая модель

СМО M/G/1/∞/FIFO, то есть:

- Пуассоновский входной поток (M),
- Произвольное распределение времени обслуживания (G),
- один канал обслуживания,
- бесконечная очередь,
- дисциплина FIFO.

Уравнение для ПЛС времени ожидания $W(s)$

$$W(s) = \frac{s(1 - \rho)}{s - \lambda + \lambda B(s)}$$

ПЛС времени обслуживания $B(s)$

$$B(s) = e^{[-sNT_{0h}]}$$

Загрузка системы

$$\rho = \lambda \cdot N \cdot T_{0h}$$

Вероятность своевременной доставки Q

$$Q = W(s) * B(s) \Big|_{s = \frac{T}{T_{0h}}} [1]$$

Среднее время задержки кадра

$$t = - \frac{d[W(s)B(s)]}{ds} \Big|_{s=0}$$

Информационная скорость сети ОП

$$R_c = k \cdot N \cdot \lambda \quad [\text{бит/с}]$$

Интенсивность потока пакетов

$$\Lambda = \lambda \cdot N \quad [\text{пак/с}]$$

Информационная скорость сети РВ

$$R_c^{PB} = R_c \cdot Q$$

Формулы для расчёта ВВХ

Вероятность своевременной доставки (Q)

$$Q(\lambda) = (W(s) * B(s)) \text{ при } s = 1/T_{\text{доп}} = (s * (1 - \lambda * N * T_{\text{ок}}) * e^{(-s * N * T_{\text{ок}})}) / (s - \lambda + \lambda * e^{(-s * N * T_{\text{ок}})}) \text{ при } s = 1/T_{\text{доп}}$$

$$N * T_{\text{ок}} = 26 * 0.000539 = 0.014014 \text{ с}$$

$$s = 1/2.1 = 0.47619 \text{ 1/с}$$

$$B(s) = e^{(-s * N * T_{\text{ок}})} = e^{(-0.47619 * 0.014014)} = 0.99335$$

Итоговая формула для вероятности:

$$Q(\lambda) = (0.47619 * (1 - \lambda * 0.014014) * 0.99335) / (0.47619 - \lambda + \lambda * 0.99335) = (0.47290 * (1 - 0.014014\lambda)) / (0.47619 - 0.00665\lambda)$$

Среднее время задержки при передаче кадра

$$t(\lambda) = - d(W(s) * B(s)) / ds \text{ при } s = 0$$

После преобразований получаем:

$$t(\lambda) = (N * T_{\text{ок}} - ((N * T_{\text{ок}})^2 * \lambda) / 2) / (1 - \lambda * N * T_{\text{ок}})$$

$$N * T_{\text{ок}} = 0.014014 \text{ с}$$

$$(N * T_{\text{ок}})^2 = 0.00019639 \text{ с}^2$$

$$(N * T_{\text{ок}})^2 / 2 = 0.000098195 \text{ с}^2$$

Итоговая формула для времени задержки:

$$t(\lambda) = (0.014014 - 0.000098195 * \lambda) / (1 - 0.014014 * \lambda)$$

Информационная скорость сети (общего применения - ОП):

$$R_c(\lambda) = k * N * \lambda = 128 * 26 * \lambda = 3328 * \lambda \text{ бит/с}$$

Информационная скорость сети реального времени (РВ):

$$R_c^{\text{РВ}}(\lambda) = R_c(\lambda) * Q(\lambda) = 3328 * \lambda * (0.47290 * (1 - 0.014014\lambda)) / (0.47619 - 0.00665\lambda)$$

Пример расчёта ВВХ для $\lambda = 50$ пак/с

$$Q = (0.47290 * (1 - 0.014014 * 50)) / (0.47619 - 0.00665 * 50) = (0.47290 * (1 - 0.7007)) / (0.47619 - 0.3325) = (0.47290 * 0.2993) / 0.14369 = 0.985 = 98.5\%$$

$$t = (0.014014 - 0.000098195 * 50) / (1 - 0.014014 * 50) = (0.014014 - 0.00490975) / (1 - 0.7007) = 0.00910425 / 0.2993 = 0.03042 \text{ с} = 30.4 \text{ мс}$$

$$R_c = 3328 * 50 = 166400 \text{ бит/с} = 166.4 \text{ Кбит/с}$$

$$R_c^{\text{РВ}} = 166400 * 0.985 = 163904 \text{ бит/с} = 163.9 \text{ Кбит/с}$$

