

М 491132

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени Государственный техни-
ческий университет имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

БЕРДЫШЕВСКИЙ Александр Георгиевич

УДК 658.512.011.056:621.9-529

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ГРУППИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕ-
СКИХ ОПЕРАЦИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ НА
ОСНОВЕ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

Специальность 05.02.08 - Технология машиностроения

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва, 1990 г.

Работа выполнена в производственном объединении "Плутон" (г.Москва) и Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Государственном техническом университете им.Н.Э.Баумана.

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент
Р.З.Диланян

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
Султан-Заде Н. М.
кандидат технических наук, ведущий
научный сотрудник Заров Ю. В.

Ведущее предприятие - НПО Оргстанкинпром

Защита состоится "28" март 1990 г. на заседании специализированного Совета К 053.15.15 в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Государственном техническом университете им.Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им.

эм экземпляре, заверенный
ту адресу.

принял 1990 г.

Р.К.Мещеряков

Объем I п.л.

Заказ № 498

М 481132

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Современное машиностроительное производство на базе станков с ЧПУ и гибких производственных систем (ГПС) характеризуется постоянным уменьшением серийности изготавливаемой продукции. С целью сокращения неизбежных затрат на переналадку производственной системы применяется групповой метод обработки деталей.

Однако малочисленность номенклатуры (в среднем около восьми деталей) и небольшой объем производства (не более 4%) в ГПС, а также существенная доля потерь на переналадку оборудования с ЧПУ в общем фонде времени работы (от 10% до 40%) обуславливают необходимость совершенствования форм и методов групповой технологии в различных производственных условиях.

Ускорение сменяемости изделий привело к тому, что длительность цикла технологической подготовки производства (ТПП) стала сравнима со сроком их выпуска. Многократное сокращение цикла ТПП достигается за счет интеграции отдельных этапов, наиболее серьезным препятствием чему является различие в используемых на каждом из них математических моделях, никоим образом не связанных друг с другом. Это противоречит принципу системности и затрудняет согласование результатов ТПП.

Известные методы технологического проектирования не позволяют синтезировать технологические операции (ТО) переналадки производственной системы, от сложности и трудоемкости которых зависит гибкость и производительность последней.

Прослеживается тенденция повышения требований к достоверности и оперативности принимаемых технологических решений путем установления информационных взаимосвязей между ТПП и производством.

Таким образом, автоматизация и интеграция на основе математического, методического и информационного единства этапов проектирования, группирования, планирования ТО обработки деталей и переналадки оборудования, отработки и оценки конструкций деталей на производственную технологичность с целью наиболее эффективной реализации принципов групповой технологии в различных производственных условиях является актуальной задачей.

Цель работы. Снижение непроизводительных потерь рабочего

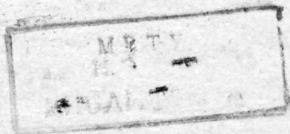
М 491132

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1491132

Бердышевский А.Г. Проектиро



времени оборудования с ЧПУ за счет принятия рациональных решений при интегрированном выполнении этапов ТПП.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились на базе научных основ технологии машиностроения и автоматизации производственных процессов, теории нечетких множеств, теории графов, теории принятия решений.

Экспериментальные исследования выполнялись в производственном объединении "Плутон" и лаборатории кафедры "Технология автоматизированного механосборочного производства" МГТУ им.Н.Э. Баумана.

Объектами исследования приняты производственная система и множество выполняемых в ней ТО.

Научная новизна.

1. Установлены взаимосвязи между процессом оценки, предварительного отбора наиболее эффективных вариантов и выбора окончательного решения при проектировании единичных и групповых ТО, объединении ТО в группы, планировании последовательности их выполнения, отработке конструкции детали на технологичность и составом, последовательностью, трудоемкостью проведения этапов подготовительно-заключительных работ.

2. Определены закономерности влияния изменений производственной ситуации на оценку и принятие решений при проведении указанных этапов ТПП в зависимости от интервала времени реализации проектных решений.

