МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

КАФЕДРА № 52

КУРСОВАЯ РАБОТА (ПРОЕКТ)
ЗАЩИЩЕНА С ОЦЕНКОЙ

РУКОВОДИТЕЛЬ

Ассистент		А.А. Бурков
должность, уч. степень, звание	подпись, дата	инициалы, фамилия

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К КУРСОВОЙ РАБОТЕ (ПРОЕКТУ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНОГО АЛГОРИТМА ALOHA

по дисциплине: ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛА

СТУДЕНТКА ГР.№	5721		А. Е. Ковалева
		подпись, дата	инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2020

1 Постановка задачи

Исследование алгоритма разделения общего ресурса нескольких каналов между абонентами, определение характеристик рассматриваемого алгоритма в рамках базовой модели множественного доступа с использованием численных расчетов и имитационного моделирования

2 Общие теоретические сведения

Предполагается, что есть некоторые допущения:

Допущение 1.

Все сообщения имеют одинаковую длину, скорость передачи сообщения одинаковая, время передачи сообщения принимается за единицу времени.
Все время передачи по каналу разбито на окна, длительность одного окна принята за единицу времени.
Абоненты знают границы разделения окон и могут начинать передачу только в начале окна.

Допущение 2.

В каждом окне может происходить одно из трех событий:

- Событие «Конфликт»

В окне одновременно передают два абонента или больше.
Считается, что из-за наложения сигналов сообщения полностью искажаются и не могут быть приняты правильно.

- Событие «Успех»

В окне передает один абонент.
В этом случае считается, что абонент успешно передает сообщение.

- Событие «Пусто»

Ни один из абонентов не передает в текущем окне.

Допущение 3.

В конце каждого окна все абоненты достоверно узнают о том, какое событие произошло в канале.

Допущение 4.

На вход системы поступает Пуассоновский входной поток интенсивности λ.
Интенсивность входного потока у всех абонентов в системе одинакова, и для каждого абонента она равна $\frac{\lambda}{M}$.
У каждого абонента на входе имеется буфер неограниченного размера.

3 Описание исследуемого алгоритма

В данной работе исследуется многоканальный алгоритм ALOHA.

Систему передачи будем называть многоканальной, если в ее среде передачи используется несколько каналов.

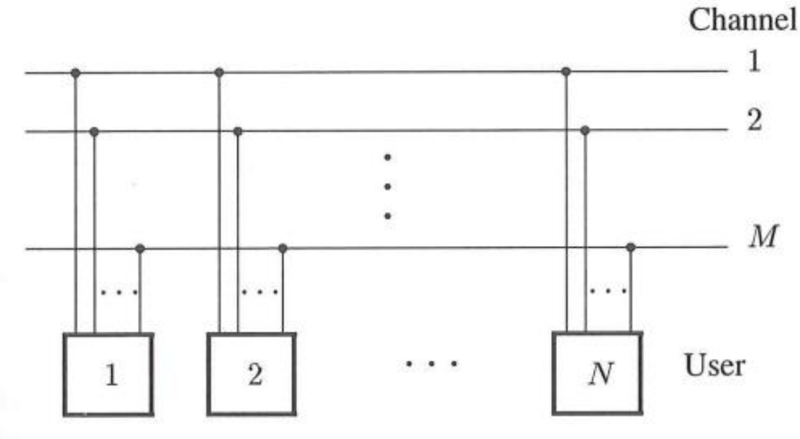


Рисунок 1 – Схема многоканальной системы передачи

При анализе диалоговых систем исходим из предположения, что пользователи генерируют сообщения независимо и случайно.
Другими словами, вероятность того, что начало сообщения придется на малый интервал времени Δt, пропорциональна Δt.

Если это предположение верно, то число генерируемых сообщений удовлетворяет распределению Пуассона:

$$P(k) = \frac{(n't)^k e^{-n't}}{k!}$$

Вероятность того, что за это время е не будет сгенерировано ни одного пакета, равна

$$P(k=0)\big|_t = e^{-n't}$$

В варианте алгоритма, рассмотренном в данной курсовой работе, число абонентов зафиксировано и равно некоторому конечному значению, которое далее будем обозначать $M < \infty$.

У каждого абонента есть буфер на бесконечное число сообщений.
Каждое поступающее в систему сообщение равновероятно помещается в буфер одного из абонентов. Это эквивалентно тому, что на вход каждого абонента поступает пуассоновский поток интенсивностью λ / M.

Одной из основных характеристик алгоритма является средняя задержка передачи сообщения.
Для данного алгоритма под задержкой понимается интервал времени от момента t – генерации сообщения абонентом – до момента его успешной передачи.

В ходе курсовой работы был рассмотрен адаптивный вероятностный алгоритм ALOHA.

Вероятность передачи сообщения абонентами в канал изменяется в зависимости от событий, которые произошли в канале.

При этом в канале могут произойти следующие события:

- Событие «Конфликт».
  В канале собираются передавать сообщения два абонента или больше. Считается, что из-за наложения сигналов сообщения полностью искажаются и не могут быть приняты правильно.
- Событие «Успех».
  В канале передает один абонент, в этом случае считается, что абонент успешно передает сообщение.
- Событие «Пусто».
  В канале никто не передает.

