

УДК 621.723+669.71.24.26

Г.И. КОСТЮК¹, Н.Э. ТЕРНЮК²

¹ *Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина*

² *ГП Институт машин и систем, Украина*

КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ ГИБКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЫСОКОЙ И СВЕРХВЫСОКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ С УЧЕТОМ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ

Даны концепции создания гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности в условиях современного производства на Украине. Показано, что синтез базируется на организации потоков деталей, инструментов, приспособлений, оснастки вспомогательного оборудования и информации; применении инструментальных схем с максимальной концентрацией технологического воздействия; использовании метода безаналогового синтеза технологических систем и техники применения фундаментальных исследований в области естественных наук; использовании многоуровневого размещения оборудования; применение переоснащенного станочного и вспомогательного оборудования на компьютерное управление (позволит его применять в интегрированном производстве) и обеспечении высокой концентрации технологического воздействия на базе станочного парка СССР за счет применения дополнительных суппортов, обрабатывающих и агрегатных головок.

гибкие технологические системы, инструментальные схемы, производственные потоки, эффективный режущий инструмент, технологические роботы

Введение

В настоящее время существует относительно немного работ, посвященных созданию гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности [1, 2], но они оторваны от современного состояния производства на Украине возможности ее станочного парка. Попытки учесть состояния промышленности и наметить пути повышения производительности и надежности обрабатывающего оборудования рассматривались в работах [3, 4], где предлагалось переоснащение парка станков Украины за счет обеспечения компьютерного управления и концентрации технологического воздействия на деталь (за счет постановки дополнительных суппортов, обрабатывающих и агрегатных головок).

Вопросы интенсификации, производящейся за счет применения режущих инструментов с покрытием и упрочненным слоем рассматривались в работах [5 – 8].

В настоящей работе рассмотрена концепция создания гибких технологических систем высокой (по-

вышается в 2 ... 10 раз) и сверхвысокой (повышается более чем в 10 раз) производительности в современных условиях Украины, даны конкретные пути решения этой проблемы.

1. Основные компоненты синтеза гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности

Синтез гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности базируется на целом ряде основных положений, компоненты которых представлены на рис. 1:

– организация потоков по пространственно-временной схеме, обеспечивающей наиболее эффективное использование рабочего объема участка, цеха, предприятия;

– применение инструментальных схем с максимальной концентрацией технологического воздействия на деталь, повышение режимов обработки за счет применения эффективных режущих инструментов (РИ), одновременной обработки различных

