

УДК 658.512:658.562.3:681.31

МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

С.В. КУХТА

(Полоцкий государственный университет)

Предложена функциональная структура интегрированной системы автоматизации производственной деятельности машиностроительного предприятия. Представлена структурная схема системы поддержки принятия решений автоматизированного вариантного конструкторско-технологического проектирования и семантическая модель детали как сложной многоуровневой иерархической системы. Разработаны модели принятия согласованных конструкторско-технологических решений, основанные на формализме нечетких бинарных отношений предпочтения и декомпозиции исходной задачи.

Введение

Современное машиностроение характеризуется значительным повышением сложности продукции и ростом требований к ее качеству, ужесточением требований к ресурсо- и энергосбережению. При этом расширяется номенклатура и сокращаются сроки обновления выпускаемых изделий. Разрешать эти противоречия следует путем создания и развития интегрированных систем автоматизации производственных процессов [1,2].

Совершенствование современного машиностроительного производства требует взаимосвязанного решения ряда проблем, касающихся стадий проектирования и управления: создания единой информационной основы, обеспечивающей интеграцию и взаимосвязь всех стадий и этапов разработки и изготовления изделий; разработки и практической реализации методов и моделей принятия согласованных конструкторско-технологических решений; развития методов объектно-ориентированного проектирования изделий машиностроения. Требуется подойти к проблемам конструирования, подготовки производства и к самому производству с системных позиций, что даст возможность рассматривать вопрос о жизненном цикле изделий как о результате взаимодействия большого числа конструкторских, технологических и производственных факторов [2-4].

Принятие технического решения, подчиняясь общим закономерностям принятия решений, имеет ряд особенностей, обусловленных преобладанием в машиностроении описательных форм представления знаний при минимальном числе вскрытых строгих аналитических закономерностей [2, 5]:

- большая размерность задач и сложная логика суждений со сложными взаимосвязями и взаимными влияниями различных факторов;
- необходимость взаимодействия при принятии решения мощных информационных потоков и большого числа составных элементов, раскрывающих сущность технологии (характеристики оборудования, инструмента, оснастки; параметры режимов резания; массивы данных о материалах и т.д.);
- большая роль эмпирики и наличие скрытых объективных законов;
- нечеткий характер критериев выбора альтернатив, их параметров, ограничений, накладываемых на возможность выбора вариантов решений и т.д.

Вследствие этого во многих случаях оказывается невозможным построение адекватной математической модели исследуемой проблемы, что влечет за собой необходимость использования экспертных оценок, которые часто оказываются единственной информацией для принятия решений.

1. Интегрированная система автоматизации конструкторско-технологической подготовки машиностроительного производства

Анализ состояния и перспектив развития средств автоматизации позволяет сформулировать принципы, на которых должны строиться современные интегрированные системы автоматизации производственной деятельности [6, 7]:

- компьютерно-ориентированная автоматизация всех этапов жизненного цикла изделия;
- интеграция всех систем автоматизации производственной деятельности внутри одного предприятия;
- интеллектуализация;
- специализация системы для каждого предприятия;
- индивидуализация рабочего места интегрированной системы предприятия;
- базирование на достижениях современных информационных технологий инжиниринга.

Функциональная структура интегрированной системы автоматизации предложена на рис. 1.

Системы автоматизации проектирования (САПР) конструкторско-технологической подготовки машиностроительного производства (КТПП) охватывает блоки 1 - 3, 7, 11, 12, 17. Единая информационная среда предприятия строится на основе унифицированного представления и обмена данными и знаниями для всех систем, входящих в интегрированную систему автоматизации производственной деятельности, а также общей базы данных и моделей их обработки и соблюдения стандартов, позволяющих обмениваться информацией с внешними системами [4, 6, 7].

