

Автоматизация и Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

Главный редактор
В.Л. Белоусов

РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ:
Бучаченко А.Л.
Гусев А.А.
Дегтярев Ю.И.
Елисеев В.А.
Иванов А.П.
Мальцева С.В.
Нефедов Е.И.
Шебалин И.Ю.
(заместитель главного редактора)

6
—
2012

УЧРЕДИТЕЛИ:
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НАУЧНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ
ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ

Журнал зарегистрирован 9 апреля
1999 г. за № 018684 в Комитете
Российской Федерации по печати

Журнал входит в перечень
утверждённых ВАК РФ изданий
для публикации трудов соискателей
учёных степеней

ООО «Издательство Машиностроение»

РЕДАКЦИЯ:

Шебалин И.Ю. — зам. главного редактора
Гончарова Л.К. — научный редактор
Осипова В.Г. — научный редактор
Богус С.В. — секретарь

Адрес редакции:
107076, Москва,
Стромынский пер., 4
Тел.: (499) 748 0290,
E-mail: ast@mashin.ru; http://www.mashin.ru

Адрес издательства:
107076, Москва,
Стромынский пер., 4
Тел.: (499) 268 3858,
факс: (499) 269 4897

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Соколова Я.В. Метод оптимальной расстановки оборудования на предметно-замкнутых участках механической обработки в серийном производстве	3
Ашрятов А.А., Микаева С.А., Микаева А.С. Прибор для контроля характеристик энергосберегающих компактных люминесцентных ламп	7
Никиторов С.О., Мархадаев Б.Е., Павлов А.Н., Никиторов Б.С. Управление и применение роторных мехатронных манипуляционных систем	10
Карелин А.Н., Щусь Ю.Ю., Федоров В.Ю. Исследование и оценка параметров газовой защиты электродных систем	17
Ремнева О.Ю. Повышение точности технологических систем координатно-расточных станков путём управления их элементами	20

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Стешина Л.А., Танрывердиев И.О., Петухов И.В. Виртуализация в терминальных системах автоматизированного управления	26
Мартынов О.Ю. Определение оптимального варианта применения информационных технологий на промышленном предприятии	31
Мокрова Н.В., Кардашев Г.А. Модернизация высокотехнологичных систем переработки природного сырья ...	34

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Мистров Л.Е., Милушев Д.Э. Метод управления финансовой устойчивостью банковских систем	40
---	----

ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

Российские инженеры начнут работу над проектом Cisco в «Сколково» в 2012 г.	46
--	----

ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов	47
-----------------------------	----

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу «Роспечать» — 70537, по каталогу «Пресса России» — 27838, по «Каталогу российской прессы «Почта России» — 60267) или непосредственно в издательстве по факсу (499) 269 4897, по e-mail realiz@mashin.ru, на сайте www.mashin.ru (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефон для справок (499) 269 6600, 269 5298

Художественный редактор *Галицина Т.Н.*
Компьютерный набор *Путилов В.Н.*
Компьютерная верстка *Тугаринов А.А., Веремеев С.В.*

Набрано в ФГБНУ «Научно-исследовательский институт — Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы»
Москва, ул. Антонова-Овсеенко, 13. Тел.: (499) 795 1789

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

Sokolova Ya.V. Method of the optimum equipment arrangement for the batch production machining at the detail-closed sectors	3
Ashryatov A.A., Mikaeva S.A., Mikaeva A.S. The instrument for characteristics control of the energy-efficient compact luminescent lamps	7
Nikiforov S.O., Markhadaev B.E., Pavlov A.N., Nikiforov B.S. Control and application of the rotor-type mechatronics manipulation systems	10
Karelin A.N., Shchus Yu.Yu., Fedorov V.Yu. Parameters research and estimation of the electrode systems gas protection	17
Remneva O.Yu. Accuracy increase of the coordinate-boring machine tools technological systems by machine tool elements control	20

MODERN TECHNOLOGIES

Steshina L.A. Tanryverdiev I.O., Petukhov I.V. Automatic control virtualization in the terminal system	26
Martynov O.Yu. Determining the optimal application version of the information technology in the industrial enterprises	31
Mokrova N.V., Kardashev G.A. Hi-tech systems modernization of the natural raw material processing	34

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

Mistrov L.E. Milushev D.E. Control method of the bank systems financial stability	40
--	----

EXHIBITION AND PRESENTATIONS

Russian engineers are beginning to work on the project «Skolkovo» Cisco in 2012	46
---	----

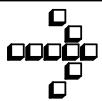
SURVEY OF PERIODICALS

Periodicals review	47
--------------------------	----

Сдано в набор 30.03.12. Подписано в печать 28.05.12.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Уч. изд. л. 6,9. Заказ 258. Цена свободная

Отпечатано в ООО «Подольская Периодика»
142110, Московская обл., г. Подольск,
ул. Кирова, 15

**Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация и современные технологии» возможна
при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка
на журнал «Автоматизация и современные технологии» обязательна.
За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель**



УДК 628.511.4

Я.В. Соколова (Московский государственный технологический университет «Станкин»)
shoufo@gmail.com

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОЙ РАССТАНОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДМЕТНО-ЗАМКНУТЫХ УЧАСТКАХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Предложен метод оптимизации материальных потоков, использующийся при проектировании технологических планировок, в основу которого положен эвристический алгоритм, позволяющий оптимально разместить оборудование на предметно-замкнутых участках с разделёнными позициями загрузки и разгрузки.

Ключевые слова: планировка, расстановка оборудования, оптимизация, эвристические методы.

The material streams optimization method used to technological planning designing is proposed. Method is based on the heuristic algorithm allowing to place optimally the equipment at the detail-closed sectors with divided loading and unloading positions.

Key words: planning, equipment arrangement, optimization, heuristic methods.

Одной из основных проблем современных машиностроительных предприятий является необходимость периодического изменения структуры производства вследствие изменения номенклатуры производимой продукции, объёмов выпуска, сроков выполнения заказов.

Реконструкция и техническое перевооружение производства, как и их специальные разновидности в виде реструктуризации, конверсии, реновации и комплексной автоматизации, рассматриваются в настоящее время в качестве основных средств развития производства [1].

Очевидно, что решение вопроса о размещении оборудования на производственных участках – сложная логистическая задача, так как имеется множество различных технологических процессов изготовления изделий. Эту задачу предлагается решить в три этапа. На первом выбирается схема (последовательность) размещения оборудования. На третьем разрабатывается планировка производственного участка, где учитываются габариты, нормы и углы поворота станков.

На втором этапе решается комбинаторная задача. Пусть на участке есть m рабочих установочных мест, где необходимо разместить n единиц оборудования.

Задача оптимизации расстановки оборудования относится к *NP*-полнym задачам, при решении которых точными методами оптимизации время сходимости алгоритма экспоненциально увеличивается в зависимости от количества единиц размещаемых объектов [2]. При проектировании участков, как правило, метод прямого перебора при-

менить невозможно, так как количество возможных вариантов планировки участка, определяемое количеством возможных перестановок оборудования, равно $n!$ Поэтому для решения таких задач используют определённые методы оптимизации, сокращающие варианты планировки.

Разработка различных методов для решения задач планировки объясняется различными схемами расстановки оборудования в цехе, подходами к оптимизации материальных потоков, разным количеством оборудования, маршрутами и грузопотоками, совмещением или разделением позиций загрузки/разгрузки деталей и т. д.

Общая целевая функция оптимального размещения оборудования может быть представлена в виде:

$$G = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} a_{ij} c_{ij} \rightarrow \min,$$

где n – общее количество станков (установочных мест); $A [i, j]$ – матрица грузопотоков; $C [i, j]$ – матрица расстояний между станками и позициями загрузки/разгрузки деталей; x – булева переменная.

Целевая функция G указывает, что сумма произведений грузопотоков a_{ij} и соответствующих расстояний c_{ij} между единицами оборудования, общее число которых равно n , должна быть минимальна.

Ограничения на решение задачи расстановки оборудования можно записать в виде:



Рис. 1. Схема расположения рабочих позиций с разделыми позициями загрузки/разгрузки

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если деталь передаётся} \\ & \text{с } i\text{-го станка на } j\text{-й,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

При заданных маршрутах обработки и известных величинах грузопотока необходимо прежде всего определить два важных момента, которые влияют на целевую функцию. Это форма организации производства и размещение позиций загрузки/разгрузки деталей.

