Русяев, Александр Сергеевич. Метод автоматизированного проектирования механосборочных участков на основе компьютерного моделирования и генетических алгоритмов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.12 / Русяев Александр Сергеевич; [Место защиты: Оренбург. гос. ун-т].- Оренбург, 2013.- 155 с.: ил. РГБ ОД, 61 14-5/1211

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет»

C:\Users\Pavel\AppData\Local\Temp\Rar$DIa0.862\media\image1.jpeg

04201365526 На правах рукописи

Русяев Александр Сергеевич

МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ УЧАСТКОВ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

05.13.12 - Системы автоматизированного проектирования (машиностроение)

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: кандидат технических наук А.И. Сергеев

Оренбург 2013

**Содержание**

[Введение 4](#bookmark1)

[ГЛАВА 1 АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ 8](#bookmark2)

1. [Структурный и параметрический синтез производственных систем 8](#bookmark3)
2. [Системы оперативно-календарного планирования 14](#bookmark5)
3. Методы и программные продукты для имитационного моделирования. 21
4. Tecnomatix 24
5. DELMIA 28
6. Factory Design Suite ЗО
7. [Метод автоматизированного построения циклограмм работы оборудования 31](#bookmark8)
8. [Обзор диссертаций в области проектирования и реконструкции производственных систем 34](#bookmark9)
9. [Выводы по первой главе 37](#bookmark10)
10. [Цель и задачи исследования 38](#bookmark11)

ГЛАВА 2 ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ УЧАСТКОВ С УЧЕТОМ ОПЕРАЦИЙ РАЗДЕЛЕНИЯ И СБОРКИ 39

1. Особенности моделирования как метода исследования сложных производственных систем 39
2. Описание процесса разработки подсистемы моделирования производственных процессов с учетом операций разделения и сборки 41
3. [Математическое обеспечение 51](#bookmark13)
4. [Алгоритм моделирования производственного процесса, учитывающий операции разделения и сборки 54](#bookmark17)
5. [Алгоритм анализа состава изделия 60](#bookmark18)
6. [Программная реализация системы моделирования производственных процессов с учетом операций разделения и сборки 62](#bookmark12)
7. [Проверка адекватности 66](#bookmark20)
8. [Выводы по второй главе 74](#bookmark21)

[3 ПОСТРОЕНИЕ РАСПИСАНИЯ РАБОТЫ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ УЧАСТКОВ И СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ 75](#bookmark22)

1. [Алгоритм расчета трудоемкости обработки изделия с учетом групп оборудования 75](#bookmark23)
2. [Алгоритм генерации сменных заданий 77](#bookmark24)
3. [Оптимизация производственного расписания 82](#bookmark26)
4. Статистическая обработка результатов моделирования выборки сменных заданий 84
5. [Выводы по третьей главе 89](#bookmark28)

[4 РАЗРАБОТКА МЕТОДА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА МЕХАНОСБОРОЧНЫХ УЧАСТКОВ 90](#bookmark29)

1. [Разработка генетического алгоритма структурно-параметрического синтеза 90](#bookmark30)
2. [Структурно-параметрический синтез с применением метода Хука-Дживса 100](#bookmark34)
3. [Структурно-параметрический синтез с применением метода покоординатного спуска 101](#bookmark35)
4. [Оптимизация расположения оборудования 104](#bookmark36)
5. Метод структурно-параметрического синтеза механосборочных участков 106
6. [Выводы по четвертой главе 112](#bookmark39)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 113](#bookmark40)

[Список использованных источников 114](#bookmark41)

Приложение А (справочное) Исходные данные к проверке адекватности.. 128 Приложение Б (справочное) Код процедуры оптимизации сменного

задания 131

Приложение В (справочное) Исходный код генетического алгоритма 134

[Приложение Г (справочное) Исходный код метода Хука-Дживса 137](#bookmark51)

Приложение Д (справочное) Исходный код метода Золотого сечения 139

Приложение Е (справочное) Исходный код процедур оптимизации

расстановки оборудования 141

Приложение Ж (справочное) Исходный код процедур передачи результатов

в САПР КОМПАС 145

[Приложение И (справочное) Внедрение результатов исследования 150](#bookmark55)

[Приложение К (справочное) Сведения о квалификации соискателя 153](#bookmark57)

**Введение**

Реконструкция и техническое перевооружение предприятий предпоч­тительнее создания аналогичных мощностей за счет нового строительства, так как вложенные средства окупаются в среднем в 3 раза быстрее. В ус­ловиях формирования нового технологического уклада задачи реконст­рукции и технического перевооружения актуальны для подавляющего боль­шинства машиностроительных предприятий страны.

