

Розглядається розвиток підходів до побудови та систем підтримки прийняття рішень, з використанням яких здійснюється вибір структурних схем процесів механообробки

Ключові слова: прийняття рішень, управління, структурна схема

Рассматривается развитие подходов к построению и систем поддержки принятия решений, с использованием которых осуществляется выбор структурных схем процессов механообработки

Ключевые слова: принятие решений, управление, структурная схема

Describes the development of approaches to the construction and decision support systems, using which one choose the structural scheme of machining processes

Key words: structural technological diagram, efficiency criterion

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ СТРУКТУРАМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Е. В. Козлова

Кандидат технических наук, доцент
 Кафедра кибернетики и вычислительной техники
 Севастопольский национальный технический университет
 ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053
 Контактный тел.: (0692) 54-72-30, 050-17-87-418
 E-mail: Kozlova57@mail.ru

Введение

Целью автоматизации современного производства является повышение его эффективности не только за счёт автоматизации отдельных технологических операций, но и за счёт повышения эффективности использования всего технологического оборудования в целом для производства единицы продукции, что требует качественного управления им на всех уровнях. Сложность объектов управления современных автоматизированных производственных систем постоянно возрастает, поэтому возрастает и значение соответствующих управляющих информационных систем, которые действуют в условиях большого разнообразия производственных заданий и производственных ситуаций.

Задача управления сложными объектами, какими и являются производственные процессы (ПП), требует сложного методического и алгоритмического обеспечения, разработка которых представляет собой отдельную и не всегда алгоритмически разрешимую проблему.

Поэтому наиболее перспективным в области управления ПП является направление исследований, возникшее на стыке теории автоматического управления, теории принятия оптимальных решений, математической логики и информатики, которое позволяет строить адекватные информационные модели с последующей реализацией заложенных в них принципов в виде систем поддержки принятия решений (СППР).

1. Современное состояние проблемы автоматизации принятия решений по управлению структурами производственных процессов в механообработке

Большой вклад в развитие теории автоматизированных производственных систем внесли работы Д.Д. Куликова, С.П. Митрофанова, Н.М. Султан-Заде, Р.Р. Зигидулина [1–3] и др.

В частности, авторами этих работ рассматриваются возможности создания методического обеспечения для решения задач управления производственными процессами в реальном масштабе времени.

Современное механообрабатывающее производство в условиях рыночной экономики характеризуется многономенклатурностью, мелкосерийностью, частой сменой портфеля заказов, большой дисперсностью характеристик изделий в многономенклатурных партиях. Также следует отметить, что условия, при которых осуществляется выполнение производственного задания, в большинстве случаев отличаются нестационарностью, поскольку находятся под воздействием случайных возмущений, отражающих изменения производственной ситуации относительно готовности технологического оборудования и трудовых ресурсов.

Использование высокопроизводительных, универсальных, многофункциональных обрабатывающих центров на участках механообработки позволяет минимизировать сроки выполнения производственного задания и существенно снизить себестоимость продукции, но требует эффективного автоматизированного управления ими.

Одной из задач автоматизированного управления процессами механообработки (ПМ) является задача *управления выбором их структур*.

Под *структурой* производственного процесса понимается последовательность выполнения технологических операций для обработки заготовки на выделенном технологическом оборудовании с целью выпуска заказанного изделия. Эффективное управление структурами ПМ определяет выбор траектории прохождения заготовки при её обработке через весь производственный процесс из множества допустимых с точки зрения технологии вариантов.

Формальным описанием варианта структуры процесса механообработки является *структурная схема* (СС) - специализированная иерархическая структура данных, описывающая последовательность выполнения технологических операций, список назначений операций на обрабатывающие центры, списки установок, переналадок и последовательностей выполнения переходов.

