

## ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ОСНОВАМ ЛОГИСТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

Г.В. Заходякин, А.С. Демин, Н.Н. Лычкина, Ю.А. Морозова (Москва)

### Введение

Имитационные модели полезны не только как инструмент решения прикладных задач, но и как средство обучения. С 2010 года авторы проводят курсы на образовательных программах бакалавриата и магистратуры по направлению «Менеджмент» в рамках образовательных программ по логистике и управлению цепями поставок в Национальном исследовательском университете Высшая школа экономики [1]. В рамках наших дисциплин студенты-логисты знакомятся с технологией и практикой применения инструментов компьютерного моделирования (AnyLogic, LogicNet, Anylogistix, AMPL) для решения задач в различных функциональных областях логистики и в управлении цепями поставок. Однако потенциал применения имитационных моделей как учебных пособий или тренажеров существует во многих профессиональных дисциплинах этих образовательных программ [2].

При реализации вводных курсов по логистике и управлению цепями поставок комплексный характер этой деятельности ставит перед преподавателями вызовы, связанные с необходимостью донести до студентов как новые для них знания о процессах управления товародвижением, так и принципы логистической координации. Это приходится делать в условиях непрерывной «оптимизации» учебных планов на предмет сокращения затрат и, как следствие, выделяемых аудиторных часов. Одним из выходов в этой ситуации является применение в рамках курса деловых игр, например знаменитой «Пивной игры», разработанной в Слоановской школе менеджмента [3]. Хотя подобные игры позволяют увеличить интерес участников к изучаемой проблематике логистики, данный подход обладает существенным недостатком: проведение деловых игр требует значительного времени, поэтому в рамках курса можно реализовать только одну игровую сессию, и она обязательно должна быть аудиторной, т.к. требует физического присутствия игроков и ведущих. В рамках одной сессии участники не всегда могут найти наилучшую стратегию действий и не могут вернуться к ней, чтобы улучшить свои результаты и понимание. В связи с этим представляет интерес разработка компьютерных симуляций логистических процессов, с которыми слушатели могли бы работать в интерактивном режиме. Подобные симуляции, с одной стороны, позволяют увидеть и «почувствовать» процессы, подобно деловым играм, а с другой – могут использоваться неограниченное число раз, при этом работа с симуляцией может входить в часы, выделенные для самостоятельной работы студентов.

В докладе представлены концепции, реализация и результаты апробации двух разработанных нами компьютерных бизнес-симуляций – «Управление складом» и «Управление запасами в цепи поставок». в рамках курса «Логистика и управление цепями поставок», который читается на 2-м курсе бакалаврских образовательных программ «Управление логистикой и цепями поставок в бизнесе», «Управление бизнесом», «Маркетинг и рыночная аналитика». Целью этого курса является формирование у студентов основных понятий и закономерностей логистики, места и роли логистики в системе управления предприятием, а также с операционной логистической деятельностью. Для стимулирования интереса к этим вопросам и более

глубокого усвоения понятий необходимы наглядные примеры и инструменты, иллюстрирующие изучаемые в курсе темы.

**Бизнес-симуляция «Управление складом»**

Бизнес-симуляция «Управление складом» разработана с использованием AnyLogic PLE 8.7 и основана на процессном подходе. Объектом моделирования является оптовый распределительно-подсортировочный склад. Пространство склада разделено на различные зоны, такие как экспедиция приемки, зона приемки, зона основного хранения, зона комплектации, экспедиция отправки. Склад принимает входящие поставки и выполняет типичный набор процессов (приемка, размещение на хранение, комплектация и проверка заказов, отгрузка), реализованных с помощью библиотеки моделирования процессов AnyLogic. В рамках работы с бизнес-симуляцией студент может анализировать работу склада, перемещаясь между несколькими экранами: визуализация процессов в 2D или 3D; статистика загруженности зон и ресурсов (рис. 1); экономика (рис. 2).

