

Для цитирования

Лыкова А.К., Голубцов Н.С. Методика сбора данных для построения типовой имитационной модели производственного участка / III Научно-практическая конференция «Стандартизация: траектория науки», Москва, 15 октября 2025 года // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 6(87). С. 417–423.

УДК 004.94

МЕТОДИКА СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТИПОВОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА

Лыкова А.А., ассистент кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении, Самарский национальный исследовательский университет им. ак. С.П. Королева, Россия, Самара

Голубцов Н.С., ассистент кафедры техносферной безопасности, метрологии и технологии материалов, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Россия, Чебоксары

В работе представлены разработка и описание методика сбора данных для построения имитационной модели производственного участка. Данная методика имеет ряд преимуществ, такие как: ускорение построения имитационной модели, увеличение детализации элементов и логистики перемещений на имитационной модели.

Ключевые слова: цифровизация, организация производства, карта потока создания ценностей, имитационная модель.

DATA COLLECTION METHODOLOGY FOR BUILDING A TYPICAL SIMULATION MODEL OF A PRODUCTION SITE

Lykova A.A., Assistant Professor at the Department of Aircraft Manufacturing and Quality Management in Mechanical Engineering, Samara S.P. Korolev National Research University, Samara, Russia

Golubtsov N.S., Assistant Professor of the Department of Technosphere Safety, Metrology and Materials Technology, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia

The paper presents the development and description of a data collection technique for building a simulation model of a production site. This technique has a number of advantages, such as speeding up the construction of a simulation model, increasing the detail of elements and logistics of movements on the simulation model.

Keywords: digitalization, organization of production, value stream map, simulation model.

Построение имитационной модели – трудоемкий процесс, который требует большого количества входных данных. Любое производство имеет многочисленное количество параметров, которое стоит учитывать, чтобы создать детально реалистичную имитационную модель.

На сегодняшний день нет точной методики сбора данных для построения имитационной модели, несмотря на то, что сейчас данная методика организации производства набирает популярность и становится всеобъемлющей. Данная популярность вызвана необходимостью в усовершенствовании отечественных предприятий.

Имитационное моделирование служит ключевым компонентом в создании цифрового двойника предприятия, обеспечивая динамическую визуализацию технологических процессов. Данный подход позволяет интегрировать статичную нормативную документацию в интерактивную среду, где осуществляется детальная реконструкция производственного

цикла. Функциональность специализированного программного обеспечения охватывает следующие аспекты:

- точное позиционирование производственных активов в соответствии с технологической картой размещения, определяющей расположение оборудования и рабочих мест;
- алгоритмизацию деятельности персонала с воспроизведением хронометража операций и последовательности технологических переходов;
- эмуляцию работы автоматизированных комплексов, включая моделирование их функциональных циклов и координацию с другими производственными элементами;
- расчет эксплуатационных характеристик технологического оборудования с учетом производственных мощностей и рабочих режимов;
- оптимизацию материальных потоков, включая перемещение сырья, комплектующих и готовой продукции между технологическими переделами;
- трассировку движения объектов производства с анализом маршрутов компонентов на всех стадиях изготовления.

При построении имитационной модели каждый раз, с каждым изменением, появлялась необходимость в различных данных, которые не были даны изначально. Именно поэтому возникла необходимость в написании перечня необходимых данных, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для построения имитационной модели

№ п/п	Показатели	Единичные показатели
1	3D-модель планировки производственного участка	–
2	3D-модель всех элементов производственного участка	–
3	Целевые показатели потока	Объем производства
		Время протекания процесса
		Производительность труда в процессах
		Уровень дефектности
		НЗП
		Количество рабочих мест
		Количество операций
		Акт выпуска продукции
4	Поставка, контроль и хранение комплектаций	Объем поставляемой партии
		Периодичность поставки
		Количество тары
		Количество изделий в таре
5	Технология и вспомогательные операции	Периодическая работа
		Время на ожидание
		Время на перемещение
		Расстояние перемещения
		Запасы, шт.
		Количество сотрудников на операции

Из табл. 1 видно, что необходимо большое количество данных, которые, чаще всего, имеются у уже рабочего производства, но в имитационной модели можно менять входные данные, поэтому, если создается имитационная модель производственного участка, то можно внести предполагаемые данные.

