

**ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ГИБКОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ****А. И. Сергеев (Оренбург)**

Любое изделие современного производства сопровождается сложным переплетением информационных потоков, поддерживаемых компьютерными системами автоматизации проектирования, подготовки, производства, эксплуатации и утилизации. Появились вузовские специальности подготовки инженеров в области ИПИ (CALS) технологий [1]. Востребованность систем автоматизации разных этапов и уровней иерархии предполагает использование и соответствующего производственного оборудования: ведь фрезеровщику не нужны электронный чертеж детали, операционный техпроцесс или управляющая программа (УП).

Передача УП от компьютера в системы ЧПУ станков становится выгодной для предприятий: можно экономить на работе отделов подготовки УП для многочисленных систем ЧПУ разных поколений. По сути, станки становятся таким же периферийным оборудованием компьютеров, как сканеры, принтеры, плоттеры.

Включение в состав компьютерно-управляемых комплексов оборудования транспортных средств и складов означает создание гибких производственных систем [2]. Производство перестает быть серийным со всеми свойственными ему недостатками – «незавершенкой», замораживающей оборотные средства, неритмичной сборкой, мало способствующей стабильности качества продукции, непроизводительными простоями оборудования. Сегодня нет технических проблем создания подобных производств: даже отечественные производители предлагают создание ГПС «под ключ» [3].

Вместе с тем последние 15 лет практически отсутствуют отечественные публикации о разработках в области гибкой автоматизации машиностроительного производства. С 1996 г. ГПС не представляются в списке приоритетных направлений научно-технического развития [4]. На машиностроительных выставках не выставляются даже макеты перспективных ГПС.

Может быть, есть более эффективное направление развития средств производства, чем ГПС? Однако, например, в США к 2003 г. гибкие производственные ячейки используются на 73 % фирм с числом работающих от 100 человек [5] – т.е. фирма, не эксплуатирующая ГПС, – скорее исключение, чем правило. Намечился следующий уровень автоматизации – создание реконфигурируемых производственных систем (РПС) с регулируемой производственной мощностью [6].

В то же время практически на всех предприятиях страны производственное оборудование требует обновления. Все отчетливее необходимость коренной реконструкции машиностроительного производства, ибо выпуск конкурентоспособной продукции возможен только при использовании современных технологий и средств производства.

Уже сегодня нужно заниматься переподготовкой инженерно-технических специалистов среднего и высшего звена, определяющих направления и способы технического перевооружения предприятий и субъективно препятствующих внедрению ГПС. Предполагается, что растущий дефицит рабочих кадров снимет еще один тормоз промышленной автоматизации в России: привлечение квалифицированных станочников высокой зарплатой увеличивает стоимость рабочей силы в стоимости произведенной продукции, а, следовательно, увеличивает тягу предпринимателей к автоматизации производства.

Создание ГПС дает и новые проблемы. Одна из них – неритмичность функционирования систем, обусловленная широкой номенклатурой изготавливаемых изделий. Если автоматические линии в массовом производстве характеризуются определенным

ритмом работы, то гибкие системы не имеют двух полностью одинаковых циклов безлюдной работы.

Слагаемые успешной подготовки специалистов – учебно-лабораторная база, учебно-методическое обеспечение дисциплин, преподавательские кадры.

Многие разделы курса основ ГПС принято изучать с использованием компьютерного моделирования. Это наглядные анимационные ролики, дающие общее представление о взаимодействии оборудования системы, универсальные средства моделирования GPSS World [7], AnyLogic [8], Arena Enterprise Suite [9], язык моделирования UML [10].

При всем уважении к качеству, универсальности и высокому уровню подобных систем нельзя не отметить следующее: *использование универсальных систем и средств моделирования при подготовке специалистов в области ГПС дает неполное представление об изучаемом объекте, подменяет изучение ГПС изучением не вполне адекватного аппарата имитационного моделирования.*

Подход, реализуемый в универсальных средствах моделирования, описывает ГПС как сложную стохастическую систему, процессы функционирования которой характеризуются случайными величинами – времени поступления и интенсивности потоков заявок на обслуживание, времени обработки заготовок, использования накопителей, простоев оборудования и т.д. Эти системы в основном применяются в тех случаях, когда наступление какого либо ключевого события заранее неизвестно. Например, количество клиентов банка или страховой фирмы не является постоянным. Автоматический процесс функционирования ГПС имеет детерминированный, упорядоченный характер.

