

# Комплекс решений на основе компьютерного моделирования для управления цепями поставок и логистики

## Общее описание

Данная разработка представляет методику использования компьютерной симуляции для изучения основ логистики и управления цепями поставок. Игра максимально приближена к реальным задачам, которые стоят перед специалистами, участвующими в процессах управления запасами в производственных компаниях и компаниях розницы. Основное отличие от реальных систем планирования поставок и размещения заказов заключается в объеме передаваемой участниками цепи информации. Разработка базируется на “MIT Beer Supply Chain Game”<sup>1</sup>, которая часто применяется для изучения динамики работы цепей поставок. При этом представленное решение не является копией, а дополняет и расширяет оригинальную версию и использует преимущества, которые представляет компьютерная симуляция.

Программный код находится в открытом доступе ( [https://github.com/max-over/SC\\_Beer\\_Game\\_Python](https://github.com/max-over/SC_Beer_Game_Python) ), тип лицензии также указан (MIT). Список курсов и образовательных программ, на которых использовался симулятор, тоже представлен в тексте.

Симулятор самостоятельно написан автором заявки на языке программирования Python, таким образом, работа с ним позволяет студентам улучшить навыки, полученные студентами ранее в процессе изучения основ программирования в рамках проекта Data Culture.

Студенты могут как использовать готовые исполняемые файлы, так и собрать их из имеющихся исходников, или запускать симулятор из среды разработки Python (используется PyCharm). При этом наличие исходного кода, который также можно редактировать, позволяет лучше разобраться в механике симулятора.

## Инструкция по работе с исходными файлами симулятора:

<https://youtu.be/z9kYBcKjQN4>

Одна из важных особенностей работы логистических систем в целом — это фактор времени — часто требуется оптимизировать решение не только для конкретного периода,

---

<sup>1</sup> Forrester, Jay W. (2012): Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. In Peter Klaus, Stefanie Müller (Eds.): The Roots of Logistics. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 141–172

но и учесть его воздействие в будущем. Компьютерные симуляторы и бизнес-игры в различных вариантах позволяют этот фактор учесть наиболее реалистично. При этом следует отметить, что симуляторы и бизнес-игры достаточно сложны для разработки и реализации.

Задание состоит из двух частей, выполнение каждой из которых позволяет использовать разные плюсы компьютерной симуляции как метода обучения. Часть, которая выполняется на семинарском занятии, требует от студентов командной работы и быстрого принятия решений. Вторая часть, которая формирует домашнее задание, ориентирована на более глубокое понимание работы системы и использование изученных на лекциях подходов к планированию цепей поставок. У разработанного симулятора открытый исходный код, поэтому детализация анализа его работы заинтересованными студентами не ограничена.

Интерфейс симулятора:

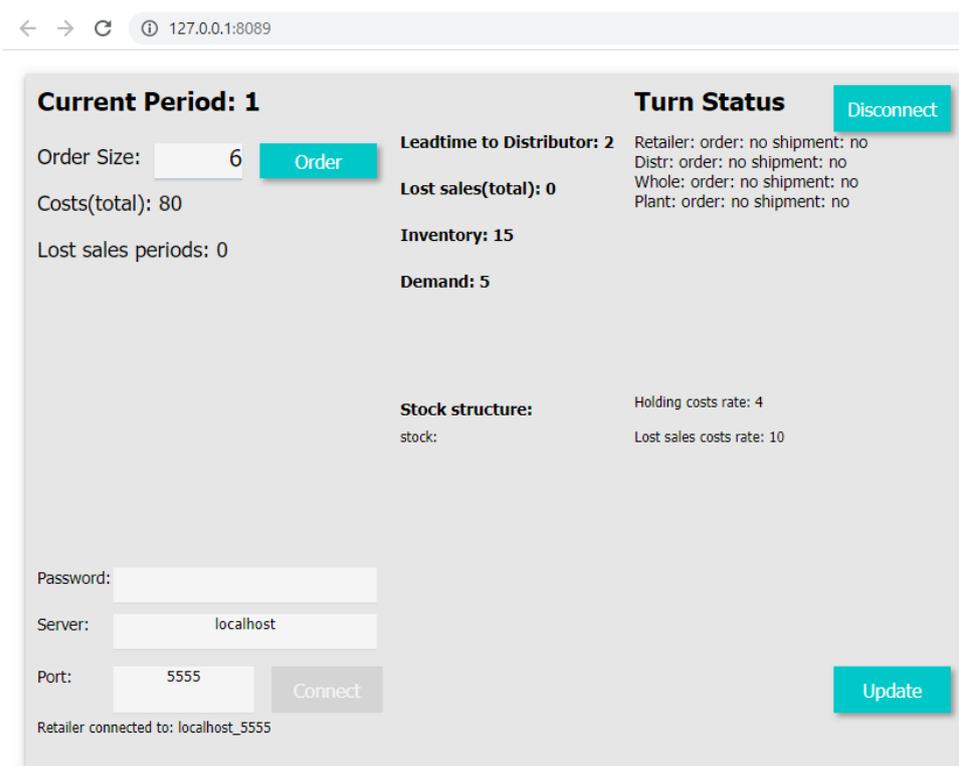


Рисунок 1. Интерфейс симулятора (Роль: Ритейлер) [Источник: автор заявки]

