



225-228

3. Ю.В. Конопацкий, А.Д. Семенов, Методика синтеза ПИД-регуляторов для объектов с запаздыванием в теплоэнергетике // РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ. сборник научных трудов секции Международной научно-практической конференции «Информационные ресурсы и системы в экономике, науке, образовании». Изд-во ПензГТУ, 2016. -С. 11-15

4. Ю.В. Конопацкий, Математический метод регулирования показателя качества турбины теплоэлектроцентрали // Международная научно-практическая конференция «информационные технологии в экономических и технических задачах» Пенза: Изд-во ПензГТУ. , 24-25 марта 2016 г. -С. 192-194

К.С. Кульга, А.А. Китаев

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ КОМПОНОВОК ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

(Уфимский государственный авиационный технический
университет «УГАТУ»)

Актуальность задачи. Комплексная автоматизация предприятий на основе применения гибких производственных систем (ГПС) [1, 2] является одним из приоритетных направлений Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (интеллектуальные производственные технологии, роботизированные системы; новые материалы и технологии конструирования)².

В то же время, не смотря на очевидные преимущества применения ГПС, анализ результатов внедрения ГПС на предприятиях в зарубежных странах и Российской Федерации показывает, что не всегда удается получить ожидаемый экономический эффект. Внедрение универсальных и готовых дорогостоящих решений ГПС, без учета специфики конкретного производства предприятий, приводит к существенной разнице между плановыми и фактическими экономическими показателями проекта [3, 4]. Экономическая эффективность внедрения ГПС на предприятиях определяется совокупностью конструкторских, технологических, производственных, организационных, экономических и управленческих решений. Следовательно, результативность внедрения ГПС, может быть достигнута с учётом значений группы выходных параметров (критериев) ГПС, определение которых, является трудоемкой задачей.

В связи с этим, на стадии эскизного проектирования (технического предложения) актуальной является задача структурного синтеза компоновок ГПС на основе имитационного моделирования процессов функционирования производственной системы для изготовления различных партий деталей/сборочных еди-

² Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642 (ссылка: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>)



ниц (ДСЕ), планирования загрузки дорогостоящего оборудования и управления ГПС.

Цель. Разработка алгоритмического и программного обеспечения имитационного моделирования компоновок ГПС с определением значений выходных параметров (критериев) на стадии эскизного проектирования с учётом нестационарных входных параметров модели и возможностью изменения её топологии на основе метода модифицированных вложенных сетей Петри.

Топология модели системы, описываемая с помощью вложенных сетей Петри [5], состоит из нескольких уровней иерархии. Корневой является системная сеть Петри (она может быть только одна), описывающая основные моделируемые процессы. Следующим уровнем иерархии являются элементные сети Петри, связанные с соответствующими системными фишками, которых может быть любое количество. Элементные сети Петри моделируют изменения состояния фишек, либо процессы, протекающие параллельно с процессами в системной сети. Для реализации взаимодействия разных уровней иерархии в сети Петри реализована вертикальная и горизонтальная синхронизация между системой и её клиентами. Но такая топология вложенной сети Петри [5] не соответствует представлению о функционировании производственной системы (ГПС), в которой изготавливаемые партии ДСЕ выступают как ресурсы, над которыми выполняются технологические операции.

