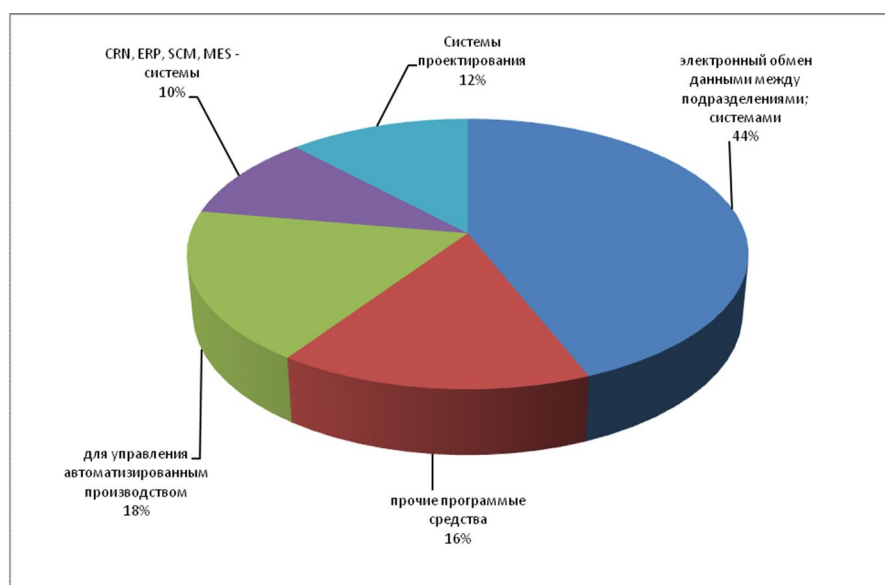


**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И
СУЩЕСТВУЮЩИХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЯХ****С.Н. Медведев, К.Н. Аксенов (Екатеринбург)**

Экономика России является одной из ведущих мировых финансовых систем, занимающая шестое место в мире по ВВП. Одними из основных отраслей отечественной экономики являются промышленное производство, оптовая и розничная торговля, операции с недвижимостью, транспорт и связь, государственное управление и т.д. [4]. Машиностроение является одной из основных отраслей в промышленном производстве с долей около 21% [4]. Часть, занимаемая машиностроительной отраслью в сравнении с другими странами не кажется столь малой, но по мировому опыту известно, что обеспечить оптимальное развитие экономики страны затруднительно при уровне ниже 25–30%. Машиностроение является двигателем инновационных разработок, именно там разрабатываются современные продукты и рождаются передовые решения.

Российское машиностроение в последние годы испытывает ряд проблем, таких как изношенность производственных фондов, низкое качество выпускаемой продукции, отсутствие современных инновационных продуктов, малая номенклатура выпускаемых изделий, уход квалифицированного персонала, что в совокупности приводит к замещению отечественной продукции зарубежной. Для сохранения конкурентоспособности, товаропроизводители стараются снизить производственные издержки, уменьшить срок выхода новых продуктов на рынок, уменьшить стоимость выпускаемых изделий. Одним из решений снижения производственных затрат является снижение качества используемого сырья, экономия на трудовых ресурсах, выпуск продукции, отстающей по потребительским качествам, в сравнении с зарубежными аналогами. Другим решением может служить внедрение современных информационных технологий. К таким технологиям относятся различные автоматизированные системы, такие как САПР, АСУТП, MES, ERP, CRP и т.д. Каждая из автоматизированных систем работает над своей задачей, но все они трудятся над общей задачей предприятия выпускать конкурентную продукцию и быть востребованными на рынке. Доля автоматизации в машиностроительной отрасли на 2012 год достигла 35% (рис. 1).

**Рис. 1.1. Использование информационных систем**

Из диаграммы видно, что использование систем, отвечающих за автоматизацию управления производственным процессом, невелико. К системам, отвечающим за управление производственным процессом, относятся MES и ERP-системы. Задачами таких систем является получение, хранение, обработка и передача информации лицу, принимающему решение. Принятие правильных решений позволяет добиться выполнения производственного плана, т. е. поставить в срок и надлежащего качества выпускаемую продукцию.

Планирование производства – одна из важных составляющих данных систем. Остановимся на оперативном плане производства, который составляется для цехов предприятия и может быть сменным, суточным, месячным или квартальным. Для построения оптимального плана необходимы не только данные по оборудованию, персоналу, технологическим процессам, заказам, но и алгоритм, который будет обрабатывать данную информацию. Обработка информации возможна математическими методами. С их помощью можно быстро и с высокой степенью точности рассчитать план производства. Рассмотрим некоторые из этих методов.