Данная разработка позволяет достигнуть следующих планируемых результатов обучения в рамках прохождения курса:

1. Применять концепцию ТСО для анализа и принятия решений по организации операционной логистической деятельности

2. Знать цели управления снабжением, поддержкой производства и распределением в логистике и их связь с общей целью управления логистикой
3. Объяснять различие операционных и координирующих логистических функций и их роль в управлении логистикой
4. Знать основные составляющие логистического цикла и цель управления им
5. Понимать и уметь воспроизводить логику расчётов в системах планирования потребностей (MRP, DRP)
6. Понимать и объяснять необходимость дифференцированного подхода к управлению запасам
7. Уметь обозначать на схеме логистической сети основные места формирования запасов на предприятии
8. Знать основные типы логистических стратегий, уметь для каждого из них приводить примеры ситуаций, когда этот тип стратегии будет отвечать целям бизнеса

### **Варианты конфигурации симулятора**

В одном случае моделируется более простая цепь поставок без учета сроков годности продукции. Используется на курсе «Логистика и управление цепями поставок», образовательная программа «Управление бизнесом», бакалавриат, второй курс, Высшая школа бизнеса. Также применяется на курсе «Управление поставками», образовательная программа «Анализ данных в девелопменте», магистратура, первый курс, Факультет компьютерных наук. Данная версия находится в открытом доступе, полностью разработана автором заявки, тип лицензии: открытая лицензия MIT: [https://github.com/max-over/SC\\_Beer\\_Game\\_Python](https://github.com/max-over/SC_Beer_Game_Python).

Во втором случае в модель добавлены ограничения по сроку годности продукции. Используется как дополнительная часть задания на курсе «Логистика и управление цепями поставок», образовательная программа «Управление бизнесом», бакалавриат, второй курс; и применяется на курсе «Управление поставками», образовательная программа «Анализ данных в девелопменте», магистратура, первый курс, Факультет компьютерных наук. На курсе “Digital Supply Chain Management”, образовательная программа «Управление цепями поставок и бизнес-аналитика», бакалавриат, четвертый курс, Высшая школа бизнеса, используется как основная часть задания.

### **Методика применения компьютерного симулятора**

Работа с симулятором цепи поставок состоит из двух основных блоков: работа в команде на семинаре и выполнение командного домашнего задания после семинара

За день-два до семинара студентам направляется инструкция по работе с симулятором в виде текста и видео:

Описание игры текстовое:

<http://45.132.19.138:3838/beergame/>

Описание игры в видео:

<https://youtu.be/uSdM2tfzStc>

Игра позволяет моделировать работу цепи поставок при различных сценариях спроса и при ограничениях, связанных с продуктом. Например, незначительная корректировка ограничений по срокам годности или в уровне спроса приводит к существенным изменениям в эффективности выбранной стратегии. Добавлен механизм распределения рисков между участниками цепи поставок. Игра спроектирована таким образом, что действия каждого игрока значительно влияют на работу всей цепи поставок, при этом последствия от неверно принятых решений могут проявиться в полном объеме только через несколько периодов (ходов).

На семинаре проводится игровая сессия: студенты делятся на несколько команд и моделируют работу цепи поставок. Модерацией игрового процесса занимается преподаватель курса (семинарист). Для запуска симулятора может использоваться арендованный сервер, компьютер в аудитории или личный компьютер преподавателя. Расчетное количество ходов за игру: 20–25. За каждого участника цепи поставок играет один или два студента. Прогноз спроса участникам неизвестен. Первый ход студенты проходят в тестовом формате с содействием преподавателя, чтобы лучше была понятна логика действий и механика игры. Начиная со второго хода решения о заказах и поставках принимаются студентами самостоятельно. Обмен информацией между участниками цепи поставок внутри команды не запрещен, но и о его возможности студентам отдельно не сообщается. В среднем команды, которые наладили коммуникацию внутри своей цепи поставок, действуют более эффективно.

