

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО КОМПЛЕКСОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

**Бородавко В.И., Гайко В.А., Пынькин А.М., Позылова Н. М., Насыбулин А.Х.,  
Зевелева Е.З.** (ГНПО «Центр» НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,  
Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк, Беларусь)  
Тел.: +375 (017) 2841671; Факс: +375 (017) 2840375; E-mail: [mlk-z@mail.ru](mailto:mlk-z@mail.ru)

***Abstract:** The structure of the technological complexes using concentrated streams of energy is considered. Communications between levels of elements of a complex are described. It is offered for definition of communications between making elements functional systems, functional subsystems and functional elements to build columns of trains. It is shown, that the analysis of counts of trains allows to establish quantity of interrelations between various levels of components.*

***Key words:** technological complexes, concentrated streams of energy.*

**Введение.** Синтез новых прецизионных, информационных и измерительных наукоемких технологий дает основу для проектирования и изготовления интеллектуальных мехатронных модулей и систем. Мехатронные машины и системы объединяются в мехатронные комплексы на базе единых интеграционных платформ. Цель создания таких комплексов - добиться сочетания высокой производительности и одновременно гибкости технико-технологической среды за счет возможности ее реконфигурации, что позволит обеспечить конкурентоспособность и высокое качество выпускаемой продукции на рынках XXI века [1, 2].

Новые технологии основаны, как правило, на использовании концентрированных в пространстве и во времени потоков энергии физических полей [3, 4]. Использование источников концентрированной энергии радикально интенсифицирует технологические процессы современного производства.

Проектирование технологических комплексов (ТК) разделяется на два этапа [5, 6]:

- 1) структурный обобщенный синтез, при котором рассматриваются принципиальные схемы решения, отвечающие исходным технологическим условиям;
- 2) параметрический оптимизационный синтез, в ходе которого ранее найденное схемное решение, являющееся принципиальной реализацией заданного технологического способа, воплощается в рациональные конструктивные формы в виде совокупности конкретных механизмов, блоков, устройств и элементов ТК.

**Анализ использования прогрессивного оборудования.** Технологические модули и комплексы в своем развитии за последние 30 лет [7, 8] прошли ряд этапов (рис. 1).

По сравнению с универсальным станочным оборудованием 70-ых годов прошлого века компьютерно-управляемое производство начала, использующее, с приходом на рабочие места персональных компьютеров, компоненты искусственного интеллекта, позволяет повысить эффективность оборудования и при обеспечении все более возрастающих требований к качеству продукции увеличить производительность в десятки раз.

С середины 80-х годов подъем промышленного производства стран СНГ, особенно в наукоемких сферах, прервался и остановился на рубеже перехода от обрабатывающих центров к гибким производственным системам в то время, когда промышленно развитые страны начали овладевать элементами интеллектуального производства.