Таким образом, многоканальную модель можно представить в следующем виде:

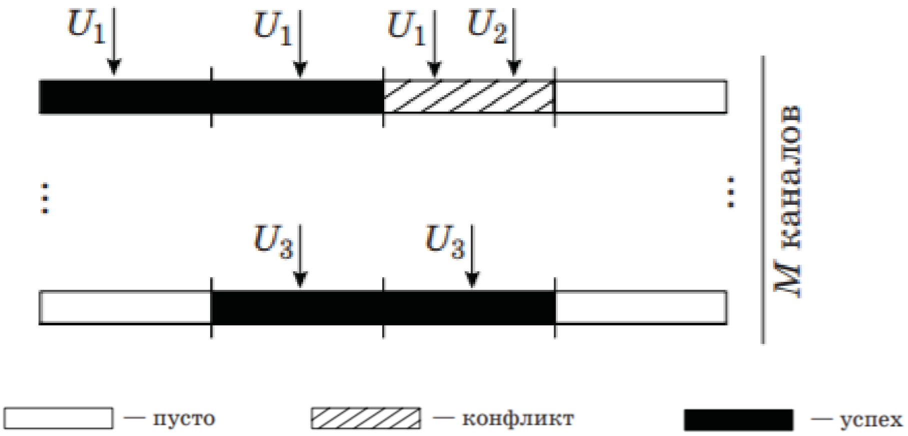


Рисунок 2 – Многоканальная модель

Для реализации оптимального алгоритма АЛОХА делается еще одно допущение к тем, что перечислены в пункте 2 «Общие теоретические сведения»:

Допущение 5.
К началу каждого окна всем абонентам достоверно известно количество абонентов, имеющих готовое для передачи сообщение N_t.

В начале окна t все абоненты передают с вероятностью $\frac{1}{N_t}$.

Предположим, что у 1 и 2 абонента есть что-то в очереди, а очереди всех остальных абонентов – пустые.

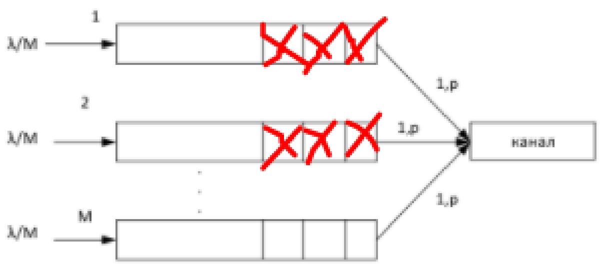


Рисунок 3 – Предположение, что у 1 и 2 абонента есть что-то в очереди,
а очереди у всех остальных абонентов пустые

В случае, что абоненты имею эту информацию, оптимальной считается передача с вероятностью $\frac{1}{2}$,

т.е $\frac{1}{\textit{число абонентов, готовых к передаче сообщения}}$.

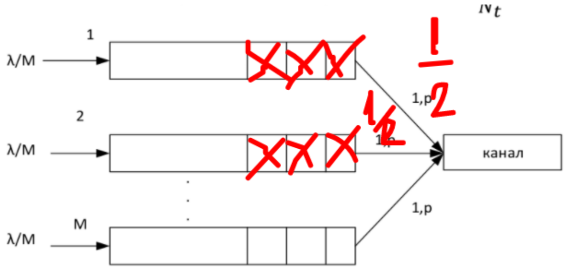


Рисунок 4 - Передача сообщений с вероятностью $\frac{1}{2}$

Теперь все абоненты активны и передают с вероятностью $\frac{1}{M}$ (рисунок 4). В таком случае мы максимизируем $\lambda_{кр}$.

Оптимальный же алгоритм заключается в том, что мы максимизируем вероятность передачи. То есть стратегия передачи информации с вероятностью $\frac{1}{\textit{число активных абонентов}}$, а не $\frac{1}{M}$ заключается в том, что мы всегда максимизируем вероятность события, что в данном конкретном окне произойдет успех.

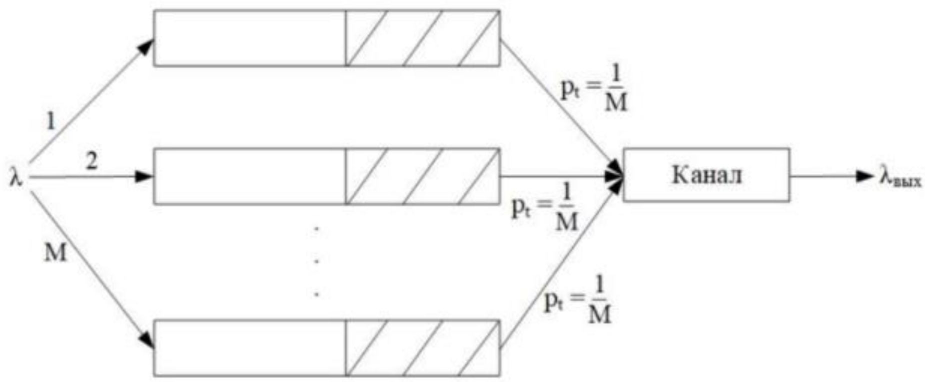


Рисунок 5 – Передача с вероятностью $\frac{1}{M}$

Адаптивный алгоритм АЛОХА.

