

Задание

Система массового обслуживания состоит из обслуживающих аппаратов (ОА) и очередей заявок двух типов, различающихся временем прихода и обработки. Заявки поступают в очереди по случайному закону с различными интервалами времени (в зависимости от варианта задания), равномерно распределенными от начального значения (иногда от нуля) до максимального количества единиц времени. В ОА заявки поступают из «головы» очереди по одной и обслуживаются за указанные в задании времена, распределенные равновероятно от минимального до максимального значений (все времена – вещественного типа).

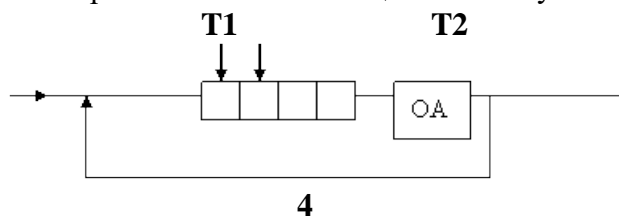
Требуется смоделировать процесс обслуживания первых 1000 заявок первого типа, выдавая после обслуживания каждых 100 заявок и в конце процесса необходимую информацию.

Очередь необходимо представить в виде двухсвязного списка. Все операции должны быть оформлены подпрограммами.

Варианты заданий

1. В течение всего времени работы в очередь поступают заявки по случайному закону с временами T_1 в интервале от a_1 до a_2 е. в. (единицы времени – е.в.), обслуживаются заявки по случайному закону со временем T_2 в интервале от b_1 до b_2 е. в.

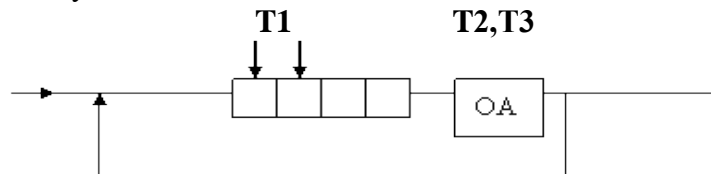
Каждая заявка после обслуживания в аппарате возвращается в «хвост» очереди для повторной обработки и после 4-х циклов обслуживания покидает систему.



После выхода из системы обработки каждой 100-й заявки выводится текущее состояние очереди, а именно количество вошедших заявок и текущая длина очереди, а так же для заявки с максимальным временем ожидания вывести ее номер, цикл обслуживания, максимальное и среднее время пребывания заявок в очереди.

Система завершает свою работу по выходу из нее 1000 заявок. На экране при этом отображается общее время моделирования, время простоя ОА, количество обработанных заявок, а так же количество вошедших и вышедших из очереди заявок.

2. Система массового обслуживания состоит из обслуживающего аппарата (ОА) и очереди заявок двух типов .



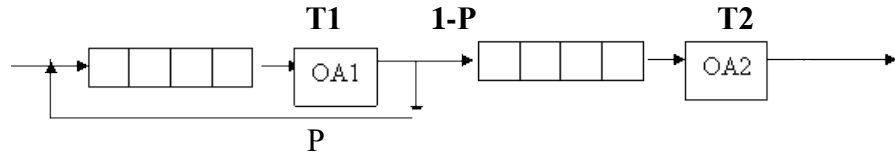
Заявки первого типа поступают в "хвост" очереди по случайному закону с интервалом времени T_1 , равномерно распределенным от a_1 до a_2 единиц времени (е.в.). В ОА они поступают из "головы" очереди по одной и обслуживаются также равновероятно за время T_2 от b_1 до b_2 е.в., после чего покидают систему.

Единственная заявка второго типа постоянно обращается в системе, обслуживаясь в ОА равновероятно за время T_3 от c_1 до c_2 е.в. и возвращаясь в очередь не далее 4-й позиции от "головы". В начале процесса заявка второго типа входит в ОА, оставляя пустую очередь. (все времена – вещественного типа)

Требуется смоделировать процесс обслуживания первой партии из 1000 заявок **первого типа**, выдавая после обслуживания каждых 100 заявок первого

типа информацию о текущей и средней длине очереди, количестве вошедших и вышедших заявок и среднем времени пребывания заявок в очереди, а в конце процесса – общее время моделирования, время простоя аппарата, количество вошедших в систему и вышедших из нее заявок первого типа и количество обращений заявок второго типа.

