

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

К методам проектирования технологических процессов в условиях многономенклатурного производства предъявляются особые требования, в частности необходимость нахождения оптимальных технологических решений для всей совокупности изготавливаемых изделий и разработки на этой основе операционной технологии изготовления каждого изделия с возможностью ее изменения в зависимости от изменения условий производства.

Сущность метода заключается в том, что на основе вероятностного анализа распределений параметров изготавливаемых изделий заданной номенклатуры определяются рациональная схема их потоков, состав возможных элементарных унифицированных технологических переходов (УТП), состав технологического оборудования и средств технологического оснащения, а затем из технологических переходов комплектуются отдельные рабочие позиции, в результате чего определяются индивидуальные технологические процессы. Таким образом, данный метод позволяет осуществить глобальную оптимизацию технологических решений для всей номенклатуры изготавливаемых изделий и в рамках этих решений сравнительно просто построить индивидуальные технологические процессы и гибко их перестраивать при изменении производственной ситуации. При этом существенно уменьшаются трудоемкость программного обеспечения САПР и трудоемкость проектирования технологического процесса, повышается степень обоснованности принятых решений.

Общий алгоритм проектирования технологического процесса построен по блочно-модульному методу, предусматривающему разработку отдельных проектирующих унифицированных блоков, каждый из которых решает определенную задачу на основе собственного метода и алгоритма проектирования. Для блочно-модульного проектирования характерны следующие моменты: наличие у объекта одного служебного назначения; ограниченное число вариантов технических условий и ограничений; использование типизированных правил выбора и расчетов функциональных элементов разных уровней иерархии; вариантность исполнения функциональных компоновочных решений.

Исходными данными при проектировании являются чертежи изделий, программа их выпуска и система унифицированных технологических переходов, а также данные о стабильности производства, возможных изменениях номенклатуры и объемов изготавливаемых изделий.

Описание системы УТП представляет собой совокупность технологической документации, отражающей структуру и основные принципы организации элементарных технологических переходов, рекомендуемых для построения многономенклатурных технологических процессов, и содержащей все необходимые данные для оптимизации режима их осуществления и нормирования в конкретных производственных условиях. Состав и содержание системы УТП зависят от совокупности технологических факторов, ограничивающих условия выполнения каждого элементарного перехода.

Система классификации УТП механической обработки заготовок предусматривает, как минимум, три фиксированных признака: вид обрабатываемой поверхности, технологическая база и кинематика относительных перемещений заготовок и инструмента. Создание развитой системы УТП должно обеспечить: разработку простых САПР ТП; решение многовариантных технологических задач, принятие оптимальных решений с учетом конкретных производственных условий, оперативную перестройку технологического процесса с изменением производственной ситуации; непрерывное совершенствование технологии изготовления изделий. Это позволит решить задачи, которые не удалось решить типизацией технологического процесса, поскольку число различных вариантов их осуществления слишком велико, а информации недостаточна для того, чтобы получать оптимальные решения.

Особенностью предлагаемой методики является выявление технологически независимых групп изделий. Под технологически независимой группой изделий понимается совокупность изделий, технологический процесс изготовления которых может быть построен из ограниченного набора УТП независимо от технологического процесса изготовления других изделий с обеспечением нормированной загрузки технологического оборудования и средств технологического оснащения.

Выявление технологически независимых групп осуществляется по специальному алгоритму путем обобщения изделий, изготовление которых может осуществляться с помощью определенного набора наиболее часто встречающихся УТП. Этот алгоритм основан на методах теории кластерного анализа и теории гомоморфизмов (отношение подобия объекта в каком-либо структурном или функциональном аспекте) и позволяет сформировать конструктивно и технологически подобные группы деталей.

Пусть имеется N изделий. Каждое из них N_i ($i=1, 2, \dots, n$) содержит X наименований деталей $N=\{N_j\}$. Каждое наименование детали X_j ($j=1, 2, \dots, m$) обладает определенным множеством свойств (параметров) $C(X=\{X_j\})$: $C=\{C_q\}$ ($q=1, 2, \dots, g$). Количество свойств, выводимых при классификации C_q , зависит от глубины классификации деталей; $C \subset C_q$. Задача сводится к выполнению операции отображения D множества деталей X , обладающих множеством свойств C : $D: X \subset C @ X_j, C_q$. Это позволяет создать подмножество деталей, объединенных в K групп и обладающих набором свойств C_q : ($K=1, 2, \dots, d$).