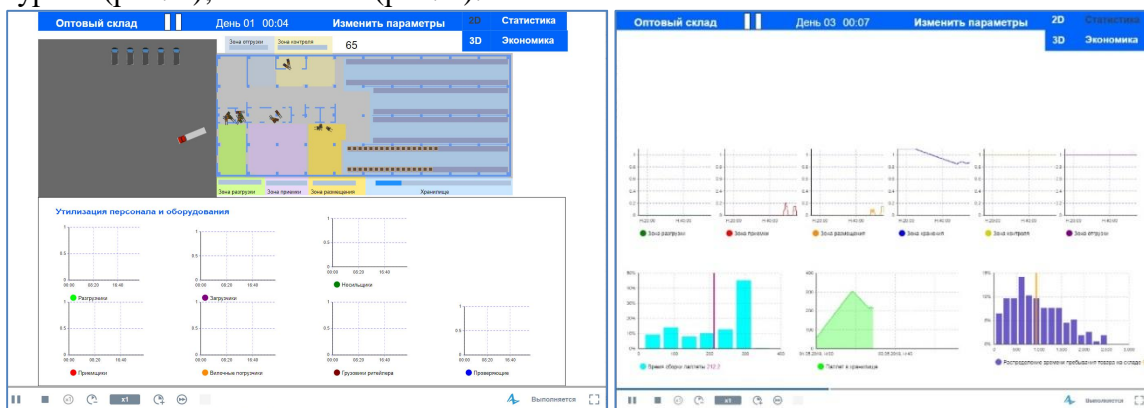


Рис. 1. Визуализация процесса на складе и статистика по загруженности ресурсов

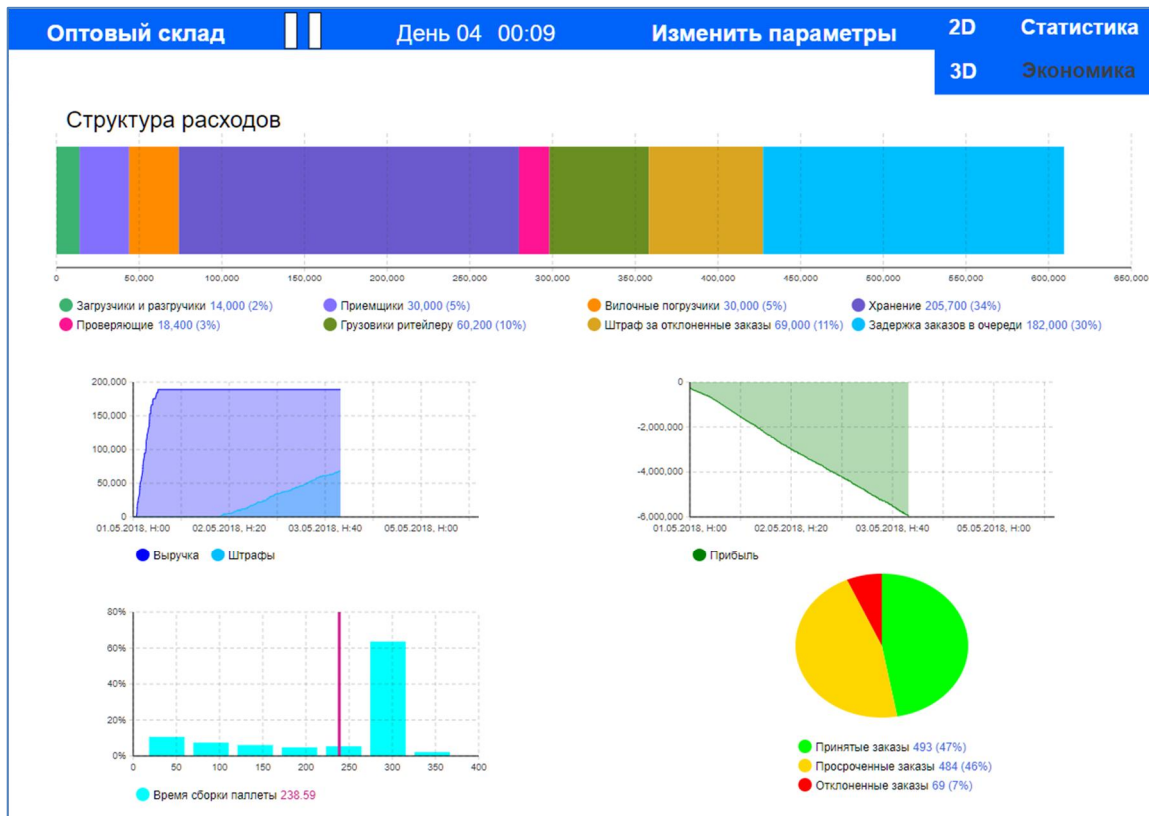


Рис. 2. Экономические результаты работы склада

Перед студентами ставится игровая задача: добиться наибольшей прибыли склада по истечении 5 виртуальных дней его работы. Прибыль формируется за счет сборки и отгрузки клиентских заказов и зависит от того, сколько заказов склад сможет выполнить, а также от затрат на обеспечение работы склада и штрафов. Затраты включают фонд оплаты труда складского персонала, эксплуатационные затраты и амортизацию техники. Также в модели предусмотрены штрафы, которые возникают при невозможности выполнить заказ из-за нехватки товара, а также при превышении гарантированного клиенту времени выполнения заказа.

Управляющими параметрами, доступными игроку (рис. 3), являются количество ресурсов (персонал, подъемно-транспортное оборудование, транспорт для доставки заказов). Также можно регулировать интенсивность входящего потока и гарантированное клиенту время сборки заказа.