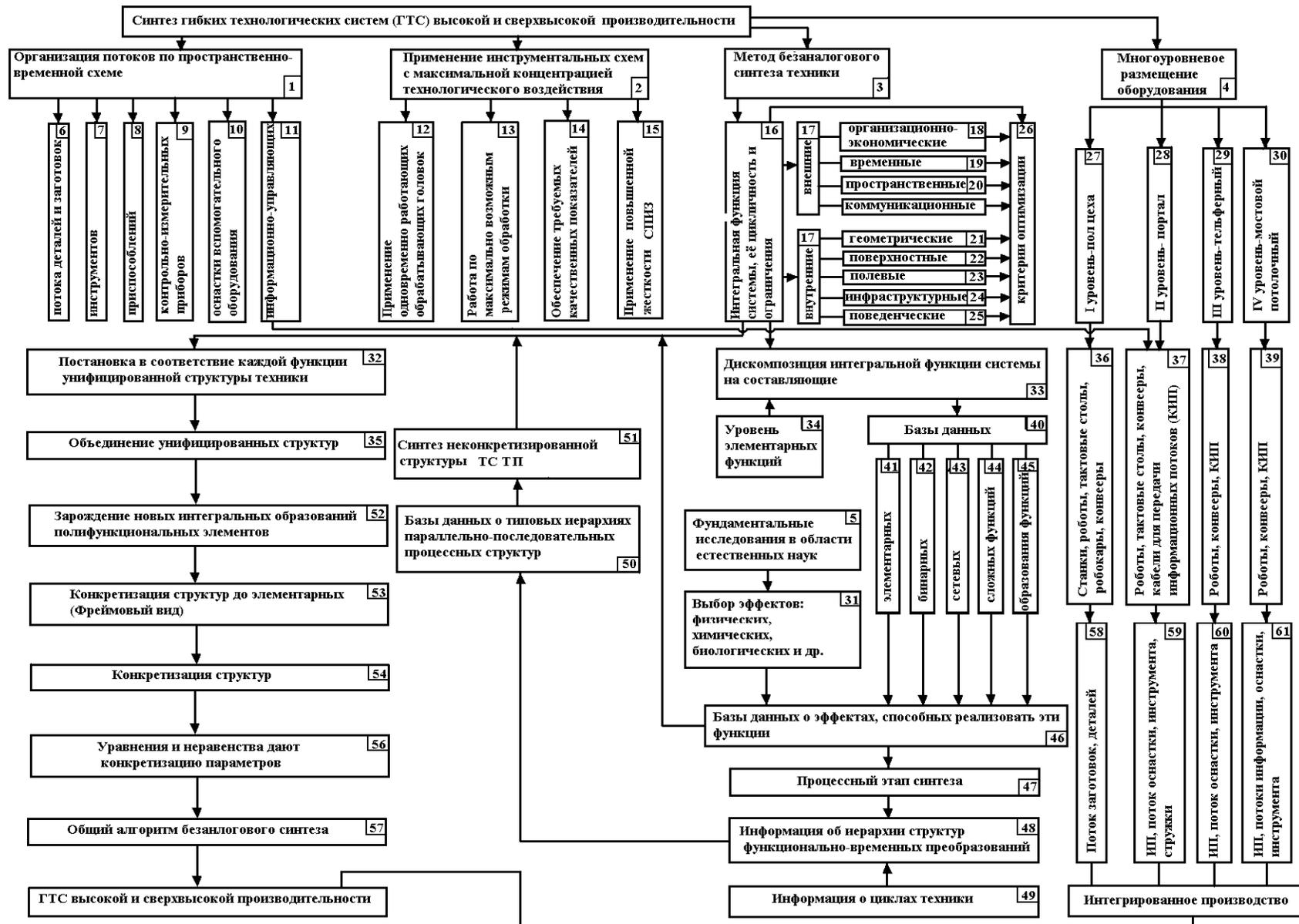


Рис. 1. Основные компоненты систем высокой и сверхвысокой производительности для интегрированного производства

поверхностей, обеспечение требуемых качественных показателей за счет повышения жесткости системы: станок – приспособление – инструмент – заготовка (СПИЗ), а также применение высоко-ресурсного РИ;

– фундаментальные исследования в области естественных наук, позволяющие выбрать эффекты, способные реализовать набор различных технологических и информационных функций;

– реализация метода безаналогового синтеза технологических систем, а в общем виде и практически любой техники, который основан на результатах фундаментальных исследований в области естественных наук, позволяющих получить интегральную функцию системы, ее цикличность и ограничения, провести ее декомпозицию на составляющие, довести их до элементарных функций и осуществить процессный этап синтеза от некокретизированной до конкретизированной структуры и параметров;

– многоуровневое размещение оборудования, когда обрабатывающее оборудование (станки, установки, технологические роботы), обслуживающее оборудование (конвейеры, тактовые столы, роботы, робокары) и вспомогательное оборудование располагаются в четырех уровнях:

- 1 – пол цеха;
- 2 – портал, стены цеха;
- 3 – тельферный;
- 4 – мостовой, потолочный,

что позволяет эффективно использовать рабочий объем для размещения оборудования;

– переоснащение станочного, роботизированного и вспомогательного оборудования на компьютерное управление для обеспечения максимального технологического воздействия на деталь, что позволит использовать существующий парк станков, роботов и вспомогательного оборудования для создания технологических систем высокой и сверхвысокой производительности.

