

СИСТЕМНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

А.А. Угольников, В.В. Парманчук,
В.И. Ольшанский

УДК 621.9

РЕФЕРАТ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОФИЛИРОВАНИЕ, КОНЦЕПЦИЯ, САПР, ФОРМООБРАЗОВАНИЕ, МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ СТАНОК

Проектирование технических объектов – это создание, преобразование и представление образа еще не существующих объектов. В последнее время во всех отраслях промышленности широкое распространение получили системы автоматизированного проектирования (САПР) или CAD System – Computer Aided Design System, то есть системы, при использовании которых все проектные решения или их часть происходят путем взаимодействия человека и ЭВМ.

Цель работы – повышение эффективности автоматизированного проектирования металлорежущих станков в среде универсальных САПР.

В статье ставится задача разработки концептуального проектирования металлорежущих станков и металлорежущих станков с числовым программным управлением. На основании анализа методического и информационного обеспечения концептуального проектирования станков выделены три этапа: создание образцовых концептуальных проектов основных групп станков, дополнение их необходимыми рекомендациями и справочными данными, математическими моделями, алгоритмами и САПР, создание комплексной автоматизированной системы проектирования от маркетинга до ремонта станков.

Теоретические исследования выполнены с использованием основных положений теории автоматизации проектирования, теории алгоритмов, испытаний станков, планирования эксперимента, теории моделирования. При разработке программных модулей использовались методы структурного и объектно-ориентированного программирования.

ABSTRACT

DESIGN, PROFILING, CONCEPT, CAD, FORMING, METAL-CUTTING MACHINE

Development of the conceptual design of machine tools and machine tools with numerical control is conducted in the article.

Development of CAD elements is a very time-consuming and expensive task, requiring significant financial and human resources. There are many developed systems and sub-systems of the automated design of separate mechanisms, components, actuators and other elements of machine systems, including the CAD design in the machine tool industry.

Improving of the efficiency of the static and dynamic characteristics of machine tools is achieved by shortening the time for obtaining the necessary laws, a new quality of knowledge; the formalization of the construction characteristics of the machine.

Theoretical studies were performed by using the basic provisions of the theory of design automation, theory of algorithms, etc.

При исследовании и проектировании металлорежущих станков (МС), как правило, выделяют три группы факторов: качество МС, условия функционирования МС, способы использования МС.

Показатели функциональной и технической эффективности определяют полезный эффект при эксплуатации МС, а также прогрессивность технических решений при их проектировании.

Для достижения показателей функциональной и технической эффективности, повышения конкурентоспособности МС важным является системное обеспечение концептуального проектирования МС (рис. 1).

Концептуальное проектирование МС и МС с ЧПУ нового поколения включает следующие этапы:

1. Анализ обрабатываемой детали при проектировании специальных и специализированных станков, базирование и закрепление детали, определение диапазонов режимов обработки.

Задачей здесь является формализация этого шага и выполнение его с помощью средств компьютерной техники.

2. Выбор инструмента.

При выполнении обработки детали существуют варианты с материалом режущего инструмента, с его формой, параметрами режущей части, способом его крепления, базированием инструмента и сохранением размерной настройки при его смене. Подобные варианты инструментальной наладки существуют для всех видов обработки.

Задачей здесь является создание информационной базы и разработка САПР по выбору и применению инструмента.

3. Разработка схемы формообразования и схемы обработки.

Здесь, как и в пункте 2, существуют варианты с базированием детали, с разделением припуска на проходы, с наличием СОЖ и способом ее подачи.

Со схемой резания тесно связана и схема формообразования. Определение структуры и параметров схемы формообразования фасонных поверхностей деталей не представляют трудностей. При обработке фасонных поверхностей возникает необходимость определения криволинейных траекторий или нелинейных

законов движения узлов станка. Эти вопросы рассматриваются, в частности, в работах [7, 8]. Расчет закона движения узла станка, работающего методом центроидного огибания, может быть выполнен с помощью математических моделей, представленных в работах [9, 10].

