



## МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

---

Д.В. Акельдов, В.В. Мокшин

### ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СРЕДЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANYLOGIC

(КНИТУ-КАИ им. А.Н. ТУПОЛЕВА)

*Ключевые слова: имитационное моделирование, оптимизация, распределительный центр, система AnyLogic.*

*В статье в виде диаграммы представлена структурная схема организации работы распределительного центра, включающая в себя такие подсистемы, как «Прибытие и отбытие грузовиков» и подсистема «обработки и сортировки паллет». Приведена имитационная модель работы распределительного центра в системе имитационного моделирования AnyLogic. Проведена оптимизация работы модели распределительного центра за счет изменения технических параметров обрабатываемых ресурсов и ресурсов системы имитационного моделирования AnyLogic. Обоснованием возможности использования предложенного алгоритма оптимизации являются временные характеристики нахождения паллет на стеллажах, а также загруженность обрабатываемых ресурсов, используемых на данном распределительном центре.*

#### **Введение**

Система – это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство [1].

Интерес к имитационному моделированию систем на современном этапе развития человечества обусловлен технологическим развитием систем моделирования, которые на сегодняшний день являются мощным аналитическим средством, обладающим новейшими информационными технологиями. [2-3]. Под этим подразумевается рост числа не только всевозможных информационных систем, но и систем массового обслуживания, систем предоставления услуг, систем производства. Каждая из этих сложных систем, как правило, уникальна, а существующие аналоги заметно отличаются друг от друга. Следствием из этого является невозможность разработки универсальных алгоритмов расчета при их проектировании [4]. Аналитические расчеты часто не позволяют учесть корреляционные воздействия элементов системы, не говоря уже о самой сложности таких расчетов для сложных систем, которые год от года лишь усложняются.



Целью деятельности любой коммерческой организации является получение максимальной прибыли при минимизации затрат и повышении производительности ресурсов. Именно на повышение производительности и нацелена оптимизация систем: определение таких параметров, изменения которых приводит к задержкам или к простоям оборудования, разработка нескольких вариантов подобных изменений, расчет всевозможных рисков, а затем выбор оптимального варианта. Методика и методы анализа подобных сложных систем представлены в работах [5].

Использование средств имитационного моделирования для оптимизации систем позволяет безопасно и разумно распределять затраты на расчет вариантов оптимизации и выбор оптимального варианта. Актуальной задачей является также моделирование систем безопасности с предметной областью, представленной в работах [6].

В представленной работе рассматривается оптимизация работы такой системы как распределительный центр за счет изменения параметров технических ресурсов средствами среды имитационного моделирования AnyLogic.

### **Описание системы работы распределительного центра**

Паллеты (Pallet1) с товарами доставляются на распределительный центр грузовиками (Truck). Затем происходит согласование шлюза разгрузки грузовика (TruckSetup1 или TruckSetup2) с распределительным центром. После происходит разгрузка и отбытие грузовика.

Паллеты распаковываются и направляются в очередь на конвейер в зону временного хранения (PalletRack) по конвейеру (ConveyorAfterUnload). Затем по конвейеру (ConveyorAfterUnload) направляются к зоне сортировки и упаковки. После они упаковываются (serviceToPack1 и serviceToPack2) и объединяются в паллеты по 3 товара (batchMergerBy3) или в паллеты по 5 товаров (batchMergerBy5). Диаграмма, отражающая описание системы прибытия и отбытия грузовиков, а также приема, распаковки, хранения, упаковки и объединения паллет в распределительном центре представлена на рис.1.

### **Моделирование и оптимизация**

В качестве системы имитационного моделирования была выбрана система AnyLogic за большое количество возможностей для детального моделирования процессов и систем.

Система AnyLogic – программное средство для структурного и имитационного моделирования процессов и систем, разработанное российской компанией «Экс Джей Текнолоджис» в 2003 году [3]. Система AnyLogic включает в себя графический язык моделирования и позволяет пользователю расширять созданные модели с помощью языка Java [2]. Последняя версия AnyLogic 8.4.0 разработана в 2019 году.

Модель работы распределительного центра в системе AnyLogic была разработана с нуля. Ее схема представлена на рис.2.