Улучшение алгоритма АЛОХА произведем за счет того, что некоторым образом будем менять вероятность передачи.

Идея адаптивного алгоритма состоит в том, что, допустим, у нас в начале окна есть 2 пользователя и 2 канала. Абоненты подбрасывают монетку и случайным образом решают передавать или не передавать сообщение.

Представим такую ситуацию, что оба абонента выбрали один канал из двух возможных и передали в него сообщения. Сигналы наложились друг на друга, приемная сторона не смогла их различить, другими словами, в канале возник конфликт. Так как в канале есть конфликт, то пользователи не удаляют сообщения из своих очередей, а передают эти же сообщения в следующем окне с уменьшенной вероятностью. Для принятия решения передавать сообщение или не передавать абоненты снова подбрасывают монетку и случайным образом выбирают канал для передачи.

Таким образом, если в канале часто происходят конфликты, то вероятность передачи мы будем уменьшать. Если часто будет «пусто», то вероятность передачи будем увеличивать в 2 раза. Чтобы вероятность не стала больше 1, возьмем минимум. При «успехе» оставляем без изменений.

Вероятность передачи сообщения абонентами в канал изменяется в зависимости от событий, которые произошли в канале по следующему правилу для вероятностного варианта:

$$p_{t+1} = \begin{cases} \max(\frac{1}{M}, \frac{p_t}{2}), \text{ при "конфликте" в канале} \\ p_t, \text{ при "успехе" в канале} \\ \min(1, 2p_t), \text{ при "пусто" в канале} \end{cases},$$

где p_t - вероятность, с которой все абоненты с готовыми к передаче сообщениями, передают их по каналу в начале t-го окна.

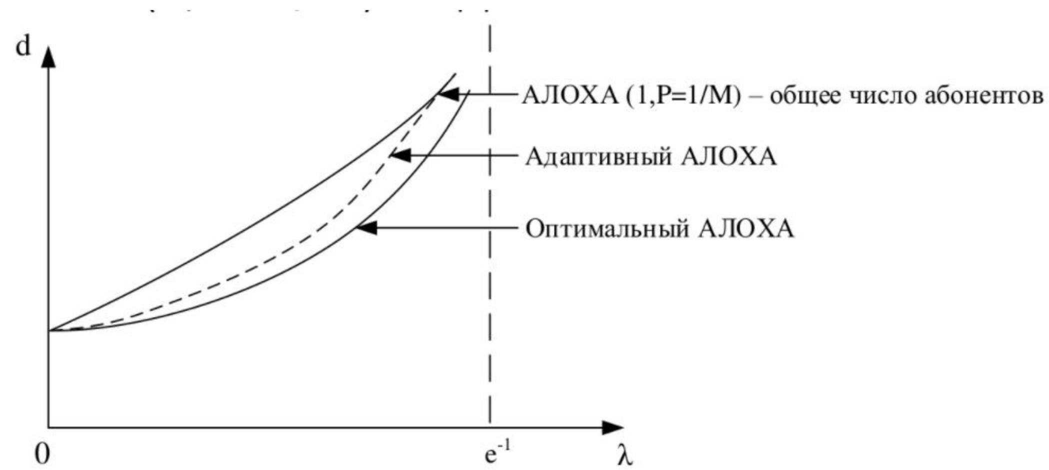


Рисунок 6 – Сравнение алгоритмов Оптимальной, Адаптивной и АЛОХА (1, P=1/M)

4 Результаты выполнения работы

Моделирование происходит интенсивности входного потока, которая изменяется от 0.05 до 1 с интервалом в 0.05.

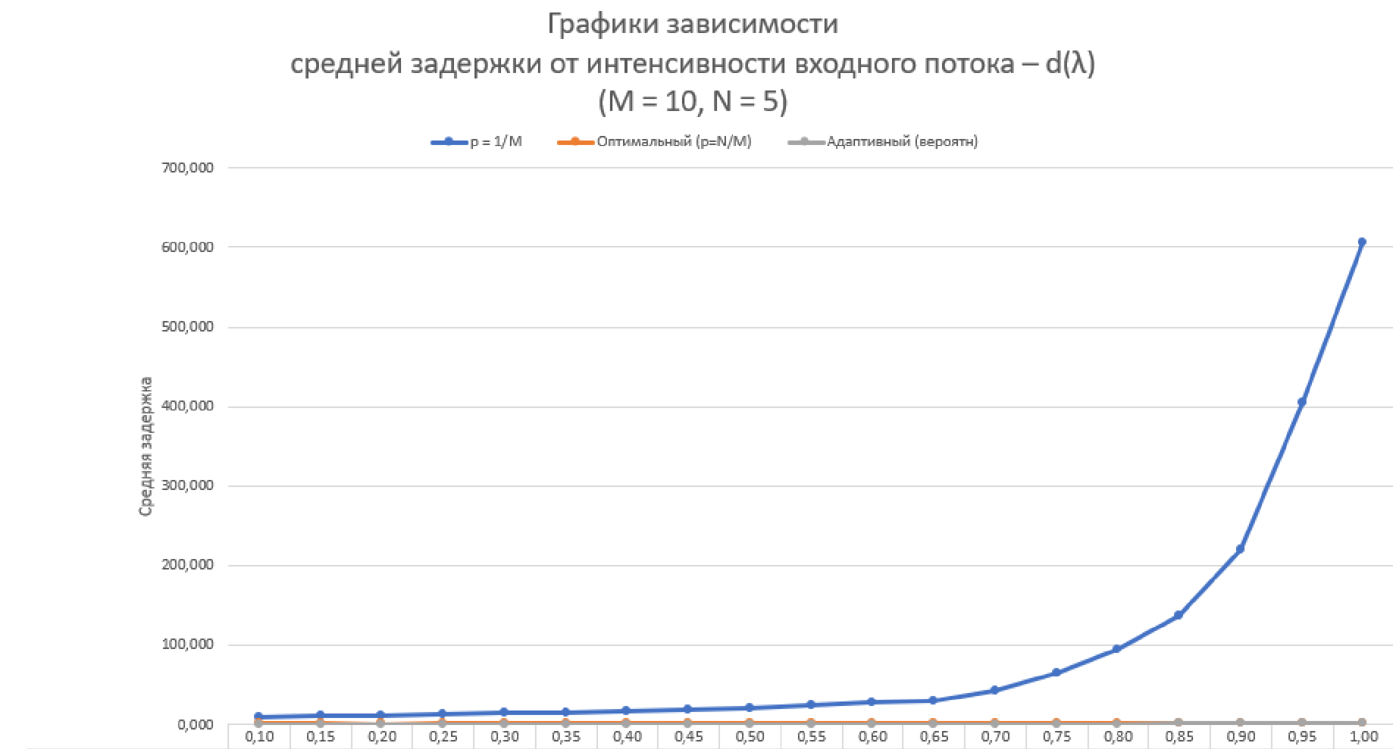
Моделирование 1.

