

На правах рукописи

Митин Сергей Геннадьевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩИХ
ПРОИЗВОДСТВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОПЕРАЦИЙ
ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ**

Специальность 05.02.08 – Технология машиностроения

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Саратов 2009

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современное машиностроение характеризуется преобладанием серийного и мелкосерийного производства, доля которого составляет 60-70% всей продукции. При мелкосерийном производстве сравнительно быстро прекращается изготовление одних видов продукции и налаживается освоение новых. Это приводит к увеличению номенклатуры изделий, повышению временных и материальных затрат на технологическую подготовку производства (ТПП). Наделение технологического оборудования всё большими функциональными возможностями приводит к снижению надёжности оборудования и производственной системы. Поэтому во время ТПП должны обеспечиваться многовариантные решения задач проектирования технологических процессов (ТП).

Разработка ТП неавтоматизированными методами в условиях многономенклатурного производства позволяет сравнивать ограниченное число вариантов на отдельных этапах проектирования, что приводит к потере качества технических решений и увеличению сроков ТПП. В связи с этим актуальной задачей является совершенствование форм и методов проектирования технологических операций с целью более глубокой формализации проектных действий. Вместе с тем автоматизация проектирования технологических операций должна быть максимально приближена к производству, и проектные решения должны основываться на реальных данных о состоянии производственной системы.

Одним из направлений проектирования ТП является концепция гибких ТП, впервые предложенная в работах Королёва А. В. и Бржозовского Б. М. Согласно данной концепции основой создания гибких автоматизированных производств является многономенклатурный ТП, по которому будут изготавливаться изделия произвольной номенклатуры.

Благодаря высоким темпам развития информационных технологий появляется возможность создавать и реализовывать качественно новые подходы к автоматизированному проектированию технологических операций. Существует реальная возможность строить технологические операции на основе метода синтеза проектных решений, что в сочетании с известными методиками создания технологических операций на базе типового, группового и модульного подходов приводит к заметному сокращению времени проектирования операций и ТП в целом.

Такой подход к созданию ТП является основой разрабатываемой в Саратовском государственном техническом университете автоматизированной системы планирования технологических процессов. Созданные таким образом ТП обладают свойством гибкости за счёт наличия многовариантных решений задач проектирования, что в условиях многономенклатурного производства является неоспоримым преимуществом по сравнению с существующими системами автоматизированного проектирования ТП. В связи с этим разработка автоматизированной подсистемы проекти-

рования технологических операций для деталей типа тел вращения, обрабатываемых на оборудовании фрезерной группы, как части автоматизированной системы планирования ТП является актуальной задачей.

Целью данной работы является повышение эффективности работы многономенклатурных производственных систем механообработки за счёт совершенствования технологической подготовки производства на основе создания автоматизированной подсистемы проектирования технологических операций для деталей типа тел вращения, обрабатываемых на оборудовании фрезерной группы.

Методы и средства исследования. Теоретические исследования выполнены с использованием научных основ технологии машиностроения, принципов системного подхода, математического аппарата теории множеств, теории графов, теории линейного и динамического программирования. Экспериментальные исследования проводились на действующем участке фрезерного оборудования, при разработке программного обеспечения были применены методы структурного проектирования программных систем и объектно-ориентированного программирования.

Научная новизна характеризуется следующими положениями:

1. Развита методика проектирования технологических операций в рамках автоматизированной системы планирования ТП относительно операций, выполняемых на фрезерном оборудовании, новизна которой заключается в систематизации и формализации методов выбора средств технологического оснащения (СТО) и формирования структур операций фрезерной обработки. На основе предложенной методики разработана модель автоматизированной подсистемы проектирования технологических операций фрезерной обработки, что обеспечивает разработку технологических операций в условиях многономенклатурного производства с учётом складывающейся производственной ситуации.

2. Разработано методическое обеспечение подсистемы выбора средств технологического оснащения и подсистемы формирования структур технологических операций, а также подсистем расчёта режимов резания и нормирования операций фрезерной обработки, подсистемы формирования управляющих программ для станков с числовым программным управлением и подсистемы формирования комплекта технологической документации для операций фрезерной обработки, благодаря чему полностью формализован процесс разработки технологических операций для деталей типа тел вращения, обрабатываемых на оборудовании фрезерной группы.

3. На основе систематизации технологических знаний и установления связей между элементами, участвующими в процессе проектирования операций фрезерной обработки, разработана структура базы данных средств технологического оснащения для оборудования фрезерной группы, обеспечивающая возможность генерации множества возможных вариантов технологической оснастки в автоматическом режиме.

Практическая ценность и реализация работы. Разработано информационное, алгоритмическое и программное обеспечение автоматизированной подсистемы проектирования технологических операций для оборудования фрезерной группы. Это позволило реализовать результаты работы в условиях действующего многономенклатурного производства на ФГУП «Саратовский агрегатный завод». С использованием разработанной подсистемы спроектированы операции фрезерной обработки деталей типа тел вращения в автоматизированном режиме. В результате было зарегистрировано сокращение сроков ТПП за счёт снижения времени разработки технологических операций для оборудования фрезерной группы в 4,4 раза.

