

# Комплект вариантов лабораторной работы №2

Дисциплина Имитационное моделирование

1. Смоделировать СМО М/М/1 с нетерпеливыми заявками. Рассматривать случай ухода заявки только из очереди.

Описание системы: Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник.- Москва.: Изд-во РУДН, 1995. Стр. 128.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора равнялась числу из интервала (0.8; 0.9).

2. Смоделировать СМО М/М/1 с нетерпеливыми заявками. Рассматривать случай ухода заявки только с прибора.

Описание системы: Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник.- Москва.: Изд-во РУДН, 1995. Стр. 128.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора равнялась числу из интервала (0.8; 0.9).

3. Смоделировать СМО с конечным числом источников. Рассмотреть случай, когда число источников велико (больше 10-ти) и интенсивности поступления от разных источников различны.

Описание системы: Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник.- Москва.: Изд-во РУДН, 1995. Стр. 135.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора равнялась числу из интервала (0.8; 0.9).

4. Смоделировать СМО М/М/1 с групповым поступлением заявок.

Описание системы: Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник.- Москва.: Изд-во РУДН, 1995. Стр. 140.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора равнялась числу из интервала (0.8; 0.9). Построить ЭФР числа заявок в группах.

5. Смоделировать СМО М/Е(m)/n/r. Рассматривать случай  $m=3$ , полагая, что среднее время пребывания на фазе обслуживания зависит от номера фазы, но не зависит от номера прибора.

Описание системы: Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник.- Москва.: Изд-во РУДН, 1995. Стр. 147.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка каждого из приборов была не менее 0.8. Построить ЭФР времени пребывания заявок в СМО.

6. Смоделировать СМО  $E(m)/M/n/r$ . Рассматривать случай больших значений  $m$  ( $m$  больше 10), полагая, что среднее время пребывания на фазе генерации выбирается случайно из интервала  $(a;b)$ .

Описание системы: Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник.- Москва.: Изд-во РУДН, 1995. Стр. 147.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка каждого из приборов была не менее 0.8. Построить ЭФР времени пребывания заявок в СМО.

7. Смоделировать СМО  $M/M/1/0$  с повторными заявками.

Описание системы: Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник.- Москва.: Изд-во РУДН, 1995. Стр. 157.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора была не менее 0.8. Построить ЭФР времени пребывания заявок в СМО.

8. Смоделировать СМО  $M/PH/1/r$ .

Описание системы: Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник.- Москва.: Изд-во РУДН, 1995. Стр. 102-103, 191.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора равнялась числу из интервала  $(0.8; 0.9)$ . Построить ЭФР времени пребывания заявок в системе.

9. Смоделировать СМО  $PH/M/1/r$ .

Описание системы: Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник.- Москва.: Изд-во РУДН, 1995. Стр. 102-103, 191.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора равнялась числу из интервала  $(0.8; 0.9)$ . Построить ЭФР числа заявок в системе.

10. Смоделировать СМО  $M/M/1/r$  с групповым обслуживанием. Групповое обслуживание предполагает, что в момент окончания обслуживания предыдущей группы заявок, на обслуживание поступает сразу группа заявок из накопителя, размер которой разыгрывается случайно из интервала  $(1;r)$ . Если текущее количество заявок в накопителе

меньше размера группы, то на обслуживание поступают все заявки из накопителя. Если в момент окончания обслуживания группы заявок накопитель пуст, то прибор возобновляет обслуживание в момент прихода первой заявки, т.е. в этом случае размер группы равен 1.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора равнялась числу из интервала (0.8; 0.9). Построить ЭФР времени пребывания заявок в системе.

11. Смоделировать открытую СеМО. Рассматривать случай, когда число узлов равно 5.

Описание системы: Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник.- Москва.: Изд-во РУДН, 1995. Стр. 500

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно. Построить ЭФР числа заявок в СеМО.

12. Смоделировать замкнутую СеМО. Рассматривать случай, когда число узлов равно 5. Моделирование завершить через  $T$  ед. времени. Для каждой заявки подсчитать, сколько раз за время  $T$  она возвращалась в узел, с которого начала свое движение по сети.

Описание системы: Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник.- Москва.: Изд-во РУДН, 1995. Стр. 504

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно.

