

## УСТРОЙСТВО ПОИСКА МИНИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ В СИСТЕМАХ С ЛИНЕЙНОЙ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

Борзов Д.Б., Яночкина О.О. (Каф. ВТ, КурскГТУ, г. Курск, Россия)

В параллельных системах (ПС) возникает ряд комбинационно-топологических задач, одной из которых является размещение задач (алгоритмов, процессов) [1]. Применение программных средств для решения этой задачи зачастую неприемлемо из-за значительных временных затрат. Устранить данный недостаток можно, применяя специализированные устройства. Подобный подход уже нашел применение в рамках коммутационно-монтажного проектирования ЭВМ [2].

В работе рассматривается задача размещения в параллельных системах и предлагается специализированное устройство для поиска минимального значения интенсивности в системах с линейной топологической организацией.

Исходный процесс (задача) представляется в виде ориентированного невзвешенного графа  $G = \langle X, E \rangle$ , вершины  $x_i \in X$  которого соответствуют подзадачам, а дуги  $e_{ij} \in E \subseteq X \times X$  задают связи между подзадачами. Граф  $G$  задается матрицей смежности  $A$ . Строки и столбцы матрицы отмечаются номерами вершин графа. На пересечении  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца ставится единица, если  $i$ -ю и  $j$ -ю вершину соединяет дуга, направленная из вершины  $i$  в вершину  $j$ , и ноль – в противном случае.

Матрица смежности отображается однородной средой, содержащей  $m \times n$  элементов однородной среды. При поступлении сигнала от внешнего устройства управления (ВУУ) происходит моделирование перестановки пары строк и столбцов матрицы смежности и вычисление минимального значения размещения (нижней оценки), которое выдается на ВУУ. Топологическая модель для размещения (область размещения) задается матрицей расстояний  $D = \|d_{i,j}\|_{n \times n}$ , элементы которой для линейной модели образуются по формуле  $d_{i,j} = |i - j|$ ,  $n$  – количество вершин.

При поиске оптимального (субоптимального) варианта размещения вначале необходим поиск идеальной недостижимой нижней оценки размещения при допущении, что топология исходного графа  $G$  и графа связей между модулями линейной топологической модели тождественны. Для нахождения нижней оценки необходимо расположить элементы матрицы  $A$  по убыванию своих значений, а элементы матрицы  $D$  – по возрастанию. После этого необходимо найти скалярное произведение соответствующих полученных значений.

Минимально возможное значение интенсивности размещения  $L^*$  для орграфа  $G$  независимо от топологической модели определяется по формуле:

$$L^* = \sum_{k=1}^t a'_k d'_k$$

где  $\|a'_k\|$ ,  $\|d'_k\|$  – векторы, первый из которых содержит ненулевые элементы матрицы смежности  $A$ , расположенные по убыванию, а второй – ненулевые элементы матрицы расстояний  $D$ , расположенные по возрастанию;  $k$  – порядковый номер элемента;  $t = |E|$  – мощность множества дуг  $E$ . При этом фактическое значение интенсивности размещения всегда либо больше, либо равно  $L^*$ .

Предлагаемая аппаратная модель представлена на рис. 1.

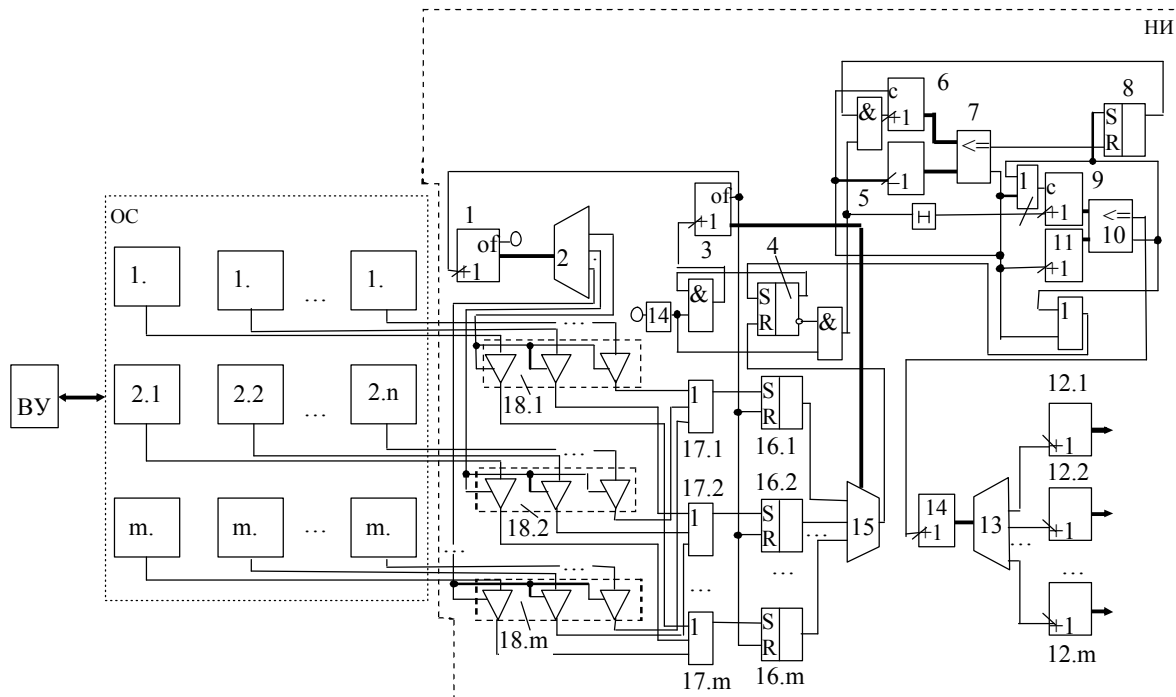


Рис. 1. Функциональная схема устройства поиска нижней оценки

Функциональная схема устройства включает в себя: матрицу элементов однородной среды (ОС) для моделирования процесса размещения, блок поиска нижней оценки (НИ) для формирования минимального значения интенсивности в системах с линейной организацией, дешифратор 2 строки для выбора очередной строки матрицы ОС; дешифратор 13 фиксируемых дуг для фиксации назначаемой дуги графа  $G$  в модулях линейной топологической модели; мультиплексор 15 выбора элемента для подачи информации о наличии дуги в графе  $G$  с выходов группы блоков элементов запрета на R-вход первого триггера режима; счетчик 1 строк для накопления информации о текущей обрабатываемой строке матрицы ОС; счетчик 3 столбцов предназначен для подсчета номеров обрабатываемых столбцов в текущей выбранной строке матрицы ОС; счетчик 14 последнего фиксированного модуля для хранения номера модуля линейной топологической модели, в которой была произведена последняя фиксация дуги графа  $G$ ; счетчик 6 текущего значения расстояния для хранения количества зафиксированных дуг для текущего значения  $d'$ ; вычитающий 5 счетчик расстояний для хранения текущего значения расстояния, соответствующего вектору  $\|d'\|$ ,  $d' = 1, 2, \dots, (n-1)$ ; счетчик 9 фиксируемой дуги для подсчета количества модулей, в которых должна быть зафиксирована дуга графа  $G$  для текущего значения  $d'$ ; группа 12.1–12.m счетчиков фиксируемых дуг для подсчета количества зафиксированных дуг графа  $G$ ; первый 7 элемент сравнения для сравнения значений, содержащихся в счетчике текущего значения расстояния и счетчике расстояний; второй 10 элемент сравнения для проверки количества зафиксированных модулей для текущего значения  $d'$ ; группа 16.1, 16.2, ..., 16.m SR-триггеров для хранения информации о наличии дуги между соответствующими инцидентными вершинами; группа 18.1, 18.2, ..., 18.m блоков элементов запрета для блокировки поступления значений от элементов с 1-й по  $m$ -ю строк матрицы 1 на соответствующие элементы группы 17.1, 17.2, ..., 17.m элементов ИЛИ; первый 4 триггер режима предназначен для

выбора режима работа блока НИ. Когда он находится в единичном состоянии, происходит выбор очередной дуги графа (т.е. выбор очередного элемента матрицы смежности). Если триггер режима находится в нулевом состоянии, то устройство находится в состоянии фиксации дуги графа. Вторым триггером режима служит для выбора режима фиксации. когда триггер установлен в единичное состояние происходит увеличение счетчика текущего значения расстояния на единицу, а когда он в нулевом состоянии, то происходит фиксация дуги; счетчик 11 значения расстояния для хранения текущего значения  $d'$ .

Разработанное устройство позволяет подсчитывать минимальное значение интенсивности размещения в вычислительных системах с линейной топологической организацией по критерию минимизации интенсивности взаимодействия процессов и данных и может использоваться в области проектирования ВС, например, при размещении процессов.

