

УДК 004.94

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Ильин Я.В., Аксенов К.А. (Екатеринбург)

Введение

В современном мире информационные технологии проникли практически во все сферы жизни человека, не оставив без внимания область моделирования систем. С их использованием появилась возможность безопасно и эффективно решать задачи реального мира посредством имитационного моделирования.

Имитационное моделирование – это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, которая с достаточной точностью описывает реальную систему и происходящие в ней процессы так, как если они протекали бы в действительности [1]. С помощью такой модели проводят эксперименты для получения более подробной информации и более чёткого представления об этой системе. Так, для изучения явления миграции очагов землетрясений может использоваться имитационная модель, учитывающая основные элементы и свойства мигрирующей сейсмичности [2].

Стоит отметить, что, помимо исследовательской задачи, средствами имитационного моделирования решаются задачи, связанные с оптимизацией и сокращением затрат, расходов и издержек на каком-либо производстве. Например, применение информационной технологии мультиагентного имитационно-эволюционного моделирования «позволило определить календарный план работ, обеспечивающий снижение затрат на оплату труда сторонних организаций; экономический эффект составил 390 тыс. рублей в год» [3].

Более подробно рассмотрим нефтегазовую отрасль, в которой также используется имитационное моделирование. Внедрение инновационных решений в этой области часто снижает скорость реализации существующих проектов и откладывает на неопределённый срок начало новых [4]. В то же время следование консервативному подходу угрожает будущей рентабельности и экономической эффективности предприятия. Использование прикладного программного обеспечения для имитационного моделирования позволяет производить анализ текущей ситуации на производстве и уже в дальнейшем на основании полученных данных делать прогнозы, оптимизировать различные операции и производственные процессы, например, для сокращения времени простоя, и экспериментировать в виртуальной цифровой среде для оценки влияния изменений различных параметров системы.

Создание имитационной модели возможно для различных стадий и этапов не только производственного цикла, но и жизненного цикла продукции в целом, начиная с мест добычи полезных ископаемых и нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) и заканчивая местами реализации готовой продукции, например, автозаправочными станциями (АЗС) [6].

Целью данного исследования является разработка имитационной модели для сети автомобильных заправочных станций. Разрабатываемая модель должна:

- смоделировать в течение 10 дней процесс потребления топлива на АЗС/автоматических АЗС (ААЗС) и процесс снабжения топливом;
- показать долю обслуженных клиентов по АЗС/ААЗС, выручку на АЗС/ААЗС, количество рейсов двухсекционных и трёхсекционных бензовозов по дням;
- определить оптимальный парк бензовозов (сколько и какого типа).

Материалы и методы решения задач, принятые допущения

В качестве программного обеспечения для имитационного моделирования был выбран пакет AnyLogic. Данный выбор можно аргументировать тем, что этот инструмент обладает современным графическим интерфейсом и полной документацией, а также позволяет использовать язык программирования Java для разработки моделей.

Также использование данного программного обеспечения даёт возможность разрабатывать модели с применением сразу трёх методов моделирования: агентного моделирования [7-11], дискретно-событийного моделирования [12-15], системной динамики [5].

При построении имитационной модели были приняты следующие допущения:

- единицы модельного времени – минуты;
- стоимость единицы (литра) продаваемого ресурса (топлива) принимается равной фиксированному значению;
- объём потребления топлива разными клиентами случаен и следует закону равномерного распределения;
- время заправки напрямую зависит от объёма потребления топлива клиентом;
- снабжение автозаправочных станций бензовозами происходит в том случае, если объём топлива в резервуарах достигает критического уровня.

Результаты

Рассмотрим работу сети автомобильных заправочных станций, состоящей из 10 стационарных АЗС и 16 мини-автоматических автозаправочных станций (ААЗС), в качестве исходных данных взята статистика работы сети АЗС «Башнефть» в Свердловской области. Каждая АЗС содержит набор колонок с определённым типом топлива: на стационарных АЗС расположены колонки с топливом АИ-92, АИ-95, АИ-98, дизельное топливо (ДТ); на автоматических АЗС – АИ-92, АИ-95. С помощью библиотеки моделирования процессов были созданы схематичные модели стационарных и автоматических АЗС (рис. 1 и 2), имитирующие их работу.