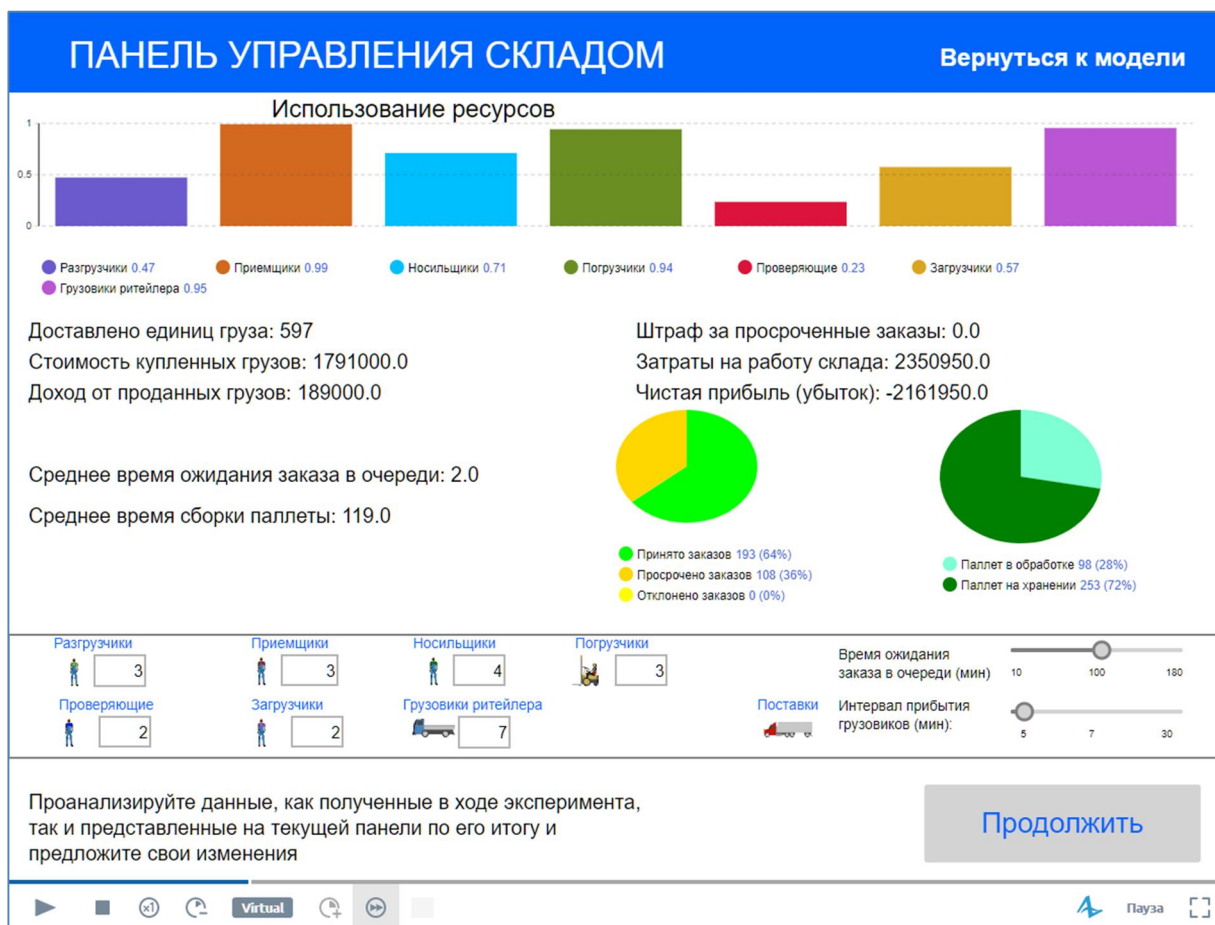


Рис. 3. Принятие решений по управлению складом

Работа с бизнес-симуляцией помогает студентам понять принцип анализа «узких мест» и их расшивки в логистических системах, а также взаимосвязь уровня логистического сервиса с необходимыми для его достижения ресурсами и затратами. Для получения прибыли вначале необходимо согласовать входящий и исходящий грузопотоки с учетом различной частоты и объема поставок. Затем, оценивая визуально и с помощью графиков процессы, происходящие на складе, можно определить степень загруженности ресурсов и скорректировать необходимое количество единиц. Обязательства по времени сборки заказа также влияют на конечный результат: обещая клиенту более быструю сборку, можно больше заработать, но также увеличивается и потребность в ресурсах.

### Бизнес-симуляция «Управление запасами в цепи поставок»

Бизнес-симуляция представляет собой имитационную модель эшелонированной цепи поставок торговой компании, реализованную с помощью пакета Anylogistix PLE (сценарий Simulation). Моделируемая компания занимается дистрибьюцией товаров массового потребления. Схема цепи поставок для бизнес-симуляции, отображающая основные элементы, исходные данные и решения показана на рис. 4. Глобальная цепь поставок компании включает следующие эшелоны:

- поставщики (основной поставщик расположен в Китае, альтернативный поставщик – европейский дистрибьютор, расположенный в Финляндии);
- распределительный центр (расположен в Центральном федеральном округе);
- три региональных склада (расположены в Северо-западном округе, Краснодарском крае и Поволжье);
- клиенты (розничные торговые компании, оптовики), расположенные в центральном федеральном округе, северо-западном федеральном округе, Краснодарском крае и в Поволжье).

Клиенты представлены агрегировано по регионам для упрощения интерпретации результатов. В модели используется периодический тип спроса, который характеризуется двумя параметрами: периодичность и размер заказа. Целесообразно установить фиксированную периодичность спроса (раз в день) и задать величину спроса нормальным распределением. Спрос в регионах закреплен за региональными складами, расположенными в этих регионах. Спрос в центральном округе закреплен за распределительным центром. Все региональные склады снабжаются с распределительного центра. Распределительный центр снабжается от поставщика. Региональные склады и распределительный центр моделируются с помощью объекта DC. Стоимость и время транспортировки задаются в модели явным образом, поэтому местоположение объектов не имеет значения. Для всех складов указана неограниченная мощность хранения. Потребность в мощностях определяется заданными параметрами политики управления запасами. Для подсчета стоимости содержания складских мощностей используется пиковое значение заполнения склада, достигнутое в процессе моделирования.

