

УДК 658.53

ЗАДАЧИ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО НОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н.С. Сазонова

Обоснованы принципы разработки современной настраиваемой компьютерной системы автоматизированного нормирования технологических процессов: основной единицей проектирования в которой выступает технологический переход; система представляет собой программный комплекс, включающий локальные алгоритмы, решающие отдельные задачи, и инвариантный резидентный алгоритм, управляющий процессом отработки локальных алгоритмов; последовательность алгоритмов проектирования технологического перехода представлена в виде командной строки; а хранение всего комплекса данных осуществляется в едином структурированном поле данных.

Ключевые слова: система автоматизированного нормирования технологических процессов; алгоритмизация нормативной методики; командная строка; инвариантный резидентный алгоритм; единое поле данных.

Задача нормирования выступает в качестве ключевой в технологической подготовке производства, поскольку рассчитанные значения нормы времени являются базой для определения экономических показателей деятельности предприятия: загрузки оборудования, необходимой численности работников, и, в конечном итоге, себестоимости выпуска продукции.

Современное машиностроение характеризуется преобладанием мелкосерийного производства и очень широкой, постоянно изменяющейся номенклатурой выпускаемых изделий. В этих условиях запуск в производство новых изделий должен осуществляться в очень сжатые сроки; на технологическую подготовку производства и, в частности, на экспериментальный подбор режимов резания практически не остается времени. То есть, возникает проблема организации такой системы нормирования, которая бы обеспечивала назначение режимов обработки и определение составляющих нормы времени с достоверной точностью и в минимальные сроки. Наиболее предпочтительным способом решения этой проблемы является перенесение ее решения в область информационных компьютерных технологий – использование систем автоматизированного проектирования (САПР ТП) и нормирования технологических процессов (САН ТП).

К настоящему времени в нашей стране разработано и находятся в промышленной эксплуатации ряд наиболее известных САПР ТП. Среди них такие системы как: КОМПАС/Вертикаль, T-FLEX/Технология, АДЕМ,

СПРУТ, а также CADMECH/TECHCARD (г. Минск). Также стоит отметить появившиеся сравнительно недавно системы: САПР ТП TimeLine (ЗАО SDI Solution), САПР ТП Актив (г. Каменск-Уральский).

Все перечисленные системы позволяют на достаточно высоком уровне проектировать структуру технологического процесса, то есть в диалоговом режиме или путем проектирования по типовому техпроцессу сформировать последовательность выполнения технологических операций, выбрать оборудование, задать состав технологических переходов на каждой операции, с учетом используемой технологической оснастки: режущего, вспомогательного и мерительного инструмента. Однако, решение вопросов трудового нормирования в указанных системах, либо вообще отсутствует, либо выполнено на гораздо более низком уровне (не соответствует нормативной методике, заложенной в общемашиностроительных нормативах). Отдельные элементы нормативной методики реализованы в системах T-FLEX/Технология, АДЕМ, TECHCARD, СПРУТ, но комплексной реализации нормативной методики, в полном соответствии с общемашиностроительными нормативами, нет ни в одной из перечисленных систем. Многочисленные форумы инженеров-технологов в Интернете, которые обмениваются мнениями о своих бесплодных попытках найти адекватную систему автоматизированного нормирования, являются тому красноречивым подтверждением.

Стоит отдать должное разработчикам САПР ТП TimeLine, которые в своей системе предприняли попытку реализовать нормативную методику, заложенную в справочнике «Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ» под ред. В.И. Гузеева [1]. Однако в данном случае компьютерная система просто выполняет роль базы данных, содержащей большое количество нормативных таблиц, сам же выбор режимов резания и норм времени фактически отдан на откуп технологу, сидящему за компьютером, и полностью зависит от его опыта и квалификации. Поэтому термин «автоматизированное проектирование и нормирование» в данной ситуации вряд ли уместен.

Строго говоря, следует отметить, что опыт создания САН в четком соответствии с нормативной методикой имеется. В 80–90-х годах прошлого века на кафедре технологии машиностроения Челябинского политехнического института (ныне ЮУрГУ) были разработаны две системы автоматизированного нормирования. Это - «Общемашиностроительные нормативы времени на операции, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках, с применением автоматизированной системы технического нормирования. ППП ТАО» (1985 г.) [2] и «Общемашиностроительная система автоматизированного нормирования и проектирования операций, выполняемых на металлорежущих станках (ППП НОРМА)» (1988–90 гг.) [3]. ППП ТАО и НОРМА прошли апробацию и в течение ряда лет успешно эксплуа-

тировались на машиностроительных предприятиях страны. Эти системы базировались на общемашиностроительных нормативах, выпущенных в 70-х годах прошлого века (новых для своего времени) и позволяли производить полный расчет всех составляющих нормы времени для большинства видов обработки.

