

УДК 658.512+338

© В. И. БАТИЩЕВ<sup>1</sup>, И. Н. ХАЙМОВИЧ<sup>2</sup>, В. И. МАРКОВ<sup>3</sup>, А. Н. МАКАШОВ<sup>4</sup>, 2018

<sup>1</sup> Самарский государственный технический университет (СамГТУ), Россия

<sup>2</sup> Самарский университет государственного управления «Международный институт рынка» (Университет «МИР»), Россия

<sup>2,3,4</sup> Самарский национальный исследовательский университет им. академика С. П. Королева (Самарский университет), Россия

E-mail <sup>1,2</sup>: kovalek68@mail.ru

E-mail <sup>3</sup>: xvovan88x@yandex.ru

E-mail <sup>4</sup>: azamat.makashov@mail.ru

## КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

*В статье рассматривается возможность интегрирования системы управления технологическими данными и имитационной модели производственного участка в общую информационную среду предприятия для сокращения длительности производственного цикла путем оптимизации на базе генетического алгоритма маршрутов обработки деталей. Описана концепция взаимодействия систем управления данными. Представлены результаты разработки метода последовательного распределения деталей по рабочим центрам согласно маршрутам обработки.*

**Ключевые слова:** технологический процесс обработки, реляционная база данных, имитационная модель, генетические алгоритмы, рабочий центр, номенклатура.

### **Введение**

Повышение качества оперативного управления многономенклатурным производственным участком заключается в гибком планировании загрузки оборудования, т.е. определении структуры комплекса технических средств (рабочих мест) и упорядочении работ на выбранной структуре рабочих мест. Основная задача заключается в организации согласованного во времени и маршрутно-ориентированном пространстве движения деталей в производственной системе. Значимость и сложность задач управления обу-

словлена их иерархической структурой, функциональными особенностями, динамичностью, необходимостью эффективного использования производственного оборудования.

Заметное в последнее время возрастание интереса к вопросам построения оптимальных расписаний для различных обслуживающих систем обусловлено существенным повышением уровня автоматизации и информатизации. Качество функционирования современного производства во многом определяется решениями, принимаемыми на этапах календарного планирования и оперативного управления. Наряду с улучшением качеств плановых решений все более жесткими становятся требования к сокращению сроков их выработки, повышению оперативности и гибкости управления.

*Целью данной работы* является разработка метода планирования работы механического участка (с учетом баз данных технологического оснащения, оборудования, персонала, номенклатуры) на базе имитационной модели и генетических алгоритмов для выбора оптимального маршрута обработки деталей, обеспечивающих наименьшее время производственного цикла.

Для достижения цели работы были поставлены следующие задачи:

- разработка имитационной модели производственного участка;
- разработка методов быстрой автоматизированной реализации и адаптации маршрутов обработки заданной номенклатуры на производственном участке;
- создание релятивной базы данных ресурсов и технических характеристик заданной номенклатуры предприятия;
- разработка математического аппарата синтеза исходных данных для имитационного моделирования;
- разработка математической модели оптимизации маршрута обработки номенклатуры с помощью генетического алгоритма;
- апробирование разработанной системы на основе планирования изготовления шестерен.

*Объектом исследования* данной работы выступает перспективный цех механической обработки. Цех будет находиться в отдельном корпусе. Основой номенклатуры будут являться шестерни и зубчатые колеса различных конфигураций. Данный цех рассматривается руководством как обособленное и передовое подразделение предприятия, которое будет удовлетворять как собственные потребности завода, так и потребности в шестернях предприятий-

смежников. Имитационная модель именно этого цеха будет являться площадкой для «цифрового полигона» при оптимизации методов управления и планирования.

*Предметом исследования* является поток создания ценностей в процессе производства деталей по технологической цепочке.

В качестве основного метода оптимизации был выбран метод *генетических* алгоритмов [2, 3]. С помощью популяционных алгоритмов решаются сложные оптимизационные задачи, например, задачи автоматизированного проектирования, синтеза сложных химических соединений, оптимального управления динамическими системами [1].

### ***Результаты исследования***

В контексте решаемой задачи, поставленной целью данного исследования, *индивидом* будет являться определенная последовательность обработки изделий на различных рабочих центрах в соответствии с технологическим процессом. Рабочий центр – это совокупность конкретного станка, обслуживающего персонала, средств технологического оснащения, объединенных в единую систему для обеспечения необходимых технологических требований на тот или иной тип операции.