Все это даст возможность реализовать синтез технических систем высокой и сверхвысокой производительности. Теперь рассмотрим элементы, из которых состоят компоненты такой системы.

1.1. Организация потоков по пространственно-временной схеме

Организация потоков по пространственно-временной схеме подразумевает разделение в пространстве и времени потоков деталей, заготовок, режущих инструментов, станочных приспособлений, контрольно-измерительных приборов, оснастки, вспомогательного оборудования и информационно-управляющих потоков. Все это позволит обеспечить равномерное распределение потоков по рабочему объему участка, цеха и предприятия, что даст возможность сократить затраты на создание участка, цеха и предприятия, а также существенно повысить производительность производства.

1.2. Применение инструментальных схем с максимальной концентрацией технологического воздействия

Использование инструментальных схем с максимальной концентрацией технологического воздействия может быть реализовано за счет следующих факторов:

– применение большого числа одновременно работающих обрабатывающих головок для обрабатывающих центров или станков, оснащенных дополнительными суппортами, обрабатывающими и агрегатными головками; применение обрабатывающих головок для различных роботов при обработке одной детали или при сборке одного узла, окраске, сварке;

– работа на максимально возможных режимах обработки с применением эффективных РИ с покрытием и упрочненным слоем для данных режимов обработки и обрабатываемых материалов [5 – 8] и

с применением надежных современных методов прогноза стойкости РИ;

– обеспечение требуемых качественных показателей обрабатываемых деталей за счет выбора режимов обработки, жесткости системы СПИЗ и согласования результатов механической обработки и последующих физико-технических методов (нанесения покрытий, ионного шлифования, полирования и фрезерования); все это требует высокой автоматизации измерений размеров детали и надежных методов управления электрофизической обработкой;

– применение повышенной жесткости системы СПИЗ, например, за счет применения дополнительных упоров для повышения жесткости режущего инструмента.

Все это позволит снизить машинное время обработки, а, следовательно, существенно повысить производительность и обеспечить качество деталей.

2. Результаты фундаментальных исследований в области естественных наук, обеспечивающие прорыв в технике и технологии

Открытия и наиболее существенные результаты фундаментальных исследований в области естественных наук могут быть использованы для обеспечения научно-технического прорыва в технике и технологии, где могут использоваться новые эффекты: физические, химические, биологические и др.

Необходимо создание банка данных о циклах, способных реализовать те или иные функции, которые позволят реализовать процессный этап синтеза, который, совместно с информацией о приемах развития техники, позволит получить информацию об иерархии структур и структурно-временных преобразованиях.

В конечном счете эти данные используются в общем алгоритме безаналогового синтеза ГТС высокой и сверхвысокой производительности

2.1. Метод безаналогового синтеза технологических систем и техники

Применение безаналогового синтеза технологических систем и техники позволяет получить интегральную функцию системы, ее цикличность и внешние (организационно-экономические, временные, пространственные и коммуникационные) и внутренние (геометрические, поверхностные, полевые, инфраструктурные и поведенческие) ограничения. Это дает возможность сформировать критерии оптимизации.

Интегральная функция системы подвергается декомпозиции на составляющие до уровня элементарных функций, которые выбираются из базы данных (элементарных, бинарных, сетевых, сложных функций и образования новых функций) функций совместно с базой данных об эффектах, способных реализовать эти функции, обеспечивают процессный этап синтеза и совместно с информацией о временных циклах техники позволяют получить информацию о иерархии структур функционально временных преобразований. Далее на основе базы данных о типовых иерархиях параллельно-последовательных процессных структур осуществляется синтез неконкретизированных систем, технологических систем и технологических процессов.