3. Система массового обслуживания состоит из двух обслуживающих аппаратов (ОА1 и ОА2) и двух очередей заявок. Всего в системе обращается 1000 заявок.



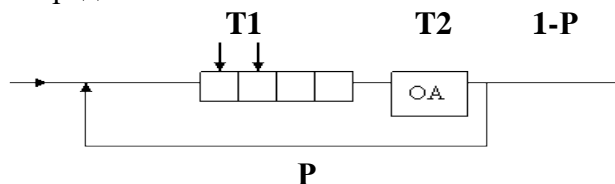
Заявки поступают в "хвост" каждой очереди; в ОА заявки поступают из "головы" очереди по одной и обслуживаются по случайному закону за интервалы времени $T1$ и $T2$, равномерно распределенные от $a1$ до $a2$ и от $b1$ до $b2$ единиц времени (е.в.) соответственно. (все времена – вещественного типа)

Каждая заявка после ОА1 с вероятностью $P = 0.7$ вновь поступает в "хвост" первой очереди, совершая новый цикл обслуживания, а с вероятностью $1 - P$ входит во вторую очередь. В начале процесса все заявки находятся в первой очереди.

Требуется смоделировать процесс обслуживания до выхода из ОА2 первой партии из 1000 заявок, выдавая после обслуживания каждой 100 заявок первого типа информацию о количестве принятых заявок и текущей длине каждой очереди. Для заявки с максимальным временем ожидания вывести ее номер, максимальное и среднее время пребывания заявок в очереди.

В конце процесса – общее время моделирования, время простоя аппаратов, количество заявок, прошедших через ОА1 и ОА2.

4. Система массового обслуживания состоит из обслуживающего аппарата (ОА) и очереди заявок.

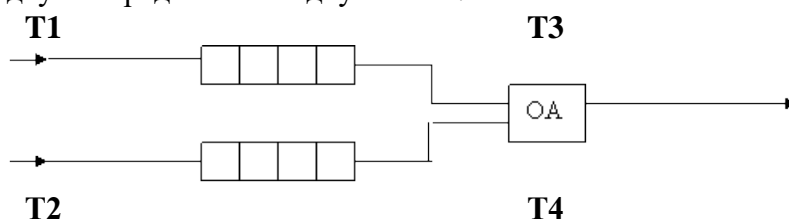


Заявки поступают в "хвост" очереди по случайному закону с интервалом времени $T1$, равномерно распределенным от $a1$ до $a2$ единиц времени (е.в.). В ОА заявки поступают из "головы" очереди по одной и обслуживаются также равновероятно за время $T2$ от $b1$ до $b2$ е.в., Каждая заявка после ОА с вероятностью $P = 0.8$ вновь поступает в "хвост" очереди, совершая новый цикл обслуживания, а с вероятностью $1 - P$ покидает систему. (все времена – вещественного типа) В начале процесса в системе заявок нет.

Требуется смоделировать процесс обслуживания партии из 1000 заявок, выдавая после обслуживания каждой 100 заявок информацию о количестве принятых заявок и текущей длине очереди. Для заявки с максимальным временем ожидания вывести ее номер, максимальное и среднее время пребывания заявок в очереди.

В конце процесса – общее время моделирования, время простоя аппаратов, количество заявок, прошедших через ОА.

5. Система массового обслуживания состоит из обслуживающего аппарата (ОА) и двух очередей заявок двух типов.



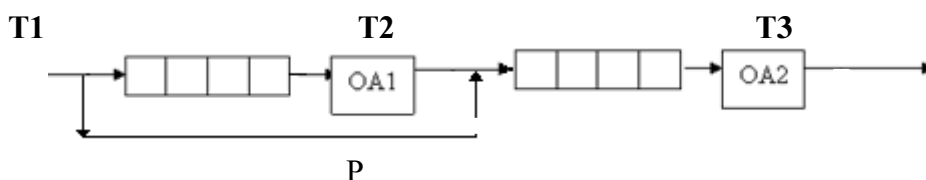
Заявки первого и второго типов поступают в "хвосты" своих очередей по случайному закону с интервалами времени $T1$ и $T2$, равномерно распределенными от $a1$ до $a2$ и от $b1$ до $b2$ единиц времени (е.в.) соответственно. В ОА заявки поступают из "головы" очереди по одной и обслуживаются также равновероятно за времена $T3$ и $T4$, распределенные от $c1$ до $c2$ е.в. и от $d1$ до $d2$ е.в. соответственно, после чего покидают систему. (все времена – вещественного типа) В начале процесса в системе заявок нет.