Анализ возможностей существующих современных САПР показывает, что по уровню заложенного в них методологического и алгоритмического обеспечения они пока еще очень далеки от систем ТАО и НОРМА, и фактически представляют собой красиво оформленные (в этом им стоит отдать должное) объемные хранилища данных (базы данных), помогающие технологу сравнительно быстро сформировать комплект технологических документов для сопровождения изготовления детали или изделия, но находящиеся в прямой зависимости от квалификации и опыта этого конкретного технолога.

Таким образом, в современных условиях актуальна проблема разработки САН, которая позволяла бы *автоматизировать* назначение режимов обработки и определение всех составляющих нормы времени в точном соответствии с нормативными методиками.

Простая реанимация, например, системы НОРМА на нынешнем этапе неприемлема, поскольку те инструментальные и программные средства, на которых она было построена, к настоящему времени устарели и уже не используются.

Современные же аппаратные средства, общесистемное и прикладное программное обеспечение компьютерных технологий представляют принципиально новые инструментальные возможности разработки и организации прикладных программ, поэтому возникает необходимость и возможность разработки новой, современной настраиваемой САН техпроцессов, которая бы позволяла, с одной стороны, назначать режимы обработки и определять все составляющие нормы времени согласно принятым нормативным методикам; а, с другой стороны, обеспечивала настраиваемость системы по набору проектируемых переходов.

В свое время, опыт эксплуатации ППП ТАО и НОРМА на предприятиях и выявил такой их недостаток, как трудности адаптации к условиям конкретного предприятия по возможности проектирования различных переходов.

Специфика обрабатываемых отраслей, и, в частности, современного машиностроения такова, что существует множество самых различных предприятий с различным охватом видов обработки, т. е. охват по необходимым алгоритмам проектирования на разных предприятиях будет очень сильно различаться.

Система автоматизированного нормирования, предназначенная для широкого внедрения должна обеспечивать возможность проектирования и нормирования любого технологического перехода, который может встре-

титься на предприятии. Конечно, можно пытаться создать всеобъемлющую САН, но такая система для каждого предприятия будет являться избыточной, поскольку большая часть переходов на каждом конкретном предприятии окажется невостребованной, причем невостребованными на разных предприятиях будут оказываться разные переходы

Поэтому актуальна задача разработки системы, настраиваемой как по информационному, так и по алгоритмическому обеспечению. Задача настраиваемости по информационному обеспечению фактически решена использованием СУБД (в реляционных базах данных). Настраиваемости по алгоритмическому обеспечению (по алгоритмам проектирования) в настоящее время нет ни в одной из существующих систем. Причем, речь идет о настраиваемости силами пользователей, а не разработчиков систем.

Основой любой системы нормирования является классификация основных единиц проектирования. В традиционных нормативах, в том числе и в общемашиностроительных нормативах времени и режимов резания за основную единицу нормирования принят вид обработки. Методика предусматривает комплект карт по назначению режимов резания и норм времени для базового варианта вида обработки. Другие варианты этого вида обработки, отличающиеся по технологическим или организационным факторам, учитываются при помощи поправочных коэффициентов. Но каждый вид обработки обычно охватывает целую группу различных технологических переходов, которые отличаются разными вариантами расположения обрабатываемой поверхности, наличием, либо отсутствием дополнительных поверхностей, направлениями подач и скоростей резания.

При разработке же техпроцесса основными единицами проектирования выступают технологический переход и технологическая операция. Соответственно на этапе нормирования основные элементы нормирования – также технологический переход, для которого назначаются режимы резания, основное и вспомогательное время и технологическая операция, для которой задаются штучное и подготовительно-заключительное время.

Системы автоматизированного проектирования техпроцессов, естественно, базируются на этой же иерархии основных единиц проектирования – технологических операциях и переходах. Поэтому в подсистемах нормирования, если САПР оснащена такой подсистемой, несоответствие между структурой нормативов и методологией компьютерного проектирования техпроцессов преодолевается комплексом специальных согласующих алгоритмов, устанавливающих соответствие между базовым вариантом рассматриваемого вида обработки и соответствующим технологическим переходом. Согласующие алгоритмы представляют собой цепочку логических условий выбора поправочных коэффициентов, на которые умножается нормативное значение искомого параметра базового варианта рассматриваемого вида обработки.

Такая организация алгоритмического и программного обеспечения САН приводит к тому, что отдельные характеристики технологических переходов оказываются заложенными непосредственно в текст программы. Следовательно, программное обеспечение системы, построенное по такому принципу, не является инвариантным относительно нормативной базы. Адаптация такой системы нормирования к условиям конкретного предприятия будет вызывать значительные сложности, так как добавление нового перехода, или удаление ненужного требует изменения текста программы.