Используемые входные данные весьма условно и поверхностно интерпретируют функционирование ГПС, без ответов остаются многие вопросы технических специалистов.

ГПС – это технологическая среда, состоящая из множества элементов с однозначно определенными параметрами. Значения параметров определяются специалистами различных профилей, работающих на разных этапах создания и эксплуатации ГПС.

Технолога интересуют вопросы оптимизации содержания технологических операций на станках типа «обрабатывающий центр» (ОЦ). ОЦ – основные «кирпичики» ГПС для корпусных деталей, составляющих примерно 80% всех ГПС. Вся обработка детали может быть выполнена за одну–две установки. Технологическая операция может состоять из нескольких десятков переходов, выполняемых различными режущими инструментами. Средствами имитационного моделирования невозможно выявить, как на эффективности ГПС отразится распределение переходов между операциями, выбор тех или иных инструментов, режимов резания, способов идентификации инструментов, различная последовательность и содержание циклов смены инструментов в рабочей зоне и замены в магазине станка.

Специалист по стратегическому планированию предприятия оценивает целесообразность распределения номенклатуры изделий за несколькими ГПС, рациональность внедрения в ГПС с устоявшейся номенклатурой технологии изготовления новой детали.

Диспетчер занят вопросами оптимизации загрузки ГПС при выполнении сменного задания, устанавливая очередность и моменты запуска заготовок в обработку, исходное размещение заготовок и инструментов в ячейках накопителей. Имитация не позволяет, например, оценить исходную последовательность размещения инструментов в гнездах ИМ.

Таким образом, универсальные средства имитационного моделирования не способствуют качественной подготовке специалистов различных профилей, связанных с

проектированием и эксплуатацией ГПС. Возможно, что это одна из причин, почему 75–80% ГПС при эксплуатации «не дотягивают» до проектных показателей.

Ошибки при проектировании ГПС ведут к экономическим потерям при их эксплуатации, а создание малоэффективных систем дискредитирует саму идею гибкой автоматизации.

*Ошибочна сама концепция представления ГПС как стохастических систем – автоматический процесс функционирования ГПС имеет не стохастический, а детерминированный, упорядоченный характер.*

Случайность есть непознанная закономерность. В [11] описан механизм формирования временных связей автоматизированного производственного процесса, объясняющий причины несоответствия проектных и эксплуатационных характеристик ГПС. Дело в том, что в процессе «безлюдной» работы ГПС возникают простои производственного оборудования, особенности которых в том, что они: а) проявляются лишь в процессе функционирования ГПС, и б) имеют место при гарантированной надежности всех элементов системы.

Внешне указанные простои проявляются как результат взаимообусловленной работы модулей и их агрегатов, время выполнения которыми технологических и транспортных операций рассеивается в широких пределах.

Основной причиной рассеивания времени технологических операций является неритмичный характер производственных процессов ГПС, в условиях которых номенклатура, размеры и последовательность партий запуска заготовок в обработку варьируются от смены к смене. Меняющийся состав сменных заданий ведет к варьированию содержания, времени, а, следовательно, и количества выполняемых в смену технологических операций.

Совокупное влияние производственных факторов и предопределяет величину простоев оборудования, не поддающихся учету традиционными методами расчетов и лишь приближенно описываемых общесистемными средствами моделирования.

Традиционный язык технических специалистов и средство визуализации взаимодействия оборудования – циклограммы, или временные диаграммы.

Работа ГПС с любой требуемой точностью может быть расписана в виде циклограмм. Возможные погрешности срабатывания устройств можно учитывать вероятностными методами подобно тому, как учитывается рассеивание размеров деталей относительно номинальных значений.