Для игры студентами могут быть использованы компьютеры, планшеты, смартфоны или иные аналогичные устройства с доступом в интернет. В одной группе обычно играют не более четырех команд параллельно. Если игра реализуется онлайн (в одной игровой сессии четыре игрока и администратор), то рекомендуется параллельно вести собрание с

участниками в MTSlink/Яндекс.Телемост для возможности дополнительного модерирования процесса игры.

Статистика ходов игры фиксируется автоматически в отдельных excel файлах и потом агрегируется преподавателем курса в отдельный файл.

После семинара студентам направляется собранная статистика проведенных игр (пример):

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1teXA8oXd0TV9GvG6NmT1HpTZtDnO\\_WYUcHa0uXJGa3s/edit#gid=539599659](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1teXA8oXd0TV9GvG6NmT1HpTZtDnO_WYUcHa0uXJGa3s/edit#gid=539599659)

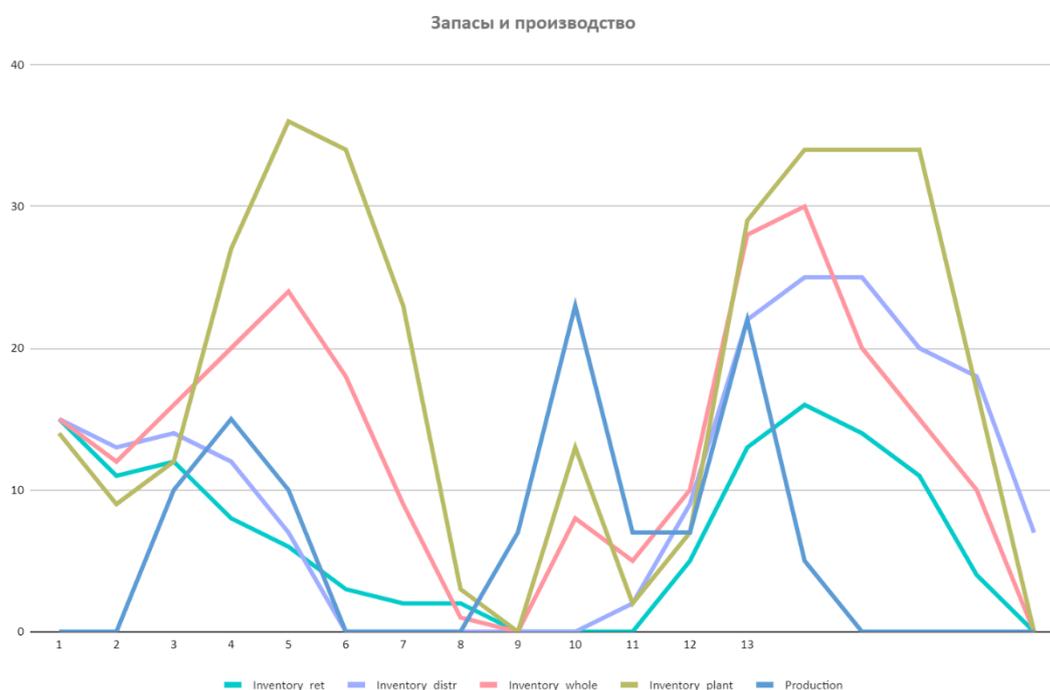


Рисунок 2. Динамика запасов по периодам, пример. [Источник: автор заявки]

Для домашнего задания также подготовлены инструкции:

<https://youtu.be/Z1Ws8hejyqc>

Основное отличие домашнего задания (основной части) от использования симулятора на семинаре заключается в том, что предоставляются два заранее известных фиксированных сценария спроса. При этом в одном из сценариев при заданных начальных условиях невозможно спланировать поставки так, чтобы избежать потерянных продаж. Таким образом показывается, что, если не выполняется баланс спроса и мощности системы, то даже при «идеальном» планировании, все равно будут дополнительные потери. Данный

пример демонстрирует важность согласованности стратегических и тактических/оперативных планов работы цепи поставок.

Таким образом, использование компьютерного симулятора на семинаре и в домашнем задании направлено на практическую проработку разных частей материала курса:

На семинаре на практике на примере игры студенты изучают динамические эффекты в цепях поставок, роль неопределенности в работе логистических систем, особенности управления запасами в многоэшелонных цепях, а также важность координирования действий внутри цепи поставок.

В домашней работе студенты рассматривают процесс планирования поставок, а также важность учета всех существующих ограничений. Дополнительные вопросы по заданию направлены на то, чтобы студенты предложили решения по совершенствованию стратегии управления движением материальных и информационных потоков внутри сети. Также демонстрируется важность наличия данных от других участников цепи поставок для принятия рациональных решений. Материал домашнего задания используется в сочетании с материалами лекций, посвященных использованию систем MRP и систем интегрированного планирования и координации (S&OP, VMI, ECR). Соответственно, студенты могут адаптировать рассмотренные подходы к планированию для работы симулятора, и, исходя из результатов теста, выработать более эффективную стратегию работы цепи поставок.