Расчет ВВХ

Максимальное значение эргодичности (предельная нагрузка):

$$\lambda_{\max} = 1 / (N * T_{\text{ок}}) = 1 / 0.014014 = 71.35 \text{ пак/с}$$

Расчет для $\lambda_{\max} = 71.35 \text{ пак/с}$:

$$Q(\lambda) = (0.47290 * (1 - 0.014014 * \lambda)) / (0.47619 - 0.00665 * \lambda) = 0\%$$

$$t(\lambda) = (0.014014 - 0.000098195 * \lambda) / (1 - 0.014014 * \lambda) = (\text{стремится к бесконечности})$$

$$R_c(\lambda) = 3328 * \lambda = 237.4 \text{ Кбит/с}$$

$$R_c^{\text{PB}}(\lambda) = 3328 * \lambda * (0.47290 * (1 - 0.014014 * \lambda)) / (0.47619 - 0.00665 * \lambda) = 0 \text{ бит/с}$$

Расчет для $\lambda = 50 \text{ пак/с}$:

$$Q(\lambda) = (0.47290 * (1 - 0.014014 * \lambda)) / (0.47619 - 0.00665 * \lambda) = 98.5\%$$

$$t(\lambda) = (0.014014 - 0.000098195 * \lambda) / (1 - 0.014014 * \lambda) = 30.42 \text{ мс}$$

$$R_c(\lambda) = 3328 * \lambda = 166.4 \text{ Кбит/с}$$

$$R_c^{\text{PB}}(\lambda) = 3328 * \lambda * (0.47290 * (1 - 0.014014 * \lambda)) / (0.47619 - 0.00665 * \lambda) = 163.9 \text{ Кбит/с}$$