Известно, что существует несколько принципиальных схем расположения оборудования в зависимости от формы организации производства. Станки могут располагаться в порядке технологического процесса или по группам технологического оборудования.

В серийном производстве, как правило, распространено линейное расположение станков в два или более рядов, что обеспечивает лучшее использование площадей. При этом станки можно поставить под углом 15–30° для относительно длинных станков, расположив их загрузочной стороной к транспортной магистрали.

При совмещении позиций загрузки/разгрузки деталей сокращаются холостые пробеги межоперационного транспорта. Такие схемы используют при незначительных грузопотоках (не более 3000 т в год), при больших грузопотоках применяют схемы с разделёнными позициями загрузки/разгрузки деталей [3].

Рассмотрим задачу расположения оборудования на участке инструментального цеха машиностроительного предприятия, работающего в условиях серийного производства (рис. 1).

Исходные данные: номенклатура обрабатываемых деталей; маршрут изготовления каждого наименования деталей (последовательность единиц оборудования, на которых проводится обработка); величина грузопотока в тоннах для каждого наименования обрабатываемых деталей. Эти данные сведены в табл. 1.

При двухрядной схеме расположения оборудования и совмещении позиций загрузки/разгрузки

Таблица 1

Маршруты обработки и величины грузопотоков деталей, обрабатываемых на участке

Деталь	Технологический маршрут	Величина грузопотока g , т
A	1, 3, 4, 5	1
B	2, 4, 6	2
C	4, 3, 5, 1	3

деталей, когда детали перемещаются со склада к рабочему месту и обратно, рабочие места с наибольшей интенсивностью грузопотока размещают ближе к складу, и наоборот. Подробно этот метод описан в работе [4].

Сложнее решить эту задачу для схемы расположения станков, где склад заготовок и склад деталей не совмещены.

В этом случае задача оптимального расположения станков на участке с разделыми входом и выходом представляет собой квадратичную задачу о назначениях.

За опорное принимается расположение оборудования по экспертной оценке проектировщика (рис. 2).

Схема движения грузопотоков задана матрицей $A[i, j]$, где номер строки i – номер станка, от которого поступает деталь (поставщик), а номер столбца j – номер станка, к которому деталь (потребитель) движется. Значения матрицы соответствуют величинам грузопотоков.

Для расчёта целевой функции используется матрица расстояний $C[i, j]$ такой же размерности, что и матрица грузопотоков, в ячейках которой записываются расстояния между позициями (рис. 3).

Расчёт осуществляется в $n - 1$ шагов (итераций). Алгоритм оптимизации приведён ниже.

На каждой итерации определяются значения потенциалов P_i и P_j для входящих и выходящих грузопотоков. Перераспределение станков будет происходить не только исходя из величины суммарного потенциала, а ещё и из сравнения входящего и выходящего потенциалов:

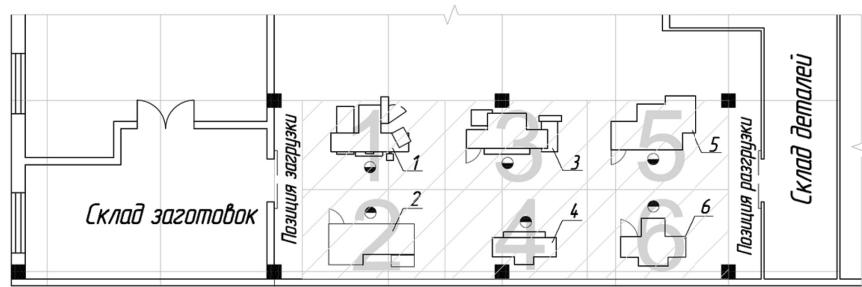


Рис. 2. Расстановка оборудования на 1-й итерации (опорная расстановка)

Матрица грузопотоков $A[i,j]$							Матрица расстояний $C[i,j]$															
Опорная расстановка						вх	P_i	P_{ij}							P_i	P_{ij}						
—	1	2	3	4	5	вх	21	45	—	3	3	4	4	5	5	вх						
3	—		1			1	17	29	5	—	1	2	2	3	3	6						
		—	2			2	4	10	5	1	—	2	2	3	3	5						
			—	1	3	3	7	12	4	2	2	—	1	2	2	4						
			3	—	1	4	9	26	4	2	2	1	—	2	2	3						
1	3				—	5	12	20	3	3	3	2	2	—	1	2						
2					—	6	6	10	3	3	3	2	2	1	—	1						
вых									вых	6	5	4	3	2	1							
P_j	24	12	6	5	17	8	14															

Рис. 3. Матрицы грузопотоков при первоначальной расстановке оборудования и расстояний

Матрица грузопотоков $A[i,j]$							Матрица расстояний $C[i,j]$															
1-я итерация						вх	P_i	P_{ij}							P_i	P_{ij}						
—	2	3	4	5	1	вх	23	45	—	3	3	4	4	5	5	вх						
2	—					6	10	14	5	—	1	2	2	3	3	6						
		—	2			2	4	10	5	1	—	2	2	3	3	5						
			—	1	3	3	7	12	4	2	2	—	1	2	2	4						
	2	3	—	1		4	9	26	4	2	2	1	—	2	2	3						
1					—	5	6	14	3	3	3	2	2	—	1	2						
3		1			—	1	11	19	3	3	3	2	2	1	—	1						
вых									вых	6	5	4	3	2	1							
P_j	22	4	6	5	17	8	8															

Рис. 4. Матрица грузопотоков после 1-й итерации

сравниваются суммарные потенциалы по станкам $P_{ij} = P_i + P_j$;

выбирается максимальный потенциал из ещё не переустановленного оборудования P_{\max} ;

сравниваются входящий и выходящий потенциалы выбранного станка (P_i и P_j), если входя-

щий потенциал больше, то станок устанавливается ближе к выходу, если выходящий, то ближе к входу (уже переставленное оборудование не двигается). При увеличении значения целевой функции станок остаётся на своём месте и в дальнейших перестановках не участвует.

Таблица 2

Порядок перестановки оборудования

Номер итерации	Переставляемый станок	Сравнение входящих и выходящих потенциалов	Значение целевой функции	Схема расположения оборудования		
				до перестановки	после перестановки	
Опорная расстановка	—	—	152		1 3 5 2 4 6	
1	1	$P_i > P_j$	140	1 3 5 2 4 → 6	6 3 5 2 4 1	
2	4	$P_j > P_i$	136	6 3 5 2 ← 4 1	4 3 5 2 6 1	
3	5	$P_j = P_i$	136	4 3 5 2 6 1	4 3 5 2 6 1	
4	6	$P_j < P_i$	164	4 3 5 2 ← 6 1	4 3 2 5 6 1	
5	3	$P_j > P_i$	156	4 3 2 5 6 1	4 5 6 3 2 1	

Примечание. 1 – станок, не подлежащий перестановке

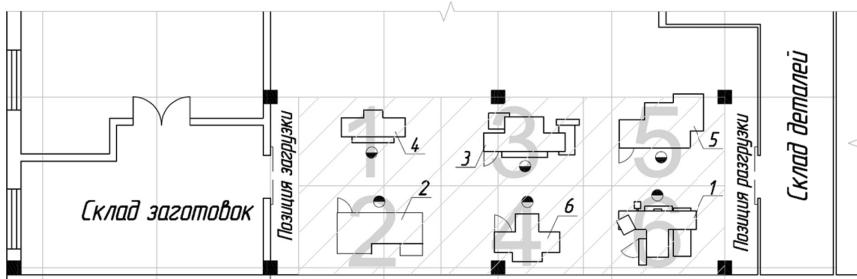


Рис. 5. Оптимальная схема расположения станков

После первого перераспределения матрица грузопотоков (матрица расстояний останется неизменной) показана на рис. 4.

Результаты пяти перестановок станков приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что целевая функция на 2-й итерации минимальна. Это расположение и будет оптимально (рис. 5).

Предложенную методику целесообразно применять в серийном производстве на участках механической обработки, содержащих до 18 – 20 единиц оборудования с разделёнными позициями загрузки и разгрузки деталей при проектировании нового или реконструкции существующего производства. Данная методика также может быть в основе автоматизированной системы проектирования технологических планировок, которая позволит не только рассчитать оптимальную схему расстановки оборудования, но и визуально

разместить оборудование на планировке цеха с учётом территориальных ограничений, габаритов оборудования, норм расстановки станков на участке, производственной безопасности и т. п.