**Список литературы:** 1. Воеводин В.В. Математические модели и методы в параллельных процессах. – М.: Наука, 1986. – 296 с. 2. Курейчик В.М., Глушань В.М., Щербаков Л.И. Комбинаторные аппаратные модели и алгоритмы в САПР. – М.: Радио и связь, 1990. – 216 с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ РОТОРНЫХ СИСТЕМ. СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ

**Буленков Е. А., Помойницкий Д. Г.** (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Проектирование современных высокоэффективных систем непрерывного действия, в том числе и многономенклатурных роторных систем, начинается со структурного синтеза на уровне схемных решений [1]. Существующие методы проектирования [2] данных систем не позволяют создавать новые многономенклатурные роторные машины и линии. Необходимость разработки новых методов проектирования обусловлена структурно-функциональными особенностями данных систем [3, 4], а сами методы направлены, прежде всего, на решение важной проблемы [5] конструктивной сложности многономенклатурных роторных систем.

Целью выполнения данной работы является разработка методов проектирования многономенклатурных роторных машин на уровне схемных решений, обеспечивающих получение новых структурных схем данных машин.

Проектирование многономенклатурных роторных систем производится на нескольких уровнях, - многономенклатурной роторной линии, многономенклатурной роторной машины, многономенклатурного инструментального блока. При этом структуру многономенклатурной роторной линии в достаточной степени отражает структура потока изделий.

Структурный синтез многономенклатурных роторных машин и многономенклатурных инструментальных блоков целесообразно осуществлять на основании многономенклатурных рабочих позиций, включающих в себя элементы многономенклатурных роторных машин и многономенклатурных инструментальных блоков, с последующим объединением данных позиций в структуре многономенклатурной роторной машины. Таким образом, структурный синтез многономенклатурных рабочих позиций становится ключевым моментом проектирования многономенклатурных роторных систем, так

как структуры данных позиций включают в себя элементы, присущие всем роторным машинам.

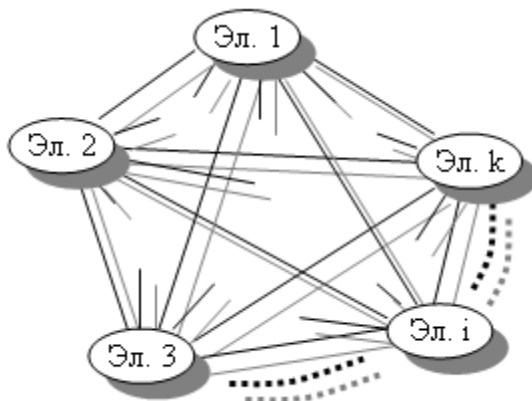


Рис. 1. Общая схема межэлементных взаимодействий

Представление многономенклатурных роторных систем на основании многономенклатурных рабочих позиций не позволяет осуществлять их поэлементное проектирование, то есть раздельное проектирование многономенклатурных инструментальных блоков, многономенклатурных роторных машин и линий. Данные структурные элементы проектируются в составе многономенклатурных рабочих позиций.

Структурно-функциональные особенности многономенклатурных роторных систем, - функции модификации структуры и соответствующих структурных элементов, обуславливают необходимость разработки новых методов проектирования, позволяющих создавать агрегатные структуры многономенклатурных рабочих позиций из отдельных унифицированных структурных элементов.

Структурные схемы многономенклатурных рабочих позиций получаются простым перебором всех возможных вариантов общей схемы межэлементного взаимодействия (рис. 1). Данная схема отображает структурные элементы, входящие в состав многономенклатурной рабочей позиции (Эл. 1, Эл.2, Эл.3, ... Эл. i, ... Эл. k) и взаимодействия между ними, изображенные в виде соединяющих их отрезков. Если структурные элементы, изображенные на схеме, представить как вершины плоского графа, а отрезки, обозначающие взаимодействия между элементами, - как его ребра, то общая схема межэлементных взаимодействий может рассматриваться как плоский граф, и при разработке структурных схем многономенклатурных рабочих позиций может использоваться теория графов. Для плоского графа, отражающего межэлементные взаимодействия, может быть составлена матрица соответствия, воспроизводящая соответствие структурных элементов друг другу (табл. 1). При разработке структурных схем многономенклатурных рабочих позиций методами математического анализа с использованием соответствующего программного обеспечения осуществляется перебор возможных вариантов матриц соответствия, и формируются соответствующие им схемы межэлементных взаимодействий, при помощи которых на последующих этапах проектирования создаются многономенклатурные рабочие позиции и многономенклатурные роторные машины. Следует отметить, что с целью унификации структур многономенклатурных роторных систем при структурном синтезе на уровне схемных решений следует выбирать такую структурную схему, которая может быть реализована во всех многономенклатурных роторных машинах для осуществления всех операций многономенк-

латурных технологических процессов изготовления изделий.

Таблица 1. Матрица соответствия межэлементных взаимодействий

№ Эл.	Эл. 1	Эл. 2	Эл. 3	...	Эл. i	...	Эл. k
Эл. 1	1	1	1	...	1	...	1
Эл. 2	1	1	1	...	1	...	1
Эл. 3	1	1	1	...	1	...	1
...	...	...	...	...	...	...	...
Эл. i	1	1	1	...	1	...	1
...	...	...	...	...	...	...	...
Эл. k	1	1	1	...	1	...	1

Рассмотрим процесс разработки структурных схем многономенклатурных рабочих позиций на примере многономенклатурного технологического процесса изготовления стержневых крепежных изделий.

Технология изготовления стержневых крепежных изделий основывается на операциях третьего класса, при которых формообразование производится поверхностью инструмента. Для реализации таких операций необходимо наличие инструмента, приспособления (например, пуансона), системы привода, а также корпусных и других элементов многономенклатурных роторной машины и инструментального блока. Таким образом, схема межэлементного взаимодействия в данном случае включает такие элементы: МРМ и МИБ – элементы, связанные с многономенклатурной роторной машиной и многономенклатурным инструментальным блоком соответственно, Прив. – элементы системы привода, Инстр и Присп – элементы, связанные с инструментом и приспособлением (рис. 2). Следует отметить, что с целью снижения конструктивной сложности многономенклатурных роторных систем целесообразно использовать при реализации операций третьего класса общую систему привода для обеспечения рабочего хода инструмента и приспособления, так как формообразование и закрепление (выталкивания) изделия в большинстве случаев осуществляются простыми прямолинейными движениями.

Выбор структурных схем может осуществляться как при помощи общей схемы межэлементного взаимодействия, так и при помощи матрицы соответствия межэлементных взаимодействий. Например, при выборе структурной схемы с помощью общей схемы межэлементного взаимодействия, из неё исключаются нежелательные взаимодействия между элементами (рис. 3). Полученная таким образом схема преобразуется в структурную схему многономенклатурной рабочей позиции. Преобразование производится перестановкой структурных элементов на схеме в соответствии с их предполагаемым расположением в многономенклатурной роторной машине (рис. 4).

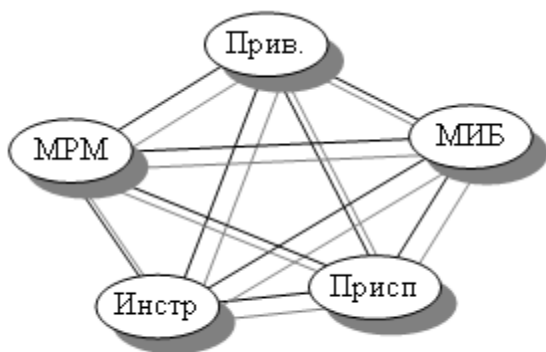


Рис. 2. Общая схема межэлементного взаимодействия в многономенклатурной рабочей позиции

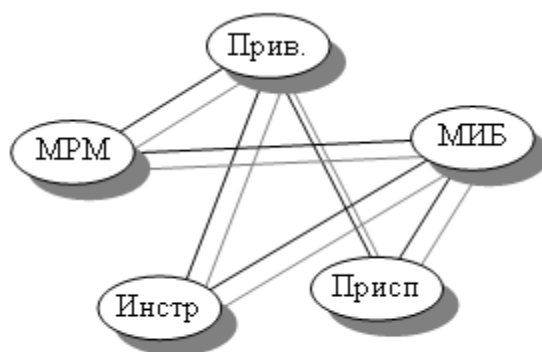


Рис. 3. Выбор схемы межэлементного взаимодействия

Выбор структурных схем многономенклатурных рабочих позиций можно осуществлять при помощи матрицы соответствия. В этом случае на основании матрицы соответствия межэлементных взаимодействий (табл. 1) разрабатывается матрица соответствия для данного набора структурных элементов, после чего производится выбор требуемых взаимодействий между структурными элементами (рис. 5).