Задачи управления выбором структур в общей постановке могут быть сведены к задачам нелинейного целочисленного программирования NP типа. Размерность таких задач определяется произведением числа типов деталей и мощностей множеств, задающих информационные описания всех условий обработки детали. Из-за существенной размерности и структурной сложности этой задачи не представляется возможным получать её решение аналитическими методами. Поэтому возникает необходимость управлять выбором структур на основе оценок лица, принимающего решения (ЛПР) и рекомендаций системы поддержки принятия решений.

Вопросы анализа и синтеза структурных схем (СС) в машиностроении и механообрабатывающих производствах рассматривались в работах [5,6] Всеми авторами отмечалась сложность и неоднозначность решения подобных задач. Это связано со сложностью взаимосвязей структурных элементов и большим числом параметров, характеризующих производственный процесс (ПП) и оперативно меняющуюся производственную ситуацию.

В работах А.П. Белоусова и А.И. Дащенко предложены теоретические основы выбора структурных схем ПП на основе совокупности типовых решений. Результаты исследований Н.М. Султан-Заде посвящены разработке методов структурной компоновки автоматических линий. Работы в этом направлении интенсивно продолжаются, в частности, требуют своего решения задачи автоматизации генерации множества допустимых вариантов СС и выбора наилучшего из них по задаваемой совокупности критериев, а также задачи принятия решений по управлению выбором структур при большой концентрации технологических операций.

Таким образом, имеет место *объективное противоречие* между высокими требованиями к эффективности и оперативности управления выбором структур ПП многономенклатурного и мелкосерийного производств в условиях рыночной экономики и возможностями системно-аналитического аппарата и современными требованиями к системам поддержки принятия решений по управлению генерацией и выбором структурных схем в реальном масштабе времени.

Поэтому актуальной *задачей* является дальнейшее развитие методов и алгоритмов эффективного управления выбором структур процессов механообработки,

соответствующих информационных моделей и моделей принятия решений, которые должны быть интегрированы в существующие автоматизированные системы.

2. Задача управления выбором структурных схем производственных процессов механообработки

Вопросы управления выбором структурных схем процессов механообработки (ССПМ) в настоящее время приобретают все большую актуальность по целому ряду причин.

Во-первых, в условиях развивающейся рыночной экономики механообрабатывающее производство становится многономенклатурным с постоянно изменяющимся портфелем заказов. Поэтому разработка вариантов ССПМ для выпуска новых изделий должна производиться в кратчайшие сроки с приемлемым качеством.

Во-вторых, технический прогресс во всех областях современного производства требует постоянного усложнения конструкций производимых изделий и оборудования для их производства, повышения точности и качества их изготовления. Эти требования в полной мере относятся и к механообработке. Анализ портфелей заказов механообрабатывающего производства показывает существенный рост числа вариантов изготовления одного и того же сложного изделия на различном высокопроизводительном оборудовании.

Таким образом, возникает необходимость в автоматизации процессов генерации вариантов изготовления заказанных изделий и проведения оценки качества получаемых решений по выбранному множеству критериев.

В-третьих, оборудование механообрабатывающих предприятий становится все более высокопроизводительным и многофункциональным, что напрямую влияет на увеличение его стоимости. Поэтому вопросы эффективного использования технологического оборудования в условиях рыночной экономики и жесткой конкуренции выдвигаются на первый план. Автоматизация проектирования и управления выбором СС в этом аспекте позволяет повысить эффективность использования как всего комплекса технологического оборудования в целом, так и наиболее дорогостоящих его элементов, в частности.

В-четвертых, в настоящее время наблюдается существенный рост в области развития транспортных производственных систем, развиваются системы, включающие в себя роботы-манипуляторы. Это создает техническую возможность реализации разнообразных СС без существенных затрат на переналадку транспортно-накопительных систем.