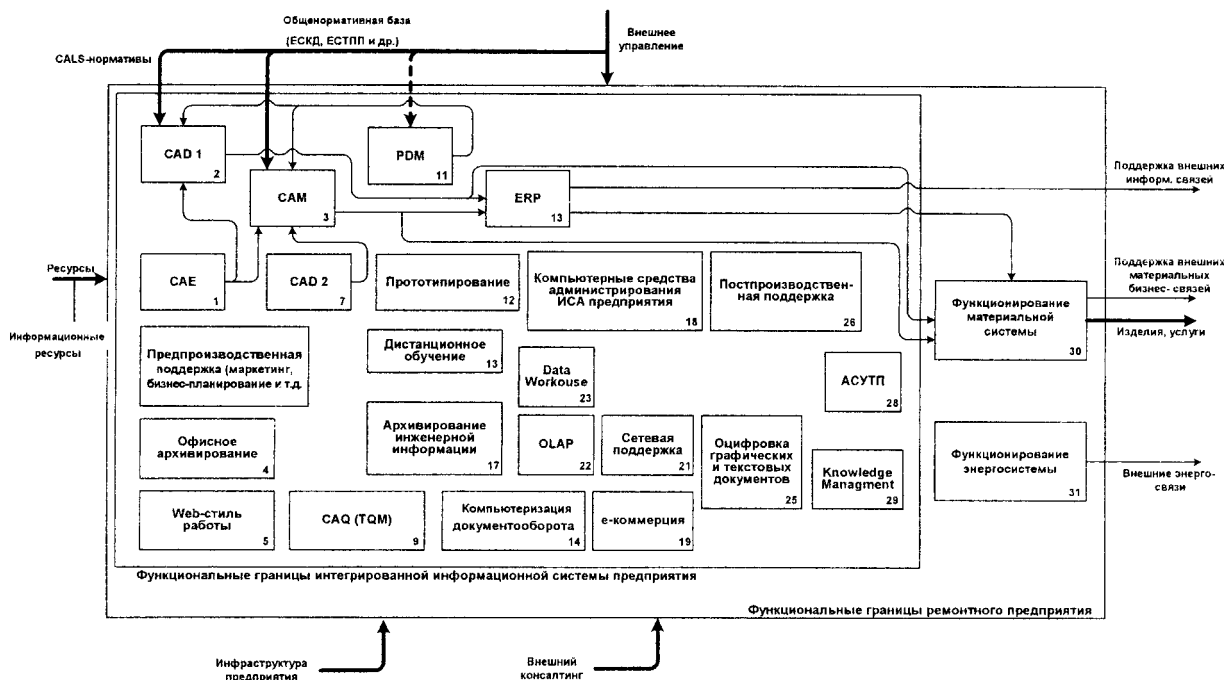


Рис. 1. Интегрированная система автоматизации производственной деятельности

Для автоматизации поддержки принятия решений, принимаемых на всех этапах жизненного цикла изделий (ЖЦИ) основным препятствием являются недостаточная методическая разработанность процессов принятия решений на ряде этапов, а также отсутствие методического обеспечения интеграции отдельных функциональных модулей такой системы, соответствующих этапам ЖЦИ, в единую автоматизированную систему поддержки принятия решений [7].

Информационная интеграция результатов труда различных специалистов осуществляется на уровне единой информационной модели объекта производства. Информационная модель создает необходимые условия для методической интеграции. Для ее реализации необходимо существование единой унифицированной системы понятий, типов данных, их согласованности на входе и выходе каждого этапа проектирования [3, 7].

Структурно-параметрический синтез изделия в методологии объектно-ориентированного проектирования производится на основе банка знаний, представляющего собой метамодель определенного класса изделий, баз знаний и баз данных [5].

Методическое обеспечение САПР КТПП строится на основе взаимосвязанных структурно-параметрических моделей или метамodelей. Это означает введение связей между параметрами и структурой объекта на этапах конструкторской технологической подготовки и реализуется через установление логических и функциональных связей между элементами и методами различных этапов подготовки производства [7].

На этапе концептуального проектирования на основе технического задания определяется набор функций, которые необходимо и возможно реализовать различными способами в имеющемся пространстве материальных и информационных ресурсов. Выбор структуры конкретного объекта и выбор однозначной совокупности конструкторских решений, ему соответствующей, осуществляется с учетом взаимосвязи между конструкторскими решениями и с учетом возможности изготовления создаваемой конструкции. В качестве информационной базы целесообразно использовать библиотеку конструкторско-технологических кортежей, устанавливающих взаимосвязь между конструкторским решением и вариантами технологии для его изготовления. При технологической подготовке на основе полученной совокупности конструкторско-технологических кортежей формируются наборы технологических решений, планы обработки деталей и сборки изделия [8, 9].

2. Система поддержки принятия решений

В условиях современного производства одной из важнейших задач является сокращение сроков создания технических систем. Для эффективной конструкторско-технологической подготовки машиностроительного производства необходимо обеспечить соответствующие службы предприятия средствами информационной поддержки, с помощью которых будет обеспечен более обоснованный многовариантный выбор и принятие решений, повышение производительности труда, что позволит сократить сроки принятия решений и, как следствие, сроки цикла «проектирование - производство» [3, 4, 10].