3. Определена зависимость технологии проведения подготовительно-заключительных работ от числа, состава и последовательности выполнения групп ТО.

4. Предложена система количественных критериев и показателей принадлежности единичной ТО к групповой, группе или последовательности ТО, отражающих абсолютные и относительные затраты (экономия затрат) на подготовительно-заключительные работы.

5. Выявлена общность и предложен единый математический аппарат на основе теории нечетких множеств, позволяющий формализовать задачи синтеза и анализа вариантов единичных и групповых ТО, групп ТО, последовательностей ТО.

Практическая ценность.

1. Разработана математическая модель производственной среды, предназначенная для синтеза и анализа технологических реше-

ний, рациональных с позиций групповой технологии и с учетом производственной ситуации.

2. Разработан общий алгоритм, комплекс методик интегрированного выполнения этапов обработки и оценки конструкций деталей на производственную технологичность, проектирования единичных и групповых операций обработки деталей и переналадки оборудования, группирования ТО, планирования ТО с использованием модели производственной среды.

3. На основе указанных методик разработан программный модуль автоматизированной системы ТПП, позволяющий сократить цикл ТПП за счет интегрированного проведения этапов ТПП и реализации процедуры направленного синтеза, а также уменьшить непроизводительные потери рабочего времени оборудования с ЧПУ за счет получения вариантов ТО, групп ТО, последовательностей ТО, конструкций деталей, обеспечивающих минимальные затраты подготовительно-заключительного времени в конкретных производственных условиях.

Реализация в промышленности. Результаты исследований прошли промышленную проверку и реализованы в виде программно-методического комплекса при создании интегрированной системы технологической подготовки и планирования производства для участка станков с ЧПУ. Ожидаемый годовой экономический эффект для участка из 32 станков с ЧПУ, подтвержденный расчетами и актами внедрения результатов исследований, равен 27060 руб., что в пересчете на один станок составляет 846 руб.

Реализация в учебном процессе. Разработанный программно-методический комплекс передан для использования в учебном процессе по курсу "Автоматизация технологического проектирования" кафедры "Технология автоматизированного механосборочного производства" МГТУ им. Н.Э.Баумана.

Апробация работы. Материалы исследований и диссертации в целом доложены и обсуждены на научных семинарах кафедры "Технология автоматизированного механосборочного производства" МГТУ им. Н.Э.Баумана в 1986-1989 гг., научно-технических конференциях "УИ отраслевая научно-практическая конференция молодых специалистов" (г.Горький, 1987 г.), "Создание гибких производственных систем механической обработки и опыт их эффективной эксплуатации в промышленности" (г.Киев, 1989 г.), "Рациональная эксплуатация и инструментальное обслуживание станков с ЧПУ и ГПС" (г.Пенза, 1989г.),

"Проблемные вопросы развития и повышение эффективности внедрения автоматических производственных комплексов с разной степенью технологической гибкости" (г.Ташкент, 1989 г.).

Публикации. Основной материал диссертации изложен в семи печатных работах, список которых приведен в конце автореферата.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы из 181 наименования, приложений и содержит 133 страницы основного текста, 6 таблиц, иллюстрируется рисунками на 84 страницах. Общий объем диссертационной работы - 252 стр., приложений - 10 стр.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, формулируется цель, задачи, объекты и научная новизна исследования, приводятся основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ состояния и тенденций развития групповой и единичной технологии изготовления деталей на станках с ЧПУ и форм технологической подготовки производства.

Выявлены особенности процессов наладки и переналадки оборудования с ручным управлением, станков с ЧПУ и ГПС при единичном изготовлении деталей и групповом методе обработки, основы которого разработали ученые С.П.Митрофанов, J.L.Burbridge, I.Ham и другие.

Показано, что в концепциях групповой и единичной технологии процессам переналадки производственной системы уделяется недостаточное внимание, вследствие чего потенциальные возможности группового метода по их сокращению в условиях предприятий с невысоким уровнем унификации изделий используются не в полной мере.