Задачей здесь является создание справочника по методам формообразования деталей и разработка рекомендаций по их применению в режиме САПР.

4. Разработка схемы профилирования.

Схема профилирования – это схема определения нормального профиля детали или инструмента. Расчет профиля инструмента, работающего методом копирования, приведен в работах [11, 12]. Расчет профиля инструмента, работающего методом бесцентроидного огибания, приведен в работах [13, 14].

Задачей является создание справочника по методам профилирования и разработка рекомендаций по их применению в режиме САПР.

5. Разработка схемы смены и зажима инструмента.

Схема смены и зажима инструмента разрабатывается обычно, на основании аналогии. Каждому движению присваивается порядковый номер.

6. Разработка схемы смены и зажима детали.

Схема смены и зажима детали разрабатывается на основании аналогии. Каждому движению присваивается порядковый номер.

7. Разработка перечня движений, выполняемых станком и их параметризация.

По порядковым номерам движений разработанных выше схем составляем общий перечень движений станка, которые выписываются в отдельную таблицу и параметризуются. Вместе с параметрами движений указываются допустимые погрешности их исполнения. Список движений дополняется требованиями техники безопасности и другими данными для определения всех функций системы управления.

Задачей здесь является обзор существующих и создание новых компьютерных методик параметризации движений в станке.

8. Разработка схемы кинематической связи и схемы станка.

Схема связывает исполнительные звенья, несущие инструмент и деталь, звенья, осущест-