### **Оценивание**

Семинарское занятие учитывается в оценке за предмет. Ранжирование оценок: в зависимости от результата игрока (40%) и команды в целом (60%). Распределение компонентов оценки на командный и индивидуальный позволяет решить «проблему безбилетника». Каждая команда заинтересована в согласованных действиях внутри своей цепи.

Домашняя работа: расчет оптимальной структуры поставок. Задание №1 «оптимальное планирование», два профиля спроса (50%), задание №2 «дополнительные вопросы и эксперименты с симулятором», шесть вопросов (30%), задание №3 «работа с ограничениями по сроку годности» (20%). В случае с предметом “Digital Supply Chain Management” задание №3 убирается, изменяется вес вопросов «оптимальные затраты»

(40%), «параметры системы планирования» (40%) и «модификация ограничений системы» (20%).

### Дополнительные комментарии

Объяснение игры и интерфейса занимает не более 15 минут, механика игры простая, поэтому она может быть применена также на программах майнора или на предметах, которые читаются в формате межкампусной дисциплины. Может также использоваться на программах бакалавриата «Маркетинг и рыночная аналитика», «Бизнес-информатика», «Управление бизнесом», «Management and Digital Innovations», «Городское планирование».

Действия игроков могут быть представлены в виде скрипта, поэтому возможно использование компьютерных игроков, что может представлять также дополнительный интерес для образовательных программ, связанных с программной инженерией, например, программы Факультета компьютерных наук. В компьютерном симуляторе есть компонент взвешивания индивидуальных и командных целей, что делает его релевантным в том числе с точки зрения принятия решений и теории игр, поэтому он может использоваться также на программах, связанных с изучением психологии, социологии и экономики.

Ссылка на видео о работе игры: <https://youtu.be/wGzPXzU72nQ>

### Данные по курсам, на которых была использована разработка

Таблица 1. Статистика по курсам, при реализации которых используется разработанный компьютерный симулятор. [Источник: автор заявки]

№	Название дисциплины / курса	Язык преподавания	Название программы	СОП		Доля оценок					
				2022/23	2023/24	2022/23			2023/24		
						«уд»	«хор»	«отл»	«уд»	«хор»	«отл»
1	Управление цифровыми цепями поставок	английский	Управление логистикой и цепями поставок в бизнесе	4,03	4,47	31,25%	46,25%	15%	37,20%	46,50%	16,30%
2	Управление поставками	русский	Анализ данных в девелопменте	-	июл.24	-	-	-	июл.24	июл.24	июл.24
3	Логистика и управление цепями поставок	русский	Управление бизнесом	-	июл.24	-	-	-	июл.24	июл.24	июл.24

## Обратная связь от студентов (часть), собранная в процессе рефлексии

Общие впечатления:

*«Очень понравился формат игры. На примере сразу можно понять, как на самом деле взаимодействуют разные отделы цепи поставок.»*

*«Формат очень интересный, особенно на субботу) Было интересно наблюдать, как работают команды - у кого-то есть стратегия, кто-то действует наобум. Также хорошо проверяет командную работу и насколько люди готовы договариваться.»*

*«Очень нравится такой формат проведения семинара. В таком режиме лучше усваивается материал, так как мы все группой пытаемся разобрать его»*

Стратегия принятия решений:

*«Мне кажется, очень важно было в самом начале всем звеньям записывать, сколько каждое звено заказало на каждом ходе. Таким образом, мы могли бы прогнозировать, сколько товаров придет в следующий и последующий ход, таким образом снижая вероятность бэклога. Уже на 4 ходе мы забыли, что и когда нам «доставят». Кроме того, мне показалось, что в первых 5-6 ходах нужно было просто заказывать 1 в 1 необходимые количества, а не пытаться обыграть систему, уменьшая количество хранящегося инвентаря в магазине.»*

*«Прежде всего, необходимо обеспечить прозрачность и обмен данными между участниками об изменениях спроса, запасов и производственных планах. Это может помочь эффективнее прогнозировать будущие потребности. Также необходимо попробовать идентифицировать тренд в изменении спроса, затем подстраивать стратегию в цепи в соответствии с ним, чтобы избежать накопления излишних запасов и уменьшить риски дефицита. Также нельзя полностью отказываться от хранения запасов, всегда должен быть страховкой, то есть резерв, который сможет покрыть внезапное колебание спроса.»*