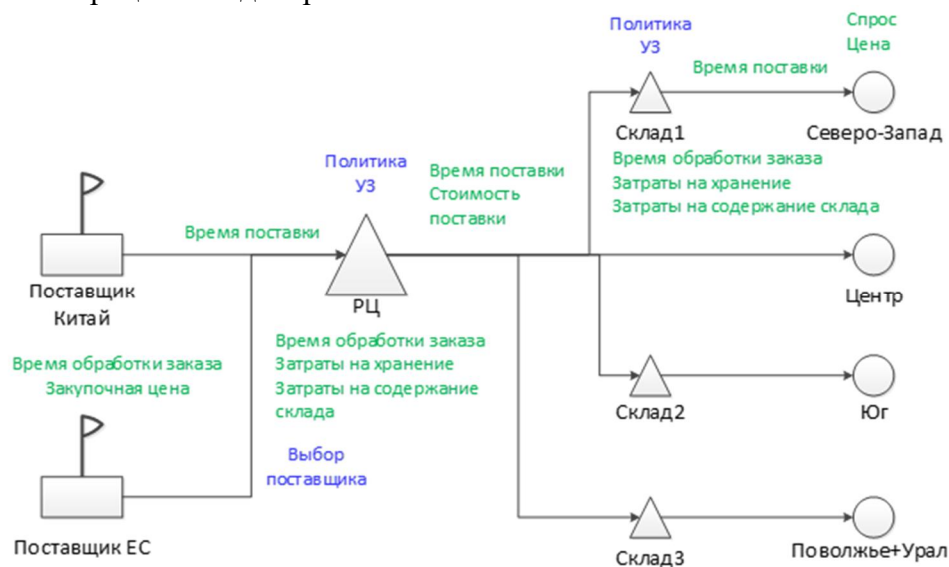


Рис. 4. Схема цепи поставок модельной компании, основные параметры и решения

Важнейшим параметром склада, который управляется пользователями симуляции, является политика управления запасами. В базовом варианте используется политика фиксированного размера заказа (RQ Policy), параметрами которой являются

размер заказа  $Q$  и точка заказа  $R$ . Размер заказа определяется соотношением между затратами на организацию поставки и стоимостью хранения (рис. 5).

#	Facility	Product	Policy Type	Policy Parameters	Initial Stock, units	Periodic Check	Period	Time Unit	First Periodic Check
1	ПЦ	(All products)	RQ policy	R=800, Q=3 000	2 000	<input type="radio"/>	1	day	01-01-21 00:00
2	Склад 1 (СЗ)	(All products)	RQ policy	R=150, Q=300	200	<input type="radio"/>	10	day	01-01-21 00:00
3	Склад 2 (Юг)	(All products)	RQ policy	R=100, Q=100	150	<input type="radio"/>	14	day	01-01-21 00:00
4	Склад 3 (Поволжье + Урал)	(All products)	RQ policy	R=100, Q=150	150	<input type="radio"/>	1	day	01-01-21 00:00

Рис. 5. Политики управления запасами на складах

Целью бизнес-симуляции является улучшение используемых компанией политик управления запасами, а также принятие решения о целесообразности использования альтернативного источника поставок. Эффективность принятых управленческих решений измеряется по критерию чистой прибыли, которая вычисляется на основе выручки и затрат на закупку, выполнение логистических операций и содержание складов. Кроме того, решение должно обеспечивать принятый в компании стандарт по уровню сервиса – не менее 95%. Для измерения сервиса используется показатель нормы насыщения спроса – отношения поставленной продукции к заказанной (объемы берутся в натуральном выражении).

На первом этапе работы с бизнес-симуляцией студенты запускают модель с первоначальными параметрами (базовый сценарий). Используя дашборды с выходными показателями цепи поставок (динамика запасов, спрос и поставки, отчеты по уровню сервису и затратам), участники определяют проблемные области в существующей цепи поставок – наличие невыполненных заказов, избыток запасов, высокие затраты на хранение запасов и содержание складских мощностей (рис. 6).

На втором этапе по результатам анализа базового сценария участники должны предложить управленческие решения, направленные на улучшение ситуации – для каждого склада в цепи поставок необходимо предложить новые параметры политики управления запасами. Для определения этих параметров может использоваться расчетный метод (например, модель оптимального размера заказа, модели для расчета страхового запаса), или эксперимент подбора страхового запаса в Anylogistix.

