

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА
КАФЕДРЕ «ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ» МГТУ ИМ. Н.Э.
БАУМАНА****А.К. Вахрамеев, В.А. Зуев (Москва)**

На кафедре «Подъемно-транспортные системы (ПТС)» в МГТУ им. Н.Э. Баумана преподается годичный курс «Имитационное моделирование ПТС» с целью научить студентов применять средства моделирования и системного анализа при разработке и конструировании подъемно-транспортных систем. Эти средства в конечном итоге позволят определить типы, количество и характеристики машин и оборудования, позволяющие осуществить обработку заданных грузопотоков при решении конструкторских и логистических задач.

В качестве средства моделирования используется язык GPSS и соответствующая среда GPSS World. GPSS World взята из-за ее доступности для студентов, простоты и наглядности языка GPSS.

При обучении имитационному моделированию студенты учатся моделировать конвейерные системы, складские комплексы, системы обслуживания и пр.

При моделировании конвейерных систем, состоящих из ленточных, роликовых и других конвейеров и их систем, необходимо обратить внимание на некоторые особенности. Так, при построении модели на языке GPSS ленточного конвейера заданной длины, движущегося с известной скоростью и имеющего один вход, на который с некоторыми интервалами поступают грузы нескольких типов, необходимо все сгенерированные транзакты подавать в один оператор задержки ADVANCE, который описывает перемещение грузов по ленте. А при моделировании конвейера с несколькими входами, необходимо в модели предусмотреть задержку по времени на перемещение грузов по ленте между входами отдельных групп грузов и их дальнейшее совместное перемещение к выходу конвейера. Особенностью данной задачи является моделирование конвейерной ленты, как правило, бесконечной ширины и, соответственно, с неограниченным входом. В задачах такого типа, как правило, требуется определить количество погруженных грузов на конвейер и количество оставшихся грузов на конвейере через определенный временной промежуток, что позволяет с помощью модели найти реальную производительность такой машины. Для этого при построении модели на языке GPSS следует применять операторы ASSIGN и TEST, которые позволят отслеживать перемещение различных типов грузов.

Решая задачи моделирования роликовых конвейеров, которые отличаются от ленточных отсутствием возможности подачи нескольких грузов сразу, а также наличием одного или нескольких поворотных столов для передачи грузов между конвейерами или изменения направления движения этих грузов, необходимо применять одноканальный сервер. Каждый такой стол моделируется с помощью одного такого сервера. В этом случае, есть вероятность появления очередей на входах конвейера, что также должно быть отражено в модели. Моделирование такой системы дает возможность рассчитать длину загрузочных участков при заданной интенсивности грузопотоков. Также, в таких задачах с разными типами грузов для их учета следует применять операторы ASSIGN и TEST.

При изучении работы логистических складских комплексов заданной площади, включающих в себя несколько помещений с разным количеством точек логистического контакта и с разным набором подъемно-транспортной техники для обслуживания,

рассматривается практическая задача по определению максимального количества автомобилей внутри склада за заданное время моделирования. Ее решение позволяет определить требуемое количество стояночных мест для автомобилей, ожидающих в очереди внутри логистического комплекса, что, в свою очередь, влияет на общую площадь этого комплекса.

В курсе рассматривается задача когда на склад через один однопоточный контрольно-пропускной пункт (КПП), который задерживает транспорт на определенное время, заезжают автомобили 2-х типов А и В. Каждый автомобиль типа А подъезжает к КПП через определенный интервал времени, а автомобиль типа В – через другой. На складе есть несколько помещений. В них работает известное число погрузчиков. Для обслуживания автомобилей типов А и В требуются заданные для каждого типа время и погрузчики. Грузы из машин типа В подъезжают к одному из помещений и обслуживаются, после чего отправляются на КПП. Автомобили типа А подъезжают к другому помещению, обслуживаются, после чего часть машин отправляются к первому помещению и, затем, к КПП, а остальные едут к КПП.

Эта задача решается в три этапа. Сначала определяется распределение автомобилей по маршрутам по помещениям, затем моделируется работа складского комплекса с помещениями, после чего определяется время нахождения автомобилей внутри комплекса. Для описания работы складов применяются различные многоканальные серверы. Одни из них описывают складской комплекс с помещениями и определяют количество логистических контактов, другие, вложенные в них, описывают сами помещения и работающие в них погрузчики. Также учитывается возможность использования разного количества машин (каналов) для каждого помещения.

При решении этой задачи необходимо применять не только многоканальные серверы, а также операторы очереди QUEUE – DEPART, функцию распределения и передачи транзактов TRANSFER и т.д. Задачи такого типа, где требуется идентификация потока, интересны необходимостью моделирования пересекающихся потоков и позволяют студентам не только учиться строить сложные модели, а также обучаться навыкам проектирования складских комплексов и систем.

Существует определенный класс задач для определения ресурсов для обеспечения временного порога обслуживания. Такие задачи также решаются в курсе имитационного моделирования ПТС. Примером такой задачи служит задание смоделировать реально существующий складской комплекс.

Задача имеет следующий вид. На склад шоколадные изделия поступают с помощью железнодорожного транспорта. Каждая партия приходит в четырёх термостатированных вагонах, которые останавливаются у навеса, расположенного вдоль склада. Партия груза состоит из 12000 коробок с шоколадными изделиями. В каждом вагоне при разгрузке работают по несколько грузчиков, собирающих коробки на поддоны и формирующих паллеты. Одна паллета формируется за известный временной интервал и состоит из 50 коробок. В одном из концов навеса находится вход в тёплую зону приёмки, где принимают пришедший груз. Время приёмки одной паллеты определено. Паллеты перемещаются из вагонов в зону приёмки с помощью погрузчиков. Средняя скорость движения погрузчика также известна. Длина вагона по осям сцепки 17м. Из зоны приёмки паллеты отвозят на склад с помощью гидравлических тележек. Время перемещения паллеты на склад определено. Требуется определить необходимые ресурсы для разгрузки, приёмки и складирования партии шоколадных изделий в зимних условиях при температуре воздуха меньше -30°C .

