Раздел 4. ВОПРОСЫ К КОМПЬЮТЕРНОМУ ТЕСТИРОВАНИЮ (ТЕСТЫ)

В этом разделе представлен примерный перечень вопросов для компьютерного тестирования по дисциплине «Моделирование». Наиболее сложные вопросы, сформулированные в виде задач, сопровождаются подробными пояснениями. Формулировка некоторых вопросов может отличаться от той, которая предлагается при тестировании, так как некоторые задания сформулированы в обобщённом виде, объединяющем в одном задании сразу несколько вопросов.

Тестирование проводится в компьютерных классах кафедры вычислительной техники НИУ ИТМО с помощью программы ETEST. В этой системе тестирования на вопросы необходимо отвечать последовательно, т.е. нельзя менять порядок их следования. Система тестирования блокирует доступ ко всем программам на используемом компьютере, поэтому на данном компьютере невозможно использовать какие-либо справочные материалы. При работе в этой программе следует соблюдать следующие правила при ответе на открытые вопросы.

1. Существительные набираются в именительном падеже с маленькой буквы, кроме имён собственных, без точек, запятых и других знаков препинания, а также лишнего пробела в конце слова.
2. Обозначения и размерности набираются с учётом верхнего или нижнего регистра (например, следует различать «б» и «Б», т.е. «бит» и «байт») и в соответствии с общепринятыми сокращениями.
3. Аббревиатуры набираются большими буквами.
4. Десятичные числа набираются с точкой или с запятой, без пробелов между разрядами и после числа (например «2,5» или «2.5», но не «100 000» или «12_»).
5. Если число по модулю меньше 1, то оно набирается вместе с нулём в целой части числа (например, вместо «0,125» нельзя набирать «,125»).
6. Положительные числа набираются без знака «плюс», отрицательные – со знаком «минус», расположенным рядом с числом без пробела, например: нужно писать «-3,5», а не «- 3,5».
7. Если в вопросе указана размерность рассчитываемой величины, то полученное значение следует вводить без указания размерности. Если в вопросе указано, что результат следует вводить с размерностью, то она должна быть введена в соответствии с общепринятыми сокращениями, например: МГц, кбит/с, дБ и т.д., причём между значением и размерностью должен быть один пробел, например: «33 МГц», а не «33МГц».

4.1. Общие вопросы моделирования

1. Какие способы применяются для описания структуры системы?
2. Как называется замещение некоторого объекта другим для проведения с ним экспериментов с целью получения информации об исходном объекте?
3. Какие разновидности моделей допускают количественное исследование свойств систем и процессов?
4. Как называется процесс определения свойств, присущих некоторой системе?
5. Какие существуют способы описания функции системы?
6. Как называются величины, описывающие первичные свойства системы и являющиеся исходными данными при решении задач анализа?
7. Как называются величины, описывающие вторичные свойства системы и определяемые в процессе решения задач анализа?
8. Какие параметры системы называются внутренними (внешними)?
9. Какие величины являются глобальными характеристиками технических систем?
10. Как называется свойство системы, заключающееся в наличии качеств, присущих системе в целом, но не свойственных ни одному из её элементов в отдельности?
11. Как называется численная мера одного свойства системы?
12. Как называется степень соответствия системы своему назначению?
13. Как называется мера эффективности системы, обобщающая все существенные свойства системы в одной оценке?
14. Как называется критерий эффективности, значение которого уменьшается/увеличивается при увеличении/уменьшении эффективности исследуемой системы.
15. Как называется система, которой соответствует максимальное значение прямого (минимальное значение обратного) критерия эффективности?
16. Как называются процессы, для которых характерен скачкообразный переход из состояния в состояние?
17. Как называется процесс, поведение которого может быть предсказано заранее?
18. Как называется режим функционирования системы, при котором характеристики системы не зависят от времени?

19. В каких случаях система функционирует в неустановившемся режиме?
20. Как называется режим функционирования, при котором система не справляется с возложенной на неё нагрузкой?
21. Как называется соответствие модели оригиналу, характеризуемое степенью близости свойств модели свойствам исследуемой системы?
22. Что такое адекватность модели?
23. От чего зависит адекватность математических моделей?
24. Что такое "стохастическая модель"?
25. Что является синонимом понятия "концептуальная модель"?
26. Какие модели являются абстрактными?
27. Какова последовательность решения задач в процессе исследования сложных систем с помощью моделирования?
28. Какие методы математического моделирования получили наиболее широкое применение при исследовании технических систем с дискретным характером функционирования?
29. Каково основное достоинство (недостатки) статистического моделирования?