Апробация результатов диссертации проводилась на международных научно-технических конференциях: «Прогрессивные технологии в современном машиностроении» (Пенза, 2007), «Методы и средства управления технологическими процессами» (Саранск, 2007), «XV Туполевские чтения» (Казань, 2007), «Математические методы в технике и технологиях» (Саратов, 2008), «Современные технологии в машиностроении» (Пенза, 2008), «Проблемы управления, передачи и обработки информации» (Саратов, 2009), «Совершенствование техники, технологий и управления в машиностроении» (Саратов, 2009), на заседаниях кафедры «Проектирование технических и технологических комплексов» Саратовского государственного технического университета в 2006–2009 гг.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 10 печатных работ, в том числе две статьи в журнале, рекомендованном ВАК РФ.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников из 123 наименований и 4 приложений. Основной текст диссертации изложен на 140 страницах, иллюстрированных 45 рисунками, и содержит 17 таблиц.

Положения, выносимые на защиту:

- 1) модель автоматизированной подсистемы проектирования технологических операций фрезерной обработки в рамках автоматизированной системы планирования технологических процессов;
- 2) формализованные методы генерации возможных вариантов технологической оснастки для оборудования фрезерной группы, отсева вариантов технологической оснастки и модель подсистемы выбора рациональных вариантов СТО для оборудования фрезерной группы;
- 3) модель подсистемы генерации возможных вариантов структур технологических операций, методики отсева нерациональных и выбора рациональных вариантов структур операций фрезерной обработки;
- 4) структура автоматизированной базы данных средств технологического оснащения для фрезерного оборудования;
- 5) результаты, полученные в рамках проведения испытаний разработанных программных средств в условиях действующего многономенклатурного производства.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель, задачи и научная новизна работы, приведено краткое содержание работы по главам, указаны практическая ценность и результаты практической реализации работы, приведены сведения об апробации результатов диссертации и перечислены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе анализируются традиционные подходы к созданию ТП и технологических операций с позиции их применимости при разработке автоматизированной подсистемы проектирования технологических операций для оборудования фрезерной группы, для чего проводится обзор работ В. И. Аверченкова, А. П. Соколовского, С. П. Митрофанова, Б. М. Базрова, В. Д. Цветкова, А. В. Королёва, Б. М. Бржозовского. В результате в качестве методологической основы создания автоматизированной системы проектирования технологических операций для оборудования фрезерной группы выбирается метод синтеза проектных решений с использованием концепции гибких ТП. Это обусловлено тем, что на современном этапе развития машиностроения метод синтеза в большей степени удовлетворяет требованию минимизации времени разработки ТП и технологических операций, а концепция гибких ТП способствует быстрой адаптации системы проектирования к постоянно изменяющимся условиям при многономенклатурном производстве.

На основе исследования возможностей современных автоматизированных систем проектирования ТП проведена их классификация. В результате сделан вывод о том, что применение данных систем в условиях многономенклатурного производства является недостаточно эффективным, так как при изменении производственной ситуации появляются дополнительные затраты времени на перепроектирование технологических операций. В качестве альтернативы указанным системам рассмотрена автоматизированная система планирования ТП (АСПлТП), разрабатываемая в Саратовском государственном техническом университете. В качестве методологической основы в АСПлТП используются метод синтеза проектных решений и концепция гибких ТП. Применение концепции гибких ТП позволяет системе оперативно реагировать на изменение производственной ситуации, так как на всех этапах планирования ТП предусматриваются многовариантные решения. В результате сочетания различных методов проектирования, объединённых на основе концепции гибких ТП в систему планирования ТП, а также благодаря наличию связи между подсистемой реализации ТП и производственной системой, появляется возможность эффективного использования АСПлТП для автоматизации разработки ТП и технологических операций в условиях многономенклатурного производства.

Вторая глава посвящена созданию методического обеспечения подсистемы проектирования технологических операций для оборудования фрезерной группы. Подсистема проектирования технологических опера-

ций фрезерной обработки состоит из трёх блоков: выбор средств технологического оснащения, выбор структур технологических операций и разработка технологических переходов. Общие исходные данные для каждого блока находятся в базе данных (БД) по технологическим возможностям оборудования, БД СТО, БД деталей и заготовок, БД ранее принятых технических решений, которая включает кортежи технологических переходов для фрезерного оборудования. Каждый блок состоит из трёх модулей: генерация возможных вариантов, отсев вариантов, выбор рациональных вариантов. После этапов генерации возможных вариантов данные сохраняются в соответствующих фрагментах базы данных технологических операций для оборудования фрезерной группы, откуда впоследствии могут быть оперативно получены при изменении производственной ситуации. Рациональные варианты, сформированные на каждом предшествующем блоке, поступают на вход каждого последующего блока. После окончания работы второго и третьего блоков производится проверка возможности реализации операции с данными вариантами СТО, структур операций и режимами обработки. Если в сложившихся производственных условиях реализация невозможна, то проектирование операции возвращается к предыдущему блоку с указанием вновь возникших ограничений. Разработанные варианты операций сохраняются в соответствующей базе данных, и формируется комплект технологической документации в виде операционных карт, карт эскизов и другой необходимой документации.