Каждый этап жизненного цикла изделия имеет свои специфические характеристики, но параметры этапов тесно взаимосвязаны и взаимозависимы. Сложность и многообразие отношений между производственными параметрами приводит к усложнению их формализации, что в свою очередь затрудняет применение традиционных математических методов и средств автоматизации. Анализ показывает, что конструирование изделий машиностроения, разработка технологического процесса его изготовления, диагностика неисправностей, возникших в процессе эксплуатации, технологии ее восстановления, основаны в большинстве на аналогии и интуитивно-эмпирическом опыте конкретных лиц (конструктора, технолога, инженера) [1, 3]. Таким образом, стоит проблема выявления эвристических знаний высококвалифицированных специалистов, их сохранения и последующего использования в практической деятельности другими разработчиками, в том числе в комплексных системах автоматизированного проектирования [2, 4].

Главная идея предлагаемого подхода к выявлению знаний эксперта заключается в синтезе экспертом диагностических правил на основе анализа предъявляемой ему информации в виде множества проблемных ситуаций и возможных их разрешений. Предлагаемый метод применим для задач классификации с нечеткими признаками, т.е. тогда, когда известны множество признаков ситуаций, множество причин, которые соответствуют этим признакам, множество действий для принятия решений при данной ситуации, множество отношений между признаками ситуаций и причин, причинами и действиями, оцененными функциями принадлежности. Функции принадлежности отражают степень соответствия параметров, и их установка зависит от знаний и опыта эксперта [11, 12].

Следовательно, наиболее важной и ответственной частью создания системы поддержки принятия решений (СППР) с нечеткой логикой является формирование базы знаний. При создании базы знаний производятся следующие процедуры: сбор и систематизация признаков ситуаций, которыми могут быть характеристики и параметры производства (конструкторские, технологические и метрологические); определение соответствий между признаками ситуаций и причинами; установление функций принадлежности между признаками ситуаций и причинами; определение соответствий между причинами и действиями; установление функций принадлежности между причинами и действиями [1, 3, 12].

Основная идея инвариантных методов формирования проектных решений СППР, обеспечивающих преемственность процессов проектирования и производства изделий с учетом факторов их последующей эксплуатации, заключается в формировании экспертами не только правил конструирования, проектирования и управления технологическими процессами, но и ситуацией проектирования на основе анализа предъявляемой им в определенной последовательности дозированной и структурированной информации в виде объектов, параметров свойств, признаков и их значений. Анализируя эту информацию, эксперт выделяет соответствующие исходным объектам параметры, признаки и их значения. Затем он формирует отношения между найденными параметрами и признаками окружения и оцениваемым параметром, синтезируя тем самым эвристическое правило проектирования.

Реализация такого подхода применительно к конструированию детали и технологическому процессу ее изготовления, являющимися сложными многоуровневыми иерархическими системами с учетом разнообразных условий эксплуатации изделия, потребовало разработки системной модели. Системная модель устанавливает общие закономерности и описания, инвариантные относительно многообразия функций различных деталей, а также для осуществления систематической и целенаправленной структуризации деталей и процессов их конструирования и производства при формировании и выявлении конкретных эвристических моделей.

На рис. 2 представлена структурная схема СППР автоматизированного вариантного конструкторско-технологического проектирования.

Классификация и кодирование изделий и технологических процессов их производства обеспечивает единство информационного сопровождения изделий на всех стадиях их жизненного цикла, формирует унифицированный язык описания объектов конструирования, проектирования технологии и изготовления и позволяет внедрить методы вариантного проектирования. Важным условием эффективности применения классификаторов является сохранение единства их применения и преемственность на всех стадиях жизненного цикла, особенно при большой номенклатуре изделий [1,2].