Библиографические ссылки:

- Селиванов С.Г., Иванова М.В. Теоретические основы реконструкции машиностроительного производства. Уфа: Гилем, 2001, 5 с.
- Селиванов С.Г., Никитин В.В., Дружинина М.А. Метод моделирования и оптимизации планировок цехов бережливого производства средствами искусственного интеллекта // Вестник УГАТУ. 2010. № 49(39). С. 139.
- Вороненко В.П., Соломенцев Ю.М., Схиртладзе А.Г. Проектирование машиностроительного производства М.: Дрофа, 2006. 119 с.
- Вороненко В.П. Оптимизация расстановки стационарного оборудования М.: Технические заметки, 1990. С. 36–37.

УДК 621.744.37

А.А. Ашрятов, канд. техн. наук, доц. (Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, г. Саранск), **С.А. Микаева**, д-р техн. наук, проф., **А.С. Микаева** (Московский государственный университет приборостроения и информатики)

mikaeva@pechkin.npo.lit.ru

ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ КОМПАКТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

Предложен метод наличия терморезистора в схеме электронного пускорегулирующего аппарата энергосберегающей компактной люминесцентной лампы. Описаны устройство и принцип действия прибора для контроля качества энергосберегающих компактных люминесцентных ламп. Приведены результаты измерений напряжения энергосберегающих компактных люминесцентных ламп различного качества.

Ключевые слова: компактная люминесцентная лампа, схема электронного пускорегулирующего аппарата, терморезистор для обеспечения «быстрого зажигания».

The method of the thermistor availability in the scheme of the electronic activation and adjust device for energy-efficient compact luminescent lamps is proposed. The structure and operation principle of the instrument for quality control of the energy-efficient compact luminescent lamps are described. Pressure measurements results of the energy-efficient compact luminescent various quality lamps are adduced.

Key words: compact luminescent lamp, electronic activation and adjust device scheme, thermistor for «quick lighting» ensuring.

В настоящее время компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) с встроенным электронным пускорегулирующим аппаратом при продаже в магазине (торговом предприятии) контролируются устройством, проверяющим работоспособность ламп накаливания, которое представляет собой основание с закреплённым на нём патроном соответствующего размера и подключённым к питающей сети. Этого явно недостаточно, так как замечено, что при замене лампы накаливания на КЛЛ в осветительной установке с выключателем с встроенным индикатором наблюдается мерцание КЛЛ (в тёмном помещении), когда она находится в выключенном состоянии. Это явление вызывает определённый дискомфорт при эксплуатации осветительной установки. Как показали провёденные исследования [1], это происходит вследствие того, что в схеме электронного пускорегулирующего аппарата (ЭПРА) КЛЛ отсутствует терморезистор (позистор) [2], предназначенный для обеспечения «быстрого зажигания» [3] КЛЛ. Кроме того отсутствие терморезистора приводит к «мгновенному зажиганию» КЛЛ и, соответственно, уменьшению продолжительности горения КЛЛ относительно срока службы, заявленного на упаковке. В процессе исследования КЛЛ было обнаружено, что у некоторых производителей на печатных платах ЭПРА КЛЛ предусмотрено место для монтажа терморезистора, но сам терморезистор отсутствует. Из этого следует, что одни и те же лампы одного и того же

производителя могут поставляться на рынок как с термистором, так и без него. Поэтому определение наличия термистора в схеме ЭПРА новой (не вскрытой) КЛЛ является актуальным, учитывая большой ассортимент КЛЛ на отечественном рынке.

Таким образом, при покупке КЛЛ покупатель должен видеть не только работоспособность лампы, но и знать о наличии или отсутствии терморезистора в схеме ЭПРА КЛЛ и, соответственно, ожидать заявленный срок продолжительности горения КЛЛ.

Для оперативного контроля характеристик КЛЛ, в частности наличия в схеме термистора, проведён анализ характеристик элементов осветительной установки. Определено, что наиболее существенно при наличии или отсутствии термистора изменяется напряжение на КЛЛ (рис. 1). Так, при отсутствии термистора амплитудное значение напряжения на КЛЛ изменяется во времени (с частотой 0,5 – 1 Гц) от 10 до 20 В (см. рис. 1, б), что не наблюдается при наличии термистора (см. рис. 1, а).

Исходя из того что портативные электронные осциллографы являются дорогостоящими приборами (их цена примерно в 100 раз превышает стоимость мультиметров), проведена оценка реакции измерительных приборов на периодическое изменение напряжения на КЛЛ. Для исследования выбрали универсальные малогабаритные измерительные приборы (мультиметры): анало-

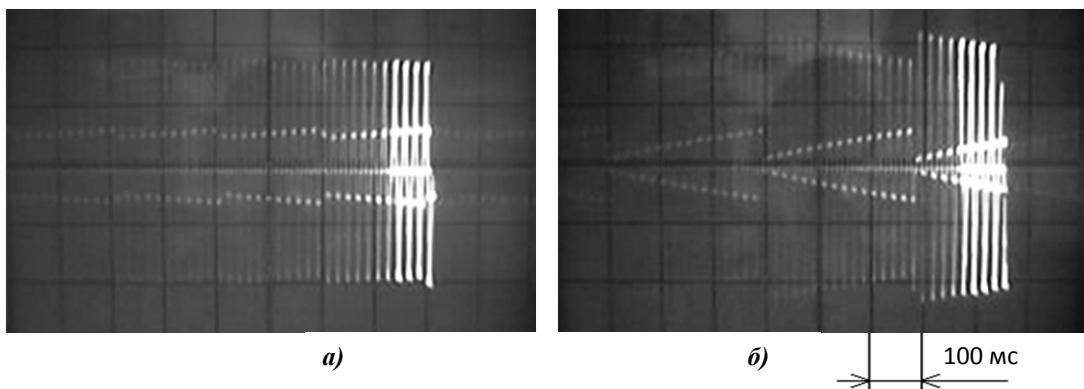


Рис. 1. Осциллографмы напряжения на компактных люминесцентных лампах с термистором (а) и без термистора (б)

Изменение амплитудного значения напряжения на различных компактных люминесцентных лампах

Напряжение сети U_c , В	Показание вольтметра														
	КОСМОС 3U 20W						SUPER MAX SP 20W-E2727			Camelion LH20-3U				КЛЛ 6-20	
	YX-1000A			DT-181											
	min	max	Δ	min	max	Δ	min	max	Δ	min	max	Δ	min	max	Δ
240	21	23	2	21	41	20	19	34	15	62	66	4	59	63	4
220	20	24	4	19	39	20	18	33	15	54	58	4	52	55	3
200	17	26	9	18	41	23	18	34	16	47	50	3	45	48	3
180				17	39	22	17	35	18	40	42	2	40	43	3
160				14	38	24	15	33	18	33	35	2	33	35	2
Среднее			5				21,8			16,4			3,6		3

говый (YX-1000A) и цифровой (DT-181). Для оценки информативности мультиметров при определении наличия или отсутствия терморезистора в схеме ЭПРА компактных люминесцентных энергосберегающих (КЛЭ) ламп измеряли напряжение различных КЛЛ (см. таблицу). Так у КЛЛ типа КОСМОС 3U 20W и SUPER MAX SP 20W-E2727 термистор в схеме отсутствует, а у КЛЛ типа Camelion LH20-3U и КЛЛ 6-20 – имеется.

Из таблицы следует, что напряжение на КЛЛ с терморезистором примерно на 20 В больше, чем у КЛЛ без терморезистора. При этом амплитудные колебания напряжения КЛЛ без терморезистора в четыре и более раз превышают колебания напряжения на КЛЛ с терморезистором. Таким образом, цифровой мультиметр более информативен, чем аналоговый. Следует отметить, что при снижении напряжения питания данная разница возрастает. Так, при снижении питающего напряжения до 180 В изменение напряжения КЛЛ с терморезистором составляет 2 – 3 В, а у КЛЛ без терморезистора 18 – 22 В.

Таким образом, контролировать наличие терморезистора в схеме ЭПРА КЛЛ наиболее целесообразно оценкой изменения во времени напряжения на КЛЛ при пониженном напряжении питания цепи «КЛЛ – индикатор – резистор».