Дается анализ различных подсистем ТПП, оказывающих непосредственное влияние на величину суммарных потерь на подготовительно-заключительные работы; в частности таких, как ТИС-76, MICLASS, EXGT (группирование деталей и отработка их конструкций на технологичность), ГРУПППРОЦЕСС, АДРЕС, MISCHEDULE, CAIP-T, ТОМ, AUTAP, XPLANE, GART, EXCADE (технологическое проектирование), АВТОПЛАН, ISIS, MADEMA (планирование последовательности обработки) и других.

Показано, что при групповой и единичной формах ТПП практи-

чески отсутствуют способы количественной оценки различных вариантов конструкций деталей, технологических операций и последовательностей их выполнения по затратам на подготовительно-заключительные работы в зависимости от меняющейся производственной ситуации. Так, при групповой форме ТП, в основу которой положен метод принятия решений адресацией к комплексной детали, групповому технологическому процессу, группе, имеет место замена критерия минимальности суммарного подготовительно-заключительного времени на критерий совпадения конструкторско-технологических признаков, что, при наличии многочисленных процессов переналадки, не гарантирует реальное сокращение последних. Кроме того, метод адресации не позволяет проводить структурную оптимизацию технологического процесса и требует наличия объемного архива объектов-аналогов.

Единичная форма ТП базируется на более прогрессивном методе принятия решений на основе синтеза, однако никоим образом не ориентирована на групповую технологию.

Отмечено, что существующие методы технологического проектирования не обеспечивают формирование операций переналадки оборудования.

Обращено также внимание на слабые взаимосвязи существующих подсистем ТПП с производством и на существенные различия математических моделей, методических подходов, используемых на отдельных этапах ТПП.

На основании проведенного анализа и в соответствии с целью работы поставлены следующие задачи исследования:

1. Разработать "гибкий" подход к формированию групп ТО, позволяющий варьировать степень общности применяемого в операциях средств оснащения с целью более полного использования потенциальных возможностей групповой технологии по критерию минимальности затрат на подготовительно-заключительные работы.

2. Разработать "гибкий" подход к групповой форме ТП, позволяющий сочетать преимущества метода принятия решений на основе синтеза с преимуществами групповой технологии.

3. Разработать единую математическую модель производственной среды, предназначенную для синтеза и анализа вариантов конструкций деталей, операций обработки, групп и последовательностей ТО.

4. Разработать систему количественных критериев и показателей принадлежности единичной ТО к групповой, группе или последовательности ТО, отражающих абсолютные и относительные затраты (экономия затрат) на подготовительно-заключительные работы.

5. Разработать методики интегрированного проведения следующих этапов ТПП:

- проектирования единичных ТО обработки;
- проектирования групповых ТО обработки;
- проектирования операций наладки и переналадки оборудования;
- группирования ТО;
- планирования ТО;
- отработки и оценки конструкции детали на технологичность.

6. Разработать алгоритмы и программный модуль, внедрить результаты исследований в производство с определением экономического эффекта.

Во второй главе изложены теоретические положения "гибкого" подхода к формированию групп технологических операций, предложена система критериев и показателей принадлежности одной единичной ТО к другой, единичной ТО к групповой, группе ТО и последовательности ТО; разработана математическая модель производственной среды как основа для синтеза и анализа вариантов конструкций деталей, групповых и единичных ТО обработки деталей и переналадки оборудования, групп ТО, последовательности выполнения ТО в условиях групповой технологии.

Показано, что в основе многих известных математических моделей, используемых при выборе оборудования, средств оснащения на этапах технологического проектирования и отработки на технологичность; формировании групп деталей и упорядочении выполнения ТО (в дальнейшем - планировании ТО), лежат взаимосвязи между технологическими объектами, определяемые процессами наладки (переналадки).

Дано определение производственной среды P , состоящей из элементов $З$, как совокупности переналаживаемых составляющих производственной системы. Под производственной ситуацией Ψ в данном случае понимается текущее состояние элементов производственной среды, отражающее возможность их использования для очередной ТО. Конкретное содержание понятия "элемент производствен-

ной среды" (ЭПС) определяется, во-первых, исходя из удобства его представления и описания некоторым набором технологических характеристик в интегрированном банке данных (например, режущие инструменты, приспособления и т.д.); и, во-вторых, процессом проведения необходимых этапов подготовительно-заключительных работ (например, чистовые контурные резцы, требующие дополнительного пробного прохода при настройке на размер и т.п.).