В качестве критерия разбиения множества деталей на унифицированные группы выбираем функционал S , который минимизирует значение следующего выражения:

$$S = \min \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{q=1}^y \left\| \overrightarrow{X_j} - \overrightarrow{X_K} \right\| \right\},$$

где $\overrightarrow{X_j}$ — вектор i -й детали, обладающий набором свойств C_q ; $\overrightarrow{X_K}$ — среднее значение векторов $\overrightarrow{X_j}$, входящих в K -ую унифицированную группу.

Показатель качества (подобия) созданных групп определяется общей суммой квадратов отклонений параметров деталей, входящих в K -ый кластер (унифицированную группу) от соответствующих средних значений (центров) по кластеру. При этом отдельные параметры различных групп могут быть одинаковыми, однако согласно критерию S они позволяют выделить подгруппы X_K ($K=1, 2, \dots, d$).

После преобразования по критерию S в каждое подмножество X_K входят детали, отличающиеся по параметрическим характеристикам от других подмножеств. При этом все множество деталей X представлено подмножествами X_K , т.е. $X = \bigcup X_K$, которые обладают параметрами C_q , входящими в множество $C = \bigcup C_q$.

Необходимость применения теории гомоморфизмов, оперирующей понятиями «интерпретация» и данными «представление», вызвана отнесением подобных задач к числу некорректных, т.е. не имеющих единственного устойчивого решения, а классическая теория множеств, утверждая либо принадлежность некоторого элемента, либо непринадлежность множеству, не дает конкретного практического ответа. В основе «интерпретации» лежат понятия (геометрическая форма, функциональное назначение, группа материала, предельные значения и др.), в основе «представления» — данные (размер, масса, марка материала и т.д.). Пошаговый переход от «интерпретации» к «представлению» с использованием теории кластерного анализа для количественной оценки подобия объектов производства позволяет создать однотипные группы деталей.

Построение многономенклатурных технологических процессов осуществляется алгоритмом путем технико-экономического анализа формирования рационального комплекта технологических переходов на каждой единице технологического оборудования для всей совокупности изготавливаемых изделий. В построенном таким образом многономенклатурном технологическом процессе выявляются индивидуальные технологические процессы, на которые оформляется необходимая технологическая документация. Разработка многономенклатурного технологического процесса завершается расчетом его отдельных показателей эффективности, на основе которого выявляются его узкие места, определяются направления его дальнейшего совершенствования.

При изменении производственной ситуации, например, при изменении порядка поступления изделий на обработку, временного выхода из строя технологического оборудования, поступления на обработку заранее незапланированных к выпуску из-

делий и т. д., достаточно скорректировать многономенклатурный технологический процесс, что несложно осуществить на основе использования УТП.

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 УТП с выбором оборудования, приспособлений, вспомогательных материалов и режимов мехобработки; Z_u — синтез технологического процесса из УТП с выбором оборудования, приспособлений, вспомогательных материалов и режимов определенного ранее вида упрочняющей обработки. Комплексное решение задачи Z_n требует создания сложной иерархической системы автоматизации процесса технологической подготовки производства, в которую кроме перечисленных задач входят задачи межуровневой координации и задачи, обеспечивающие совместимость и модифицируемость полученного решения.

Сформулируем задачу Z_n математически. Пусть: X — множество всех возможных вариантов: допустимых видов материалов; видов упрочняющей обработки, обеспечивающих некоторые показатели качества изделия; видов заготовок и методов их получения; допустимых наборов оборудования для проведения механической, упрочняющей обработок для выбранных способов получения заготовок; соответствующих каждому виду обработки приспособлений, видов вспомогательных материалов; R — множество вариантов технологических процессов механической и упрочняющей обработок изделий; V — множество технико-экономических оценок целесообразности изготовления детали, отвечающей всем эксплуатационным требованиям, из выбранного материала с использованием определенного оборудования. Функция F эффективности выбора варианта решения задачи с учетом его физической реализуемости является отображением декартова произведения $X \times R$ на множество оценок, то есть $F: X \times R \rightarrow V$. Функция $Q: R \rightarrow V$, x' является решением задачи Z_u , если при $r \in R$ оценка эффективности $F(x', r)$ находится в отношении «И» к предельной для этого r величине $Q(r)$. Аналогично формулируются и задачи Z_v , Z_m и Z_n .