В-пятых, продукция машиностроительных предприятий характеризуется частой сменой номенклатуры изделий, большим числом конструкторских и технологических решений, многооперационностью технологии. Даже при установившейся специализации предприятия на выпуске продукции одного определенного вида ритмичность производства зависит от множества внешних обстоятельств. Постоянно изменяющаяся производственная ситуация в условиях конкретного производства требует организации управления производственными процессами в реальном масштабе времени. Система

поддержки принятия решений по управлению структурами ПП (СППР СПП) позволяет придать управлению производственным процессом адаптивные свойства на основе адекватной коррекции ПП в кратчайшие сроки, что позволяет говорить об увеличении ритмичности функционирования технологического оборудования.

В-шестых, выполнение процедуры автоматизированной генерации вариантов СС для изготовления заказанных изделий с учетом сложившейся производственной ситуации и соответствующей оценки системных характеристик реализации предлагаемых решений является малозатратным, поскольку не требует существенных капиталовложений на приобретение и обслуживание дополнительного оборудования, т.к. СППР СПП может рассматриваться как одна из подсистем АСУ ПП.

3. Система поддержки принятия решений по управлению выбором структур производственных процессов

Требования по повышению уровня организации производства можно удовлетворить только путем интегрирования всех функций управления в единую интегрированную систему управления (ИАСУ). На рис. 1 представлены виды систем в составе ИАСУ.

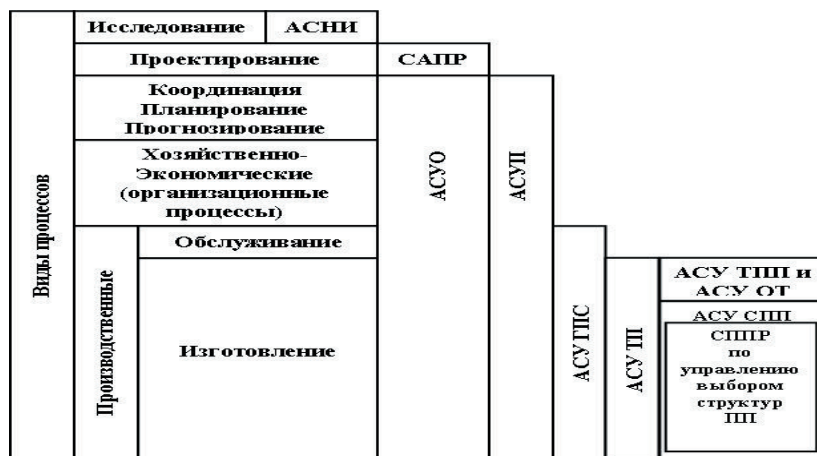


Рис. 1. Система поддержки принятия решений по управлению выбором структур производственных процессов в составе интегрированной автоматизированной системы управления



Рис. 2. Схема функциональных связей компонентов АСУП, АСУ СПП и СППР по выбору структур ПП

Системное окружение СППР по управлению выбором структур представлено 2.

В рамках предлагаемых решений АСУ СПП включает в себя в качестве интегрированного элемента систему поддержки принятия решений по управлению выбором структур реализации производственных процессов механообработки, методическое, информационное и программное обеспечения. Одной из важных подсистем СППР является диалогово-программный комплекс поддержки принятия решений (СППР ПМ) по управлению выбором СС процессов механообработки в сложившейся производственной ситуации. Роль ЛПР состоит в настройке СППР и принятии окончательных решений по выбору структурных схем на этапах разработки и оперативной коррекции ПП.

Основной целью функционирования СППР ПМ является поддержка принятия эффективных решений по управлению выбором структур ПМ с целью снижения временных и стоимостных затрат на выпуск готовой продукции за счет эффективного использования технологического оборудования. Поддержка принятия обоснованных решений по разработке и оперативной коррекции СС обеспечивает повышенную технологическую готовность предприятия к производству изделий заданного качества с заданными технико-экономическими показателями и определенными сроками изготовления.

СППР СПМ - сложная система, в которой выделяются три класса функций: целевые, обеспечивающие и вспомогательные функции, состав которых показан на рис. 3.

Состав целевых и обеспечивающих функций, а также распределение



Рис. 3. Состав функций системы поддержки принятия решений по управлению структурами процессов механообработки

стей её функционирования, которые рассмотрены ниже.