Конкуренция на рынках сбыта изделий ужесточила требования к эф­фективности производства, к экономии материальных и людских ресурсов, в том числе и за счет повышения уровня автоматизации производственных процессов. В этой связи особые требования предъявляются к проектам мо­дернизации производства, используемым методам проектирования, к срокам и качеству выполнения проектных работ [1].

Используемые традиционные методы проектирования высокотехноло­гичных механосборочных участков (МСУ), основанные на усредненных рас­четах, оказываются малоэффективными и слабо коррелируют с автоматизи­рованным производственным процессом. Необходимо совершенствование методов автоматизированного проектирования МСУ, основанных на компь­ютерном моделировании протекающих в них производственных процессов.

С этих позиций, совершенствование процессов автоматизированного проектирования механосборочных участков, основанное на использовании современных возможностей средств вычислительной техники, является акту­альной научной задачей, решение которой имеет большое значение для эко­номики страны.

Решение данной задачи возможно путем разработки метода автомати­зированного проектирования МСУ, основанного на компьютерном модели­ровании производственных процессов и обеспечивающего автоматизирован­ный структурно-параметрический синтез МСУ.

Использование разработанного метода позволит обеспечить оптималь­

ность принимаемых проектных решений по критериям эффективности экс­плуатации механосборочных участков.

Настоящая работа выполнена в рамках госбюджетной научно- исследовательской работы № 01201155447 «Методология создания высоко­автоматизированных систем нового поколения с заданными свойствами» на кафедре систем автоматизации производства Оренбургского государст­венного университета. Этапы работы финансировались в рамках выполнения грантов № 1.6.11 «Разработка методологии создания термостабильных меха- тронных станков», а также № 14.В37.21.1863 «Разработка инструментов ин­женерного анализа для построения высокоавтоматизированных станочных систем» Минобрнауки России по Федеральной целевой программы «Науч­ные и научно-педагогические кадры инновационной России 2009-2013 го­ды».

Цель работы: совершенствование процессов проектирования механо­сборочных участков на основе разработки и использования современных ме­тодов компьютерного моделирования.

Задачи исследования:

1. анализ существующих методов и инструментов проектирования ме­ханосборочных участков;
2. формализованное описание производственных процессов, представ­ленных множеством заготовительных, формообразующих, контрольных, сборочных и транспортных операций, выполняемых на МСУ с комбиниро­ванным составом оборудования;
3. разработка алгоритма функционирования МСУ с учетом вариатив­ности содержания сменно-суточных заданий и возможностью статистической обработки результатов моделирования;
4. разработка метода автоматизированного проектирования механосбо­рочных участков на основе применения алгоритмов структурно­параметрического синтеза;
5. программная реализация разработанных алгоритмов.

Объект исследования - процесс проектирования механосборочных уча­стков для условий позаказной работы предприятия.

Предмет исследования - формализация проектных процедур структур­но-параметрического синтеза МСУ.

Методы исследования. Использованы основные положения теорий про­изводительности, расписаний, массового обслуживания, методы математиче­ского моделирования, циклограмм, математической логики, методы оптими­зации, методы эволюционного синтеза, технология объектно-ориентиро­ванного программирования.

Для подтверждения достоверности разработанных моделей и их про­граммной реализации использованы методы оценки чувствительности модели, формальных процедур верификации, проверки на тестовых примерах, сравне­ния полученных результатов моделирования с результатами работы програм­мы-аналога.

Научная новизна включает:

* алгоритм моделирования производственных процессов, представлен­ных множеством заготовительных, формообразующих, контрольных, сбо­рочных и транспортных операций, выполняемых на МСУ с комбинирован­ным составом оборудования;
* метод автоматизированного синтеза расписаний, основанный на ис­пользовании метода циклограмм для моделирования работы оборудования и усеченного перебора для поиска оптимальной по текущим критериям очере­ди запуска заготовок в обработку;
* формализованное описание процедур структурно-параметрического синтеза механосборочных участков;
* формализованный метод структурно-параметрического синтеза МСУ, основанный на применении компьютерной модели механосборочного участ­ка с учетом операций разделения (сборки) объектов производства, оптимиза­ции производственного расписания и эволюционных методов оптимизации.