Для заполнения БД по технологическим возможностям оборудования фрезерной группы были определены элементарные поверхности (ЭП) деталей типа тел вращения, обрабатываемые на данном виде оборудования в условиях многономенклатурного производства. Далее были определены схемы базирования и установочно-зажимные приспособления для оборудования фрезерной группы. Для каждого сочетания «станок – приспособление» сформированы схемы наладок, на основе которых определены предельные конструктивные размеры ЭП, максимально достижимая точность обработки, размерные и точностные требования к поверхностям заготовок и базовым поверхностям. Полученные данные, а также информация о технических характеристиках оборудования фрезерной группы и приспособлений заносятся в БД по технологическим возможностям оборудования фрезерной группы АСПлТП. Весьма трудоёмкая задача по формированию БД по технологическим возможностям оборудования решается на этапе разработки АСПлТП. Это позволяет избежать дополнительных затрат времени на заполнение БД в условиях реального производства. При изменении производственной ситуации вносятся корректировки содержащейся в БД информации, либо БД дополняется сведениями, необходимыми для разработки технологических операций в данных условиях.

Исходными данными для генерации вариантов СТО являются кортежи технологических переходов, информация о которых поступает с пре-

дыдущего этапа разработки вариантов маршрутов технологического процесса в виде семейства множеств $K = \{K_1, K_2, \dots, K_i, \dots, K_n\}$, где n – количество кортежей технологических переходов. Каждый кортеж включает неупорядоченное множество идентификаторов поверхностей заготовки, обработку которых необходимо осуществить в рамках отдельной технологической операции. При этом для каждого кортежа известны модель оборудования и поверхности базирования, в соответствии с которыми определены варианты установочно-зажимных приспособлений.

Генерация вариантов СТО производится в следующей последовательности:

- на основе БД по технологическим возможностям оборудования и БД СТО генерируется множество R^c типоразмеров РИ, которые возможно установить на каждом станке, включённом в множество K ;
- из множества R^c выбирается множество R^{TB} типоразмеров РИ, которые соответствуют твёрдости обрабатываемых поверхностей;
- из множества R^{TB} выбирается множество R^M типоразмеров РИ, с помощью которых возможна обработка материалов данных поверхностей;
- из множества R^M выбирается множество R^3 в соответствии с типом ЭП;
- из множества R^3 выбирается множество R^T в соответствии с требуемой точностью обработки;
- определяется возможность применения каждого типоразмера РИ из множества R^T для обработки на каждом переходе в соответствии с размерами обрабатываемой поверхности.

В итоге формируется семейство множеств $R = (R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_n)$. Каждый элемент R_i – это множество идентификаторов типоразмеров РИ, которые могут быть использованы для обработки на i -м переходе. Для каждого элемента множества из семейства R имеется множество типоразмеров вспомогательного инструмента (ВИ) $V_{ij} = (V_{ij1}, V_{ij2}, \dots, V_{ijk}, \dots, V_{ijp})$, где $k=1..p$, p – количество типоразмеров ВИ для j -го типоразмера РИ на i -м переходе. Множества типоразмеров ВИ объединены в семейство $V = (V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_n)$, где n – количество переходов. Каждый $V_i = (V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{ij}, \dots, V_{im})$, где m – количество типоразмеров РИ для i -го перехода.

На следующем этапе производится отсев нерациональных вариантов РИ и ВИ по критерию однородности применяемой оснастки, так как он обеспечивает инвариантность структур операций и позволяет выполнить требование взаимозаменяемости различных составных частей и элементов технологических операций. В результате образуется множество вариантов РИ R' и множество вариантов ВИ V'' , с помощью которых возможна обработка на соответствующих переходах.

Весьма трудоёмкая задача выбора рациональных вариантов режущего и вспомогательного инструмента решается с применением математического аппарата динамического программирования. Сформулируем задачу выбора рациональных вариантов РИ в терминах данной теории.

Шаговые управления $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ – решения по выбору какого-либо типоразмера РИ для обработки на i -м шаге (технологическом переходе). При этом выигрыш при i -м шаговом управлении равен w_i . Управление операцией $x = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}$ – совокупность шаговых управлений. Требуется найти такое управление $x^* = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_i^*, \dots, x_n^*\}$, при котором суммарный выигрыш W обращается в максимум.