Заявка второго типа может войти в ОА, если в системе нет заявок первого типа. Если в момент обслуживания заявки второго типа в пустую очередь входит заявка первого типа, то она ждет первого освобождения ОА и далее поступает на обслуживание (система с относительным приоритетом).

Требуется смоделировать процесс обслуживания первой партии из 1000 заявок **первого типа**, выдавая после обслуживания каждой 100 заявок информацию о количестве принятых заявок и текущей длине каждой очереди. Для заявки с максимальным временем ожидания вывести ее номер, максимальное и среднее время пребывания заявок в очереди.

В конце процесса – общее время моделирования, время простоя аппаратов, количество заявок первого и второго типа, прошедших через ОА.

6. Система массового обслуживания состоит из двух обслуживающих аппаратов (ОА1 и ОА2) и двух очередей заявок одного типа. Всего в системе обращается 1000 заявок.



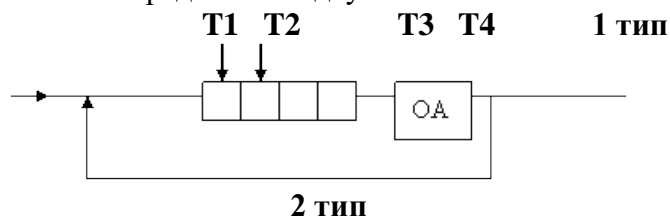
Заявки поступают в "хвост" каждой очереди по случайному закону с интервалом времени $T1$, равномерно распределенным от $a1$ до $a2$ единиц времени; в ОА заявки поступают из "головы" очереди по одной и обслуживаются по случайному закону за интервалы времени $T2$ и $T3$, равномерно распределенные от $b1$ до $b2$ и от $c1$ до $c2$ единиц времени (е.в.) соответственно. (все времена – вещественного типа)

Каждая заявка с вероятностью $P = 0.4$ поступает в "хвост" второй очереди, пропуская цикл обслуживания в ОА1, а с вероятностью $1 - P$ входит в первую очередь. В начале процесса обе очереди пустые.

Требуется смоделировать процесс обслуживания до выхода из ОА2 первой партии из 1000 заявок, выдавая после обслуживания каждой 100 заявок первого типа информацию о количестве принятых заявок и текущей длине каждой очереди. Для заявки с максимальным временем ожидания вывести ее номер, максимальное и среднее время пребывания заявок в очереди.

В конце процесса – общее время моделирования, время простоя аппаратов, количество заявок, прошедших через ОА1 и ОА2.

7. Система массового обслуживания состоит из обслуживающего аппарата (ОА) и очереди заявок двух типов.



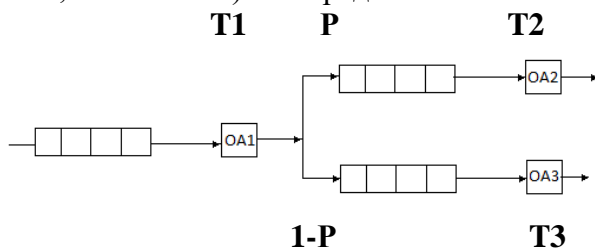
Заявки двух типов поступают в "хвост" очереди по случайному закону с интервалом времени $T1$ и $T2$, равномерно распределенным от $a1$ до $a2$ и от $b1$ до $b2$ единиц времени (е.в.). В ОА заявки поступают из "головы" очереди по одной и обслуживаются также равновероятно за время $T3$ (1типа) и $T4$ (2типа) от $c1$ до $c2$ и от $d1$

до $d2$ е.в., заявка второго типа после ОА вновь поступает в "хвост" очереди, совершая новый цикл обслуживания, а заявка первого типа покидает систему. (все времена – вещественного типа) В начале процесса в системе заявок нет.

Требуется смоделировать процесс обслуживания партии из 1000 заявок первого типа, выдавая после обслуживания каждой 100 заявок первого типа информацию о количестве принятых заявок каждого типа и текущей длине очереди. Для заявки с максимальным временем ожидания каждого типа вывести ее номер, максимальное и среднее время пребывания заявок каждого типа в очереди.

В конце процесса – общее время моделирования, время простоя аппарата, количество заявок каждого типа, прошедших через ОА.