Учитывая, что в какой-либо интервал времени T в производственной системе выполняется некоторое множество технологических операций $\{O\}$, состояние производственной среды Ψ описывается тройкой:

$$\Psi^T = \langle P, \{O\}^T, \Psi^T \rangle.$$

Предложено разбить весь промежуток времени от текущего момента до предполагаемого срока изготовления деталей, для которых осуществляется ТПП, на три интервала: диспетчерский T_d (ближайшие 1-2 смены); оперативный T_o (1 неделя или 1 месяц); перспективный T_p (свыше одного месяца). Рассмотрены особенности состояния производственной среды Ψ в каждый из указанных интервалов и показано, что меняется лишь множество $TO \{O\}$ и производственная ситуация Ψ .

Введено базовое понятие коэффициента принадлежности K_n , представляющего собой отношение возможной экономии времени наладки T_{nj} при переходе от одной TO к другой к общему времени наладки T_n на данную TO : $K_{nj}(O_i) = T_{nj} / T_n$; а также другие показатели. Формула для вычисления K_n может быть обобщена для некоторого множества (группы) TO :

$$K_{nh} = T_{nh} / T_n;$$

где T_{nh} и T_n — суммарная трудоемкость подготовительно-заключительных работ и предполагаемая (расчетная) их экономия.

Коэффициент K_n представляет собой прообраз характеристической функции μ теории нечетких множеств, и область его значений лежит в пределах: $K_n \rightarrow [0, 1]$.

Показано, что при групповом методе обработки коэффициент K_n равен либо 1 (при выполнении TO одной группы на определенном рабочем месте), либо 0 (при переходе к другой группе TO). При единичном изготовлении деталей предполагается проведение наладки всех ЭПС для каждой TO , вследствие чего значение K_n всегда нулевое.

Сформулированы положения "гибкого" подхода к групповому ме-

тоду, при котором возможно варьирование допустимой долей затрат на переналадку путем плавного изменения минимально допустимого значения коэффициента принадлежности K_n от 0 до 1 с целью увеличения численности ТО в группах, и определены производственные условия его эффективного применения. Поскольку в данном случае имеет место частичная общность ЭПС, применяемых в единичных ТО одной группы, групповая ТО и группа ТО названы "размытыми".

Математически производственная среда представлена в виде взвешенного ориентированного графа $P(Z, R)$, вершинами которого является множество ЭПС $\{Z\}$, а дугами отношения $\{R\}$ между ними, отражающие возможность и трудоемкость совместной наладки, использование в единичных и групповых ТО, работоспособность и наличие в производственной системе;

$$R_i(Z_n, Z_m) \in [0, 0.1].$$

В связи с изменением области определения, верхней и нижней ее границ, была пересмотрена система математических операций теории нечетких множеств и показана возможность моделирования с их помощью процессов переналадки, наладки производственной системы и т.п. при различных производственных условиях и методах обработки (единичном, групповом, в том числе с различной степенью "гибкости").

Рассматривается задача синтеза и анализа технологических решений на основе модели производственной среды на этапах обработки конструкций деталей на производственную технологичность, проектирования единичных и групповых операций обработки деталей и переналадки оборудования, группирования ТО, планирования ТО. Направленный синтез основан на локализации наиболее эффективных областей ЭПС и этапов их наладки, использование которых позволяет получить наиболее существенную экономию подготовительно-заключительного времени при выполнении некоторого множества ТО. Количество просматриваемых вариантов при этом сокращается. Анализ конструкций деталей, единичных и групповых ТО, групп ТО, последовательностей ТО осуществляется путем моделирования наладки (переналадки) производственной системы, расчета подготовительно-заключительного времени и его экономии с учетом текущей производственной ситуации и выбранного метода обработки.

