

## Перспективы использования программных сред имитационного моделирования при проектировании участков и цехов предприятий авиастроения

**Бобылева К.А.**, студентка,

Московский авиационный институт (национальный

исследовательский университет), г. Москва, Россия

**Аннотация.** В статье анализируются перспективы использования программных сред имитационного моделирования при проектировании участков и цехов предприятий авиастроения. Определены проблемные моменты анализа технологических процессов и проектирования производственных сред. Даны рекомендации по использованию программ имитационного моделирования при проектировании цехов и участков.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, проектирование, цех, участок, программная среда, материальные запасы, оптимизация потоков, синхронизация производительности.

Бурное развитие компьютерной техники, бурное развитие информационных технологий, произошедшие в Российской Федерации за последние 10-15 лет позволяют говорить о новом, информационном, этапе развития современной промышленности. Известно, что на современном этапе информационные технологии активно внедряются практически во все сферы деятельности человека. В том числе, в настоящее время, все большее внимание уделяется вопросам имитационного моделирования различных сфер деятельности для оценки перспектив развития и получения информации для принятия управленческих или проектных решений.

Имитационное моделирование с применением различных прикладных программных сред в настоящее время эффективно используется для разработки проектов для минимизации затрат производственных предприятий [1], для оценки экономического потенциала предприятия [2, 6], для планирования на предприятии [4, 5], при моделировании транспортно-логистических процессов [2].

Отдельное направление в использовании имитационных моделей представляет моделирование производственных процессов сложного серийного производства. Установлено, что имитационное моделирование производственных процессов в программном комплексе AnyLogic хорошо зарекомендовало себя при моделировании производственных процессов серийного автомобильного производства [13, 16], в сфере металлургического производства [9], в области машиностроительного производства технологически сложных изделий [10], в области транспортной и ремонтной деятельности подразделений крупного холдинга [14, 17].

В рамках проводимого комплекса исследований была изучена практика применения имитационного моделирования с помощью различных программных сред, представленных на рынке, и изучены особенности моделирования производственных процессов в сфере специфических производств авиастроения [10].

Целью проведения исследований являлась оценка перспектив и возможностей использования современных прикладных сред имитационного моделирования

при проектировании участков и цехов сложных производств как на основе уже имеющихся знаний [7, 8, 9, 15], так и на основе экспериментального моделирования.

В рамках комплекса проведенных исследований, при помощи программной среды имитационного моделирования AnyLogic 6.3.1 российского разработчика ООО "Экс Джей Текнолоджис" ("XJ Technologies"), было осуществлено имитационное моделирование нескольких десятков специализированных производств авиастроения, таких как: производственные процессы в рамках участков и цехов, связанных с получением деталей несущих конструкций фюзеляжа самолета (основные технологические процессы – литейное производство, сварочное производство, обработка металлов давлением, механическая обработка), технологические процессы получения деталей двигателей, в частности деталей горячего тракта современных газовых турбинных двигателей (ГТД) (основные технологические процессы – литейное производство, обработка металлов давлением, технологии металлургии гранул, механическая обработка, слесарная доводка), технологические процессы изготовления лопаток газотурбинных двигателей (основные технологические процессы – горячая объемная штамповка, механическая обработка, слесарная доводка пера лопатки), производственные процессы получения элементов обшивки самолета (основные технологические процессы – прокатное производство, листогибочные операции, сверление, механическая обработка), технологические процессы сборки крыла и фюзеляжа самолета (основные технологические процессы – сверление, заклепывание, сварка) и т.д.

В процессе проведения имитационного моделирования были установлены следующие проблематичные моменты, которые присутствуют при проектировании участков и цехов сложных производств:

- проблема оптимизации схем размещения оборудования;
- проблема оптимизации транспортных перевозок в цехах;
- проблема определения оптимальной величины запасов на всех операциях технологического процесса;
- синхронизация работы (производительности) оборудования.

Установлено, что имитационное моделирование позволяет довольно эффективно проектировать размещение оборудования, а также определять потребное время на перемещение сырья, материалов, полуфабрикатов и сборочных комплектующих в процессе реализации различных технологических процессов. При этом возможно также определение наиболее эффективных способов транспортировки от одного рабочего места или производственного участка к последующему. Также имитационное моделирование позволяет эффективно решать проблему запасов на операциях технологического процесса.

Автор: Бобылева К.А.  
13.11.2023 18:11 -

---

По результатам имитационного моделирования становится очевидно перед какими рабочими местами скапливаются значительные объемы сырья или значительные запасы промежуточных полуфабрикатов, автоматически определяется время формирования "лишних" запасов.

Было проведено имитационное моделирование на предмет определения возможности синхронизации работы оборудования или синхронизации выполнения различных операций техпроцесса с целью выравнивания единовременных объемов выработки на различных операциях. Синхронизация работы оборудования в самом простом понимании этого термина невозможна. Для выравнивания производительности на различных участках производства можно оперировать только количеством единиц производственной техники.