Схема прибора контроля работоспособности КЛЛ с встроенным ЭПРА КЛЭ лампы (рис. 2) включает переключатель режимов контроля (ПР), цифровой индикатор (ЦИ) и аналого-цифровой

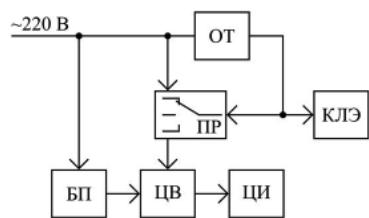


Рис. 2. Схема прибора контроля компактных люминесцентных ламп

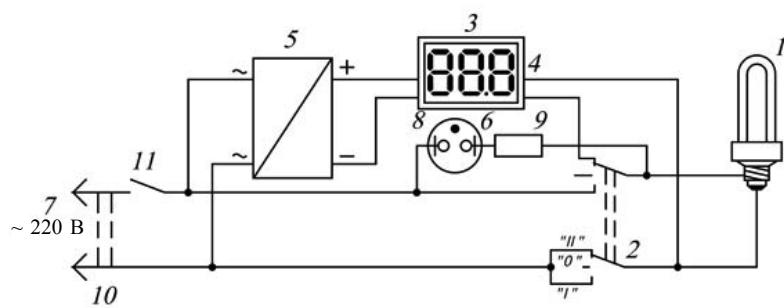


Рис. 3. Электрическая схема прибора контроля компактных люминесцентных ламп

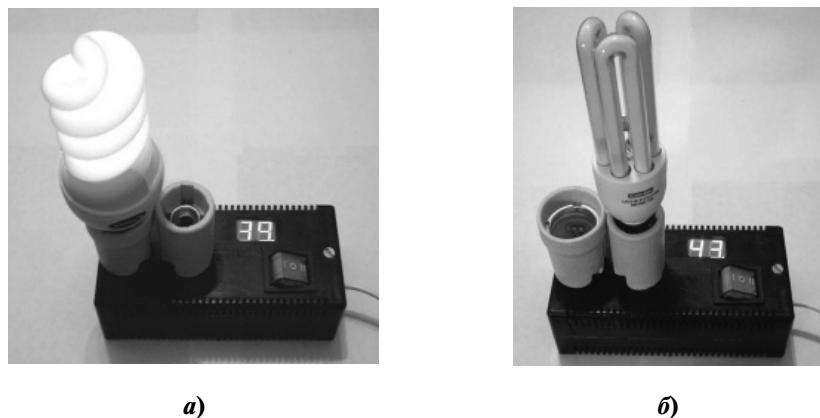


Рис. 4. Общий вид прибора для контроля компактных люминесцентных ламп КОСМОС Е27 (а) и Camelion Е14(б)

преобразователь (АЦП) цифрового вольтметра, блок питания (БП) и блок ограничения тока (ОТ) КЛЭ лампы. Прибор подключается к питающей сети 220 В.

Электрическая схема прибора контроля работоспособности КЛЛ приведена на рис. 3. Схема включает все элементы, приведённые на рис. 2: КЛЛ с встроенным ЭПРА 1, переключатель режимов контроля 2, индикатор 3 и АЦП 4 цифрового вольтметра, БП 5 и блок ОТ 6, состоящий из газоразрядной лампы 8 и резистора 9. Прибор подключается к питающей сети ~220 В 7 разъёмом (электрической «вилкой») 10 с помощью включателя 11.

Общий вид прибора для контроля КЛЛ приведён на рис. 4, работающего следующим образом. КЛЭ лампа подключается к прибору установкой лампы в соответствующий электропатрон (наиболее распространёнными являются резьбовые цоколи типа Е14 и Е27). Электропатроны на корпусе прибора расположены таким образом, чтобы предотвратить одновременное подключение двух КЛЛ. Прибор с помощью электровилки подключается к питающей сети и на него подаётся напряжение, о наличии которого свидетельствует

свечение цифрового индикатора «00.» цифрового вольтметра. Переключатель режимов контроля находится в положении «0» – КЛЛ обесточена. При переводе переключателя режимов контроля в положение «I» (см. рис. 3 и 4) напряжение питающей сети подаётся на КЛЛ и в случае её исправности лампа загорается. Таким образом, осуществляется контроль работоспособности испытуемой лампы.

При переводе переключателя режимов контроля в положение «II» напряжение питающей сети подаётся на КЛЛ через ограничивающее устройство, представляющее собой последовательно соединённые резистор и газоразрядный индикатор. При этом цифровой вольтметр подключается к КЛЛ и регистрирует падение напряжения на лампе.

Если в КЛЛ отсутствует терморезистор, то возникают пульсации напряжения с периодичностью 0,5 – 1,5 Гц (на рис. 4, а приведена КЛЛ типа КОСМОС SPC 20W-E2727 в момент пульсации). При этом разница между максимальным амплитудным значением напряжения на лампе и минимальным находится в пределах от 10 до 35 В (у разных ламп эта разница различна).

Если в КЛЛ присутствует терморезистор (см. рис. 4, б), то световые пульсации отсутствуют, т. е. пульсации напряжения на КЛЛ практически нет. При этом разница между максимальным амплитудным значением напряжения на лампе и минимальным составляет 1–3 В (у разных ламп эта разница различна).

Таким образом, пульсации напряжения на КЛЛ свидетельствуют о наличии терморезистора в схеме ЭПРА КЛЭ лампы и, соответственно, о долговечности лампы и комфортной её эксплуатации в осветительных установках, оборудованных выключателями с индикаторами.

Библиографические ссылки

1. Ашрятов А.А., Газизова З.Ф. Исследование особенностей эксплуатации компактных люминесцентных ламп с встроенным электронным ПРА в осветительной установке / Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: Сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-техн. конф. (Саранск, 23–24 окт. 2008 г.). Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2008. С. 99–103.
2. Справочная книга по светотехнике [Под. ред. Ю.Б. Айзенберга]. 3-е изд., перераб и доп. М.: Знак, 972 с.
3. Рохлин Г.Н. Разрядные источники света. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1991. 720 с.

УДК 621.007.52:62-50

С.О. Никифоров, д-р техн. наук, проф.,

Б.Е. Мархадаев, канд. техн. наук (Сибирское отделение РАН, г. Улан-Удэ),

А.Н. Павлов, канд. техн. наук (Восточно-Сибирский государственный университет, г. Улан-Удэ),

Б.С. Никифоров, канд. техн. наук (Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ)

bmarkh@pres.bscnet.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ РОТОРНЫХ МЕХАТРОННЫХ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

Представлены средства реализации безреверсного управления и применение роторных мехатронных манипуляционных систем повышенного быстродействия.

Ключевые слова: управление, мехатроника, роторные манипуляционные системы, быстродействие, реализация и применение.

Nonreversible control and application of the implementation means for the raised quick-acting rotor-type mechatronics manipulation systems are presented.

Key words: control, mechatronics, rotor-type manipulation systems, quick-acting, implementation and application.

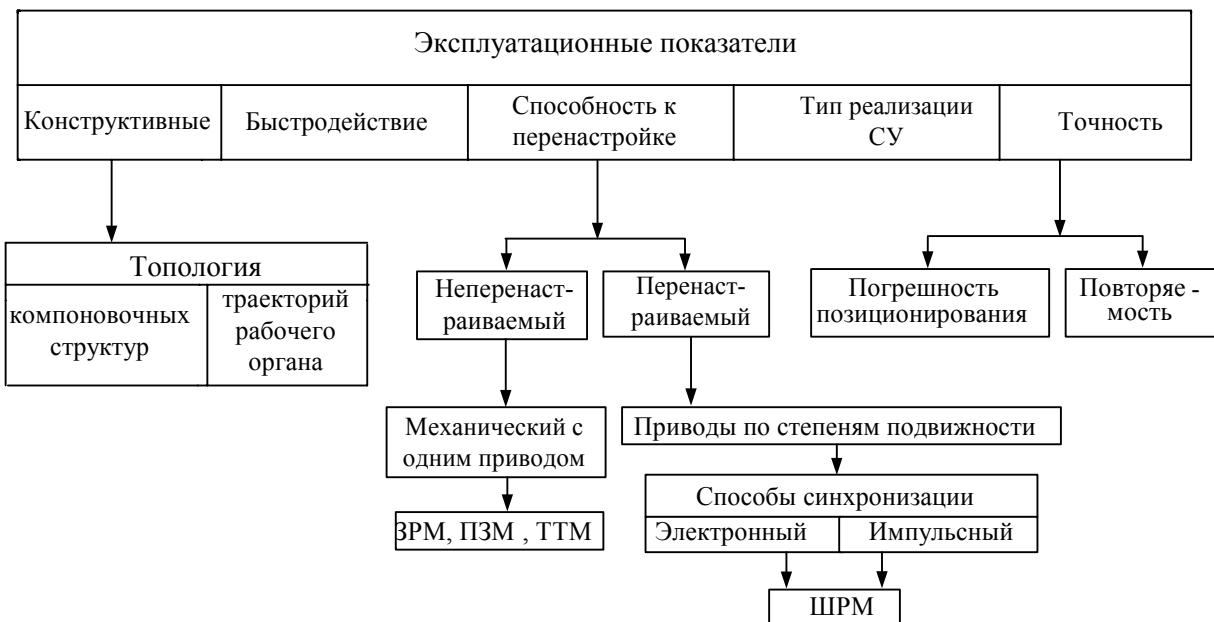
Типовые траектории перемещения рабочих органов (РО) вспомогательных промышленных роботов (ПР) при обслуживании технологического оборудования достаточно просты и однобразны.