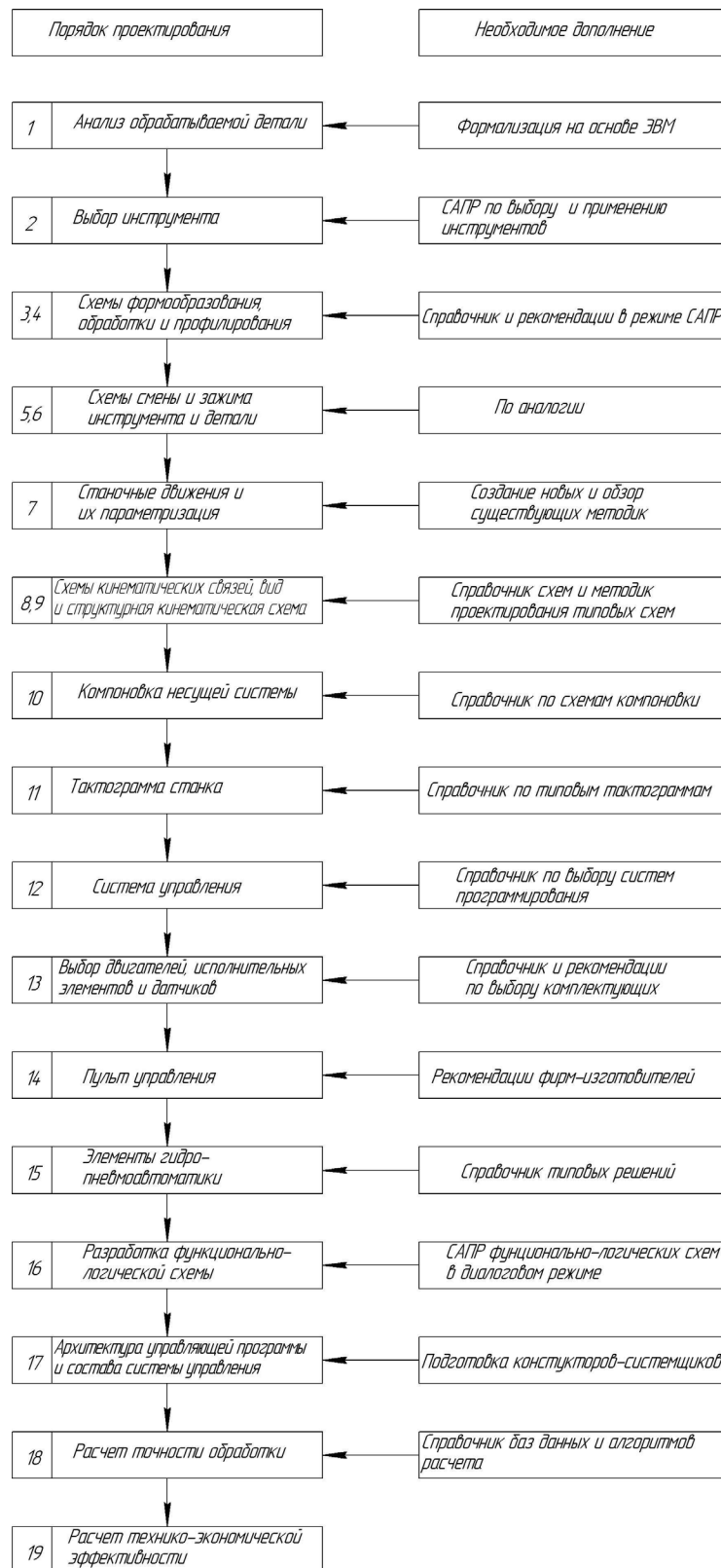


Рисунок 1 – Единичный контур

Источник: составлено автором.

ствляющие правку шлифовального круга, и аналогичные им, а также исполнительные звенья, перемещающие элементы несущей системы станка.

Все номера движений, проставленные на схемах обработки, схемах зажима и смены детали и других схемах, должны быть отражены на схеме связи, на структурно-кинематической схеме и схеме компоновки несущей системы. Пример схемы связи для токарно-винторезного станка показан на рисунке 2.

Задачей является создание справочника схемы связи основных групп станков и рекомендаций по их составлению в режиме САПР.

9. Выбор вида кинематических связей и разработка структурной кинематической схемы.

Эта процедура может рассматриваться как детализация схемы связи. Структурная кинематическая схема токарно-винторезного станка показана на рисунке 3.

Актуальным здесь является создание методи-

ки проектирования и справочника структурных типовых схем.

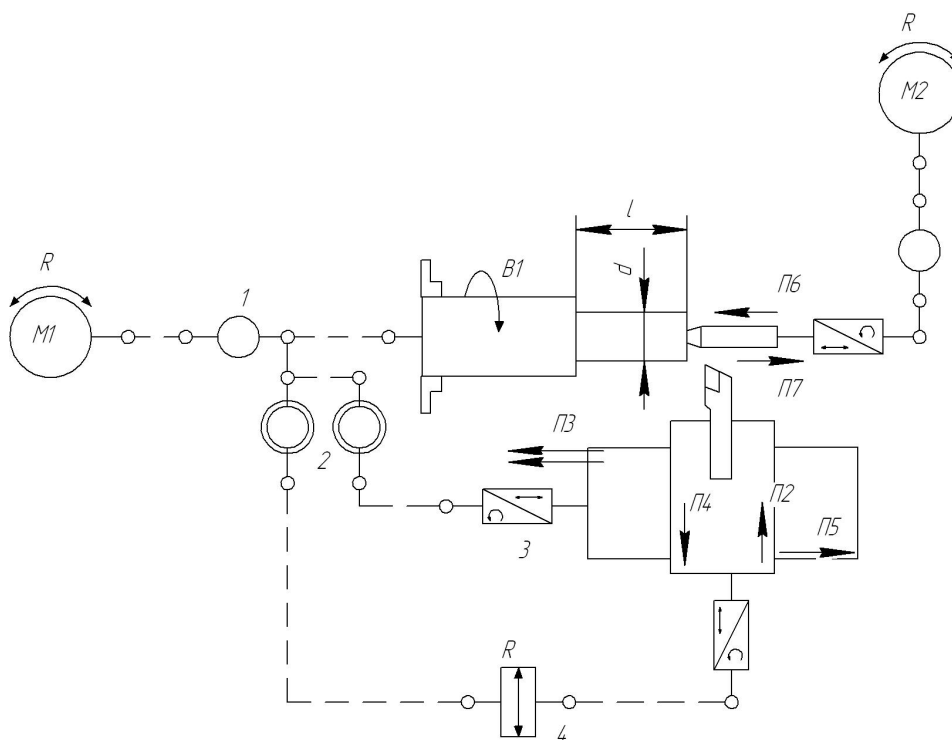
10. Разработка схемы компоновки несущей системы станка.