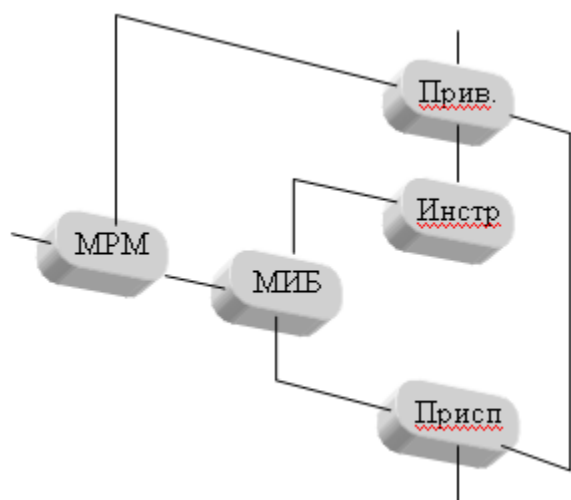


Рис. 4. Вариант структурной схемы многономенклатурной рабочей позиции

На рисунке изображена матрица соответствия межэлементных взаимодействий, отображающая выбранный вариант, и соответствующая ей структура многономенклатурной рабочей позиции, построенная по данной матрице. Данная схема отличается от предыдущей тем, что предполагает установку не общей системы привода в многономенклатурной роторной машине, а индивидуальных систем привода в каждом отдельном многономенклатурном инструментальном блоке. Следует отметить, что выбор структурных схем многономенклатурных рабочих позиций на основании общей схемы межэлементных взаимодействий

обладает большей наглядностью, а использование матриц соответствия позволяет автоматизировать процесс выбора требуемых вариантов.

Важным этапом при проектировании многономенклатурных роторных систем на уровне схемных решений является унификация структурных схем многономенклатурных рабочих позиций. Разработанные для каждой многономенклатурной рабочей позиции структурные схемы сравниваются друг с другом, после чего производится выбор структурной схемы, при которой возможна реализация всех операций многономенклатурного технологического процесса изготовления изделий. В случае проектирования многономенклатурной роторной системы для изготовления стержневых крепежных изделий такой схемой является структурная схема многономенклатурной рабочей позиции, представленная на рис. 4. Данная схема обеспечивает с одной стороны преемст-

венность технических решений, используемых при создании однономенклатурных роторных систем, - общую систему привода, инструментальный блок с установленными в нем инструментами и приспособлениями, а с другой – предполагает более простую конструкцию многономенклатурных роторных машин благодаря использованию общей системы привода. Кроме того, предложенная схема открыта к развитию, так как к ней возможно добавление отдельной системы привода для приспособления.

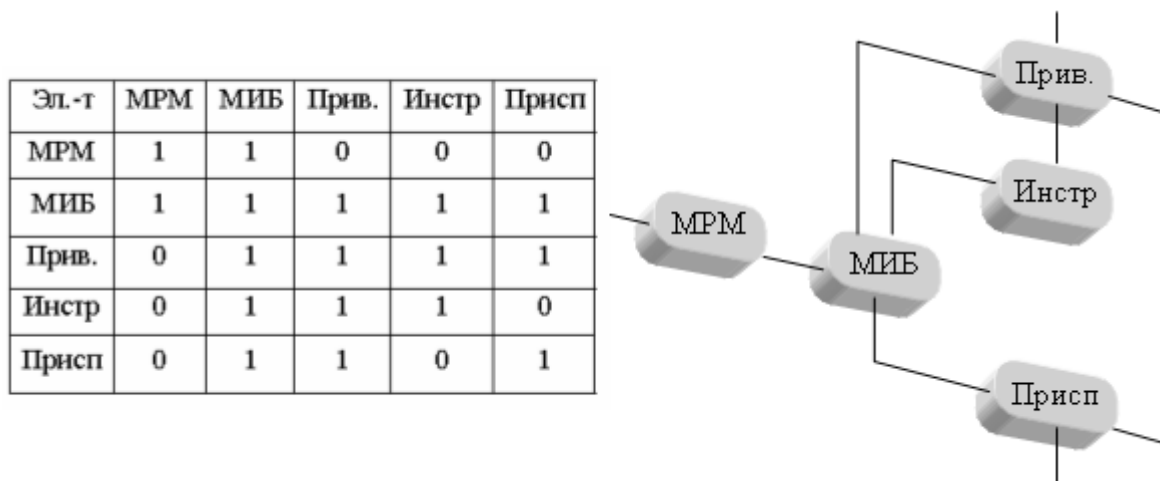


Рис. 5. Выбор варианта структурной схемы многономенклатурной рабочей позиции с помощью матрицы соответствия

Предложенные методы разработки структурных схем многономенклатурных рабочих позиций позволяют обоснованно подойти к вопросу снижения конструктивной сложности многономенклатурных роторных систем путем унификации их структур на ранних стадиях проектирования. Агрегатный принцип построения многономенклатурных рабочих позиций позволит унифицировать не только структуры многономенклатурных роторных систем, но и отдельные структурные элементы.

**Список литературы:** 1. Михайлов А. Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия.- Донецк: ДонНТУ, 2002.- 379 с. 2. Клусов И. А. Проектирование роторных машин и линий: Учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов.- М.: Машиностроение, 1990.- 320 с. 3. Буленков Е. А., Михайлов А. Н. Определение параметров маршрутизации изделий в многономенклатурных роторных системах с помощью многомерной алгебры групп. //Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. - Донецк: ДонНТУ, 2005. Вып. 29. С. 38 - 44. 4. Буленков Е. А., Михайлов А. Н. Использование двумерной алгебры групп при синтезе многономенклатурных роторных систем. //Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. - Донецк: ДонНТУ, 2005. Вып. 30. С. 48 – 55. 5. Быстров В. А., Фролович Е. Н., Клусов И. А., Преис В. В. Роторные технологии, машины и линии на современном этапе промышленного развития. // Вестник машиностроения. - 2003. - №10. - С. 43 - 47.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТАБИЛИЗАЦИИ СОСТАВА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ ПТР ТИПА $A_xB_yC_{1-x-y}D_zE_{1-z}$

**Ермолаева Н.В., Емельянова З.Н.**

(каф. информатики, ВИС ЮРГУЭС, г. Волгодонск, Россия)

Важным фактором современного научно-технического прогресса является разработка эффективных технологий получения совершенных полупроводниковых материалов и приборов на их основе, а также способов изменения их оптических и электрофизических свойств. Перспективными материалами оптоэлектронной техники являются пятикомпонентные твердые растворы (ПТР) соединений  $A^3B^5$  [1]. Качественные эпитаксиальные слои твердых растворов данных соединений получают методом зонной перекристаллизации градиентом температур (ЗПГТ).

В настоящей работе представлена математическая модель физических процессов, происходящих при стабилизации состава эпитаксиальных слоев ПТР соединений  $A^3B^5$  типа  $A_xB_yC_{1-x-y}D_zE_{1-z}$ .

Эффект стабилизации состава в многокомпонентных твердых растворах (МТР) является одной из серьезных причин, затрудняющих воспроизводимое получение изопериодических гетерокомпозиций заданного состава.

При расчетах использовалась методика, аналогичная [2], разработанная для четырехкомпонентных систем.

Для оценки эффекта стабилизации сравнивалась свободная энергия твердого раствора с учетом и без учета вклада упругой энергии.

При расчетах температурная зависимость коэффициентов активности не учитывалась, поскольку псевдоморфный рост возможен лишь при небольших отличиях параметров решеток сопрягаемых материалов, смещение температуры фазовых превращений  $\Delta T$  не может превышать несколько градусов [2].

