

Хейфец М.Л. Президиум НАН Беларуси, Минск,
Алексеева Т.А., Ляхович А.К., Точило В.В. Полоцкий
государственный университет, Новополоцк, Беларусь

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИЕЙ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА

Автоматизированное проектирование технологических процессов (ТП), основывается на алгоритмах функционирования систем управления, с целью реализации конкретных ТП с заданными качественными, точностными и экономическими характеристиками при использовании имеющихся технических средств без натурального моделирования. Важнейшей функцией автоматизированного проектирования является формирование требований к отдельным элементам системы «заготовка-инструмент-приспособление-станок» (ЗИПС) при проек-

тировании новых ТП на существующих технических средствах, либо ко всему комплексу «система управления — ЗИПС» для вновь разрабатываемых технических средств на ранних этапах их проектирования.

Основу технологии автоматизированного проектирования составляет метод аналитического синтеза замкнутых систем управления, а полученные с его помощью алгоритмы управления, позволяют обеспечить на этапе синтеза заданные характеристики процессов управления, а на этапе моделирования заданные, либо достижимые показатели точности.

Технология автоматизированного проектирования по составу, структуре, форматам входных данных и представленных результатов в определенной степени может рассматриваться как разновидность SADT-технологии (SADT – Structured Analysis and Design Technique). При этом технология выделяется значительным расширением класса решаемых с ее помощью задач и сокращением сроков проектирования, как систем управления, так и динамических объектов. Одной из важнейших особенностей применения SADT-технологии является возможность, с одной стороны, разработки с ее помощью технологий автоматизированного проектирования технологических процессов, а с другой, использования полученных результатов для разработки технологических операций процесса изготовления детали. В наиболее обобщенной формулировке назначением полученной с использованием SADT-подхода технологии является проектирование многофакторных технологических операций, оптимизируемых по множеству параметров качества.

SADT-диаграмма 0-уровня для разработки технологии автоматизированного проектирования и моделирования технологических процессов рассматривает входные (I), управляющие данные (C), средства или механизмы (M), необходимые для решения поставленной задачи, и выходные данные (O): I₁ – конструкторская документация на изделие; I₂ – тип станка, системы ЧПУ, характеристика инструмента и расчётная схема системы ЗИПС; I₃ – параметры обрабатываемого материала; C₁ – сроки проектирования; C₂ – производительность; C₃ – себестоимость; M₁ – комплекс математических модели системы ЗИПС; M₂ – моделирующий программный комплекс; M₃ – база данных (БД) материалов; M₄ – БД инструмента; M₅ – персонал от-

дела САПР; O_1 – требуемый ТП; O_2 – требования на корректировку управлений или входов.

SADT-диаграмма уровня A_0 сформированная на основании традиционного подхода к проектированию процессов, предполагает наличие четырех основных функций (блоков): управление проектированием (A_1), разработка варианта ТП (A_2), оценка его себестоимости (A_3) и оценка его качества (A_4).

Наиболее сложной является детализация функции A_2 – «Разработать вариант технологического процесса». Результатом декомпозиции этого блока является SADT-диаграмма 1-уровня, где для блока A_2 представлены входные (I_1 — I_3), управляющие – по срокам проектирования (C_1 – выход блока A_1), и по производительности (C_2) данные, необходимые средства или механизмы (M_1 – M_5), а также выходная информация: либо заданный ТП (без учета его себестоимости), либо требования по корректировке входных или управляющих данных.

При разработке технологии проектирования подробному анализу и структуризации подвергаются функции «Формирование математических моделей» (A_{21}) и «Моделирование ТП» (A_{23}), результатом чего являются SADT-диаграммы 2-уровня A_{21} и A_{23} .

Моделирование управления на технологической операции в замкнутой системе ЗИПС рассмотрим на примере операции комбинированной обработки поверхностного слоя детали. Операция совмещает термообработку с удалением дефектного поверхностного слоя резанием и упрочняющим деформированием обрабатываемой поверхности. Для временного снижения прочности дефектного слоя используется нагрев, а для удаления припуска и деформирования поверхности применяется режущий инструмент.

В качестве статистической модели комбинированной обработки целесообразно применять квадратичные функции, а для их построения и оценивания использовать дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализ.

