

## МЕТОД ОЦЕНКИ ТРУДОЕМКОСТИ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГРУППЫ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

М. С. КАЗАНЦЕВ

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: maximkazantsev@gmail.com*

Рассмотрены особенности процесса оценивания трудоемкости разработки управляющих программ для станков с ЧПУ, исследована актуальность разработки нового метода ее выполнения. Предложен метод, предназначенный для получения оценки трудоемкости заказов, содержащих большое количество деталей. Метод учитывает специфику современных САМ-систем и спектр доступных для использования на предприятиях металлорежущих станков с ЧПУ.

**Ключевые слова:** оценка трудоемкости, управляющая программа, САМ-система, ЧПУ, унификация конструкторско-технологических элементов.

В последние годы все более актуальной становится задача налаживания внутригосударственной и международной межзаводской кооперации для выполнения производственных заказов [1]. Решение этой задачи также является одной из целей создания производственных кластеров, объединений и ассоциаций [2—5]. Когда производственные заказы между предприятиями распределяются на конкурентной основе, большое значение получает правильное оценивание трудоемкости их выполнения. Для большинства этапов технологической подготовки производства и непосредственно изготовления изделий используются разработанные нормы [6—9].

Для оценивания трудоемкости разработки управляющих программ (УП) обычно применяется метод экспертных оценок. Его основным преимуществом является скорое получение результата, а недостатком — необходимость привлечения специалиста, обладающего большим опытом в разработке УП. Поэтому необходимо разработать метод оценивания, который можно использовать без привлечения специалистов и который позволяет учитывать возможности применяемых на предприятиях современных САМ-систем и металлообрабатывающих станков с ЧПУ (токарных, многокоординатных фрезерных, токарно-фрезерных и многозадачных).

Предлагаемый метод оценки трудоемкости разработки УП заключается в транспонировании значений трудоемкости отдельных деталей заказа на все остальные детали с применением поправочных коэффициентов. Исходными данными метода являются трехмерные модели с представленными в виде аннотаций техническими требованиями или чертежи (в случае отсутствия аннотаций) на каждую из деталей заказа. Процедура оценивания включает несколько этапов.

Первый этап заключается в сборе и обработке данных о деталях заказа: количестве поверхностей, габаритах детали, минимальной толщине стенок, требованиях по точности и шероховатости и т.д. На основании этих данных на следующем этапе происходит выбор деталей с целью получения подробной оценки трудоемкости разработки УП для их изготовления, которая выполняется на третьем этапе. При оценке временных затрат на обработку отдельных деталей используются экспериментальные значения трудоемкости типичных операций разработки УП, к которым и применяются поправочные коэффициенты, в зависимости от наличия факторов, влияющих на оцениваемую трудоемкость.

Отдельно стоит отметить такой фактор, как конструкторско-технологическая сложность детали. Было решено оценить его влияние при помощи унификации конструкторско-технологических элементов (КТЭ). Системы унификации и классификации КТЭ, применяемые при разработке технологических процессов, из-за высокой степени автоматизации современных САМ-систем непригодны для решения поставленной задачи. Так, например, значения трудоемкости создания траектории чистового прохода резца по цилиндрической поверхности и поверхности ступенчатого вала различаются на пренебрежительно малую величину. Поэтому для унификации были выделены признаки КТЭ, влияющие на процесс задания параметров траекторий в САМ-системе. Комбинации этих признаков позволили получить перечень унифицированных КТЭ. Для каждого из унифицированных элементов экспериментальным путем были получены значения трудоемкости задания параметров траекторий обработки [10, 11].

На последнем этапе результаты оценки отдельных деталей проецируются на остальные детали заказа, при этом применяют поправочные коэффициенты, рассчитанные на основе собранных и проанализированных на первом этапе данных.

Полученные таким образом значения трудоемкости не только служат экономическим показателем заказа, но и влияют на конечный выбор технологии изготовления деталей этого заказа, поскольку предприятие, как правило, оснащено различными типами оборудования. У компаний, не имеющих собственных станков и арендующих их на стороне, спектр доступных при проектировании технологии обработки вариантов может быть гораздо шире. В таком случае для определения оптимального по стоимости решения целесообразно рассматривать трудоемкость выполнения заказа с разными вариантами технологии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кооперация по новым программам ОАО „Объединенная Авиастроительная Корпорация“ [Электронный ресурс]: <[http://www.ulsez.ru/storage/files/Konf\\_post2013.rar](http://www.ulsez.ru/storage/files/Konf_post2013.rar)>.
2. Жуков А. Бесперспективные дизели // РосБизнесКонсалтинг. М., 2009 [Электронный ресурс]: <<http://www.rbcdaily.ru/industry/562949979102651>>.
3. Об Ассоциации // Ассоциация Судостроительных Компаний Сибири. Ангарск, 2012—2014 [Электронный ресурс]: <<http://asksib.ru/info/about/>>.
4. Зверева П. Государственных средств в финансировании больше, чем средств предприятий // Деловой авиационный портал АТО.ру: информ.-справочный портал. М., 2013. [Электронный ресурс]: <<http://www.ato.ru/content/gosudarstvennyh-sredstv-v-finansirovanii-bolshe-chem-sredstv-predpriyatiy>>.
5. Зимин К. Будущее — за промышленной кооперацией и внедрением инновационных технологий. М., 2009 [Электронный ресурс]: <<http://www.iemag.ru/analitics/detail.php?ID=19540>>.
6. Шарафеев И. Ш., Закиров И. М. Расчет режимов резания и норм времени на основе концепции моделирования систем автоматизации технологического назначения. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та., 2006. 180 с.
7. Шарин Ю. С., Якимович Б. А., Толмачев В. Г., Коршунов А. И. Теория сложности. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 1999. 132 с.
8. Домбращев А. Н. Разработка автоматизированной системы определения сложности и прогнозной трудоемкости изготовления деталей инструментального производства. Дис. ... канд. техн. наук. Ижевск: ИжГТУ, 2005. 128 с.
9. Акимов И. В. Самообучающаяся система экспресс-оценки трудоемкости изготовления деталей машин. Дис. ... канд. техн. наук. Тула: ТГУ, 1999. 208 с.
10. Казанцев М. С. Анализ влияния исходных геометрических данных на трудоемкость процесса разработки управляющих программ для станков с ЧПУ при помощи современных САМ-систем // Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1 Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. С. 58—60.