СППР СПМ, как неотъемлемую часть, включает в себя ЛПР, так как модели ПП, используемые вычислительной системой, не в полной мере адекватны реальному ПП, что объясняется неполным описанием объектов и ситуаций, недостаточной формализацией решения задач технологии, неточностью формулировок целей и критериев. В связи с этим значительное число решений, сформулированных на основе моделей ПП, требуют последующей проверки и корректировки. Существенная роль ЛПР на отдельных этапах технологи-

ческого проектирования, особенно при выборе эффективных решений, объясняется также динамикой производства.

Таким образом, в СППР СПМ можно выделить две составляющие: внешнюю и внутреннюю. Внешняя - системное окружение, представляющее собой интерфейс АСУ ОТ, внутренняя - диалоговое-программный комплекс поддержки принятия решений по управлению выбором СС и ЛПР (единственное лицо, принимающее решения, или группа специалистов).

С точки зрения системного анализа СППР СПМ обладает рядом свойств, перечисленных ниже:

- СППР СПМ является *информационной системой*, в которой создаются и обрабатываются большие объемы информации, относящиеся к типовым вариантам управления выбором СС, базовым вариантам ПМ, описаниям стандартного технологического оборудования и описаниям типичных производственных ситуаций. Для этого определяются соответствующие структуры данных, средства их организации и работы с ними;

- СППР СПМ - *развивающаяся открытая система*. Это свойство связано с необходимостью автоматизации новых задач и модификации ранее разработанных компонент. Для этого в системе предусматриваются специальные средства подключения и замены компонент СППР СПМ;

- СППР СПМ, как элемент АСУПП обладает свойством *адаптивности* [4]: пассивной и активной. Пассивная адаптация предполагает настройку системы на конкретные производственные условия. Настройка системы, в свою очередь, может производиться на информационном и алгоритмическом уровнях. Информационный уровень настройки предполагает организацию систематизированного ввода данных, а на алгоритмическом уровне ЛПР может производить не только ввод исходных данных, отражающих текущую производственную ситуацию, но и выбирать конкретные алгоритмы для проведения соответствующих процедур из множества допустимых алгоритмов. Эффективность настройки системы зависит от субъективных особенностей ЛПР, его знаний и опыта. В связи с этим развитие СППР СПМ в дальнейшем может идти по

- СППР СПМ, как элемент АСУПП обладает свойством *адаптивности* [4]: пассивной и активной. Пассивная адаптация предполагает настройку системы на конкретные производственные условия. Настройка системы, в свою очередь, может производиться на информационном и алгоритмическом уровнях. Информационный уровень настройки предполагает организацию систематизированного ввода данных, а на алгоритмическом уровне ЛПР может производить не только ввод исходных данных, отражающих текущую производственную ситуацию, но и выбирать конкретные алгоритмы для проведения соответствующих процедур из множества допустимых алгоритмов. Эффективность настройки системы зависит от субъективных особенностей ЛПР, его знаний и опыта. В связи с этим развитие СППР СПМ в дальнейшем может идти по

- СППР СПМ, как элемент АСУПП обладает свойством *адаптивности* [4]: пассивной и активной. Пассивная адаптация предполагает настройку системы на конкретные производственные условия. Настройка системы, в свою очередь, может производиться на информационном и алгоритмическом уровнях. Информационный уровень настройки предполагает организацию систематизированного ввода данных, а на алгоритмическом уровне ЛПР может производить не только ввод исходных данных, отражающих текущую производственную ситуацию, но и выбирать конкретные алгоритмы для проведения соответствующих процедур из множества допустимых алгоритмов. Эффективность настройки системы зависит от субъективных особенностей ЛПР, его знаний и опыта. В связи с этим развитие СППР СПМ в дальнейшем может идти по

