

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО  
ФАКУЛЬТЕТ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ

**Учебно-исследовательская работа №5**  
**по дисциплине Сети ЭВМ и телекоммуникации**  
**Технологии QoS в компьютерных сетях**

Студент: Саржевский Иван  
Группа: Р3302

г. Санкт-Петербург  
2020 г.

# Содержание

1	Цель	2
2	Исходные данные	2
3	Ход работы	2
4	FIFO	5

# 1 Цель

Изучение эффективности приоритезации трафика для управления качеством обслуживания (Quality of Service, QoS) в компьютерных сетях.

## 2 Исходные данные

S 10 Кб

N 4 Кб

K 2

## 3 Ход работы

С использованием программы Wireshark было захвачено по 10000 пакетов для трафика Skype и ВПЗ. Для трансляции ВПЗ был выбран сайт [webinar.ru](http://webinar.ru). Примеры захваченного трафика можно увидеть на рисунках 1 и 2.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	155	1703 > 58415 Len=113
2	0.009094	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	1154	1703 > 58415 Len=1112
3	0.009286	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	1154	1703 > 58415 Len=1112
4	0.009376	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	1154	1703 > 58415 Len=1112
5	0.00949	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	1153	1703 > 58415 Len=1111
6	0.009573	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	1174	1703 > 58415 Len=1132
7	0.009667	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	1174	1703 > 58415 Len=1132
8	0.010158	91.108.29.170	192.168.0.105	UDP	957	58415 > 1703 Len=915
9	0.01055	91.108.29.170	192.168.0.105	UDP	948	58415 > 1703 Len=906
10	0.010553	91.108.29.170	192.168.0.105	UDP	959	58415 > 1703 Len=917
11	0.010555	91.108.29.170	192.168.0.105	UDP	959	58415 > 1703 Len=917
12	0.011696	91.108.29.170	192.168.0.105	UDP	126	58415 > 1703 Len=84
13	0.020492	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	152	1703 > 58415 Len=110
14	0.027963	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	1120	1703 > 58415 Len=1078
15	0.028346	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	1120	1703 > 58415 Len=1078
16	0.028544	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	1120	1703 > 58415 Len=1078
17	0.028723	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	1120	1703 > 58415 Len=1078
18	0.028883	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	1120	1703 > 58415 Len=1078
19	0.029025	192.168.0.105	91.108.29.170	UDP	1115	1703 > 58415 Len=1073
20	0.034254	91.108.29.170	192.168.0.105	UDP	133	58415 > 1703 Len=91

Рис. 1: Skype-трафик.

No.	0	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0	37.130.194.56	192.168.0.105	TCP	54	443 > 55539 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=16391 Len=0
2	0.003956	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	143	Continuation Data
3	0.016085	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	1108	Continuation Data
4	0.01841	37.130.194.56	192.168.0.105	TCP	54	443 > 55539 [ACK] Seq=1 Ack=1213 Win=16391 Len=0
5	0.021984	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	1109	Continuation Data
6	0.028012	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	139	Continuation Data
7	0.039131	37.130.194.56	192.168.0.105	TCP	54	443 > 55539 [ACK] Seq=1 Ack=3322 Win=16391 Len=0
8	0.04591	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	139	Continuation Data
9	0.051895	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	1135	Continuation Data
10	0.057848	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	1135	Continuation Data
11	0.063975	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	136	Continuation Data
12	0.064963	37.130.194.56	192.168.0.105	TCP	54	443 > 55539 [ACK] Seq=1 Ack=3492 Win=16391 Len=0
13	0.073935	37.130.194.56	192.168.0.105	TCP	54	443 > 55539 [ACK] Seq=1 Ack=5654 Win=16391 Len=0
14	0.087769	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	134	Continuation Data
15	0.088028	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	1158	Continuation Data
16	0.093754	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	1159	Continuation Data
17	0.102214	37.130.194.56	192.168.0.105	TCP	54	443 > 55539 [ACK] Seq=1 Ack=5816 Win=16391 Len=0
18	0.105721	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	129	Continuation Data
19	0.106096	192.168.0.105	37.130.194.56	SSL	1221	Continuation Data
20	0.108332	37.130.194.56	192.168.0.105	TCP	54	443 > 55539 [ACK] Seq=1 Ack=8025 Win=16391 Len=0

Рис. 2: ВПЗ-трафик.