Линейное программирование

Линейное программирование – математическая дисциплина, посвященная теории и методам решения задач об экстремумах функций на множествах n -мерного векторного пространства, задаваемых системами линейных неравенств и равенств [3]. Наиболее распространенным алгоритмом линейного программирования является симплекс-метод. Алгоритм работы состоит в выполнении конечного числа итераций, за которое находится оптимальное решение задачи. С помощью линейного программирования решаются задачи оптимального планирования производства и распределения ограниченного количества производственных ресурсов между различными подразделениями, при котором будет произведено максимальное количество изделий при заданных ограничениях; транспортная задача по доставке продукции по нескольким пунктам назначения с минимальными затратами, а также задачи технико-экономического содержания.

Динамическое программирование

Динамическое программирование – раздел математики, посвященный теории и методам решения многошаговых (многостадийных) задач оптимального управления [2]. Под многошаговостью будем понимать процессы высокой размерности (процессы с дискретным временем). Многошаговый процесс может представлять собой процесс, который разбит по времени на отдельные временные отрезки или процесс, который разбит на технологические стадии обработки. Метод динамического программирования можно определить как алгоритм определения оптимальной стратегии управления на всех стадиях процесса. В свою очередь, динамическое программирование находит применение в разработке правил управления запасами, составлении календарных производственных расписаний и т.д.

Нелинейное программирование

Нелинейное программирование – раздел математического программирования, посвященный теории и методам решения задач оптимизации нелинейных функций на множествах, задаваемых нелинейными ограничениями (равенствами и неравенствами) [3]. Основными из них являются градиентные методы, методы выпуклого программирования, геометрического программирования. В ряде случаев методы нелинейного программирования используются в сочетании с другими методами оптимизации, например, методом сканирования в динамическом программировании.

Методы нелинейного программирования применяются для решения задач в различных сферах: экономике, управлении государством, а также в естественных науках.

Методы календарного планирования

Рассмотрение методов календарного планирования начинается с определения термина, что такое «календарное планирование». Календарное планирование – это планирование сроков выполнения работ, т.е. установление периода времени, в течение которого должна быть выполнена данная работа [1]. Методы календарного планирования делятся на две большие группы: теория расписаний и Теория массового обслуживания [1]. Теорию расписаний можно определить как раздел математики, который занимается исследованием в области составления и упорядочивания различных процессов во времени. К теории расписаний относятся вопросы, связанные с составлением производственных расписаний в цехах предприятий, обслуживанием клиентов в банковских учреждениях, составление расписаний для движения различного вида транспорта. Теория массового обслуживания – это раздел математики, который занимается изучением математических моделей различных явлений, которые относятся к системам массового обслуживания. Методы теории массового обслуживания используются для решения задач, связанных с анализом функционирования сложных систем, в телефонии, банковской сфере, в почтовой сфере, а также в различных социальных, технических и экономических областях.

Имитационное моделирование

Имитационное моделирование помогает в тех случаях, когда эксперимент с реальными объектами невозможен или слишком дорог, оценить принимаемое решение, а также когда объект моделирования настолько сложен, что адекватно описать его поведение математическими уравнениями невозможно или затруднительно. Имитационное моделирование делится на несколько видов: системная динамика, дискретно-событийное моделирование и агентное моделирование. Рассмотренные методы планирования производства находят применение в различных сферах экономической деятельности и каждый из подходов будет иметь свои преимущества и недостатки.

Анализ методов планирования

Для анализа применимости каждого из методов при планировании производства на машиностроительном предприятии сведем данные в одну таблицу. Данные представлены в табл. 1.1.

По данным таблицы видно, что большинству параметров удовлетворяет метод имитационного моделирования. В сравнении с другими подходами имитационное моделирование имеет ряд преимуществ, а именно, с помощью него можно провести эксперименты не с реальным объектом, а с его математической моделью. Однако при учете большого количества параметров в модели (большей детализации бизнес-процессов) модель получается громоздкой и трудно читаемой, а проведение экспериментов занимает значительное время.

Приведем пример решения задачи анализа производства методом имитационного моделирования с помощью системы моделирования Tecnomatix Plant Simulation 11. На рис. 2 представлена модель (на заявках) сборки 3-х различных машиностроительных изделий. На входе мы получаем заказ на изготовление 3-х различных изделий в количестве 1 для каждого продукта. Состав каждого изделия включает в себя различные элементы: детали и сборочные узлы. Кроме того, в состав каждого из собираемых изделий входит один и тот же машиностроительный узел. В модели показывается, как он влияет на сборку готовых изделий. После процесса изготовления данного узла определяется, в какое из трех изделий он поступит. Для определения этого используется компонент Method, в котором пишется программный код. В данном случае в компоненте Method проверяется условие наличия всех элементов изделия и при их наличии общий собранный узел передается на сборку готового изделия. При моделировании процесса изготовления изделий мы получаем на выходе количество собранных готовых изделий каждого вида, а также количество

выполненных заказов за конкретный период времени. Данная имитационная модель показывает, какое количество заказов может выполнить предприятие за определенный период времени, спланировать работу предприятия, а также показать наличие «узких мест» в процессе изготовления.