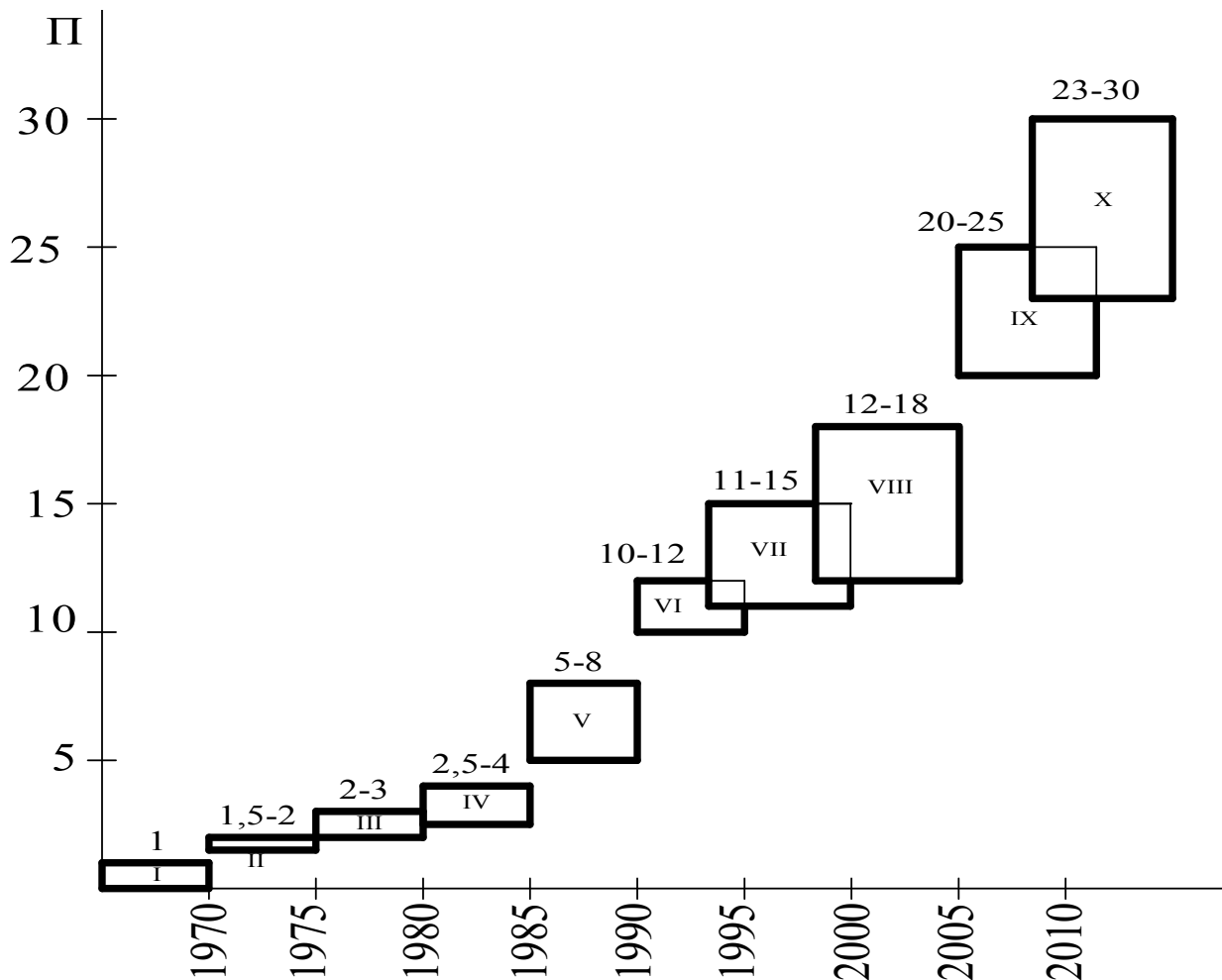


Рис. 1. Этапы развития технологических модулей и комплексов:

П – производительность оборудования, возрастающая со временем: I – универсальное оборудование с производительностью, принятой за 1, II – оборудование с числовым программным управлением, III – робототехнические комплексы, IV – обрабатывающие центры, V – гибкие производственные системы, VI – компьютерно-управляемое производство, VII – мехатронные технологические комплексы, VIII – компактное интеллектуальное производство, IX – компьютерное сопровождение жизненного цикла изделий, X – виртуальные предприятия

Развитие средств микроэлектроники явилось базой для создания мехатронных систем, которые включают как электромеханическую часть, так и электронно-управляющую (построенную на основе использования компьютеров или микропроцессоров) [9, 10].

Мехатронные системы обеспечивают синергетическое объединение узлов точной механики с электротехническими, электронными и компьютерными компонентами с целью проектирования и производства качественно новых установок, модулей, систем и комплексов машин с интеллектуальным управлением их функциями.

Новые этапы развития гибкой автоматизации производственных систем связаны, прежде всего, с предельной концентрацией средств производства и управления, а также с сокращением сроков конструирования, проектирования, технологической подготовки и изготовления изделий. В результате на основе мехатронных технологических комплексов появляется компактное интеллектуальное производство (СІМ - Compact Intelligent Manufacture), базирующееся на сочетании интенсивных технологий,

прогрессивного технологического оборудования и интегрированной системы управления [7].

Современный уровень развития информационных технологий в промышленности обеспечивает переход к использованию технологий создания, поддержки и применения единого информационного пространства на всех этапах жизненного цикла продукции от ее проектирования до эксплуатации и утилизации, т.е. к CALS-технологиям (Continuous Acquisition and Life-cycle Support) [8].

Единое информационное пространство позволяет интегрироваться разрозненным производственным комплексам в виртуальное предприятие. Виртуальное предприятие, создаваемое из различных пространственно удаленных подразделений, не имея единой юридической организационной структуры, обладает единой информационной структурой для использования компьютерной поддержки всех этапов жизненного цикла продукции.

Проведенный анализ возрастающей эффективности технологических комплексов показывает необходимость формирования единой методологии их проектирования, учитывающей совместное использование инструментов и энергии, программных и аппаратных средств управления с начальных стадий разработки оборудования.

**Синтез и оптимизация проектирования технологических комплексов.** Ключевой задачей проектирования ТК является разработка универсальной структуры, обеспечивающей бесперебойную работу и гибкую переналадку оборудования. Рациональные надежность и адаптивность обеспечиваются при синтезе структуры, основанном на анализе элементов и исследовании кортежей ТК [5].