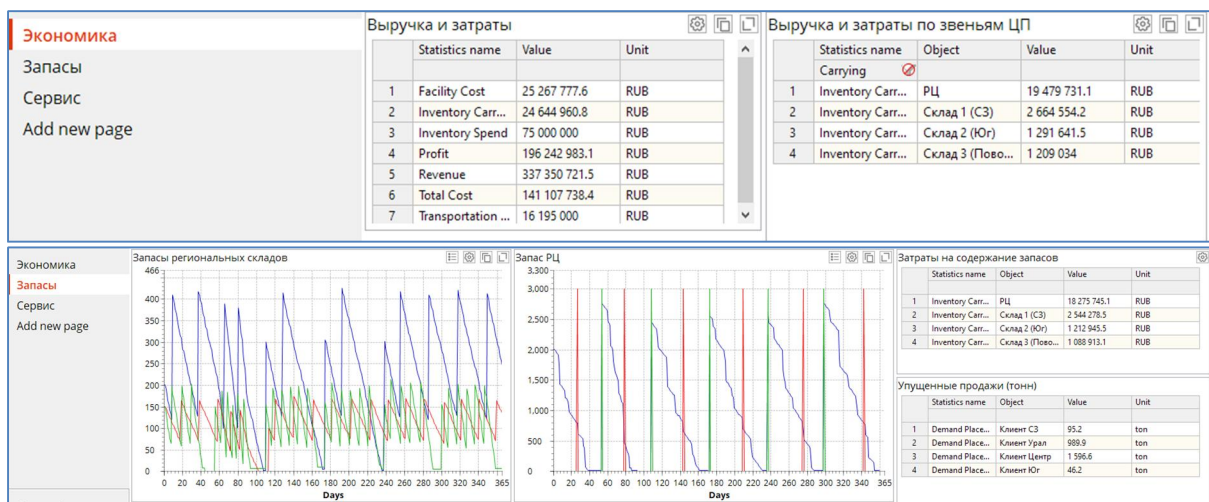


Рис. 6. Выходные показатели в бизнес-симуляции  
«Управление запасами в цепи поставок»

На третьем этапе требуется оценить целесообразность изменения конфигурации цепи поставок за счет полного или частичного перехода к другому источнику поставок, который отличается меньшим временем и вариативностью логистического цикла, но



большей ценой реализации продукта. Изменение плеча поставки требует пересмотра параметров политики управления запасами на распределительном центре, через который идут поставки.

На четвертом этапе проводится сравнение двух конфигураций цепи поставок в условиях кратковременного скачка спроса. Сравнение проводится с использованием экономических показателей и времени восстановления уровня обслуживания в цепи поставок после скачка спроса. Для оценки изменений используются эксперименты сравнения сценариев и анализа рисков Anylogistix.