4.2. Теория вероятностей

1. Пусть F(x) - функция распределения количества детей в семье в некотором городе. Известно, что F(2) = 0.6. Что это означает?
2. Как называются случайные величины, принимающие только отделённые друг от друга значения, которые можно пронумеровать?
3. Как называются случайные величины, которые могут принимать любое вещественное значение из некоторого промежутка?
4. Приведите примеры дискретных (непрерывных) случайных величин.
5. Как называется соотношение, устанавливающее связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями?
6. Как принято называть второй центральный (первый начальный) момент некоторой случайной величины?
7. Как характеризует случайную величину её математическое ожидание (дисперсия, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации)?
8. Перечислите свойства функции (плотности) распределения случайной величины?

9. Какой зависимостью связаны функция распределения случайной величины и её плотность распределения?
10. Пусть случайная величина равна времени обслуживания пассажира в кассе некоторой станции метро. Каковы единицы измерения математического ожидания (дисперсии, среднеквадратического отклонения, коэффициента вариации) этой случайной величины?

    Пояснение. Для ответа на этот вопрос удобно использовать формулы, выражающие взаимосвязь между рассматриваемыми величинами. Пусть непрерывная случайная величина X измеряется в метрах. Её функция распределения F(x) будет безразмерной величиной, т.к. F(a)=P(X<a), а вероятность не имеет размерности. Плотность распределения f(x) будет измеряться в $м^{-1}$*, т.к. f(x)=dF(x)/dx, где dF безразмерна, а dx измеряется в метрах. Дисперсия D[X] будет измеряться в* $м^2$*, т.к.* $D[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \cdot (x - M[x])^2 \cdot dx$*, где соответствующие множители имеют размерности* $[\text{м}^{-1} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{м}]$.

11. Пусть случайная величина равна росту новорождённого ребёнка в некотором регионе России. Какую размерность имеют значения функции (плотности) распределения этой случайной величины?
12. Чему равна дисперсия (математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации) детерминированной величины, принимающей значение 3?
13. Чему равно математическое ожидание равномерно распределённой в интервале (-20; +30) случайной величины?
14. Чему равно математическое ожидание отрицательной детерминированной величины, если её второй начальный момент равен 100?
15. Чему равен второй начальный (центральный) момент детерминированной величины, всегда принимающей значение 6?
16. Чему равно максимально возможное значение равномерно распределённой случайной величины, определённой в области положительных значений и имеющей математическое ожидание равное 20?
17. Чему равно минимально возможное значение равномерно распределённой случайной величины, имеющей максимально возможное значение и математическое ожидание 10 и -20 соответственно?
18. Чему равно математическое ожидание экспоненциально распределённой случайной величины, дисперсия которой равна 25?

19. Чему равно среднеквадратическое отклонение экспоненциально распределённой случайной величины, математическое ожидание которой равно 121?
20. Чему равен второй начальный момент экспоненциально распределённой случайной величины, математическое ожидание которой равно 10?
21. Чему равно максимальное значение плотности распределения равномерно распределённой в интервале (-7,5; -7) случайной величины?
22. Чему равно значение функции распределения в точке x=0 случайной величины X, равномерно распределённой в интервале (-1; 9)?
23. Чему равна вероятность того, что случайная величина X, равномерно распределённая в интервале (-5; 0), примет значение $x<-2$?
24. Какие значения может принимать коэффициент вариации экспоненциального (детерминированного, равномерного, гиперэкспоненциального, Эргланговского, гипоэкспоненциального) распределения?
25. Чему равен коэффициент вариации распределения Эрланга 16-го порядка?
26. К какому распределению стремится (нормированное) распределение Эрланга при увеличении его порядка до бесконечности?
27. В какое распределение вырождается (нормированное) распределение Эрланга 1-го порядка?
28. Дискретная случайная величина X может принимать значения: 10, 30 или 50 с вероятностями 0,5; 0,4 и 0,1 соответственно. Чему равно математическое ожидание и дисперсия этой случайной величины?
29. Математическое ожидание и второй начальный момент случайной величины X соответственно равны 6 и 90. Чему равна дисперсия случайной величины X?
30. Дискретная случайная величина с равной вероятностью принимает целочисленные значения от -4 до 5 (включительно). Чему равна вероятность того, что случайная величина примет значение больше 1?
31. Среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации случайной величины X соответственно равны 20 и 2. Чему равен второй начальный момент этой случайной величины?
32. Каким из распределений следует аппроксимировать полученное экспериментальным путём реальное распределение, первый и второй начальные моменты которого соответственно равны 5 и 25?

