

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ АЭРОПОРТА ЗА СЧЕТ РАБОЧИХ РЕСУРСОВ В СРЕДЕ  
ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANYLOGIC

Т.И. Тухбатуллин, Б.А. Курбанов (Казань)

Важнейшим фактором в эффективности процесса работы аэропорта, несомненно, является скорость прохождения всех этапов контроля и регистрации пассажирами.

Высокая эффективность достигается главным образом за счёт достаточной количества обслуживающего персонала, с увеличением которых и уменьшается время нахождения пассажиров в аэропорту. Тем не менее, нельзя увеличивать количество обслуживающего персонала и мест за которыми они сидят, ведь количество зависит от площади аэропорта, которую мы изменить не можем. Стоит отметить, что рентабельность работы аэропорта в основном зависит от рабочего персонала. Как правило, классифицированный специалист способен выполнять работу быстро без потери качества.

В связи с данными факторами разработка идеального алгоритма для работы аэропорта является трудоёмкой задачей. Так как проведение подобных экспериментов, с целью поиска приемлемого решения в реальных условиях очень сильно уменьшило бы производительность и прибыль аэропорта, была создана данная имитационная модель.

Использование имитационного моделирования позволяет описать процессы в аэропорту, учесть взаимодействия различных подсистем, изучать детальную статистику и поведение системы во времени, а также предсказывать сценарии изменений на различных горизонтах планирования. Практическая полезность данной статьи заключается в том, что в ней приведен пример легко настраиваемой, подробной имитационной модели с помощью средств среды имитационного моделирования AnyLogic.

Описание системы работы упаковки товаров

В аэропорт приезжают пассажиры на трех видах транспорта: такси, автобус, поезд (поезд, такси, автобус) после этого все проходят через металл детекторы (досмотр\_на\_вход). Далее те кто купил заранее через интернет билеты идут их оформлять (оформление\_элБ), а остальные покупать но уже затратят на этой больше времени (покупка\_билета). Далее все пассажиры без исключения проходят через паспортный контроль (паспортный\_контроль). После когда набирается 300 человек они ожидают свой самолет в течении 20 минут, а после садятся в него и улетают.



Рис.1. Структурная схема организации работы линии упаковки и погрузки товаров  
Моделирование и оптимизация

Рассматриваемая в данной работе модель была реализована в пакете AnyLogic 8.4, это лидирующая платформа для имитационного моделирования различных систем, позволяющая использовать много подходов метод имитационного моделирования.

Такой способ моделирования достаточно прост, он делает возможным органичное комбинирование и совмещение различных методов имитационного моделирования. Это позволяет создавать модели, которые будут просты в поддержке и будут полноценно выполнять свои

функции. Данный подход подчеркивает положительные стороны, достоинства одних методов моделирования и компенсирует недостатки других

Создателем системы AnyLogic является российская компания по разработке программного обеспечения, «Экс Джей Текнолоджис».

Модель работы аэропорта в данной системе была построена на основании курсовой работы «Оптимизация работы аэропорта», схему модели можно увидеть на рис.2.