С помощью созданных реляционных баз данных имеющихся производственных ресурсов (и их характеристик) и базы номенклатурного плана продукции, выпускаемой данным производственным участком (с математически описанными конструкторско-технологическими характеристиками), сформирована система, синтезирующая технологические процессы изготовления деталей с привязкой к различным рабочим центрам.

Синтезированный перечень технологических процессов обработки номенклатуры загружается в систему имитационного моделирования, где проводится виртуальный эксперимент и сбор данных по простоям деталей и продолжительности производственного цикла.

Результаты виртуального эксперимента оцениваются, и принимается решение о необходимости внесения изменений в имеющийся перечень и последовательность технологических процессов обработки номенклатуры. Схема взаимодействия данных в процессе управления работой в цехе представлена на рисунке 1.

*Концепция применения PDM-системы.*

PDM-система, необходимая для решения поставленной задачи, должна состоять из двух блоков: блок производственных ресурсов и блок номенклатурного плана выпуска изделий [4].



Рис. 1. Схема взаимодействия системы управления данными продукции системы имитационного моделирования

Блок производственных ресурсов (блок № 1) содержит и обрабатывает следующие данные:

1. Перечень рабочих центров участка с математическим описанием их возможностей в части выполнения тех или иных операций.

2. Перечень оборудования с математическим описанием технических характеристик (тип, габариты обрабатываемых деталей, точность, производительность, стоимость станко-часа и т.д.).

3. Список основных производственных рабочих с описанием их основных характеристик (функция, выполняемая в цехе; разряд; коэффициент выполнения норм; оклад и т.п.).

4. Перечень средств технологического оснащения (измерительный инструмент, режущий инструмент, приспособления) с математическим описанием технических характеристик.

Блок номенклатурного плана выпуска изделий (блок № 2) содержит и обрабатывает следующие данные:

1. Перечень изделий, выпускаемых данным производственным участком.

2. Основные конструкторско-технологические данные (материал, габариты, описание специальных геометрических элементов [например: модуль и число зубьев шестерни], наличие покрытий, требования по термообработке и др.).

3. База типовых технологических процессов данного производственного участка.

Заданные требования к выпускаемым изделиям (п. 1 блока № 2) сопоставляются с возможностями рабочих центров (п.1 блока № 1) и на основании типовых технологических процессов (п.3 блока № 2) формируется массив данных, содержащий детализированную информацию по всем возможным перемещениям продукции в течение производственного цикла на протяжении всего планового периода [6]. Общая структура базы данных цеха представлена на рисунке 2.