Нами были получены уравнения связи состава напряженного эпитаксиального слоя с рассогласованием периодов решеток сопрягаемых твердых фаз:

$$\begin{aligned} x_1 - x_0 &= -2\sigma (a_1 - a_s) \left[ k_x \frac{\sigma_y \sigma_z - \beta_{yz}^2}{\Delta} + k_y \frac{\beta_{yz} \beta_{xz} - \sigma_z \beta_{xy}}{\Delta} + k_z \frac{\beta_{xy} \beta_{yz} - \sigma_y \beta_{xz}}{\Delta} \right] \\ y_1 - y_0 &= -2\sigma (a_1 - a_s) \left[ k_x \frac{\beta_{yz} \beta_{xz} - \beta_{xy} \sigma_z}{\Delta} + k_y \frac{\sigma_x \sigma_z - \beta_{xz}^2}{\Delta} + k_z \frac{\beta_{xz} \beta_{xy} - \sigma_x \beta_{yz}}{\Delta} \right]; \\ z_1 - z_0 &= -2\sigma (a_1 - a_s) \left[ k_x \frac{\beta_{xy} \beta_{yz} - \beta_{xz} \sigma_y}{\Delta} + k_y \frac{\beta_{xz} \beta_{xy} - \sigma_x \beta_{yz}}{\Delta} + k_z \frac{\sigma_x \sigma_y - \beta_{xy}^2}{\Delta} \right]. \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\Delta$  - определяет границы химической спинодали [3]:

$$\Delta = \sigma_x \sigma_y \sigma_z - \sigma_x \beta_{yz}^2 - \sigma_y \beta_{xz}^2 - \sigma_z \beta_{xy}^2 + 2\beta_{xy} \beta_{xz} \beta_{yz}, \quad (2)$$

$k_i$  – волновой вектор, параллельный направлению наилегчайшего сжатия.

$$\frac{\partial^2 f^{XIM}}{\partial x^2} = \sigma_x, \quad \frac{\partial^2 f^{XIM}}{\partial y^2} = \sigma_y, \quad \frac{\partial^2 f^{XIM}}{\partial z^2} = \sigma_z,$$



$$\frac{\partial^2 f^{XIM}}{\partial x \partial y} = \beta_{xy}, \quad \frac{\partial^2 f^{XIM}}{\partial x \partial z} = \beta_{xz}, \quad \frac{\partial^2 f^{XIM}}{\partial y \partial z} = \beta_{yz}.$$

где  $f^{XIM}$  - химическая свободная энергия.

Также было получено выражение для фактора стабилизации для пятикомпонентных систем:

$$f = \frac{a_0 - a_s}{a_1 - a_s} = 1 + 2\sigma \cdot \left[ k_x^2 \frac{\sigma_y \sigma_z - \beta_{yz}^2}{\Delta} + k_y^2 \frac{\sigma_x \sigma_z - \beta_{xz}^2}{\Delta} + k_z^2 \frac{\sigma_x \sigma_y - \beta_{xy}^2}{\Delta} + 2k_x k_y \frac{\beta_{yz} \beta_{xz} - \beta_{xy} \sigma_z}{\Delta} + 2k_x k_z \frac{\beta_{xy} \beta_{yz} - \beta_{xz} \sigma_y}{\Delta} + 2k_y k_z \frac{\beta_{xz} \beta_{xy} - \beta_{yz} \sigma_x}{\Delta} \right] \quad (3)$$

или в сокращенной записи:

$$f = 1 + 2\sigma \cdot \frac{\sum_{i \neq j \neq l}^3 k_i^2 (\sigma_j \sigma_l - \beta_{jl}^2)}{\Delta} + 4\sigma \frac{\sum_{i \neq j \neq l}^3 k_i k_j (\beta_{jl} \beta_{il} - \sigma_l \beta_{ij})}{\Delta},$$

где индексы  $i, j, l$  принимают поочередно значения  $x, y, z$ .

Как следует из выражения (3), фактор стабилизации резко возрастает по мере приближения к границе спинодального распада (знаменатель стремится к нулю). На границах спинодального распада зависимость  $f(x, y, z)$  испытывает разрыв от  $+\infty$  к  $-\infty$ , и проходит в области отрицательных значений фактора стабилизации. Таким образом, границы области отрицательных значений параметра  $f$  отвечают уравнению химической спинодали (2).

Количественная оценка эффекта стабилизации была проведена для пятикомпонентной системы  $AL_xGA_yIN_{1-x-y}As_zP_{1-z}/INP$  при ориентации эпитаксиального слоя в плоскости  $\{100\}$ . Расчет выполнен для типичных температур эпитаксии  $T=953-1000$  К.

Была получена хорошая корреляция между теоретическими и экспериментальными данными. Была выявлена одна и та же закономерность: при приближении к границам несмешиваемости, фактор стабилизации резко возрастает. Стабилизирующая роль подложки усиливается с ростом температуры, поскольку неидеальный твердый раствор при охлаждении системы приближается к области термодинамической неустойчивости. Однако обращение  $f$  в ноль при обычных температурах эпитаксии не наблюдается.

В твердом растворе  $AL_xGA_yIN_{1-x-y}As_zP_{1-z}$  составы  $y=0$ ,  $y=1-x$  соответствуют четверным системам. Расчет показывает, что эффект стабилизации в ПТР выражен сильнее, чем в четверных системах. Как и в ЧТР [2], стабилизация периода кристаллической решетки не приводит к стабилизации состава. Это обусловлено большим набором сочетаний  $x, y, z$  для реализации требуемого периода решетки.

В результате анализа полученных расчетных данных было выяснено, что введение пятого компонента - алюминия, в жидкую фазу уменьшает рассогласование периодов решеток сопрягаемых материалов. Однако при выращивании ПТР с концентрациями алюминия в жидкой фазе больше 0,1 мол. дол., происходит изменение характера указанной зависимости. Увеличение содержания алюминия в жидкой фазе приводит к росту отноше-

ния  $\Delta a/a$ . на наш взгляд, это обусловлено близостью границы термодинамической неустойчивости, которая расширяется с увеличением концентрации алюминия.

С увеличением концентрации мышьяка рассогласование периодов решеток эпитаксиального слоя и подложки возрастает. Данное явление можно объяснить следующим образом. В случае добавления какого-либо компонента в многокомпонентную жидкую фазу, его равновесная концентрация увеличивается, а концентрация остальных компонентов падает [3]. В нашем случае, при добавлении мышьяка, падает равновесная концентрация галлия и фосфора, и, следовательно, и их содержание в твердой фазе. Эти элементы имеют меньшие атомные радиусы, поэтому период решетки твердого раствора однозначно растет.

Изменение концентрации галлия незначительно уменьшает несоответствие периодов решеток. Изменение концентрации фосфора оказывает аналогичное влияние. Однако увеличение мольной доли фосфора более чем на 2,5 % невозможно, что обусловлено растворимостью фосфора в индии.

По этим данным можно предварительно предположить, что при выращивании твердых растворов  $Al_xGa_yIn_{1-x-y}As_zP_{1-z}/InP$  как в области термодинамической неустойчивости, так и вблизи ее границ, эффективно использовать изменение концентрации мышьяка в жидкой фазе для изменения периода решетки растущего эпитаксиального слоя. Использование в качестве управляющего воздействия изменения концентрации фосфора, либо алюминия нецелесообразно, вследствие высоких значений коэффициента распределения данных элементов (больше 100).

Экспериментальные данные удовлетворительно совпадают с расчетной зависимостью, полученной по формуле (3). Отличие расчетных и экспериментальных данных может быть обусловлено неточностью расчетных параметров межатомного взаимодействия. Однако в целом, полученные уравнения (1) можно использовать для определения состава напряженного эпитаксиального слоя по измеренному рассогласованию периодов решеток сопрягаемых твердых фаз, не решая сложную систему трансцендентных уравнений.

**Выводы.** Полученные уравнения можно использовать для определения состава эпитаксиальных слоев ПТР соединений  $A^3B^5$  типа  $A_xB_yC_{1-x-y}D_zE_{1-z}$ , выращиваемых в области термодинамической неустойчивости при температурах выше критической температуры спинодального распада.

Для изменения периода решетки растущих эпитаксиальных слоев твердых растворов  $Al_xGa_yIn_{1-x-y}As_zP_{1-z}/InP$  как в области термодинамической неустойчивости, так и вблизи ее границ, эффективно использовать изменение концентрации мышьяка в жидкой фазе.

**Список литературы:** 1. Лозовский В.Н., Лунин Л.С. Пятикомпонентные твердые растворы соединений  $A^3B^5$  (новые материалы оптоэлектроники).- Ростов-на-Дону, издательство Ростовского университета, 1992, 193 с. 2. Сорокин В.С. Эффект стабилизации периода решетки в четырехкомпонентных твердых растворах. // Кристаллография, т.31, вып.5, 1986, с.844-851. 3. Сорокин В.С., Рубцов Э.Р. Расчет спинодальных изотерм в пятикомпонентных твердых растворах  $A^{III}B^V$ . // ФТП, т.27. №11/12, 1993, с.1931-1943.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

**Казиева Н.К.** (каф. ТМ, ЗКАТУ имени Жангир хана, г. Уральск, Казахстан)

Под технологическими объектами в машиностроении понимают технологическое оборудование (станки, роботы и т. д.), обеспечивающее выполнение тех или иных технологических процессов. Современные технологические объекты представляют комплекс сложных динамических систем. Их сложность обусловлена высокими требованиями к производительности и точности работы технологических объектов. Управление процессами и объектами в машиностроении осуществляются с помощью систем управления.