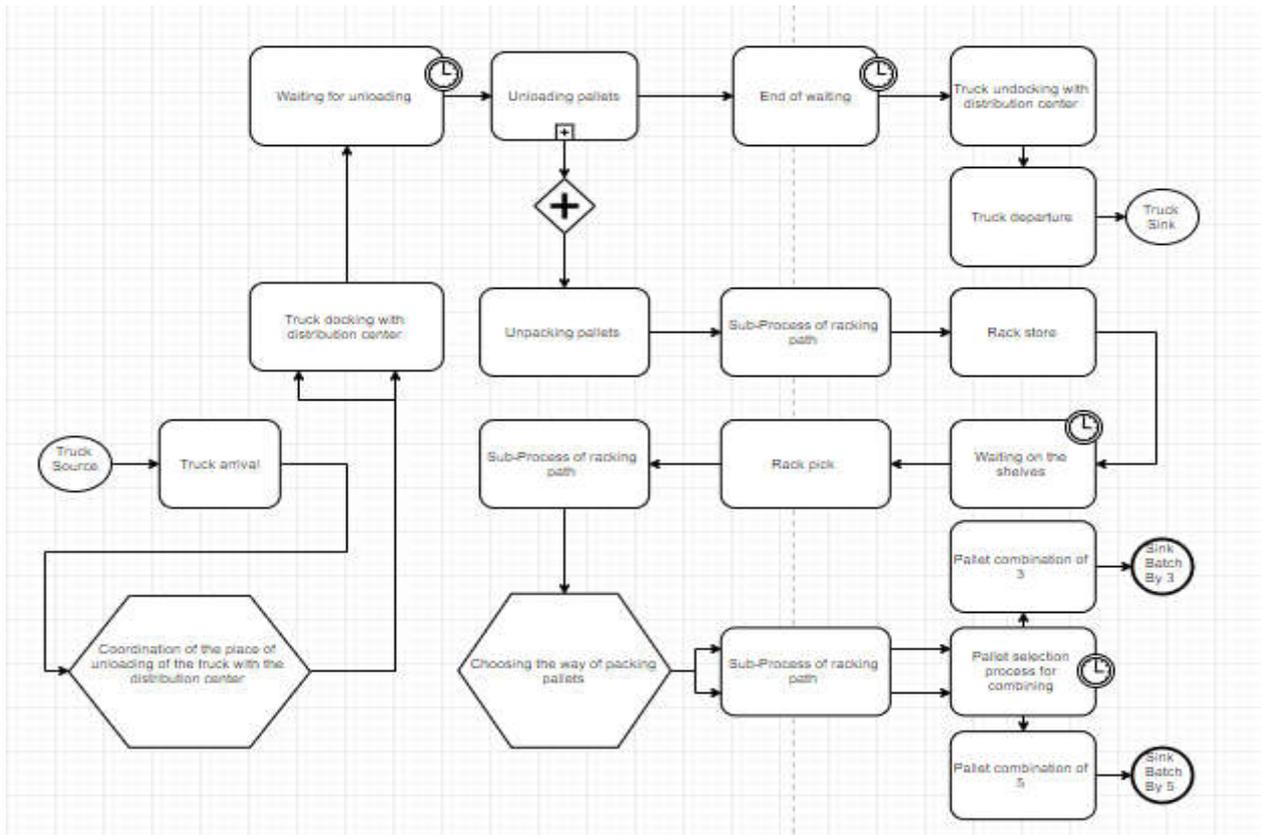


Рис. 1. Диаграмма работы распределительного центра

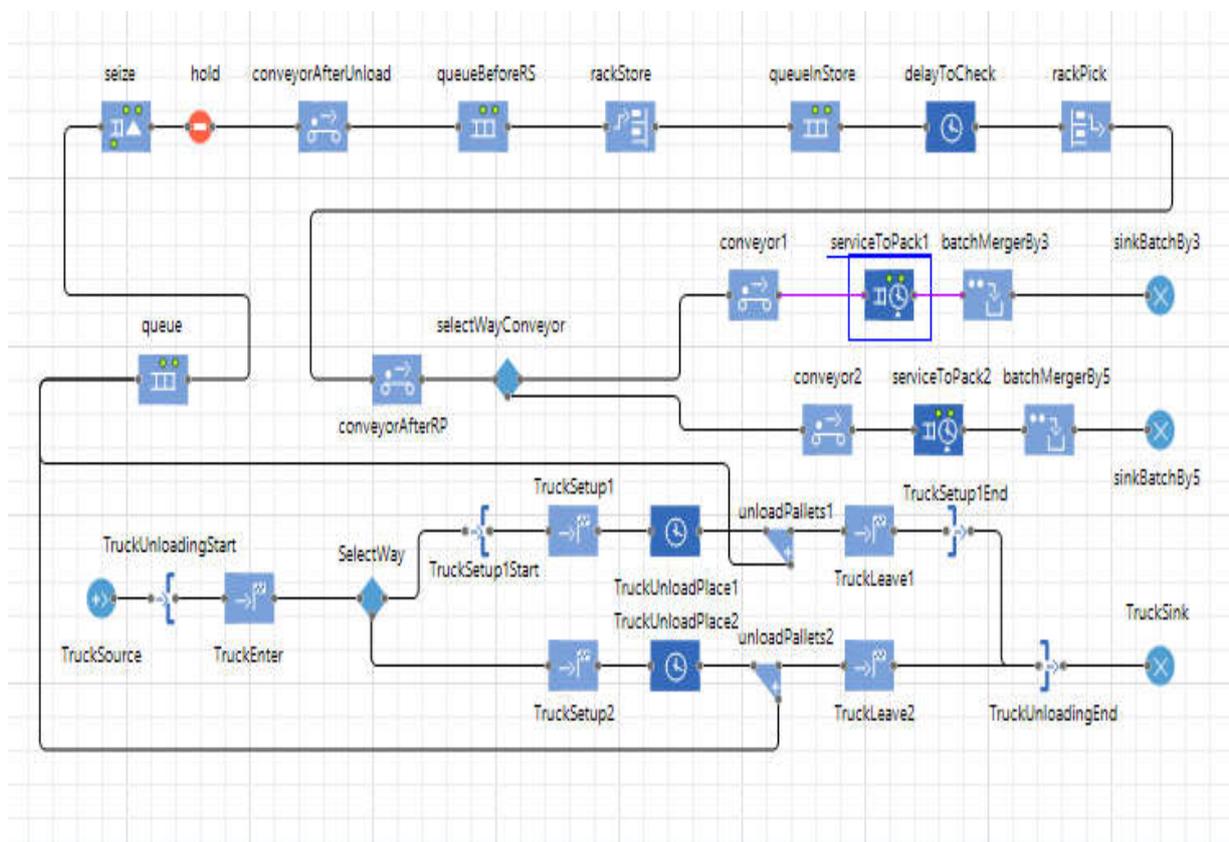


Рис. 2. Модель работы распределительного центра в системе AnyLogic



Следующим шагом была оптимизация параметров технических ресурсов при увеличении нагрузки на распределительный центр. Интервал прибытия грузовиков с паллетами на распределительный центр уменьшился до 15 минут, а время обработки поставок составило 16 минут. Время моделирования и оптимизация составляло 10 000 минут. Последовательность этапов оптимизации была аналогична вышеуказанной. В результате оптимизации при повышенной нагрузке на распределительный центр общее число ячеек для паллет увеличилось с 120 до 250. При этом время нахождения паллет на стеллажах составило 5.16 минут.

### **Выводы**

Осуществлена разработка структурной модели работы распределительного центра.

Проведена оптимизация имитационной модели работы распределительного центра за счет изменения параметров технических ресурсов. Предложенный алгоритм оптимизации позволяет сократить время нахождения паллет на стеллажах, уменьшив при этом нагрузку на технические ресурсы, и тем самым снизить затраты.

### **Литература**

1. Мокшин В.В., Якимов И.М. Метод формирования модели анализа сложной системы / Информационные технологии. 2011. № 5. С. 46-51.
2. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, В.В. Мокшин, Вестник Казанского технологического университета, 17, 4, 298-303 (2014).
3. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, В.В. Мокшин, Вестник Казанского технологического университета, 17, 13, 352-357 (2014).
4. В.В. Мокшин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 3, 89-93 (2009).
5. Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Якимов И.М., Захарова З.Х. Вестник Технологического университета, 20, 18, 120-126 (2017).
6. В.С. Моисеев, П.И. Тутубалин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 2, 129-135 (2011).

Э.Г. Ахметшина

## **СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ЭРЛАНГОВСКИМИ ВХОДНЫМИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯМИ**

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Данная работа посвящена исследованию систем массового обслуживания (СМО)  $E_2/E_2/1$  с эрланговскими входными распределениями 2-го порядка и с запаздыванием во времени. Обе эти системы относятся к типу  $G/G/1$ . В теории массового обслуживания исследования систем  $G/G/1$  особо актуальны в связи с тем, что до сих пор не существует решения в конечном виде для общего случая.