11. Казанцев М. С., Васильев Н. С. Оценка трудоемкости разработки управляющих программ в современных САМ-системах // Перспективы науки. 2014. № 12. С. 91—94

**Сведения об авторе**

**Максим Сергеевич Казанцев**

— аспирант; Университет ИТМО; кафедра технологии приборостроения;  
E-mail: maximkazantsev@gmail.com

Рекомендована кафедрой  
технологии приборостроения

Поступила в редакцию  
22.10.14 г.

**Ссылка для цитирования:** Казанцев М. С. Метод оценки трудоемкости разработки управляющих программ для изготовления группы деталей на станках с ЧПУ // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 4. С. 322—324.

**METHOD FOR EVALUATION OF TIME EXPENDITURES OF NUMERICAL CONTROL PROGRAM DEVELOPMENT FOR A WORKPIECE SET PRODUCTION USING A CAM SYSTEM**

**M. S. Kazantcev**

*ITMO University, 197101, Saint Petersburg, Russia  
E-mail: maximkazantsev@gmail.com*

Peculiarities of the problem of time-expenditures evaluation for development of numerical control programs for CNC machines are considered. A new method for evaluation of time required to execute orders with a large set of workpieces is proposed. The method takes into account specifics of modern CAM systems and a wide range of CNC metal cutting machines used at enterprises.

**Keywords:** working time evaluation, CAM system, NC program, CNC, unification of construction and technological elements.

**Data on author**

**Maxim S. Kazantcev** — Post-Graduate Student; ITMO University; Department of Instrumentation Technology; E-mail: maximkazantsev@gmail.com

**Reference for citation:** Kazantcev M. S. Method for evaluation of time expenditures of numerical control program development for a workpiece set production using a CAM system // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroyeniye. 2015. Vol. 58, N 4. P. 322—324 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-4-322-324

## СОЗДАНИЕ АГЕНТА-ВЫЧИСЛИТЕЛЯ В МНОГОАГЕНТНОЙ СИСТЕМЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. А. ПУТИНЦЕВА, А. Н. ФИЛИППОВ

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: [filippov\\_an@rambler.ru](mailto:filippov_an@rambler.ru)

Предложен подход к организации и применению агентов-вычислителей. Приведены фрагменты базы знаний в виде фреймов-формул, текстов-переходов и продукций. Описаны функции агента-вычислителя в многоагентной системе технологического назначения в виртуальном строковом пространстве технологических данных.

**Ключевые слова:** многоагентная система, виртуальное пространство, фреймы, формулы, продукции.

В настоящее время методы многоагентных систем (МАС) в современных САПР находят активное применение [1, 2]. Методология виртуального строкового пространства технологических данных (ВСПТД), на основе которой создается единое информационное пространство описания технологических данных и знаний, а также обеспечивается включение агентов в МАС, была положена в основу САПР технологических процессов механической обработки деталей ТЕХКОМ, используемой на многих отечественных предприятиях [3]. На основе ВСПТД создаются язык коммуникаций, описывающий технические аспекты передачи информации между агентами, и язык описания онтологий заданной предметной области [4].

В ВСПТД онтология базируется на представлении триплета (основной структурный элемент информационной среды):

$$F_i = \langle P_i, N_i, V_i \rangle,$$

где  $P_i$  — префикс, обеспечивающий контекстное понятие  $i$ -го параметра, т.е. указывающий на определенный описываемый объект;  $N_i$  — имя параметра;  $V_i$  — значение параметра.

ВСПТД, в свою очередь, представляет собой объединение множества триплетов:

$$F = \cup F_i.$$

При разработке САПР технологического процесса авторами настоящей статьи введено понятие агента-вычислителя, в функции которого входит вычисление формул, вычисление текстов-переходов, интерпретация базы знаний с помощью дедуктивной машины вывода.

**Вычисление формул.** Технологические знания могут быть представлены, в частности, выражениями, которые включают в себя арифметические операции (сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень), а также тригонометрические (синус, косинус и др.), алгебраические, трансцендентные и другие математические функции. Эти формулы носят как теоретический, так и эвристический характер. В процессе „эксплуатации“ некоторые из них подвергаются корректировке, но будучи „зашитыми“ в программы, они не могут быть исправлены без участия программиста. В этих условиях целесообразно хранить формулы вне программ, как элемент базы знаний, обеспечивая возможность их корректировки силами эксперта.

Авторами настоящей статьи предложен вариант представления формул в виде фреймов. *Фрейм-формула* — арифметическое выражение, представленное в виде символьной строки, в которой значения переменных заданы в виде триплетов целей и постоянных величин (заданных коэффициентов).