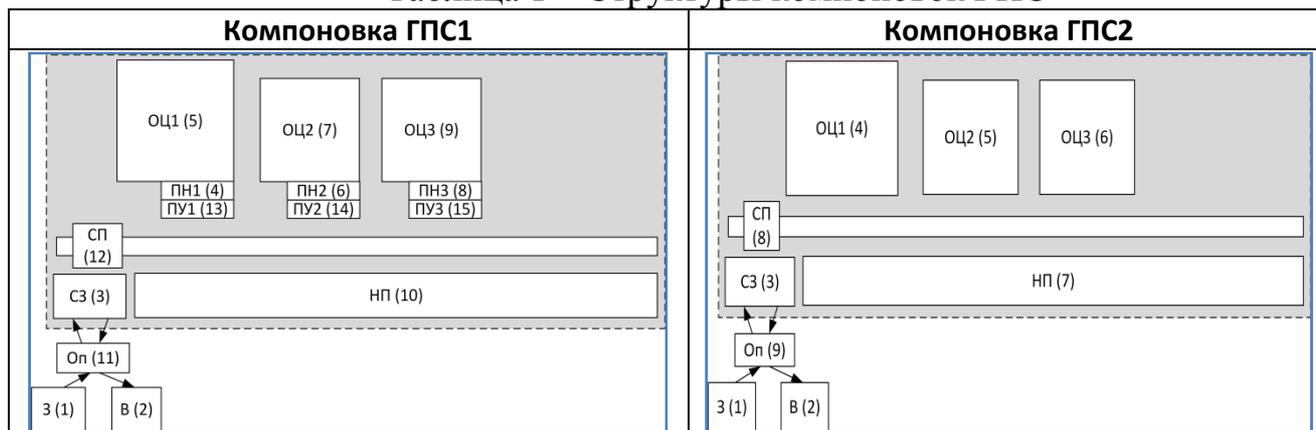
Авторами предлагается представлять фишки в системной сети Петри как ресурсы, которые определяют возможность возникновения событий, либо над которыми производятся операции. Каждая фишка в системной сети характеризуется типом и состоянием. Тип фишки всегда остается неизменным, а её состояние может изменяться в зависимости от совершаемых над ней операций. Например, заготовка после механической обработки становится готовой ДСЕ, а режущий инструмент изнашивается. Операции описываются элементными сетями Петри и приписываются фишке. Имитационное моделирование операции выполняется только при попадании фишки в соответствующую позицию. К каждой фишке может быть приписано неограниченное количество операций.

Разработанный алгоритм имитационного моделирования ГПС на основе предложенного метода модифицированных вложенных сетей Петри реализован в виде программного обеспечения модуля «МодМВСП». Все основные сущности модуля описаны как классы, их параметры как поля классов, а их функции как методы классов. Информационная модель модуля включает в себя таблицы схемы данных базы данных, описывающих топологию модифицированной вложенной сети Петри, перечень позиций, переходов, фишек и их параметры, а также наборы данных экспериментов.

Рассмотрим результаты имитационного моделирования двух компоновок ГПС (далее, обозначения этих компоновок, соответственно, ГПС1 и ГПС2), полученных по результатам структурного синтеза [6]. Структуры компоновок ГПС1 и ГПС2 приведены в таблице 1.



Таблица 1 – Структуры компоновок ГПС



Условные обозначения: OЦ1, OЦ2, OЦ3 – многоцелевые станки с ЧПУ типа обрабатывающий центр (OЦ); ПН1, ПН2, ПН3 – пристаночные накопители; СП – спутник паллет; СЗ – станция загрузки; НП – накопитель паллет; Оп – оператор ГПС; З – зона загрузки заготовок; В – зона выгрузки готовых ДСЕ; ПУ1, ПУ2, ПУ3 – перегрузочные устройства; В скобках указаны номера позиций в модифицированной сети Петри.

Имитационное моделирование ГПС осуществлялось с детализацией до уровня технологической операции. Это означает, что операция представлялась как элементная сеть Петри с двумя позициями (начало и окончание технологической операции) и одним переходом (выполнение технологической операции). Шаг имитационного моделирования был принят равным одной минуте.

Модуль «МодМВСП» формирует результаты имитационного моделирования ГПС в следующих видах:

- диаграммы Ганта (рис. 1). Вертикально расположены позиции модифицированной вложенной сети Петри (рис. 2), а по горизонтали – время моделирования;
- таблицы с результатами расчета выходных параметров (критериев).