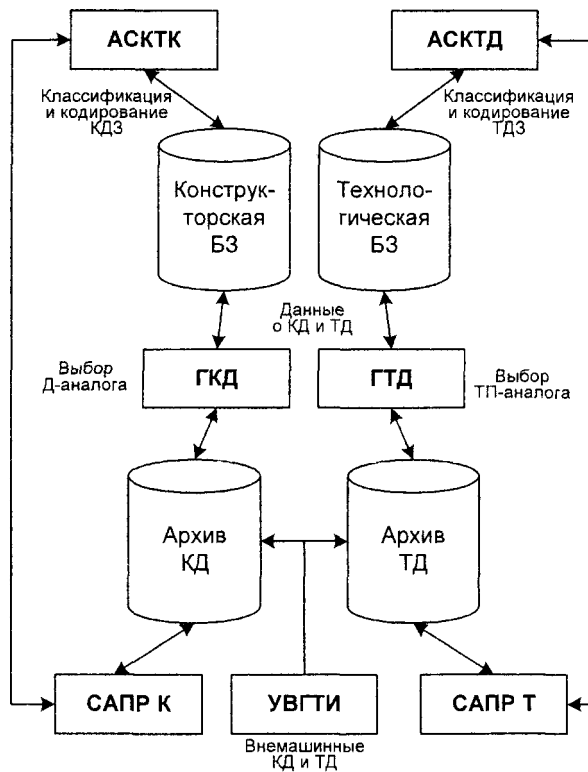


Рис. 2. Система поддержки принятия решений автоматизированного вариантного конструкторско-технологического проектирования:

АСКТК и АСКТД - автоматизированные системы конструкторско-технологической классификации изделий и классификации технологической документации; КДЗ и ТДЗ - конструкторские и технологические данные и знания; БЗ - база знаний; КД и ТД - конструкторская и технологическая документация; Д - деталь; ТП - технологический процесс; ГКД и ГТД - автоматизированные системы группирования конструкторских и технологических данных; САПР-К и САПР-Т - система автоматизированного проектирования конструкций и технологических процессов; УВГИ - устройство ввода графической и текстовой информации

В машиностроительном производстве вариантное проектирование - это конструкторское и технологическое проектирование изделий путем заимствования и модификации имеющихся проектов-аналогов. Для определения наличия изделия-аналога требуется разработать процедуру анализа и выявления конструктивно-технологической общности изделий на основании подобию существенных конструктивных и технологических характеристик изделия по его информационной модели.

3. Семантическая модель изделия

Рассмотренная технология автоматизации предполагает унификацию представления, обмена и структурирования данных и знаний об объектах и процессах. Такая унификация должна быть осуществлена в рамках САПР КТПП предприятия. Главная особенность САПР КТПП заключается в возможности использования всеми участниками производственной деятельности предприятия и жизненного цикла изделия единой информационной модели изделия, содержащей информацию об изделии следующих типов: конструкторские, технологические, производственные, эксплуатационные данные и данные о качестве. Используя эту информацию, система управления информационными потоками САПР КТПП может выделить из всей информационной модели проекта только ту часть данных, которая необходима для конкретного рабочего места [7].

Метод выявления знаний эксперта применительно к задачам конструирования и создания информационной модели изделия заключается в формировании не только правил конструирования, но и ситуации проектирования на основе анализа предъявляемой в определенной последовательности (согласно логике проектирования) дозированной структурированной информации в виде объектов, параметров свойств, признаков и их значений [6, 10]. Анализируя эту информацию, разработчик выделяет соответствующие исходным объектам параметры, признаки и их значения. Затем он формирует отношения между найденными параметрами и признаками окружения и оцениваемым параметром, синтезируя тем самым эвристическое правило проектирования [5].

Системная модель детали, являющейся сложной многоуровневой иерархической системой с учетом ее разнообразных связей с окружением, имеет следующий вид:

$$D = \left\{ \begin{array}{l} \langle {}^0I, {}^0F, {}^0S, {}^0\Pi, {}^0Z, {}^0C \rangle \\ \left\{ \langle {}^kI, {}^kF, {}^kS, {}^k\Pi, {}^kZ, {}^kC \rangle^i \quad k = \overline{1,3}; i = \overline{1, n_k} \right\} \\ \left\{ \langle {}^4I, {}^4F, {}^4S, {}^4\Pi, {}^4Z, {}^4C \rangle^j \quad j = \overline{1, n_4} \right\} \\ {}^0\Phi = \langle {}^0W_{вх}, {}^0W_{вых}, {}^0Z^\phi, {}^0G, {}^0M, T \rangle \\ {}^k\Phi = \left\{ \langle {}^kW_{вх}, {}^kW_{вых}, {}^kZ^\phi, {}^kG, {}^kM, T \rangle^j \quad k = \overline{1,4}; i = \overline{1, n_k} \right\} \end{array} \right.$$