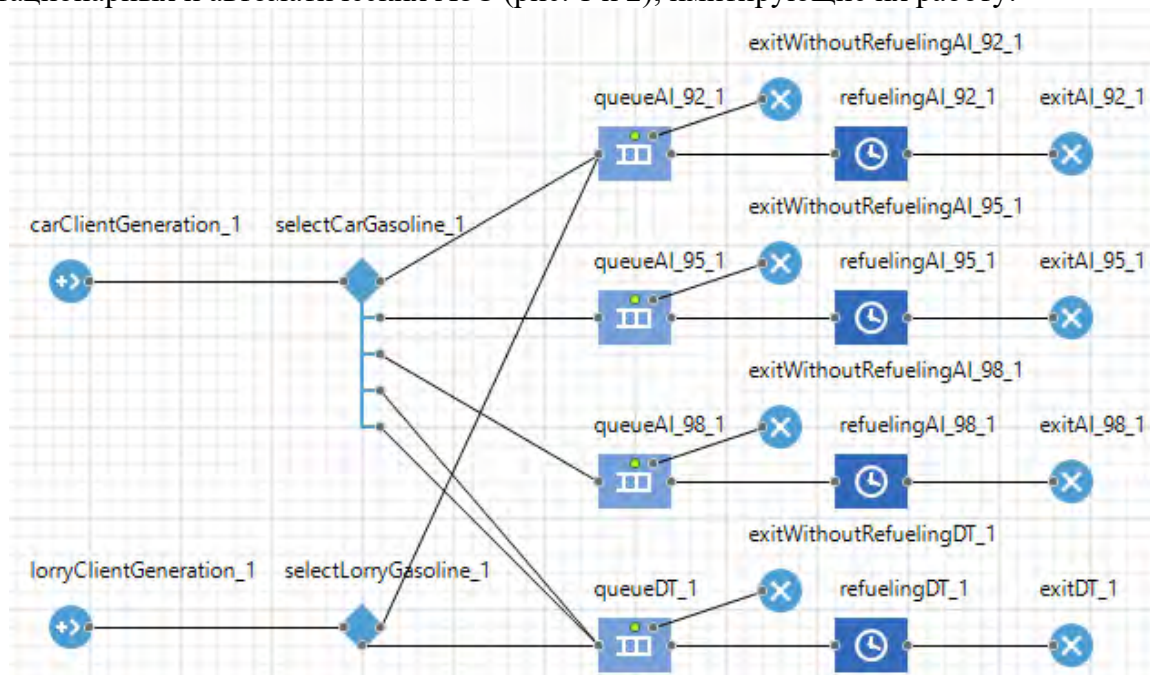


Рис. 1. Диаграмма процесса для агента «GasStation»

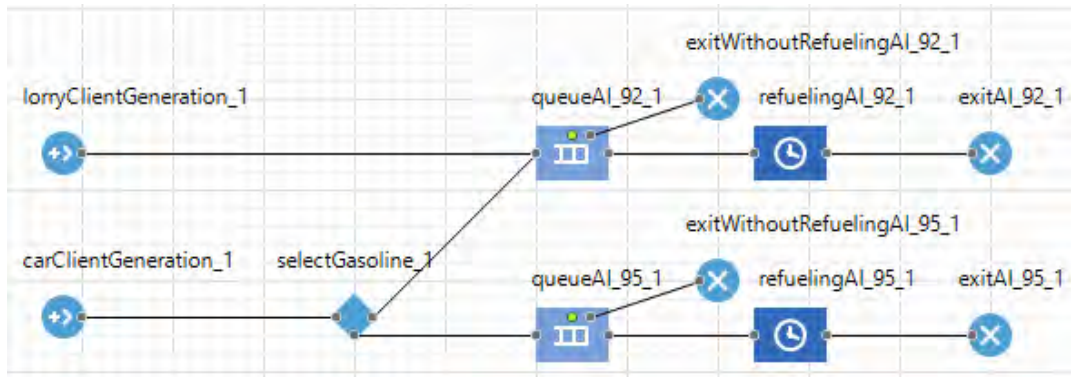


Рис. 2. Диаграмма процесса для агента «AutoGasStation»

В процессе имитации некоторые параметры остаются неизменными (например, ценовая политика), другие же переменные постоянно изменяют свои значения (например, объём остатков топлива на АЗС/ААЗС). Для отслеживания динамических параметров, таких как количество выручки с каждой станции, остатки топлива, объём упущенных продаж и количество рейсов бензовозов, использовались переменные, в которые записывались актуальные значения после выполнения каждой операции (рис. 3 и 4). Для наглядного представления полученных данных были построены графики и диаграммы (рис. 5–10).