$$W = \sum_{i=1}^m w_i \rightarrow \max. \quad (1)$$

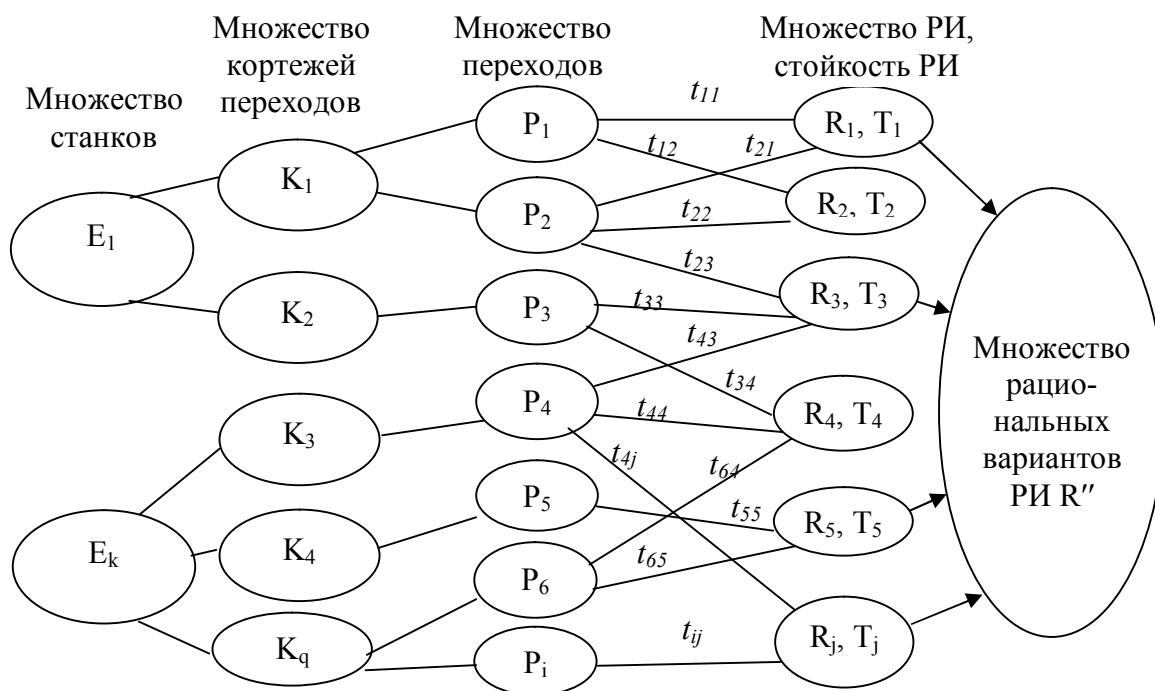


Рис. 1. Схема выбора рациональных вариантов РИ

В качестве критерия оптимизации выбирается суммарное основное время $t_{0\Sigma}$, которое определяется суммой основных времён каждого перехода для всех рассматриваемых фрезерных операций. Для решения задачи выбора рациональных вариантов РИ требуется подобрать такие комбинации РИ, чтобы $t_{0\Sigma}$ было минимальным. Время бессменной работы t_{0j} для j -го РИ ограничивается периодом стойкости T_j .

$$t_{0j} = \sum_{r=1}^p (t_{0j})_r \cdot N_r \leq T_j, \quad (2)$$

где p – количество различных деталей, для обработки которых используется j -й инструмент; N_r – размер партии r -й детали. Поэтому ещё одним критерием оптимизации технологической операции является количество смен РИ a_{ij} , которое должно быть сведено к минимуму.

Состояние системы на каждом i -м шаге характеризуется вектором $S_i = \{j, \tau_{ij}\}$, который означает, что перед выполнением i -го перехода использовался j -й типоразмер РИ, и его использованный ресурс равен τ_{ij} .

Запишем функцию выигрыша и функцию изменения состояния системы для каждого шага

$$w_i = f_i(S_i, x_i), \quad (3)$$

$$S' = \varphi_i(S_i, x_i). \quad (4)$$

Основное рекуррентное уравнение

$$W_i(S_i) = \max_{x_i} \{f_i(S_i, x_i) + W_{i+1}(\varphi_i(S_i, x_i))\} \quad (5)$$

выражает условный оптимальный выигрыш $W_i(S_i)$ (начиная с i -го шага и до конца) через уже известную функцию $W_{i+1}(S')$. Этому выигрышу соответствует условное оптимальное управление на i -м шаге $x_i(S_i)$.

Решение задачи начинается с проведения условной оптимизации последнего n -го шага, вычисляя для возможных вариантов РИ на этом шаге условный оптимальный выигрыш

$$W_n(S_n) = \max_{x_n} \{f_n(S_n, x_n)\}, \quad (6)$$

и находя условное оптимальное управление $x_n(S_n)$. Далее проводится условная оптимизация $(n-1)$ -го, $(n-2)$ -го и т. д. шагов по формуле (5). В итоге остаётся произвести безусловную оптимизацию управления, учитывая полученные рекомендации на каждом шаге. В результате формируются множества R'' и V''' , которые могут быть использованы на последующих этапах проектирования операций фрезерной обработки.

Следующим этапом проектирования технологической операции является разработка рациональной структуры операции. Ввиду конструктивных особенностей оборудования и многономенклатурного характера производства задача проектирования структур технологических операций для оборудования фрезерной группы сводится к выбору рациональной последовательности технологических переходов в каждом кортеже.