где n_k, n_4 – соответственно число элементов на k -том уровне и число поверхностей; ${}^0I, {}^kI, {}^4I$ – соответственно множество имен детали, ее элементов на k -том уровне и поверхностей; ${}^0S, {}^kS$ – соответственно множество структур детали и ее элементов на k -том уровне; ${}^0\Pi, {}^k\Pi, {}^4\Pi$ – соответственно множество признаков детали, ее элементов на k -том уровне и поверхностей; ${}^0C, {}^kC, {}^4C$ – соответственно множество связей детали, ее элементов на k -том уровне и поверхностей с окружением; ${}^0\Phi, {}^k\Phi$ – системные модели функционирования детали и ее элементов на k -том уровне; ${}^0W_{вх}, {}^kW_{вх}$ – входные действия окружения на деталь и ее элементы k -того уровня; ${}^0W_{вых}, {}^kW_{вых}$ – выходные действия детали и ее элементов k -того уровня на окружение; ${}^0Z^\phi, {}^kZ^\phi$ – соответственно состояние детали и ее элементов k -того уровня при функционировании; ${}^0G, {}^kG$ – операторы выходов модели функционирования детали и ее элементов на k -том уровне; ${}^0M, {}^kM$ – операторы переходов модели функционирования детали и ее элементов на k -том уровне; T – период времени.

Модели функционирования детали ${}^0\Phi, {}^k\Phi$ описывают различные процессы ее взаимодействия с окружением. Они являются базой для формирования проектных и поверочных расчетов деталей и принятия конструкторско-технологических решений.

Окружение детали и ее элементов имеет вид:

$${}^kO = \langle {}^kO^1, {}^kO^2, {}^kO^3, {}^kO^4 \rangle, \quad k = \overline{0,4},$$

где ${}^kO^1$ – множество соединений, деталей и их элементов на k -том уровне, взаимодействующих с деталью, на которую назначают параметры; ${}^kO^2$ – объекты эксплуатации детали и ее элементов на k -том уровне на всех стадиях этой фазы жизненного цикла детали (хранение, транспортирование, функционирование, обслуживание, ремонт); ${}^kO^3$ – объекты производства, изготавливающего деталь; ${}^kO^4$ – воздействия на деталь.

Окружение характеризуется свойствами:

$${}^kH = \langle {}^kZ, {}^kH_e, {}^kH_\psi, {}^kH_\eta, {}^kH_\theta \rangle, \quad k = \overline{0,4},$$

где ${}^kZ = \langle {}^kZ_c, {}^kZ_d, {}^kZ_\gamma \rangle$ – множество свойств соединений, деталей и их элементов на k -том уровне, взаимодействующих с разрабатываемой деталью; kH_e – множество свойств объектов эксплуатации на стадиях этой фазы жизненного цикла детали; ${}^kH_\psi$ – множество свойств объектов производства; ${}^kH_\eta$ – множество свойств действий и воздействий.

При взаимодействии детали с окружением проявляется множество ее свойств kZ , описываемых параметрами:

$${}^kZ_d = {}^kP_e \cup {}^kH_z \cup {}^k\Pi \cup {}^kP_s.$$

Множество элементарных свойств kP_e инвариантно относительно функций детали:

$${}^kP_e = \{ {}^kP_1, {}^kP_2, {}^kP_3, {}^kP_4, {}^kP_5 \}$$

где kP_1 – материал; kP_2 – форма; kP_3 – размер; kP_4 – точность; kP_5 – шероховатость поверхности.

Проведенные исследования позволили установить общие закономерности назначения конструкторско-технологических параметров деталей, отраженные в обобщенной системной модели:

$${}^k\text{ОСНДП} = \langle {}^k\alpha, {}^k\beta, {}^k\xi, {}^k\gamma, {}^k\varphi \rangle,$$

где k – уровень детали, на котором формируется эвристические модели назначения параметров деталей; ${}^k\alpha$ – множество правил выделения состава параметров деталей и параметров технологической среды; ${}^k\beta$ – множество правил определения связей между параметрами; ${}^k\xi$ – множество правил выделения существенных параметров; ${}^k\gamma$ – множество правил определения отношений частичного порядка; ${}^k\varphi$ – множество правил назначения параметров.

4. Модели принятия технических решений

Задача принятия технических решений в комплексной САПР КТПП решается методами, основанными на формализме нечетких бинарных отношений предпочтения и декомпозиции исходной задачи [11, 12]. Нечеткие отношения предпочтения позволяют учитывать интенсивность предпочтения одних вариантов перед другими, что дает возможность более адекватно описывать предпочтения экспертов,

Пусть задано конечное множество X альтернативных вариантов. Сравнение альтернатив по эффективности определяет на X нечеткое отношение предпочтения \tilde{R} , задаваемое функцией принадлежности $\mu_{\tilde{R}}(x, y)$, где $x, y \in X$. Пару (X, \tilde{R}) будем называть моделью выбора.