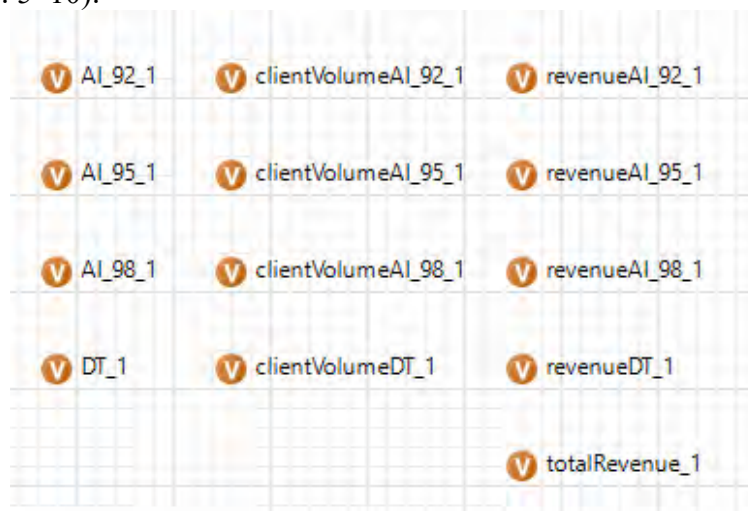


Рис. 3. Переменные для стационарных АЗС

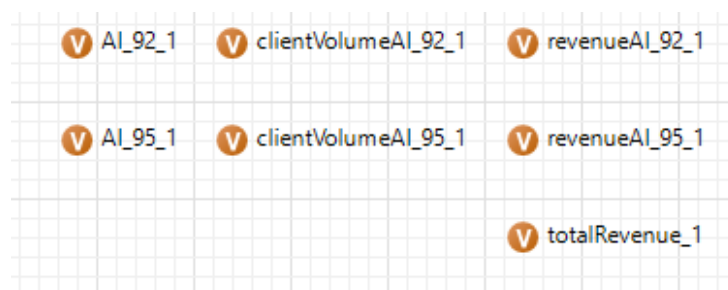


Рис. 4. Переменные для мини ААЗС

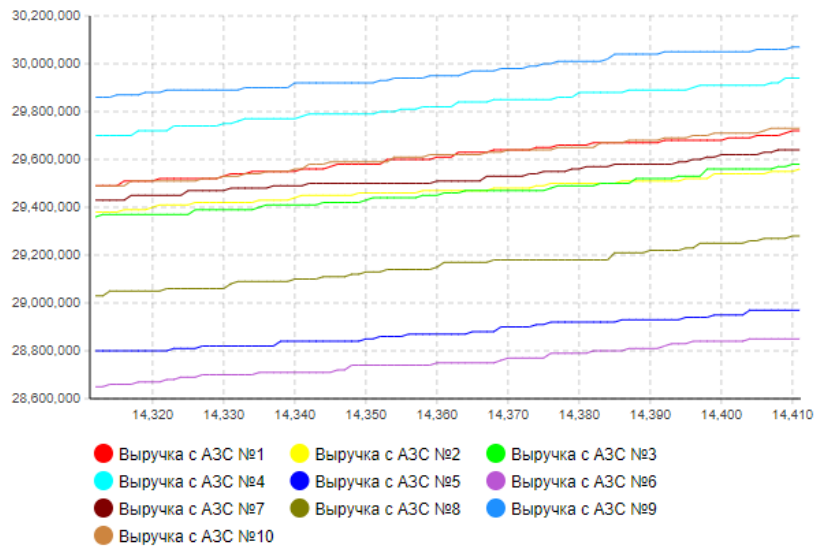


Рис. 5. Временной график, показывающий выручку с каждой стационарной АЗС



Рис. 6. Столбиковая диаграмма, показывающая объем упущенных продаж со всех стационарных АЗС (в литрах)

