

УДК 004.942:658.78
DOI 10.34755/IROK.2023.62.86.026

*Бутор Любовь Васильевна, м.э.н.,
ст.преподаватель кафедры «Инженерная экономика» БНТУ
Республика Беларусь, г. Минск
Мироненко Алексей Викторович,
зам.начальника отдела контроля доставки грузов
ОАО «МАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ»
Республика Беларусь, г. Минск
Ковалёв Богдан Олегович, студент 4 курса гр.10302120 БНТУ
Республика Беларусь, г. Минск*

Решение логистических задач складского комплекса методом имитационного моделирования

Solution of logistic problems of the warehouse complex simulation modeling

Аннотация: Статья посвящена возможностям использования имитационного моделирования в складской логистике. Рассмотрены теоретические аспекты внедрения имитационного моделирования в складские процессы с целью их совершенствования. Приведены примеры решения задач, которых помогает добиться имитационная модель складского комплекса, а также примеры программного обеспечения, которое создано для решения конкретных складских проблем.

В статье рассматриваются проблемы, которые предполагают использование имитационного моделирования в деятельности склада, а также описывается ход выполнения имитационной модели. Исследование проводилось с помощью статистических данных, анализа деятельности предприятий и их функциональных областей.

Авторами представлены исследования по влиянию использования имитационного моделирования на оптимизацию складских процессов предприятий, на возможность увеличения КРІ.

Полученные результаты исследования можно использовать как теоретическую базу для управления складской деятельностью предприятий различных отраслей.

Ключевые слова: имитационное моделирование, оптимизация, складская логистика, Индустрия 4.0, прогнозирование данных.

Annotation: The article is devoted to the possibilities of using simulation modeling in warehouse logistics. The theoretical aspects of introducing simulation modeling into warehouse processes with the aim of improving them are considered. Examples are given of solving problems that a simulation model of a warehouse complex helps to achieve, as well as examples of software that was created to solve specific warehouse problems.

The article discusses problems that involve the use of simulation modeling in warehouse activities, and also describes the progress of the simulation model. The study was carried out using statistical data, analysis of the activities of enterprises and their functional areas.

The authors presented research on the impact of using simulation modeling on the optimization of warehouse processes of enterprises and on the possibility of increasing KPI.

The results of the study can be used as a theoretical basis for managing the warehouse activities of enterprises in various industries.

Keywords: simulation, optimization, warehouse logistics, Industry 4.0, data forecasting.

Индустрия 4.0 в современном мире выступает своего рода интеллектуальной фабрикой, на которой машины, компоненты, заготовки и люди обмениваются информацией напрямую и в режиме реального времени друг с другом, чтобы оптимально адаптировать производство к меняющимся процессам. Для этого применяются системные решения Индустрии 4.0 – «интеллектуальные» возможности, которые позволяют реагировать на непредсказуемые ситуации. Инструменты Индустрии 4.0 можно применять для повышения надежности всей логистической системы [1, с. 413].

Перед складской логистикой в нынешнее время стоит множество задач по сокращению объема необходимых запасов, ускорению логистических процессов, более эффективному использованию имеющейся инфраструктуры, внедрению новых технологий, использованию инструментов цифровизации всего логистического комплекса. Для решения этих задач можно применять различные прогрессивные подходы, основанные, например, на использовании аналитических и прогнозных программных средств [2].

В современном мире подход имитационного моделирования широко используется для проектирования и планирования складской логистической системы. По мере развития технологий разрабатываются все более совершенные инструменты моделирования. Это позволяет управляющим складскими комплексами промышленных предприятия и отдельными складами создавать более реалистичные модели для представления реального сценария. Таким образом могут быть решены сложные логистические задачи [3].

Размещение материалов, комплектующих и готовых изделий в процессе складирования необходимо оптимизировать в первую очередь для снижения затрат, повышения эффективности, реализации различных мероприятий по экономии. Складская логистика требует организации процессов, оптимизированных по времени, мощности, использованию транспортно-погрузочной техники [4].

Процессы управления складом реализуются разными способами и зависят от конкретных потребностей предприятия. Выбор определённой формы организации склада и его работы обычно зависит от основных задач и

целей предприятия, структуры и уровня спроса, оснащенности складским инвентарем, затрат на погрузочно-разгрузочные работы в отдельных подпроцессах (финансовые, трудовые и временные затраты), доступности складских помещений, трудовых ресурсов. На сегодняшний день существует ряд факторов, непосредственно влияющих на всю логистическую систему. К ним относятся складские процессы и системы управления складом. При модернизации уже существующих складов и проектировании новых эти факторы нельзя оставлять без внимания [4].

