

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВИАТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В
УСЛОВИЯХ ПРОВЕДЕНИЯ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ****Н.А. Стадник, А.В. Золотухин (Казань)**

В настоящее время имитационное моделирование используется во многих сферах деятельности человека – от производства до бизнеса. Активно оно применяется и в сферах массового обслуживания, в частности при строительстве аэропортов. Но зачастую при проектировании не учитывается множество параметров и не проверяется работа модели в нестандартных условиях. [1] Это отрицательно отражается на работе реальных предприятий. Например, аэропорт города Казани не был готов к огромному наплыву туристов во время проведения мирового чемпионата рабочих профессий WorldSkills в 2019 году. В среднем в период проведения мероприятия в день аэропорт обслуживал больше 6 тысяч туристов, а максимальный дневной поток составил больше 9 тысяч. Всего за время проведения чемпионата профессий Казанский Аэропорт обслужил больше 35 тысяч человек. В аэропорту работало все 3 терминала и еще один дополнительный пункт пропуска. Мы считаем, что его изначальное проектирование не предусматривало высокую пропускную способность. Нас эта проблема заинтересовала и легла в основу нашего исследования.

Постановка задачи

Таким образом, целью исследования стало определение эффективности применения имитационного моделирования при проектировании авиационных предприятий и моделировании их работы в экстремальных условиях. Нам было важно проверить гипотезу, что имитационные модели позволяют провести подробные и высокоточные исследования работы технических процессов, а также их влияния на работу модели в условиях высочайшей загруженности. Так были определены задачи исследования: 1. Анализ систем структурного и имитационного моделирования. 2. Выбор среды моделирования и изучение интерфейса системы. 3. Выбор объекта моделирования, изучение его основных характеристик. 4. Анализ моделируемой системы.

Разработка методики

В качестве объекта моделирования мы выбрали аэропорт с несколькими пунктами последовательного контроля и регистрации посетителей. В качестве среды моделирования выбрано программное обеспечение для имитационного моделирования AnyLogic, использующее графический язык моделирования. [2] Среда моделирования обеспечивает построение проектируемой модели из 2D и 3D объектов, представленных в AnyLogic агентами. Каждому агенту пользователь может присвоить переменные, параметры, функции, события и информационные связи с другими агентами. Встроенные средства рисования позволяют быстро спроектировать необходимые 3D модели. Интерфейс программы представляет собой вид на окно настройки параметров, 2D и 3D модель объекта моделирования, а также окна статистики, и устройства логики модели. [3] Пример интерфейса программного обеспечения AnyLogic представлен на Рисунке 1.

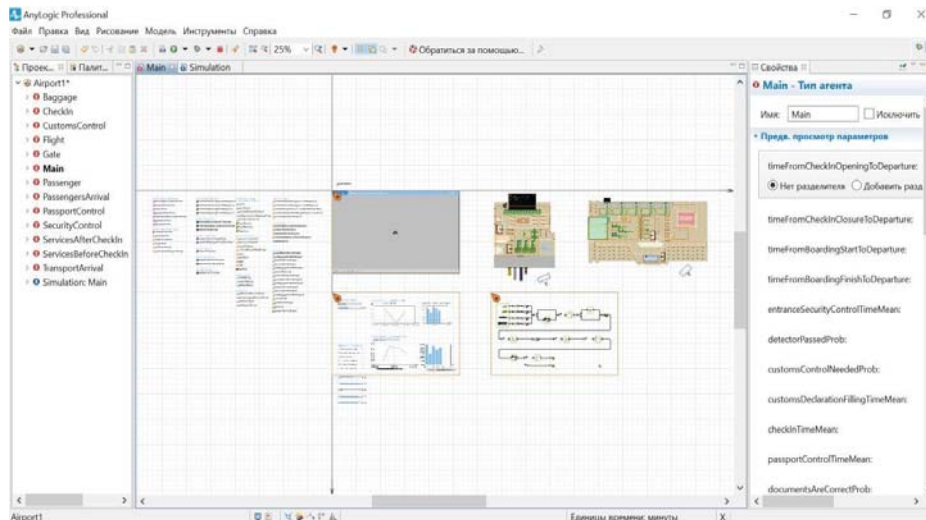


Рис. 1. Интерфейс ПО AnyLogic

В качестве объекта моделирования выбрана точная копия системы работы Казанского аэропорта в условиях высочайшей загруженности во время проведения мирового чемпионата рабочих профессий WorldSkills в 2019 году. Посетителей аэропорта будем рассматривать как «заявки» на обслуживание, а транспорт доставки, металлорамки, пункты контроля и зоны сервиса, как «приборы», которые обрабатывают «заявки».