- СППР СПМ, как элемент АСУПП обладает свойством *адаптивности* [4]: пассивной и активной. Пассивная адаптация предполагает настройку системы на конкретные производственные условия. Настройка системы, в свою очередь, может производиться на информационном и алгоритмическом уровнях. Информационный уровень настройки предполагает организацию систематизированного ввода данных, а на алгоритмическом уровне ЛПР может производить не только ввод исходных данных, отражающих текущую производственную ситуацию, но и выбирать конкретные алгоритмы для проведения соответствующих процедур из множества допустимых алгоритмов. Эффективность настройки системы зависит от субъективных особенностей ЛПР, его знаний и опыта. В связи с этим развитие СППР СПМ в дальнейшем может идти по

- СППР СПМ, как элемент АСУПП обладает свойством *адаптивности* [4]: пассивной и активной. Пассивная адаптация предполагает настройку системы на конкретные производственные условия. Настройка системы, в свою очередь, может производиться на информационном и алгоритмическом уровнях. Информационный уровень настройки предполагает организацию систематизированного ввода данных, а на алгоритмическом уровне ЛПР может производить не только ввод исходных данных, отражающих текущую производственную ситуацию, но и выбирать конкретные алгоритмы для проведения соответствующих процедур из множества допустимых алгоритмов. Эффективность настройки системы зависит от субъективных особенностей ЛПР, его знаний и опыта. В связи с этим развитие СППР СПМ в дальнейшем может идти по

пути автоматизации процесса настройки. Активная адаптация предполагает проведение анализа ПП с целью выявления «проблемных мест» при реализации ПМ и выработку на его основе лицу, принимающему решения, рекомендаций о вариантах разрешения этих проблем;

- СППР СПМ при реализации всей системы функций является сложной системой. Поэтому возникает необходимость в обучении технологов использованию её возможностей.

Состав целевых и собственных функций и задач СППР СПМ может изменяться по мере развития производственных систем.

На самом верхнем уровне структуризации СППР СПМ представляет собой совокупность подсистем настройки, обработки информации и принятия решения по управлению выбором СС.

Принцип стандартизации задач и их координации с программной реализацией при разработке систем управления различного назначения требует формирования множества типовых задач.

На основе анализа задач технологического проектирования и процедур принятия решения по выбору вариантов СС может быть рассмотрена классификация типов задач СППР ПМ и программных средств их решения, которая показана на рис. 4.

3. Задачи многократного использования с изменяемым составом параметров ПМ, их пороговыми значениями и структурой. Решения в этом случае являются инвариантными проблемно-ориентированными, использующими унифицированный набор программных средств.

4. Задачи однократного использования с изменяемыми составами параметров, их пороговых значений и структуры.

Решение задачи каждого из типов предполагает реализацию принципа неокончателности [4] принимаемых решений, т.е. процесс решения технологической задачи представляется в виде последовательного подключения алгоритмов и программ на каждом этапе проектирования ПП или его оперативной коррекции. Алгоритмы строятся независимо друг от друга и в совокупности составляют библиотеку универсальных алгоритмов, которые могут применяться в дальнейшем в произвольной комплектации. Выбор последовательности и целесообразности применения того или иного алгоритма при решении той или иной задачи возлагается на ЛПР.

Неотъемлемой частью любой СППР является информационное и лингвистическое обеспечения. Информационное обеспечение (ИО) зависит от особенностей обрабатываемой информации. Информация, необходимая для решения основных задач СППР, может быть отнесена к одному из следующих видов:

- информация о технологическом оснащении ПМ;
- нормативно-справочная информация;
- информация об объемах заказанных партий изделий, сроках их изготовления, потребных технологических ресурсах, стоимости изготовления единицы продукции и т.д.;
- информация о типовых технологических процессах, доступных технологических ресурсах и ограничениях и т.д.