    Пояснение. Ответ на вопросы этого класса предполагает выбор среди предложенных вариантов, т.е. не требуется вводить *полное название закона распределения. При ответе на вопрос критерием достоверности аппроксимации достаточно считать совпадение двух первых моментов распределения экспериментально полученной величины и соответствующего аналитически заданного закона распределения.*

33. Рис. 0.1: чему равно математическое ожидание случайной величины X, распределённой по экспоненциальному закону, график плотности распределения для которого обозначен буквой *a* (*b*, *c*)?

    Пояснение. На приведённом графике предполагается, что f(y)=0 при y<0. Для правильного ответа на вопрос нужно сначала с точностью до целого значения определить величину f(0), используя рисунок, а затем по известному уравнению f(x) определить параметр λ экспоненциального распределения. Зная этот параметр, легко найти все требуемые характеристики распределения по таблице, приведённой в главе 1.

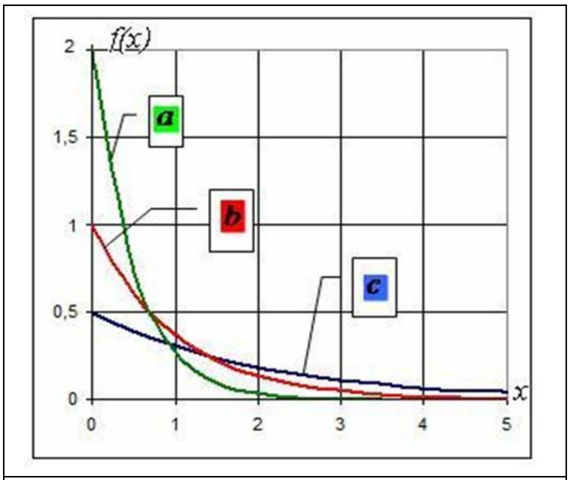

Рис. 0.1.

34. Рис. 0.1: какое экспоненциальное распределение (*a*, *b* или *c*) описывает случайную величину с наибольшей дисперсией?

35. Рис. 0.2: на каком графике (*а*, *б*, *в* или *г*) показана плотность (гистограмма) распределения случайной величины?

    Пояснение. Для правильного ответа на вопрос требуется точно понимать разницу между графиком и гистограммой некоторой зависимости. Кроме того, нужно знать свойства функции распределения и плотности распределения. Например, тот факт, что функция распределения никогда не убывает, позволяет из предложенных вариантов исключить случаи б) и г), если в вопросе предлагалось указать именно функцию распределения, т.к. на этих рисунках есть интервалы убывания изображённых величин.

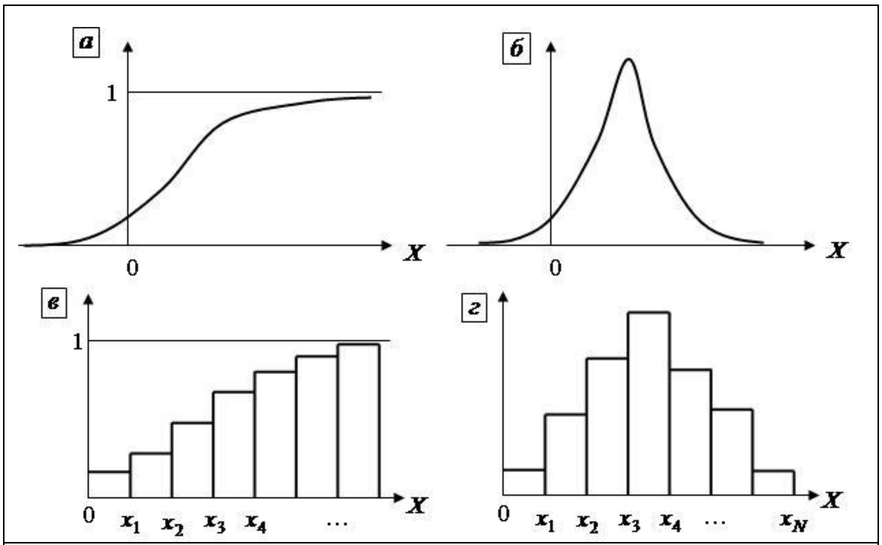

Рис. 0.2.

36. Рис. 0.3: как называется закон распределения, который имеет случайная величина с функцией распределения, изображённой на графике?

