

МОДЕЛЬ СТРУКТУРНО - ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАДИИ ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

© 2006 Д.Л. Скуратов, С.Ю. Сидоров

Самарский государственный аэрокосмический университет

Предлагается модель структурно-параметрической оптимизации процесса механической обработки деталей на стадии проектирования технологического процесса. В качестве главного критерия принимаются суммарные затраты на производство. Решением задачи являются детерминированные значения управляемых параметров, зависящие от детерминированных исходных условий и статистических характеристик случайных параметров.

Геометрические параметры многих деталей машин и механизмов могут быть обеспечены практически с одинаковой производительностью путем использования различных методов механической обработки. Например, в работах В.С. Мухина [1], А.Г. Сулова [2] и др. показано, что одинаковые или близкие значения шероховатости поверхности, глубины и степени наклепа поверхностного слоя у цилиндрических поверхностей деталей, изготавливаемых по б...10 степеням точности из конструкционных сталей, а также никелевых и титановых сплавов, могут быть получены методами точения, шлифования или комбинацией этих методов с использованием процесса выглаживания. Поэтому при постановке изделий на производство, во первых, необходимо правильно выбрать структуру технологического процесса для изготовления каждой детали, а во вторых, оптимизировать условия выбранного метода обработки для каждой операции технологического процесса. Причем, в первую очередь, это необходимо осуществлять при изготовлении деталей из материалов со специальными свойствами.

В настоящей статье предлагается модель структурно-параметрической оптимизации на стадии проектирования технологического процесса механической обработки деталей.

В качестве главного (обобщенного) критерия в производстве принимаются суммарные затраты на производство данной продукции – себестоимость или связанная с ней полная стоимость операции [3]. При этом должны учитываться все основные и вспомогательные переходы связанные с обработкой рассматриваемой поверхности, которые изменяются в связи с изменениями

технологического процесса. Параметры системы (элементы режима резания), которые можно менять произвольно в определенных границах, должны обеспечить минимум затрат труда на единицу продукции.

Себестоимость будет представлять собой сумму изменяющихся статей затрат:

$$C_k = \sum_{i=1}^k C_i;$$

$$C_i = \sum_{j=1}^m C_j;$$

где себестоимость C_i - одного перехода и C_k - себестоимость k переходов обработки детали [4], C_j - затраты по статьям расходов:

$C_1 = f(T_{um})$ - заработная плата основных производственных рабочих, где T_{um} – штучное время;

$C_2 = f(T_{um})$ - материалы, заработная плата рабочих и оплата услуг по содержанию производственного оборудования;

$C_3 = f(T_{um})$ - амортизация производственного оборудования;

$C_4 = f(T_{um})$ - затраты на содержание и амортизацию производственной площади;

$C_5 = f(T_{um})$ - затраты на ремонт оборудования;

$C_6 = f(T_{um})$ - затраты на станочные приспособления;

$C_7 = f(T_o)$ - затраты на энергию технологическую, где T_o – основное (машинное) время;

$C_8 = f(T_o)$ - возмещение износа инструментов и расходы на их восстановление;

C_9 - затраты на составление управляющих программ, приходящиеся на одну деталь.

Величину затрат по указанным выше статьям расходов можно определить по известным формулам, приведенным например в [5].

При сопоставлении различных вариантов операций и переходов механической обработки стоимость основных материалов (заготовок) не изменяется, поэтому не учитывается.

Были применены детерминированные математические модели для определения рациональных условий обработки при продольном точении и растачивании и круглом наружном и внутреннем шлифовании. Каждая модель представлена в виде линейной целевой функции, определяющей машинное время обработки, и системы линейных ограничений – неравенств, определяющих ограничения технологических возможностей станка и конструкторские и функциональные параметры [6, 7]. Найденные параметры обработки (режимы резания) используются в базе знаний САПРТП «ТОМСК» для расчета основного (машинного) времени.

Структурная схема проектирования технологического процесса финишных операций механической обработки деталей представлена на рис. 1.

Попереходный состав операций механической обработки проектировался с использованием САПРТП «ТОМСК», при этом определялись: вид и марка металлорежущего оборудования, применяемая станочная оснастка (патрон, центры, люнет и т.п.), тип режущего инструмента и его характеристики (режущий материал, геометрия), мерительный инструмент, нормативное вспомогательное время по вспомогательным переходам на операции. Основное технологическое время рассчитывалось по режимам резания, определенным с использованием программ, реализующих математические модели [4, 5]. В качестве управляемых параметров приняты режимы обработки (скорость и глубина резания, подача), параметры инструмента.

Исходные данные для проектирования: характеристика материала заготовки (марка стали или сплава, предел прочности на растяжение или твердость), описание обработанных поверхностей детали (размеры, точность обработки, шероховатость).