Система управления – комплекс устройств связи, обеспечивающий точное и согласованное во времени взаимодействие рабочих и вспомогательных агрегатов и устройств технологическими объектами в соответствии с заранее разработанной программой управления на основе принятого технологического процесса.

Система числового программного управления позволяют все операции, связанные с пуском, остановкой, включением и выключением вспомогательных устройств, а также операции по обеспечению требуемых значений параметров (величин), определяющих ход технологического процесса в управляемом объекте, выполнять без участия обслуживающего персонала, только устройствами автоматизированного управления.

Следящими системами называются системы управления, с помощью которых на управляемом объекте воспроизводится изменение входной величины (произвольно заданной по времени) и, как правило, с усилением по мощности.

Программа – описание способа достижения цели с однозначным описанием процедуры его реализации. Программа функционирования – совокупность команд, которые должен выполнять технологический объект.

Разрешающая способность системы – наименьшее перемещение рабочего органа, которое может быть задано системой управления, и зарегистрировано измерительной системой технологического объекта.

Дискрета – минимальная теоретическая величина реакции технологического объекта на единичное изменение управляющего сигнала.

Основные назначения системы управления технологическими объектами – выполнение заданных команд для поддержания требуемых значений параметров выполняемого технологического процесса при определенной точности с наибольшей производительностью.

Выбор системы управления во многом зависит от специфики технологического процесса, в котором эксплуатируется технологический объект, и от требований экономики.

Система автоматического управления технологическими объектами должна выполнять следующие задачи:

- а) обеспечивать требуемые действия исполнительных механизмов;
- б) обеспечивать заданные режимы технологического процесса;
- в) обеспечивать требуемые параметры объекта производства;
- г) выполнять вспомогательные команды.

Основные требования к системам автоматического управления:

- а) возможность управления сложным циклом функционирования технологическими объектами;
- б) обеспечение высокой мобильности;

- в) обеспечение высокой точности при высокой надежности в работе;
- г) простота конструкции и низкая стоимость;
- д) возможность дистанционности в управлении;
- е) возможность саморегулирования в процессе управления.

Команды, задаваемые технологическим объектам в системе программного управления, делятся на три группы:

1. Технологические команды, обеспечивающие требуемые действия рабочих органов технологических объектов при выполнении технологических процессов.
2. Цикловые команды, к которым относят изменения параметров технологических объектов (переключение скоростей, выбор инструмента, выключение охлаждения и т. д.)
3. Команды на выполнение служебной или логической информации, обеспечивающие правильность выполнения технологическим объектом всех задаваемых ему команд (знаки разделения команд, контрольные числа и т. д.) эти команды зависят от принятой системы их кодирования.

По командной информации системы управления классифицируются следующим образом:

1. Системы управления, работающие на основе полной начальной информации:
  - система управления с распределительным валом
  - копировальные системы управления
  - цикловые системы управления
  - системы с числовым программным управлением
2. Системы управления, работающие на основе неполной начальной информации:
  - экспериментальные системы (обеспечивают оптимальное управление путем изменения, управляющего действия)
  - самонастраивающиеся системы управления (обеспечивают оптимальное управление путем изменения параметров системы и управляющих возможностей)
  - самоорганизующиеся системы управления (обеспечивают оптимальное управление путем изменения структуры, ее параметров и управляющего воздействия)
  - самообучающиеся системы управления (обеспечивают оптимальное управление путем изменения алгоритма управления или параметра управляющего воздействия)

При подготовке производства необходимо проводить анализ технологических объектов на основании изучения соотношения следующих трех информационных составляющих процесса производства:

1. Выбор технологического объекта и подбор нормализованной или унифицированной оснастки, приспособлений, инструмента и т. д.
2. Проектирование специальной оснастки, приспособление, инструмента
3. Управление вручную оператором

На основании сказанного можно сделать вывод, что автоматические технологические объекты целесообразно использовать в крупносерийном и массовом производствах, когда требуется максимальная производительность при практически неизменной номенклатуры производства.

В мелкосерийном и серийном производствах целесообразно использовать технологические объекты с системами числовым программным управлением, обеспечивающими выполнение технологических процессов в автоматическом режиме.

При этом появляется возможность быстрой переналадки на выпуск продукции при смене номенклатуры производимой продукции. В экспериментальном и частично

в мелкосерийном производствах целесообразно использовать универсальные технологические объекты, так как в этом случае достигается максимальная гибкость.

Развитие средств автоматики и электроники и прежде всего механизмов и устройств программного управления, позволяет выполнять функции управления на качественно более высоком уровне, а именно – управлять работой агрегатов с оптимизацией режимов их работы, адаптацией и самонастройкой режимов, придавая система управления не только функции исполнения разработанной программы, но в значительной степени и сам процесс программирования. При создании автоматических и автоматизированных систем различного назначения до недавнего времени в качестве их вычислительной основы широко использовались два класса средств цифровой техники.

Устройства жесткой структуры, выполненные на базе цифровых логических схем, обычно содержат большое число дискретных элементов и интегральных схем малой и средней степени интеграции. Поэтому главным недостатком системы на основе таких устройств является значительное время проектирования и изготовления, а также трудности внесения изменений.

Электронные вычислительные машины (ЭВМ) универсальные и управляющие. Использование ЭВМ в процессах управления технологическими объектами привело к появлению производственных систем или компьютеризированные интегрированные производства. Важнейшими компонентами этих систем являются подсистемы автоматизированного проектирования, а также программно-аппаратный интерфейс, такая система представляет собой автоматизированный комплекс с гибко перестраиваемой технологией, в которой управление осуществляется от центральной ЭВМ. Основной задачей этой ЭВМ является обеспечение максимальной и равномерной загрузки станков с помощью автоматизированных транспортных средств для деталей и режущего инструмента. ЭВМ также распределяет рабочие программы, хранящиеся в библиотеке программированного обеспечения.

Следующим более высоким уровнем автоматического управления является обеспечение учета, планирование и диспетчирование работы автоматизированного комплекса. Это по сути дела является уровнем автоматизированной системы управления АСУ цеха или предприятия, которая реализуется также с помощью ЭВМ. Такая многоуровневая система управления, заключающая частично и задачи автоматизации административного управления называется гибкой интегрированной системой.

Системы управления на базе ЭВМ строятся на основе микропроцессоров (МП), которые являются базовой единицей таких систем. Формирование и развитие МП привело к появлению нового подхода к проектированию цифровых систем на основе программируемой логики. Это подход предполагает при построении систем использование стандартных универсальных микропроцессоров, работающих под управлением программы.

**Список литературы:** 1. «Автоматизация машиностроения» Капустин Н.М., Дьяконов Н.П., Кузнецов П.М. Москва «Высшая школа», 2003 г.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В КУРСАХ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

**Лопатов О. А., Ключев С. С.** (*каф. НГ и ИГ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина*)

Одной из быстро развивающихся ветвей современных вычислительных технологий является компьютерная графика. Используя «универсальный чертежный прибор», которым является ПК, оснащенный одной из существующих графических систем, например, КОМПАС–3D, она обладает очень большими возможностями автоматизации графических построений [1].

Кроме традиционных способов выполнения чертежей при помощи этой системы, разработаны и нашли широкое применение способы трехмерного твердотельного моделирования. Это принципиально новые возможности получения графической документации. Чертежи создаваемых изделий в этом случае можно получать лишь на конечной стадии разработки, а в процессе проектирования их успешно заменяют виртуальные модели этих изделий. Эти модели включают в себя всю геометрическую информацию о создаваемых изделиях, необходимую для анализа и инженерных расчетов, и позволяют автоматически получать любые плоские изображения для разработки графической документации.

Внедрение новых компьютерных технологий в практику приводит к частичной (а в дальнейшем возможно и полной) замене традиционных способов выполнения чертежей на машинные, что, естественно, оказывает влияние на содержание и объем изучаемых графических дисциплин. Представляется важным определить место компьютерной графики в ряду графических дисциплин, а также соотношение разных способов получения чертежей, с тем, чтобы эти нововведения положительно сказались на уровне графической подготовки будущих специалистов.

Занимаясь компьютерной графикой, студент изучает принципы взаимодействия с графической системой – расположение инструментальных панелей, диалоговых окон, числовых полей, а также наборы команд для выполнения графических действий. Но кроме освоения графического инструмента с большим количеством функций, студент должен научиться понимать новый принцип получения чертежей: между ним и исследуемым предметом, графический образ которого следует изобразить на чертеже, располагается ПК, возможности которого для обработки любой информации очень большие.