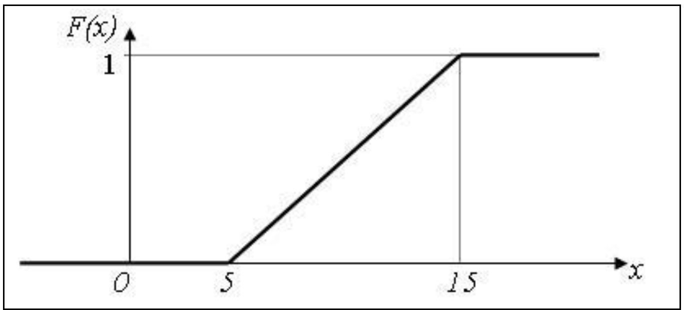

Рис. 0.3.

37. Рис. 0.3: чему равно математическое ожидание (дисперсия) случайной величины, имеющей функцию распределения, показанную на графике?

    Пояснение. В вопросах данного класса для получения интересующей характеристики распределения в общем случае приходится рассчитывать соответствующий определённый интеграл. Однако зачастую возможно дать ответ из соображений симметрии рассматриваемого распределения. Например, для равномерного распределения вполне очевидно искать математическое ожидание как среднее между минимальным и максимальным значениями, которые может принимать случайная величина.

38. Рис. 0.4: чему равна вероятность того, что случайная величина, имеющая распределение, показанное на графике, будет меньше 7?

39. Рис. 0.4: чему равно значение Z на графике для плотности распределения случайной величины X?
40. Рис. 0.4: чему равно значение функции распределения F(9) случайной величины, плотность распределения которой показана на графике?

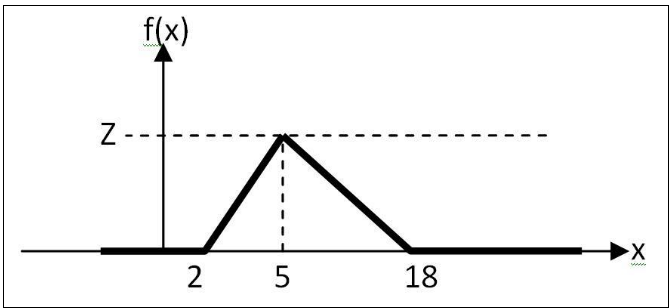

Рис. 0.4.

4.3. Численное моделирование

1. Что такое случайный процесс с дискретными (непрерывными) состояниями?
2. Что такое случайный процесс с дискретным (непрерывным) временем?
3. Какие процессы по определению называют стохастическими последовательностями (случайными цепями)?
4. Что такое граф переходов случайного процесса с дискретными состояниями? Что указывается на его дугах?
5. Какие состояния случайного процесса называются невозвратными (поглощающими)?
6. Какой процесс называется Марковским? Каковы его свойства?
7. Какие параметры используются для описания Марковского случайного процесса с дискретным (непрерывным) временем?
8. Как для случайного процесса с непрерывным временем называется предел отношения вероятности перехода за бесконечно малый промежуток времени к длине этого промежутка?
9. Как формулируется нормировочное условие для состояний случайного процесса?
10. Какая разница между матрицей интенсивностей переходов и матрицей вероятностей переходов?
11. Какую матрицу вероятностей переходов называют разложимой (периодической)?
12. Из какого условия определяются диагональные элементы матрицы интенсивностей переходов случайного процесса?

13. Какой случайный процесс обладает эргодическим свойством?

14. В СМО M/M/1/0 возможны два состояния: состояние А, когда в СМО нет заявок, и состояние В, когда в СМО одна заявка. Интенсивность перехода из А в В равна 4,5 с$^{-1}$, интенсивность перехода из В в А равна 1,5 с$^{-1}$. Чему в такой СМО равен коэффициент простоя (вероятность потери заявок, среднее число заявок в СМО, нагрузка)?

15. Рис. 0.5: определить нагрузку (загрузку, среднее число простаивающих приборов, среднее число заявок, производительность) СМО типа M/M/2/0, матрица интенсивностей переходов которой представлена на рисунке, если в состоянии S_i в СМО находится ровно i заявок.

$$\begin{array}{c c} & \begin{array}{ccc} S_0 & S_1 & S_2 \end{array} \\ \begin{array}{c} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \end{array} & \begin{bmatrix} -0,4 & 0,4 & 0,0 \\ 0,2 & -0.6 & 0,4 \\ 0,0 & 0,4 & -0,4 \end{bmatrix} \end{array}$$

Рис. 0.5.

16. Рис. 0.6: используя обозначения Кендалла, опишите СМО, в которую поступают заявки с интенсивностью 0,2 заявки в секунду и обслуживаются в среднем 4 секунды. Размеченный граф переходов Марковского процесса функционирования этой СМО представлен на рисунке (номер состояния равен количеству заявок в СМО).