Проектирование техпроцесса в САПРТП «ТОМСК» - это результат работы комплекса программ: базы знаний (БЗ), диалога с пользователем, дешифровки базы

данных (БД), заполнения информационной модели техпроцесса (ИМТП) и обратной связи с ИМТП обеспечивает технологическому пользователю разнообразный сервис: автоматизированное проектирование технологического процесса в диалоговом режиме, просмотр и выбор информации из БД в режиме меню, просмотр и редактирование информационной модели технологического процесса (ИМТП) в режиме ручного ввода, просмотр результатов проектирования на любом уровне, проектирование в режиме отладчика с просмотром промежуточных результатов. В автоматизированном режиме проектирования система предлагает технологическим значениям состава переходов на операции, марки оборудования, наименования станочной оснастки, типа режущего инструмента, марки инструментального материала, типа мерительного инструмента.

База данных в САПРТП «ТОМСК» представляет собой набор справочных таблиц по обрабатываемым материалам, оборудованию, оснастке, режущему и измерительному инструменту, по нормам времени, режимам резания, качествам точности, текстам операций, переходов и установов, и т.п., содержит исчерпывающие сведения по конструкторским параметрам режущего инструмента, паспортным данным оборудования, расчетным припускам и т.д. Таблица БД по своей форме идентична таблицам в нормативных технических документах: ГОСТах, справочниках и т.п.

Информационная модель техпроцесса (ИМТП) — по форме сложная древовидная матрица, состоящая из 85 вложенных таблиц и нескольких сотен переменных. Она содержит полную информацию о спроектированном техпроцессе. Матричная форма записи позволяет в любой момент проектирования иметь доступ ко всем объектам и параметрам техпроцесса, заменять, удалять, добавлять, просматривать, извлекать во внешние файлы любую информацию и т.д. Вложенность таблиц в структуре до 10. Структура таблицы в таблице позволяет размножать вложенную таблицу до нескольких десятков.