13. Смоделировать СМО  $M/M/1/r$  с отключением прибора и потоком, зависящим от состояния очереди, полагая, что длительность пребывания прибора в выключенном состоянии распределена по экспоненциальному закону.

Описание системы: Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник.- Москва.: Изд-во РУДН, 1995. Стр. 204.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы среднее число заявок в очереди было не менее 0.5  $r$ .

14. Смоделировать СМО  $M/M/1/r$ , в которой прибор начинает свою работу в тот момент, когда в накопителе соберется  $k$  заявок ( $1 < k < r$ ). Если после обслуживания очередной заявки система оказывается пустой, то прибор останавливается до того момента, пока в накопителе снова соберется  $k$  заявок. Время между соседними остановками прибора назовем периодом занятости. Необходимо промоделировать систему в течение времени  $T$  и построить ЭФР периодов занятости.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора была не менее 50 %.

15. Смоделировать СМО  $M/M/1/r$ , на которую кроме основного потока поступает пуассоновский поток отрицательных заявок. Отрицательная заявка не обслуживается на приборе, а только лишь уничтожает несколько заявок в накопителе. Количество заявок, подлежащих уничтожению, разыгрываются случайным образом на интервале  $(0; r)$ . Если

текущее количество заявок в накопителе меньше разыгранного числа, то уничтожаются все имеющиеся в нем заявки. Если в момент поступления отрицательной заявки накопитель пуст, то отрицательная заявка никак не воздействует на систему. Необходимо промоделировать систему в течение времени  $T$  и построить ЭФР количества уничтожаемых заявок.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора была не менее 30 %.

16. Смоделировать работу СеМО, состоящей из трех узлов: А, В и С. Каждый узел представляет собой СМО М/М/п с накопителем неограниченной емкости. На сеть поступает извне пуассоновский поток заявок, которые с вероятностью  $p$  направляются в узел А, а с вероятностью  $1-p$  в узел В. После обслуживания в узлах А и В заявки переходят в узел С, при этом заявки, вышедшие из А, приобретают абсолютный приоритет. Заявки, обслуживание которых в узле С было прервано, теряют право на дообслуживание и возвращаются в узел А. Заявки, обслуженные в узле С, покидают систему. Необходимо подсчитать количество заявок, обслуживание которых было прервано, а также построить ЭФР времени пребывания заявок в СеМО.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно.

17. Смоделировать СМО  $E(m)/HM/1/r$ . Рассматривать случай  $m=3$ , полагая, что средние времена пребывания на фазах генерации и обслуживания зависят от номера фазы. Кроме этого, среднее время пребывания на фазе обслуживания обратно пропорционально количеству заявок в СМО.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора была не менее 0.8. Построить ЭФР времени пребывания заявок в СМО.

18. Смоделировать СМО М/М/м/г с разными интенсивностями обслуживания. При этом заявка, имеющая возможность выбора прибора, выбирает прибор с максимальной интенсивностью. Заявкам, принятым в систему, присваивается порядковый номер. Если в момент окончания обслуживания заявки с номером  $n$  продолжается обслуживание хотя бы одной заявки с номером, меньшим  $n$ , то заявка  $n$  помещается в буфер переупорядочивания (БП). В противном случае заявка  $n$  сразу покидает систему, и вслед за ней из БП уходят все заявки с номерами, отличающимися друг от друга на единицу, начиная с номера  $n+1$  (если таковые имеются в БП). Тем самым моделируется механизм сохранения порядка на выходе системы, установленного при входе в нее.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы среднее число заявок в очереди было не менее 0.5 г. Построить ЭФР времени пребывания заявок в БП.

19. Смоделировать СМО  $E(m)/M/1/r$  с дисциплиной LCFS выбора заявки из очереди на обслуживание. Рассмотреть случай, когда средние времена пребывания на фазах генерации зависят от номера фазы, а количество фаз велико ( $m$  больше 10).

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора была не менее 0.8. Построить ЭФР времени пребывания заявок в СМО.