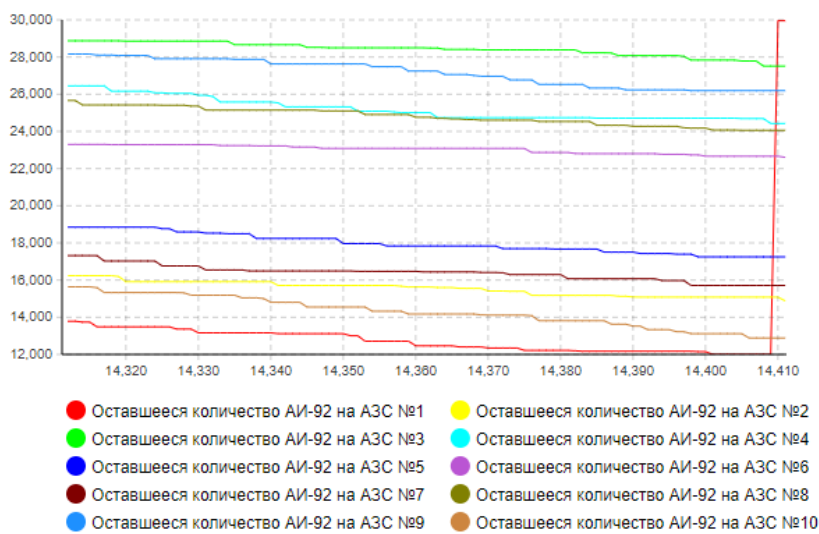


Рис. 7. Временной график, показывающий остатки топлива АИ-92 на каждой стационарной АЗС

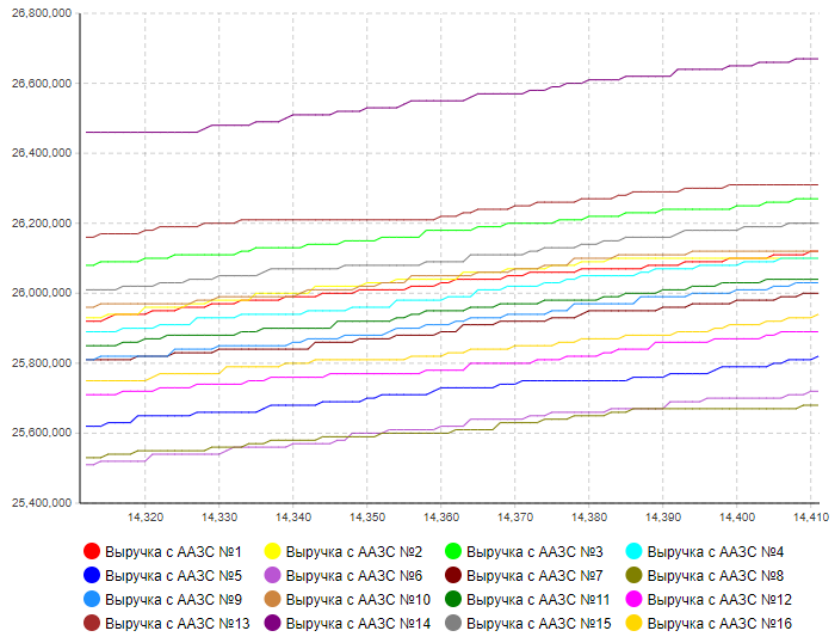


Рис. 8. Временной график, показывающий выручку с каждой мини ААЗС



Рис. 9. Временной график, показывающий количество рейсов двухсекционных бензовозов (мини ААЗС)