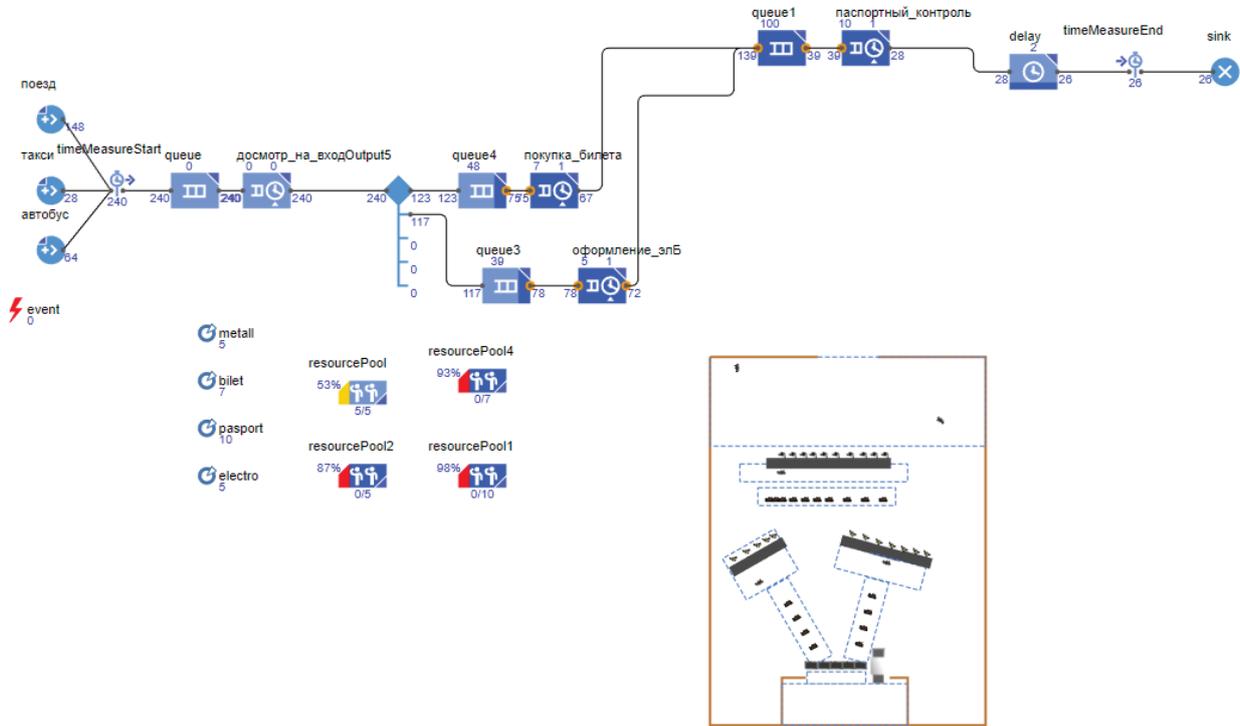


Рис.2 - Модель работы производства по упаковке товаров в системе AnyLogic

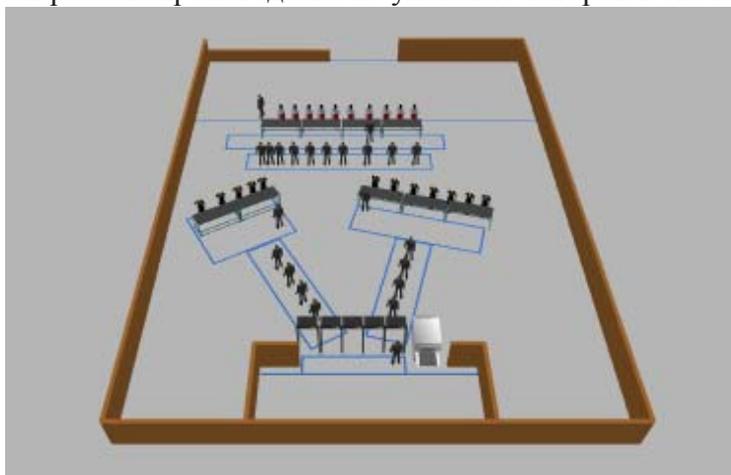


Рис.3 – Эксперимент работы производства по упаковке товаров в системе AnyLogic

Также на рис.3 представлен эксперимент работы данного моделирования.

Для оптимизации модели было задано встроенное ограничение в создании 50000 транзактов в учебной версии программы AnyLogic. Полученные в ходе работы результаты оптимизации продемонстрированы в таблице 1. После оптимизации модели число металл детекторов, которые должны проверять пассажиров на наличие запрещенных вещей, увеличилось с 1 штуки (исходная модель) до 5 штук.

Число работников, которые занимаются продажей билетов увеличилось с 1 человека до 7. Число работников, которые занимаются регистрацией электронных билетов увеличилось с 1 человека до 5. Также увеличилось и число обслуживающего персонала, работающих за стойками

паспортного контроля от 1 человека до 10. Все вышеперечисленные значения и график оптимизации модели изображены на рис.4.