Циклограммы позволяют вскрыть внутренние потери эффективности ГПС, связанные с взаимодействием ее элементов, и внешние потери, обусловленные варьированием номенклатуры выпускаемой продукции. Сокращение или полное устранение внутренних потерь позволят оптимизировать проектные параметры ГПС, а сокращение внешних потерь – минимизировать эксплуатационные издержки.

По сути, циклограммы работы оборудования – это и есть модели функционирования технических систем. Понятно, что вручную заниматься построением циклограмм работы оборудования – занятие неблагодарное.

Система моделирования «Каскад» [12], предназначена для моделирования ГПС и основывается на автоматизированном построении циклограмм работы оборудования. В данной системе моделирование ведется для одного состава сменного задания, после чего создается выборка из возможных составов сменных заданий (СЗ), моделируется каждый вариант СЗ, после чего результаты моделирования подвергаются статистической обработке. Здесь выясняется, что оптимальные параметры, полученные для одного сменного задания, могут оказаться далеко не оптимальными при изменении СЗ. А ведь концепция гибкого производства изначально предполагает производство с широ-

кой номенклатурой выпускаемых изделий. Поэтому приходится уточнять характеристики оборудования, делать выборку из возможных составов СЗ и запускать статистическую обработку, чтобы оценить чувствительность проектируемой ГПС к изменению СЗ. Возникает вопрос: а можно ли применить моделирование для автоматизированного синтеза оптимальных параметров оборудования, отчет, в котором будут содержаться параметры оборудования, можно будет включать в техническое предложение?

В настоящее время ведется разработка алгоритма автоматизированного синтеза параметров оборудования. Применение системы «Каскад» затруднено тем, что моделирование ведется на уровне технологического перехода, что увеличивает количество используемых проектных параметров. Эти параметры часто носят противоречивый характер, что еще более усложняет алгоритм синтеза. Например, увеличение ускорения транспортного средства (ТС), с одной стороны, сокращает простои оборудования, с другой – резко увеличивает износ ТС.

Решение описанной проблемы возможно при создании системы моделирования ГПС на уровне технологической операции и включении ее в алгоритм автоматизированного синтеза. Возникает вопрос: по какому критерию оценивать эффективность полученной модели? Наиболее приемлемым видится срок окупаемости, так как он позволяет прогнозировать размеры и распределение капиталовложений потенциальных инвесторов, которые хотят быть уверенными в прибыльном вложении своих средств.

С другой стороны, такой подход позволит сократить время подготовки специалистов в области гибкой автоматизации. Результаты моделирования в виде циклограмм, развернутых графиков и диаграмм позволяют понять суть происходящих в модели процессов, что, несомненно, способствует повышению уровня подготавливаемых специалистов.

### Литература

1. Итоги заседания совета по CALS РОСАВИАКОСМОСА  
<http://www.mati.ru/magazine/archive/102003/main.php>
2. ГОСТ 26228-90. Системы производственные гибкие. Термины и определения. Номенклатура показателей. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 12 с.
3. ОАО НИТИ «ПРОГРЕСС». - <http://www.niti-progress.ru/development.htm>
4. Критические технологии федерального уровня. -  
[http://www.extech.ru/s\\_e/min\\_s/niokr/krittech/annot/2-05.htm](http://www.extech.ru/s_e/min_s/niokr/krittech/annot/2-05.htm)
5. Станки, современные технологии и инструмент для металлообработки. -  
<http://www.stankoinform.ru/Stanki6.htm>
6. **Черпаков Б.И.** Тенденции развития мирового станкостроения в начале века. -  
<http://www.stankoimport.com/presscentre/forum/cherpakov.html>
7. GPSS World - [www.minutemansoftware.com](http://www.minutemansoftware.com)
8. AnyLogic. - <http://www.xjtek.ru/>
9. Arena Enterprise Suite. - [www.arenasimulation.com](http://www.arenasimulation.com)
10. Язык UML. - <http://uml.shl.com>
11. **Сердюк А.И.** Моделирование производственного процесса ГПС//СТИН. – М., 1994. – № 11. – С. 11–13.
12. Сайт курса «Основы создания ГПС механообработки». - <http://fms-cim.narod.ru/>