Отбор допустимых и наиболее эффективных вариантов конструкции деталей, ТО, групп и последовательностей ТО производится сравнением рассчитанных в результате моделирования показателей

T_{3n} , K_n , K_{3n} с заранее заданными минимальными их значениями:

$$T_{3n;j} \geq [T_{3n}]; \quad K_{n,j}(0_i) \geq [K_n]; \quad K_{3n;j} \geq [K_{3n}];$$

где K_{3n} — коэффициент эффективности изготовления, представляющий собой долю ожидаемой экономии подготовительно-заключительного времени в процентах от общей трудоемкости изготовления партии деталей.

На основе тех же математических моделей проектируются операции переналадки оборудования для отдельных ТО обработки, при переходе от одной ТО к другой, выполнении группы и последовательности ТО.

При задании $[K_n]$ равным 1 либо 0 результаты проектирования аналогичны получаемым соответственно при групповой или единичной формах ТПП. Если же технолог варьирует значением $[K_n]$ в диапазоне от 0 до 1, то изменяется степень "размытости" получаемых групп ТО и групповых ТО.

В третьей главе рассматриваются методики проектирования единичных и групповых операций обработки деталей и переналадки оборудования, группирования ТО, планирования ТО, отработки и оценки конструкции деталей на технологичность с использованием модели производственной среды. Все методики проиллюстрированы примерами. Разработаны блок-схемы алгоритмов.

Суть предлагаемой методики проектирования единичных ТО методом синтеза заключается в предоставлении технологу возможности обоснованного выбора структуры операции, оборудования, приспособлений, режущих инструментов, схватов манипулятора и т.п. по критерию минимальности затрат на подготовительно-заключительные работы при групповой обработке новой совместно с серийно выпускаемыми деталями. Указанный критерий является нормированным и зависит от частоты применения каждого ЭПС (проведения этапов их наладки) в групповых ТО, единичных ТО, имеется ли данный ЭПС в производственной системе или отсутствует. В результате технологического проектирования выпускается документ "Операционная карта механической обработки", а после моделирования минимально необходимой переналадки — "Карта переналадки операции", в которой приведены рассчитанные значения подготовительно-заключительного времени.

Поскольку при проектировании единичных ТО определяется только принципиальная возможность исключения некоторых этапов подготовительно-заключительных работ при групповом методе обработки, на этапе проектирования групповых ТО и группирования ТО выявляются наиболее целесообразные для совместной обработки общности (группы) ТО.

"Размытые" групповые ТО синтезируются в диалоге, причем выбор ЭПС осуществляется на основе количественной оценки ожидаемой экономии подготовительно-заключительного времени при включении ЭПС в проектируемую групповую ТО. Оценка рассчитывается путем моделирования исключаемых этапов подготовительно-заключительных работ при создании некоторой "размытой" группы.

Состав каждой группы определяется сравнением рассчитанного коэффициента принадлежности K_n единичной ТО к групповой с минимально допустимым значением и затем окончательно уточняется в диалоге после моделирования переналадки ЭПС, используемых во всех единичных ТО данной группы. Выходными документами являются "Состав группы", а также (по результатам моделирования) "Карта переналадки группы", "Карта наладки групповой операции".

Так как после группирования не установлен порядок следования ТО в "размытых" группах, от которого непосредственно зависит конечный эффект по экономии затрат на подготовительно-заключительные работы, обязательно проведение этапа планирования ТО.

Планирование ТО представляет собой циклический процесс, на каждом шаге которого производится назначение очередных ТО из числа невыполненных и разрешенных для запуска на освободившиеся к текущему моменту времени T рабочие места. Синтез последовательности ТО технолог осуществляет в диалоге, ориентируясь на подготовительно-заключительное время, его экономию, коэффициенты K_n , $K_{\text{эл}}$, рассчитанные путем моделирования выполняемых и исключаемых в результате упорядочения ТО этапов подготовительно-заключительных работ. При необходимости формируются документы "Карта назначения операций", "Очередь операций", "Карта переналадки операции".