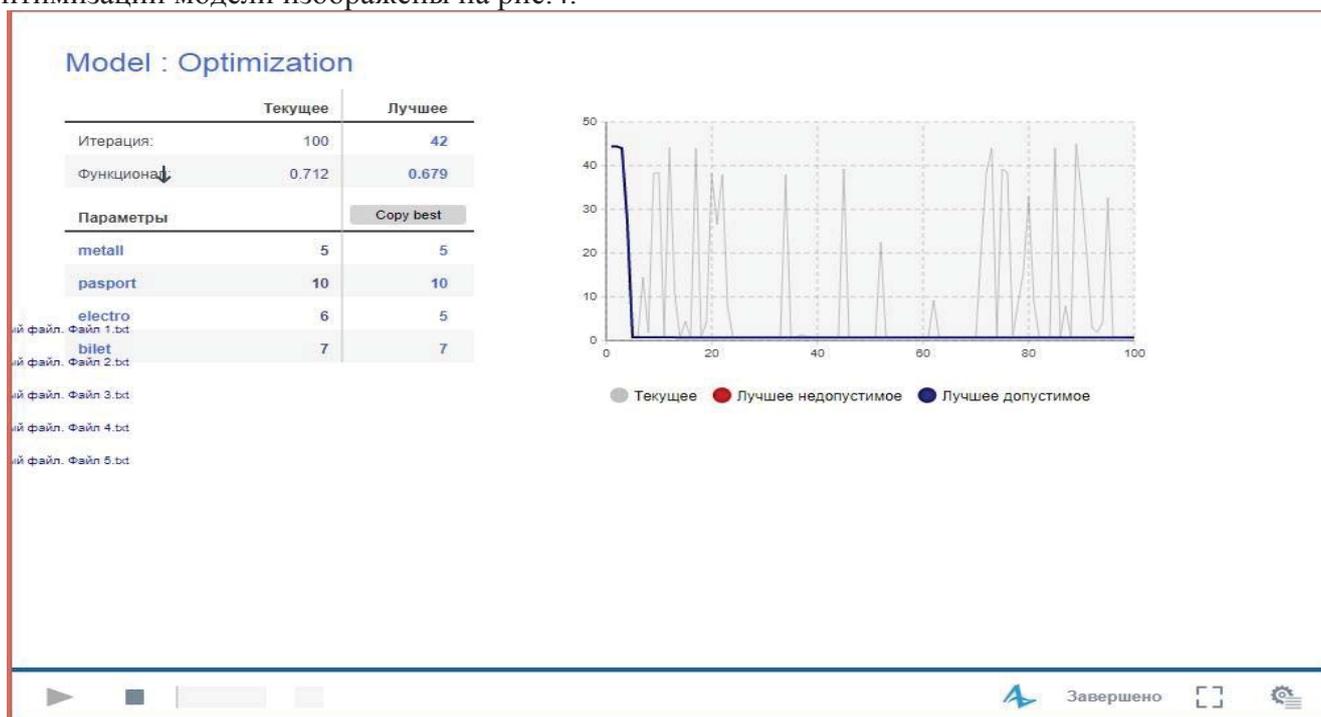


Рис.4 – Оптимизация исходной модели по времени нахождения товаров на конвейерах в системе AnyLogic

Результаты оптимизации модели

Таблица 1.

Значение параметра	Пояснение	Исходное значение	Нижняя граница диапазона	Верхняя граница диапазона	Оптимальное значение
metall	Количество металл детекторов	1	1	10	5
pasport	Количество обслуживающего персонала, стоящих за стойками паспортного контроля	1	1	10	10
electro	Количество обслуживающего персонала, стоящих за стойками для регистрации электронных билетов	1	1	10	5
билет	Количество обслуживающего персонала, стоящих за стойками для продажи билетов на самолет	1	1	10	7

Статистические данные

В ходе работы, после проведения оптимизации, был осуществлен сбор статистических данных в программе Statistica 10. Данная платформа предоставляет ряд мощных и удобных в использовании инструментов, позволяющих получить графический и статический анализ,

прогнозирование, datamining, реализовать собственные пользовательские приложения и многое другое.

