**1.** В небольшом магазине покупатели могут приобрести штучный и весовой товар, который оплачивается на любой из двух касс при выходе из магазина. Товар покупатель выбирает самостоятельно, но если среди выбранных есть товар, который должен быть взвешен, то покупатель идет в отдел, где его взвесят. В отделе весового товара покупателей обслуживает один продавец. Обработкой статистических данных установлено, что поступление покупателей в магазин носит характер простейшего потока со средней интенсивностью 20 человек в час. Среднее время выбора покупателем товара составляет 15 минут, обслуживание покупателей в весовом отделе и на кассах составляет, соответственно, 7 и 6 минут, и подчиняется экспоненциальному закону распределения. Причем, только, в среднем 30% покупателей приобретают весовой товар. Составить имитационную модель работы магазина за двенадцатичасовый рабочий день. Определить коэффициент загрузки продавца весового товара и кассиров, среднею длину и среднее время ожидания (в минутах) в очереди к продавцу весового товара и кассиру. Предложить рекомендации по улучшению качества обслуживания покупателей.

**2.** В парикмахерской работают три мастера женских стрижек и один мастер мужских стрижек. Время мужской стрижки подчиняется нормальному закону распределения и составляет в среднем 25 минут со стандартным отклонением 7 минут. Среднее время женской стрижки составляет 45 минут со стандартным отклонением 13 минут и имеет так же нормальный закон распределения. К мастеру мужских стрижек и к мастерам женских стрижек организована отдельная очередь. Интенсивность прихода клиентов составляет 6 человек в час и распределено по экспоненциальному

закону, причем вероятность прихода женщин равна 0,8. Составить имитационную модель системы в GPSS World. Определить коэффициент загрузки мастеров, среднее время в ожидания очереди и среднею длину очереди к мастеру мужских и женских стрижек соответственно. За единицу времени принять одну минуту. Результаты моделирования получить за восьмичасовой рабочий день. Определить минимальное необходимое количество мастеров женских стрижек, чтобы среднее время ожидания в очереди не превышало 15 минут, при прочих неизменных условиях.

**3**. В большом магазине женской одежды имеется восемь примерочных комнат, к которым организованна общая очередь. Интенсивность подхода покупателей к примерочным комнатам в первый раз составляет 30 человек в час. Среднее время нахождения в примерочной комнате составляет 10 минут. После выхода из примерочной 40% покупателей, через равномерный интервал времени от 8 до 16 минут, возвращаются к примерочным комнатам с новым товаром и встают в очередь (если таковая есть). Есть основания считать поток первоначального подхода покупателей к примерочным комнатам и нахождение в них, простейшим. Составить имитационную модель в GPSS World и определить коэффициент загрузки примерочных комнат, среднее время ожидания в очереди и среднею длину очереди. За единицу времени принять одну минуту. Результаты моделирования получить за десятичасовой рабочий день. Определить минимальное необходимое количество примерочных комнат, чтобы средняя длина очереди не превышала пяти человек.

**4.** В CALL-центре по обслуживанию клиентов работает пять операторов. Запросы операторам поступают с интенсивностью 45 звонков в час. Время ответа оператора составляет в среднем 6 минут. Если все операторы заняты, то клиент ожидает в общей очереди первого освободившегося оператора. Статистически установлено, что из всех запросов в среднем с вероятностью 7% поступает запрос, выходящий за рамки компетенции оператора, при этом оператор переключает абонента на специалиста, отвечающего на подобные запросы. Так как в данном CALL-центре работает один такой специалист, то при необходимости клиенты ожидают своей очереди. Время ответа специалиста составляет в среднем 13 минут. Поток поступления заявок, ответа операторов и специалиста простейший. Составить имитационную модель работы CALL-центра за один двенадцатичасовой рабочий день. Временем переключения клиента на специалиста пренебречь. Определить

коэффициент загруженности операторов и специалиста, среднее время в очереди и среднюю длину очереди к оператору. За единицу времени принять одну минуту. Достаточно ли одного специалиста в данном CALL-центре. Определить минимальное количество операторов, чтобы среднее время ожидания в очереди не превышало 5 минут.