В ходе моделирования были выявлены необходимые ресурсы и было определено количество погрузчиков и рабочих различных специальностей для выполнения данных условий. Была проведена серия вычислительных экспериментов по многофакторному анализу. При решении этой задачи используют системные числовые атрибуты, например AC1 (текущее модельное время). Были созданы формулы для вычисления времени нахождения груза на открытом воздухе с помощью оператора VARIABLE.

Особенность решения данной задачи – необходимость нахождения таких параметров, которые удовлетворяют требованиям: в зимних условиях при температуре воздуха меньше -30°C шоколадные изделия могут находиться на открытом воздухе (под навесом) не более 5 минут; время разгрузки вагонов не должно превышать заданного времени. При таких условиях необходимо в модели предусмотреть возможность отслеживания общего времени пребывания каждой паллеты на морозе. А также общего времени разгрузки. Как правило, эти требования выполняются с помощью установки соответствующих счетчиков, реализуемых оператором SAVEVALUE в теле модели, написанной на языке GPSS.

Еще одним из типов задач про складские комплексы являются задачи моделирования систем подбора заказов (процессов пикинга) с использованием конвейерных систем.

Подбор заказов осуществляется на практике двумя способами: товар доставляется системой подбора к комплектовщику или человек сам ходит и комплектует заказ. Такие способы называются «товар к человеку» и «человек к товару» соответственно.

Очень эффективным является использование конвейерных систем, где осуществляется подбор. Кольцевая конвейерная трасса делится на определенные участки, вокруг которых расположены места хранения товаров и работают операторы. Оператор подбирает товар, кладет его в контейнер, а затем контейнер перемещается далее по маршруту.

Одним из примеров таких задач может быть моделирование зоны подбора для определения загруженности рабочих мест с многоуровневым конвейером, по которому перемещается тара для товаров и который разделен на несколько зон на каждом уровне, несколькими группами товаров с заданным распределением по группам и известным временем обслуживания тары на каждом участке, причем тара перемещается по конвейеру в соответствии с необходимостью загрузки в нее очередного товара.

Особенностями данной задачи является неравномерное перемещение тары для подбора по конвейеру, наличие нескольких уровней в системе подбора и множества различных зон подбора. Моделирование такой системы требует уверенных практических знаний языка и отработанных навыков работы со средой GPSS World, т.к. в данном случае приходится применять функции распределения FUNCTION, операторы TRANSFER и ставить многочисленные счетчики и метки.

Другим типом задач в курсе являются задачи обслуживания. В этом контексте рассматривается моделирование пассажиропотоков станции метро, лифтового хозяйства офисных центров, госучреждений и пр. Главной особенностью таких задач является потребность в моделировании поведения большого скопления людей.

Для построения модели работы станции метро рассматривался вестибюль станции Бауманская. В этой задаче затрагиваются такие ресурсы как: количество дверей, касс, турникетов, эскалаторов, а также площади вестибюля, главного вестибюля и площади, находящиеся за турникетом и перед эскалаторами. А задачей

было определение оптимального количества ресурсов, необходимых для нормального функционирования метро.

Основные особенности при решении таких задач заключаются в том, что каждый транзакт в модели описывает пассажира, а также требуется учитывать площадь пола различных зон и распределение пассажиров по разным очередям к турникетам и кассам в общем пространстве. В таких задачах площадь является важным ресурсом, определяющим пропускную способность.

Также следует учитывать общую пропускную способность входа в вестибюль, т.к. от этого зависит наполнение самого вестибюля. Моделирование работы вестибюля станции метро Бауманская показало, что количество касс, турникетов и площади пола достаточно, чтобы пассажиры смогли попасть на станцию за незначительное время.

При моделировании лифтового хозяйства, как правило, решается задача определения максимального времени ожидания в очереди на посадку в лифт. По условию задачи задана функция распределения людей по этажам и функция, определяющая появление людей в холле. Особенность этой задачи состоит в том, что при ее решении необходимо отдельных людей, подходящих к лифтам, группировать в человекопакет для каждого лифта и ставить его в очередь. При таком подходе необходимо при моделировании применять операторы SPLIT – ASSEMBLE.

Еще в курсе имитационного моделирования рассматриваются задачи вариативные задачи поведения с использованием функций случайного распределения.

Моделирование простых систем обслуживания с очередями, таких как социальные учреждения, позволяет студентам научиться работать с очередями, функциями распределения, а также научиться проводить валидацию и верификацию написанной модели.

Выводы

На кафедре ПТС при изучении курса «имитационное моделирование» рассматривается комплекс транспортных систем и даются навыки и умения для их программной реализации на языке GPSS World.

Литература

1. Вахрамеев А.К., Головань Н.П., Рябчук А.В., Зуев В.А.; Построение общей математической модели логистической системы для решения задач компоновки и размещения. Материалы 19-й международной межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. М. МГТУ имени Баумана 2015г. с 310.
2. Вахрамеев А.К., Головань Н.П., Рябчук А.В., Зуев В.А.; Разработка принципов решения задач космической логистики на примере создания лаборатории внутри Солнца. Материалы 19-й международной межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. М. МГТУ имени Баумана 2015г. с 310.
3. Зуев В.А., Вахрамеев А.К., Головань Н.П., Рябчук А.В.; Построение математической модели логистической системы для решения задач компоновки и размещения. Механизация строительства №6 2015. Сс.57-60.