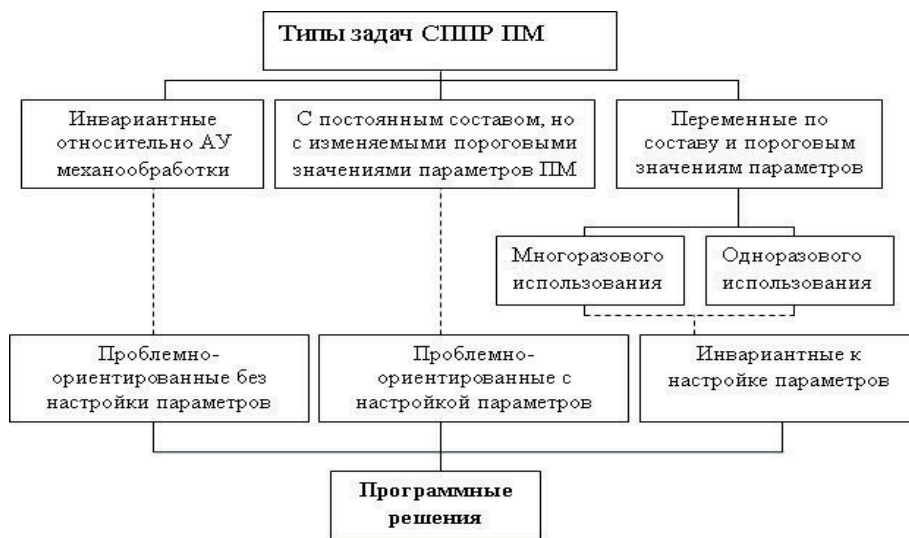


Рис. 4. Функциональные задачи СППР ПМ и типы их программных решений

В соответствии с предлагаемой классификацией типы задач СППР ПМ подразделяются на четыре группы:

1. Задачи, инвариантные относительно автоматизированных участков (АУ) механообработки. При использовании алгоритмов и программных реализаций на различных производственных участках они остаются неизменными, т.е. разрабатываются как оригинальные.

2. Задачи с неизменным составом параметров ПМ, в соответствии с которыми принимаются решения, но с изменяемыми пороговыми значениями этих параметров. Программные решения в этом случае требуют настройки параметров либо с участием ЛПР, либо из сформированной базы данных для хранения множеств значений типовых параметров.

3. Задачи многократного использования с изменяемым составом параметров ПМ, их пороговыми значениями и структурой. Решения в этом случае являются инвариантными проблемно-ориентированными, использующими унифицированный набор программных средств.

- уровень представления данных технологом;
- уровень представления данных в вычислительной среде СППР СПМ;
- уровень представления данных в подсистемах СППР СПМ, ориентированных на выполнение отдельных функций (например, генерации вариантов СС механической обработки корпусных деталей);
- уровень представления данных для задач, выполняемых в подсистемах СППР СПМ (например, назначение переходов).

На каждом уровне данные имеют различное представление в соответствии с удобствами хранения и преобразования информации для решаемых задач. Преобразование информации от уровня к уровню осуществляется с помощью комплекса программ информационного взаимодействия. Для эффективного решения этой задачи необходимо развитое лингвистическое обеспечение (ЛО).

Лингвистическое обеспечение СППР СПМ представляет собой совокупность формальных языков, используемых при проектировании и организации оперативного управления ПМ. Развитое ЛО позволяет осуществить введение исходной информации в удобном для пользователя виде, осуществлять решение задач по проектированию и управлению ПМ в режиме диалога, унифицировать, упростить и ускорить ввод дополнительной информации, необходимой в многоэтапном процессе принятия решений по управлению выбором СС. По отношению к вычислительной среде формальные языки СППР СПМ имеют внешнюю и внутреннюю составляющие. Внешняя составляющая используется ЛПР при описании данных, а внутренняя – вычислительной средой. Для каждого уровня информационного обеспечения внутренняя составляющая отличается от других составляющих. Многообразие правил описания данных объясняется спецификой методов принятия решений, особенностями схем решения задач при реализации различных функций управления выбором СС и требованиями по эффективности обработки информации.