Нечеткое отношение \tilde{R} позволяет сформировать нечеткое отношение доминирования \tilde{R}^1 , показывающее степень выполнения отношения «альтернатива x не хуже альтернативы y », которое описывается следующей функцией принадлежности:

$$\mu_{\tilde{R}^1}(x, y) = \max\{\mu_{\tilde{R}}(x, y) - \mu_{\tilde{R}}(y, x), 0\}. \quad (1)$$

Нечеткое отношение доминирования позволяет выделить нечеткое множество $X_{\tilde{R}^1}^{\text{н.д.}}$ недоминируемых альтернатив в модели выбора (X, \tilde{R}) , определяемого функцией принадлежности вида:

$$\mu_{\tilde{R}^1}^{\text{н.д.}}(x) = \min_{y \in X} (1 - \mu_{\tilde{R}^1}(y, x)), x \in X. \quad (2)$$

Подставляя (1) в (2), получим:

$$\mu_{\tilde{R}^1}^{\text{н.д.}}(x) = \min_{y \in X} (1 - \max\{\mu_{\tilde{R}}(y, x) - \mu_{\tilde{R}}(x, y), 0\}), x \in X. \quad (3)$$

Нечеткое множество $X_{\tilde{R}^1}^{\text{н.д.}}$ ставит в соответствие каждой альтернативе $x \in X$ степень ее недоминируемости, принимающую значения от 0 до 1. Чем больше степень принадлежности альтернативы x нечеткому множеству $X_{\tilde{R}^1}^{\text{н.д.}}$, тем более эффективной является данная альтернатива. Решение задачи выбора основано на пороговой процедуре, заключающейся в том, что в выбор из множества альтернатив X попадут варианты, удовлетворяющие условию $\mu_{\tilde{R}^1}^{\text{н.д.}}(x) \geq \alpha$.

Таким образом, решением задачи выбора в данном случае будет множество $C(X)$, определяемое следующим образом:

$$C(X) = \{x \mid x \in X, \mu_{\tilde{R}^1}^{\text{н.д.}}(x) \geq \alpha, \alpha \in [0,1]\}. \quad (4)$$

Очевидно, что пороговая процедура выбора тождественна выделению α -уровня нечеткого множества недоминируемых альтернатив, т.е. $C(X) = (X_{\tilde{R}^1}^{\text{н.д.}})_{\alpha}$.

Функция принадлежности $X_{\tilde{R}^1}^{\text{н.д.}}$, определяющая степень уверенности лица, принимающего решение, в том, что альтернатива x является недоминируемой, имеет следующий вид:

$$\mu_{\tilde{R}^1}^{\text{н.д.}}(x) = \min_{y \in X} (1 - \min\{\mu_{\tilde{R}}(y, x), 1 - \mu_{\tilde{R}}(x, y)\}), x \in X. \quad (5)$$

Таким образом, в рассматриваемой задаче выбора вариантов нечеткое множество недоминируемых альтернатив может быть определено как по формуле (3), так и по формуле (5), в зависимости от содержательной интерпретации нечеткого отношения предпочтения \tilde{R} .

Для процедуры выбора получили выражение:

$$X \rightarrow X_{\tilde{R}}^{H.A.} = ND(X, \tilde{R}) \rightarrow C(X) = (X_{\tilde{R}}^{H.A.})_{\alpha}. \quad (6)$$

Рассмотренные выше модели, использующие информацию о бинарных отношениях предпочтения, обеспечивают эффективное решение задачи выбора в случае, если множество допустимых альтернатив является конечным и имеет относительно небольшую мощность. Поэтому большое значение приобретают методы декомпозиции задачи выбора, заключающиеся в редукции исходной задачи на ряд взаимосвязанных подзадач, трудоемкость решения которых существенно ниже.

Предлагаются две основные схемы декомпозиции задачи (6) – параллельная и последовательная [13]. Применение данных схем будет корректным лишь в том случае, если решение X^* , получаемое по декомпозиционной схеме и «прямое» решение $(X_{\tilde{R}}^{H.A.})_{\alpha}$ задачи (6) будут согласованными. Наиболее прозрачными критериями согласованности решений являются следующие требования: $X^* \supseteq (X_{\tilde{R}}^{H.A.})_{\alpha}$, $X^* = (X_{\tilde{R}}^{H.A.})_{\alpha}$.

Путем преобразований можно формализовать нечеткие декомпозиционные схемы выбора.