Предварительно в соответствие каждой функции приводится соответствующая унифицированная структура техники и осуществляется их объединение. На основе этого осуществляется зарождение новых интегральных образований полнофункциональных и конструкционных элементов и конкретизация структур до элементарных, т.е. когда система принимает фреймовый вид.

Конкретизация структур, уравнения и неравенства, описывающие их вид, дают конкретизацию параметров.

Все это позволяет получить общий алгоритм безаналогового синтеза, который дает возможность реализовать гибкие технологические системы высокой (производительность выше в 2 ... 10 раз) и сверхвысокой (более 10 раз) производительности.

2.2. Многоуровневое размещение оборудования

Применение на участках, в цехах и на предприятиях многоуровневой схемы размещения оборудования позволяет рационально использовать рабочий объем производственного помещения и обеспечить дополнительно концентрацию обрабатываемого и вспомогательного оборудования.

Оборудование размещается в следующих четырех уровнях:

- первый уровень – пол цеха, где размещаются станки, роботы, тактовые столы, конвейеры и перемещаются робокары;
- второй уровень – портал, где размещаются роботы, тактовые столы конвейеры, кабели для передачи информационных потоков;
- третий уровень – тельферный, где размещаются роботы, конвейеры, кабели для передачи информационных потоков;
- четвертый уровень – мостовой (потолочный), где размещаются роботы, конвейеры, кабели информационных потоков.

Дополнительно на первом уровне реализуется поток заготовок, деталей; на втором уровне – поток оснастки инструмента и располагаются кабели информационных потоков; на третьем уровне реализуется поток оснастки, инструмента и располагаются кабели информационных потоков, на четвертом уровне – потоки оснастки, инструмента и информации.

3. Переоснащение станочного и вспомогательного оборудования на компьютерное управление и обеспечение высокой концентрации технологического воздействия

Станочное оборудование, которое имеется в настоящее время на предприятиях Украины, в основном произведено в СССР. Оно обладает достаточной точностью механических перемещений, но не отвечает требованиям сегодняшнего дня по надежности и возможности использования как тяжелых компьютерных систем, таких как «Юниграфикс», «Эвклид», «Кати», так и относительно легких компьютерных систем, таких как «ADEM», «Компас» и др.

В то же время данное оборудование не отвечает требованиям концентрации технологического воздействия при обработке детали, в нем отсутствуют параллельно работающие суппорты и обрабатываемые головки.

Все вышесказанное говорит о необходимости переоснащения технологического оборудования (станков, технологических роботов и установок), а также роботов, конвейеров и вспомогательного оборудования на компьютерное управление, а также оснащения технологического оборудования дополнительными суппортами, обрабатываемыми и агрегатными головками.

Компьютерное управление оборудованием должно обеспечивать работу станков с дополнительно встроенными суппортами, обрабатываемыми и агрегатными головками, технологическими роботами (необходимо обеспечить одновременную работу над одной деталью или узлом нескольких роботов), роботами вспомогательными, тактовыми столами, конвейерами, робокарами, автоматизированной технологической оснасткой и вспомогательными системами, обеспечивающими уборку стружки, подачу СОЖ, работу контрольно-измерительной

аппаратуры, систем контроля функционирования всех систем, а также автоматизированных установочно-зажимных приспособлений и технологической оснастки.

Заключение

Рассмотрены концепции создания гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности для условий современного состояния обрабатывающего и вспомогательного оборудования.

Показано, что без существенных затрат с учетом организационных, системных и технических возможностей, обеспечив переоснащение станочного и другого обрабатывающего оборудования на компьютерное управление и снабдив обрабатывающее оборудование дополнительными суппортами, обрабатывающими и агрегатными головками, есть возможность для украинского производства реализовать интегрированное производство с гибкими технологическими системами высокой и сверхвысокой производительности.