8. Система массового обслуживания состоит из обслуживающих аппаратов (ОА1, ОА2 и ОА3) и очереди заявок.



В начале процесса все заявки одного типа находятся в очереди. В ОА1 заявки поступают из "головы" очереди по одной и обслуживаются за время $T1$ от $a1$ до $a2$ е.в.

Каждая заявка с вероятностью $P = 0.7$ поступает в "хвост" второй очереди, попадая на обслуживание в ОА2, а с вероятностью $1 - P$ поступает в "хвост" третьей очереди, попадая на обслуживание в ОА3. В начале процесса вторая и третья очереди пустые.

В ОА2 и ОА3 заявки поступают из "головы" своей очереди по одной и обслуживаются равновероятно за время $T2$ и $T3$ от $b1$ до $b2$ и от $c1$ до $c2$ е.в., (все времена – вещественного типа).

Требуется смоделировать процесс обслуживания партии из 1000 заявок, выдавая после обслуживания каждой 100 заявок (суммарно в ОА2 и ОА3) информацию о количестве принятых заявок для каждого ОА и текущей длине каждой очереди. Для заявки с максимальным временем ожидания в каждой очереди вывести ее номер, максимальное и среднее время пребывания заявок в очереди.

В конце процесса – общее время моделирования, время простоя каждого аппарата, количество заявок, прошедших через каждый ОА.

Указания к выполнению работы

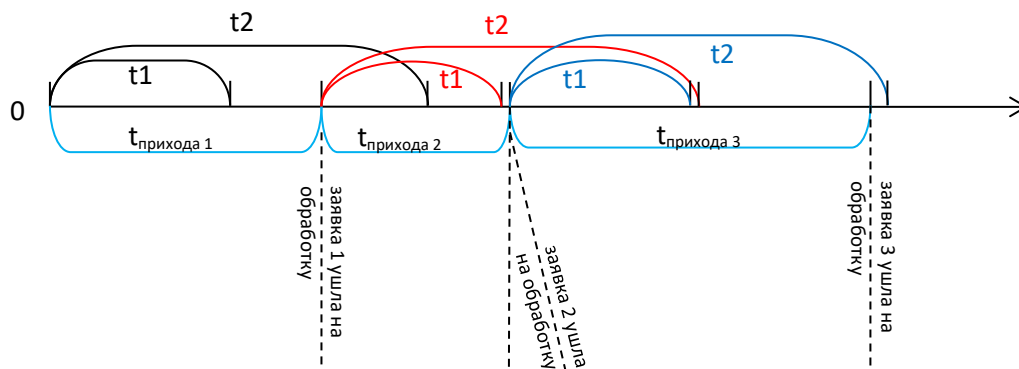
Каждая заявка характеризуется номером, типом/счетчик/вероятность(зависит от задания), временем входа в очередь, временем выхода из очереди и временем обработки в ОА.

Длительности обработки заявок и интервалы между их приходом (единицы времени – е.в.) – случайные равномерно распределенные числа *вещественного типа* в указанном диапазоне (например, от $t1$ до $t2$). Для получения случайной величины в указанном диапазоне значений можно использовать генератор случайных чисел, возвращающий значение от 0 до 1: $t = (\text{double}) \text{rand}() / \text{RAND_MAX}$. Используя линейное преобразование $\text{time} = (t2 - t1) * t + t1$ можно получить необходимое время.

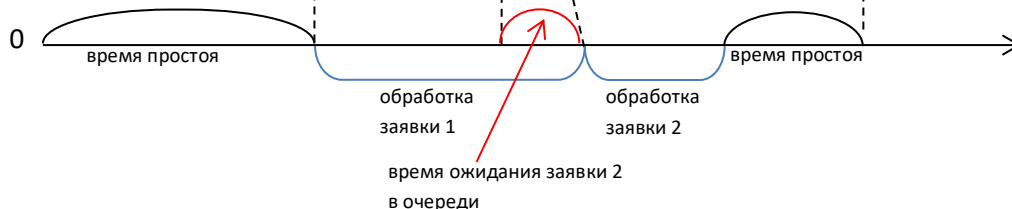
В один и тот же момент времени одна заявка может прийти в очередь, а другая – начать обрабатываться или выйти из системы.

Допустим, пришла заявка первого типа, а в этот же момент заявка второго типа закончила обработку и вышла из системы. Процессы обработки одной заявки и прихода другой заявки идут одновременно, т.е. протекают во времени параллельно, а не последовательно.