Обладая мощными вычислительными возможностями, графическая система способна обработать и представить в готовом виде многое из того, что должно быть предметом подробного исследования и внимательного изучения. Не повлечет ли это за собой пропуски в графическом образовании? Сможет ли специалист, не имея традиционной графической подготовки, эффективно работать в дальнейшем? Эти вопросы выходят на передний план, так как степень компьютеризации учебного процесса стремительно нарастает.

Для анализа в общем объеме учебного графического материала условно выделим несколько узловых тем с точки зрения их важности, трудоемкости, затрат времени на усвоение.

1. Приобретение первоначальных навыков графических построений и изучение сведений об оформлении чертежей.

В этой части традиционного курса студента ожидает кропотливая работа по приобретению навыков вычерчивания линий различного типа, дуг, окружностей, написания шрифтов, и многое другое. Большого труда требует выполнение сопряжений с

нахождением центров, точек сопряжений, с последующей стыковкой линий. К тому же давние традиции обучения школьников простым графическим действиям в средней школе постепенно утрачиваются. На компьютере, если студент обладает минимальными навыками общения с графической системой, такая работа трудностей не вызывает, чертежи сразу получаются хорошего качества. Однако человек не приобретает необходимых навыков работы вручную и без наличия доступных технических средств он становится беспомощным.

Нам представляется, что даже если рассчитывать на то, что в дальнейшем, в связи со сплошной компьютеризацией, чертежи будут выполняться только на ПК, все равно подобные навыки, вырабатывающие трудолюбие, точность в работе, аккуратность и многое другое, крайне необходимы, и эту часть работы, несмотря на всю ее рутинность, нельзя полностью передоверить компьютеру. Это тот фундамент, на котором строится все здание подготовки к успешной работе в дальнейшем.

2. Освоение методов проецирования и решение задач начертательной геометрии.

Рассмотрим решение рядовой задачи из курса. Необходимо построить проекции сечения прямой призмы плоскостью общего положения. Графическое условие задачи приведено на рис. 1.

Для человека, одинаково хорошо владеющего как традиционным способом решения задач, так и при помощи ПК, вычерчивание этой задачи с использованием карандаша и чертежных инструментов составляет в среднем 5 мин. Построение этой же задачи на ПК с использованием графической системы КОМПАС-ГРАФИК требует в два раза больших затрат времени. Возникающие потери времени можно объяснить необходимостью оформления чертежа буквенно-цифровыми обозначениями точек, прямых, плоскостей с использованием подстрочных и надстрочных индексов. При вычерчивании вручную затраты времени на подобные действия небольшие.

Если задачу попытаться выполнить, используя метод трехмерного моделирования, затраты времени увеличиваются многократно. Это связано с тем, что после решения в пространстве (что само по себе вызывает определенные затруднения, так как сечущая плоскость занимает общее положение) при переходе к чертежу, полностью приходится восстанавливать построения и проставлять обозначения. Следовательно, решение задач начертательной геометрии, с использованием графической системы, нельзя считать рациональным.

Еще один пример. Необходимо построить проекции сечения конуса плоскостью и истинный вид этого сечения (рис. 2).

Трудоемкость и длительность решения этой задачи на ПК, а также построение чертежа с его помощью, совершенно не соизмеримы с тем кропотливым трудом, который затрачивают студенты при работе вручную. Здесь преимущество компьютерной графики неоспоримо.

Но следует учесть и вторую сторону этого процесса. Из педагогики известно одно очень важное правило: сознание человека актуально воспринимает лишь то, на что направлена его деятельность [2]. Сможет ли студент, после решения задачи на компьютере, воспроизвести ее вручную и усвоить, выполняя построение большого количества дополнительных точек? Скорее всего, что нет. Его деятельность была направлена на выполнение необходимых команд управления графической системой и никак не способствовала пониманию смысла построений и характера возникающих при этом линий.

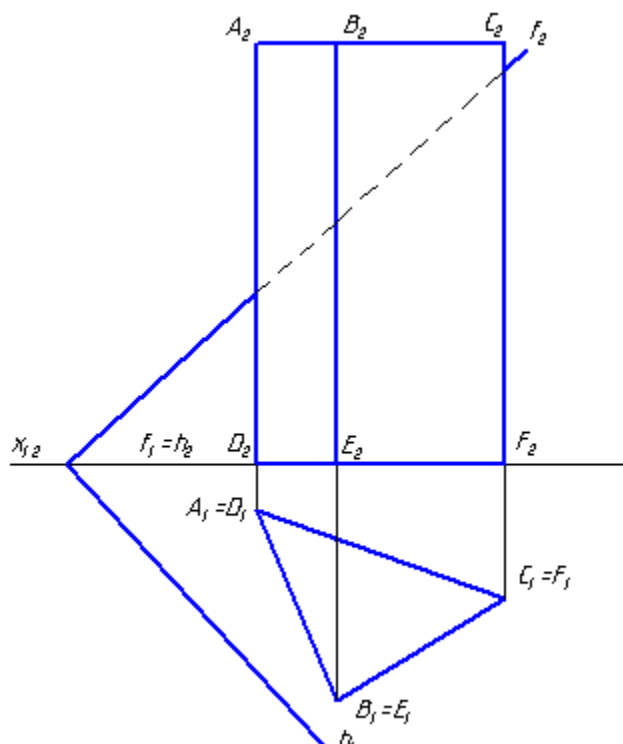


Рис. 1. Пример условия задачи из курса начертательной геометрии

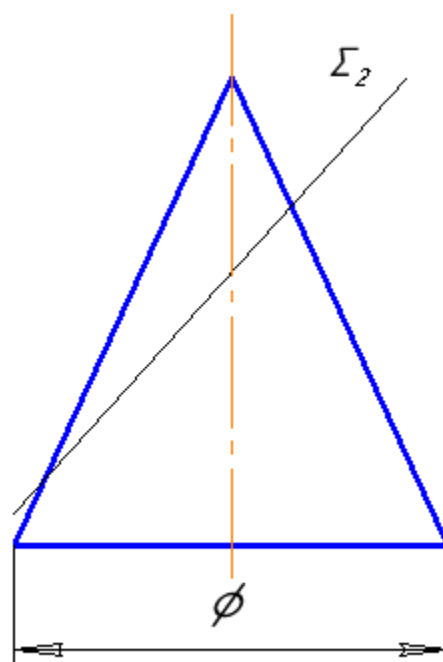


Рис. 2. Пример условия задачи из курса инженерной графики

### 3. Построение наглядных изображений.

Графические дисциплины помимо основной цели – готовить специалистов, владеющих методами выражения мыслей при помощи чертежей, призваны выполнять еще одну важную роль: развивать пространственные представления.

Геометрические тела и их сочетания являются материалом, на основе которого можно проще всего создавать пространственные образы и оперировать ими, поэтому на занятиях часто прибегают к построению их аксонометрических изображений. Изучение способа получения аксонометрических проекций представляется очень важной частью графической подготовки. Но, ввиду сложности, как правило, на занятиях ограничиваются лишь построением простейших видов аксонометрических проекций – изометрий. Зачастую эти изображения обладают недостаточной наглядностью. Построение диметрий и триметрий в настоящее время уже не практикуется.

С внедрением в учебный процесс 3-D моделирования появилась возможность ограничить до минимума ручное построение наглядных изображений, так как любые построения этого типа прекрасно реализуются машинным способом.

Больше того, положительным фактором использования графической системы, является возможность получения наглядных изображений на любом этапе получения чертежа. Эта особенность твердотельного моделирования имеет исключительное значение для учебного процесса и позволяет значительно увеличить возможности развития пространственных представлений.

**Выводы.** Периоду времени использования на практике преимуществ выполнения чертежей средствами компьютерной графики, должен предшествовать период осмысления методов проецирования и проекционных свойств предметов, что и является основным содержанием традиционных курсов начертательной геометрии и инженерной



графики. Внедрение 3-D моделирования должно проводиться поэтапно и весьма взвешенно.

**Список литературы:** 1. Кудрявцев Е. М. КОМПАС-3D V6. Основы работы в системе. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 528 с.: ил. 2. Якиманская И. С. Развитие пространственного мышления школьников. – М.: Педагогика. 1980. – 238 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

**Лопатов О. А., Ярушина Е. В.** (каф. НГ и ИГ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Графическая система КОМПАС-3D предназначена для создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц с последующей полуавтоматической подготовкой рабочих и сборочных чертежей, спецификаций, текстовых и других документов [1].

Это достаточно сложная, постоянно совершенствующаяся система автоматизированного проектирования максимально настроена на стандарты, используемые в Украине, и отличается высокой эффективностью и производительностью. Ее изучение на начальных этапах требует времени и усилий, так как необходимо освоить новые возможности, чтобы в дальнейшем существенно облегчить процесс создания чертежей, вплоть до полной или частичной автоматизации многих рутинных процессов.