В заключение рассмотрим, насколько программно и аппаратно готовы все составляющие синтеза гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности:

– организация потоков по пространственно-временной схеме – технические решения организации потоков деталей, заготовок, приспособлений, контрольно-измерительных приборов, оснастки, вспомогательного оборудования и информационно-управляющих потоков практически есть; необходимо обеспечить достаточную формализацию описания оптимальной организации таких потоков для получения высокой и сверхвысокой производительности;

– применение инструментальных схем с максимальной концентрацией технологического воздей-

ствия на деталь за счет применения одновременно работающих суппортов, обрабатывающих и агрегатных головок (возможно реализовать на обрабатывающих центрах и модернизированном переоснащенном оборудовании времен СССР [3, 4]); слабым звеном этого процесса является относительно низкая стойкость режущего инструмента, которая может быть повышена с использованием рекомендаций, приведенных в работах [5 – 9]; работа на максимально возможных режимах обработки для каждого конкретного обрабатываемого материала есть РИ с покрытием или упрочненным слоем с максимальной стойкостью для данных режимов [5, 7], правда, аналитического описания получения таких режимов практически нет, исключение составляет работа [7]; обеспечение требуемых качественных показателей детали возможно за счет соответствующего выбора режимов обработки, стойкости РИ и геометрических размеров режущего инструмента (например, державки резца и т.п.), а также согласования результатов механической и электрофизической обработки [10]; применение повышенной жесткости системы СПИЗ за счет ряда технических решений, например, использование дополнительных упоров для режущего инструмента и других методов особенно важно для случая съема больших припусков (этот недостаток можно устранить за счет соответствующего выбора метода получения заготовки), технические решения по этому направлению частично выполнены, частично прорабатываются конструктивно или разрабатывается идеология и при соответствующей поддержке государственными средствами могут быть выполнены довольно быстро и эффективно;

– использование результатов фундаментальных исследований и открытий в области естественных наук для нахождения физических, химических и биологических эффектов; для создания новых технологий и видов техники требует создания нацио-

нального (а может быть и международного) банка данных об эффектах, которые были обнаружены учеными и которые, на первый взгляд, может быть ничего общего не могут иметь с техникой; для этого необходимы незначительные средства для поддержки руководителей научных школ, которые будут участвовать в создании такого банка данных, т.е. этот вопрос также решаем;

– применение метода безаналогового синтеза технологий и техники базируется на формализации знаний для получения интегральной функции системы, ее цикличности и ограничениях, внешних (организационно-экономических, временных, пространственных, коммуникационных) и внутренних (геометрических, поверхностных, полевых, инфраструктурных, поведенческих), а также критериях их оптимизации; далее необходима декомпозиция интегральной функции системы на составляющие до уровня элементарных функций, выбор из базы данных функций, требуемых для описания эффектов, способных реализовать эти функции (из предыдущего пункта) далее проводится синтез неконкретизированной структуры технологической системы или технологического процесса, проводится унификация и объединение структур, зарождение новых интегральных образований, полифункциональных элементов, конкретизация структур до элементарных (фреймовый вид), на основе которой получаем уравнения и неравенства, дающие конкретизацию параметров, а, следовательно, и общий алгоритм безаналогового синтеза гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности. Состояние этой части синтеза наиболее изучено и в основном нами предложено только системное решение, которое надо совершенствовать, обеспечивать математический скелет и использовать фундаментальные знания, для реализации этой части нужны глубокие математические исследования и совершенствование ее системной части;

– многоуровневое размещение оборудования и выбор оптимальных уровней размещения обрабатывающего оборудования с целью максимальной концентрации технологического воздействия (например, несколько сварочных или окрасочных роботов, размещенных на разных уровнях существенно повысят производительность), т.е. это направление требует развития как для создания банка данных по оборудованию и его возможности работы на разных уровнях, так и по конструированию нового оборудования с учетом возможности работы на всех четырех уровнях; состояние таких разработок, в основном, зачаточное, хотя примеры использования этой идеи есть в международном автомобилестроении; на это направление также необходимо выделение финансирования;