Имитационная 3D модель Казанского Аэропорта представлена на Рисунке 2.

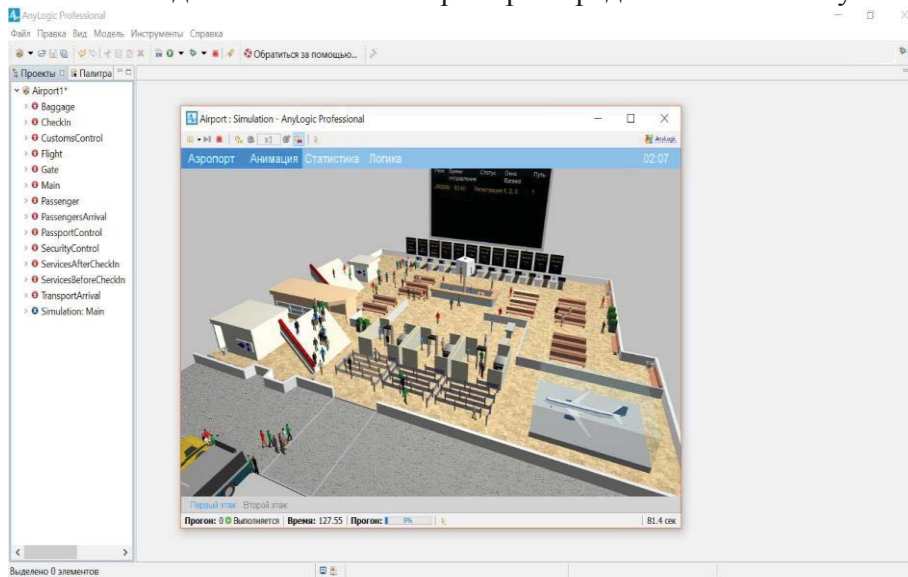


Рис. 2. Имитационная 3D модель Казанского Аэропорта

В аэропорт посетители доставляются на четырех видах транспорта: личное авто, такси, пассажирский и туристический автобусы. До вылета они должны последовательно пройти через пять пунктов контроля: две металлические рамки безопасности, выборочную проверку содержимого багажа, окно регистрации, окно паспортного контроля и окно проверки билетов. [4]

Результаты

В ходе моделирования было определено, что поток заявок не однороден. Были отобраны результативные показатели эффективности работы аэропорта: среднее время досмотра посетителей на входе и вторичного досмотра посетителей, среднее время регистрации, паспортного контроля и контроля билетов, а также влияющие на них факторы: количество пунктов досмотра, количество окон регистрации и контроля билетов. [5]

Результаты моделирования представлены в Таблице 1. Пропускная способность определяет то, с какой скоростью система может обрабатывать заявки. В нашем случае, то, как быстро и качественно наш аэропорт справится с большим потоком посетителей. По результатам

тестирования пропускная способность нашей модели недостаточно высока. Общее количество заявок – это общее количество посетителей аэропорта, из них обслужено было всего около 90%, и получено 10% отказов. [6] Эти посетители опоздали на свой рейс из-за очередей, либо не были пропущены каким-либо пунктом контроля.

Таблица 1. Результаты моделирования

№	Параметр	Значение
1	Пропускная способность	5,1104
2	Количество всех заявок в системе	7359
3	Количество обслуженных заявок	6578
4	Количество отказов	780
5	Вероятность отказа (%)	10,59
6	Общее время тестирования (мин.)	1440

Обсуждение

На Рисунке 3 представлена общая модель работы аэропорта. Каждому пункту контроля и регистрации соответствуют свои показатели загруженности. Загруженность более 50% говорит о длинных очередях и высоком времени обслуживания посетителя. Пункты входного и вторичного контроля, а также пункты паспортного контроля и контроля билетов не справляются со своей задачей, потому что их количество недостаточно для большого потока клиентов. [7] Во время проведения моделирования в проходах к данным пунктам досмотра и контроля были замечены очереди, превышающие средние значения по своей площади и плотности. Справились с нагрузкой и не вызвали длинных очередей только окна регистрации, которых было 12. Именно высокая многопоточность данного сегмента массового обслуживания аэропорта позволила удерживать средние показатели времени регистрации и не допускать высокого коэффициента простаивания «заявок». [8]