**5.** В операционном зале банка обслуживаются физические и юридические лица. В банке организована электронная система регистрации клиентов, так что сразу формируются две отдельные очереди для физических и юридических лиц. Для обслуживания физических лиц в операционном зале предусмотрено три окна, для обслуживания юридических лиц – одно окно. Статистически установлено, что поступление клиентов происходит с интенсивностью 16 человек в час, обслуживание физических лиц составляет в среднем 10 минут, юридических лиц – 22 минуты, также установлено, что в среднем число юридических лиц составляет 20% от всех входящих клиентов. Есть основания предполагать, что входящий поток и время обслуживания всех клиентов подчиняется экспоненциальному закону распределения. Составить имитационную модель работы операционного зала за десятичасовой рабочий день. Определить коэффициент загруженности работников банка, среднее время и среднею длину очередей. За единицу времени принять одну минуту. Можно ли сократить количество окон по обслуживанию физических лиц без особого ущерба качества обслуживания, ответ обосновать.

**6**. В ресторане быстрого питания имеется шесть, оборудованных кассой, мест для обслуживания посетителей и зал на 20 посадочных мест. 10% посетителей не пользуются залом ресторана и после обслуживания у кассира- продавца покидают ресторан. Наблюдением выявлено, что интенсивность поступления посетителей составляет 60 человек в час, среднее время обслуживания у кассира-продавца и нахождение в зале ресторана составляет 5 минут и 25 минут соответственно, и имеет экспоненциальный характер распределения вероятностей.

Есть возможность на небольшое расширение зала ресторана (не более 8 посадочных мест), и увеличение количества кассиров-продавцов. Экономически целесообразно, чтобы в ресторане к кассирам-продавцам постоянно была очередь 3 - 5 человек, так же целесообразно, чтобы зал ресторана был загружен на минимум 80%, но без существенной постоянной

очереди. С помощью имитационной модели рассчитать оптимальное количество посадочных мест и мест для обслуживания посетителей, с выполнением выше перечисленных условий, или показать отсутствии такой возможности. Моделирование провести за десятичасовой рабочий день.

**7.** В мастерской по ремонту обуви работают два мастера. Один мастер занимается заменой набоек и ремонтом не значительных дефектов, второй мастер специализируется на более трудоемком ремонте. Для удобства, обувь для ремонта сразу разделяется на две группы по уровню сложности. Наблюдением установлено, что поступление клиентов имеет все признаки простейшего потока с интенсивностью 5 человек в час. Время замены набоек и не значительного ремонта составляет в среднем 20 минут и подчиняется нормальному закону распределения с стандартным отклонением 4 минуты. Время более сложного ремонта занимает от 1,5 часов до 2,5 часов и распределено по равномерному закону. Замечено, что клиенты со сложным ремонтом составляют 22% всех клиентов. Построить имитационную модель данной системы за десятичасовой рабочий день, определить среднею длину очереди для каждой группы, определить среднее время нахождения в ремонте обуви каждой группы. Требуется ли помощник для какого-либо мастера?

**8.** В операционном зале банка установлено три банкомата, причем два банкомата работают только на выдачу наличных денежных средств, а один на прием и выдачу. Наблюдением установлено, что из всех посетителей только 20% требуется банкомат с приемом денежных средств. Интенсивность поступления клиентов 20 человек в час. Среднее время обслуживания в банкомате с выдачей денежных средств составляет 3 минуты, в банкомате с приемом и выдачей – 7 минут. Закон распределения поступления клиентов и обслуживания в банкомате экспоненциальный. К разным типам банкоматов организована разная очередь. Составить имитационную модель работы банкоматов за один восьмичасовой рабочий день. Определить среднее время и среднюю длину очередей. За единицу времени принять одну минуту. Целесообразно ли установка еще одного банкомата с приемом денежных средств или демонтаж одного банкомата с выдачей денежных средств, ответ обосновать.

**9.** В магазине для обслуживания покупателей есть четыре кассы, выявлено, что среднее время обслуживания покупателей на разных кассах разное. На первой кассе составляет 5 минут, на второй кассе 6 минут, на третьей кассе 8 минут и на четвертой кассе 12 минут. К кассам организована общая очередь. Интенсивность поступления покупателей к кассам составляет 30 человек в час. Закон распределения поступления покупателей и обслуживания на кассе принимается экспоненциальный. Составить имитационную модель работы касс за один восьмичасовой рабочий день. Определить коэффициент загруженности кассиров, среднее время в очереди и среднею длину очереди к кассам. За единицу времени принять одну минуту. Определить среднюю длину очереди при не работающей первой кассе.