Проблемы, которые диктуют использование имитационного моделирования, в первую очередь относятся к оптимальному «дизайну» всей логистической системы, не только складской. На всех этапах перепланирования инфраструктуры и реорганизации процессов требуется поддержка для принятия решений о пропускной способности или размещении помещений. Часто сложное и многопричинное взаимодействие отдельных материальных и информационных потоков при граничных условиях, которые еще не существуют и поэтому не могут быть четко определены, требует более точного понимания ожидаемой динамики, чем с помощью аналитических оценок, основанных на исторических данных. В модели могут быть учтены и проанализированы как случайные интерференционные события, так и эффекты масштабирования или изменяющиеся во времени граничные условия. При оценке существующих систем (мероприятия по перепланировке) часто возникает вопрос оптимизации текущих процессов или пространственного структурирования системы с учетом таких системоопределяющих аспектов, как персонал и использование ресурсов, эргономика, последовательность процессов, правила приоритета, определение параметров планирования производства, использование оборудования, планирование и оценка энергоэффективности или стратегии хранения. Имитационное моделирование часто служит отправной точкой для оптимизации. Следует отметить, что оптимизация складских процессов на основе моделирования становится все более важной в контексте Индустрии 4.0.

Процесс имитационного моделирования складского комплекса состоит из создания имитационной модели, выполнения имитационных прогонов, интерпретации результатов и переноса их в реальную систему. Имитационное исследование можно разбить на следующие этапы:

- 1) Подготовка. Сюда входит сравнение затрат и выгод с последующим принятием решения о том, проводить моделирование или нет. Если принято решение о его проведении, следующим шагом является постановка целей и сбор необходимых данных.

- 2) Сбор данных. На этом этапе на основе имеющихся данных создается упрощенная модель за счет абстрагирования, упрощения или игнорирования с помощью инструмента моделирования.

3) Исполнение. На этом этапе проводятся эксперименты, т.е. в зависимости от цели задаются и проводятся серии испытаний с разными параметрами.

4) Оценка. Данные, полученные в ходе экспериментов, оцениваются. Оценка включает в себя выводы о реальной системе.

Важным шагом, который необходимо учитывать после создания имитационной модели, является проверка модели.

Перечисленные выше этапы имитационного моделирования могут быть пройдены в программном симуляторе склада – программе для виртуального представления всех элементов, которые находятся внутри логистического объекта и необходимы для его правильной работы: включая товары, системы хранения и складское оборудование. Эта технология используется для выполнения различных тестов для прогнозирования рабочих характеристик оборудования, для оценки степени «непересекаемости» путей сообщения, удобства погрузочно-отгрузочных мест. Имитационное моделирование склада можно использовать также, чтобы определить, положительно ли внедрение новых систем хранения или логистических процессов и как это скажется на производительности.

Имитационное моделирование – это мощный ресурс, используемый для планирования, проектирования и оптимизации планировки склада. При создании виртуального представления управляющие цепочкой поставок могут определить возможности для улучшения, которые помогут эффективно использовать различные рабочие процессы [5].

С помощью симулятора склада можно проанализировать следующие вопросы:

1) Системы хранения. Одной из основных функций в программах, используемых для имитационного моделирования склада, является определение наилучшей системы хранения. Принимая во внимание поток товаров на складе и доступное пространство, программное обеспечение разрабатывает решение, подходящее для всех товаров и облегчающее рабочие процессы.

2) Промышленные грузовики и оборудование. В виртуальном представлении склада можно выбрать подходящие напольные конвейеры в соответствии с доступной высотой, шириной проходов и другими специфическими требованиями объекта. В случае автоматизированных складов можно выбрать необходимое количество и тип подъёмников.

3) Оптимальные ресурсы. Виртуальная модель склада помогает улучшить рабочие процессы и предугадать, какие ресурсы необходимы для выполнения задачи. Кроме того, моделирование можно использовать для точного расчета необходимого количества складских рабочих, которых нужны для рабочих процессов.