1. «Параллельная» нечеткая декомпозиционная схема выбора вариантов:

$$X_j \rightarrow X_j^{H.A.} = ND(X_j, \tilde{R}_j), \quad X_j^{H.A.} \rightarrow (X_j^{H.A.})_{\gamma_j};$$

$$j = \overline{1, S} \quad X_0 = \bigcup_{j=1}^S d_j^{-1}((X_j^{H.A.})_{\gamma_j}) \rightarrow X_0^{H.A.} = ND(X_0, \tilde{R}) \rightarrow (X_0^{H.A.})_{\alpha}.$$

2. «Последовательная» нечеткая декомпозиционная схема выбора вариантов:

$$(X_j^{H.A.})_{\gamma_j} \rightarrow (X_{j-1}^{H.A.})_{\gamma_{j-1}} = (ND(d_{j-1} \circ d_j^{-1}((X_j^{H.A.})_{\gamma_j}), \tilde{R}_{j-1}))_{\gamma_{j-1}},$$

где $j = s, s-1, \dots, 1$, $(X_s^{H.A.})_{\gamma_s} = (ND(X_s, \tilde{R}_s))_{\gamma_s}$, $\tilde{R}_0 = \tilde{R}$, $\gamma_0 = \alpha$, $d_0: 2^X \rightarrow 2^X$ – тождественное преобразование.

Таким образом, доминирование технического решения может быть определено критериями процессов переноса энергии и вещества в неравновесных технологических системах. Производство энтропии в соответствии с фундаментальной теоремой Пригожина - Гленсдорфа, определяющей условия эволюции, стационарности и устойчивости, дает возможность рассмотреть критерии, описывающие фазовые переходы различных состояний технологической системы [5, 8].

Совокупность критериев тепломассопереноса и критериев, характеризующих электромагнитные потоки, описывает взаимодействие гидродинамических и электродинамических подсистем в открытой технологической системе электрофизической и ионно-лучевой обработки. Такое взаимодействие осуществляется как на уровне подсистем путем наложения полей и воздействия потоков на технологическую среду, так и на уровне элементов системы, посредством изменения кинематических, динамических и объемных характеристик их проводимости, вязкости и плотности.

Использование последовательностей критериев состояния технологической системы многократно сокращает объем экспериментальных исследований при проектировании многофакторных технологических процессов.

Весь комплекс задач технологической подготовки многономенклатурного производства образует многоуровневую структуру, состоящую из последовательности подсистем, объединенных информационными потоками.

Общая задача технологической подготовки производства деталей Z_n включает в себя множество особенно значимых локальных задач: Z_v - выбор вида материала и вида упрочняющей обработки поверхностей детали, а также способа получения и вида заготовки в зависимости от выбранного вида упрочняющей обработки; Z_m - синтез технологического процесса из унифицированных технологических процессов (УТП) с выбором оборудования, приспособлений, вспомогательных материалов и ре-

жимов механической обработки; Z_u – синтез технологического процесса из УТП с выбором оборудования, приспособлений, вспомогательных материалов и режимов определенного ранее вида упрочняющей обработки.

При решении задач Z_n , Z_m и Z_u должен формироваться вектор S_n , который порождает бы решение задачи Z_n и сводил бы к минимуму затраты на конструирование и изготовление детали при высокой эффективности и надежности эксплуатации всего изделия.

Опишем функционирование подсистемы выбора вида материала и вида упрочняющей обработки поверхностей детали, а также способа получения и вида заготовки в зависимости от выбранного вида упрочняющей обработки.

Для конструируемой детали с заданными геометрическими размерами и весом, условиями эксплуатации U^d , серийностью производства и категорией значимости на множестве W_1 найти такой вариант $w_1^* \in W_1$, для которого стоимость получения заготовки из выбранного материала с соответствующей упрочняющей обработкой имеет минимальное значение. Множество W_1 представляет собой декартово произведение подмножеств допустимых видов: материалов, используемых для изготовления детали M^d ; упрочняющей обработки, обеспечивающей заданные показатели качества изделия; заготовок; способов их получения; вспомогательных материалов для реализации методов получения заготовок и упрочняющей обработки. В формализованном виде задача заключается в поиске на множестве W_1 минимума целевой функции F_1 , учитывающей стоимость материала, используемого для изготовления детали, трудозатраты; стоимость вспомогательных материалов; стоимость обработки; срок службы детали при выполнении ряда ограничений для эксплуатационных свойств и прочностных характеристик изделия.