Для корректного построения имитационной модели производственного процесса первоочередной задачей является разработка детализированной карты потока процесса (КПП). Этот фундаментальный инструмент служит исчерпывающим описанием технологии сборки,

преобразуя разрозненные данные в целостную и структурированную систему. Карта потока процесса выступает в роли концептуального моста между технологической документацией и цифровой моделью, обеспечивая полноту и достоверность входных данных для симуляции. Ее разработка включает в себя несколько ключевых компонентов.

Во-первых, это детализация операционной структуры производства. Данный раздел подразумевает не просто перечень технологических операций, а их строгую последовательность (технологический маршрут) с четкой привязкой к конкретным рабочим местам и производственным участкам. Каждая операция должна быть описана с указанием нормативного времени выполнения, а также предшествующих и последующих этапов, что позволяет смоделировать причинно-следственные связи и потенциальные узкие места.

Во-вторых, классификация способов выполнения операций. Здесь процессы выстраиваются по уровню автоматизации: выделяются операции ручной сборки, механизированные процессы с участием оператора, а также полностью автоматизированные циклы, выполняемые роботизированными комплексами. Для операций с участием людей обязательно указываются зоны ответственности, требуемая квалификация и количество задействованного персонала, что критически важно для моделирования трудовых ресурсов.

В-третьих, учет всей технологической оснастки. В этом блоке формируется полный перечень оборудования, инструментов и специализированных приспособлений, задействованных на каждом этапе. Для каждого станка или роботизированной ячейки указываются такие параметры, как производительность, коэффициент использования, режимы техобслуживания и вероятность отказа, что позволяет имитировать реальные производственные риски и простои.

В-четвертых, проработка логистической схемы. Этот аспект описывает все материальные потоки в системе. Карта фиксирует точные перемещения сырья, комплектующих, узлов и готовых изделий между рабочими местами, а также определяет ключевые точки складирования (буферные зоны), маршруты внутризаводской транспортировки и используемые для этого виды техники (тележки, конвейеры, погрузчики).

Наконец, анализ ресурсного обеспечения. Данный раздел содержит информацию о системе материально-технического снабжения: объемах и номенклатуре поставок комплектующих, их периодичности, а также о схемах пополнения складских запасов (например, "Just-in-Time" или стратегия поддержания страхового запаса). Это позволяет интегрировать в модель внешние факторы и смоделировать влияние сбоев на производственный цикл.

Таким образом, комплексно проработанная карта потока процесса является не просто описанием, а формализованной основой, которая обеспечивает высокую точность и адекватность имитационной модели, позволяя ей достоверно воспроизводить реальные производственные сценарии. Пример карты потока создания ценностей представлен на рис. 1.