По полученным данным были построены функции распределения для интервалов между пакетами и размеров пакетов для каждого вида трафика. Полученные функции распределения представлены на рисунках 3-6.

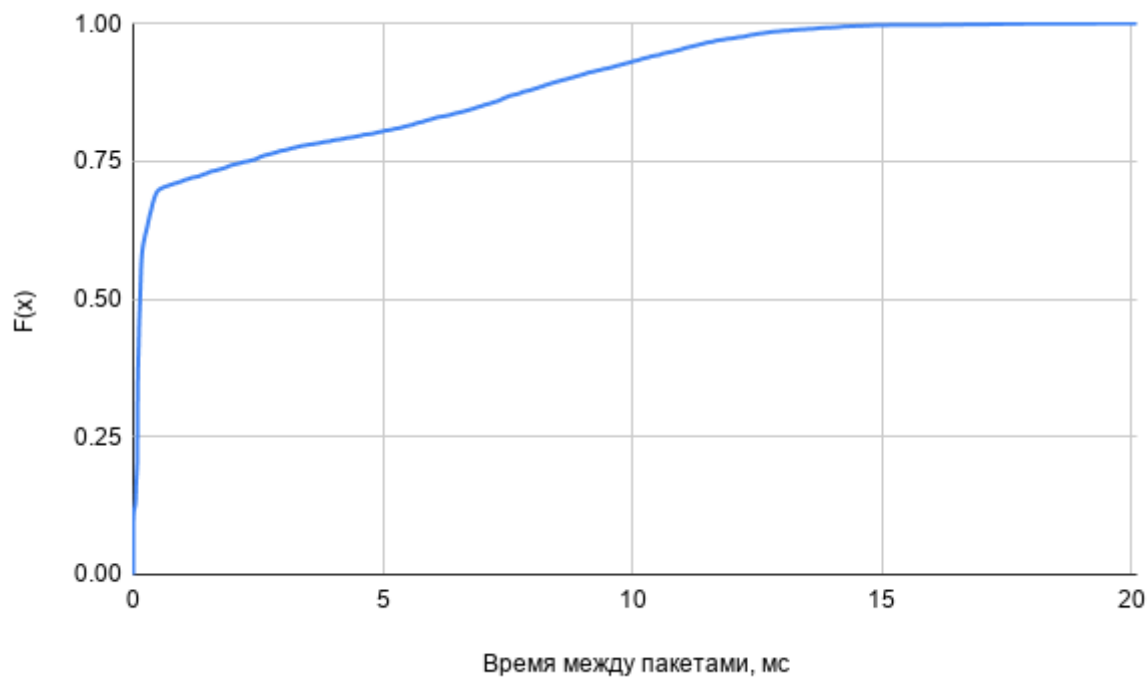


Рис. 3: Функция распределения для интервалов между пакетами Skype

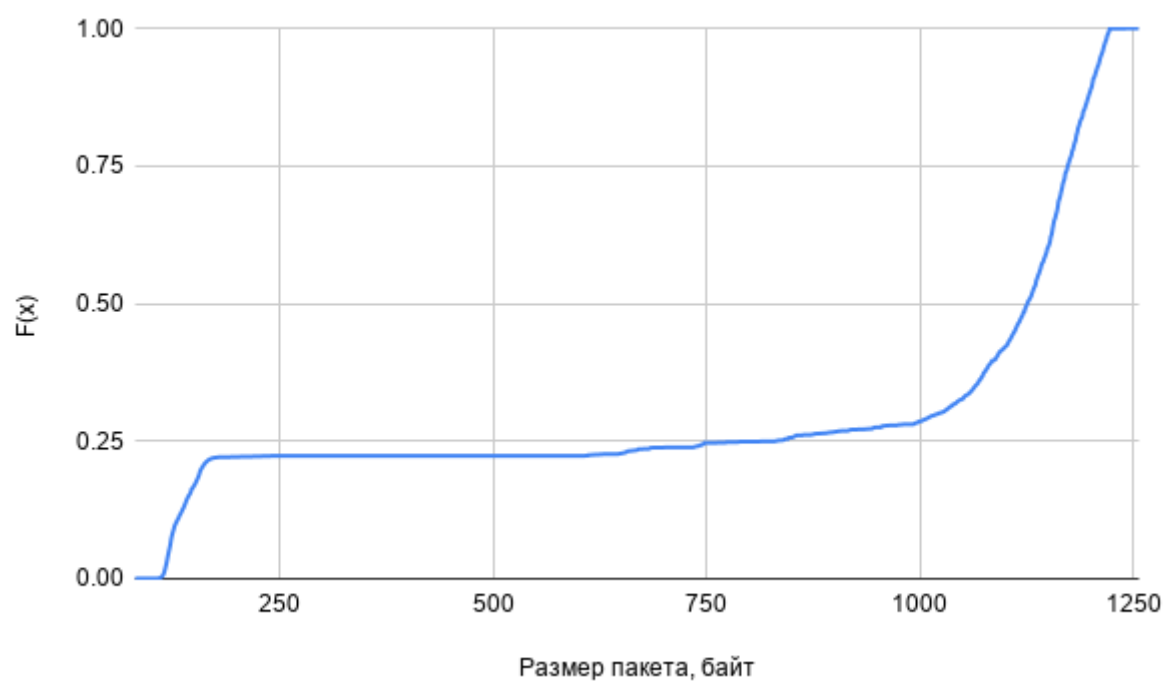


Рис. 4: Функция распределения для размеров пакетов Skype