**10.** На автомобильной мойке работают два бокса для мойки автомашин. Время мойки составляет в среднем 15 минут с отклонением 4 минуты и подчиняется нормальному закону распределения. Приезд автомашин для мойки является простейшим потоком со среднbм значением 20 автомобилей за два часа. Вне мойки есть только одно место для парковки автомобиля. Если все боксы и парковка заняты, то подъехавший автомобиль вынужден будет уехать. Построить имитационную модель и провести моделирование ограниченную участием 30 автомобилей. Определить количество не обслуженных клиентов и среднее время ожидания на парковке (в минутах). Определить необходимое среднее время оказания услуги, чтобы количество не обслуженных клиентов не превышало 5 при тех же начальных данных. (Вместо моделирования парковки можно проверять размер очереди к боксам с помощью блока TEST G Q$o4ered,1 ).

**11.** На автозаправочной станции стоят четыре заправочные колонки. Три из них для заправки автомобилей бензином, а одна для дизельного топлива. Время заправки зависит от количества заливаемого топлива и подчиняется равномерному закону распределения со среднbм значением 10 минут ±3 минуты. Для заправки бензином и дизельными топливом организованы разные очереди. Интенсивность поступления автомобилей для заправки составляет 20 машин в час причем из них 15% заправляются дизельным топливом. Закон поступления автомобилей экспоненциальный. Составить модель работы автозаправочной станции за двенадцатичасовый рабочий день. Определить среднее время и среднюю длину очередей. За единицу времени принять одну минуту. Определить минимальное количество заправочных колонок, чтобы средняя длина любой очереди не превышала 3 автомобиля.

**12.** При въезде автомобилей на платное шоссе стоят два автомата оплаты. Время оплаты в автомате составляет в среднем 1.5 минуты со стандартным отклонением 0.35 минуты, закон распределения нормальный. Интенсивность поступления автомобилей 35 автомобилей в час, закон распределения экспоненциальный. Составить модель работы парковки за один час. Определить среднее время и среднюю длину очереди. За единицу времени принять одну минуту. Определить сколько необходимо автоматов при интенсивности 80 автомобилей, чтобы среднее время в очереди не превышало 3 минут.

**13.** Организация производит шиномонтаж автомобилей. Прибытие клиентов носит случайный характер, система предварительной записи отсутствует. В результате наблюдений за временными интервалами между последовательными поступлениями клиентов было получено, что поступление носит простейший характер со средним значением 15 минут.

Время, необходимое для оказания услуги изменяется в пределах промежутка от 21 до 40 мин., причем появление любого значения из этого промежутка равновероятно.

Внутри мастерской имеется одна, оборудованная всем необходимым монтажная площадка. Вне мастерской есть место для парковки только одного автомобиля. Стоянка на близлежащей дороге запрещена, поэтому любой водитель, который подъехал в тот момент, когда заняты как монтажная площадка, так и отведенное для парковки место, вынужден будет уехать (проверять размер очереди можно с помощью блока TEST G Q$o4ered,1).

Построить имитационную модель для ситуации с прохождением через систему 25 клиентов. Определить количество не обслуженных клиентов и среднее время ожидания на парковке. Определить необходимое время оказания услуги, чтобы количество не обслуженных клиентов не превышало 5 при тех же начальных данных.

**14.** В крупном магазине покупатели могут приобрести штучный и весовой товар, который оплачивается на любой из трех касс при выходе из магазина. Товар покупатель выбирает самостоятельно, но если среди выбранных есть товар, который должен быть взвешен, то покупатель идет в отдел, где его взвесят. В отделе весового товара покупателей обслуживает

один продавец. Обработкой статистических данных установлено, что поступление покупателей в магазин носит характер простейшего потока со средней интенсивностью 60 человек в час. Среднее время выбора покупателем товара составляет 5 минут, обслуживание покупателей в весовом отделе и на кассах составляет, соответственно, 4 и 3 минут, и подчиняется экспоненциальному закону распределения. Причем, только, в среднем 30% покупателей приобретают весовой товар. Составить имитационную модель работы магазина за двенадцатичасовый рабочий день. Определить коэффициент загрузки продавца весового товара и кассиров, среднею длину и среднее время ожидания (в минутах) в очереди к продавцу весового товара и кассиру. Предложить рекомендации по улучшению качества обслуживания покупателей.

**15.** В большом магазине женской одежды имеется 6 примерочных комнат, к которым организованна общая очередь. Интенсивность подхода покупателей к примерочным комнатам в первый раз составляет 40 человек в час. Среднее время нахождения в примерочной комнате составляет 5 минут. После выхода из примерочной 50% модниц, через равномерный интервал времени от 10 до 15 минут, вновь возвращаются к примерочным комнатам с новым товаром и встают в очередь (если таковая есть). Есть основания считать поток первоначального подхода покупателей к примерочным комнатам и нахождение в них, простейшим. Составить имитационную модель в GPSS World и определить коэффициент загрузки примерочных комнат, среднее время ожидания в очереди и среднюю длину очереди. За единицу времени принять одну минуту. Результаты моделирования получить за 12 рабочий день. Определить минимальное необходимое количество примерочных комнат, чтобы средняя длина очереди не превышала пяти человек. Сколько надо примерочных, чтобы время ожидания в очереди было меньше 6 минут.