Выберем следующие параметры для моделирования:

1. Количество каналов 5
2. Количество абонентов 10
3. Вероятность, с которой все абоненты готовы к передаче сообщения 1/M
4. Число окон 10000

В качестве результатов был построены графики следующих зависимостей:

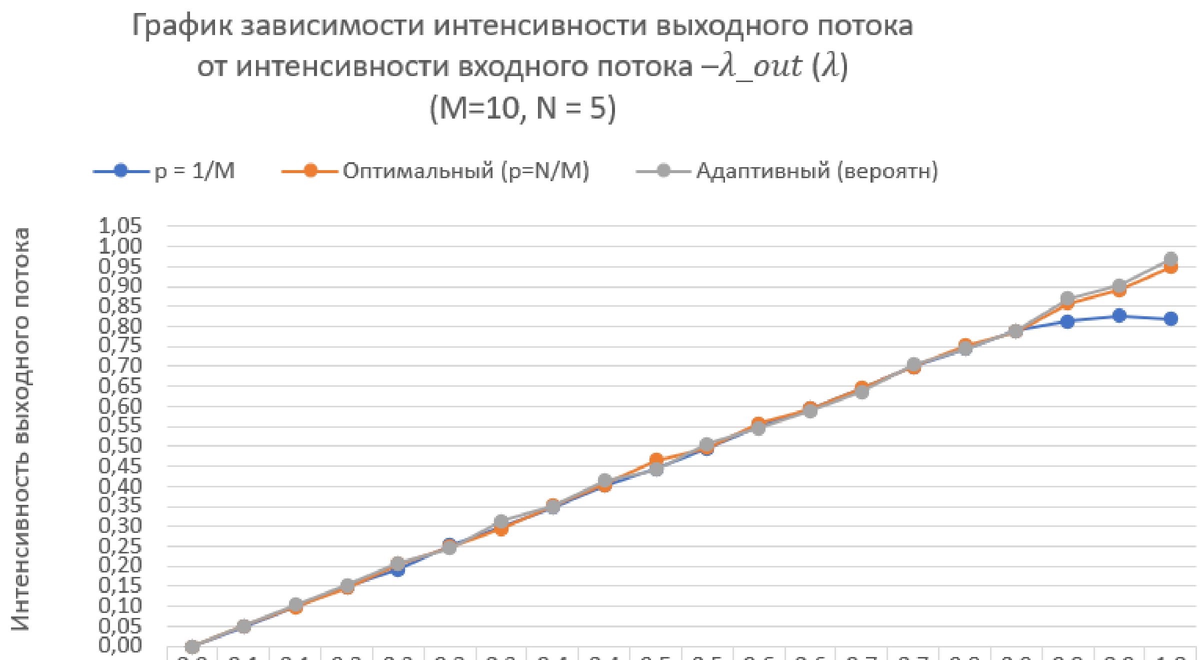
- Средней задержки от интенсивности входного потока – d(λ)
- Среднего числа абонентов в системе от интенсивности входного потока– N(λ)
- Интенсивность выходного потока от интенсивности входного потока –$\lambda_{out}(\lambda)$



	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
p = 1/M	10,602	11,394	11,501	13,245	15,111	15,146	16,684	18,422	20,720	24,048	28,601	30,443	43,084	65,150	94,002	136,483	220,799	405,879	605,788
Оптимальный (p=N/M)	2,081	2,079	2,075	2,157	2,220	2,189	2,317	2,314	2,439	2,410	2,524	2,551	2,604	2,645	2,808	2,843	2,989	2,993	3,248
Адаптивный (вероятн)	1,070	1,095	1,086	1,080	1,156	1,185	1,157	1,218	1,206	1,286	1,287	1,377	1,412	1,432	1,499	1,586	1,694	1,719	1,833