Попытаемся сравнить между собой два процесса создания чертежа какого-либо предмета: традиционный способ вычерчивания, с использованием обычных чертежных инструментов, и способ получения их при помощи упомянутой выше графической системы.

Если рассматривать создание чертежа на производстве, например, в конструкторском бюро, то, очевидно, что эти два способа не сопоставимы, – компьютерный способ обладает неоспоримыми преимуществами.

Выполнение чертежей в стенах учебного заведения, преследует другие цели: изучается проекционный аппарат, использующейся для создания изображений трехмерных предметов на плоскости, развиваются и совершенствуются пространственные представления, приобретаются необходимые навыки выполнения и оформления графических работ. Если последняя цель – приобретение навыков – в несколько видоизмененном виде может быть усвоена и в процессе работы с графической системой, то вопросы реализации первых двух целей при автоматизированном способе выполнения чертежей требуют внимательного рассмотрения.

Процесс создания чертежа реального предмета всегда начинается с изучения его пространственных свойств. В характеристике любого предмета или совокупности предметов эти свойства занимают ведущее место. Опираясь на них, человек распознает предметы, определяет их особенности, классифицирует, определяет взаимное положение в пространстве. К таким свойствам относят наружную и внутреннюю форму предмета, величину, взаиморасположение составляющих его элементов, расположение в пространстве относительно некоторой системы отсчета, взаимное расположение нескольких предметов. Умение мыслить в системе пространственных образов создает у человека необходимые предпосылки для творческой деятельности [2].

Этап знакомства с предметом и изучения его пространственных свойств, является обязательным. Каким способом будет получен чертеж в дальнейшем, для этого этапа

не имеет значения. Главным является то, что в результате напряженной умственной деятельности, в голове у человека должна быть сформирована мысленная, объемная модель предмета. В зависимости от подготовки, она может быть статична или обладать элементами динамики, тогда человек перед своим мысленным взором может перемещать или поворачивать созданную модель.

Создание образа предмета является главным содержанием пространственного мышления. Подчеркнем то важное обстоятельство, что формирование пространственных образов осуществляется только на предметной основе. Для графических дисциплин объектами изучения являются простые геометрические тела. Они представляют большие возможности для развития пространственного мышления.

На втором этапе традиционного способа выполнения чертежа, созданную модель предмета мысленно помещают в систему виртуальных плоскостей проекций. По отношению к ним модель располагают так, чтобы обеспечить требования к главному изображению, определить минимальное количество необходимых изображений для передачи формы предмета, их удобочитаемость, простоту выполнения, и другое.

На третьем этапе, из характерных точек на предмете, перпендикулярно к каждой из плоскостей проекций, мысленно проводят проецирующие лучи, и, опираясь на точки, полученные при пересечении этих лучей с плоскостями, формируют необходимые изображения. Затем, в соответствии с правилами, система плоскостей мысленно разворачивается в плоский чертеж, и из этих изображений создают чертеж предмета.

Отсюда следует, что при традиционном способе изготовления, еще до начала выполнения изображений предмета на листе бумаги, должна быть проведена большая работа, которая протекает мысленно, она не видна для постороннего наблюдателя, но она представляет очень важный этап во всем процессе построения чертежа.

При создании чертежа с помощью компьютерной графической системы на втором этапе решаются следующие вопросы:

- какой элемент предмета следует взять за основу в качестве исходного (базового);
- какой эскиз и на какой плоскости проекций следует подготовить для получения его модели;
- какой операцией лучше всего этот элемент выполнить;
- какими формообразующими операциями и в какой последовательности можно реализовать форму предмета.

Это также умственные операции, но еще на стадии создания первоначальной формы предмета, на экране появляется его пространственный виртуальный образ. С ним можно реально работать, многократно манипулируя формой и размерами. Такой подход упрощает и облегчает работу конструирования, исключает возможность появления многих ошибок.

При этом, сам процесс создания трехмерной модели приближается к процессу изготовления предмета на производстве. Например, получение исходной формы предмета можно представить себе как заготовку, выполненную отливкой, удаление части материала – обработкой с использованием токарно-фрезерных операций, добавление части материала – пайкой, приклеиванием, сварочными операциями.

Возможности используемой графической системы таковы, что иногда с виду сложный предмет, чертеж которого потребовал бы на выполнение вручную достаточно больших затрат времени, можно выполнить одной единственной операцией. Для примера, на рис.1 представлен эскиз, на основе которого одной операцией вращения выполнена модель предмета (рис. 2).



Рис. 1. Эскиз для создания модели

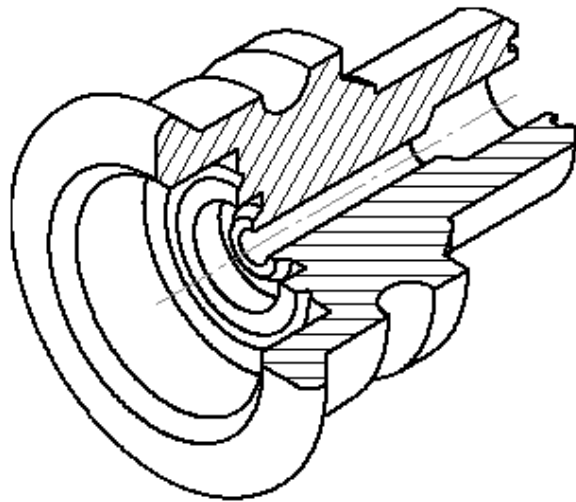


Рис. 2. Изометрия выполненной модели

На последнем этапе при компьютерном способе изготовления чертежа, за разработчиком остается окончательный выбор такой совокупности изображений, которая бы позволяла однозначно читать форму предмета, наносить размеры и другую буквенно-цифровую информацию, контролировать его изготовление на производстве. Отрисовка выбранных изображений выполняется автоматически.

Анализируя представленные последовательности выполнения чертежа, можно сделать вывод о том, что во втором случае процесс его создания значительно упрощается: графическая система, следуя указаниям разработчика, формирует его самостоятельно. Для этих целей в системе имеются соответствующие программы, способные построить изображение на любой плоскости проекций в соответствии с правилами прямоугольного проецирования. Это требует значительно меньшего времени на выполнение, работа конструктора становится более интеллектуальной.

Но в учебном процессе, если полностью перейти на компьютерный способ получения чертежей, часть учебной программы, касающейся изучения и практического использования изображений методом прямоугольного проецирования, не будет реализована.

Прямым следствием этого будет неподготовленность студентов к чтению уже имеющихся чертежей. Не владея методом проецирования и всего того, что с ним связано, не закрепив в навыках, невозможно создать пространственный образ, адекватный изображенному на чертеже предмету. Такой образ не является простой суммой имеющихся на нем изображений, а предполагает их мыслительную трансформацию с привлечением знаний и навыков работы с этим особым видом графической информации.

Это проявится в тех разделах черчения, где выполняются чертежи деталей, основой для которых являются чертежи общего вида (деталирование). В этом случае получение образа детали опирается на чтение чертежа, содержащего изображения сборочной единицы. Необходимо отыскать все изображения, относящиеся к рассматриваемой детали, и опираясь на них и знание проекционного аппарата, представить ее в объеме. На помощь компьютерной графической системы здесь рассчитывать не приходится.

**Выводы.** Введение в практику конструирования компьютерного твердотельного моделирования кардинально изменило многие приемы графических

построений, однако знания, полученные при изучении инженерной графики, остаются востребованными, так как без мысленного пространственного образа предмета никакие технические средства не помогут выполнить его чертеж на экране монитора.

**Список литературы:** 1. Кудрявцев Е. М. КОМПАС-3D V6. Основы работы в системе. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 528 с.: ил. 2. Ботвинников А. Д., Ломов Б. Ф. Научные основы формирования знаний, умений и навыков школьников. М.: Педагогика, 1979. – 256 с.: ил.

## ОГЛЯД ПОПУЛЯРНИХ САД-СИСТЕМ

**Мельгуй О. І., Гайдар О. Г.** (*каф. графіки, ДонНТУ, м. Донецьк, Україна*)

Впровадження сучасних комп'ютерних технологій на українських промислових підприємствах дозволяє їм вижити і превстигнути на ринку машинобудівної продукції в умовах жорсткої конкуренції. Автоматизація підготовки виробництва дає можливість підприємствам швидко реагувати на зміну попиту, у короткий термін випускати нові види продукції, швидко модернізувати випускаєму продукцію, відслідковувати життєвий цикл виробів, ефективно підвищувати якість. Сучасні світові тенденції розвитку диктують свої умови. Сьогодні практично неможливо привести підприємство у відповідність вимогам міжнародної системи якості по ISO 9000 без впровадження комп'ютерних технологій у конструкторсько-технологічну підготовку виробництва. Таке становище часто перешкоджає українським підприємствам освоювати найбільш вигідні ринки розвинених країн.