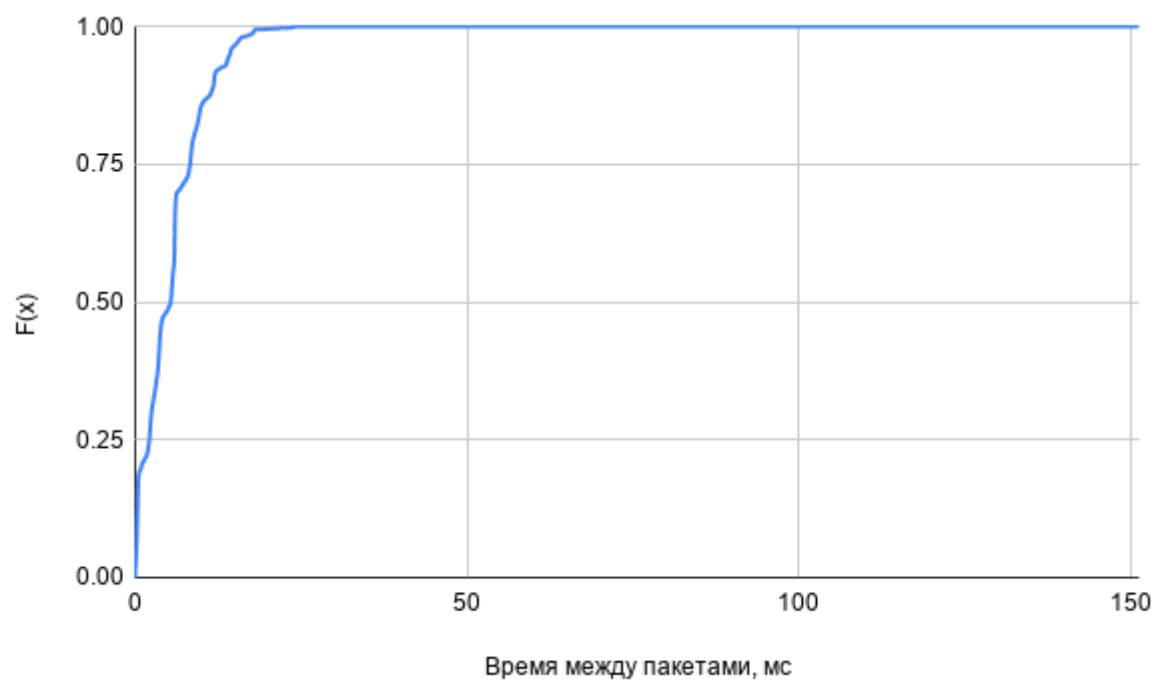


Рис. 5: Функция распределения для интервалов между пакетами ВПЗ

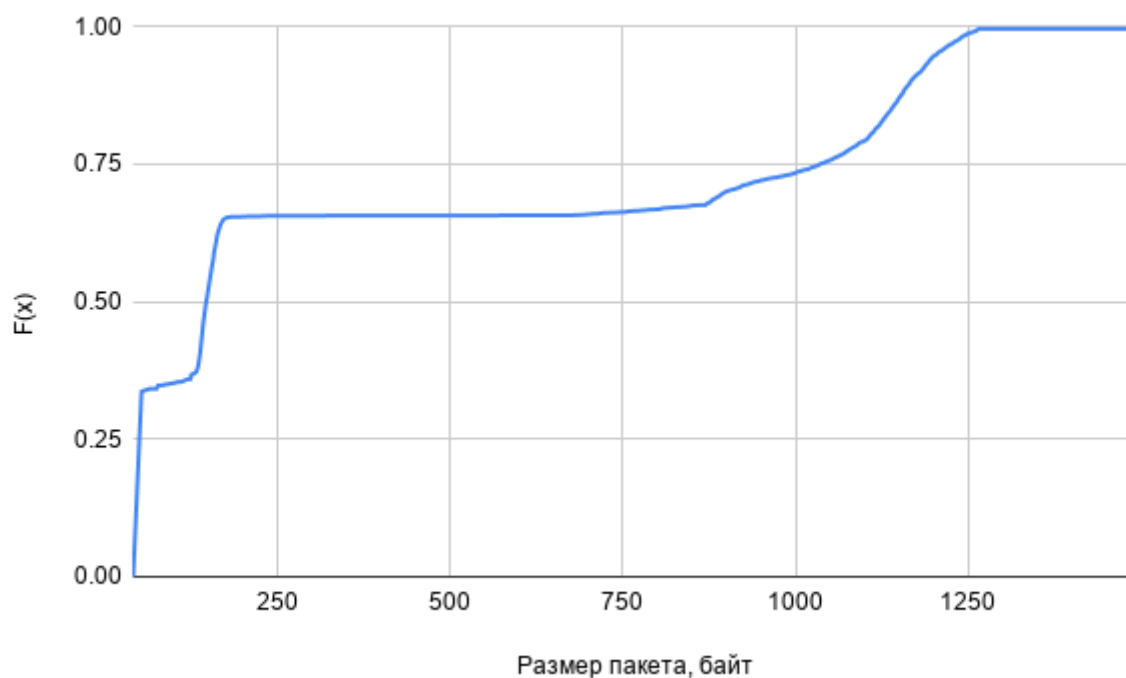


Рис. 6: Функция распределения для размеров пакетов ВПЗ

Значения интервалов между пакетами во всех случаях были округлены до пятого знака после запятой и умножены на 1000 (перевод в мс.).

Затем, с использованием полученных распределений и предложенной AnyLogic-модели, был произведен поиск такого минимального значения пропускной способности канала связи, при котором характеристики передачи данных все еще соответствуют нормам ITU-T Y.1541, которые можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1: Нормы ITU-T Y.1541

Характеристика	Skype	VoD
Задержка, мс	100	1000
Джиттер, мс	50	-
Потеря пакетов, %	0.1	0.1

## 4 FIFO

Очередь без приоритезации. Настройки AnyLogic-модели можно увидеть на рисунке 7.