При использовании структурного анализа комбинированной термомеханической обработки для детализации на SADT-диаграмме технологической операции – резания с предварительным плазменным нагревом удаляемого слоя целесообразно разделять группы физико-механических и геометрических параметров качества (рис. 1).

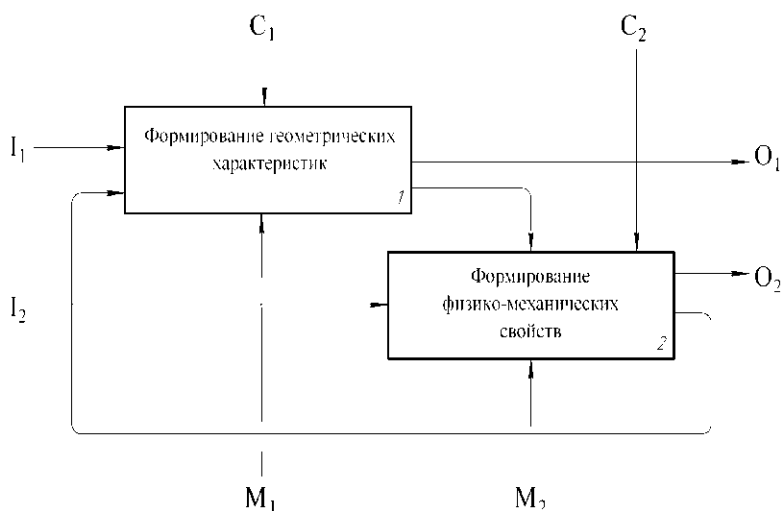


Рисунок 1 – SADT-диаграмма 3-уровня для операции комбинированной обработки

нагрева до режущей кромки инструмента; S – скорость подачи инструмента); C_2 - термомеханические факторы (I – сила тока плазменной дуги; V – скорость главного движения). Исходные параметры: I_1 – геометрические (Sm , – волнистость; Ra – шероховатость); I_2 – физико-механические (HRC – твердость ; U_n – степень упрочнения). Малоизменяющиеся характеристики: M_1 – размещение концентрированного источника энергии (h_c – удаление сопла плазматрона от обрабатываемой поверхности; t – глубина резания при удалении дефектного слоя); M_2 электромагнитные факторы (G_b – расход плазмообразующего газа; U_n – напряжение плазменной дуги). Требуемые выходные параметры: O_1 – геометрические (Sm , Ra); O_2 физико-механические (HRC, U_n).

В результате проведённого статистического анализа, установлено, что для управления геометрическими параметрами следует использовать факторы размещения и движения инструмента, а для управления физико-механическими параметрами – термомеханические факторы (рис. 2).

Управлять операцией целесообразно с помощью наиболее влиятельных и наименее коррелированных с другими факторов, поэтому для обеспечения требуемых параметров наилучшим образом подходят следующие технологические факторы: C_1 - движение инструментов (L – расстояние от пятна

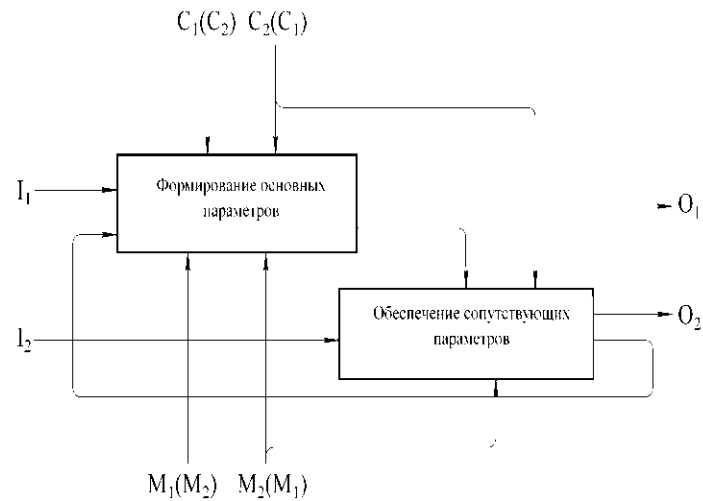


Рисунок 2 – SADT-диаграмма 4-уровня для операции комбинированной обработки

Таким образом, сочетание статистического и структурного анализа обеспечивает управление многофакторными технологическими операциями по комплексу параметров, оптимизирует факторы, через которые следует осуществлять процесс управления и параметры, которые следует контролировать в режиме реального времени.