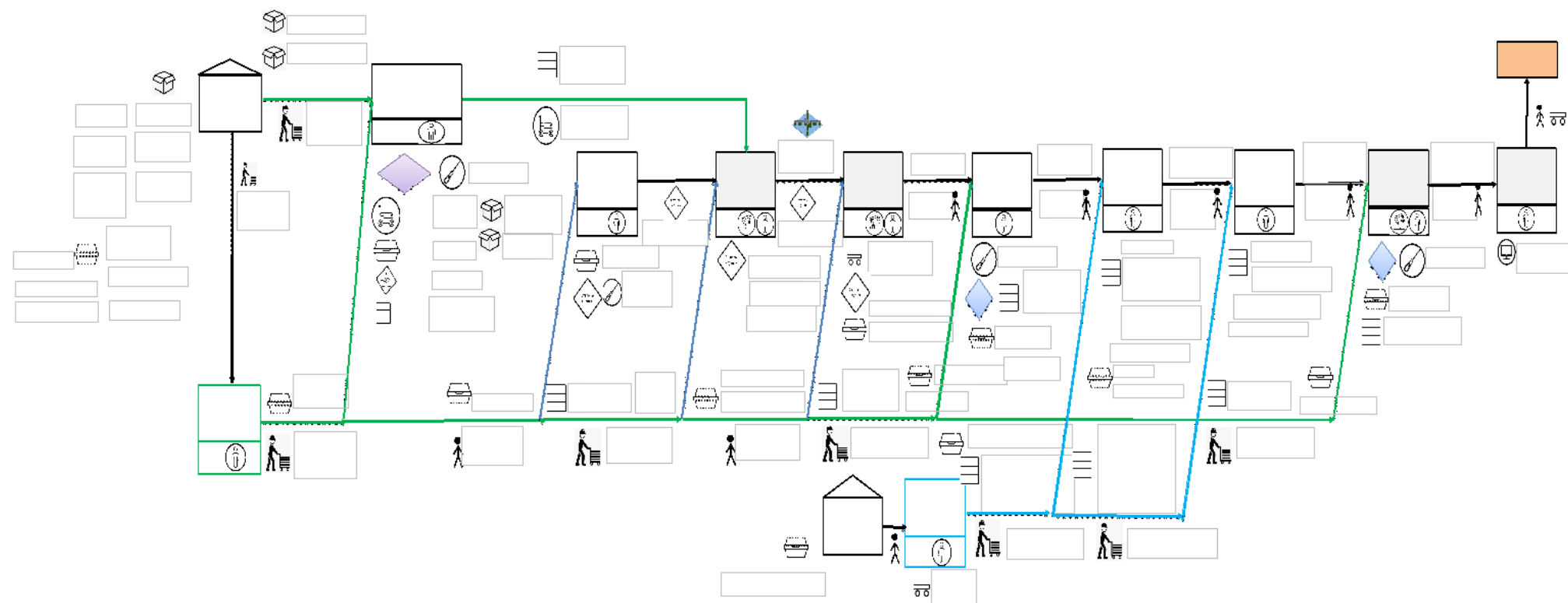


Рис. 1. Карта потока процесса

Следующим ключевым этапом построения имитационной модели является формирование карты стандартизированной работы (КСР), которая детализирует перемещения персонала, оснастки и материалов в рамках рабочих мест при выполнении технологических операций.

Для корректного построения КСР требуется ряд входных параметров, представленный в табл. 2.

Таблица 2

Перечень входных данных для построения КСР

№	Название	Описание
1	Технологическая планировка производственного участка	Схема расположения рабочих мест, стеллажей и оборудования на производственной площадке.
2	Зонирование рабочего пространства	Схема расположения инструментов, оснастки и заготовок, оптимизированная для сокращения лишних перемещений.
3	Последовательность трудовых действий	Пошаговый алгоритм выполнения операций с выделением основных и вспомогательных этапов.
4	Траектории перемещения оператора	Маршруты движения работника в пределах рабочей зоны с указанием взаимодействий с оснащением и комплектующими.
5	Хронометраж операций	Фиксация временных интервалов выполнения каждого элемента технологического процесса.
6	Цикличность операций	Разделение повторяющихся операций и уникальных.
7	Нормы запасов на рабочих местах	Минимальный и максимальный уровни комплектующих для бесперебойной работы линии.
8	Степень автоматизации	Обозначение ручной работы и применения роботизированных комплексов.

Из табл. 2 видно, что для построения КСР необходимы те же данные, что и для построения имитационной модели.

Интеграция методологии КСР в процесс имитационного моделирования позволяет достичь нужного уровня соответствия между виртуальными моделями и реальными производственными системами, что создает обоснованную базу для совершенствования организации производства. Пример КСР представлен на рис. 2.