Используя введенные обозначения, формализуем основные принципы автоматизированного решения задач технологической подготовки производства.

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

Ниже описывается 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 (степенью ответственности) на множестве $W_i = M^d \times T_i^d \times Z^d \times P_i^d \times V_i^d \times V_u^d$ найти такой вариант $w_i \in W_i$, для которого стоимость получения заготовки из выбранной материала с соответствующей упрочняющей обработкой имеет минимальное значение. Множество W_i представляет собой декартово произведение подмножеств допустимых видов: материалов, используемых для изготовления детали M^d ; упрочняющей обработки, обеспечивающих заданные показатели качества изделия T_i^d ; заготовок Z^d ; способов получения заготовок P_i^d , вспомогательных материалов для проведения методов получения заготовок V_i^d и упрочняющей обработки V_u^d .

В формализованном виде задача заключается в поиске на множестве W_i минимума целевой функции F_i , 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. Минимум критерия F_i ищется методом ветвей и границ.

Формирование множества W_i осуществляется с использованием информационной базы знаний, включающей в себя реляционную базу машиностроительных данных и базу правил, регламентирующих выбор его элементов. По заданным наименованию детали и степени ответственности получаем v -тый класс деталей. Зная v , вес детали и ее геометрические размеры, получаем множество способов получения заготовки P_i^d с соответствующими группами сложности G_s . Учитывая G_s и серийность производства, находим уточненный метод получения заготовки.

Для каждого допустимого способа получения заготовки $p_i \in OP_i^d$ формируем множество марок материалов, допустимых для изготовления заготовки, а именно: исходя из заданных условий эксплуатации U^d , получаем набор механических свойств X_u^d и возможные виды химико-термической обработки T_i^d . Из марочника материалов находим такой набор прочностных характеристик X_i , для которого выполняется условие $X_i > X_u^d$, при этом формируется промежуточное множество марок материалов M_i^d . По технологическим свойствам (жидкотекучесть, пластичность, свариваемость, закаливаемость и т. д.) каждой марки из M_i^d создаем множество способов получения заготовок P_{iz} . При пересечении множеств $P_{iz} \cap P_i^d$ остаются только те марки сталей из множества M_i^d , для которых способы получения заготовки P_{iz} совпадают с P_i^d . Из них формируется множество M^d .

В результате выполнения выше изложенных действий формируется множество допустимых вариантов видов упрочняющих обработок, марок сталей, способов получения и видов заготовок W_i , из элементов которого находим такой вариант w_i , для которого величина критерия F_i является наименьшей.

Предложенный метод проектирования технологического процесса требует определенной детализации при разработке САПР ТП. Для его реализации разработа-

на развитая система УТП, методика и алгоритм формирования технологически независимых групп изделий, методика формирования рациональных комплектов технологических переходов для каждой единицы технологического оборудования.

УДК 658.512.4:621.7

С.В.Кухта

УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

*Полоцкий государственный университет,
Новополоцк, Беларусь*

Обострение конкурентной борьбы в рыночных условиях требует от производителей поиска резервов повышения эффективности производства, сокращения сроков создания изделия, повышения его качества и надежности путем выработки новых стратегических ориентиров в организации, функционировании и развитии производственной среды на предприятии. К новым стратегическим ориентирам можно отнести: формирование, накопление и рациональное использование интеллектуальных ресурсов предприятия; гибкое планирование и управление всеми этапами создания изделий в виде параллельного их выполнения; поэтапная комплексная автоматизация производственных и управленческих процессов как внутри предприятия, так и совместно с другими организациями в рамках жизненного цикла изделий на базе новых информационных технологий [1].

Поэтому особую остроту в современных условиях развития автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства приобретают проблема выбора средств создания и реализации автоматизированных систем проектирования, подготовки и управлением производства и проблема представления знаний с целью оптимальной организации и использования интеллектуальных ресурсов на различных уровнях [1-3]. С увеличением сложности автоматизируемых производственных задач эффективность автоматизации нередко падает из-за сложности и разнообразия представления предметных задач, из-за трудностей их формализации и огромных затрат на их согласованное взаимодействие в вычислительной среде. Переход к комплексной автоматизации производства сдерживается отсутствием универсального модельного представления, которое бы позволило выделить в самостоятельную фазу процесс проектирования автоматизированных систем; наличием комплекса проблем, связанных с представлением и интеграцией знаний и отображением их в вычислительной среде [1, 3].