Схема компоновки несущей системы станка определяется следующими факторами: положением изделия в пространстве, перераспределением подвижных звеньев между изделием и инструментом и порядком их следования, расположением узлов относительно оси симметрии станка (станины) и расположением инструмента относительно заготовки (спереди, сзади, сбоку, вверх). Схема компоновки токарного станка дана на рисунке 4.

Задачей здесь является создание библиотеки, решений и приемов рекомендуемых схем компоновки и разработка рекомендаций по их применению в режиме САПР.

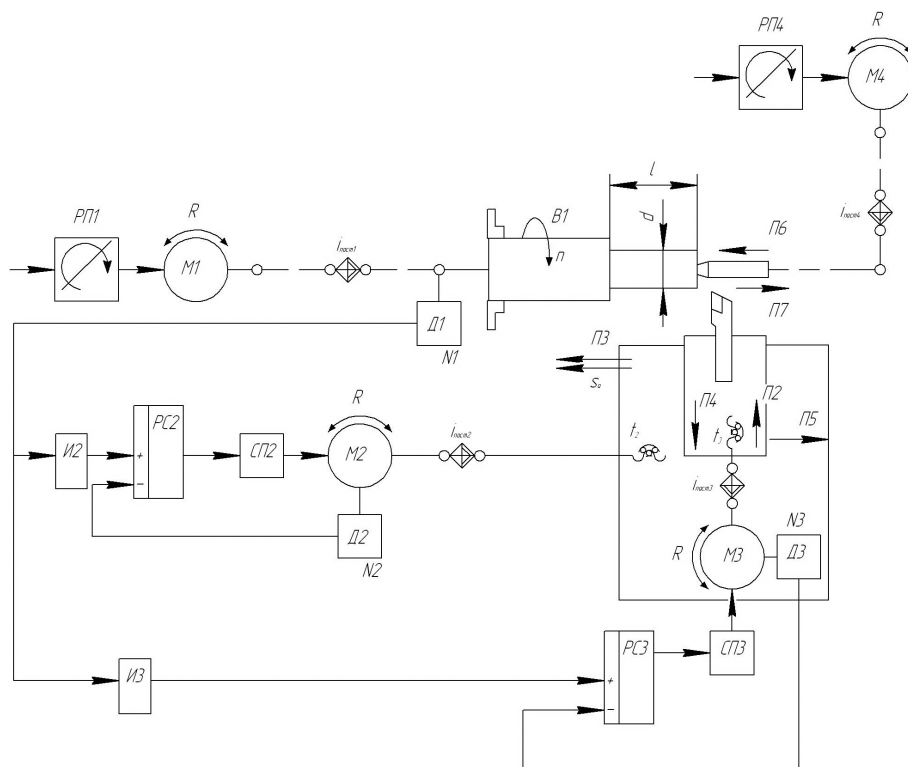
11. Разработка тактограммы станка.

Разработка тактограммы по схеме обработки с учетом компоновки станка не представляет



- 1 – скоростная связь; 2 – контурная связь;
- 3 – преобразователь вращательного движения в поступательное;
- 4 – устройство реверса

Рисунок 2 – Схема кинематических связей токарного станка



РП – регулируемый привод; СП – следящий привод; И – интерполятор; РС – реверсивный счетчик

Рисунок 3 – Структурно-кинематическая схема токарного станка

трудностей.

Задачей здесь является создание базы данных с типовыми частями тактограмм, которые позволяют быстро и безошибочно синтезировать ее на компьютере в диалоговом режиме.

12. Выбор типа системы управления.