Радикальным направлением устранения указанных недостатков является приведение структуры нормативной базы к виду, естественному для методологии компьютерного проектирования, т. е. нормативная база должна быть привязана не к виду обработки, а к технологическому переходу.

Поэтому, одной из основных задач создания современной Общемашиностроительной компьютерной системы нормирования техпроцессов, является задача алгоритмической структуризации общемашиностроительных нормативов времени и режимов резания, т. е. приведение их к виду, когда структурной единицей нормативной базы является комплект карт и рекомендаций по нормированию технологического перехода [4].

Итогом решения данной задачи явился выпущенный в 2012 году новый нормативный справочник для всех видов токарной обработки: «Токарная обработка: наладка, режимы резания», полностью основанный на принципе привязки к технологическому переходу [5].

Нормативная методика назначения режимов резания и определения нормы времени для любого вида обработки подразделяется на ряд этапов: назначение материала и определение геометрических параметров инструмента; определение длины рабочего хода; определение подачи; определение скорости резания; определение усилий и мощности резания; определение нормы времени. Каждый из этих этапов, в свою очередь, включает решение одной или ряда локальных задач. При разработке алгоритмического обеспечения САН ТП каждая из таких задач преобразуется в алгоритмический модуль. В итоге, получается комплекс алгоритмов, реализующих нормативную методику.

Описанная конфигурация САН предполагает минимизацию программного ядра системы – программное обеспечение представляет только логику перехода от одного локального алгоритма к другому, а сами локальные алгоритмы переводятся в состав информационного обеспечения. В этом случае настройка системы по набору технологических операций и переходов к условиям конкретного предприятия сведется к коррекции алгоритмической части её информационного обеспечения.

Для каждого технологического перехода логика последовательного выбора локальных алгоритмов задается жестко и представляет собой управляющий объект, получивший название **командная строка**. Командная

строка представляет собой, по сути, кортеж, в котором элементами упорядоченного набора значений атрибутов выступают метки команд – последовательность ссылок на локальные алгоритмы, по которым ведется проектирование данного перехода.

Структура командной строки состоит из ряда зон; каждая зона содержит одну или несколько ячеек. Каждая ячейка включает в себя один локальный алгоритм, реализующий решение одной элементарной задачи:

$$A_i B_j C_k D_l E_m F_n G_o \dots ;$$

где $A, B, C, D, E \dots$ – признаки алгоритмов, по которым ведется проектирование перехода; $i, j, k, l, m \dots$ – порядковые номера вариантов алгоритма, зависящие от заданных условий.

То есть, в общем виде командную строку можно представить как: $\{K_j\}_i^l$; (K_j – j -ый элемент командной строки, l – количество элементов в командной строке).

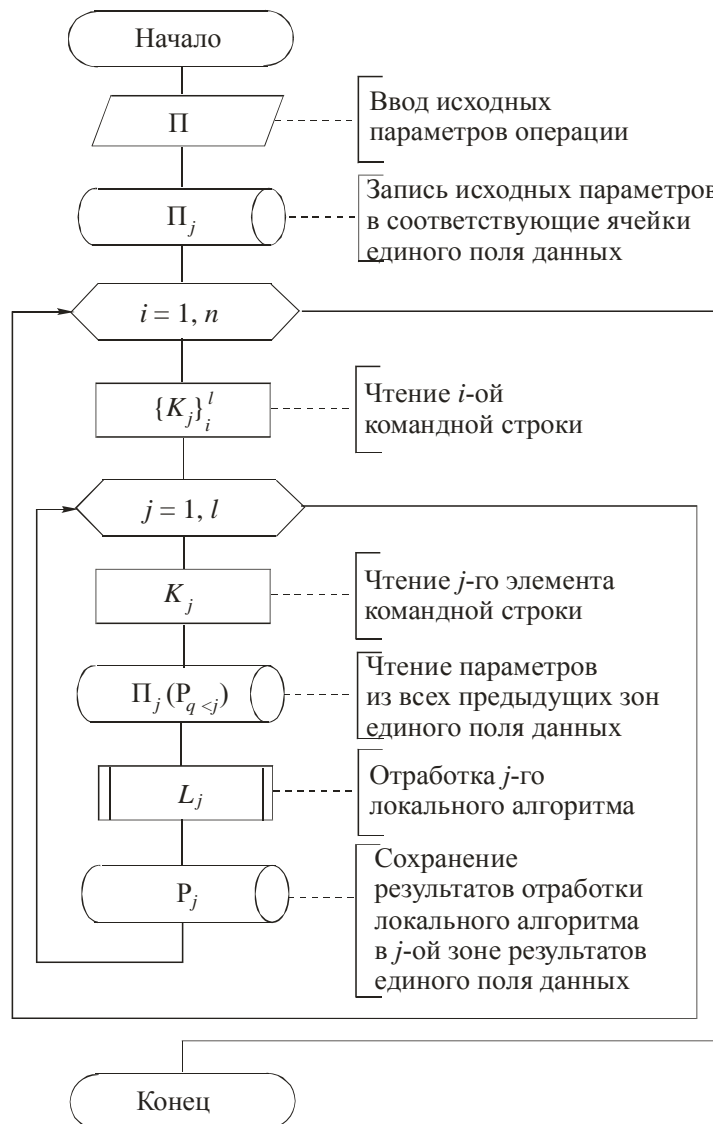
Для каждого вида обработки структура командной строки может иметь свои особенности, но общие принципы ее формирования остаются неизменными. Например, для переходов токарной обработки командные строки содержат три зоны: первая – выбор материала режущего инструмента и его характеристик; вторая – расчет режимов резания и коррекция их по станку; третья – расчет нормы времени.