Отмечается, что известно большое количество методов оптимизации разбиения множества ТО на группы по количеству и составу, а также расписания работы производственной системы в целом, использующих в качестве исходных данных матрицы переналадок $||T_{n\alpha\beta}||$. Однако отсутствие способов оперативного получения таких матриц

затрудняет практическое применение указанных методов оптимизации. Показано, что с помощью предложенных математических моделей могут быть автоматически сформированы матрицы $\|T_{n,i,j}\|$, или более предпочтительные $\|T_{n,i}\|$, $\|K_{n,i}\|$, позволяющие проводить простую операцию разряжения с целью уменьшения размерности задачи.

Процесс отработки и оценки детали на технологичность на основе модели производственной среды представляет собой анализ возможности изменения конструкции таким образом, чтобы максимально использовать имеющиеся ЭПС, применяемые в групповых и единичных ТО, с минимальными затратами на переналадку при последующем изготовлении данной детали. Предлагаемая методика отработки на технологичность базируется на аналогичной диалоговой процедуре выбора оборудования и средств оснащения по нормированному критерию минимальности затрат на подготовительно-заключительные работы, что и при проектировании единичных ТО. Полученные варианты комплектов ЭПС, необходимые для изготовления новой детали с указанием тех ЭПС, которые в данный момент отсутствуют в производственной системе, выводятся в виде документа "Карта технологичности".

Количественной оценкой технологичности принят комплексный показатель K_n^* , вычисляемый по формуле:

$$K_n^* = \sum_{\alpha=1}^4 K_{n,i}^{\alpha} \cdot \eta_{\alpha} \rightarrow [0,1];$$

где $K_{n,i}^1 \dots K_{n,i}^4$ — коэффициенты принадлежности i -го комплекта ЭПС для изготовления новой детали к различным множествам ЭПС (этапам их наладки), используемым в групповых ТО, многократно и однократно применяемым в единичных ТО; имеющимся в наличии в производственной системе;

$\eta_1 \dots \eta_4$ — нормирующие множители.

Предлагается разбить область значений K_n^* на ряд интервалов и сопоставить каждому из них фразы типа "высокая технологичность", "приемлемая технологичность", устанавливая тем самым взаимосвязь между количественной и качественной ("размытой") оценками производственной технологичности детали в условиях "гибкого" подхода к групповому методу обработки.

Наиболее существенными отличиями разработанных методик от известных являются: сочетание преимуществ групповой технологии с преимуществами принятия решений методом синтеза на основе ко-

личественной оценки затрат на подготовительно-заключительные работы при различных методах обработки с учетом динамики производственной ситуации ("гибкий" подход к групповой форме ТП); "размытость" групп ТО, групповых ТО, оценок технологичности, позволяющая расширить область эффективного применения группового метода и повысить удобство общения технолога с ЭЕМ; возможность проектирования операций переналадки оборудования для отдельных операций обработки, переходе от одной ТО к другой, выполнении группы и последовательности ТО.

Отмечено, что математическое (модель производственной среды), методическое (синтез и анализ решений) и информационное (банк данных) единство разработанных методик обусловило интегрированное выполнение этапов обработки и оценки конструкций деталей на технологичность, проектирования единичных и групповых ТО, группирования ТО, планирования ТО.

Кроме того, предложенный подход позволяет рассматривать разработанную модель как инструмент рационализации и унификации производственной среды (средств оснащения, технологических операций), позволяющий путем моделирования переналадок производственной системы в процессе ее функционирования в различных производственных условиях изыскать пути повышения эффективности применения групповой технологии.

В четвертой главе изложена экспериментальная проверка разработанных методик проектирования, группирования, планирования ТО, обработки и оценки конструкции детали на технологичность и созданного на их основе программного модуля на примере интегрированной технологической подготовки производства для трех серийно изготавливаемых и одной новой деталей.

Для проведения эксперимента была выбрана производственная ячейка участка станков с ЧПУ производственного объединения "Плутон" на базе модели ИБ61ПМЭЗ.