Лучшими являются системы управления ЧПУ фирм: Siemens, Fanuc, Mitsubishi и др в силу их надежности, ремонтпригодности, стандартным языкам программирования и высокого качества функционирования. Кроме того, внутри конкретной системы управления может быть выбрана различная архитектура и связанный с ней язык программирования. Прежде всего, это относится к программированию элементов цикла на языках высокого (G, M-функции) уровня. В первом случае упрощается работа оператора, во втором – программиста. Необходима проработка каждого из вариантов и их сравнение по себестоимости и по наличию персонала требуемой квалификации.

Задачей здесь является создание справочника по выбору системы программирования и разработка рекомендаций по их применению.

13. Выбор двигателей, исполнительных элементов и датчиков.

Выбор датчиков, исполнительных элементов и приводов производится на основании требуемой точности, нагружающих сил, моментов и диапазонов частот вращения. Вместе с выбором датчиков, исполнительных элементов и двигателей производится разработка схемы их расположения на станке с учетом органов управления. При выборе используются алгоритмы фирм-изготовителей.

Задачей здесь является создание справочной базы и разработка рекомендации с примерами выбора комплектующих сервисным обслуживанием.

14. Разработка пульта управления.

В современных системах ЧПУ имеются стандартные пульты управления. Задача сводится к

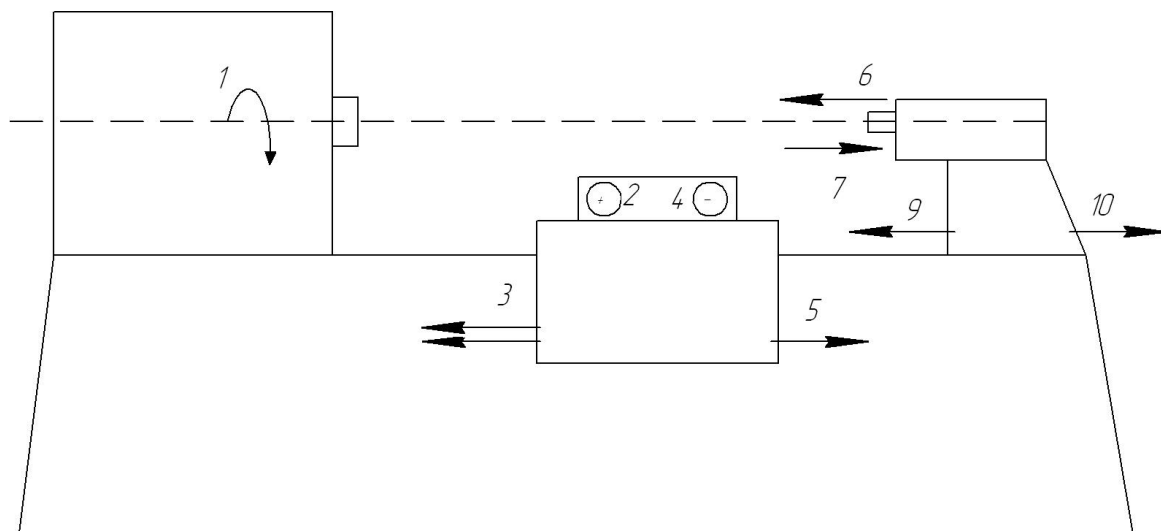


Рисунок 4 – Схема компоновки несущей системы токарного станка

их выбору по рекомендациям фирм-изготовителей.

15. Разработка элементов гидро-пневмоавтоматики.

Разрабатывается схема, включающая те элементы гидропневмоавтоматики, которые осуществляют процесс управления станком.

Задачей является разработка типовых решений в диалоговом режиме САПР.

16. Разработка функционально-логической схемы.

Разработка этой схемы производится на основании тактограммы, применяемых датчиков, исполнительных элементов и двигателей на станке.

Задачей является разработка САПР функционально-логических схем в диалоговом режиме.

17. Разработка архитектуры управляющей программы и состава системы управления.

Эта часть концептуального проекта выполняется в диалоговом режиме по программам фирм-изготовителей управляющих систем.

Задачей здесь является подготовка конструкторов-системщиков по вопросам устройства управляющих систем и по их программированию.

18. Расчет точности обработки.