На вход подсистемы проектирования структур операций поступает множество кортежей переходов $K = \{K_1, K_2, \dots, K_n\}$, где n – количество кортежей. Обозначим $S = \{S_1, S_2, \dots, S_j, S_{j+1}, \dots, S_{p-1}, S_p\}$ – множество различных ЭП, где $j=1..p$; p – количество ЭП. Рассмотрим все возможные сочетания двух ЭП без учёта порядка обработки: $S_1 - S_2, \dots, S_1 - S_j, S_1 - S_{j+1}, \dots, S_1 - S_{p-1}, S_1 - S_p, \dots, S_2 - S_j, S_2 - S_{j+1}, \dots, S_2 - S_{p-1}, S_2 - S_p, \dots, S_j - S_{j+1}, \dots, S_j - S_{p-1}, S_j - S_p, S_{j+1} - S_{p-1}, S_{j+1} - S_p, S_{p-1} - S_p$. В связи с тем, что в одном кортеже может быть несколько ЭП одинакового типа, имеют место и следующие пары: $S_1 - S_1, S_2 - S_2, S_j - S_j, S_{j+1} - S_{j+1}, S_{p-1} - S_{p-1}, S_p - S_p$. Предположим следующие возможные последовательности обработки пар ЭП (рис. 2).

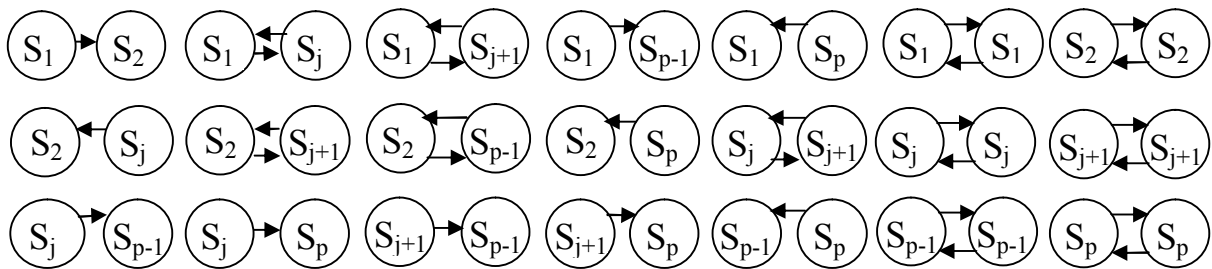


Рис. 2. Возможные последовательности обработки пар элементарных поверхностей

Исходящая стрелка обозначает, что данная ЭП должна быть обработана раньше поверхности, на которую указывает стрелка. Если между обозначениями ЭП указаны две противоположно направленные стрелки, то для данной пары ЭП возможен любой порядок обработки.

Число вариантов последовательностей стремительно возрастает с увеличением количества обрабатываемых поверхностей в кортеже. В связи с этим для удобства представления и обработки информации воспользуемся математическим аппаратом теории графов и объединим все схемы возможных последовательностей обработки ЭП в одну (рис. 3). После объединения данных пар вершин в граф $G=(V, E)$, где

$V=\{S_1, S_2, \dots, S_j, S_{j+1}, \dots, S_{p-1}, S_p\}$ – множество вершин, эквивалентное множеству S ; $E=\{(S_1, S_2), (S_1, S_j), (S_j, S_1), (S_1, S_{j+1}), (S_{j+1}, S_1), (S_1, S_{p-1}), (S_p, S_1), (S_j, S_2), (S_2, S_{j+1}), (S_{j+1}, S_2), (S_2, S_{p-1}), (S_{p-1}, S_2), (S_p, S_2), (S_j, S_{j+1}), (S_{j+1}, S_j), (S_j, S_{p-1}), (S_j, S_p), (S_{j+1}, S_{p-1}), (S_{j+1}, S_p), (S_p, S_{p-1}), (S_1, S_1), (S_2, S_2), (S_j, S_j), (S_{j+1}, S_{j+1}), (S_{p-1}, S_{p-1}), (S_p, S_p)\}$ – множество ориентированных рёбер, получаем модель выбора возможных последовательностей обработки ЭП.

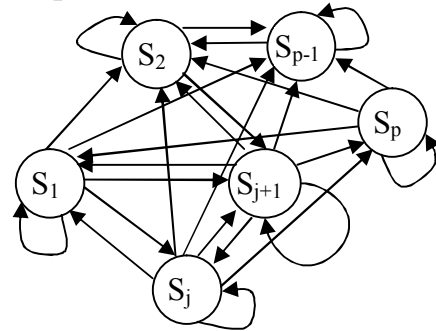


Рис. 3. Граф возможных последовательностей обработки ЭП

Для определения возможной последовательности обработки i -го кортежа, состоящего из m переходов, из графа G выбирается подграф, вершины которого соответствуют обрабатываемым поверхностям в кортеже. Затем определяется последовательность обработки путём обхода вершин по стрелке с соблюдением следующих условий: 1) каждая вершина должна включаться в маршрут столько раз, сколько встречается в кортеже технологических переходов ЭП, соответствующая данной вершине; 2) для каждой вершины E_j , где $j=2..m$, не должно быть исходящей дуги в направлении предыдущих вершин E_k , где $k=1..(j-1)$, либо между этими вершинами должны быть противоположно ориентированные дуги.