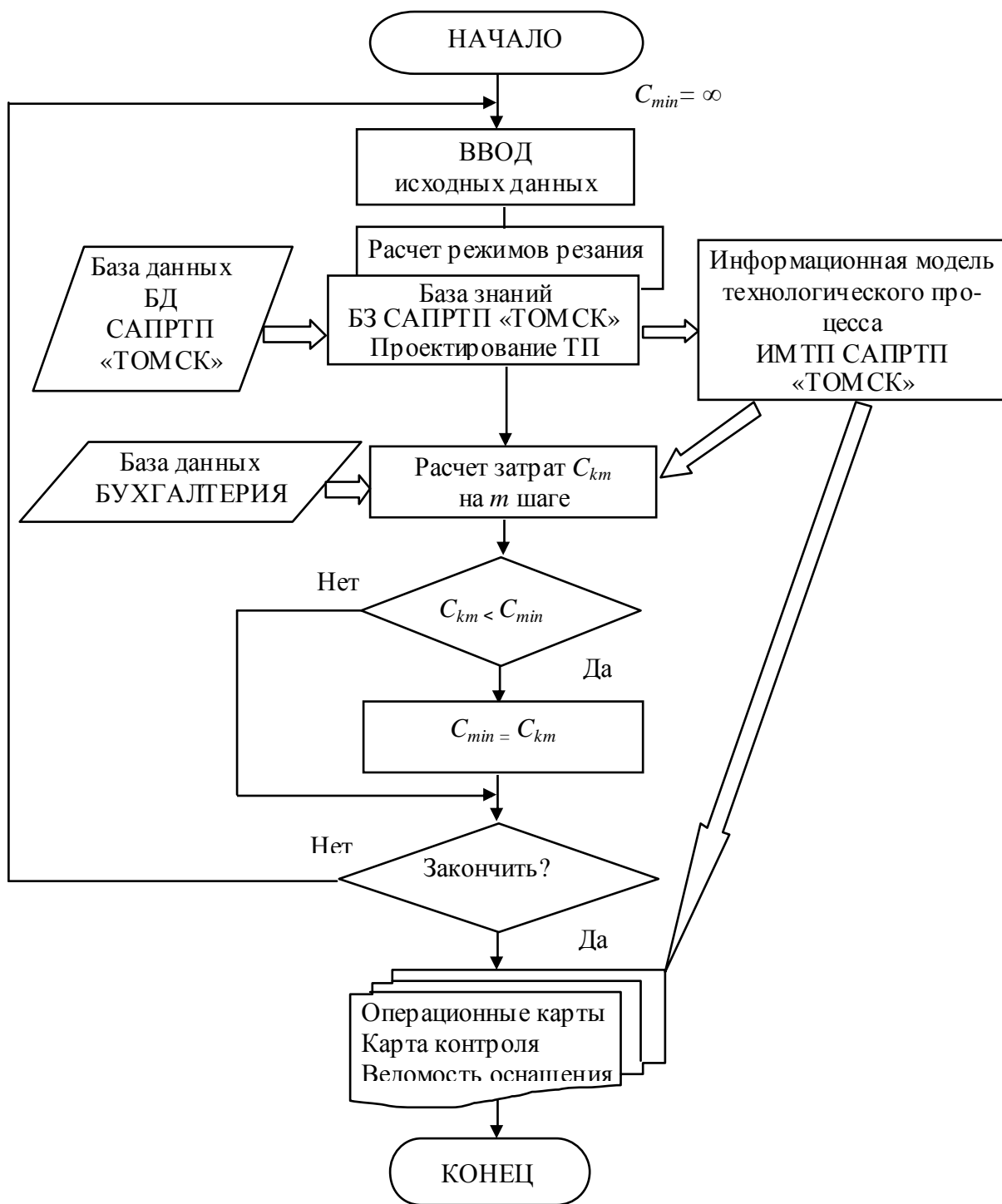


Рис. 1. Структурная схема процедуры проектирования технологического процесса

Результат проектирования: операционные карты техпроцесса, карта контроля, заполнение ведомости оснащения, ведение архивов ИМТП и файлов печати техпроцесса. САПРТП «ТОМСК» позволяет извлекать, систематизировать и накапливать технологическую информацию: состав режущего и мерительного инструмента на операцию и на техпроцесс механической обработки, перечень применяемого оборудова-

ния, трудоемкость выполняемых переходов и операций, состав штучного времени на операцию (основное и вспомогательное время), сводная трудоемкость по видам и сложности операций.

На основании рассчитанных в САПРТП «ТОМСК» значений основного t_o – основного и t_{um} – штучного времени для каждого конкурирующего варианта обработки выполняется расчет затрат C_k , при

этом используется база данных предприятия - БД БУХГАЛТЕРИЯ, из которой берутся значения балансовой стоимости оборудования, оснастки и режущего инструмента.

В ходе реализации технологического процесса механической обработки возможны отклонения от принятых при проектировании условий, которые приводят к отклонениям от проектных значений C_j . В качестве возмущающих параметров при этом чаще всего выступают: модель и инвентарный номер используемого станка (от которых зависит балансовая стоимость оборудования, занимаемая им площадь, затраты на ремонт оборудования), расход и стоимость инструмента. Таким образом составляющие себестоимости C_3, C_4, C_5, C_8 и, соответственно, значения C_i и C_k можно считать случайными функциями, для которых справедливо:

$$MC_i = \sum_{j=1}^m MC_{ij},$$

$$DC_i = \sum_{j=1}^m DC_{ij},$$

где MC_{ij}, MC_j – математические ожидания соответствующих затрат, а DC_{ij}, DC_j – их дисперсии.

Используя целевую функцию себестоимости обработки, выполняется перебор различных вариантов процесса механической обработки для очередного перехода формообразования заданной поверхности. Для каждого варианта определяется математическое ожидание и предельные отклонения значений целевой функции.

Сравнение между собой суммы затрат C_{km} (здесь m – порядковый номер конкурирующего варианта обработки) для рассматриваемых вариантов позволяет определить наиболее предпочтительный из них. Сравнение конкурирующих вариантов технологического процесса выполняется по квантилям 90% вероятности величин C_{km} .

Список литературы

1. Мухин В.С., Смыслов А.М., Боровский С.М. Модифицирование поверхности деталей ГТД по условиям эксплуатации. М.: Машиностроение, 1995, 256 с.

2. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. М.: Машиностроение, 1987, 208 с.

3. Закураев В.В., Шивырев А.А. Многокритериальная оптимизация и управление механической обработкой на токарных станках с ЧПУ // Вестник машиностроения. 2001. № 4. С. 44-49.

4. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. М.: Машиностроение, 1989. 296 с.

5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с.

6. Скуратов Д.Л. Разработка математической модели для определения рациональных условий обработки на операциях чистового точения и растачивания при изготовлении деталей авиакосмической техники // РК техника. Сер. XII. Расчет, проектирование, конструирование и испытания космических систем: Науч.-техн. сб. Самара, 2001. Вып. 1. С. 182-193.

7. Скуратов Д.Л. Разработка математической модели для определения рациональных условий обработки на операциях круглого шлифования при изготовлении деталей авиационной техники // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. Сер. Проблемы и перспективы развития двигателестроения. Самара, 2001. Вып. 5. Ч. 2. С. 115-130.

THE MODEL OF STRUCTURALLY-PARAMETRICAL OPTIMIZATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MECHANICAL TREATMENT DURING THE STAGE OF DESIGNING

© 2006 D.L. Scuratov, S.Y. Sidorov

Samara State Aerospace University

The model of structurally-parametrical optimization of the process of mechanical treatment of components during the stage of designing the technological process is proposed. As a main criterion, the summary expenditures of production are assumed. The salvation of a problem are determined values of guided parameters, depended on the determined initial conditions and static characteristics of casual parameters.