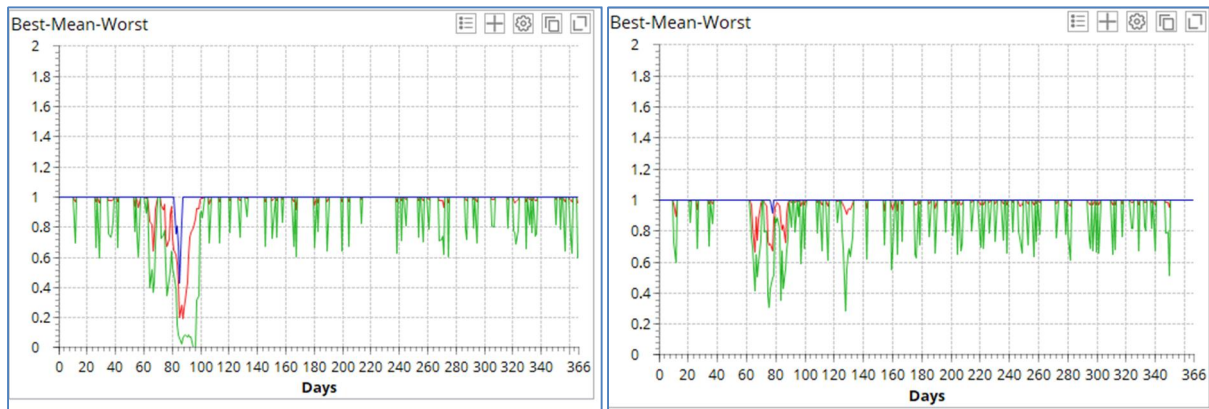


Рис. 7. Динамика уровня обслуживания при реализации риска в цепи поставок с китайским (слева) и европейским (справа) поставщиком по результатам 10 репликаций

На пятом этапе экономические показатели из двух вариантов цепи поставок сопоставляются с помощью модели стратегической прибыли (рис. 8).

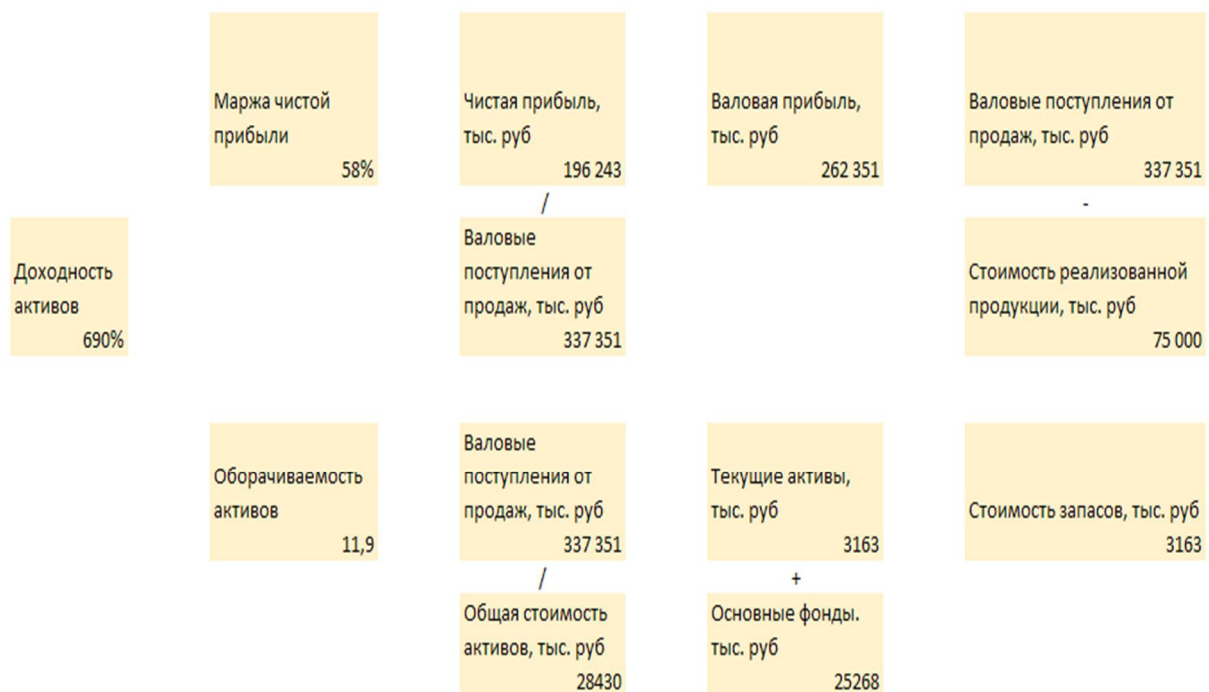


Рис. 8. Модель стратегической прибыли для базового сценария

### Апробация

Обе разработанные бизнес-симуляции прошли апробацию на дисциплинах для образовательных программ «Управление бизнесом» и «Управление логистикой и цепями поставок в бизнесе». Студенты работали с бизнес-симуляциями в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу. Для обеспечения самостоятельной работы по каждой симуляции были разработаны методические указания, включающие описание ситуации, задание, описание процесса установки и работы с программным обеспечением. По результатам работы с симуляциями студенты подготовили отчеты с описанием своей стратегии действий и полученных результатов.