Queue: текущее время

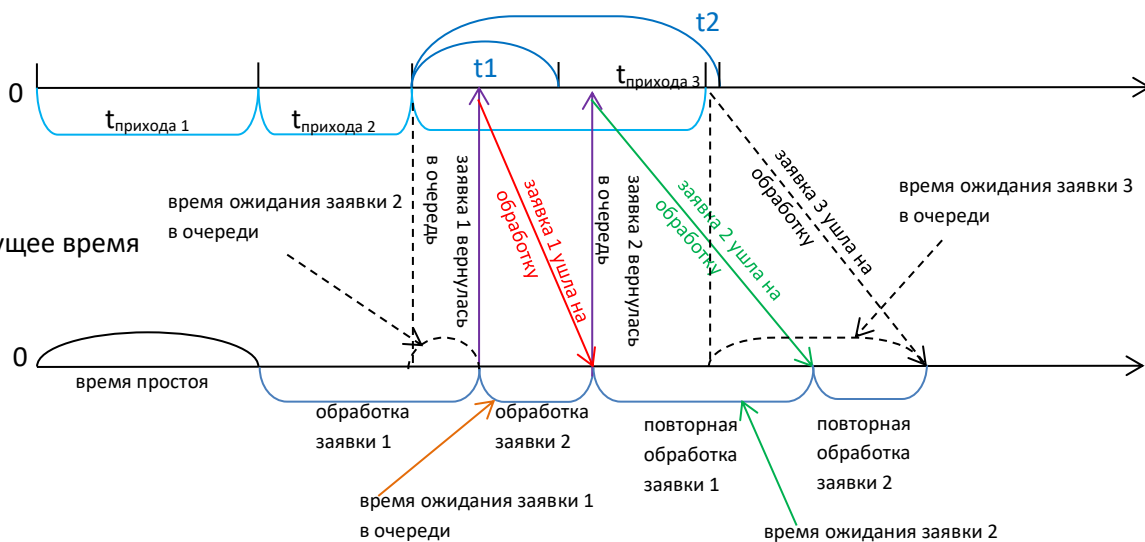


OA: текущее время



При возврате заявок после OA в очередь время прихода новой заявки отсчитывается от времени прихода предыдущей заявки. На рисунке ниже заявка 1 и заявка 2 успели вернуться в очередь раньше, чем поступила заявка 3. Заявка 3 попадет на обработку только после повторной обработки заявок 1 и 2.

Queue: текущее время



OA: текущее время



Оценивание результатов работы

Имея время прихода первой заявки, допустим, $t_{\text{прихода1}}$, можно определить время прихода следующей заявки как $t_{\text{прихода2}} = t_{\text{прихода1}} + \text{time}$. Следовательно, время прихода 1000 заявок будет равно

$$t_{\text{прихода}} = \sum_{i=1}^{1000} t_{\text{прихода}_i}$$

Среднее время прихода или обработки заявок можно подсчитать как среднее арифметическое временного диапазона (например, если $t_1 = 1$, а $t_2 = 4$, то среднее время будет равно $t_{cp} = (1+4)/2 = 2.5$).

Так как используются случайные величины, то точные результаты получить нельзя, но порядок значений $t_{прихода}$ и $1000 * t_{cp}$ должен быть одинаковым

Аналогичным образом рассчитывается время обработки заявок.

При проверке работы программы по входу заявок ожидаемое время моделирования равно среднему интервалу между приходом заявок, умноженному на количество вошедших заявок. Если есть две очереди, то проверка ведется по каждой из очередей.

При проверке работы программы по выходу заявок ожидаемое время обработки в ОА должно быть равно среднему времени обработки заявки, умноженному на количество обработанных заявок. Если есть две очереди и один аппарат, то это будет сумма времен обслуживания заявок каждого типа.

Если среднее время обработки заявок больше среднего интервала между их поступлением, то очередь будет расти и время моделирования будет определяться временем обработки заявок. При этом количество вошедших заявок должно быть равно времени моделирования, деленному на средний интервал между приходом заявок.

Если средний интервал между поступлением заявок больше или равен среднему времени их обработки, то длина очереди стабилизируется (может стремиться к нулю, единице или к какой-то другой величине) и время моделирования будет определяться временем прихода заявок.