Интенсивность входного потока

Рисунок 7 – Графики зависимости средней задержки
от интенсивности входного потока – d(λ)



	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
p = 1/M	0,00	0,05	0,10	0,15	0,19	0,25	0,30	0,35	0,40	0,44	0,50	0,55	0,60	0,64	0,70	0,74	0,79	0,81	0,83	0,82
Оптимальный (p=N/M)	0,00	0,05	0,10	0,15	0,21	0,25	0,29	0,35	0,41	0,46	0,50	0,56	0,60	0,65	0,70	0,75	0,79	0,86	0,89	0,95
Адаптивный (вероятн)	0,00	0,05	0,10	0,15	0,21	0,25	0,31	0,35	0,41	0,44	0,51	0,55	0,59	0,64	0,70	0,74	0,79	0,87	0,90	0,97

Интенсивность входного потока

Рисунок 8 – Графики зависимости интенсивности выходного потока
от интенсивности входного потока – $\lambda_{out}(\lambda)$

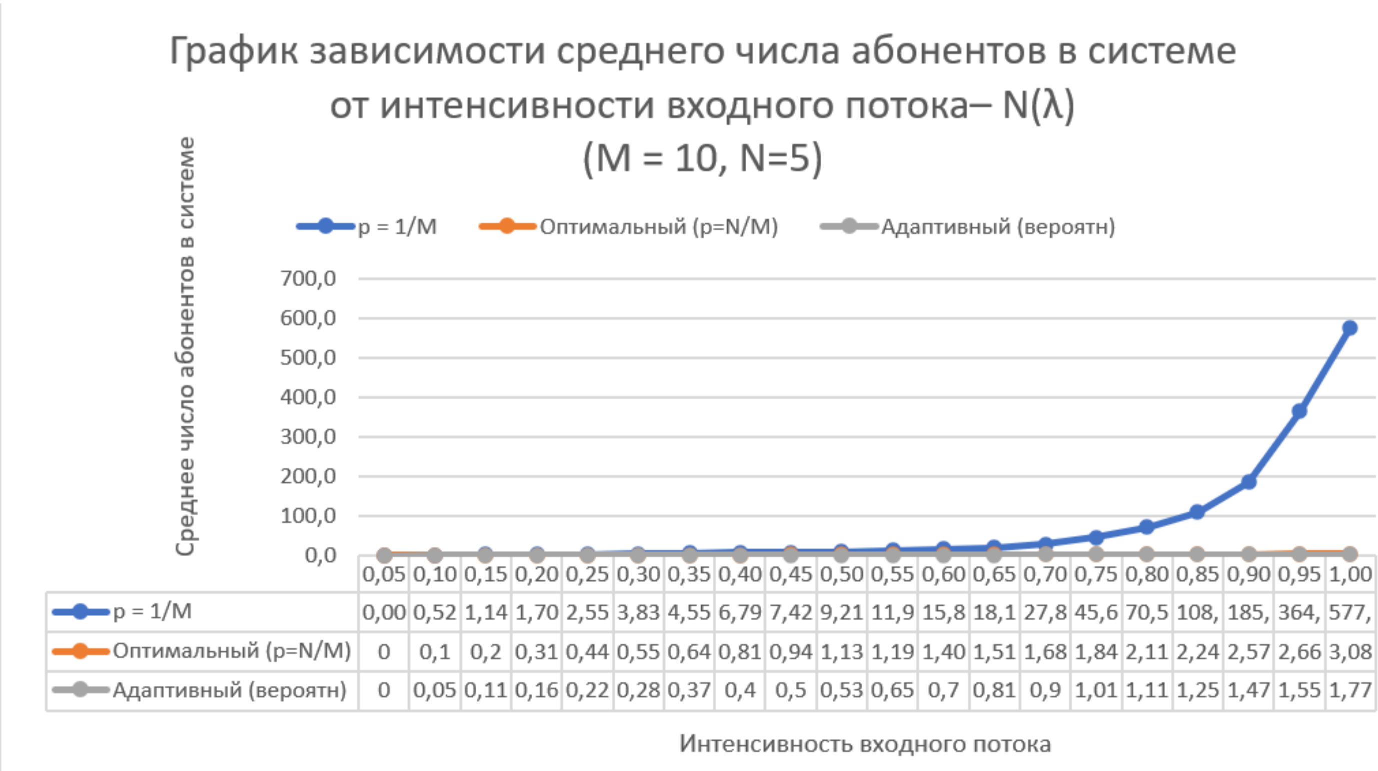


Рисунок 9 – Графики зависимости среднего числа абонентов в системе от интенсивности входного потока – $N(\lambda)$

Моделирование 2.