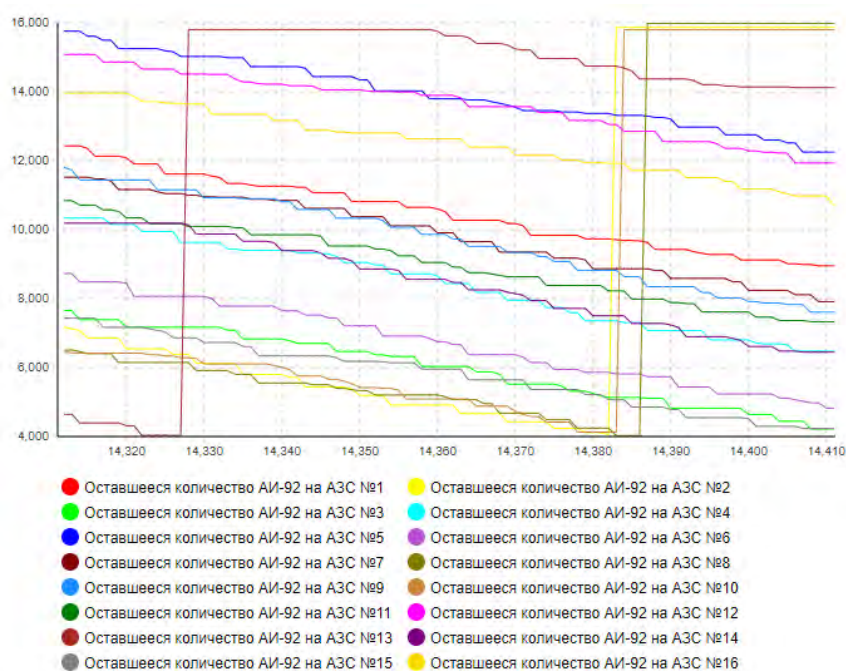


Рис. 10. Временной график, показывающий оставшееся количество АИ-92 на каждой мини ААЗС

Анализ полученных результатов

Приведём сводную таблицу по характеристикам рассматриваемой сети автозаправочных станций (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика сети АЗС

Параметр	Стационарная АЗС	Мини автоматическая автозаправочная станция (ААЗС)
Количество станций, шт.	10	16
Количество топливных резервуаров, шт.	4	2
Объём топливного резервуара, л.	АИ-92	30 000
	АИ-95	16 000
	АИ-98	16 000
	ДТ	30 000
Критическое значение объёма топлива в резервуаре, л.	АИ-92	12 000
	АИ-95	4 000
	АИ-98	4 000
	ДТ	12 000
Общий объём резервуаров на станции, л.	92 000	31 000

В ходе имитационных экспериментов были смоделированы следующие ситуации с разным количеством двухсекционных и трёхсекционных бензовозов. Все данные, полученные в результате этих экспериментов, представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Эксперимент №1. Зависимость количества рейсов, уровня загрузки (коэффициент использования), объёма перевозки топлива и объёма потерь продаж от количества двухсекционных и трёхсекционных бензовозов

Параметр		Двухсекционные бензовозы	Трёхсекционные бензовозы
Количество бензовозов, шт.		3	1
Суммарное количество рейсов		757	263
Уровень загрузки (коэффициент использования)*		0,95	1,46**
Суммарный объем перевезённого топлива, л.		9 084 000	4 734 000
Объём потерь продаж	Количество упущенных клиентов	12 092	
	Процент потерь, %	7,7	

Таблица 3. Эксперимент № 2. Зависимость количества рейсов, уровня загрузки (коэффициент использования), объёма перевозки топлива и объёма потерь продаж от количества двухсекционных и трёхсекционных бензовозов

Параметр		Двухсекционные бензовозы	Трёхсекционные бензовозы
Количество бензовозов, шт.		5	3
Суммарное количество рейсов		773	279
Уровень загрузки (коэффициент использования)*		0,58	0,52
Суммарный объем перевезённого топлива, л.		9 276 000	5 022 000
Объём потерь продаж	Количество упущенных клиентов	5 936	
	Процент потерь, %	1,3	

* при условии, что рабочее время равно 24 часам (3 смены по 8 часов).

** если значение меньше единицы, то бензовозы загружены недостаточно; если рассчитанное значение больше единицы – то бензовозы работают с перегрузкой (перегрузка распределяется на фрилансеров (наёмный парк бензовозов)).

Как видно из таблиц, приведённых выше, эффективность работы сети автозаправочных станций выше при параметрах в эксперименте № 2. Это можно объяснить правильным подбором количества бензовозов и более рациональным распределением их рабочего времени в смену.

По данным экспериментов можно сделать следующие выводы:

– количество рейсов бензовозов зависит от объёма топлива, которое они могут перевозить;

– коэффициент использования бензовозов тем ниже, чем большее количество бензовозов имеется, однако следует рационально рассчитывать их количество, чтобы не происходило простоев.