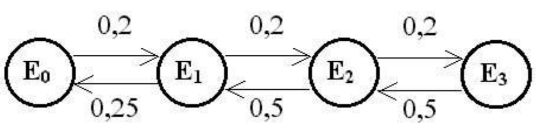

Рис. 0.6.

17. Определить, обладает ли эргодическим свойством случайный процесс с дискретным временем, имеющий следующую матрицу вероятностей переходов:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0,5 & 0,5 & 0 \\ 0,5 & 0 & 0,1 & 0,4 \\ 0,5 & 0 & 0 & 0,5 \\ 0 & 0,4 & 0,6 & 0 \end{bmatrix}$$

18. Марковский случайный процесс с непрерывным временем имеет два состояния. Интенсивность перехода из состояния 1 в состояние 2 равна 18 $с^{-1}$. Чему равна вероятность перехода из состояния 1 в состояние 2 ровно в момент времени 9 с (считая от начала наблюдения)?

4.4. Аналитическое моделирование

1. Какие элементы входят в состав системы массового обслуживания (СМО)?
2. Какие СМО называют многоканальными (одноканальными)?
3. Что такое СМО с потерями (с отказами, с неоднородным потоком)?
4. Что такое поток (накопитель, очередь) заявок в СМО?
5. Что происходит с заявкой в приборе СМО?
6. Чем длина очереди отличается от ёмкости накопителя?
7. Что такое дисциплина буферизации (обслуживания)?
8. Какие предположения обычно используются при моделировании рассматриваемой системы с помощью СМО?
9. Что такое сеть массового обслуживания?
10. Как называется величина, обратная интенсивности потока (интенсивности обслуживания) заявок, поступающих на вход СМО (в приборе СМО)?
11. Что такое регулярный (детерминированный, простейший, ординарный, стационарный, рекуррентный) поток?
12. В каком потоке отсутствует последействие? Каким свойством обладает этот поток?
13. Чему равен коэффициент вариации интервалов времени между приходом последовательных заявок в простейшем (регулярном, Эрланговском, гипоэкспоненциальном, гиперэкспоненциальном) потоке заявок?
14. Как называется стационарный ординарный поток заявок без последействия?
15. Какими свойствами обладает простейший поток?
16. По какому закону распределены интервалы времени между заявками в простейшем потоке?
17. По какому закону распределено количество заявок, поступающих за некоторый заданный промежуток времени в простейшем потоке?
18. Какой поток получается при объединении двух простейших потоков равной (неравной) интенсивности?

19. Какой поток получается в результате вероятностного разрежения простейшего на два потока равной (неравной) интенсивности?

    Пояснение. Для того чтобы правильно ответить на этот класс вопросов, необходимо хорошо понимать разницу между вероятностным и детерминированным разрежением потоков. При вероятностном разрежении для каждой заявки разыгрывается случайный выбор пути следования (при некоторой заданной вероятности выбора конкретного пути). При детерминированном разрежении путь следования заявки определяется её порядковым номером в списке поступающих заявок. Например, пусть заявки поступают в порядке T1, T2, T3, T4. Тогда при детерминированном разрежении на два потока в первый поток попадут заявки с чётными номерами (T2, T4), а во второй – с нечётными (T1, T3). Если бы поток прореживался вероятностно, то для каждого из четырёх заявок путь следования выбирался бы независимо и вероятностно, т.е. нельзя узнать заранее, куда они будут направлены.

20. Простейший поток подвергается детерминированному разрежению: он разделяется на три потока A, B и C так, что в поток A идёт каждая пятая заявка исходного потока. По какому закону распределены интервалы времени между приходом заявок в потоке A?
21. По какому закону распределены интервалы времени между приходом заявок в потоке, образованном в результате объединения двух простейших потоков заявок равной (неравной) интенсивности?
22. Укажите англоязычную аббревиатуру дисциплины обслуживания, при которой заявки обслуживаются в порядке поступления (т.е. чем раньше пришла заявка, тем раньше она попадёт на обслуживание).
23. Какие дисциплины обслуживания относятся к бесприоритетным (приоритетным) дисциплинам одиночного (группового) режима?
24. Каким образом заявки выбираются на обслуживание, если используется дисциплина обслуживания с относительными (абсолютными) приоритетами?
25. Как называются сети массового обслуживания, в которых интенсивности потоков заявок в разных узлах сети пропорциональны друг другу?
26. Как определяется коэффициент передачи некоторого узла сети массового обслуживания?
27. Что является основными признаками разомкнутых (замкнутых) сетей массового обслуживания?
28. Какие сети массового обслуживания называют однородными (неоднородными)?