При традиционном принципе построения ПР с цикловым программным управлением модули всех степеней подвижности имеют собственные приводы с самостоятельными двигателями и передачами. При выполнении программных движений на каждом этапе двигатели включаются и разгоняют подвижные части механизмов, затем тормозятся перед заданными точками позиционирования, а для выхода в последующие точки те же движения выполняются повторно. В таких условиях представляет серьёзные трудности уменьшение времени выполнения циклов обслуживания технологического оборудования до значений

меньших 3 и 4 с или повышение средних скоростей РО выше 1,5 м/с.

Для реализации подобного рода мехатронных манипуляционных систем (MMC) предложено техническое решение проблемы повышения быстродействия манипуляторов с цикловым программным управлением, основанное на построении механизмов, в которых ведущие звенья, приводимые в движение роторами электродвигателей, вращаются равномерно, а выходные звенья механизмов передачи задают РО движения по циклоидальным траекториям, удовлетворяющим поставленным ограничениям, с мгновенными остановками в заданных точках позиционирования [1].

Принципиальной особенностью MMC, кроме отсутствия реверса приводных двигателей, является то, что траектории перемещения РО в отли-

**Рис. 1. Эксплуатационные показатели мехатронных манипуляционных систем:**

ЗРМ – зубчато-рычажный механизм; ПЗМ – планетарно-зубчатый механизм;
ТТМ – механизм с тросовыми тягами; ШРМ – шарнирно-зубчатый механизм

чие от систем управления (СУ) ПР задаются исключительно кинематически, хотя их также можно получить за счёт работы приводных двигателей в импульсном режиме [2, 3]. При выборе типа реализации СУ существенным фактором является наличие требований к перенастройке траекторий РО. При их отсутствии возможно применение одного привода с чисто механическим управлением, при наличии таких требований необходимо для каждой степени подвижности иметь отдельный привод и синхронизировать работу соответствующей СУ.

Аппаратно-конструктивная реализация быстродействующих роторных ММС подразумевает исполнение СУ в двух вариантах [1,4]: с программой перенастройки траектории РО и без перенастройки. В первом случае требуется синхронизация работы приводных двигателей для каждой степени подвижности за счёт работы СУ, во втором СУ реализуется зубчатыми, тросовыми или цепными передачами, где имеется один приводной двигатель на ведущем звене. На рис. 1 представлены эксплуатационные показатели подобных ММС.

В качестве примера на рис. 2 приведена кинематическая схема ШРМ для двухшарнирного манипулятора с электроприводами на каждом звене (здесь двигательная избыточность отсутствует).

Реализация структурных схем электронного управления (синхронизации приводных двигателей) приведена на рис. 3 [5].

Закон управления звеньями задаётся в следующем виде:

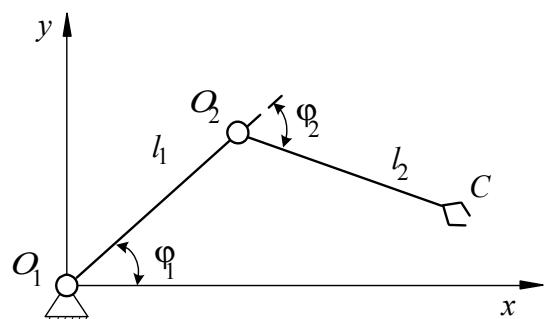
$$x = \cos\varphi_1 + \varepsilon \cos(N+1)\varphi_1;$$

$$y = \sin\varphi_1 + \varepsilon \sin(N+1)\varphi_1,$$

где $N = \omega_2/\omega_1$; $\varepsilon = l_1/l_2$.

В этом случае траектория движения воспроизводящей точки С будет циклоидальной кривой.

Траектории кодируются по таблице. Значения параметра N хранятся в памяти СУ [6,7].

**Рис. 2. Двухшарнирный манипулятор:**

φ₁, φ₂ – углы, характеризующие конфигурацию манипулятора; l₁, l₂ – длины звеньев; С – схват

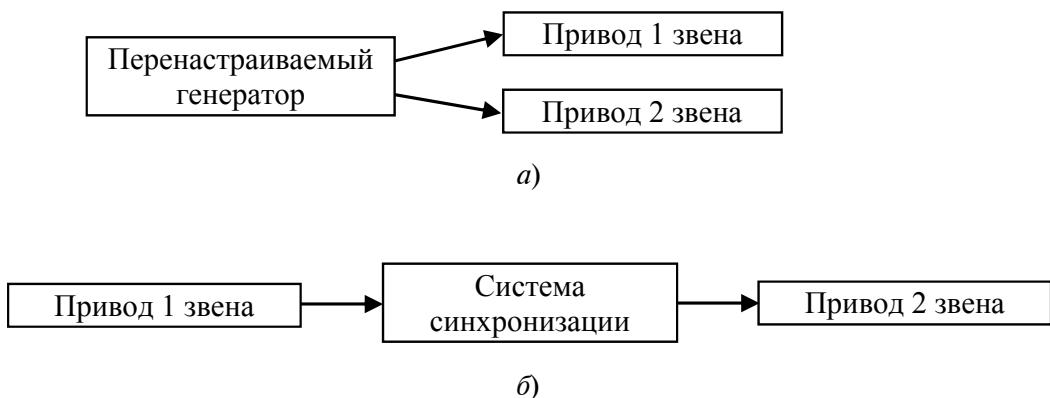


Рис. 3. Схемы автоматического управления:

a – от общего перенастраиваемого генератора; *б* – от автомата синхронизации приводных двигателей

Кодировка траекторий

Код ω_1 (двоичный)	Значение N	Код ω_2 (двоичный)	Форма кривой	Знак N 0 – «-» 1 – «+»
0001	3	000001		0
0001	3	000001		1
0001	4	000010		0
...

Для реализации оптимальной структуры СУ выбрана блочно-модульная структура построения [4]. На низшем уровне это означает использование одного привода, на высшем при использовании СУ в виде управляющего автомата с использованием отдельных функциональных блоков: синхронизации работы приводных двигателей, коррекции, задания временных констант и угловых скоростей вращения звеньев. На рис. 4 представлена архитектура СУ.