Уже закінчився той час, коли потреби конструкторсько-технологічних відділів обмежували САД-системами, що діють на подібні кульмана. Сучасний підхід конструкторсько-технологічній підготовці характерен комплексністю рішень. Тому все частіше перевага віддається продуктам, інтегрованим між собою. Це дозволяє зберігати асоціативні зв'язки між документами по всьому ланцюжку підготовки виробництва і виключити в такий спосіб «випадкову» невідповідність у документації.

Для виключення тих же «випадковостей» служать PLM-компоненти, які містять всю інформацію, необхідну для проектування, виготовлення та експлуатації продукції в організації будь-якого профілю. На етапі підготовки виробництва система забезпечує накопичення даних про результати конструкторсько-технологічного проектування і обмін інформацією між інженерними службами. Затверджені дані і документація передаються в інші служби підприємства для матеріально-технічного забезпечення, виробництва і експлуатації виробів, що випускають.

Ринок САД-систем величезний, від «важкої» французької САПІА до «легкої» вітчизняної bCAD. І тем складніше розібратися у всьому різноманітті пропозицій і зробити правильний вибір. Розглянемо найбільш популярні у нас в країні і відносно недорогі програмні продукти.

Система AutoCAD, створена фірмою Autodesk, являється на сьогоднішній день найпоширенішою програмною графічною системою автоматизованого проектування в промисловості, що нараховує понад два мільйони зареєстрованих користувачів. Сама фірма Autodesk посідає четверте місце у світовій таблиці про ранги серед розроблювачів програмного забезпечення для ПК.

Іншим важливим фактором була передбачена в системі можливість використання спеціалізованої мови програмування AutoLISP. У результаті широкі функціональні можливості AutoCAD перетворили цю систему у свого роду стандарт у класі систем автоматизованого технічного проектування і виконання креслярських робіт. Зараз AutoCAD – це найбільш гнучка з існуючих графічна програмна система для ПК, здатна ефективно працювати у всіляких галузях технічного проектування. Унікальна можливість легко адаптуватися до найрізноманітнішим «людським» мовам, включаючи і ті, що використовують нелатинський алфавіт, поставили AutoCAD поза конкуренцією на міжнародному ринку програмних продуктів для систем автоматизованого проектування. У результаті AutoCAD зараз використовується більш ніж в 125 країнах миру.

Autodesk у системі AutoCAD однієї з перших застосувала принцип тривимірної моделі проєктованої конструкції: каркасні моделі тривимірні поверхні, створювані шляхом завдання висоти і рівня. У сутності це принцип розміщення двовірних об'єктів, поміщених у тривимірний простір.

Сучасні комп'ютерні технології подарували інженеру більш якісно зроблений засіб спілкування - тривимірну модель, що, хоча і існує у вигляді ланцюжка бітів і байтів у пам'яті комп'ютера, проте, має цілком реальні фізичні характеристики: об'єм, щільність, маса, центр ваги, момент інерції та інше. Її можна розглянути з різних сторін, розібрати й зібрати (якщо мова йде про складальну одиницю) і навіть заглянути усередину. Одним із сучасних методів тривимірного твердотілого моделювання механічних деталей на персональному комп'ютері виступає система КОМПАС - 3D, розроблена російською компанією «АСКОН»

Скільки сміливих задумів не знайшло свого реального втілення через недостачу часу! Може виникнути цілком природний сумнів: а чи не занадто багато зусиль потрібно затратити на освоєння нових технологій на рівні, що забезпечує їхнє практичне застосування? Саме, мабуть, дивне полягає у тому, що на побудову тривимірної моделі виробу найчастіше потрібно не більше часу, чим на розробку її плоского креслення. Зусиллями розроблювачів сучасні системи володіють тим, що звичайно називають «дружнім інтерфейсом», тобто зручними і зрозумілими засобами виконання побудов.

Конкуренція на ринку систем автоматизованого проектування (САПР) змушує компанії шукати нестандартні рішення. Користувач одержує реальну можливість порівнювати пропозиції різних компаній і на своєму власному досвіді переконатися в ефективності тої або іншої системи.

Важко передати словами відчуття людини, коли на плоскому екрані монітора поступово матеріалізуються його об'ємні думки та творчі ідеї. Тим більше важливо, щоб у цей момент під рукою виявився зручний інструмент. Окружності і лінії на папері теж можна будувати циркулем і постійно ламким олівцем, але професіонал завжди вибирає добротні і якісні приналежності.

КОМПАС-3D V8 - один з основних модулів комплексу автоматизованих систем конструкторсько-технічної підготовки виробництва КОМПАС V8. ключовою особливістю продукту є використання власного математичного ядра і параметричних технологій, розроблених фахівцями АСКОН. Методи моделювання, які реалізовані в програмі КОМПАС - 3D V8, є загальноприйнятими в сучасних 3D - системах.

Система КОМПАС-3D має у своєму розпорядженні дуже ефективні засоби моделювання. Вона дозволяє створювати тривимірні моделі самих складних деталей і зборок. Використовуючи наочні методи створення об'ємних елементів, конструктор

оперує простими та природними поняттями: бобишка, підстава, отвір, фаска і т.п. При цьому процес проектування часто відтворює технологічний процес виготовлення деталей. У процесі побудови тривимірних моделей складальних одиниць конструктор має можливість тимчасово відключати відображення будь-яких елементів. Це особливо зручно, якщо модель містить у собі корпусні деталі, в яких розміщені інші компоненти виробу. Безпосередньо на екрані монітора конструктор може виконати розріз моделі стандартними або додатковими площинами проекцій, або побудувати свій, самий неймовірний, розріз.

Після побудови 3D - моделі деталі або зборки, або безпосередньо в ході побудови конструктор може одержати її креслення без рутинного створення видів засобами плоского креслення. Для цього потрібно лише вказати необхідні види, провести лінії розрізів або перетинів. Плоске креслення буде створене автоматично і з абсолютною точністю, незалежно від складності моделі. Отриманий у такий спосіб документ можна доповнити вбудованими в систему засобами 2D-креслення: проставити додаткові розміри, позначення позицій, заповнити основний напис або підготувати специфікацію.

У КОМПАС-3D об'ємні моделі та плоскі креслення асоційовані між собою. Це означає, що будь-яка зміна, внесена в модель, буде негайно і точно відбито на всіх видах креслення. Можливості системи дозволяють задавати параметричні зв'язки і асоціації як між окремими елементами деталей, так і між деталями в складальних одиницях. Це дозволяє швидко вносити зміни в проект, створювати різні варіанти, як окремих деталей, так і всього виробу в цілому.

Перераховані вище можливості системи КОМПАС-3D вигідно відрізняють її від базової системи AutoCAD 2004, яка дуже сильно полегшила роботу конструктора, але не вирішує всіх проблем, пов'язаних з розрахунками конструкцій і деталей, мінімізації випадкових помилок при проектуванні через відсутність асоціативних і параметричних зв'язків. Побудова моделей просторових конструкцій, отриманих в AutoCAD 2004, звичайно допомагає одержувати більше реалістичне подання про виріб, але це дуже небагато в порівнянні з можливостями тривимірної моделі, виконаної в системі КОМПАС-3D.

При уважному розгляді можна розглянути певну еволюцію систем проектування: від банального двовимірного проектування до тривимірного моделювання з набагато більшими можливостями. Наступним кроком логічно стало виникнення систем, що базуються на 3D-моделюванні, але створених для рішення більш вузьких специфічних задач. У перелік таких задач увійшли: проектування технологічного оснащення (штампи, прес-форми), технологічна підготовка виробництва, обробка на верстатах із ЧПК, інженерні розрахунки і динамічний аналіз та інші.

Саме по такому шляху успішно рухаються творці системи автоматизації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва T-FLEX CAD - закрите акціонерне товариство «Топ Системи» (м. Москва). Створений комплекс програмних засобів допомагає вирішувати всілякі завдання від проектування виробу до його впровадження у виробництво. Залежно від цілей проектування при розробці виробу використовують САПР тої або іншої функціональності. Це дозволяє раціонально оснащувати робоче місце інженера залежно від специфіки. Відоме геометричне ядро Parasolid, що лежить в основі системи параметричного тривимірного моделювання T-FLEX CAD 3D дозволяє користувачам моделювати тривимірні деталі і складальні конструкції будь-якої складності з можливістю оптимізації параметрів. Створені моделі можна розрахувати або піддати аналізу в більшості відомих західних і російських