29. Какие различия в поведении заявок (или в их обработке) обусловливают неоднородность сети массового обслуживания?

30. В СМО М/М/1 поступает поток заявок с интенсивностью 0,1 заявки в секунду, интенсивность обслуживания которых равна 0,2 заявки в секунду. Определить средний интервал времени между заявками во входящем потоке (среднюю длительность обслуживания, среднюю длину очереди, среднее время ожидания в очереди, загрузку системы, вероятность простаивания обслуживающего прибора, долю времени, в течение которого обслуживающий прибор работает).

    Пояснение. Для решения задач этого класса достаточно знать формулу Поллячека-Хинчина, формулы Литтла и знать взаимосвязь между основными характеристиками и параметрами функционирования СМО: загрузкой и нагрузкой, интенсивностью поступления и обслуживания, временем пребывания и временем ожидания заявок. Важная особенность состоит в том, что при формулировании вопроса одни и те же характеристики зачастую описываются различными синонимичными определениями. Это, однако, не должно сбивать с толку: например, понятия «загрузка» и «коэффициент использования прибора» в одноканальной СМО являются эквивалентными.

31. В СМО M/G/1 поступает поток заявок с интенсивностью 0,4 заявки в секунду, интенсивность обслуживания которых равна 0,5 заявки в секунду, коэффициент вариации длительности обслуживания равен 3. Определить средний интервал времени между заявками во входящем потоке (коэффициент простоя прибора, среднее время пребывания заявки в СМО, среднее количество заявок в СМО, среднее число заявок в накопителе).

32. В системе М/М/1 заявки обслуживаются с интенсивностью 2 заявки в секунду. Определить интенсивность поступления (обслуживания) заявок в СМО, при которой среднее число заявок в системе равно 4.

33. В систему М/М/1 поступают заявки с интенсивностью 0,4 заявки в секунду. Определить среднюю длительность обслуживания заявок в СМО, при которой среднее число заявок в системе в 2,5 раза больше среднего числа заявок в очереди.

4.5. Неоднородные СМО и СеМО

1. Для каких дисциплин обслуживания существует "защита от перегрузок"?

2. При каких дисциплинах обслуживания в СМО М/М/1 средние времена ожидания в очереди заявок разных классов одинаковы?

3. В одноканальную СМО поступают 2 простейших потока заявок с интенсивностями 0,1 и 0,2 заявок в секунду; средние длительности их обслуживания соответственно равны 2 и 4 секунды. Чему равно среднее время ожидания заявок 1-го класса при использовании бесприоритетной ДО?

   *Пояснение. В некоторых задачах этого типа ответ можно получить, не проводя сложные расчёты. В описанной системе загрузка прибора будет равна 100%, т.к. первый поток создаёт нагрузку 20% (0,1 с$^{-1}$ * 2 с), а второй – 80% (0,1 с$^{-1}$ * 2 с), следовательно, время ожидания любого класса будет равно бесконечности.*

4. В одноканальную СМО поступают два класса заявок с интенсивностями 0,1 и 0,2 заявок в секунду; длительности их обслуживания соответственно 2 и 3 секунды. Среднее время ожидания заявок при использовании бесприоритетной дисциплины обслуживания равно $\mathrm{w}^{\text{БП}}$ =5 секунд. После введения приоритетов среднее время ожидания заявок класса 1 стало равным $\mathrm{w}_1^{\text{ПР}} = 2$ секундам. Чему равно среднее время ожидания $\mathrm{w}_2^{\text{ПР}}$ заявок класса 2?

   Пояснение. Этот класс задач посвящён закону сохранения времени ожидания. Для данной задачи его можно сформулировать так: при любой дисциплине обслуживания (ДО) в рассматриваемой СМО верно следующее равенство: $\rho_1 \cdot w_1 + \rho_2 \cdot w_2 = const|_{\text{ДО}}$, *где* w_i *и* ρ_i *– соответственно время ожидания и загрузка, создаваемая заявками класса i. Используя данное соотношение, получим, что* $\rho_1 \cdot w^{\text{БП}} + \rho_2 \cdot w^{\text{БП}} = 0{,}2 \cdot 5 + 0{,}6 \cdot 5$ *и* $\rho_1 \cdot w_1^{\text{ПР}} + \rho_2 \cdot w_2^{\text{ПР}} = 0{,}2 \cdot 2 + 0{,}6 \cdot w_2^{\text{ПР}}$. *Приравняв эти два выражения, получим, что* $0{,}4 + 0{,}6 \cdot w_2^{\text{ПР}} = 4$, *следовательно, окончательно имеем* $w_2^{\text{ПР}} = 6$ *с.*

5. В систему поступают заявки трёх классов с интенсивностями 2, 1 и 0,5 заявок в секунду соответственно. При одновременном выполнении каких условий, среднее время пребывания заявок всех классов будет одинаково?