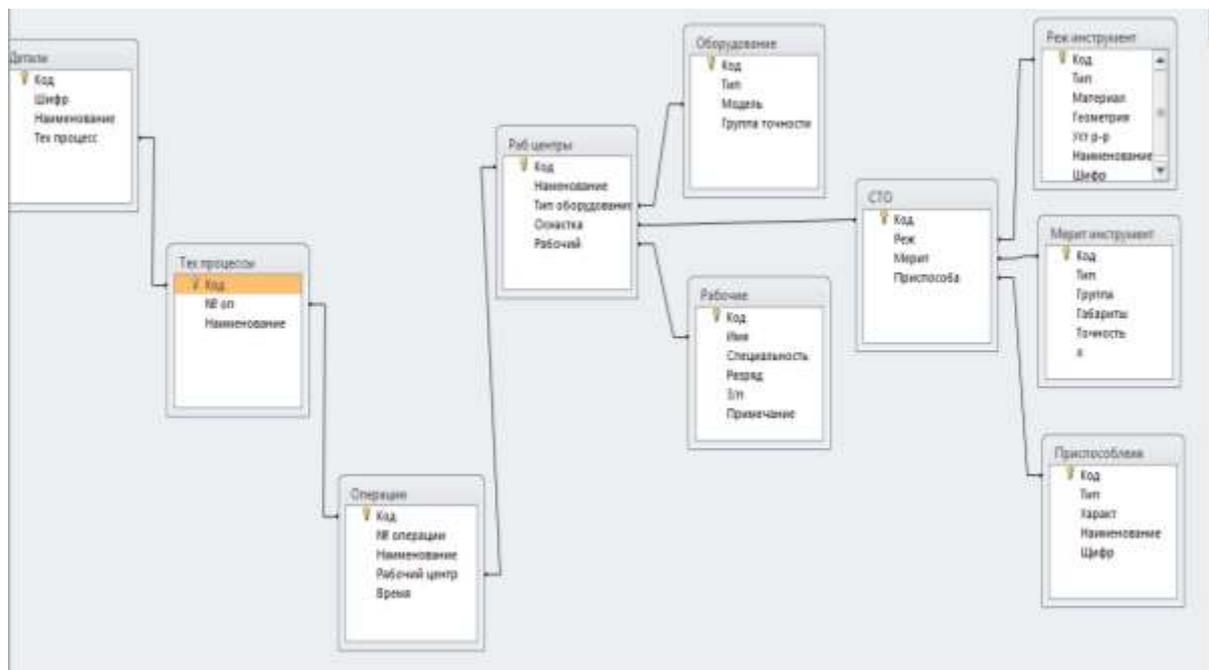


Рис. 2. Структура базы данных

### Система имитационного моделирования.

В качестве исходных данных для построения имитационной модели в среде были использованы:

- номенклатура изделий;
- объем выпуска изделий каждого наименования;
- планировка производственного участка;
- технологические процессы производства изделий;
- трудоемкость технологических операций.

При описании маршрута обработки одного изделия последовательно соединили все рабочие места (далее – РМ), на которых выполняются отдельные операции элементом «Connector». В случае непоточного производства в систему добавляется элемент «FlowControl», который определяет последовательность передачи деталей от текущей операции (РМ) к последующей операции (РМ). Время обработки каждой операции описывается отдельным элементом «TableFile», прикрепленным к конкретному РМ (см. рис. 3).

	string 1	time 2
string	MU type	Time
1	s1	1:00.0000
2	s2	1:00.0000
3	s3	1:00.0000
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Рис. 3. Элемент «TableFile»

Существующий метод создания имитационной модели является трудозатратным в силу внесения большого массива данных в систему, заполнения параметров элементов и установления связей между объектами. Так, на описание процессов обработки двух деталей с технологическими процессами, состоящими из 5 операций (см. рис. 4), требуется порядка 1 часа работы.

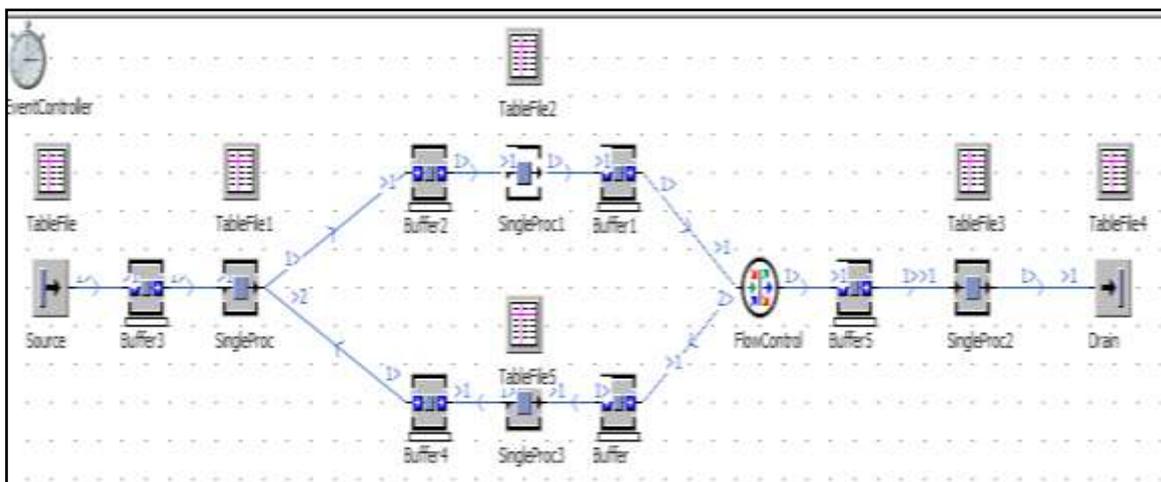


Рис. 4. Производственный участок, загруженный двумя наименованиями изделий

Следует учитывать, что номенклатура изделий, закрепленная за одним цехом, может достигать нескольких тысяч наименований. В таком случае детальное описание производственного процесса в среде Tecnomatix Plant Simulation (в части внесения исходных данных, а также в дальнейшем их изменения, актуализации и проверки) становится практически невозможным (см. рис. 5).