Практическую значимость имеет программная реализация разработан- ного метода автоматизированного проектирования механосборочных участ­ков, включающая:

* программный модуль моделирования МСУ, позволяющий оценить эффективность работы МСУ при заданных параметрах и структуре оборудо­вания;
* программный модуль синтеза производственных расписаний «Raspis\_Optimal», позволяющий генерировать оптимальную последователь­ность партий запуска для выборки вариантов сменных заданий;
* программа «Komponovka 1.3», рассчитывающая координаты расста­новки оборудования по заданным критериям эффективности;

интегрированный с САПР КОМПАС программный модуль «Plan3D», позволяющий, исходя из заданного критерия эффективности (производи­тельность, загрузка оборудования, фактическая длительность цикла выпол­нения заказа) сформировать оптимальные параметры оборудования и струк­туру механосборочного участка.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Установлено, что современным подходом к проектированию участков механосборочного производства служит тщательный анализ проектных ре­шений по выбору структуры и параметров производственного оборудования путем компьютерного моделирования функционирования МСУ при выпол­нении множества технологических процессов изготовления изделий.
2. Выполнено формализованное представление процесса функционирова­ния механосборочного участка, основанное на методе циклограмм, описы­вающее динамику изготовления деталесборочных единиц и применимое для большинства видов машиностроительных изделий.
3. Разработан алгоритм синтеза оптимальных производственных расписа­ний, позволяющих сократить длительность выполнения заказов на изготов­ление изделий на 15-20 %.
4. Разработан метод проектирования механосборочных участков, отли­чающийся использованием процедур оперативно-календарного планирова­ния и компьютерного моделирования функционирования МСУ. Доказано, что включение в метод процедур ОКП при проектировании позволяет повы­сить эффективность МСУ при эксплуатации на 23 %.

5. Разработана, протестирована и опробована программная реализа­ции разработанных алгоритмов и процедур, позволяющая на основе ком­пьютерного моделирования функционирования и анализа структуры и пара­метров МСУ сформировать комплекс проектных решений, реализуемый в формате ЗБ-модели расстановки оборудования и текстовой спецификации параметров оборудования.

**Список использованных источников**

1. Вумек, Д. П. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Джеймс П. Вумек, Дэниел Т. Джонс / Пер. с англ. - М. : Альпина Бизнес Букс, 2004. - 473 с.
2. Проектирование автоматизированных участков и цехов: учеб. для машиностроит. спец. вузов / В. П. Вороненко, В. А. Егоров, М. Г. Косов и др.; Под ред. Ю. М. Соломенцева. - 2-е изд., испр. - М.: Высш. шк., 2000. - 272 с.
3. Лищинский, JI. Ю. Структурный и параметрический синтез гибких производственных систем : Л. Ю. Лищинский. - М. : Машиностроение, 1990. - 321 с. : Библиогр. : с. 306-311.
4. Экономический словарь. - Режим доступа: <http://abc.informbureau>. com/html/yooaeoeaiinou\_idiecaianoaa.html. - Загл. с экрана. - Проверено

10.06.2012.

1. Немцев, В. Н. Экономический анализ эффективности промышлен­ного предприятия: учебное пособие. 2-е изд. Магнитогорск: МГТУ - 2004. - 208 с.
2. Гутенев, В. В. Станкостроение - в поисках траектории роста /

В. В. Гутенев // Ритм. - 2013. - №4 (82). - С. 24 - 29.

1. Голоктеев, К. Управление производством: инструменты, которые работают / К. Голоктеев, И. Матвеев. - 2008. - 208 с.
2. Ротер, М.Учитесь видеть бизнес-процессы. Практика построе­ния карт потоков создания ценности / Майк Ротер, Джон Шук; Пер. с англ. - М. : Альпина Бизнес Букс : CBSD, Центр развития деловых навыков, 2005. - 144 с.
3. Форд, Г. Сегодня и завтра / Г. Форд. - М. : Поппури, 2004. - 176 с.
4. Оно, Т. Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства, пер. с англ. / Т. Оно. - М.: Институт комплексных стратегиче­ских исследований, 2005. - 192 с.