Вначале в диалоге проектировались шесть единичных ТО изготовления трех указанных деталей (каждая из деталей обрабатывалась в две операции на станке ИБ61ПМЭЗ) с использованием предварительно созданной базы данных ЭПС, в которую затем вносились спроектированные ТО.

В процессе обработки на технологичность новой детали исследовалась возможность модификации ее конструкции таким образом,

чтобы применить при ее изготовлении имеющиеся в наличии приспособления, режущие и вспомогательные инструменты и другую оснастку. После моделирования производственной среды для шести ТО обработки трех серийных деталей определено, что в результате изменения предполагаемых для использования в качестве базовых поверхностей новой детали под соответствующие цанговые патроны, расчетная экономия времени наладки на ее обработку в условиях группового метода повышалась с нуля до 2,24 ч (100%) или до 2,11 ч (94%).

Для измененной конструкции новой детали в диалоге проектировались два варианта операции обработки, отличающиеся применением разных приспособлений. После моделирования минимально необходимой переналадки при групповом и единичном методах изготовления новой детали рассчитывалось подготовительно-заключительное время, ожидаемая его экономия и выпускалась технологическая документация.

Этапы проектирования "размытых" групповых ТО, группирования и планирования ТО проводились для всех восьми ТО, включая оба варианта ТО обработки новой детали.

Моделирование среды группирования производилось с использованием указанных ТО, хранящихся в банке данных. После чего были спроектированы две "размытые" групповые ТО.

Синтезированные "размытые" групповые ТО считались центрами группирования при создании "размытых" групп, в каждую из которых включались те ТО, объединение которых возможно и обеспечивает сокращение подготовительно-заключительного времени ($K_n \geq 0$).

Далее в диалоге уточнялся состав каждой "размытой" группы, причем более предпочтительным оказалось оставить второй вариант ТО обработки новой детали, считавшийся на предыдущих этапах ТПП менее рациональным. Экономия времени наладки в результате создания двух групп, рассчитанная на основе моделирования, составила 9,91 ч и 4,22 ч.

На этапе планирования ТО вначале уточнялась производственная ситуация - количество деталей в партиях, состояние рабочих мест (предполагалось, что к началу планирования на станках ИБ11ПМФ3 обработка закончилась и наладка сохранена).

Затем осуществлялось моделирование вариантов назначения ТО на освободившиеся рабочие места с расчетом количественных оце-

нок трудоемкости подготовительно-заключительных работ, которые выводились на экран дисплея в виде меню. Количество информации оказалось слишком велико и неудобно для принятия решения. После увеличения допустимого значения коэффициента принадлежности K_n с нуля до 0,15 было повторно сформировано меню с меньшим числом наиболее эффективных вариантов назначения ТО ($K_n \geq 0,15$), из которых и был выбран окончательный. В результате была достигнута суммарная экономия времени наладки 4,22 ч (97%), что составляет 6,93% от общего времени обработки партий деталей. Далее осуществлялся синтез последовательности выполнения ТО для каждого рабочего места путем циклического повторения процедуры назначения ТО через дискрету планирования, равной одной смене. В итоге получена суммарная экономия подготовительно-заключительного времени 9,65 ч (71%), что составляет 12,45% от общего времени изготовления деталей, из ТО обработки которых формировалась очередь.

На каждом этапе ТПП выпускались следующие документы: "Карта технологичности" (отработка на технологичность); "Операционная карта механической обработки" (проектирование); "Карта наладки групповой операции", "Состав группы", "Карта переналадки группы" (группирование); "Карта назначения операций", "Очередь операций" (планирование); "Карта переналадки операций" (на всех этапах ТПП).

В пятой главе приведены результаты внедрения выполненных исследований в производство.

Показано, что экономический эффект достигается путем уменьшения подготовительно-заключительного времени на переналадку оборудования в 1,3 - 2 раза за счет принятия рациональных решений на всех вышеуказанных этапах ТПП; проведения нескольких итераций ТПП, организации процесса переналадок с помощью документов, регламентирующих этот процесс; а также сокращения цикла ТПП в 2-4 раза за счет интеграции отдельных его этапов, в том числе с подсистемой календарного планирования, реализации процедуры направленного синтеза решений.