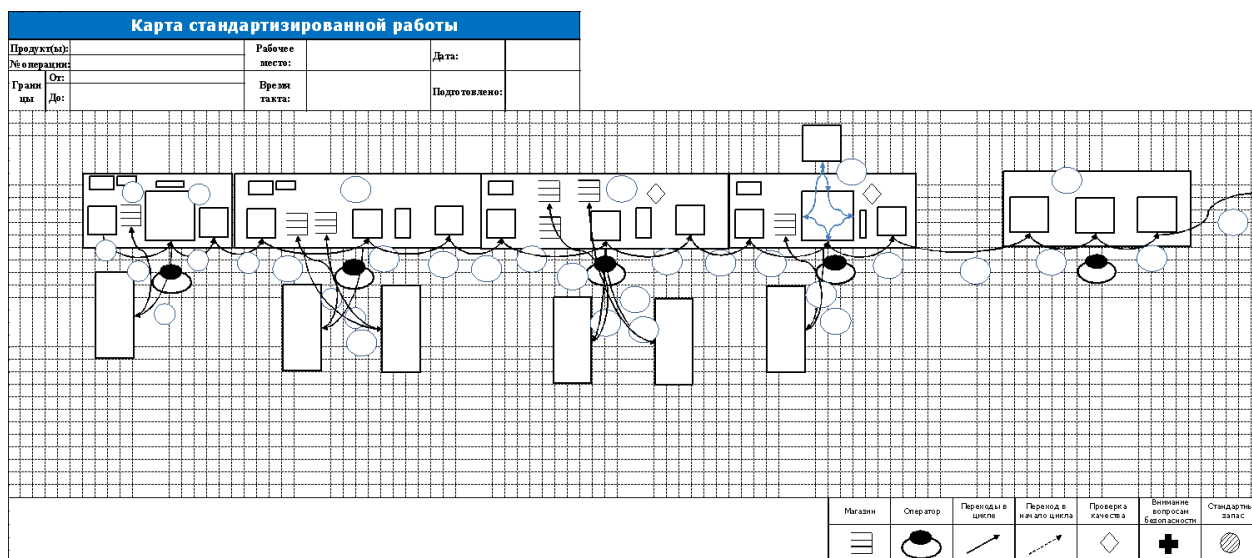


Рис. 2. Карта стандартизированной работы

Помимо выстраиваемой логистики производственного процесса также необходимо учитывать план производства изделия (например, сборки), то есть создать «Дерево изделия».

На рис. 3 представлен пример, как может выглядеть «Дерево изделия», чтобы построить имитационную модель, приближенную к реальному производственному участку.

После полного сбора данных начинается построение самой имитационной модели, которая, в свою очередь, будет отражать каждый из параметров, но в другом виде.