Технологический комплекс в общем случае рассматривается как иерархически построенная система «человек – машина», включающая следующие уровни [5, 11]:

- I) функциональные элементы (ФЭ), такие как главное движение, движение подачи, движение инструмента и перемещение потока энергии;
- II) функциональные подсистемы (ФПС) в виде агрегатных блоков и установок;
- III) функциональные системы (ФС), обеспечивающие рабочие, транспортные движения, питание и удаление, а также обслуживание;
- IV) технологические модули (ТМ) или агрегатные станки, энергетические и информационные машины;
- V) автоматические и полуавтоматические линии и участки, образующие ТК.

Каждая подсистема  $n$ -го уровня является элементом подсистемы  $(n+1)$ -го уровня. Состав ТК, каждой ФС и ФПС, входящих в ТМ, а также функции составляющих их ФЭ соответствуют содержанию тех технологических операций, для которых создается данный технологический комплекс.

Каждая ФПС состоит в общем случае из нескольких ФЭ, в названии которых фигурируют названия выполняемых ими функций (движений). Функциональная подсистема данного вида в ходе технологического процесса выполняет определенную типовую функцию, т.е. типовую технологическую операцию.

Технологические основы проектирования ТК обеспечивают разработчика информацией, необходимой для создания технологических процессов, средств их оснащения и автоматизации. Они содержат рациональные режимы сборки по всем операциям технологического процесса, сведения о конструкции приспособлений, рабочих органов оборудования, установок, программное обеспечение и схемы сопряжения рабочих, обслуживающих, информационных машин и агрегатов технологической системы.

Рациональные режимы и конструкции получают путем оптимизации основных параметров, которые описывают аналитическими и статистическими моделями. В

статистических моделях используют многофакторное планирование экспериментов, дисперсионный, регрессионный и ковариационный анализ.

Структурный синтез и параметрическая оптимизация завершаются пространственно-временным совмещением требуемого сочетания функциональных элементов на множестве компоновок технологического модуля [11, 12].

**Заключение.** Интеграция электромеханики и микроэлектроники при компоновке машин привела к появлению комплексных интегрированных мехатронных модулей движения рабочих органов и узлов машин, а также создаваемого на их основе оборудования. Такая интеграция требует использования систем компьютерного управления движениями, деталями, инструментами, источниками энергии, транспортными и другими механизмами. В результате составляющие части мехатронных комплексов не просто дополняют друг друга, но и объединяются таким образом, чтобы образованная система обладала качественно новыми свойствами.

Элементы интегрированных мехатронных комплексов выбираются разработчиком на стадии функционального проектирования, а затем обеспечивается необходимая конструкторская и технологическая поддержка при производстве и эксплуатации модуля. В этом радикальное отличие мехатронных систем от традиционных, когда пользователь самостоятельно объединяет в систему разнородные механические, электронные и информационно-управляющие устройства.

**Список литературы:** 1. Сироткин, О. Технологический облик России на рубеже XXI века / О. Сироткин // Экономист. – 1998. – № 4. – С. 3–9. 2. Технологические аспекты конверсии машиностроительного производства / А.С. Васильев [и др.]. – Тула: ТулГУ, 2003. – 271 с. 3. Технологические основы управления качеством машин: Библиотека технолога / А.С.Васильев, А.М.Дальский, М.Л.Хейфец и др.– Москва: Машиностроение, 2003. – 256 с. 4. Хейфец, М.Л. Проектирование процессов комбинированной обработки/ М.Л.Хейфец – Москва: Машиностроение, 2005. – 272 с. 5. Артоболевский, И.И. Механизмы в современной технике. Справочное пособие: в 7 т. / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1979. – Т.1. – 496 с. 6. Артоболевский, И.И. Основы синтеза систем машин автоматического действия / И.И. Артоболевский, Д.Я. Ильинский. – М.: Наука, 1983. – 280 с. 7. Информационные технологии в наукоемком машиностроении: Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / А.Г. Братухин [и др.]; под общ. ред. А.Г. Братухина. – Киев: Техника, 2001. – 728 с. 8. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития /Л.М. Акулович [и др.]; под общ. ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с. 9. Медведев, В.С. Мехатроника в системе машиностроительных научно-технических дисциплин / В.С. Медведев // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1998. – №2. – С. 110 –116. 10. Бушуев, В.В. Мехатронные системы в станках / В.В. Бушуев // СТИН. 1998. – №9 – С. 19 – 22. 11. Ящерицын, П.И. Основы проектирования технологических комплексов в машиностроении / П.И. Ящерицын, Л.М. Акулович, М.Л.Хейфец. - Минск: Технопринт, 2006. - 248 с. 12. Хейфец, М.Л. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов/ М.Л. Хейфец, Л.М. Акулович, Е.З. Зевелева.– Новополоцк: ПГУ, 2006. – 172с.