MMC не являются классическими циклическими механизмами, лишь в самых простых вариантах они представляют механизмы с одной степенью подвижности и одним нерегулируемым приводом. При этом должны сохраняться обязательные и типовые для ПР свойства переналаживаемости, использование нескольких приводов и самостоятельных систем автоматического управления в соответствии с конкретным предназначением и представлять собой автоматические ма-

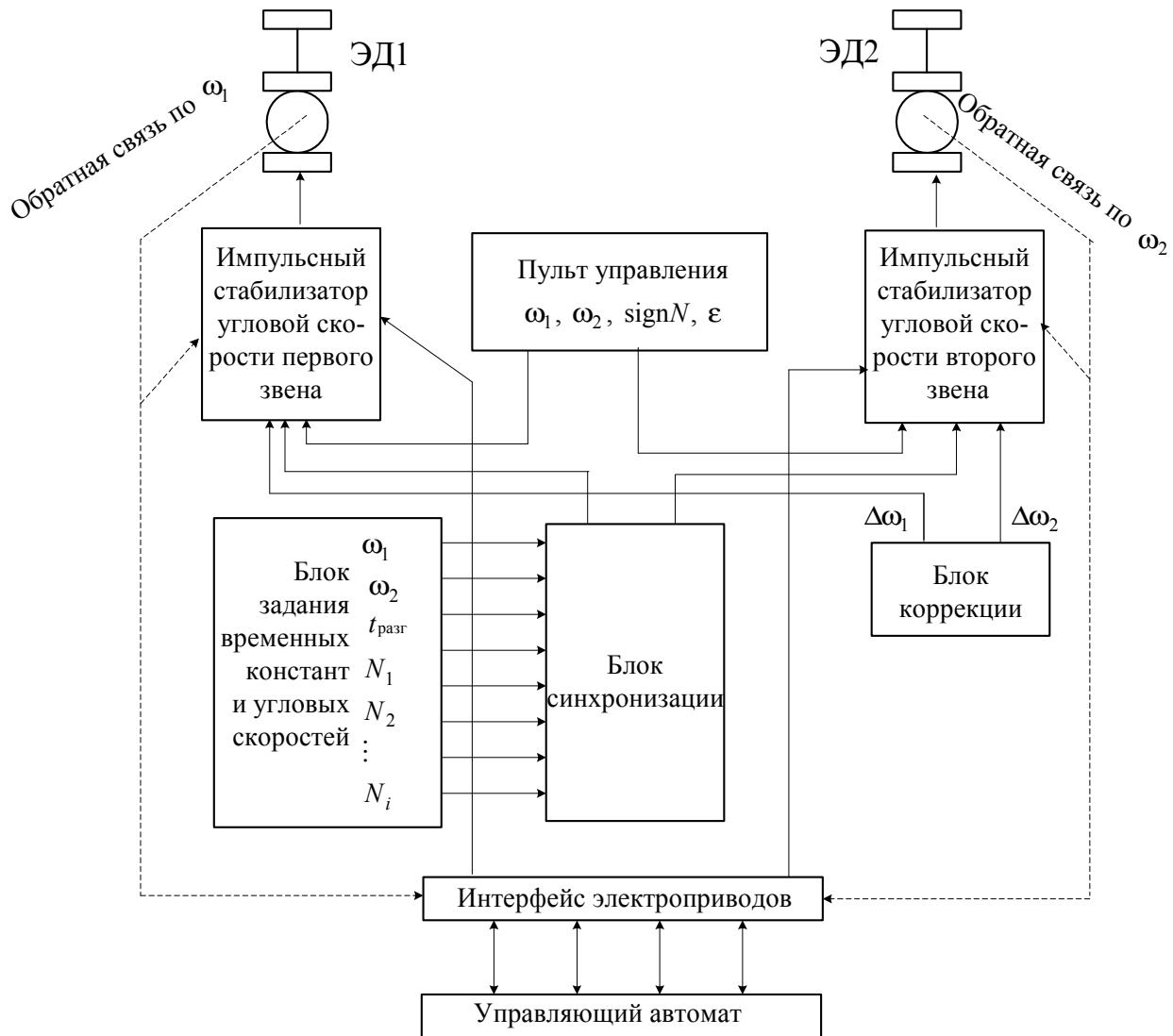


Рис. 4. Архитектура системы управления

шины, а не программируемые вычислительные устройства, и поэтому главным для них является формирование требуемых движений РО чисто кинематическими средствами [1].

Существует большое число производственных операций, которые можно автоматизировать с помощью простых программных механизмов, причём часто гибкость программы управления понимается лишь в возможности перенастройки, а между циклами перенастройки СУ являются системами с жёсткой логикой.

Итак, при отсутствии требований к перенастройке требуется «жёсткое» чисто механическое управление ММС. В этом случае достаточно одного привода для ведущего звена. При наличии требований к перенастройке необходимо иметь приводные устройства для каждой степени подвижности, а их работа должна синхронизироваться соответствующей СУ [4].

Качество воспроизведения реализуемых траекторий РО будет определяться характеристиками регуляторов частоты вращения исполнительных двигателей. Основным назначением подобных регуляторов является снижение погрешности поддержания скорости электродвигателя при заданном значении выходного сигнала, в то время как момент нагрузки на выходном валу двигателя может значительно изменяться. Высокая статическая и динамическая точность регулирования скорости обеспечивается за счёт обратной связи по скорости в системе следящего электропривода.

При использовании таких ММС в составе роботизированных производств возникают вопросы их синхронизации с оборудованием по временным характеристикам, т. е. для времени цикла имеем $T_{\text{ц}} = T_{\text{MMC}} + T_{\text{обор}}$. Из-за высокого быстродействия ММС возможен вариант $T_{\text{ц}} = T_{\text{обор}}$, где

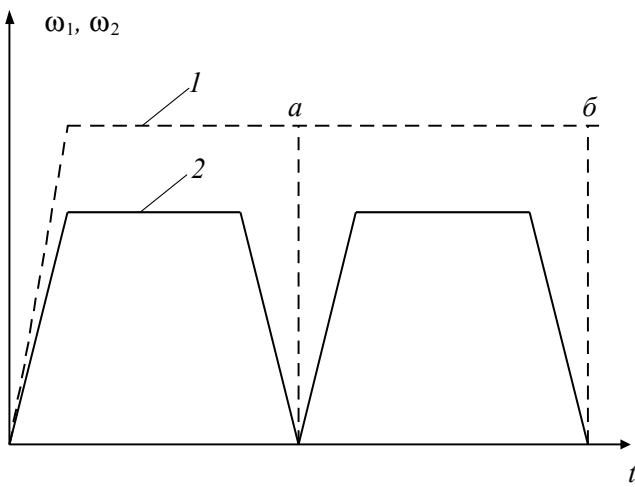


Рис. 5. Скоростные характеристики при выходе в заданное местоположение схвата:

1 – MMC; 2 – промышленного робота

время цикла T_{MMC} входит в $T_{\text{обор}}$. Способы синхронизации следуют из закона управления за счёт дискретного или непрерывного регулирования скоростями звеньев и выбора участка регулирования на траектории вблизи рабочих зон обслуживаемого оборудования.

Особенностью такого управления является то, что в таких рабочих зонах электроприводы не отключаются, а зоны совмещаются с положениями «выстоя», которые характеризуются тем, что в них РО имеет мгновенное значение скорости, равное нулю, т. е. РО останавливается, но вращение звеньев руки продолжается, поэтому нет необходимости тормозить привод при позиционировании MMC. На рис. 5 изображены тахограммы рассматриваемой MMC и серийного ПР с электроприводом. Линии a и b являются заданными точками позиционирования.

Из сказанного выше можно сделать вывод, что кроме повышения быстродействия MMC (отсутствует торможение привода) упрощается СУ по сравнению с серийными СУ ПР, упрощается структура электропривода, снижаются требования к датчикам, возможно применение более простых схем электроприводов.

Таким образом, от СУ может требоваться или поддержание постоянных угловых скоростей, или программные изменения угловых скоростей, в узких пределах. Кроме того, возможны ситуации, когда привод вообще какое-то время не управляет. Отсюда следует, что основное внимание должно уделяться именно задачам механики, а вопросы управления будут второстепенными.

На рис. 6 приведена схема функциональных показателей качества рассматриваемых MMC.

При топологическом расчёте MMC с одним приводом для создания планетарных передач используют методы синтеза и их кинематический и динамический анализы, при которых данный механизм рассматривается как передающее устройство, а входной и выходной валы связаны с набором передаточных отношений N_i ($i = 1, 2, \dots, n$) [8]. Аналогично набор отношений N_i ($i = 1, 2, \dots, n$), определяющих отношение угловой скорости ведомого звена к угловой скорости ведущего звена (для ПЗМ, ЗРМ и ТТМ – водила), определяют для циклоидальных траекторий.

Для этого подходят матрично-кодовый метод и преобразования, которые основываются на представлении компоновочных структур и их элементов в виде графа. Суть данного метода заключается не в рассмотрении каждого конкретного механизма, а в создании планомерного анализа механизмов данного класса на основе их разделения на элементарные механизмы с последующим математическим отождествлением и построением общих вычислений [8].