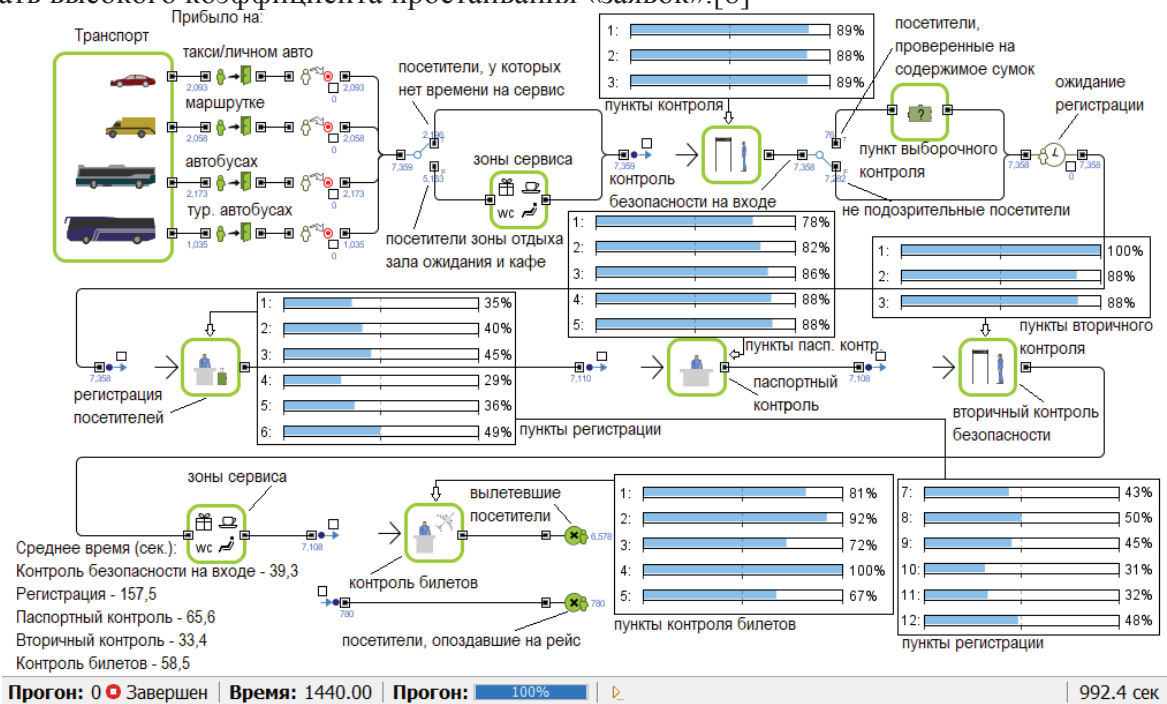


Рис. 3. Модель работы аэропорта

Заключение

Из проведенного нами моделирования работы аэропорта мы можем сделать вывод, что для качественной работы аэропорта в условиях проведения мирового чемпионата рабочих профессий WorldSkills в 2019 году требовалось увеличить количество металлорамок, окон паспортного контроля и контроля билетов. [9] Эти выводы могут помочь в будущем аэропорту «Кольцово» Екатеринбурге подготовиться к летней Универсиаде 2023 года. На их основе мы убедились, что имитационное моделирование позволяет точно отслеживать многие показатели эффективности работы аэропорта, проводить анализ этих показателей и, таким образом, выносить верное решение, касательно улучшения его работы. [10] Мы считаем, что в дальнейшем имитационное моделирование будет применяться все в более разнообразных сферах деятельности человека и значительно упростит его задачи в строительстве предприятий.

Литература

1. Мокшин В.В., Якимов И.М. Метод формирования модели анализа сложной системы. Информационные технологии, №5, 2011, С.46-51.
2. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. Сравнение систем структурного и имитационного моделирования по модели М/М/5. Вестник Казан. технол. ун-та, Казань, Т.20, №16, 2017, С.113.
3. Боев В.Д. Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: Монография. ВАС, СПб, 2011, С.349-351.
4. Кирпичников А.П. Методы прикладной теории массового обслуживания. Изд-во Казанского университета, Казань, 2011, С.194.
5. Мезенцев К.Н. Моделирование в примерах и задачах в среде AnyLogic. LAP Lambert Academic Publishing, 2013, С.143.
6. Девятков В.В. Имитационное моделирование: Учебное пособие. М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2013, С.254-256.
7. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: Учебное пособие. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2012, С.168.
8. Чикуров Н.Г. Моделирование систем процессов: Учебное пособие. М.: ИЦРИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2013, С.289.
9. Харитонов С.В. Автоматизация оценки эффективности аэропортовой инфраструктуры. Синергия, 2014, С.115-121.
10. Ярошевич Н.Ю. Консолидация аэропортовой отрасли: зарубежный опыт и российская практика. Синергия, 2012, С.15-17.