При этом ОА может работать с простоем, если время окончания обработки заявки будет меньше, чем время прихода очередной заявки. Тогда время простоя будет определяться разницей этих времен, т. е. $t_{простоя} = t_{обработки} - t_{прихода}$. Общее время простоя ОА будет равно сумме простоя перед обслуживанием каждой заявки, если простой имел место.

Если есть одна очередь и два аппарата, соединенных последовательно, то время моделирования будет определяться временем обработки в наиболее загруженном аппарате.

Необходимо привести тестирование программы, при тестировании необходимо проверить правильность работы программы при различном заполнении очередей, т.е., когда время моделирования определяется временем обработки заявок и когда определяется временем прихода заявок;

Примеры расчетов при исходных данных

Задание 1 при $a_1=0$, $a_2=10$, $b_1=0$, $b_2=2$

Время обработки заявки лежит в интервале от 0 до 2 е.в., значит среднее значение времени обработки одной заявки 1 е.в. Так как каждая заявка обрабатывается 4 раза до выхода из системы, то система обработает 4000 заявок и общее время обработки заявок будет: 4000 е.в.

Для прихода 1000 заявок, если каждая приходит в среднем за 5 е.в. потребуется 5000 е.в. Следовательно, ОА работает с простоем и время моделирования будет определяться временем прихода заявок, т.е. оно должно быть равно 5000 е.в. Время простоя будет равно разнице между временем обработки заявок и временем их обслуживания: $5000 - 4000 = 1000$ е.в.

Задание 2 при $a_1=0$, $a_2=5$, $b_1=0$, $b_2=4$, $c_1=0$, $c_2=4$

Для прихода 1000 заявок, если каждая приходит в среднем за 2,5 е.в. потребуется 2500 е.в.

Время обработки заявки лежит в интервале от 0 до 4 е.в., значит среднее значение времени обработки одной заявки 2 е.в., а общее время обработки 1000 заявок будет: $1000 \cdot 2 = 2000$ е.в.

Заявка 2 типа обрабатывается в среднем 2 е.в. она может встать в очередь не менее $1000 / 4 = 250$ раз, значит общее время обработки заявки 2 более 500 е.в.

Т.к. время прихода и время обработки сравнимо, то ОА может работать с простоем и без. Время моделирования должно быть равно 2500 е.в. Время простоя будет равно разнице между временем обработки заявок и временем их обслуживания и практически должно быть равно 0.

Задание 3 при $a_1=0$, $a_2=6$, $b_1=1$, $b_2=8$

Среднее значение времени обработки одной заявки в ОА1 3 е.в. Так как из каждых 1000 заявок 700 возвращается в очередь, из которых $700 \cdot 0,7 = 490$ еще раз возвращаются в очередь и т.д. ОА1 обработает 3310 заявок и общее время обработки заявок будет: 9930 е.в. Все заявки находятся в очереди, поэтому простоя ОА1 не будет.

Поскольку в ОА2 заявки поступают после обработки в ОА1, то среднее время поступления 1000 заявок будет равно времени моделирования ОА1. Среднее значение времени обработки одной заявки в ОА2 4,5 е.в. и в итоге все 1000 заявок попадет на обработку в ОА2 общее время обработки заявок будет: 4500 е.в. А время простоя ОА2 будет $9930 - 4500 = 5430$ е.в.

Задание 4 при $a_1=0$, $a_2=6$, $b_1=0$, $b_2=1$

Среднее значение времени обработки одной заявки 0.5 е.в. Так как из каждых 1000 заявок 800 возвращается в очередь, из которых $800 \cdot 0,8 = 640$ еще раз возвращаются в очередь и т.д. ОА обработает 4944 заявки и общее время обработки заявок будет: 2472 е.в.

Для прихода 1000 заявок, если каждая приходит в среднем за 3 е.в. потребуется 3000 е.в. Следовательно, ОА работает с простоем и время моделирования будет определяться временем прихода заявок, т.е. оно должно быть равно 3000 е.в. Время простоя будет равно разнице между временем обработки заявок и временем их обслуживания: $3000 - 2472 = 528$ е.в.

Задание 5 при $a_1=1$, $a_2=5$, $b_1=0$, $b_2=3$, $c_1=0$, $c_2=4$, $d_1=0$, $d_2=1$

Для прихода 1000 заявок первого типа в очередь 1, если каждая приходит в среднем за 3 е.в. потребуется 3000 е.в.