Отсев нерациональных вариантов последовательностей переходов в первую очередь производится по степени точности обработки. Если на предшествующем переходе $k_{ij(q-1)'}$ необходимо достичь более высокой точности, чем на последующем k_{ijq}' , то такие варианты отсеиваются. Далее для каждого кортежа переходов, у которого $m>1$, в каждом варианте последовательности переходов производится сравнение относительного расположения поверхностей, обрабатываемых на смежных переходах $k_{ij(q-1)'}$ и k_{ijq}' , где $q=2..m$. Обозначим x_{q-1} координату x нулевой точки O для поверхности, обрабатываемой на переходе $k_{ij(q-1)'}$, и x_q – координату x нулевой точки O для поверхности, обрабатываемой на переходе k_{ijq}' . Если $x_{q-1}+l_{4(q-1)}>x_q$, то производится сравнение расположения поверхностей относительно оси Ox . Обозначим u_{q-1} кратчайшее расстояние от оси Ox до поверхности, обрабатываемой на переходе $k_{ij(q-1)'}$, и u_q – кратчайшее расстояние от оси Ox до

поверхности, обрабатываемой на переходе k_{ijq}' . Если $u_{q-1} < u_q$, то такой вариант последовательности отсеивается.

На следующем этапе производится выбор рациональных вариантов последовательностей обработки. Основным признаком для этого выбора является штучно-калькуляционное время $T_{шт.к}$ на каждой операции. Преимущество имеет тот вариант последовательности обработки, при котором $T_{шт.к}$ минимально. Сокращение $T_{шт.к}$ может быть достигнуто путём уменьшения количества смен инструмента в рамках одной операции или за счёт уменьшения количества переустановок заготовки.

Таким образом, на выходе подсистемы проектирования рациональной структуры технологической операции оказывается множество кортежей технологических переходов $K''' = \{K'''_1, K'''_2, \dots, K'''_n\}$. Для каждого кортежа имеется множество вариантов структур операций с упорядоченными в рациональной последовательности технологическими переходами.

Далее производятся расчёт режимов резания и нормирование операций в соответствии с традиционной методикой: 1) для каждого перехода в каждом варианте технологической операции рассчитывается глубина резания; 2) рассчитываются подача и скорость резания; 3) выбираются частота вращения РИ и подача по паспорту станка; 4) рассчитываются силы резания и мощность; 5) если мощность превышает допустимое значение для данного станка, то корректируются значения подачи и частоты вращения; 6) рассчитывается основное время; 7) из множества вариантов операции выбирается операция с минимальным основным временем; 8) рассчитывается штучно-калькуляционное время; 10) результаты сохраняются в БД рациональных вариантов технологических операций.

Таким образом, на выходе блока проектирования технологических переходов имеется БД рациональных вариантов технологических операций, на основе которой формируются задания на разработку управляющих программ для станков ЧПУ и необходимая технологическая документация.

В третьей главе на основе разработанных моделей производится формирование алгоритмического и программного обеспечения подсистемы проектирования технологических операций для оборудования фрезерной группы и осуществляется разработка информационного обеспечения данной подсистемы на основе создания БД СТО для оборудования фрезерной группы, а также приводится методика заполнения БД по технологическим возможностям оборудования фрезерной группы.

Для обеспечения работы подсистемы генерации вариантов СТО разработана такая структура БД СТО, которая отражает необходимые связи между элементами производственной системы. В существующих БД такие связи отсутствуют, поэтому разработанная БД СТО обладает преимуществом, так как позволяет в автоматизированном режиме по заранее заданным критериям генерировать все возможные варианты СТО. В соответствии со структурой БД СТО были разработаны алгоритмы и программные

процедуры заполнения БД СТО для оборудования фрезерной группы. Это позволило образовать необходимое информационное обеспечение подсистемы проектирования технологических операций.

На основе теоретических положений главы 2 разработаны алгоритмы и программные процедуры генерации возможных вариантов, отсева нерациональных и выбора рациональных вариантов оснастки. В соответствии с моделью подсистемы выбора возможных вариантов структур операций разработаны алгоритм генерации вариантов структур операций фрезерной обработки (рис. 4) и соответствующая программная процедура.