Одной из наиболее важных задач при сборе статистики является прогнозирование. Современные способы статистического прогнозирования предоставляют возможность совершать прогноз максимально точно. С другой стороны необходимо помнить о том, что не существует универсальных методов прогнозирования, подходящих любому проекту. Эффективность прогноза зависит от многих условий, а именно от длины и времени прогнозирования.

Для получения линейного графика наблюдаемых и спрогнозированных данных, мы воспользовались множественной пошаговой регрессией. Результат показан на рисунке 5. Так как спрогнозированные данные кардинально отличаются от наблюдаемых, мы можем прийти к выводу, что необходимо увеличить время или длину прогноза.

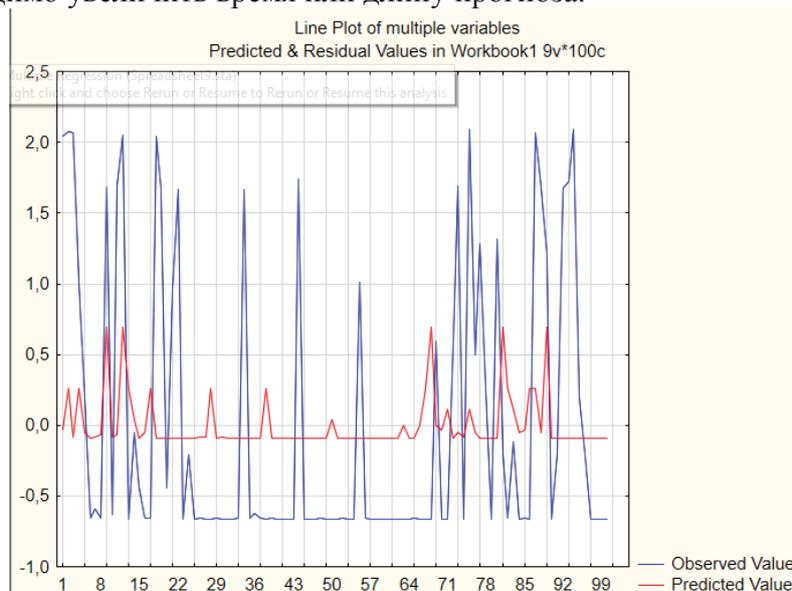


Рис.5 – График наблюдаемых и предсказанных значений

#### Выводы

Таким образом, в процессе выполнения работы была реализована структурная модель работы аэропорта и осуществлена оптимизация ее имитационной модели с помощью регулирования количества работников, сидящих за стойками продажи билетов, регистрации электронных билетов, паспортного контроля, а также с помощью увеличения числа металл детекторов.

Проведенный эксперимент на модели выявил решение, способствующее оптимизации аэропорта и повышению эффективности работы. Полученный алгоритм сокращает время нахождения пассажиров в очередях и в целом в самом аэропорту, что позволяет сэкономить время клиентов.

#### Литература

1. Кожевников А.Ю., Тутубалин П.И., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. О разработке математических моделей, методов и программного обеспечения для проектирования перспективных изделий запрос-ответной аппаратуры / Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21. № 2. С. 155-162.
2. Кожевников А.Ю., Тутубалин П.И., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. О построении подсистемы удаленного мобильного доступа к информационным ресурсам некоторой организации / Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21. № 2. С. 139-147.
3. Мокшин В.В., Якимов И.М., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М. Разработка системы мониторинга состояния грузоподъемных механизмов / Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 19. С. 75-81.

4. Мокшин В.В., Якимов И.М. Метод формирования модели анализа сложной системы / Информационные технологии. 2011. № 5. С. 46-51.
5. Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В. Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 1. С. 66-76.
6. Якимов И.М., Абзалова Л.Р., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. Краткий обзор графических редакторов структурных моделей сложных систем / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 17. С. 213-221.