4) Поток движения. Моделирование обеспечивает анимированное 3D-представление всего объекта, показывая складских рабочих и грузовые единицы в движении. С помощью этого решения можно смоделировать

оптимальный поток движений в системе, например, чтобы избежать возможных узких мест, которые могут вызвать перебои в работе. Также может быть показана возможность увеличения потоков на всем складе или в отдельных рабочих процессах. Имитационная модель позволяет применять такой инструмент бережливого производства как диаграмма спагетти, чтобы визуализировать физическое передвижение и расстояния, задействованные в бизнес-процессе [6].

5) Парковочные места. Имитационные модели помогают определить количество мест парковки на территории склада как для внутреннего, так и для внешнего транспорта, а также подсчитать необходимое количество мест парковки непосредственно к грузовой рампе.

6) Зоны приёма. При моделировании склада можно определить необходимые площади для зон приемки, сортировки, комплектации и хранения грузов, а также необходимое количество грузовых рамп в складском помещении.

После того, как все обозначенные проблемы проверятся с помощью симулятора склада, управляющие складским комплексом могут планировать ежедневные задачи в своей работе. С помощью моделирования можно оптимизировать маршруты и процессы, чтобы создать эффективно работающий склад, а также повысить его KPI.

При использовании имитационного моделирования в цифровую модель склада добавляются реальные данные о логистическом объекте, такие как количество заказов, которые необходимо подготовить или приход и отгрузка продукции (для прогнозирования рабочих процессов). Симулятор склада можно использовать для разработки решения, которое наилучшим образом соответствует предполагаемым потребностям. Кроме того, можно проверить, соответствует ли он заданным производственным циклам и предлагает ли максимально возможную вместимость склада.

Когда создается виртуальное изображение складского комплекса, можно предсказать, как вся система логистики будет реагировать на различные сценарии, даже в конкретных ситуациях, таких как, например, увеличение комплектации заказов, изменение размеров отгружаемых партий, изменение количества загружаемых транспортных средств в смену/сутки/неделю и т.д.

Среди наиболее используемых во всём мире имитационных моделей, применяемых к решению конкретных складских проблемы, можно отнести следующие: AnyLogic (Россия), Arena (США), AutoMod (Швеция), Deneb/Quest (Австралия), Enterprise Dynamics (Нидерланды), Tecnomatix Plant Simulation (Германия), Flexsim (США), ProModel (ProModel Solutions) (США) и др.

Библиографический список:

1. Бутор, Л.В. Надёжность транспортно-логистической системы в условиях цифровой трансформации / Л.В. Бутор // [Научное электронное

издание] : сборник научных статей XVII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора С. А. Пелиха «Государственное регулирование экономики и повышение эффективности деятельности субъектов хозяйствования», 20 апреля 2023 / Академия управления при Президенте Республики Беларусь ; редкол.: В.В. Данилович, О.Н. Солдатова, Д.Ф. Рутко и др. ; отв. за выпуск Е.С. Русак. – Минск : Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2023. – с. 411-416

2. The Use of a Simulation Model for High-Runner Strategy Implementation in Warehouse Logistics [Электронный источник]. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/23/9818> – Дата доступа: 17.03.2023.

3. M.H.F. MD. Fauadi, N.Z. Azimi, N.I. Anuar, M.M. Ali, M.K. Sued and S. Ramlan. Simulation Approach for Logistical Planning in a Warehouse: A Review // Oriental journal of computer science and technology. – 2018. – Vol. 11, № (4), pg. 201-208.

4. Gabriel Fedorko, Vierošlav Molnár, Nikoleta Mikušová. The Use of a Simulation Model for High-Runner Strategy Implementation in Warehouse Logistics // Actual Trends of Logistics and Industrial Engineering. – 2020. – № 12(23).

5. Lagersimulator-Software [Электронный источник]. – Режим доступа: <https://www.mecalux.de/blog/lagersimulator-software> – Дата доступа: 27.03.2023.

6. Бутор, Л. В. Диаграмма спагетти как инструмент совершенствования внутренней логистики предприятий = Spaghetti diagram as a tool for improving the internal logistics of enterprises / Л. В. Бутор // Инженерная экономика [Электронный ресурс] : сборник материалов международной научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава в рамках 20-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике», 26-28 апреля 2022 / Белорусский национальный технический университет, Машиностроительный факультет ; редкол.: А. В. Плясунков, Т. А. Сахнович ; сост. А. В. Плясунков. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 8-11.