Для усиления интереса участников к получению лучшего результата и соревновательности полученные в результате симуляции показатели прибыли учитывались при выставлении оценки за работу. Одновременно с отправкой отчета студенты должны были заполнить анкеты, целью которых являлось получение обратной связи и предложений по доработке моделей (рис. 9).

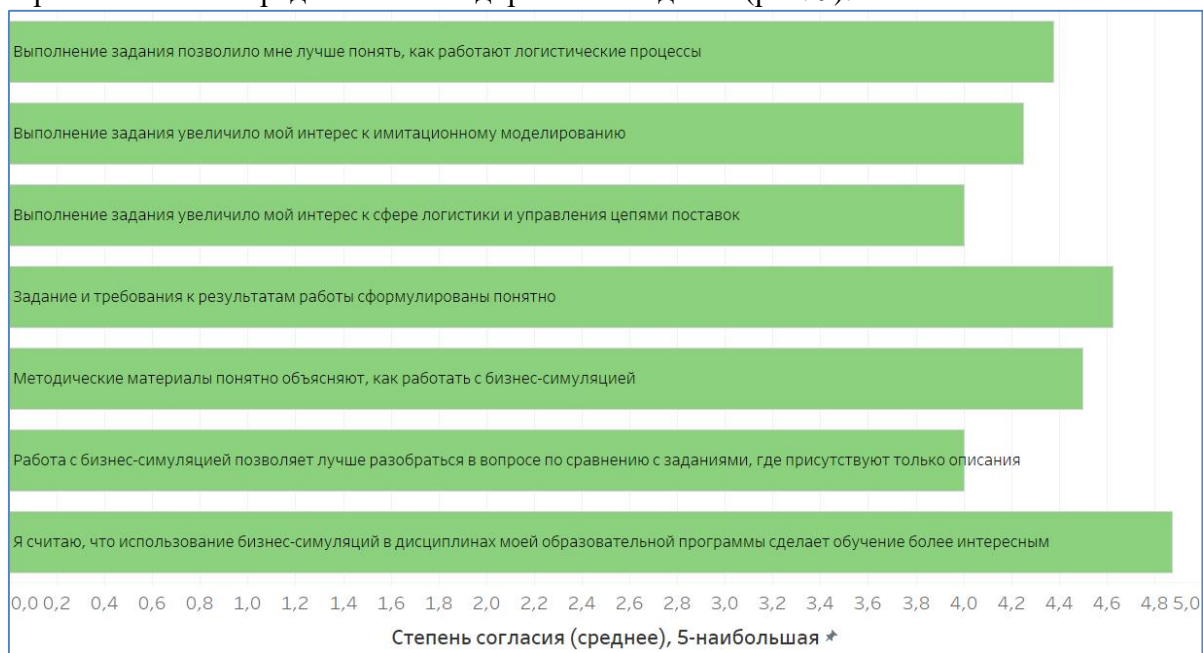


Рис. 9. Результаты анкетирования студентов

Большинство участников отметили, что применение в учебном процессе бизнес-симуляций делает обучение более интересным, поэтому мы планируем в дальнейшем развивать это направление.

### Литература

1. **Лычкина Н. Н.** Имитационное моделирование экономических процессов: - Учебное пособие: бакалавриат / Науч. ред.: Н. Н. Лычкина. М. : ИНФРА-М, 2014.
2. **Заходякин Г.В.** Компьютерный тренажер для обучения методам управления запасами в эшелонированных логистических сетях // В кн.: Логистика и экономика ресурсоэнергосбережения в промышленности (МНПК «ЛЭРЭП-8-2014»). Сборник научных трудов по материалам VIII Международной научно-практической конференции ЛЭРЭП-8-14. Саратов : СГТУ им. Гагарина Ю.А., 2014. С. 323-326.
3. **Sterman John D.** Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment // Management Science, 1989. 35 (3): 321–339. doi:10.1287/mnsc.35.3.321. hdl:1721.1/2184. ISSN 0025-1909.