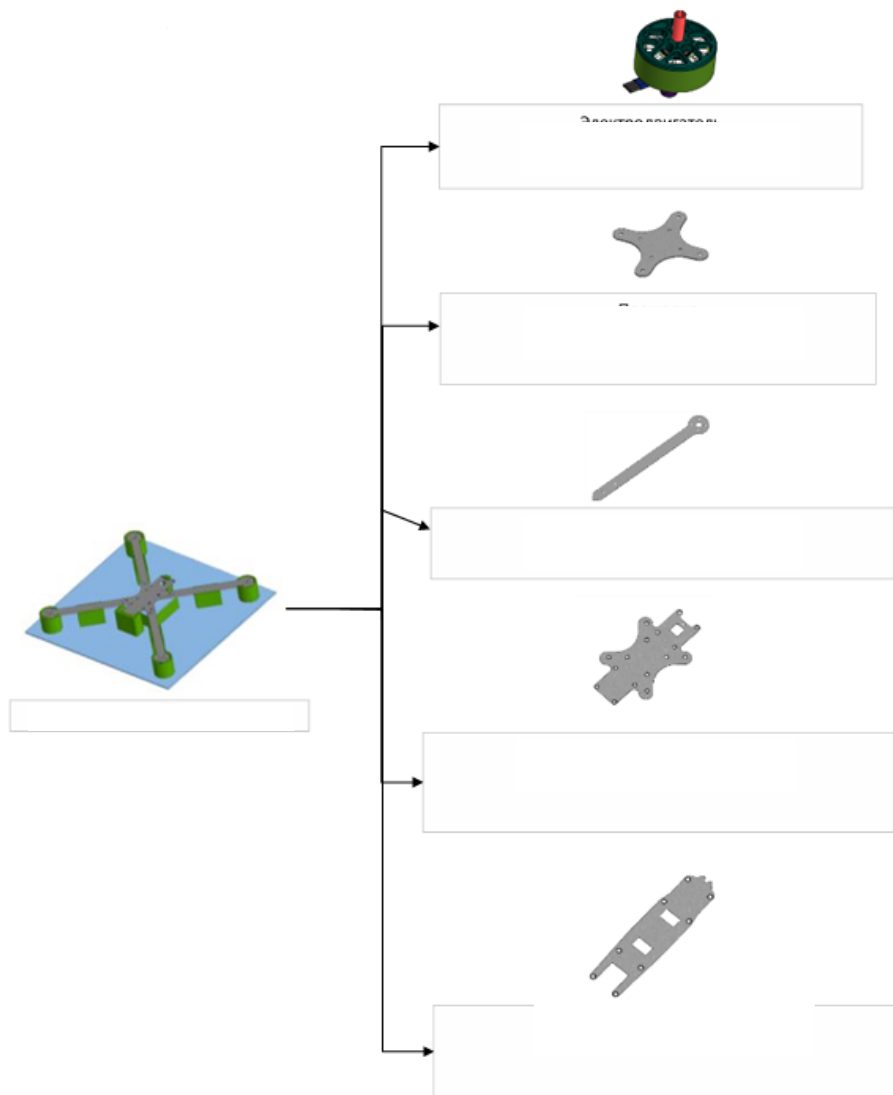


Рис. 3. Дерево изделия

Таким образом, можно сделать вывод о фундаментальной зависимости качества имитационной модели от полноты и достоверности исходной информации. Невозможно создать правильную имитационную модель без определенного минимально необходимого набора входных данных. Для ее точной визуализации и обеспечения корректного функционирования необходимо предварительно составить комплексный пакет документов, который служит формализованным отражением всех аспектов моделируемой системы.

Список литературы

1. Григорьев С.Н. Имитационное моделирование производственных процессов различных типов машиностроительных производств. – С.Н. Григорьев, В.А. Долгов, П.А. Никишечкин, С.С. Ивашин, Н.В. Долгов. – Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, сер.: Машиностроение, № 3. Москва, 2022. С. 84–99.
2. Лашенков Д.П. Имитационное моделирование гибкой производственной системы на базе автоматизированного сборочно-монтажного цеха. – Д.П. Лашенков, В.Л. Бурковский. – Вестник Воронежского государственного технического университета, т. 15, № 3. Воронеж, 2019. С. 51–56.
3. Дмитриев А.Я. Повышение роли инжиниринга качества на основе робастных методов в авиадвигателестроении. – А.Я. Дмитриев, Т.А. Митрошкина, Р.С. Загидуллин; В сборнике: Климовские чтения – 2022: перспективные направления развития авиадвигателестроения. Сборник статей научно-технической конференции. Санкт-Петербург, 2022. С. 413–420.
4. Теппинг Д. Карта потока создания ценности в сфере услуг: [пер. с англ.] / Д. Теппинг, Э. Данн. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2009. – 136 с. – ISBN 978-5-94938-100-8.
5. Ротер М. Карта потока создания ценности: ваш инструмент для идентификации потерь // Инструменты бережливого производства: сб. ст. – Москва, 2018. – С. 45–78.
6. Тихо Я. Стандартизированная работа для бережливого производства: руководство по внедрению методов стандартизации / Я. Тихо, Л.С. Вейдер; [пер. с англ. А.В. Логиновой]. – М.: Альпина Паблишер, 2021. – 226 с.: ил., табл. – ISBN 978-5-9614-7308-0.

References

1. Grigoriev, S.N. Simulation modeling of production processes of various types of machine-building industries. S.N. Grigoriev, V.A. Dolgov, V.A., P.A. Nikishechkin, S.S. Ivashin, S.S., N.V. Dolgov, N.V.; Bulletin of Bauman Moscow State Technical University, ser.: Mechanical Engineering, No. 3. Moscow, 2022. pp. 84-99.
2. Lashchenkov, D.P. Simulation of a flexible production system based on an automated assembly and assembly shop. D.P. Lashchenkov, V.L. Burkovsky. Bulletin of the Voronezh State Technical University, vol. 15, No. 3. Voronezh, 2019. pp. 51-56.
3. Dmitriev, A.Ya. Increasing the role of quality engineering based on robust methods in aircraft engine building. A.Ya. Dmitriev, T.A. Mitroshkina, R.S. Zagidullin; In the collection: Klimov Readings – 2022: promising areas of development of aircraft engine building. Collection of articles of the scientific and technical conference. Saint Petersburg, 2022. pp. 413-420.
4. Tapping, D. Value Stream Mapping in Services: [translated from English] / D. Tapping, E. Dunn. – Moscow: RIA «Standards and Quality», 2009. – 136 p. – ISBN 978-5-94938-100-8.
5. Rother, M. Value Stream Mapping: Your Tool for Identifying Waste // Lean Manufacturing Tools: a collection of articles. – Moscow, 2018. – P. 45–78.
6. Tiho, Y. Standardized Work for Lean Manufacturing: A Guide to Implementing Standardization Methods / Y. Tiho, L. S. Weider; [translated from English by A. V. Loginova]. – Moscow: Alpina Publisher, 2021. – 226 p.: ill., tables. – ISBN 978-5-9614-7308-0.