Для управления процессом обращения к локальным алгоритмам и их обработки, в соответствие с командной строкой, разрабатывается **резидентный алгоритм**, который осуществляет выполнение цепочки проектных процедур (рисунок). Резидентный алгоритм является инвариантным относительно состава основных единиц проектирования – технологических переходов, что позволяет вносить новые переходы или удалять ненужные, то есть проводить настройку системы для условий конкретного предприятия.

Для корректной работы резидентного алгоритма формируется **единое поле данных** – основной информационный объект, объединяющий работу всех локальных алгоритмов. Поле данных представляет собой набор строк, каждая из которых предназначена для хранения всей информации о конкретном переходе.

Строка единого поля состоит из ряда зон, каждая из которых предназначена для записи и хранения определенной информации: адреса перехода, командной строки, параметров перехода (размеры, шероховатость и т. д.). Затем следуют зоны, куда записываются результаты отработки проектирующих алгоритмов: длины рабочих ходов, величины подач, скоростей, поправочных коэффициентов, времен. Работа всех проектирующих алгоритмов организуется через это поле данных. Для отработки каждого локального алгоритма берется необходимая исходная информация из соответствующей части строки поля данных, а результаты отработки алгоритма заносятся в предусмотренное место этой же строки поля данных.

После окончания отработки всех локальных алгоритмов командной строки, результаты, записанные в соответствующие места строки единого поля данных, могут быть сохранены в личном архиве технолога, или использованы для формирования выходных документов – маршрутных или операционных карт техпроцесса, нормировочных карт, ведомостей материалов, оснастки и др. [6].



Блок-схема резидентного алгоритма работы САН ТП

Таким образом, современная настраиваемая компьютерная система автоматизированного нормирования технологических процессов должна базироваться на следующих принципах: в основе ее нормативной базы лежит технологический переход; а сама система представляет собой программный комплекс, включающий локальные алгоритмы, решающие отдельные задачи, и инвариантный резидентный алгоритм, управляющий процессом

отработки локальных алгоритмов; последовательность алгоритмов проектирования технологического перехода представлена в форме командной строки, реализующей логику перехода от одного локального алгоритма к другому, что и обеспечивает настраиваемость САН по составу технологических операций и переходов; а хранение всего комплекса данных осуществляется в едином структурированном поле данных.

Библиографический список

1. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: справочник / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков; под. ред. В.И. Гузеева. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 2007. – 364 с.
2. Общемашиностроительные нормативы времени на операции, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках, с применением автоматизированной системы технического нормирования (ППП ТАО). (СМ ЭВМ). – М.: ЦБНТ, 1985. – 207 с.
3. Общемашиностроительная система автоматизированного нормирования и проектирования операций, выполняемых на металлорежущих станках (ППП «Норма 1»). Ч. 1. Руководство по эксплуатации. – М.: Экономика, 1990. – 61 с.
4. Сазонова, Н.С. Совершенствование методик нормирования технологических процессов машиностроения на основе системного подхода / Н.С. Сазонова // Сб. науч. трудов I заочн. науч.-техн. конф. «Технологическое обеспечение машиностроительных производств». – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – С. 172–179.
5. Обработка на токарных станках: наладка, режимы резания: справочник / под общ. ред. А.А. Кошина. – Челябинск: Сити-Принт, 2012. – 744 с.
6. Сазонова, Н.С. Настраиваемые компьютерные системы нормирования технологических процессов / Н.С. Сазонова // «Наука ЮУрГУ». Материалы 62 науч. конф. секции технич. наук.– Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – Т 2. – С. 91–96.

[К содержанию](#)