Выберем следующие параметры для моделирования:

1. Количество каналов 2
2. Количество абонентов 10
3. Вероятность, с которой все абоненты готовы к передаче сообщения 1/M
4. Число окон 10000

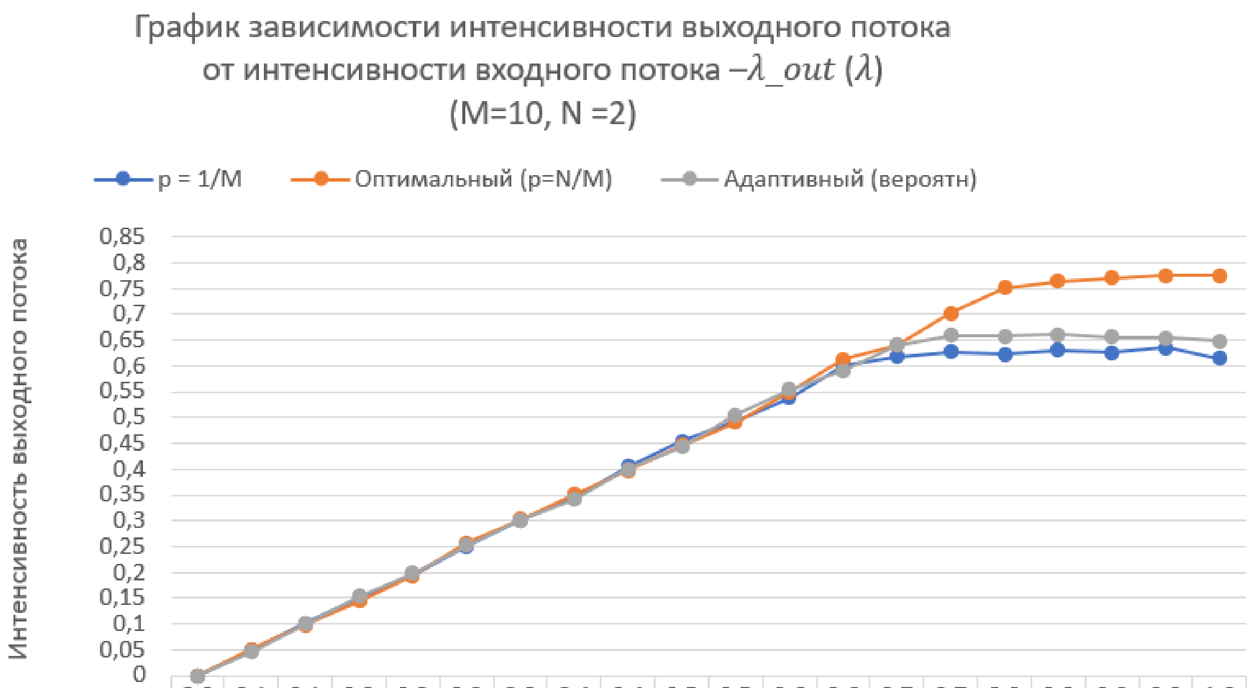
В качестве результатов был построены графики следующих зависимостей:

- Средней задержки от интенсивности входного потока – d(λ)
- Среднего числа абонентов в системе от интенсивности входного потока– N(λ)
- Интенсивность выходного потока от интенсивности входного потока –$\lambda_{out}(\lambda)$

	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
p = 1/M	11,6578	11,405	13,0936	12,9056	15,2116	18,1307	22,1552	24,1974	32,5434	38,6004	65,755	112,962	365,817	655,139	874,202	1156,47	1387,79	1472,94	1755,21
Оптимальный (p=N/M)	5,54781	5,65302	5,57818	6,15741	6,33905	7,49488	7,5529	8,60015	9,01343	10,4857	12,2698	15,8368	17,557	26,3851	98,4278	84,0839	462,122	696,503	965,623
Адаптивный (вероятн)	1,15517	1,16064	1,25162	1,32728	1,43073	1,51341	1,79068	1,87347	2,29	3,0372	4,24774	4,36275	55,6175	384,052	544,979	793,497	1139,04	1337,82	1562

Интенсивность входного потока

Рисунок 10 – Графики зависимости средней задержки
от интенсивности входного потока – d(λ)