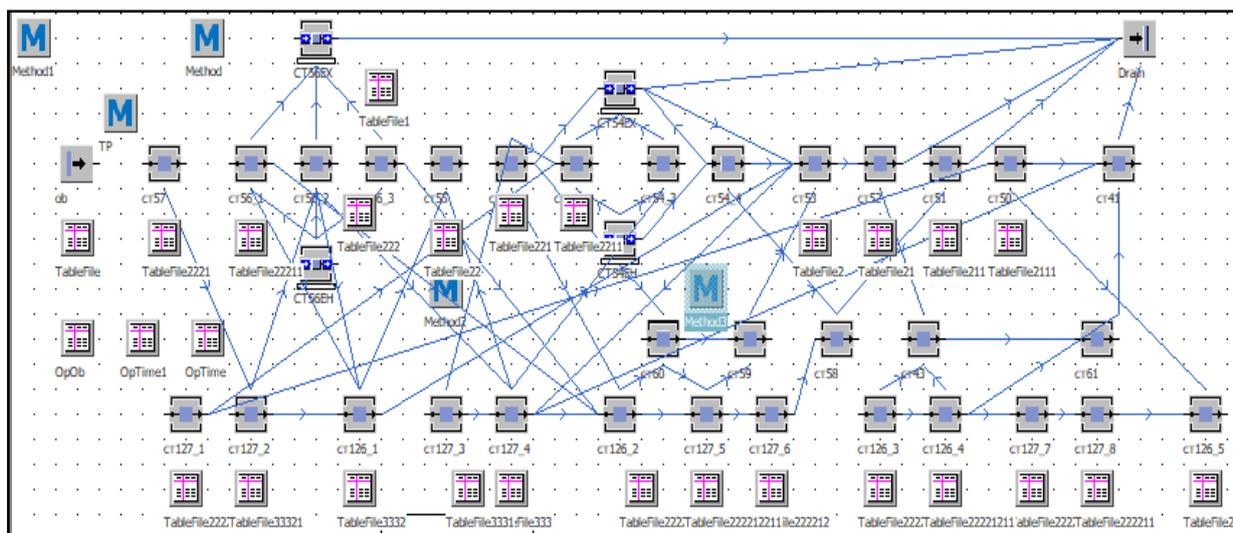


Рис. 5. Фрагмент производственного участка, загруженного десятью наименованиями изделий

В качестве решения указанной выше проблемы был разработан метод описания технологических маршрутов изготовления номенклатуры деталей в среде Tecnomatix Plant Simulation [5, 7]. Для этого каждому наименованию детали присвоен атрибут имени со следующей структурой:

$$d_{i_n}, \quad (1)$$

где:

$d$  – объект «деталь» из совокупности материальных объектов в программе;

$i$  – порядковый номер детали из списка;

$n$  – номер текущей операции, на которой находится заданная деталь.

Детализируем работу с первой деталью (методом входа на РМ «Input») и последней деталью (методом выхода из РМ «Output») в маршрутах изготовления.

Метод входа на РМ «Input» считывает название (атрибут «name») материального объекта, поступающего на РМ, и изменяет его, увеличивая в структуре имени (1) значение  $n$  на один.

Например, деталь № 1 из списка, поступающая на первую операцию обработки, имеет атрибут имени:  $d1_0$ . В тот момент, когда она начинает обрабатываться, ее атрибут имени становится:  $d1_1$  и так далее.

Далее, параметры  $i$  и  $n$  используются при программной реализации как координаты в таблице «TP» для присвоения атрибута «ProcessTime» (время обработки).

Метод выхода из РМ «Output» аналогично методу «Input» считывает название (атрибут «name») материального объекта, находящегося на РМ, и изменяет его, увеличивая в структуре имени (1) значение  $n$  на один.

Например, деталь № 1 из списка, обрабатываемая на первой операции обработки, имеет атрибут имени:  $d1_1$ . В момент завершения обработки, ее атрибут имени становится:  $d1_2$  и так далее.

Далее, параметры  $i$  и  $n$  используются при программной реализации как координаты в таблице «ТР» для присвоения атрибута «name» (рабочего места для проведения следующей операции). Для перемещения деталей используется команда @.move.

### Выводы

Разработанные методы «Input» и «Output» существенно сокращают время программирования виртуального производственного участка, позволяют детально отобразить технологический процесс, обеспечивая удобство использования в условиях реального производства.