## Параметры сетевого устройства

### Дисциплина обслуживания – БП

БП	АП	WRR	WTB
ОП	WFQ	DWRR	LQF

### Параметры БП

отсутствуют

### Закон распределения интервалов между поступлениями пакетов

#### Пакеты первого класса

☐ равномерный ☐ экспоненциальный ☐ треугольный ☒ табличная функция

задается в файле excelFileIntervalDistr.xls на листе 1

#### Пакеты второго класса

☐ равномерный ☐ экспоненциальный ☐ треугольный ☒ табличная функция

задается в файле excelFileIntervalDistr.xls на листе 2

### Закон распределения размеров пакетов

#### Пакеты первого класса

☐ равномерный ☐ экспоненциальный ☐ треугольный ☒ табличная функция

задается в файле excelFileSizeDistr.xls на листе 1

#### Пакеты второго класса

☐ равномерный ☐ экспоненциальный ☐ треугольный ☒ табличная функция

задается в файле excelFileSizeDistr.xls на листе 2

### Пропускная способность

C =  Кбит/с

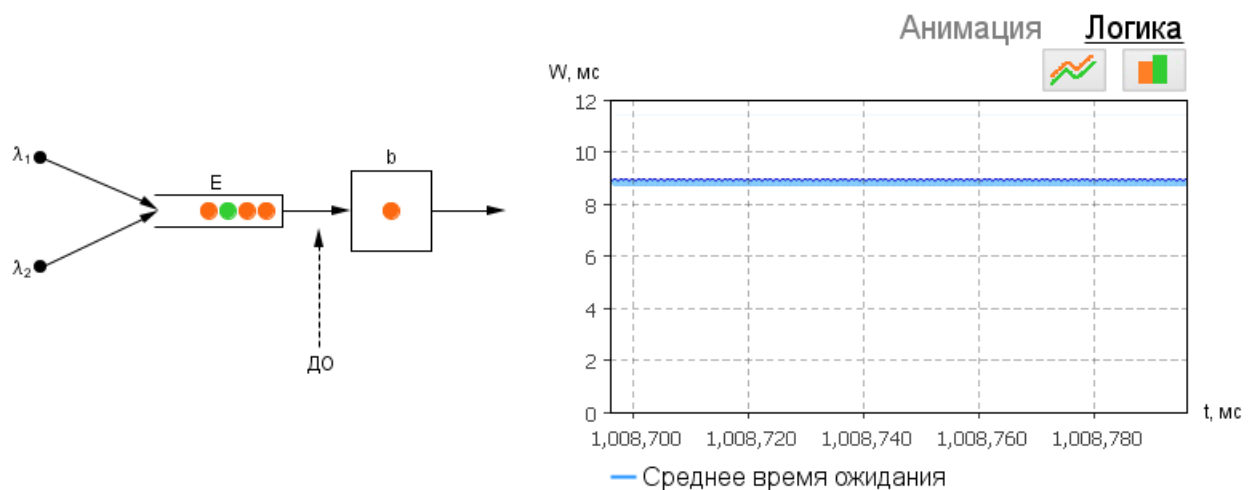
### Емкость накопителя

E =  байт ☐ неограниченная емкость

Запустить эксперимент

Рис. 7: Настройки модели, FIFO

Значения характеристик при параметрах, заданных в варианте, можно увидеть на рисунке 8.



### Параметры

закон распределения интервалов между поступлениями пакетов  
 $T$ , мин=0.1, мода=0.2, макс=0.3 мс  
 $T$ , мин=0.3, мода=0.4, макс=0.5 мс

закон распределения размеров пакетов  
 $T$ , мин=100, мода=728, макс=200 байт  
 $T$ , мин=45, мода=728, макс=1500 байт

пропускная способность канала связи  $C$ , Кбит/с  
 4,000

дисциплина обслуживания ДО  
 БП

емкость накопителя  $E$ , байт  
 10,000

### Характеристики

загрузка  $\rho$   
 0.882 +/- 6.287E-4

вероятность потери  $\pi$   
 0.085 +/- 6.685E-6

среднее время ожидания  $W$ , мс  
 8.792 +/- 0.015

среднее время пребывания  $U$ , мс  
 10.273 +/- 0.015

текущая длина очереди, пакетов  
 4

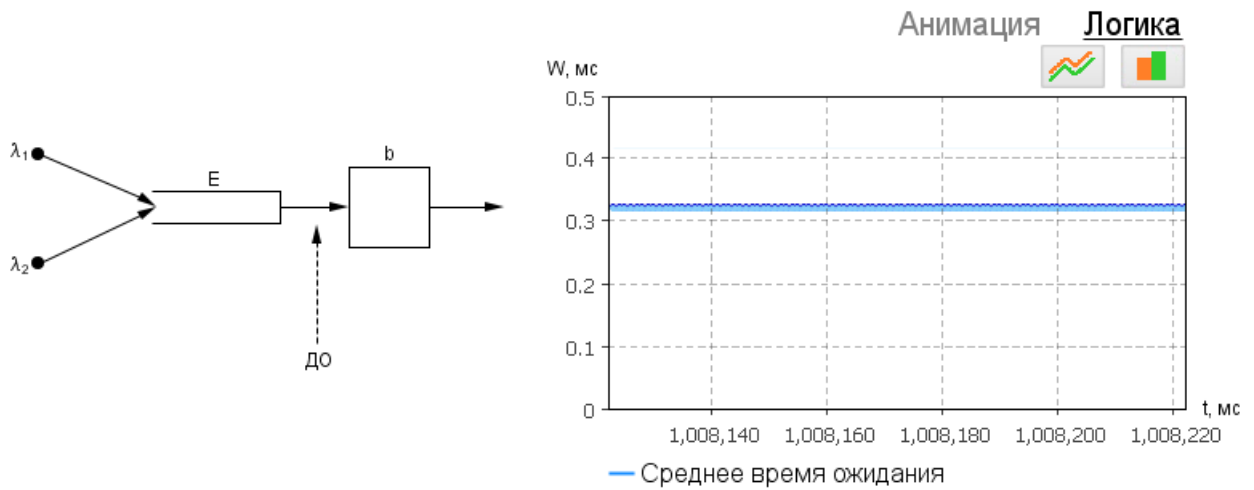
средняя длина очереди  $I$ , пакетов  
 5.238 +/- 0.008