**16.** В ресторане быстрого питания имеется четыре, оборудованных кассой, мест для обслуживания посетителей и зал на 30 посадочных мест. 15% посетителей не пользуются залом ресторана и после обслуживания у кассира-продавца покидают ресторан. Наблюдением выявлено, что интенсивность поступления посетителей составляет 70 человек в час, среднее время обслуживания у кассира-продавца и нахождение в зале ресторана составляет 4 минут и 25 минут соответственно, и имеет экспоненциальный характер распределения вероятностей.

За счет освобождения 15 кв.м. площади от более не использующегося инвентаря, появилась возможность на не большое расширение зала ресторана или увеличение количества кассиров-продавцов. Для одного посадочного места требуется 3 кв. м., а для кассы 4. Экономически целесообразно, чтобы в ресторане к кассирам-продавцам постоянно была очередь 2 - 3 человек, так же целесообразно, чтобы зал ресторана был загружен на минимум 80%, но без существенной постоянной очереди. С помощью имитационной модели рассчитать оптимальное количество посадочных мест и мест для обслуживания посетителей, с выполнением выше перечисленных условий, или показать отсутствии такой возможности. Моделирование провести за десятичасовой рабочий день

**17.** Морские судна двух типов прибывают в порт, где происходит их разгрузка. В порту есть два буксира, обеспечивающих ввод и вывод кораблей из порта. К первому типу судов относятся корабли малого тоннажа, которые требуют использования одного буксира. Корабли второго типа имеют большие размеры, и для их ввода и вывода из порта требуется два буксира. Из-за различия размеров двух типов кораблей необходимы и причалы различного размера. Кроме того, корабли имеют различное время погрузки- разгрузки. Исходные данные приведены в таблице.

| Значение | Тип корабля | |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 |
| Интервал прибытия, мин | 130 ± 30 | 390 ± 60 |
| Время входа в порт, мин | 30 ± 7 | 45 ± 12 |
| Количество доступных причалов | 6 | 3 |
| Время погрузки-разгрузки, час | 12 ± 2 | 18 ± 4 |
| Время выхода из порта, мин | 20 ± 5 | 35 ± 10 |

Построить модель системы, в которой можно оценить время ожидания кораблями каждого типа входа в порт. (Время ожидания входа в порт включает время ожидания освобождения причала и буксира). Корабль, ожидающий освобождения причала, не обслуживается буксиром до тех пор, пока не будет предоставлен нужный причал. Корабль второго типа не займет буксир до тех пор, пока ему не будут доступны оба буксира.

**18.** На автозаправочной станции имеются три автомата для заправки автомобилей, если все места заняты, то перед заправкой есть небольшая площадка для ожидания. Не далеко имеется магазин, перед которым так же есть место для парковки нескольких автомобилей. Наблюдением

установлено, что 10% всех въезжающих паркуют свои автомобили у магазина (заехали только в магазин), минуя заправочные автоматы. Из тех, кто приехал заправляться, 20% после заправки автомобиля останавливаются возле магазина. Среднее время заправки автомобиля (с учетом оплаты) составляет от 4 до 16 минут и распределено по равномерному закону. Среднее время обслуживания клиента в магазине составляет 14 минут и подчиняется экспоненциальному закону. Интенсивность поступления клиентов на автозаправочную станцию составляет 15 автомашин в час и имеет вид простейшего потока. Построить имитационную модель автозаправочной станции за двенадцатичасовый рабочий день. Считая, что все парковочные площадки резиновые, определить максимальную и среднюю длину очереди в магазине и к заправочным автоматам, среднее время ожидания в очередях.

**19.** В порту четыре причала, предназначенные для разгрузки и погрузки судов. Время разгрузки является равномерным со средним значением 6 рабочих часов ± 2 рабочих часа. Время погрузки является нормальным распределением со средним значением 12 рабочих часов и стандартным отклонением 3 рабочих часа. Из прибывающих судов 25% не требуют разгрузки (порожние), и после разгрузки 40% судов не требуют погрузки. Интенсивность поступления судов в порт определяется экспоненциальным распределением со средним значением 4 корабля в сутки. Для кораблей организована общая очередь. Составить модель системы за 30 рабочих дней. За единицу измерения принять сутки (в сутках 8 рабочих часов). Определить коэффициент загрузки причалов, среднее время и среднюю длину очереди судов к причалам.