В качестве управления входным потоком был добавлен метод «Input», в качестве управления выходным потоком (стратегией) — метод «Output». Создана таблица «ТР», содержащая маршрут изготовления и трудоемкости операций (рис. 9).

str	object	time	object	time	object	time
1	2	3	4	5	6	7
1	s1	2:06.0000	s1	1:26.0000	s1	1:52.0000
2	s2	3:30.0000	s2	1:06.0000	s1	45.0000
3	s3	1:12.0000	s3	3:30.0000	s2	1:00.0000
4	s1	4:00.0000	s1	35.0000	s2	1:32.0000
5	s2	50.0000	Drain		Drain	
6	Drain					

Рис. 9. Фрагмент таблицы «ТР»

Четные столбцы в таблице 9 содержат имена РМ операций, нечетные (начиная с 3-го столбца) — трудоемкость операций.

Создана таблица, содержащая количество заготовок, поступающих на производственный участок (см. рис. 3).

На основании планировки перспективного цеха механической обработки, описанной в объекте исследования, создана имитационная модель (см. рис. 8), отображающая объекты SingleProc согласно структуре базы данных, представленных на рисунке 2.

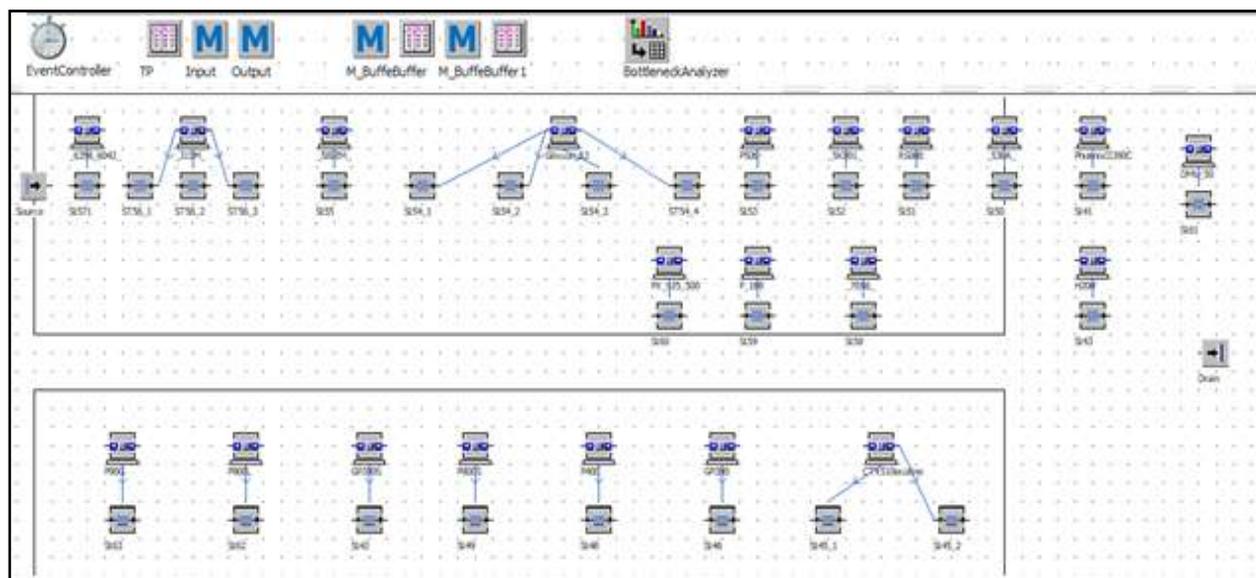


Рис. 8. Имитационная модель цифрового участка механической обработки

### Литература

1. Карпенко А. П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 446 с.
2. Курейчик В. М. Генетические алгоритмы и их применение / 2-е изд., доп. Таганрог: ТРТУ, 2002. 242 с.
3. Панченко Т. В. Генетические алгоритмы: учеб.-метод. пособ. / под ред. Ю. Ю. Тарасевича. Астрахань: Астраханский университет, 2007. 87 с.
4. Гаврилов Д. А. Управление производством на базе стандарта MRPII. Принципы и практика. СПб.: Питер, 2003. 352 с.
5. Кокарева В. В., Саттарова К. Т. Имитационное моделирование производственных участков механической обработки виртуального предприятия по производству ГТД в среде TecnomatixPlantSimulation: учебное пособие. Самара: Самарский университет, 2016. 50 с.
6. Корнипаева А. А. Синтез производственных расписаний в АСУП с использованием генетических алгоритмов: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / А. А. Корнипаева. Оренбург. 2011. 16 с.
7. Tecnomatix Plant Simulation 11 Step-by-Step Help// Siemens Product Lifecycle Management Software. 2013. Vol. 840. P.154-166.

*Статья поступила в редакцию 23.08.18 г.*

*Рекомендуется к опубликованию членом Экспертного совета канд. экон. наук М. М. Васильевым*