Рис. 8: Характеристики при параметрах, заданных в варианте, FIFO

В процессе варьирования пропускной способности было установлено, что её минимальное значение, при котором все характеристики не превышают норму равно 25750 Кб/с. Вероятность потери при этом равна 0.001 (0.1%), а задержка 0.32 мс. (при норме в 100 мс). Это можно увидеть на рисунке 9.

Так же, во время варьирования были зафиксированы все промежуточные значения вероятности потери заявок и задержки, по которым были построены графики, представленные на рисунках 10 и 11.





## Параметры

закон распределения интервалов между поступлениями пакетов

$T$ , мин=0.1, мода=0.2, макс=0.3 мс

$T$ , мин=0.3, мода=0.4, макс=0.5 мс

закон распределения размеров пакетов

$T$ , мин=100, мода=728, макс=200 байт

$T$ , мин=45, мода=728, макс=1500 байт

пропускная способность канала связи  $C$ , Кбит/с

25,750

дисциплина обслуживания ДО

БП

емкость накопителя  $E$ , байт

10,000

## Характеристики

загрузка  $\rho$

0.156 +- 7.077E-4

вероятность потери  $\pi$

0.001 +- 3.711E-7

среднее время ожидания  $W$ , мс

0.32 +- 0.001

среднее время пребывания  $U$ , мс

0.558 +- 0.001

текущая длина очереди, пакетов

0

средняя длина очереди  $l$ , пакетов

0.208 +- 0.002

Рис. 9: Характеристики при параметрах, полученных в результате варьирования, FIFO