Выводы

В рамках данной работы были получены следующие результаты:

– разработана имитационная модель сети автомобильных заправочных станций в среде AnyLogic;

– для динамических параметров посчитаны конкретные значения за фиксированный промежуток времени;

– правильный подбор конкретных значений параметров имитационной модели сокращает затраты, расходы и издержки предприятия.

Все данные, полученные в результате проведения имитационных экспериментов, представлены в виде графиков, диаграмм и таблиц. Используя эти данные, можно проанализировать текущие операции и протестировать изменения, не прерывая повседневную деятельность сети АЗС.

Литература

1. **Эльберг М.С.** Имитационное моделирование: учеб. пособие / М.С. Эльберг, Н.С. Цыганков. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. – 128 с. ISBN 978-5-7638-3648-6 URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2017-uch-posob-elberg-cigankov.pdf> (дата обращения: 11.07.2023).

2. **Ключевский А.В., Какоурова А.А.** Имитационная базовая модель мигрирующей сейсмичности // Вестник ИрГТУ. – 2016. – № 8 (115). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnaya-bazovaya-model-migriruyuschey-seysmichnosti> (дата обращения: 05.07.2023).

3. **Антонова А.С., Аксенов К.А.** Разработка метода планирования бизнес-процессов на основе имитационно-эволюционного моделирования: монография / А.С. Антонова, К.А. Аксенов. – М.: Издательский дом Академии естествознания, 2020. – 160 с.

4. Моделирование в нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.anylogic.ru/oil-and-gas/> (дата обращения 05.07.2023).

5. AnyLogic за три дня [Электронный ресурс]. – URL: https://cstor.nn2.ru/userfiles/data/ufiles/2019-09/73/8f/1a/5d7269f3bfa15_anylogicinthreedays28rus29.pdf (дата обращения: 04.07.2023).

6. Оператор АЗС [Электронный ресурс]. – URL: <https://gpn-trade.ru/> (дата обращения 05.07.2023).

7. **Wooldridge M., Jennings N., Kinny D.** The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design // Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. – 2000. – 3. – P. 285-312.

8. **Skobelev P., Zhilyaev A., Larukhin V., Grachev S., Simonova E.** Ontology-based open multi-agent systems for adaptive resource management // In Proceedings of the 12th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, Valletta, Malta. – 2020. – Pp. 127–135. doi:10.5220/0008896301270135.

9. **Aksyonov K., Antonova A., Aksyonova O.** Method for Planning the Supply of Petroleum Products to Filling Stations Based on Multi-agent Resource Conversion Processes // Lecture Notes in Electrical Engineering: Book Series. – 2023. – Vol. 986. Springer. – P. 176-185. Chapter 18. (Advances in Automation IV). doi: 10.1007/978-3-031-22311-2_18

10. **Аксенов К.А., Медведев С.Н.** Сравнение метода Канбан и мультиагентного подхода при распределении ресурсов между однотипными подразделениями промышленного предприятия // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № (5 (101)). – С. 150-163.

11. **Малыханов А.А., Кумунжиев К.В., Черненко В.Е.** Среда имитационного моделирования транспортных систем // 4-я Всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию ИММОД 2009. С.-Петербург, 21-23

октября 2009 г. <https://www.anylogic.ru/resources/articles/sreda-imitatsionnogo-modelirovaniya-transportnykh-sistem/> (дата обращения 02.10.2023).

12. **Девятков В.В.** Применение системы GPSS World при проектировании и модернизации судосборочных комплексов в составе современных судостроительных верфей / В.В. Девятков, М.В. Федотов, М.А. Долматов, В.А. Коренько // Прикладная информатика. – 2014. – № 2 (50). – С. 103-108.

13. Имитационное моделирование: учебник / Н.Б. Кобелев, В.В. Девятков, В.А. Половников. – 2-е изд. – Москва: КУРС, 2022. – 352 с.

14. **Рыжиков Ю.И.** Имитационное моделирование и теория очередей // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2007, Санкт-Петербург). – СПб.: ФГУП ЦНИИТ, 2007. – С. 47-57.

15. **Черненко М.Е., Малыханов А.А.** Построение цифровых двойников производств на основе имитационных моделей, созданных для поддержки принятия решений. <http://simulation.su/uploads/files/default/ikm-mtmts-2021-app.pdf> (дата обращения 02.10.2023).