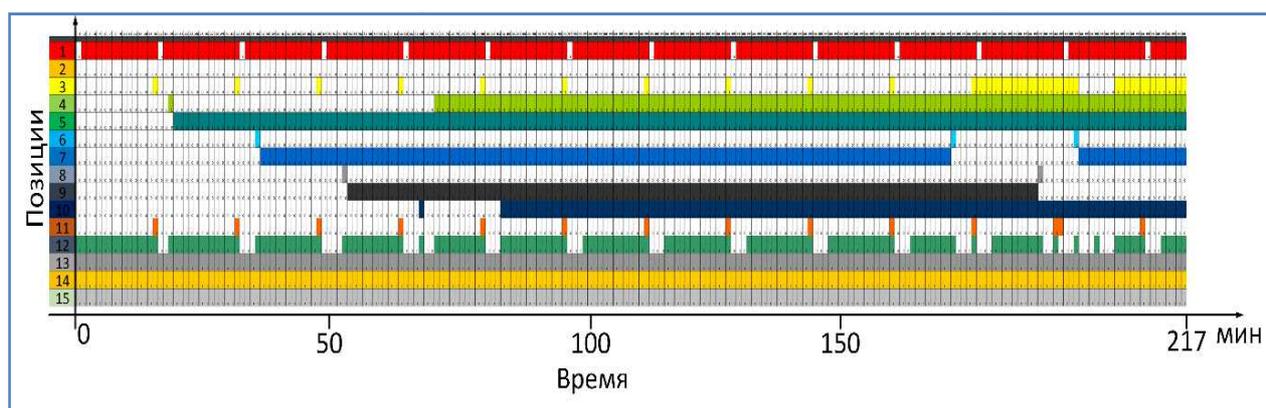


Рис. 1. Фрагмент диаграммы Ганта для компоновки ГПС1

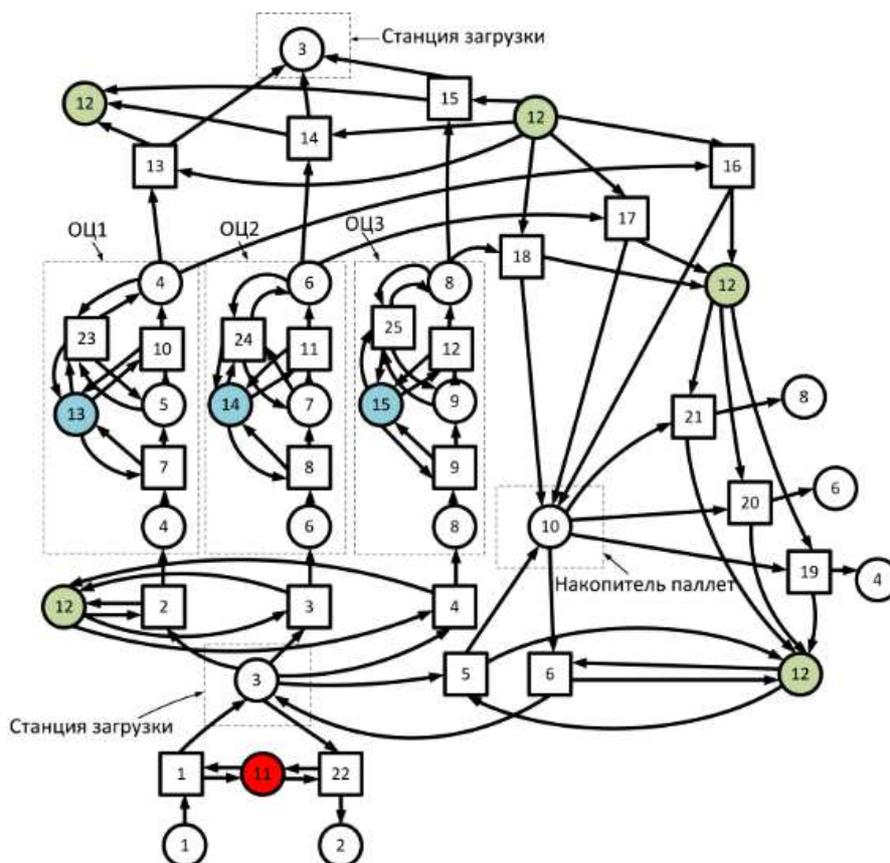


Рис. 2 – Модифицированная вложенная сеть Петри для компоновки ГПС1

Сравнение результатов имитационного моделирования двух компоновок ГПС для заданной партии ДСЕ выявило:

– сокращение суммарного времени простоя на 33,3% и увеличение коэффициента загрузки на 6,8% дорогостоящего оборудования с ЧПУ ОЦ1 за счёт использования пристаночного накопителя с перегрузочным устройством в компоновке ГПС1;

– отсутствие влияния на выходные показатели работы ГПС1 и ГПС2 применения пристаночных накопителей с перегрузочным устройством в ОЦ2 и ОЦ3, так как заданная партия ДСЕ не обеспечивает соответствующей загрузки ОЦ2 и ОЦ3. С учетом дополнительных финансовых затрат не рекомендуется дооснащение ОЦ2 и ОЦ3 пристаночными накопителями с перегрузочными устройствами;

– уменьшение требуемой ёмкости накопителя в компоновке ГПС1.

Заключение. Предложен метод имитационного моделирования компоновок ГПС с использованием модифицированных вложенных сетей Петри, отличающийся наглядностью описания модели с высокой степенью детализации, нестационарными входными параметрами модели и возможностью изменения её топологии за счёт присвоения фишкам операций, представленных в виде элементарных сетей Петри. Полученные результаты имитационного моделирования в виде значений выходных параметров (критериев) используются для реализации структурного и параметрического синтеза компоновки ГПС на стадии эскизного проектирования [6].



Литература

1. ГОСТ 26228-90 – Системы производственные гибкие. Термины определения. Номенклатура показателей [текст]. Введ. 1991-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов. 1990. – 10 с.
2. Сердюк А. И., Сергеев А. И., Корнипаев М. А., Гильфанова Ф. Ф. Стратегия и тактика формирования технического предложения по созданию гибких производственных систем механообработки // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – №. 1. – С. 138-145.
3. Shang J., Sueyoshi T. A unified framework for the selection of a flexible manufacturing system // European Journal of Operational Research. – 1995. – Т. 85. – №. 2. – С. 297-315.
4. Saitou K., Malpathak S., Qvam H. Robust design of flexible manufacturing systems using, colored Petri net and genetic algorithm // Journal of intelligent manufacturing. – 2002. – Т. 13. – №. 5. – С. 339-351.
5. Ломазова И. А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объектной структурой. – М.: Научный мир, 2004. – 208 с.
6. Кульга К. С., Китаев А. А., Сидоров И. О., Кожинов Д. Г. Применение программного обеспечения САХ-систем и виртуального моделирования для проектирования компоновок гибких производственных систем // СТИН. – 2015. – №12. – С. 6-14.

К.С. Кульга, А.В. Половинкин

СТРУКТУРНЫЙ И ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КОНСТРУКЦИЙ СПЕЦИАЛЬНЫХ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

(Уфимский государственный авиационный технический
университет «УГАТУ»)

Актуальность проблемы. Проектирование специальных станочных приспособлений (СП) для изготовления деталей и сборочных единиц (ДСЕ) авиационных двигателей и машиностроения обладает следующими особенностями: 1) обеспечение высокой точности изготовления ДСЕ; 2) сложность и разнообразие конструкций ДСЕ. Это приводит к существенным ограничениям применения универсальных СП, а также к необходимости проектирования множества видов СП и усложнению их конструкций; 3) использование разнообразных технологий изготовления ДСЕ. Это обуславливает разнообразие применяемых видов и конструкций СП; 4) применение труднообрабатываемых материалов ДСЕ. Например, при механической обработке ДСЕ, возникают значительные силы резания, которые повышают требования к жёсткости и прочности СП, а также усложняют конструкцию СП.

Системный анализ научных исследований в области методологии проектирования специальных СП выявил следующие недостатки [1]: 1) создание но-