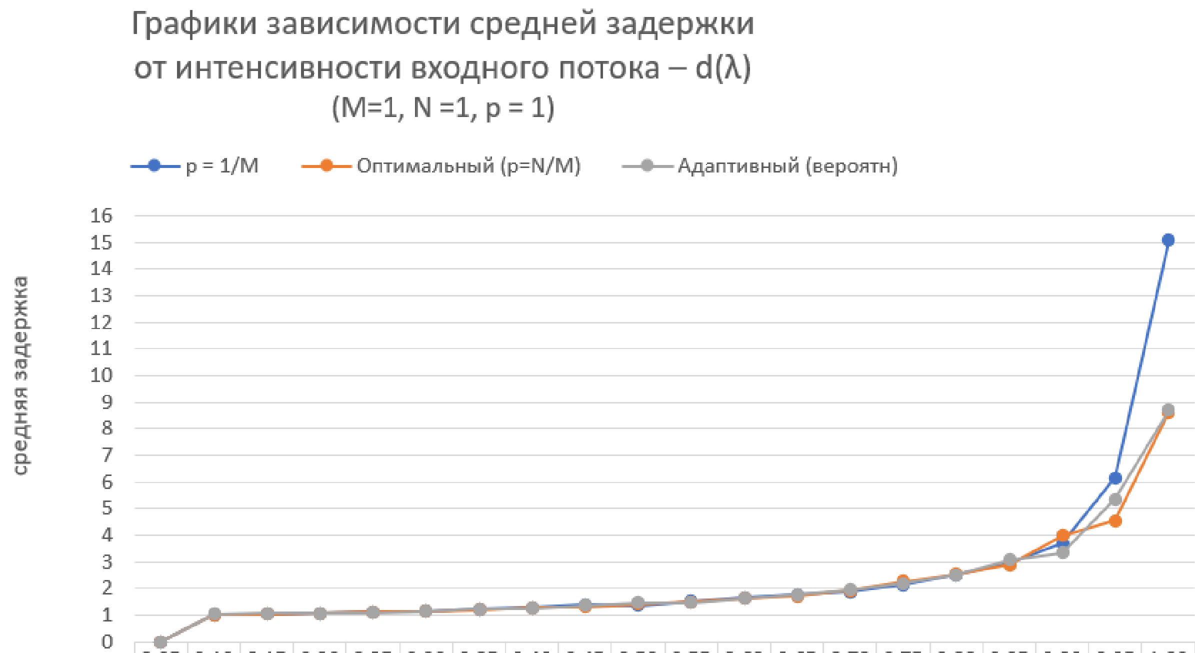
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
p = 1/M	0	0,05	0,1	0,15	0,19	0,25	0,3	0,34	0,4	0,45	0,49	0,54	0,6	0,62	0,63	0,62	0,63	0,63	0,64	0,62
Оптимальный (p=N/M)	0	0,05	0,1	0,14	0,19	0,26	0,3	0,35	0,4	0,45	0,49	0,55	0,61	0,64	0,7	0,75	0,76	0,77	0,78	0,78
Адаптивный (вероятн)	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,34	0,4	0,44	0,51	0,55	0,59	0,64	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65

Интенсивность входного потока

Рисунок 11 – Графики зависимости интенсивности выходного потока
от интенсивности входного потока – $\lambda_{out}(\lambda)$

	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
p = 1/M	0,00	0,56	1,15	1,97	1,51	3,81	5,47	7,65	7,65	14,8	19,0	35,4	68,6	249,	478,	666,	933,	1213	1321	1706
Оптимальный (p=N/M)	0,00	0,27	0,55	0,80	1,19	1,62	2,26	2,65	3,41	4,02	5,15	6,74	9,72	11,2	18,6	74,0	66,3	406,	657,	924,
Адаптивный (вероятн)	0,00	0,05	0,11	0,19	0,26	0,35	0,45	0,60	0,74	1,01	1,53	2,35	2,58	37,0	278,	422,	644,	958,	1220	1517

Рисунок 12 – Графики зависимости среднего числа абонентов в системе от интенсивности входного потока – $N(\lambda)$