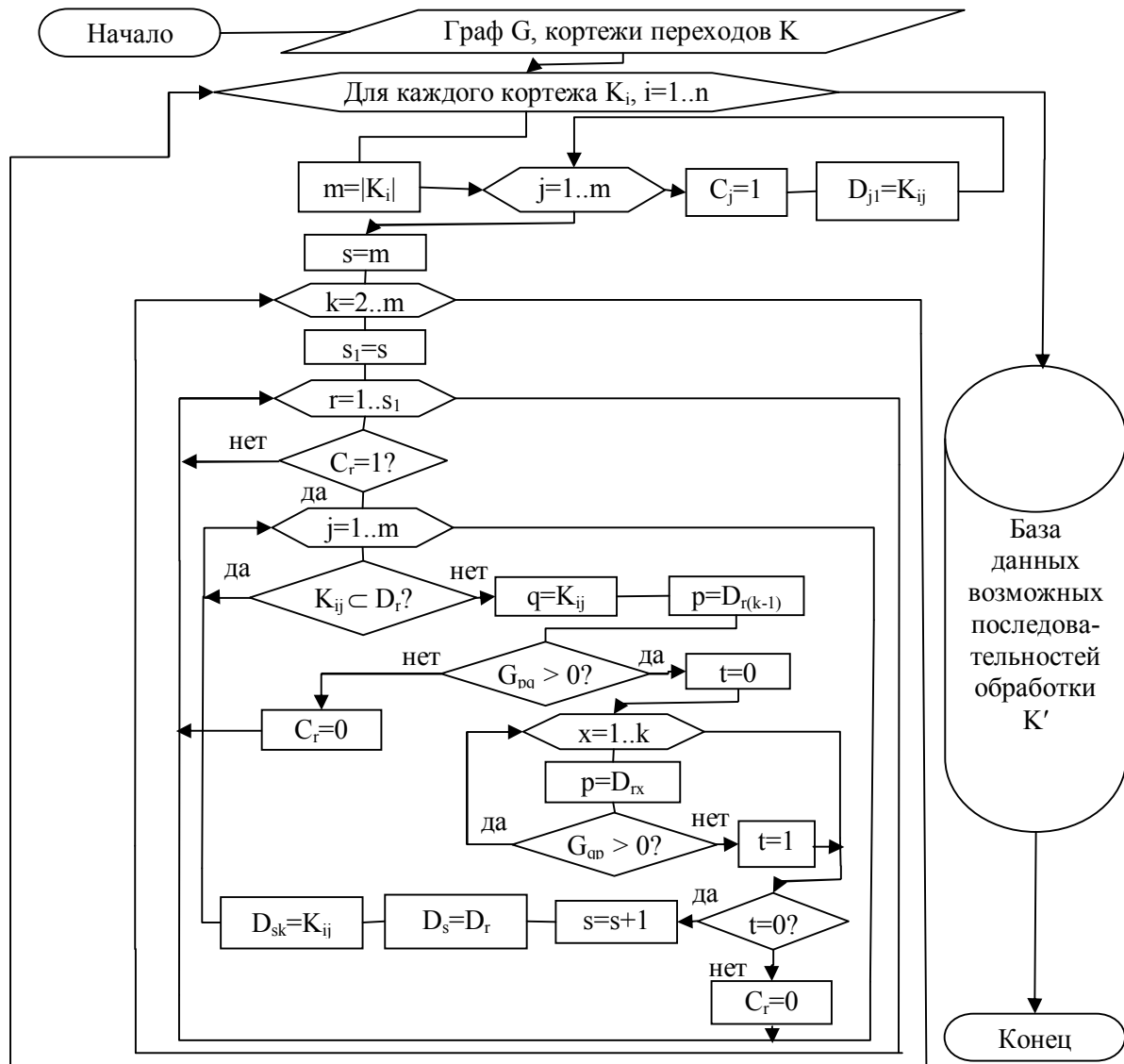


Рис. 4. Алгоритм выбора возможных вариантов структур операций

Разработаны алгоритмы и программы для отсева нерациональных и выбора рациональных вариантов структур технологических операций. Для расчёта режимов резания и норм времени сформирован автоматизированный банк данных. Для формирования комплекта технологической документации разработаны электронные версии документов в соответствии с ЕСТД и программа для их заполнения и вывода на печать.

В четвёртой главе представлена методика проверки работоспособности разработанной автоматизированной подсистемы проектирования технологических операций для оборудования фрезерной группы на ФГУП «Саратовский агрегатный завод». Приводится пример заполнения БД по технологическим возможностям оборудования фрезерной группы и БД СТО для оборудования фрезерной группы. С помощью автоматизированной подсистемы проектирования технологических операций для оборудования фрезерной группы разрабатываются технологические операции фрезерной обработки для выбранных деталей типа тел вращения. В итоге формируются эскизы технологических операций и стандартные операционные карты, по которым осуществляется обработка опытных образцов. Проверка качества полученных деталей позволяет сделать вывод о работоспособности разработанной автоматизированной системы проектирования технологических операций для оборудования фрезерной группы.

Выполнен расчёт технико-экономических показателей внедрения автоматизированной системы проектирования технологических операций фрезерной обработки на ФГУП «Саратовский агрегатный завод», который показал, что ожидаемый годовой экономический эффект за счёт повышения качества изделий составляет 356848,39 руб., годовой эффект за счёт сокращения времени разработки технологических операций составит 181664 руб., рост производительности труда технологов составит 443%.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В результате анализа возможностей современных автоматизированных систем ТПП по части их применения при проектировании технологических операций для оборудования фрезерной группы в качестве основы для создания автоматизированной подсистемы проектирования технологических операций фрезерной обработки выбрана разрабатываемая в Саратовском государственном техническом университете автоматизированная система планирования ТП. Это обусловлено тем, что в качестве методологической основы в данной системе используется концепция гибких технологических процессов, что в сочетании с методом синтеза проектных решений по большей мере удовлетворяет условиям функционирования многономенклатурных механообрабатывающих производств с позиции гибкости и обеспечивает максимальную степень автоматизации проектирования.

2. Развита методика проектирования технологических операций в рамках АСПлТП относительно операций, выполняемых на фрезерном оборудовании, благодаря систематизации и формализации методов выбора СТО и формирования структур операций фрезерной обработки. На основе предложенной методики разработана модель автоматизированной подсистемы проектирования технологических операций фрезерной обработки в рамках АСПлТП, что позволило создать методическое обеспечение подсистем: выбора СТО; формирования структур операций; расчёта режимов резания и нормирования операций; формирования управляющих программ

для станков с ЧПУ и формирования комплекта технологической документации для операций фрезерной обработки. В результате был полностью формализован процесс проектирования технологических операций фрезерной обработки для деталей типа тел вращения.