Алгоритмическое обеспечение (АО) СППР СПМ представляет собой комплекс алгоритмов автоматизированной генерации допустимых вариантов СС в рамках формализованного описания процесса изготовления заказанной партии деталей на основе методов функционального пространственно-временного распараллеливания. АО также включает в себя совокупность алгоритмов, позволяющих осуществить выбор оптимального варианта СС в соответствии с заданной системой частных критериев оценки полученных допустимых вариантов решения.

Программное обеспечение (ПО) СППР СПМ представляет собой комплекс прикладных программ, обеспечивающих в диалоговом режиме поддержку принятия обоснованных решений по управлению выбором СС на этапах проектирования и оперативной коррек-

ции ПМ. Программное обеспечение этого комплекса содержит функциональные модули, выполняющие: обнаружение выхода параметров описания ПМ за допустимые пределы; вычисление системотехнических показателей работы технологического оборудования в целом и отдельных его компонентов при реализации ПМ; определение нестандартных ситуаций на объекте управления; вычисление управляющих воздействий, реализующих выбор СС из множества технологически допустимых вариантов реализации ПМ; оптимизацию плана использования технологического оборудования при выборе варианта СС по обобщенному критерию оценки принятого решения или совокупности частных критериев оценки; оперативную коррекцию плана запуска изделий на обработку в соответствии с выбором СС; прогнозирующий расчет системотехнических показателей реализации ПМ при тех или иных предлагаемых управляющих воздействиях.

Заключение

На основании предлагаемых выше решений разработана система поддержки принятия решений, который осуществляет управление генерацией и выбором структур ПМ в виде рекомендаций ЛПР. В рамках разработки предложены информационное, лингвистическое и программное обеспечения системы автоматизированной генерации допустимых вариантов СС.

Проведена проверка адекватности предложенных математических моделей и методов распараллеливания ПМ на основе стандартных методов математической статистики и опытного внедрения результатов исследований.

На основе разработанных моделей, алгоритмов и программ решены задачи организации эффективного выбора СС ПМ на Севастопольском трансформаторном заводе и ОАО «СРК» Севморсудоремонт». В результате применения рекомендаций, полученных от СППР СПМ, достигнуто увеличение ритмичности реализации ПМ в среднем на 15% при изготовлении партии однотипных деталей и на 10% - при выпуске партий деталей разного типа. При этом штучное время изготовления партии однотипных деталей в среднем уменьшается на 10% в детерминированной постановке и на 12% - в случае средней концентрации технологических операций.

Литература

1. Митрофанов С.П. Технологическая подготовка гибких производственных систем; Под общ. ред. С.П. Митрофанова [Текст] / С.П. Митрофанов, Д.В. Куликов, О.Н. Миляев, Б.С. Падун. -Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1987.- 352с.
2. Зигидуллин Р.Р. Предварительная модель планирования работ в гибких производственных системах [Текст] / Р.Р.Зигидуллин, В.Ц. Зариктуев // Известия высших учебных заведений. - М.: Машиностроение. - 2004.- № 6.- С. 67 - 72.
3. Зигидуллин Р.Р. Имитационная модель для формирования расписаний в гибких производственных системах. [Текст] / Р.Р.Зигидуллин // Технология машиностроения. 2004. - №3. - С.52 - 55.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати - М.: Радио и связь, 1993.- 386с.
5. Соловьев В.К. Методология автоматизированного проектирования операционных технологических процессов изготовления объектов точного машиностроения. [Текст] / В.К. Соловьев. // Технология машиностроения. - 2004. - № 4. - С.60 - 62.
6. Султан-Заде Н.М. Метод оптимизации структурной компоновки автоматических линий. [Текст] / Н.М. Султан-Заде // Системы управления станками и автоматическими линиями: сб. науч. тр. - М.: ВЗМИ, 1982. - С. 9 -13.
7. Шикин Е.В. Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении: учебное пособие. [Текст] / Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили - М.: Дело, 2000.- 400с.