**20.** В операционном зале банка установлено три банкомата, причем два банкомата работают только на выдачу наличных денежных средств, а один на прием и выдачу. Наблюдением установлено, что из всех посетителей только 20% требуется банкомат с приемом денежных средств. Интенсивность поступления клиентов 20 человек в час. Среднее время выдачи денежных средств в каждом банкомате составляет 3 минуты, а время приема средств – 7 минут. Закон распределения поступления клиентов и обслуживания в банкомате экспоненциальный. Организована следующая очередь. Если банкомат на прием и выдачу свободен, когда заняты все банкоматы только на выдачу, то клиент подходит к нему. Если все банкоматы заняты, то все ждут в общей очереди. Те, кому нужен банкомат с

приемом денежных (те 20%) средств стоят в очереди только к этому банкомату.

Составить имитационную модель работы банкоматов за один восьмичасовой рабочий день. Определить среднее время и среднюю длину очередей. За единицу времени принять одну минуту. Целесообразно ли установка еще одного банкомата с приемом денежных средств или демонтаж одного банкомата с выдачей денежных средств, ответ обосновать.

**21**. На входе в метро установлены три автомата по продаже билетов и касса с двумя кассирами. Наблюдением установлено, что в среднем 60% входящих пассажиров пользуются автоматами, среднее время продажи билета в автомате равно 2 минутам и подчиняется нормальному закону распределения с стандартным отклонением 0,5 минуты. Среднее время обслуживания пассажира в кассе составляет 3 минуты и так же подчиняется нормальному закону распределения с стандартным отклонением 0,5 минуты. Интенсивность поступлении пассажиров составляет 600 человек в час и имеет экспоненциальный закон распределения, причем, примерно 50% входящих пассажиров уже имеют проездные билеты. Для прохода на станцию установлено шесть турникетов, среднее время прохождения одного турникета одним пассажиром составляет 10 секунд с стандартным отклонением 2 секунды и имеет нормальный закон распределения. Составить имитационную модель работы данной системы за один час. Определить среднюю длину очереди в кассу и к аппаратам по продаже билетов. Найти оптимальное количество аппаратов, чтобы время ожидания в очереди к ним не превышало 2 минут.

**22.** В отделении Федеральной Налоговой Службы работает 2 сотрудника: менеджер по работе с физическими лицами и менеджер по работе с юридическими лицами.  
Интенсивность прихода посетителей 15 человек в час по экспоненциальному закону распределения.  
Время обслуживания у менеджера по работе с физическими лицами составляет 8±5 минут;  
Время обслуживания у менеджера по работе с юридическими лицами составляет 12±5 минут.  
Причем 60% клиентов – юридические лица, а 40% - физические лица.  
Заработная плата менеджера по работе с физическими лицами составляет 320 руб. в час, заработная плата менеджера по работе с

юридическими лицами составляет 350 руб. в час. Надбавка за каждого клиента 50 руб. Руководство данного отделения получает прибыль 200 рублей за каждого обслуженного клиента, из которой платится заработная плата всем менеджерам. Составить модель отделения. Определить оптимальное количество менеджеров (с точки зрения максимизации прибыли руководства).

**23.** В отделении банка работают 2 менеджера по работе с физическими лицами и 1 менеджер по работе с юридическими лицами, а также менеджер по работе с клиентами (который выдает клиенту талон с его номером в очереди к нужному менеджеру) и 1 кассир.  
Для начала каждому клиенту необходимо подойти к менеджеру по работе с клиентами, чтобы получить свой номер в очереди, время обслуживания этого клиента составляет 1±0.5 минуты. Но не все клиенты соглашаются, заплатив деньги, еще и ждать свою очередь и 20% клиентов уходят. Далее получив номерок, клиент идет в кассу и оплачивает услуги банка. Обслуживание в кассе составляет от 2±1 минуты. Далее клиенты получают консультацию у соответствующего менеджера. Время обслуживания у менеджера по работе с физическими лицами составляет 6±3 минут, с юридическими лицами 12±5 минут.  
Интенсивность прихода посетителей 30 человек в час по экспоненциальному закону распределения. Причем из всех клиентов 70% - физические лица, 30% - юридические лица.

Составить модель отделения банка и получить результаты за 12 часов работы. Определить сколько надо сотрудников, чтобы максимальные очереди не превышали 3х человек.