– переоснащение станочного и вспомогательного оборудования на компьютерное управление в настоящее время уже проводится на различных предприятиях г. Харькова, например, на ГП ХМЗ ФЭД, ГП з-д им. Малышева, ХГАПП и других [3, 4] аппаратное и программное обеспечение разработано и требует адаптации к переоснащаемому оборудованию и соответствующих новых версий тяжелых («Юниграфикс», «Эвклид», «Кати») и легких («Компас», «АДЕМ» и др.) компьютерных систем; создание же технологических систем, обеспечивающих высокую концентрацию технологического воздействия: создание обрабатывающих и агрегатных головок и одновременно работающих суппортов, технологических роботов одновременно обрабатывающих одну деталь, узел, изделие – это требует также соответствующих расходов для создания опытных образцов или модернизации существующих.

Проведенный в данной статье анализ состояния разработок, перспектив создания и использования синтеза гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности показал, что

для современного состояния промышленности Украины решение этой задачи позволит вывести страну на уровень передовых технических и технологических стран при затратах в сотни и тысячи раз меньших, чем в случае покупки зарубежного станочного и робототехнического оборудования, да и к нему также будет нужна разрабатываемая идеология.

Литература

1. Тернюк Н.Э., Беловол А.В. Новый подход к проектированию гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности для машиностроения // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т „ХАІ”. – 2003. – Вип. 4 (39). – С. 117 – 121.
2. Тернюк Н.Э. Основы теории и практика создания технологических систем высокой и сверхвысокой эффективности // *Современные проблемы машиностроения*. – Донецк : ДонГТУ. – 1996. – С. 232 – 233.
3. Перспективы переоснащения парка станков и робототехнических комплексов Украины / Г.И. Костюк, Г.А. Кривов, Б.В. Лупкин, Е.П. Мышелов, Н.Э. Тернюк, А.В. Шкрабаченко // *Авиационно-космическая техника и технология*. – Х.: ХАИ. – 1998. – С. 194 – 207.
4. Парк станков и робототехнических комплексов Украины двадцать первого века / Г.И. Костюк, Г.А. Кривов, Б.В. Лупкин, Е.П. Мышелов, Н.Э. Тернюк, А.В. Шкрабаченко // *Авиационно-космическая техника и технология*. – Х.: ХАИ. – 1999. – Вып. 10. – С. 139 – 152.
5. Костюк Г.И. Физико-технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения комбинированных технологий. Физические процессы плазменно-ионных, ионно-лучевых, плазменных светолучевых и комбинированных технологий. Кн. 1. – Х.: АИНУ, 2002. – 587 с.
6. Костюк Г.И. Физико-технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения комбинированных технологий. Справочник для расчета основных физических и технологических параметров, оценки возможностей, выбора типа технологий и оборудования. Кн. 2. – Х.: АИНУ, 2002. – 441 с.
7. Костюк Г.И. Эффективный режущий инструмент с покрытием и упрочненным слоем. – К.: АИНУ, 2003. – 412 с.
8. Костюк Г.И. Перспективы и реальности применения комбинированных технологий упрочнения и нанесения покрытий для упрочнения деталей машиностроения и в инструментальном производстве (физические и технические аспекты) // *Физическая инженерия поверхности*. – 2003. – Т. 1, № 3 – 4. – С. 258 – 293.
9. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. – К.: Выща школа, 1986. – 455 с.
10. Костюк Г.И., Решетников В.И., Дубнюк С.Н. Концепция обеспечения высокого качества деталей машиностроения за счет согласования результатов механической и физико-технической обработки // *Вісті Академії інженерних наук України*. – К.: АИНУ. – 2004. – Вип. 4 (24). – С. 10 – 18.

Поступила в редакцию 04.03.2005

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Тимофеев, Национальный технический университет „ХПИ”, Харьков; д-р техн. наук, проф. Б.М. Арпентьев, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.