6. В систему поступают два класса заявок. Интенсивность поступления заявок класса 2 в *N* раз больше интенсивности поступления заявок класса 1. При использовании приоритетной ДО среднее время ожидания заявок класса 1 по сравнению с ДО БП уменьшилось, а заявок класса 2 – увеличилось на одну и ту же величину. При каких значениях *N* более высокий приоритет нужно назначать заявкам первого класса, чтобы суммарная очередь заявок оказалась меньше, чем при ДО БП?

7. При использовании ДО БП средние времена ожидания заявок первого и второго классов были равны 10 с. После введения приоритетов среднее время ожидания заявок первого класса стало равно 5 с,

второго класса – 20 с. Определить коэффициент загрузки первого класса, если известно, что суммарная загрузка равна 0,9.

8. В систему поступают два класса заявок, средние времена обслуживания которых одинаковы. При использовании ДО БП средние времена ожидания заявок равны 10 с. При использовании ДО ОП среднее время ожидания заявок первого класса равно 5 с, а второго класса - 12 с. Определить среднюю длину очереди заявок при использовании ДО ОП, если суммарная интенсивность поступления заявок в систему равна 0,7 заявок в секунду.

9. В систему M/M/1 поступают три класса заявок. При изменении ДО$_1$ на ДО$_2$ у заявок 1-го класса среднее время пребывания заявок уменьшилось, а у заявок 3-го класса увеличилось на одну и ту же величину, в то время как для заявок 2-го класса оно не изменилось. При переходе от ДО1 к ДО3 у заявок 1-го и 3-го классов среднее время пребывания увеличилось на одну и ту же величину, а у заявок 2-го класса уменьшилось на такую же величину. Определить коэффициент загрузки заявок 1-го класса, если известно, что суммарная загрузка системы равна 0,4.

10. В двухузловой замкнутой СеМО циркулирует 1 заявка. Определить загрузку узла 1, если известно, что коэффициент простоя узла 1 равен 0,4.

11. В разомкнутую СеМО поступают заявки с интервалом 4 с. Среднее число заявок в сети равно 5. Определить среднее время пребывания заявок в сети (интенсивность выходящего из сети потока заявок).

12. Средние времена пребывания заявок в узлах трехузловой СеМО соответственно равны: 2, 4 и 6 секунд, а коэффициенты загрузок узлов равны 0,2; 0,6; 0,4. Определить среднее время пребывания заявок в сети, если известно, что длительности обслуживания заявок во всех узлах одинаковы и заявки попадают в узел 1 только 1 раз.

13. Известны вероятности состояний трехузловой ЗСЕМО: P(0,0,2)=0,1; P(0,1,1)=0,3; P(0,2,0)=0,4; P(1,0,1)=0,05; P(1,1,0)=0,05; P(2,0,0)=0,1. Длительности обслуживания заявок во всех одноканальных узлах одинаковы. Определить значение коэффициента передачи второго узла сети, если известно, что коэффициент передачи первого узла равен 2.

14. В замкнутой трехузловой СеМО циркулирует одна заявка, которая последовательно проходит через узлы 1, 2, 3 и снова возвращается в узел 1. Длительность обслуживания в узлах распределена по экспоненциальному закону с одним и тем же средним значением, равным 3 с. По какому закону распределено время пребывания заявки в сети?

4.6. Имитационное моделирование

1. С помощью какого оператора GPSS-модели:
   - создаются (уничтожаются) заявки;
   - осуществляется задержка заявки на заданное время;
   - осуществляется занятие заявкой одноканального (многоканального) прибора;
   - осуществляется занесение заявки в очередь (удаление из очереди);
   - описывается ёмкость многоканального устройства в GPSS-модели?
2. С помощью какой команды запускается процесс моделирования в GPSS World?
3. Что такое RN1 в системе GPSS?
4. С помощью какой системной переменной в GPSS можно получить текущее модельное время?
5. Каков принцип работы конгруэнтного мультипликативного метода генерирования случайных чисел?
6. В чём заключается проверка на периодичность генератора случайных чисел?
7. Рис. 0.7: сколько заявок в среднем поступит в описанную СМО за время моделирования системы, текст модели которой приведён на рисунке?

```
GENERATE     20, 10
SEIZE        DIC
ADVANCE      10.5
RELEASE      DIC
TERMINATE
GENERATE     100000
TERMINATE    1
START        10
```

Рис. 0.7.