**24.** Страховщиком предоставляются 3 вида страхования: Автострахование, Страхование жизни и Страхование имущества. Работа осуществляется в арендованном офисе, куда и приходят физические лица со средним промежутком 10 минут ±5 мин. Предусмотрен специальный терминал, выдающий талончики по интересующему клиента виду страхования. Время получения талончика не затратит больше 5 минут у потенциального страхователя. После, клиент перенаправляется к соответствующему страховому агенту.

При этом, к каждому агенту существует своя очередь. Время обслуживания, у каждого агента составляет 20мин, 25 мин и 30мин соответственно.

Как показывает практика, 60% клиентов идет на автострахование, остальные в равной степени делятся на 2 других вида страхования. По окончанию обслуживания, только 80% клиентов решают совершить страхование и переходит в одну из двух касс, время обслуживание 10±5 минут.

Составить модель деятельности страховой компании за 8 часовой рабочий день. Куда следует назначить 1 дополнительного сотрудника для уменьшения очередей?

**25.** В магазине для обслуживания покупателей есть четыре кассы, выявлено, что среднее время обслуживания покупателей на разных кассах разное. На первой кассе составляет 5 минут, на второй кассе 6 минут, на третьей кассе 8 минут и на четвертой кассе 12 минут. К кассам организована общая очередь. Интенсивность поступления покупателей к кассам составляет 30 человек в час. Закон распределения поступления покупателей и обслуживания на кассе принимается экспоненциальный. Составить имитационную модель работы касс за один восьмичасовой рабочий день. Определить коэффициент загруженности кассиров, среднее время в очереди и среднею длину очереди к кассам. За единицу времени принять одну минуту. Определить, способствует ли уменьшению времени ожидания в очереди добавление пятого кассира-стажера, среднее время обслуживания которого 14 минут, и за счет, помощи которому среднее время обслуживания первого и второго кассиров увеличивается на 1 минуту.

**26.** Гардероб состоит из трех окон. Студенты приходят за 5 минут до начала занятий. Интенсивность поступления студентов — 15 человек в минуту. Интенсивность обслуживания в первом окне задана средним временем обслуживания — 20 секунд на человека, во втором — 15 секунд на человека, в третьем — 10 секунд на человека. Интенсивности заданы по экспоненциальному закону.

Смоделировать работу гардероба в течении 6 часов и проверить все ли студенты успевают на занятия. Если не все, предложить способы исправления ситуации.

**27.** В офис интернет-магазина электротехники приходят клиенты в среднем по 10 человек в час по экспоненциальному закону. вначале оплачивает свой заказ на кассе в течение 2.5±0,8 минут, затем направляется к пункту выдачи товара и проводит там 15±2,1 минуту проверяя, распаковывая, упаковывая и получая товар. В 10% случаях при получении товара возможно выявление неисправностей, в этом случае покупатель возвращается на кассу и получает обратно его деньги в течении того же времени 2.5±0,8 минут.

Смоделировать прохождение 200 покупателей через магазин. Определить необходимое количество сотрудников, чтобы максимальный размер очередей в кассу или на выдачу не превышал 10 человек.

**28**. Клиенты приходят в игровое заведение и становятся в очередь в пункт обмена за игровыми фишками. Интенсивность поступления клиентов в среднем равна 40 чел./час. Всего в пункте обмена работает 2 окна.  
Длительность обслуживания каждым окном в среднем 4 минуты.  
Установлено что 60% посетителей пойдут к столу с рулеткой. Остальные 40% разойдутся по другим азартным играм. Четверть пойдет к столу с игрой в кости, а остальные поделятся поровну между игровыми автоматами и карточными играми. Время, проведенное в каждой игре:

* у стола с рулеткой 15+-5мин.;
* у стола с игрой в кости 20+-5мин.;
* у игрового автомата 14+-3мин.;
* у стола с карточными играми 14+-3мин.;