Графики ВВХ

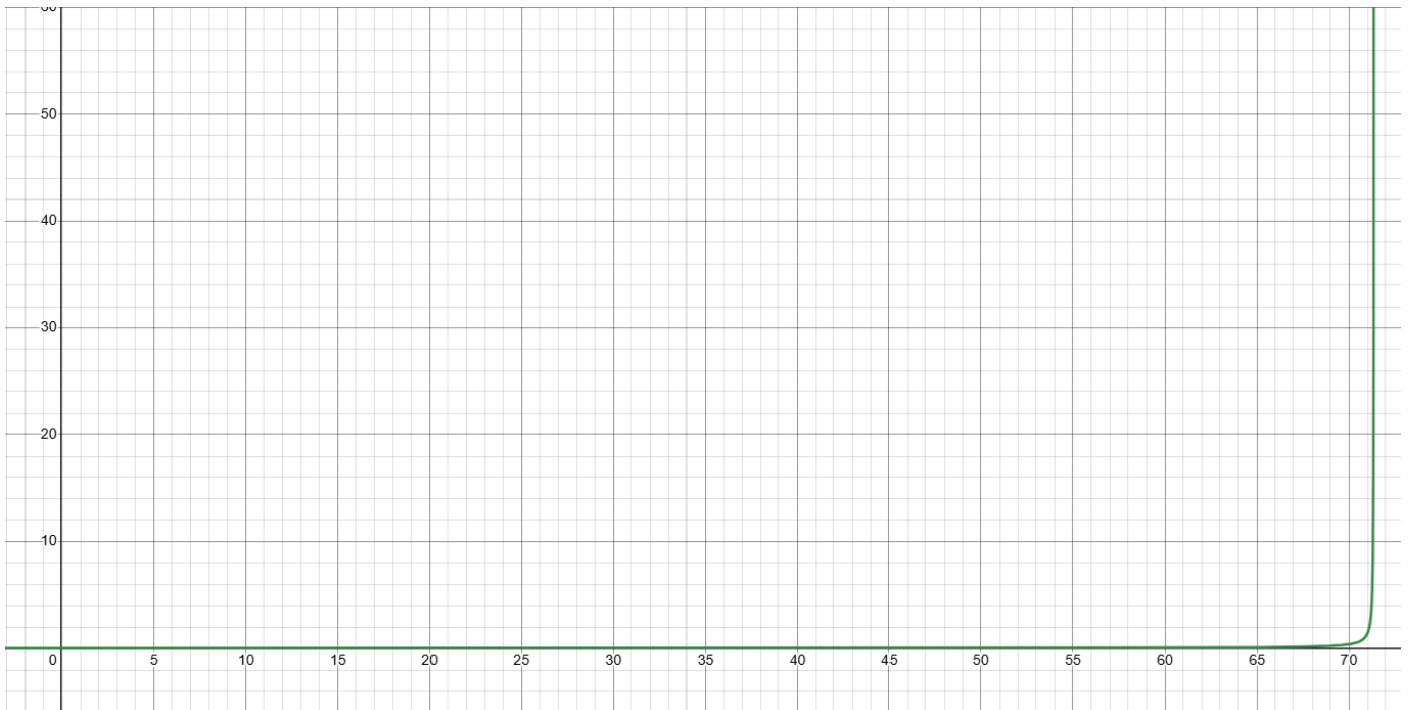


Рис.1 Среднее время задержки передачи кадра $t(\lambda)$

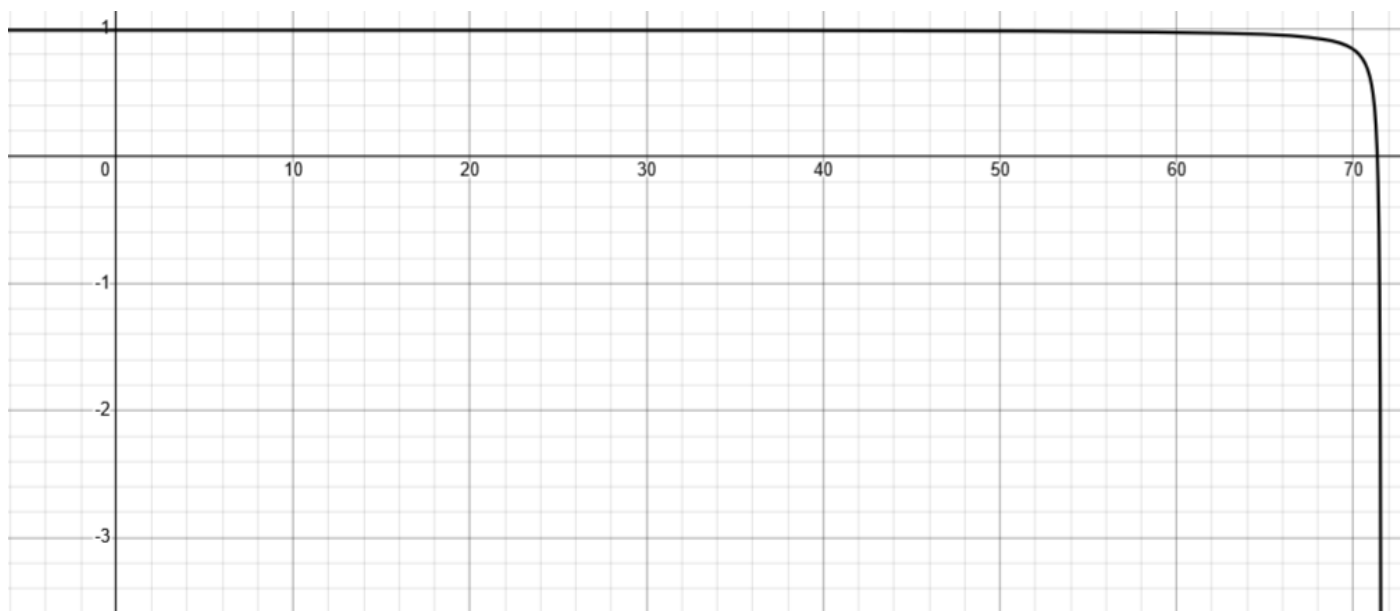


Рис.2

Вероятность своевременной доставки

$Q(\lambda)$

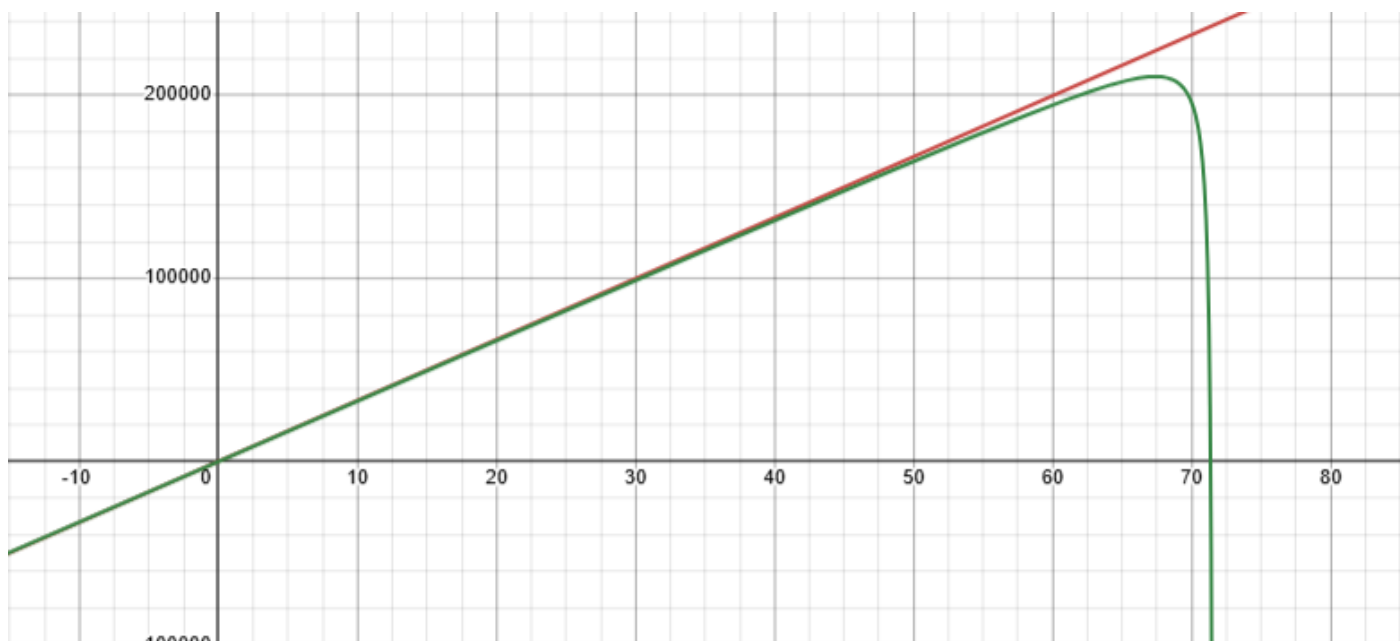


Рис.3

Информационная скорость сети

$R_c(\lambda)$ и $R_c^{PB}(\lambda)$

Вывод

На основе принципов математического моделирования СМО удалось рассчитать основные вероятностно-временные характеристики на примере системы с синхронно-временным доступом.

При увеличении интенсивности λ среднее время задержки передачи кадра возрастает и стремится к бесконечности при интенсивности, близкой к максимальному значению эргодичности.

Вероятность своевременной доставки кадра при нулевой интенсивности потока равна 1, при увеличении λ вероятность уменьшается до нуля в точке максимального значения эргодичности.

Информационная скорость сети общего применения линейно возрастает с увеличением интенсивности потока.

Скорость сети реального времени при увеличении интенсивности возрастает до 163.9 Кбит/с и убывает до нуля в точке максимального значения эргодичности.