Среднее значение времени обработки одной заявки первого типа 2 е.в., а общее время обработки 1000 заявок будет: 2000 е.в.

Для прихода 1000 заявок второго типа в очередь 2, если каждая приходит в среднем за 1.5 е.в. потребуется 1500 е.в.

Среднее значение времени обработки одной заявки 0,5 е.в., а общее время обработки 1000 заявок будет: 500 е.в.

Если в системе были бы заявки только первого типа, то время простоя ОА было бы $3000 - 2000 = 1000$ е.в. за это время система может обработать 2000 заявок второго типа.

Итого система обработает 1000 заявок первого и 2000 заявок второго типа, время моделирования будет 3000 е.в., а время простоя практически будет равно 0.

Задание 6 при $a_1=1$, $a_2=3$, $b_1=3$, $b_2=5$, $c_1=0$, $c_2=2$

Из 1000 заявок 600 попадают в очередь 1, и 400 попадают в очередь 2.

Для 600 заявок, если каждая приходит в среднем за 2 е.в. потребуется 1200 е.в. Среднее значение времени обработки одной заявки в ОА1 - 4 е.в., а общее время

обработки 600 заявок будет: 2400 е.в. Следовательно ОА1 работает без простоя, и время моделирования будет определяться временем обработки заявок, т.е. оно должно быть равно 2400 е.в.

В очередь 2 попадут 600 заявок после обработки в ОА1, их время прихода определяется временем моделирования ОА1 и равно 2400 е.в.

400 заявок приходят в очередь 2, среднем за 2 е.в., но, так как их время прихода меньше времени прихода заявок из ОА1, то они будут попадать в очередь между заявками прошедшими обработку в ОА1, таким образом среднее время прихода 1000 заявок в очередь 2 будет 2400 е.в.

Среднее значение времени обработки одной заявки в ОА2 1 е.в., а общее время обработки 1000 заявок будет: 1000 е.в. следовательно время моделирования ОА2 будет определяться временем прихода заявок во вторую очередь и будет равно 2400 е.в, среднее время простоя ОА2 будет $2400 - 1000 = 1400$ е.в.

Задание 7 при $a_1=1, a_2=3, b_1=1, b_2=5, c_1=0, c_2=2, d_1=1, d_2=3$

Так как появление заявок разного типа равновероятно, то будет сгенерировано 1000 заявок первого типа и 1000 заявок второго типа.

Для прихода 1000 заявок первого типа в очередь, если каждая приходит в среднем за 2 е.в. потребуется 2000 е.в. Для прихода 1000 заявок второго типа в очередь, если каждая приходит в среднем за 3 е.в. потребуется 3000 е.в. Общее время поступления заявок обоих типов в очередь будет 5000 е.в.

Поскольку все заявки второго типа возвращаются в очередь, то каждая заявка второго типа успеет трижды пройти обработку в ОА.

Среднее значение времени обработки одной заявки первого типа 1 е.в., а общее время обработки 1000 заявок первого типа будет: 1000 е.в. Среднее значение времени обработки одной заявки второго типа 2 е.в., а общее время обработки 3000 заявок второго типа будет: 6000 е.в.

Итого система обработает 1000 заявок первого и 3000 заявок второго типа, время моделирования будет 7000 е.в., а время простоя практически будет равно 0.

Задание 8 при $a_1=0, a_2=0.02, b_1=1, b_2=5, c_1=3, c_2=9$

Так как все заявки лежат в очереди 1, то время моделирования ОА1 будет зависеть только от времени их обработки, и для 1000 заявок будет равно 10 е.в., а среднее время выхода 1000 заявок из ОА1 будет 5 е.в.(для первых заявок время ожидания в очереди будет 0 е.в., а для последних 10 е.в.)

После обработки в ОА1 700 заявок поступают во вторую очередь и 300 заявок в третью очередь, соответственно, время поступления заявок в очереди будет 3500 е.в. и 1500 е.в.

Среднее значение времени обработки одной заявки в ОА2 - 3 е.в. и в ОА3 – 6 е.в. Для обработки 700 заявок в ОА2 требуется 2100 е.в. и для обработки 300 заявок в ОА3 требуется 1800 е.в.

Таким образом время моделирования ОА2 зависит от времени поступления заявок, ОА2 работает с простоем равным $3500-2100=1400$ е.в.

Время моделирования ОА3 зависит от времени обработки заявок, ОА3 работает без простоя.