3. Разработаны алгоритмы и программные процедуры генерации возможных вариантов технологической оснастки, отсева нерациональных и выбора рациональных вариантов оснастки, генерации вариантов структур операций, отсева нерациональных и выбора рациональных вариантов структур операций для оборудования фрезерной группы. Это позволило сформировать алгоритмическое и программное обеспечение автоматизированной подсистемы проектирования операций фрезерной обработки. Использование данной подсистемы приводит к совершенствованию ТПП за счёт сокращения времени проектирования операций обработки деталей типа тел вращения на оборудовании фрезерной группы.

4. На основе систематизации технологических знаний и установления связей между элементами, участвующими в процессе проектирования операций фрезерной обработки, разработано информационное обеспечение:

- БД СТО для оборудования фрезерной группы, обеспечивающая возможность функционирования подсистемы генерации вариантов технологической оснастки;
- автоматизированный банк данных для подсистемы расчёта режимов резания и норм времени;
- электронные версии документов и программа для их заполнения и вывода на печать, что обеспечивает формирование комплекта технологической документации в соответствии с ЕСТД в автоматическом режиме.

5. Подтверждена работоспособность разработанной подсистемы проектирования технологических операций фрезерной обработки в рамках действующего многономенклатурного производства на ФГУП «Саратовский агрегатный завод». Расчёт технико-экономических показателей внедрения автоматизированной подсистемы проектирования технологических операций фрезерной обработки показал, что суммарный годовой экономический эффект составил 538512,39 руб., время проектирования технологических операций сократилось в 4,4 раза.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Митин С. Г. Генерация и отсев вариантов технологической оснастки при автоматизированном проектировании операций для оборудования фрезерной группы / С. Г. Митин, П. Ю. Бочкарев // Вестник Саратовского государственного технического университета.– 2009. №2 (39).– С.25–31.

2. Митин С. Г. Подсистема проектирования рациональной структуры технологических операций для оборудования фрезерной группы. / С. Г. Митин // Вестник Саратовского государственного технического университета.– 2009. №3 (41).– С.141–144.

Публикации в других изданиях

3. Митин С. Г. Формирование элементарных поверхностей для обработки на станках фрезерной группы / А. В. Пластинкин, С. Г. Митин // Прогрессивные направления развития технологии машиностроения: сб. науч. тр.–Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2007.– С.154–157.

4. Митин С. Г. Формирование базы данных по технологическим возможностям оборудования сверлильной и фрезерной групп для автоматизированной системы планирования технологических процессов / С. Г. Митин, Т. И. Зубарь // Прогрессивные технологии в современном машиностроении: сб. статей III Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: Приволж. Дом Знаний, 2007.– С.51–53.

5. Митин С. Г. Разработка методологии автоматизированного проектирования технологических операций для оборудования сверлильной и фрезерной групп / Т. И. Разманова, С. Г. Митин // Методы и средства управления технологическими процессами: МСУТП–2007: материалы IV Междунар. конф.–Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007.– С.216–218.

6. Митин С. Г. Формирование базы данных по технологическим возможностям оборудования фрезерной группы / С. Г. Митин // XV Туполевские чтения: Международная молодежная научная конференция, 9–10 ноября 2007 года: материалы конф. Т.1.–Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2007.– С.114–116.

7. Митин С. Г. Формирование базы данных средств технологического оснащения для оборудования фрезерной группы / С. Г. Митин // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-21 : сб. тр. XXI Междунар. науч. конф.: в 10 т. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т., 2008. Т. 4.– С.54–57.

8. Митин С. Г. Алгоритм выбора режущего и вспомогательного инструмента для обработки заготовок на оборудовании фрезерной группы / С.Г. Митин // Современные технологии в машиностроении: сб. статей XII Междунар. науч.-практ. конф.– Пенза: Приволж. Дом Знаний, 2008.– С.111–113.

9. Митин С. Г. Выбор режущего и вспомогательного инструмента для оборудования фрезерной группы при автоматизированном проектировании технологических операций / С. Г. Митин // Исследование сложных технологических систем: сб. науч. тр.– Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2009.– С.121–124.

10. Митин С. Г. Модель генерации вариантов структур технологических операций для оборудования фрезерной группы / С. Г. Митин // Проблемы управления, передачи и обработки информации – АТМ-ТКИ-50: сб. трудов Междунар. науч. конф.– Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2009.– С.134–136.

Митин Сергей Геннадьевич

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОПЕРАЦИЙ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Автореферат

Корректор Л.А.Скворцова

Подписано в печать 11.11.09

Формат 60×84 1/16

Бум. офсет.

Усл. печ.л. 0,99(1,0)

Уч.-изд.л. 0,9

Тираж 100 экз.

Заказ

Бесплатно

Саратовский государственный технический университет

410054, Саратов, Политехническая ул., 77

Отпечатано в Издательстве СГТУ. 410054, Саратов, Политехническая ул., 77