Суммарная погрешность обработки опреде-

ляется приближенно известными методами [7].

Задачей здесь является разработка базы данных и алгоритмов расчета точности обработки для различных групп станков.

19. Расчет технико-экономической эффективности.

Производится на основе данных по затратам на операциях до и после внедрения разрабатываемого станка.

На основании анализа методического и информационного обеспечения концептуального проектирования станков можно выделить три этапа:

- на первом этапе должны быть созданы образцовые концептуальные проекты основных групп станков. На этом этапе можно обойтись без разработки многих математических моделей, алгоритмов и САПР. Эти проекты могут служить основой для выполнения курсовых и дипломных работ, не предполагающих принятия решений о заказах на проектирование оборудования;
- на втором этапе проекты, разработанные на первом этапе, следует дополнить необходимыми рекомендациями и справочными данными, математическими моделями, алгоритмами и САПР. Расширенные проекты могут быть использованы проектировщиками КБ заводов в качестве образцов для эволюционного проектирова-

ния новой техники;

- на третьем этапе создается комплексная автоматизированная система проектирования от маркетинга до ремонта станков; необходимо вести разработки и изучение готовых элементов такой системы. Однако широкое ее внедрение в промышленности без освоения второго этапа

невозможно. Кроме разработки методического и информационного обеспечения при проектировании станков нового поколения возникает необходимость ввести в учебный план специализации «Металлорежущие станки» дисциплину «Концептуальное проектирование станков».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кутин, А.А. (2000), Повышение конкурентоспособности технологического оборудования методами CALS-технологий, *СТИН*, 2000, № 9, С. 5 - 9.
2. Пуш, А.В. (2000), Моделирование и мониторинг станков и станочных систем, *СТИН*, 2000, № 9, С. 12-20.
3. Ивахненко, А.Г., Пуш, А.В. (1998), Методология концептуального проектирования металлорежущих систем, *СТИН*, 1998, № 4, С. 4-6.
4. Хомяков, В.С., Халдей, М.Б. (1998), Информационная система синтеза компоновок станков, *СТИН*, 1998, № 8, С. 3 – 8.
5. Данилов, В.А. Терентьев, В.А. (2002), Модульная компоновочно-кинематическая схема станка как средство его проектирования, *Машиностроение*, 2002, Вып. 18, С. 294 – 300.
6. Данилов, В.А. (1999), Синтез и оптимизация кинематической структуры станков с использованием типовых модулей, *СТИН*, 1999, № 7, С. 9 – 15.
7. Решетов, Д.Н., Портман, В.Т. (1986), *Точность металлорежущих станков*, Москва, Машиностроение, 336 с.
8. Филонов, И.П., Климович, Ф.Ф., Козерук, А.С. (1995), *Управление формообразованием прецизионных поверхностей деталей машин и приборов*, Минск, ДИЗайнПРО, 208 с.
9. Мисевич, В.С. (2002), Имитационная математическая модель для профилирования плоского кулач-

REFERENCES

1. Kutin, A.A. (2000), Increasing the competitiveness of process equipment methods of CALS-technologies [Povyshenie konkurentosposobnosti tehnologicheskogo oborudovaniya metodami CALS-tehnologij], *STIN*, № 9, pp. 5 – 9.
2. Push, A. V. (2000), Modeling and monitoring of machines and machine tools [Modelirovanie i monitoring stankov i stanochnyh system], *STIN*, № 9, pp. 12-20.
3. Ivahnenko, A.G., Push, A.V. (1998), Methodology for conceptual design of machine system [Metodologija konceptual'nogo proektirovaniya metallorzhushhih system], *STIN*, № 4, pp. 4-6.
4. Homjakov, V.C., Haldej, M.B. (1998), Information system of synthesis of assemblies of machines [Informacionnaja sistema sinteza komponovok stankov], *STIN*, № 8, pp. 3 – 8.
5. Danilov, V.A. (2002), Modular layout-kinematic scheme of the machine as a means of its projecting [Modul'naja komponovochno-kinematicheskaja shema stanka kak sredstvo ego proektirovaniya], *Machine engineering – Mashinostroenie*, № 18, pp. 294 – 300.
6. Danilov, V.A. (1999), Synthesis and optimization of kinematic structure of machine tools using standard modules [Sintez i optimizacija kinematicheskoy struktury stankov s ispol'zovaniem tipovyh module], *STIN*, № 7, pp. 9 – 15.
7. Reshetov, D.N., Portman, V.T. (1986), *Tochnost' metallorzhushhih stankov* [Precision machine tools], Moscow, Mashinostroenie, 336 p.