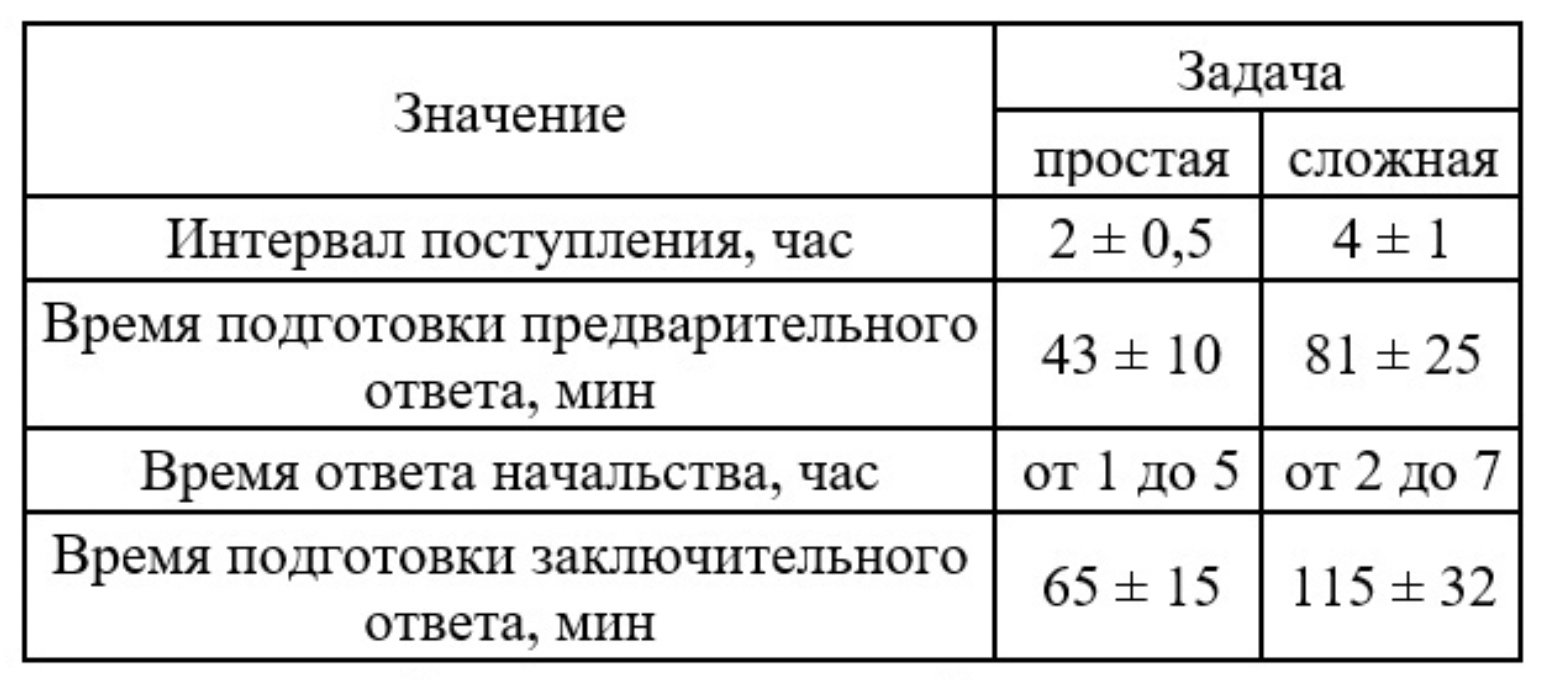
Построить модель игрового заведения. Определить насколько человек минимально должен быть рассчитан каждый вид игр, чтобы средний размер очереди к каждому был а 1 человека.

**29**. В заведение фастфуда, где работает 4 продавца и расположены 20 посадочных мест со столиками, приходят покупатели в среднем по 150 человек в час. Среднее время обслуживаниями продавцами составляет 1, 1.5, 2 и 2.5 минуты соответственно (по экспоненциальному закону). К продавцам организована общая очередь. После покупки еды 30% посетителей уходят, оставшиеся идут обедать за столиками. Время обеда за столиком составляет от 5 до 15 минут по равномерному закону. Промоделировать работу закусочной в течение 10 часов и определить очереди к продавцам и к столикам. Сколько нужно приобрести дополнительных столиков, чтобы очередь к столикам не превышала 3 человек.

**30**. В супермаркет приходят за покупками две категории покупателей. Одни приходят каждые 6 минут, выбирают товар в течение 2+-1 минут и оплачивают товар на кассе в течение 3 минут. Покупатели из другой категории приходят в магазин за большими покупками в среднем по 6 человек в час. Такие покупатели набирают товар в течение 4 минут, затем идут взвешивать товар в весовой отдел с одним продавцом в течение 2 минут, а потом идут оплачивать товар на кассу, где обслуживаются в среднем 5 минут. Процесс поступления покупателей является пуассоновским. Время обслуживания на кассе и в весовом отделе подчиняется нормальному закону распределения со средним квадратичным отклонением, равным одной четверти математического ожидания. Промоделируйте работу супермаркета и определите размеры очередей и длительность ожидания в очередях за 20 часов.