20. Смоделировать СМО  $NM/M/n/r$ , на которую кроме основного потока поступает пуассоновский поток отрицательных заявок. Отрицательная заявка не обслуживается на приборах, а только лишь уничтожает последнюю заявку в накопителе. Если в момент поступления отрицательной заявки накопитель пуст, то отрицательная заявка никак не воздействует на систему. Необходимо промоделировать систему в течение времени  $T$  и построить ЭФР количества уничтожаемых заявок.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, среднее число заявок в очереди было не меньше 0.5  $r$ .

21. Смоделировать СМО  $M/M/m/r$  с разными интенсивностями обслуживания. При этом заявка, имеющая возможность выбора прибора, выбирает прибор с максимальной интенсивностью. После завершения обслуживания заявка с вероятностью  $p$  покидает систему, а с вероятностью  $1-p$  снова идет на обслуживание, минуя очередь. Если у нее снова есть возможность выбора прибора, то она выбирает прибор с минимальной интенсивностью. Если в момент ее возврата все приборы заняты, то она ждет пока один из них освободится.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы среднее число заявок в очереди было не менее 0.5  $r$ . Построить ЭФР времени пребывания заявок в системе.

22. Смоделировать СМО  $M/M/1/r$ . При этом предполагается, что длительность обслуживания заявки прямо пропорциональна ее длине с коэффициентом пропорциональности  $k$ . Длина каждой заявки разыгрывается в момент ее поступления в систему. Накопитель системы ограничен не только количеством мест  $r$ , но и величиной суммарного объема  $v$  находящихся в нем заявок. При превышении  $r$  либо  $v$  поступающая заявка теряется.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора была не менее 80%. Построить ЭФР времени пребывания заявок в системе. Определить стационарные вероятности потерь по причине превышения  $r$  и  $v$  отдельно. Сколько заявок за время моделирования было потеряно по причине превышения  $r$  и  $v$  одновременно?

23. Смоделировать работу СеМО, состоящей из  $k$  параллельно работающих узлов. Каждый узел представляет собой СМО, состоящую из накопителя неограниченной емкости и прибора. Обслуживание на приборах экспоненциальное, параметры различны. На сеть из

вне поступает пуассоновский поток заявок. Перед поступлением в сеть для каждой заявки разыгрывается ее тип  $i=1,2,\dots,k$  и  $i$ -заявка направляется в узел  $i$ . После завершения обслуживания  $i$ -заявки она с вероятностью  $p(i)$  покидает сеть, а с вероятностью  $(1-p(i))/k$  разыгрывает новый тип и отправляется в соответствующий узел. Модель построить в предположении, что  $k$  может быть велико.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка приборов находилась в интервале  $(0.2;0.5)$ . Построить ЭФР времени пребывания заявок в СеМО.

24. Смоделировать СеМО, состоящую из двух параллельных узлов. Первый узел представляет собой систему из ограниченного накопителя и прибора, с гиперэкспоненциальным обслуживанием. Второй узел состоит из ограниченного накопителя и  $n$  параллельно работающих одинаковых приборов с экспоненциальным обслуживанием. Извне на сеть поступает два пуассоновских потока заявок: положительных и отрицательных. Положительные заявки с вероятностью  $p$  направляются на первый узел, а с вероятностью  $1-p$  на второй узел. После обслуживания в узлах они покидают систему. Отрицательные заявки с вероятностью  $b$  направляются на первый узел, а с вероятностью  $1-b$  – на второй. Поступая на первый узел, отрицательные заявки ломают прибор. Время восстановления прибора распределено нормально с параметрами  $m$  и  $d$ . Положительная заявка, обслуживание которой было прервано, после восстановления прибора дообслуживается. Поступая на второй узел, отрицательные заявки уничтожают все заявки в накопителе (если таковые имеются) и покидают систему.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка приборов находилась в интервале  $(0.2;0.5)$ . Построить ЭФР времени пребывания заявок в СеМО положительных заявок.

25. Смоделировать СМО, состоящую из накопителя ограниченной емкости  $r$  и прибора. На систему поступает пуассоновский поток заявок, в котором каждая 10-ая заявка является вредной. Вредная заявка уничтожает все полезные заявки в накопителе системы и ломает прибор. Время восстановления прибора распределено равномерно на  $(a;b)$ . Время обслуживания полезных заявок имеет нормальное распределение с параметрами  $m$  и  $d$ . Полезная заявка, обслуживание которой было прервано, дообслуживается.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора была не ниже 80%. Построить ЭФР времени пребывания полезных заявок в СМО.