Таблица 1.1

№ п/п	Параметр	Линейное программирование	Динамическое программирование	Нелинейное программирование	Методы календарного планирования	Имитационное моделирование
1	Поддержка большого количества технологических операций	+	+	+	-	+
2	Поддержка ограничений на ресурсы	+	+	+	+	+
3	Учет внешних факторов (спрос)	-	+	-	-	+
4	Использование для крупно - серийного производства	+	-	+	-	+
5	Поддержка имитационного моделирования	-	-	-	-	+
6	Учет эвристики	-	-	-	-	+
7	Динамически – изменяемые параметры	-	-	+	-	+
8	Планирование на долгосрочный период	+	-	-	-	-
9	Получение точного плана производства	+	+	+	+	+

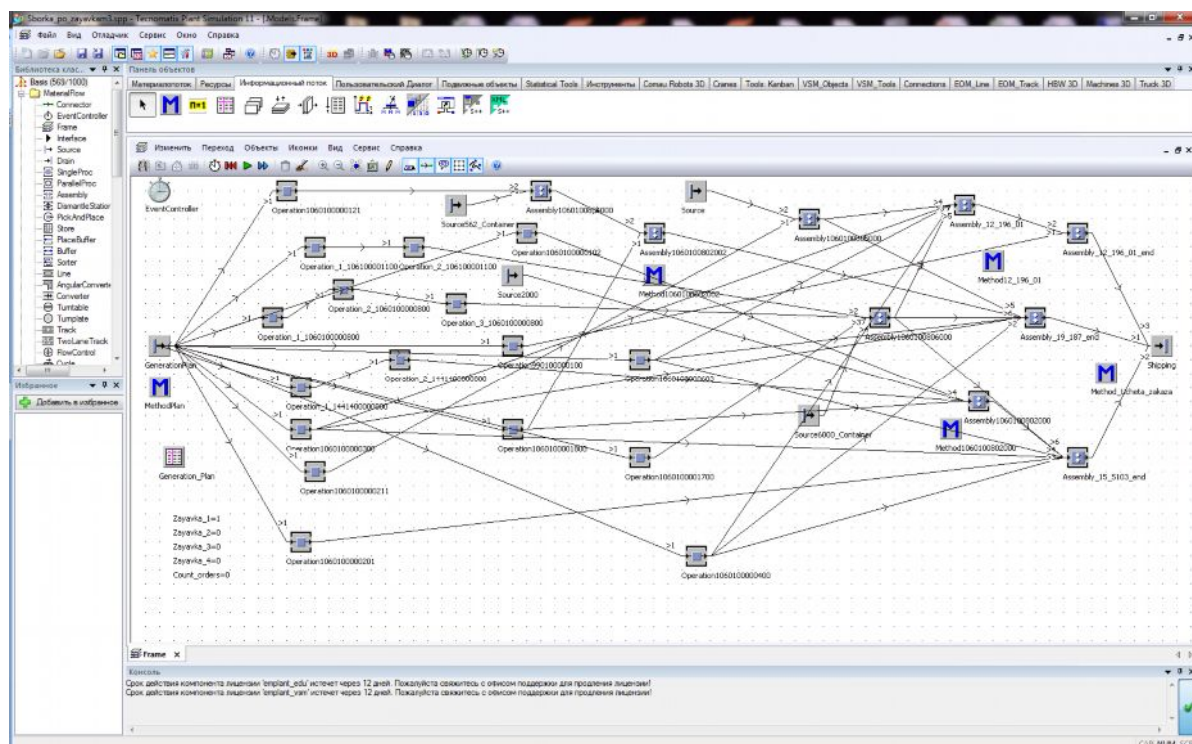


Рис. 2. Модель сборки машиностроительного узла

Выводы

Проведенный анализ математических методов показал, что каждый из рассматриваемых подходов применим для решения конкретной задачи, при этом имеет свои преимущества и недостатки. Использование имитационного моделирования оправдано, когда описание математической модели невозможно и трудоемко.

Литература

1. Моудера Дж., Элмаграби С. Исследование операций: в 2-х томах. Том 2; пер. с англ. И88 – М.: Мир, 1981. – 677 с.
2. Виноградов И.М. Математическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия. Т. 1: Абак – Гюйгенса принцип. – 576 с., 1977.
3. Виноградов И.М. Математическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия. Т. 3: Координаты – Одночлен. – 592 с., 1982.
4. Промышленность России. Стат.сб. / Росстат – М., 2012. – 445 с.