8. Рис. 0.7: по какому закону распределены интервалы времени между заявками в потоке, входящем в прибор DIC в модели, текст которой приведён на рисунке?
9. Рис. 0.7: какие значения принимают в GPSS-модели следующие величины:
   - число обслуживающих приборов;

- загрузка прибора DIC;
- средний интервал времени между заявками во входящем в прибор DIC потоке;
- интенсивность входящего в прибор DIC потока заявок;
- средняя длительность обслуживания заявок в приборе DIC?

10. Рис. 0.8: сколько заявок в среднем поступит в сеть массового обслуживания, GPSS-модель которой представлена на рисунке, за время моделирования (ответ округлить до целого)?

```
Met_kom  STORAGE  5
         GENERATE    4.3,1.3
Div_1    ENTER       Met_kom
         ADVANCE     0.5
         LEAVE       Met_kom
         TRANSFER    750, ,Div_2
         TERMINATE
Div_2    SEIZE       1
         ADVANCE     (Exponential(12,0,4))
         RELEASE     1
         TRANSFER    , Div_1
         GENERATE    100000
         TERMINATE   2
         START       10
```

Рис. 0.8.

11. В приведённой на рис. 0.8 модели чему равны следующие величины:
    - количество обслуживающих приборов в узле с устройством по имени «Met_kom»;
    - коэффициент передачи узла, в котором установлено устройство с именем «Met_kom»;
    - количество узлов в моделируемой сети массового обслуживания;
    - загрузка прибора 1;
    - средний интервал времени между приходящими заявками во входящем в СеМО потоке?

    Пояснение. Искать решение данного класса задач значительно проще, если нарисовать схему моделируемой СеМО. После такого изображения исследуемой системы постановка задачи совпадает с постановкой задачи в вопросах из раздела 0.

Например, для модели на рис. 0.8 схема СеМО будет выглядеть, как показано на рис. 0.9:

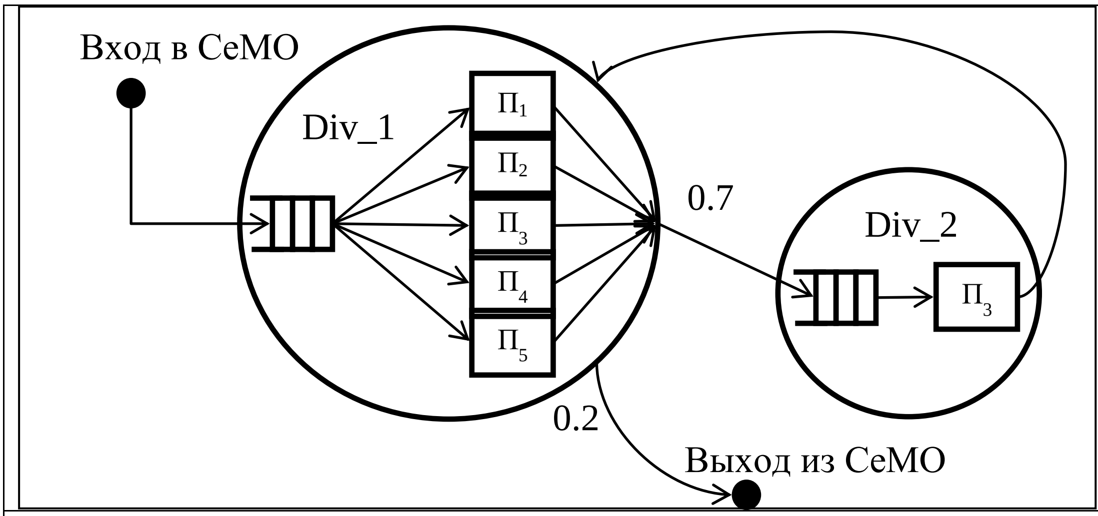

Рис. 0.9.

12. Рис. 0.8: по какому закону распределено время обслуживания в приборах устройства с именем «Met_kom» в модели, представленной на рисунке?
13. Укажите параметры блока GENERATE, который формирует простейший поток заявок с интенсивностью 10 заявок в единицу времени.
14. Укажите параметры блока TRANSFER, который позволяет разделить входящий поток заявок на два подпотока. Показать, как это делается для детерминированного и для вероятностного разрежения потоков.

Литература

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.

2. Венцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1980. – 408 с.

3. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1979.

4. Бражник А.Н. Имитационное моделирование: Возможности GPSS World. – СПб.: Реноме, 2006. – 439 с.

5. Шрайбер Т.Дж. Моделирование на GPSS. – М.: Машиностроение, 1980.