26. Смоделировать СеМО, состоящую из  $k$  узлов, расставленных по кругу. Каждый узел состоит из накопителя и прибора. В начальный момент времени в каждом узле имеется  $m$  заявок. Обслуживание заявок является экспоненциальным, параметры обслуживания различны. Извне на сеть поступает два пуассоновских потока заявок: положительных и отрицательных. При этом интенсивность потока положительных заявок в два раза ниже, чем отрицательных. И те, и другие заявки с равной вероятностью выбирают один из узлов сети. При этом положительные заявки пополняют количество заявок, присутствовавших в

сети в начальный момент времени и ничем от них не отличаются. Отрицательные заявки, попадая в узел, убивают обслуживаемую заявку (если такая имеется) и сразу покидают сеть.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно. Определить время, через которое в сети не останется ни одной полезной заявки. Построить график зависимости этого времени от параметра  $m$ .

27. Смоделировать СеМО, состоящую из  $k$  узлов. Каждый узел состоит из неограниченного накопителя и прибора. На сеть поступает пуассоновский поток заявок. Поступающая заявка с вероятностью  $a(i)$  попадает в узел  $i$  и становится в очередь на обслуживание. Обслуживание экспоненциальное, параметры обслуживания в узлах различны. После окончания обслуживания в узле  $i$  заявка с вероятностью  $b(i,j)$  направляется в узел  $j$  и становится в конец очереди, либо с дополнительной вероятностью  $1-b(i,1)-\dots-b(i,k)$  покидает сеть. Модель построить в предположении, что  $k$  может быть велико.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно. Построить графики ЭФР времени пребывания и количества заявок в сети.

28. Смоделировать СМО  $M/M/n$  с двумя пуассоновскими потоками заявок: основных и специальных и двумя накопителями ограниченной емкости  $r_1$  и  $r_2$ . Основные заявки образуют очередь в первом накопителе и обслуживаются на одном из  $n$  однотипных приборов. Специальные заявки сначала поступают в первый накопитель, убивая при этом основную заявку, стоящую в очереди последней (если таковая имеется), а затем перемещаются во второй накопитель. Если в момент прихода специальной заявки очередь в первом накопителе пуста, то эта заявка теряется. Если в момент окончания обслуживания очередной заявки накопитель 1 пуст, то на обслуживание выбирается специальная заявка из накопителя 2. Параметры длительностей обслуживания основных и специальных заявок различны.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно. Построить графики ЭФР времени пребывания основных и специальных заявок в системе.

29. Смоделировать СМО  $M/M/1$  с двумя пуассоновскими потоками заявок: основных и специальных и двумя накопителями ограниченной емкости  $r_1$  и  $r_2$ . Основные заявки образуют очередь в первом накопителе. Специальные заявки сначала в момент поступления убивают заявку, находящуюся на приборе (если таковая имеется), а затем перемещаются во второй накопитель. При этом длина специальной заявки полагается равной времени дообслуживания прерванной заявки. Если в момент прихода специальной заявки прибор свободен, то эта заявка теряется. Если в момент окончания обслуживания очередной заявки накопитель 1 пуст, то на обслуживание выбирается специальная заявка из накопителя 2. Длительность ее обслуживания совпадает с ее длиной.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно. Построить графики ЭФР времени пребывания основных и специальных заявок в системе.

30. Смоделировать СМО  $M_k/E(m)/1/\gamma_k$ , на которую поступает  $k$  пуассоновских потоков заявок интенсивностей  $a(1), \dots, a(k)$ . Для каждого потока имеется отдельный накопитель ограниченной емкости. Средние времена длительностей пребывания на фазах обслуживания зависят от номера потока. После окончания обслуживания заявка с вероятностью, зависящей от номера потока и от суммарного числа заявок во всех накопителях, возвращается в своей накопитель для повторного обслуживания и с дополнительной вероятностью покидает систему.

Все параметры модели должны задаваться с помощью сохраняемых величин. Числовые значения параметров придумать самостоятельно, но при этом подобрать их таким образом, чтобы загрузка прибора была не менее 80%. Построить график ЭФР времени пребывания в системе заявок первого потока.