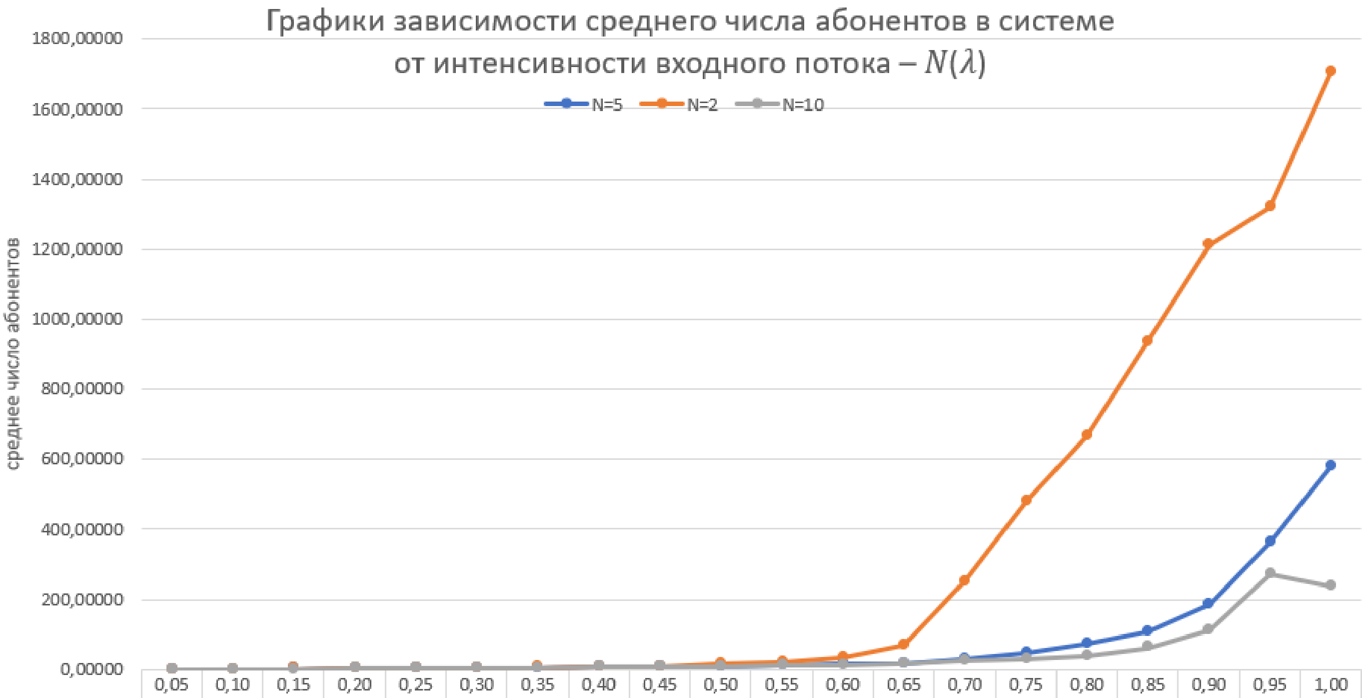


	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
p = 1/M	0	1,02	1,053	1,082	1,142	1,164	1,226	1,291	1,39	1,38	1,527	1,661	1,764	1,883	2,144	2,516	2,988	3,71	6,156	15,09
Оптимальный (p=N/M)	0	1,026	1,043	1,084	1,127	1,164	1,221	1,287	1,322	1,425	1,51	1,634	1,728	1,948	2,273	2,546	2,903	3,985	4,545	8,627
Адаптивный (вероятн)	0	1,042	1,065	1,086	1,113	1,162	1,231	1,271	1,376	1,466	1,466	1,637	1,759	1,966	2,207	2,534	3,081	3,348	5,371	8,714

Рисунок 13 - Графики зависимости средней задержки от интенсивности входного потока – d(λ)

	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
N=2	11,658	11,405	13,094	12,906	15,212	18,131	22,155	24,197	32,543	38,6	65,755	112,96	365,82	655,14	874,2	1156,5	1387,8	1472,9	1755,2
N=5	10,602	11,394	11,501	13,245	15,111	15,146	16,684	18,422	20,720	24,048	28,601	30,443	43,084	65,150	94,002	136,48	220,79	405,87	605,78
N=10	10,525	10,504	11,696	12,881	13,427	14,775	16,487	17,433	19,093	20,282	24,274	26,547	35,946	40,581	49,887	77,425	127,79	296,26	255,28

Рисунок 14 - Графики зависимости средней задержки от интенсивности входного потока – d(λ)



	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
N=5	0,0000	0,5217	1,1464	1,7012	2,5579	3,8341	4,555	6,799	7,420	9,219	11,928	15,800	18,185	27,803	45,641	70,581	108,68	185,40	364,49	577,49
N=2	0,0000	0,5679	1,1509	1,9722	1,5143	3,8182	5,4703	7,6538	7,6538	14,816	19,068	35,475	68,635	249,61	478,04	666,93	933,23	1213,7	1321,1	1706,0
N=10	0	0,5	1,021	1,74	2,58	3,35	4,40	5,71	6,88	8,46	10,177	13,385	15,954	23,689	28,232	36,999	61,802	111,33	269,79	237,96

Рисунок 15 – Графики зависимости среднего числа абонентов в системе от интенсивности входного потока – $N(\lambda)$

Из графиков зависимости средней задержки от интенсивности входного потока – d(λ) (рисунок 6 и 9), мы видим, что с увеличением числа каналов, наиболее выигрышными являются адаптивный и оптимальный алгоритмы, так как средняя задержка там принимает наименьшие значения.

Из графиков зависимости интенсивности выходного потока от интенсивности входного потока – $\lambda_{out}(\lambda)$ (рисунок 7 и 10), мы видим, что с увеличением числа каналов, наибольшее значение интенсивность выходного потока принимает в адаптивном и оптимальных алгоритмах соответственно.

Из графиков зависимости среднего числа абонентов в системе от интенсивности входного потока – $N(\lambda)$ (рисунок 8 и 11), мы видим, что с увеличением числа каналов, наименьшее число абонентов в системе получается при адаптивном и оптимальном алгоритмах соответственно.

Рассмотрев ситуацию (рисунок 13), где вероятность, с которой все абоненты готовы к передаче сообщения, число каналов в системе и число абонентов равны 1, мы получили, график, соответствующий графику с теоретическими расчетами на рисунке 6, на котором адаптивный алгоритм несколько хуже оптимального.

5 Выводы

В рамках текущей курсовой работы был исследован алгоритм разделения общего ресурса нескольких каналов между абонентами, определены характеристики рассматриваемого алгоритма в рамках базовой модели множественного доступа с использованием численных расчетов и имитационного моделирования.

В ходе курсовой работы было произведено моделирование многоканального алгоритма ALOHA, в котором все абоненты в системе готовы к передаче сообщения с некоторой вероятностью p. Если абонент решает отправлять сообщение, то случайным образом (подбрасывая монетку) выбирается канал, куда это сообщение будет отправлено.
В зависимости от алгоритма (обычная АЛОХА, оптимальная или адаптивная) и ситуации в канале - выбирается вероятность, с которой сообщение будет отправлено: либо с фиксированной вероятностью $\frac{1}{\textit{все абоненты системы}}$, либо с вероятностью $\frac{1}{\textit{число активных абонентов}}$, или же увеличивая/уменьшая/оставляя прежней вероятность соответственно.

Исходя из графиков зависимости средней задержки от интенсивности входного потока на рисунке 13, полученных в ходе моделирования алгоритма многоканальной АЛОХИ, можем сделать вывод, что с увеличением числа каналов в сети уменьшается средняя задержка при одном и том же значении интенсивности входного потока в пределах близких к e^{-1}, т.е $\lambda_{кр} \to e^{-1}$.

Таким образом, уменьшение средней задержки в системе свидетельствует об улучшении системы, путем использования большего числа каналов.