Выявлено, что одной из наиболее серьезных причин трудностей синхронизации работы оборудования является различная скорость выполнения процессов, что обусловлено требованиями технологии или особенностями применяемого оборудования. В частности, скорость движения деформационного оборудования варьируется в пределах от 0,01 мм/с до 500 мм/с [3]. При этом замена "медленных" гидравлических прессов на быстроходные кривошипные невозможна ввиду ограничений по усилию и мощности оборудования и использованию специальных режимов обработки (например, штамповки в состоянии сверхпластичности) [11]. Однако, для управления скоростью движения некоторых видов деформационного оборудования возможно применение специализированных систем автоматизированного управления [12]. Все это в комплексе позволяет решить проблему выравнивания производительности по операциям техпроцесса.

**Заключение.** Таким образом, на основе работы с программой AnyLogic 6.3.1 российской разработки определены возможности и перспективы использования программных сред имитационного моделирования для решения вопросов, возникающих при проектировании участков и цехов предприятий по производству изделий авиационной и космической техники.

## Литература

1. Алимускин Н.А., Суркова Е.В. Мониторинг производственных процессов методами моделирования с целью минимизации затрат предприятия // European Social Science Journal. – 2018. – № 12-1. – С. 8-13.
2. Бабина О.И. Обзор имитационных моделей в планировании на предприятии // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12-6. – С. 1173-1178.
3. Баженов М.Г., Галкин В.И., Жаров М.В., Зверлов Б.В., Лисов А.А., Орлов Л.С. Автоматизированная система управления термокомпрессионной установкой // Измерительная техника. – 2003. – № 1. – С. 37-38.
4. Басманов Д.А. Моделирование первичной зоны обработки полуприцепов контейнерного терминала в среде имитационного моделирования AnyLogic // Логистика - евразийский мост: Материалы XVII Международной научно-практической конференции. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2022. – С. 42-45.
5. Бикмуллин А.Л. Использование имитационного моделирования и нейронных сетей в производственных процессах на региональном уровне // Мягкие измерения и вычисления. – 2020. – Т. 32. – № 7. – С. 45-53.

Автор: Бобылева К.А.  
13.11.2023 18:11 -

---

6. Благовещенский И.Г., Благовещенская М.М., Назойкин Е.А. Использование имитационного моделирования для идентификации состояния промышленного предприятия // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2020. – № 2 (98). – С. 39-40.

7. Вороненко В.П., Михайлов Е.В., Соколова Я.В. Применение имитационного моделирования при проектировании или реконструкции производственных участков // Вестник МГТУ «Станкин». – 2015. – № 3(34). – С. 29-33.

8. Голованова В.С. Разработка модели производственного цеха в программе AnyLogic // Аллея науки. – 2018. – Т. 3. – № 1 (17). – С. 429-435.

9. Жаров М.В. Имитационное моделирование производственной среды цехов механической обработки // Автоматизация в промышленности. – 2020. – № 5. – С. 34-37.  
DOI  
: 10.25728/  
avtprom  
.2020.05.07.

10. Жаров М.В. Моделирование оптимизации для организации производств цехов машиностроения в программной среде AnyLogic // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2020. – № 71. – с. 151-161. DOI:  
10.21667/1995-4565-2020-71-151-161.

11. Жаров М.В. Измерительно-управляющая система термокомпрессионного оборудования с регламентированными температурно-скоростными параметрами деформирования // Измерительная техника. – 2022. – № 12. – С. 46–51. DOI: 10.32446/0368-1025  
022-12-46-51. it.2

12. Жаров М.В. Система автоматизированного управления работой термоупругих прессов: решение проблемы инерционности системы // Автоматизация в промышленности. – 2021. – № 4. – С. 31-36. DOI: 10.25728/avtprom.2021.04.07.

Автор: Бобылева К.А.  
13.11.2023 18:11 -

---

13. Искандаров М.З., Хисамутдинов Р.М. Оптимизационная модель производственных процессов сборочной системы автомобилей // Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. – № 6. – С. 70-74.

14. Кужанбаев Р.Т. Особенности планирования и управления мультисерийным производством // Вестник евразийской науки. – 2019. – Т. 11. – № 6. – С. 73.

15. Лаптева Е.В., Лекарева Ю.С., Уманский С.С. Имитационное моделирование производственных процессов в среде Flexsim // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. – 2023. – Т. 20. № 2 (128). – С. 16-23.

16. Маликова Д.М. Сокращение длительности цикла опытно-серийного производства на основе программно-проектного управления в эпоху инноваций // Инновационное развитие экономики: тенденции и перспективы. – 2018. – Т. 1. – С. 85-92.

17. Панов К.В. Имитационная модель производственно-логистического процесса локомотиворемонтного предприятия // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 1(41). – С. 96-107. DOI: 10.20291/2079-0392-2019-1-96-107.