**31** В маленький супермаркет с одной кассы приходят покупатели в среднем каждые 5 минут. Процесс поступления считать простейшим (Пуассоновским). Каждый посетитель сперва в течение 2+- 1 мин. ходит по супермаркету и выбирает товар. Затем каждый покупатель идёт в весовой отдел, где взвешивает товар у единственного ответственного за это человека в течение 2 минут по экспоненциальному закону. После того как товар взвешен, покупатель подходит к продавцу. Продавец обслуживает покупателей в среднем 3 минуты по нормальному закону распределения с Ro=0.7. Промоделировать работу супермаркета за 24 часа и определить размеры очередей в весовой отдел и кассу.

**32.** Двум сотрудникам, занимающимся бюрократическими вопросами в некоторой организации, приходят задания от начальства разной сложности. Для решения простых задач достаточно одного сотрудника, для решения тяжелых задач требуется участие сразу обоих сотрудников. После получения задания, сотрудники сперва вникают в суть проблемы и готовят предварительный ответ и отправляют его обратно начальству по почте. После некоторого времени начальство присылает свой ответ с некоторыми замечаниями, и сотрудники вновь приступают к его выполнению. Данные об интервалах времени представлены в таблице.



Построить модель данной системы, в которой можно посмотреть сколько времени уходит на решение задач каждого типа. Предложить варианты решения проблемы если такая возникает.

**33.** Завод производит и реализует различные стройматериалы. На домостроительном комбинате этого завода 4 крана погружает панели в панелевоз, а на строительном объекте этого завода 2 других крана проводит разгрузку доставленных на площадку панелей. По статистическим данным среднее время погрузки машины краном на домостроительный комбинат составляет 16 мин, но возможны отклонения от среднего времени, которое составляет 1 минуту. Среднее время, необходимое для транспортирования груза на строительную площадку, составляет 36 мин, а возможное отклонение от этого времени - 2 минут. По статистическим данным среднее время разгрузки панелевоза на строительной площадке составляет 8 минут, возможное отклонение от этого времени - 1 минута. Среднее время, необходимое для возвращения машины на домостроительный комбинат, составляет 26 мин, а возможное отклонение от него - 2 мин. Число машин, занятых доставкой панелей на строительную площадку, равно 5. Провести моделирование за 8 часовой рабочий день. Определить сколько необходимо машин, чтобы на строительном объекте не было недостатка в панелях и всегда существовала очередь по крайней мере 1 машины на разгрузку.

**34**. Для создания нового программного обеспечения компания привлекает новых программистов и технологов. Вся работа была разбита на 1000 задач, генеральный директор дал поручение закончить проект за 3 месяца. В начале бизнес-технолог расписывает задачу за 80±минут по равномерному закону и дает ее программистам. Квалификация программистов бывает трех уровней. Младший специалист справляется с задачей технолога в среднем за 12 часов, среднему необходимо 6 часов, а самому квалифицированному специалисту всего 3 часа. Время выполнения задачи распределено по нормальному закону со средним квадратичным отклонением равным одной четвертой от среднего значения. Ставки программистов распределены следующим образом - 10, 50, 80 у.е. в час; бизнес-технолог получает 100 у.е. в час. Необходимо найти оптимальное соотношение специалистов, если рабочий день каждого сотрудника составляет всего 8 часов, а размер офиса позволяет нанять всего 10 сотрудников.

**35.** Рассматривается работа автоцентра, который предлагает услуги мойки, ремонта и техосмотра автомобилей. В автоцентр приезжают автомобили с интервалом 9±4 минуты и с вероятностью 65% едут на автомойку, а с вероятностью 35% в автомастерскую. Водители, которые выбрали услугу мойки, встают в общую очередь к 2 боксам и затрачивают на мытье 30±5 минут в целом. Известно, что среди водителей, которые выбрали услуги мастерской, 15% из них приехали на техосмотр. Осмотр машины занимает 40±10 минут. Остальные 85% клиентов приехали для ремонта автомобиля. Ремонт делится равновероятно на два типа: сложный, стоимостью от $200 до $300, длительностью от 30 минут до 1 часа, и простой, стоимостью от $40 до $200, длительностью от 40 минут до 1.5 часов. Стоимость же услуг автомойки и техосмотра составляют $30 и $75 соответственно. Изначально в мастерской работает 7 человек: трое работают на простом ремонте, двое на сложном и двое на техосмотре. На автомойке работают по одному рабочему на каждом устройстве. Заработная плата механиков составляет $200, на техосмотре - $150. Мойщики автомобилей зарабатывают $150.

Промоделировать работу автоцентра за 14 часов, максимизируя прибыль, определить, куда направить двух новых работников: либо в один из отделов мастерской, либо на автомойку, тем самым сократив время на мытье до 12±3.