Формирование множества W_1 осуществляется с использованием информационной базы знаний, включающей в себя реляционную базу справочных данных и базу правил, регламентирующих выбор его элементов. По заданным наименованию детали и степени ответственности за ресурс изделий получаем класс деталей, зная который, а также вес детали и ее геометрические размеры, получаем множество способов получения заготовок.

Для каждого допустимого способа получения заготовки формируем множество марок материалов, допустимых для изготовления заготовки, а именно, исходя из заданных условий эксплуатации получаем набор механических свойств и возможные виды химико-термической обработки. Из марочника материалов находим допустимый набор прочностных характеристик, при этом формируется промежуточное множество марок материалов. По технологическим свойствам каждой марки создаем множество способов получения заготовок. Далее формируется множество M^d .

В результате образуется множество допустимых вариантов видов упрочняющих обработок, марок материалов, способов получения и видов заготовок W_1 из элементов которого находим такой вариант w_1^* , для которого величина критерия F_1 является наименьшей.

Выводы

Разработана методология информационной и методической интеграции систем автоматизации конструкторской и технологической подготовки машиностроительного производства. Показано, что одним из важнейших условий эффективности деятельности предприятия является комплексная автоматизация обработки информационных потоков по всем этапам жизненного цикла изделия. Информационная интеграция результатов труда различных специалистов должны осуществляться на уровне единой информационной модели объекта производства.

Предложены конструкторские и технологические семантические модели изделий. Проведена классификация и унификация конструкторско-технологических модулей, используемых в машиностроительном производстве. Это позволило создать методологию синтеза маршрутного технологического процесса в комплексной системе автоматизации конструкторско-технологической подготовки машиностроительного производства, которую отличает с учетом закономерностей, свойств и особенностей изделия и методов управления технологическим процессом.

Решена поэтапная задача технологической подготовки машиностроительного производства: структурный синтез альтернативных технологий на основе конструкторско-технологических кортежей и технологических решений, их образующих; выбор наилучшего решения, определение параметров технологических решений, на основе которых создается детальный технологический процесс. Наряду с методическими проблемами при интеграции возникает задача управления процессом проектирования в распределенной многопользовательской системе. Это потребовало разработки процедуры выбора вариантов технических решений на основе нечетких отношений предпочтения и доминирования, декомпозиционных методов решения задачи выбора вариантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капустин Н.М., Дьяконов Н.П., Кузнецов П.М. Автоматизация машиностроения / Под ред. Н.М. Капустина. - М.: Высшая школа, 2002. - 223 с.
2. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учебник для вузов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. - 360 с.
3. Евгеньев Г.Б. Системология инженерных знаний. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 376 с.
4. Hannam R. Computer Integrated Manufacturing: from concepts to realisation. Manchester, UMIST, 1997. - 258 p.
5. Интеллектуальное производство: Состояние и перспективы развития / Л.М. Акулович, А.П. Аношко, С.В. Кухта и др. / Под общей ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. - Новополоцк: ПГУ, 2002. - С. 49 - 53, 70 - 76, 83 - 89, 222 - 229.
6. Горнев В.Ф. Проблемы и технология комплексной автоматизации // Автоматизация проектирования. - 1999. - № 7 - С. 8 - 16.
7. Кухта С.В. Интеграция систем автоматизации производственной деятельности // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Сер. Фундаментальные науки. - 2002. - Т. 1, № 3. - С. 42 - 54.
8. Анализ свойств отношений технологических решений при проектировании комбинированных методов обработки материалов / П.И. Ящерицын, В.И. Аверченков, М.Л. Хейфец, С.В. Кухта // Доклады НАН Беларуси. - 2001. - Т. 45, № 4. - С. 106 - 109.
9. Использование критериев подобия для проектирования комбинированных физико-механических методов обработки материалов / А.И. Гордиенко, Л.М. Кожуро, М.Л. Хейфец, С.В. Кухта // Доклады НАН Беларуси. - 2004. - Т. 48, № 5. - С. 107 - 110.
10. Железко Б.А., Морозевич А.Н. Теория и практика построения информационно-аналитических систем поддержки принятия решений. - Мн.: Армита-Маркетинг, Менеджмент, 1999. - 144 с.
11. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. - М.: Радио и связь, 1982. - 432 с.
12. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. - М.: Наука, 1981. - 208 с.
13. Левин Г.М., Ханаев В.С. Декомпозиционные методы оптимизации проектных решений. - Мн.: Навука і тэхніка, 1978. - 286 с.