- ка, *Машиностроение*, 2002, Вып. 18, С. 56 – 60.
10. Фирсов, А.С., Мисевич, В.С. (2002), Численный метод определения точки касания и перемещения шлифовального круга при профилировании фасонных инструментов и деталей, *Машиностроение*, 2002, Вып. 18, С. 79 – 83.
11. Ящерицын, П.И., Сеницын, Б.И. (1979), *Основы проектирования режущих инструментов с применением ЭВМ*, Минск, Выш. школа, 304 с.
12. Ординарцев, И.А., Филиппов, Г.В. (1987), *Справочник инструментальщика*, Ленинград, Машиностроение, 846 с.
13. Лашнев, С.Н., Юликов, М.И. (1975), *Расчёт и конструирование металлорежущих инструментов с применением ЭВМ*, Москва, Машиностроение, 280 с.
14. Мисевич, В.С., Угольников, А.А., Свирский, Д.Н. (2002), Разработать универсальную систему математических моделей, алгоритмов, программ и макропроектов технологических машин для технологических процессов изготовления фасонных деталей и инструментов, Ч.2, *Отчет о НИР* (промежуточный), Витебский гос. технолог. уни-тет; № ГР 2001524, Витебск, 74 с.
8. Filonov, I.P., Klimovich, F.F., Kozeruk, A.C. (1995), *Upravljenie formoobrazovaniem precizionnyh poverhnostej detalej mashin i priborov* [Control precision shaping of surfaces of details of machines and devices], Minsk, DizajnPRO, 208 p.
9. Misevich, V.S. (2002), Simulation mathematical model for profiling a flat Cam [Imitacionnaja matematičeskaja model' dlja profilirovanija ploskogo kulachka], *Machine engineering – Mashinostroenie*, № 18, pp. 56 – 60.
10. Firsov, A.S., Misevich, V.S. (2002), A numerical method of determining the touch point and moving the grinding wheel when profiling shaped tools and parts [Chislennyj metod opredelenija točki kasanija i peremeshhenija shlifoval'nogo kruga pri profilirovanii fasonnyh instrumentov i detalej], *Machine engineering – Mashinostroenie*, № 18, pp. 79 – 83.
11. Jashhericyн, P.I., Sinitcyn, B.I. (1979), *Osnovy proektirovanija rezhushchih instrumentov s primeneniem JeVM* [Fundamentals of design of cutting tools using computer], Minsk, Vysh. shkola, 304 p.
12. Ordinarcev, I.A. (1987), *Spravochnik instrumental'shhika* [Guide toolmaker], Leningrad, Mashinostroenie, 846 p.
13. Lashnev, S.N., Julikov, M.I. (1975), *Raschjot i konstruirovanie metallozhushchih instrumentov s primeneniem JeVM* [Calculation and design of cutting tools using computer], Moscow, Mashinostroenie, 280 p.
14. Misevich, V.S. (2002), To develop a universal system of mathematical models, algorithms, programs, and macroprojects technological machines for technological processes of manufacturing of shaped parts and tools [Razrabotat' universal'nuju sistemu matematičeskikh modelej, algoritmov, programm i makroproektov tehnologičeskikh mashin dlja tehnologičeskikh processov izgotovlenija fasonnyh detalej i instrumentov], Ch.2, *Otchet o NIR* (promezhutochnyj), Vitebskij gos. tehnolog. uni-tet, № GR 2001524, Vitebsk, 74 p.

Статья поступила в редакцию 01. 07. 2015 г.