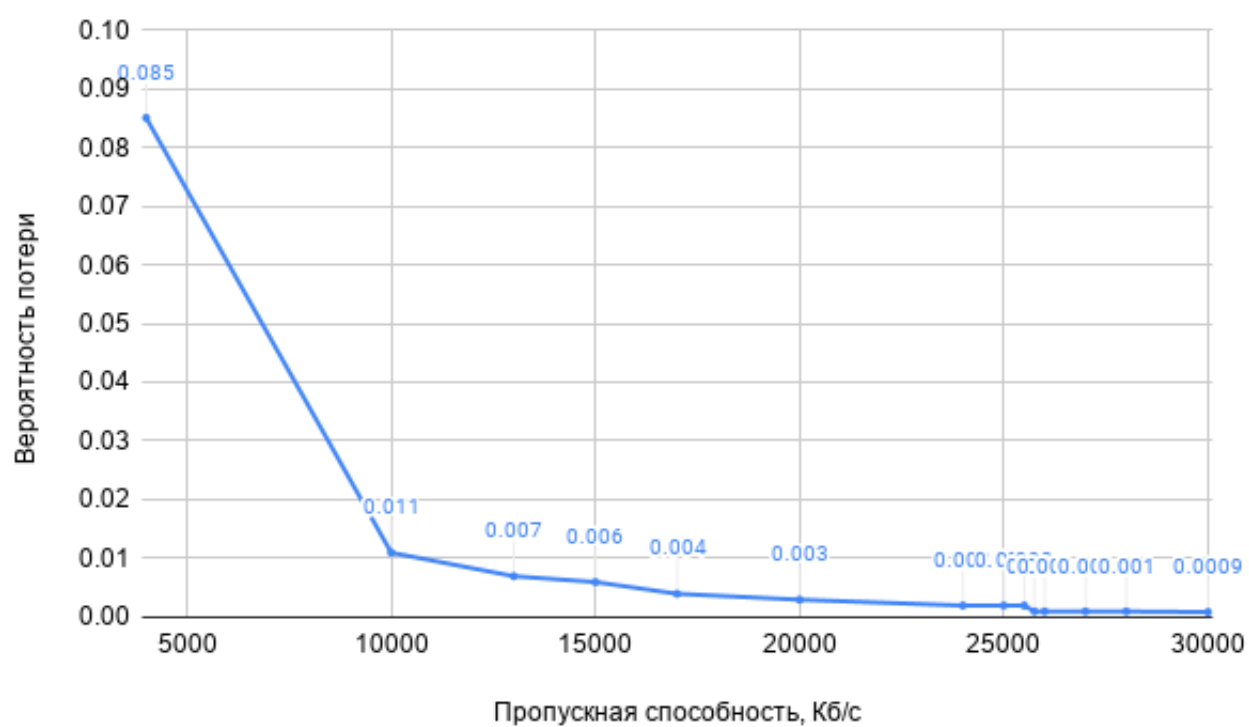


Рис. 10: Зависимость вероятности потери от пропускной способности, FIFO

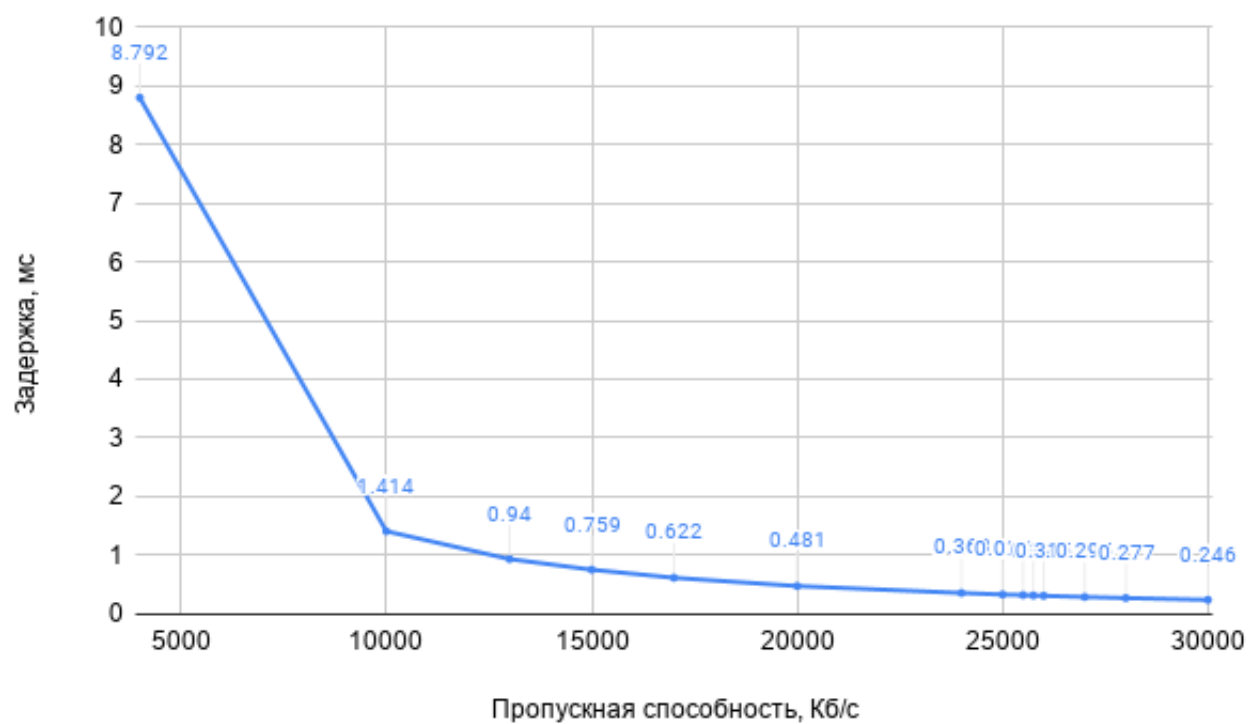


Рис. 11: Зависимость задержки от пропускной способности, FIFO

В целом можно отметить, что при увеличении пропускной способности канала, как и ожидалось, вероятность потери и задержка падают, при этом они начинают соответствовать поставленным требованиям начиная с 25750 Кб/с.