Приведен расчет ожидаемого экономического эффекта от внедрения результатов работы в ТПП участка станков с ЧПУ ПО "Плутон".

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. В условиях конструктивного разнообразия деталей целесообразно применение "гибкого" подхода к групповому методу обработки, более реально отражающего технологические и организационные

особенности различных производств (в том числе при невысоком уровне унификации выпускаемых изделий). С помощью коэффициента принадлежности осуществляется регулирование степеней "размытости" групп технологических операций с целью минимизации затрат на переналадку производственной системы.

2. Использование "гибкого" подхода к групповой форме ТПП на основе модели производственной среды позволяет синтезировать рациональные варианты единичных и групповых ТО, групп и последовательностей ТО с различной степенью принадлежности ("размытости") единичных ТО к групповым, группам ТО, друг к другу, руководствуясь рассчитанными оценками затрат на подготовительно-заключительные работы. Процедура направленного синтеза решений повышает производительность проведения ТПП.

3. Моделирование производственной среды обеспечивает формирование операций переналадки оборудования при выполнении отдельных ТО обработки деталей, групп ТО, переходе от одной ТО к другой.

4. Разработанная модель производственной среды может быть использована для анализа состава производственной системы с целью унификации и типизации конструкций оснастки и технологии обработки.

5. Математическое и информационное единство разработанных методик обуславливает проведение ТПП в интегрированном режиме с учетом реальной производственной ситуации для любых интервалов времени реализации проектных решений.

6. Научные результаты, полученные в данном исследовании, могут быть использованы при создании интегрированных систем проектирования и изготовления на базе любого оборудования, требующего ощутимых затрат на переналадку.

7. Программный модуль, созданный на основе разработанных методик, прошел промышленную проверку и реализован при создании и эксплуатации системы подготовки группового производства для участка станков с ЧПУ обработки деталей типа тел вращения, что позволяет снизить трудоемкость подготовки производства и сократить суммарные затраты на переналадку оборудования с 22,1% до 12,2% от эффективного фонда времени. Ожидаемый годовой экономический эффект равен 27060 руб., что в пересчете на один станок составляет 846 руб.

Основные результаты диссертации отражены в работах:

1. Диланян Р.З., Бердышевский А.Г., Кравченко И.И. Автоматизация проектирования процессов обработки деталей на станках с ЧПУ на основе имитационного моделирования производственной среды // Известия ВУЗов. Машиностроение. - 1988. - № 4. - С.130-134.

2. Диланян Р.З., Бердышевский А.Г. Группирование операций обработки на станках с ЧПУ с использованием модели производственной среды // Известия ВУЗов. Машиностроение. - 1988. - № II. - С.131-137.

3. Бердышевский А.Г. Автоматизация технологической подготовки и планирования производства для станков с ЧПУ на основе модели производственной среды // Электронная техника. Технологии, организация производства и оборудование. - 1989. - Вып. 4 (155). - С.28-32.

4. Бердышевский А.Г. Минимизация подготовительно-заключительного времени в системе технологической подготовки и планирования производства для станков с ЧПУ // Рациональная эксплуатация и инструментальное обслуживание станков с ЧПУ и ГПС: Тез.докл. зональной конф. - Пенза, 1989. - С.25-27.

5. Диланян Р.З., Бердышевский А.Г. Определение последовательности выполнения операций обработки на станках с ЧПУ с использованием модели производственной среды // Известия ВУЗов. Машиностроение. - 1989. - № 8. - С.103-108.

6. Диланян Р.З., Бердышевский А.Г. Интегрированная система технологической подготовки и планирования гибкого группового производства // Проблемные вопросы развития и повышение эффективности внедрения автоматических производственных комплексов с разной степенью технологической гибкости: Тез.докл.респ.конф. - Ташкент, 1989. - С.40-41.

7. Бердышевский А.Г. Проектирование операций переналадки оборудования с ЧПУ с использованием модели производственной среды // Известия ВУЗов. Машиностроение. - 1989. - № 10. - С.143-148.