В работе [8] представлен топологический расчёт общего случая n -цепного зубчато-рычажного механизма, а в работе [9] – алгоритм и методика топологического расчёта подобных устройств на основе выделения исходных базовых модулей, элементарных механизмов и последующего иерархического синтеза.

В плане синтеза рассматриваемые манипуляторы имеют определённые преимущества, так как по топологии формирования кинематической схемы допускается реализация соединением небольшого набора простых исходных модулей, представляющих собой функционально и конструктивно независимые единицы. В конструктивный модуль кроме механизмов могут входить приводные средства, а также соответствующие энергетические и коммуникации, обеспечивающие одну или несколько степеней свободы.

В соответствии с конкретным топологическим требованием из определённого набора модулей можно сформировать простые быстродействующие MMC с учётом ограничений на их параметры (рис. 7).

Требования к манипуляционным задачам циклоидальных MMC сформулированы в работе [10].

В качестве иллюстрации эффективного применения можно привести приспособление для обработки деталей кузова автомобилей [11], где транспортирующее устройство перемещается по гипоциклоиде с четырьмя положениями выстоя ($N = -4$).

Проект № 11-08-00717-а поддержан и финансируется РФФК.

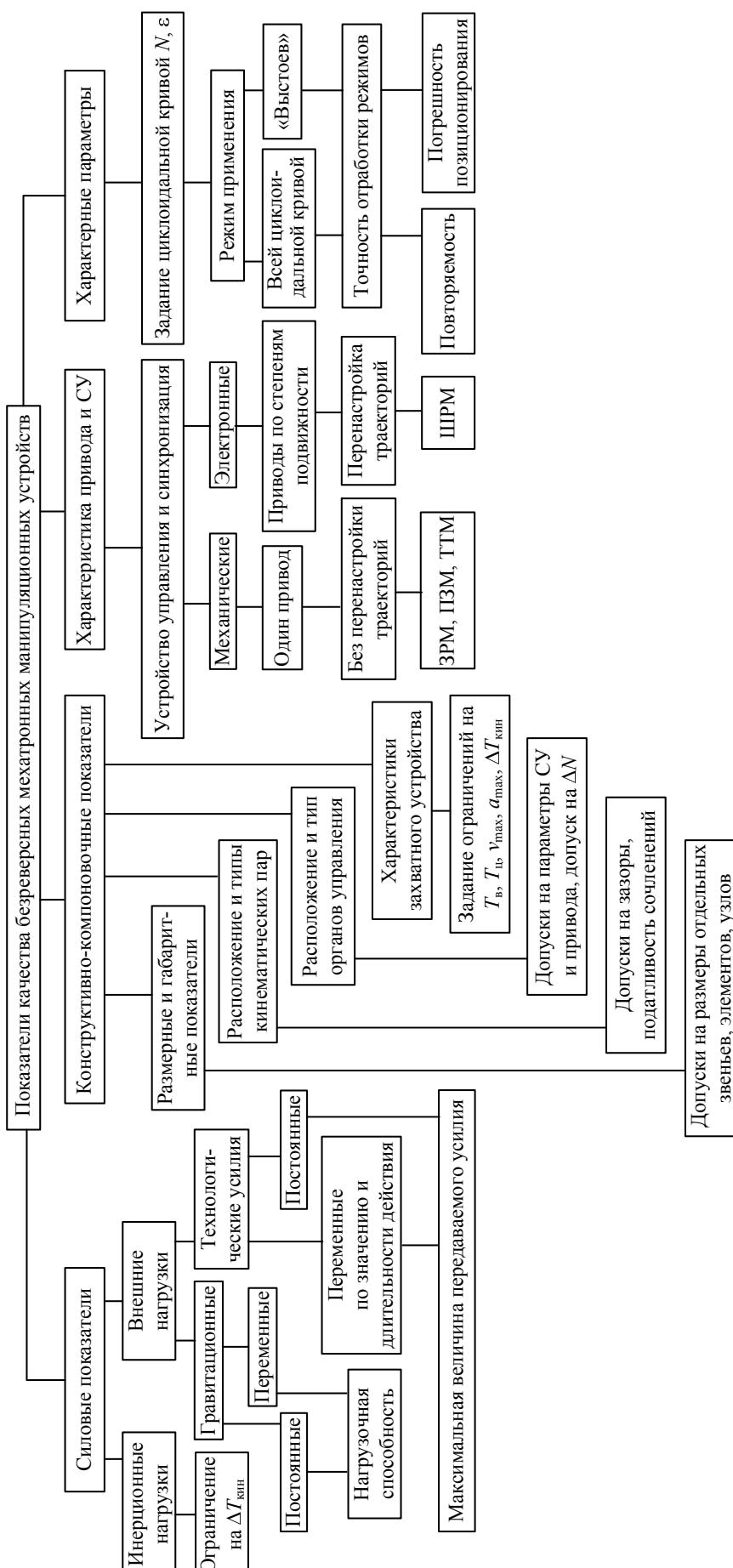


Рис. 6. Схема функциональных показателей качества циклоидальных манипуляторов:

$\Delta T_{\text{кин}}$ – величина прироста кинетической энергии; $T_{\text{в}}$ – время «выстоев»; $T_{\text{ц}}$ – время цикла; СУ – система управления; N – соотношение угловых скоростей вращения звеньев; ε – соотношение длин звеньев; Δ – соотношение позиционирования

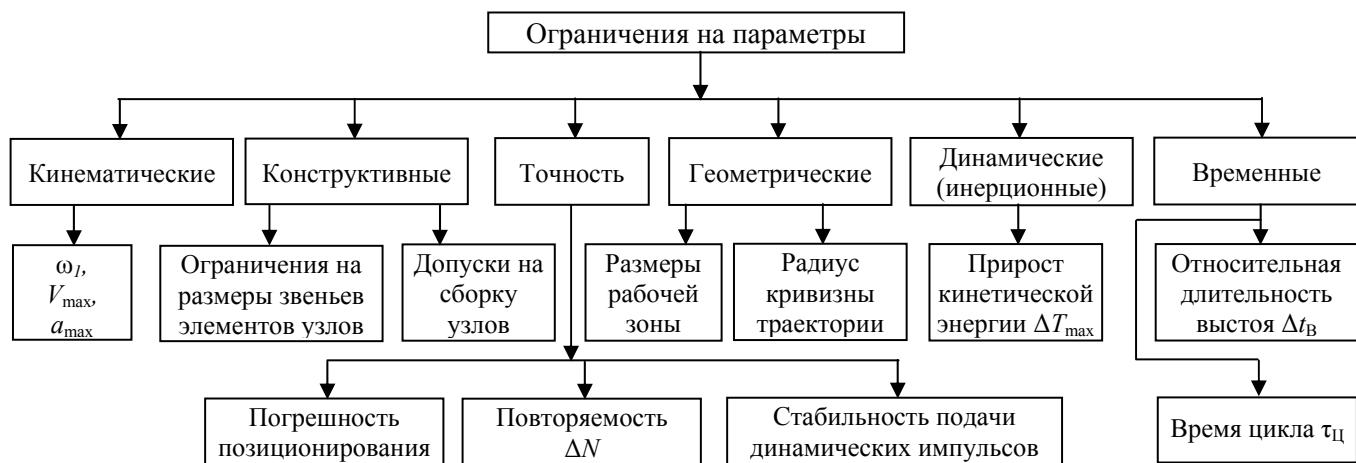


Рис. 7. Ограничения на параметры циклоидальных манипуляционных систем

Библиографические ссылки:

1. **Никифоров С.О.** Циклоидальные манипуляторы: новые схемы, механика, управление, применение // Вестник машиностроения. 2002. № 6. С. 3–8.
2. **Мархадаев Б.Е., Никифоров С.О.** Манипуляторы с импульсным заданием движений // Вестник машиностроения. 2004. № 12. С. 3–8.
3. **Мархадаев Б.Е., Никифоров С.О., Сосоров Е.В.** Импульсные движения манипуляторов типовых кинематических схем // Вестник машиностроения. 2005. № 6. С. 3–8.
4. **Никифоров С.О., Мархадаев Б.Е.** Параметрический синтез компоновочных структур быстродействующих циклоидальных манипуляторов и реализация их управления // Вестник машиностроения. 2009. № 2. С. 9–13.
5. **Никифоров С.О., Челпанов И.Б., Мархадаев Б.Е., Мандаров Э.Б.** Циклоидальные (роторные) демонстрационные роботы // Вестник машиностроения. 2004. № 1. С. 20–24.
6. **А.с. СССР №1108022.** Устройство для вычерчивания циклоидальных кривых / С.О. Никифоров, Ю.Ф. Мухопад, В.В. Слепнев и др. 1984. № 30.
7. **А.с. СССР №1418071.** Устройство для вычерчивания циклоидальных кривых / С.О. Никифоров, Ю.Ф. Мухопад, В.В. Слепнев и др. 1988. № 31.
8. **Никифоров С.О.** Матрично-кодовый метод расчёта зубчато-рычажных циклоидальных манипуляторов с цепными передачами // Вестник машиностроения. 2003. № 8. С. 23–30.
9. **Никифоров С.О., Мархадаев Б.Е.** Классификация и топологические методы формирования компоновочных переменных структур полициклоидальных манипуляционных мехатронных устройств // Вестник машиностроения. 2007. № 12. С. 3–7.
10. **Никифоров С.О., Павлов А.Н.** Требования к перемещениям объектов манипулирования и способы реализации устройств для их перемещений // Вестник машиностроения. 2006. № 3. С. 14–18.
11. **Приспособление для обработки деталей кузова автомобилей.** Vorrichtung zum Bearbeiten von Bauteilen einer Kraftfahrzeugkarosserie. Заявка 102006020922. Германия. МПК B 23 Q 7/00 (2006.01) Thussen Krupp Drauz Nothelfer GmbH. Kipping Josef, Klemm Thomas (CO-HAUS & FLORACK. 4021 Düsseldorf). № 102006020922.2. Заявл. 05.05.2006. Опубл. 08.11.2007.

Уважаемые читатели!

Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация и современные технологии» возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При этом ссылка на журнал обязательна.

УДК 658.382.3

А.Н. Карелин, канд. тех. наук, доц.,
Ю.Ю. Щусь, канд. тех. наук, доц. (Севмашвтуз, г. Северодвинск),
В.Ю. Федоров (ООО «АГНИ», г. Северодвинск)

cascad@atnet.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДНЫХ СИСТЕМ

Приведены результаты исследований, связанных с изучением работы модернизированных газовых горелок и с оценкой параметров газовой защиты.

Ключевые слова: дуговая сварка, газовая горелка, газовая защита.

Research results connected with work studying of the modernized gas torches and with parameters estimation of the gas protection are adduced.

Key words: arc welding, gas torch, gas shield.

Цель работы - определение эффективности защиты горелок и совершенствование исследования параметров эффективности газовой защиты, что представляет практический интерес и является актуальной задачей. Для решения данной задачи используется метод «пробы на пятно» [1–5]. Анализ работ и некоторые промежуточные результаты исследований докладывались на конференциях в рамках Ломоносовских чтений [6].

Для эксперимента и проведения анализа по данным исследований выбран системный подход, который при выполнении инженерной или научно-исследовательской работы представляется наиболее эффективным.

Количественные критерии эффективности струйной газовой защиты являются одними из основных элементов оценки технологических возможностей горелок для сварки в защитном газе. Со стороны горящей дуги газовая защита осуществляется потоком газа, ограниченным защищаемой поверхностью. При дуговой сварке, в первую очередь, диссоциации подвергаются молекулы газов [7].

Управление тепловыми потоками – это одна из основных задач сварочного производства, поэтому теоретическое и экспериментальное исследование явлений тепломассопереноса является важной практической задачей.

При проведении эксперимента «проба на пятно» окисление титана происходит неравномерно, так как концентрация кислорода в различных зонах газового потока различна, следовательно, толщина оксидной плёнки будет переменной. Это сопровождается появлением на поверхности титана цветов побежалости. По распределению цветов определяют диаметр зоны защиты. Защитная струя формируется проточной частью горелки. При зажигании дуги температура вихря газа

возрастает и увеличивается его объём, что может привести к нарушению газовой защиты [8].

В процессе исследований на основе методов системного анализа установлено, что аэродинамические параметры горелки являются определяющими при обеспечении газовой защиты [6]. Также установлено, что для комплексной оценки эффективности газовой защиты исследуемых горелок необходимо определить размер одного из основных технологических параметров газовой защиты (максимальный размер газовой защиты).

Для исследований разработан специализированный стенд (рис. 1).

Защитная струя формировалась проточной частью горелки АГНИ с варьируемыми параметрами (табл. 1).

При испытаниях фиксировались следующие параметры: расстояние $H = D$; напряжение 9,5–10 В; время продувки T_p , достаточное для охлаждения пластины до 300 °C, более 20 с; начальная температура газа 50 °C; размер пластины из титанового сплава 8 × 75 × 90 мм.

Методика определения технологических параметров. Образцы пластин, по которым определяются параметры, изготавливаются из сплава титана, нержавеющей стали (можно использовать и аналогичные материалы). Поверхность подвергалась механической и химической очистке. Толщина пластин составляла 10–16 мм. Нормально к

Таблица 1

Параметры горелок АГНИ

Горелка Агни-17МУ	зав. № 002250022680
Диаметр сопла, мм	$D = 12,5$
Диаметр электрода, мм	$D = 2,4$
Форсаж 500	Источник



Рис. 1. Испытательный стенд:

1 – горелка газоэлектрическая; 2 – держатель горелки; 3 – горизонтальная стойка газовой горелки; 4 – маховик ходового винта; 5 – столик водоохлаждаемый; 6 – зажимы для заготовки; 7 – водные шланги; 8 – вольфрамовый электрод; 9 – пружины стойки; 10 – стрелочный измеритель сварочного тока (0–500 А); 11 – стрелочный измеритель расхода газа Ar (0–20 л/мин); 12 – шлейф; 13 – стопорный механизм; 14 – кнопка «Пуск»; 15 – кнопка «Стоп»; 16 – кнопка «Запятая»; 17 – кнопки «+» и «-»; 18 – кнопка «Запомнить»; 19 – регулятор расхода газа; 20 – цифровой индикатор

поверхности пластины устанавливалась горелка с неплавящимся вольфрамовым электродом под углом 15–25°.

Вылет электрода относительно среза сопла горелки устанавливался равным диаметру внутреннего отверстия сопла минус 2–2,5 мм. Во время эксперимента изменялись сила тока I , время сварки T_c , расход газа. В таблицы сводились результаты опытов. Зависимости определения влияния режимов сварки на размеры зоны газовой защиты приведены на рис. 2.

Для исследования аэродинамических процессов, протекающих в газовой струе, получены фотографии газового потока (газ – пропан) при исходящей струе из сопла аппарата. Ядро струи при удалении от сопла сокращалось в поперечном сечении, а на некотором расстоянии от защищаемой поверхности образовывалась «шейка струи». По мере удаления течения от «шейки» поперечные сечения возрастили. Наблюдаемое в некоторых случаях нарушение газовой защиты можно объяснить тем, что при зажжённой газовой струе увеличивается температура и объём газа, что приводит к слиянию торOIDального вихря и пограничного слоя струи.

Для комплексной оценки защиты проведено исследование по алгоритму (табл. 2 и 3). Современные теории изучения тепловых процессов при сварке не учитывают ряд факторов (теплообмен, способ сварки и т. п.) и содержат сложные функции. Часто полученные практические данные не совпадают с теоретическими значениями.

Проведём анализ влияния некоторых факторов на конечные результаты работы установки и зону защиты. В качестве варьируемых факторов примем конструктивный параметр (диаметр выходного отверстия сопла D), и эксплуатационный (расход защитного газа Q).

Значимость параметров, полученных в результате измерений, определим по критерию Фишера. В качестве «нулевой гипотезы» примем степень влияния фактора на результаты измерений. На основании критериального анализа можно сделать следующие выводы: по фактору А (средние значения диаметра сопла, мм) нулевая гипотеза отвергается, а влияние фактора А считается значимым. По фактору В (расход защитного газа) нулевая гипотеза принимается, и влияние фактора незначимо. Данные результаты подтверждают правильность выбранной методики.

Таблица 2

Исходные данные

NN	A , средние значения диаметра сопла (мм)	1,2	1,3	1,4	1,6	Итого
Q , л/мин	7,5	12,2600	11,6900	12,6500	13,4800	50,0800
10	12,9200	12,5800	13,1200	13,6700	52,2900	
12,5	13,1600	12,3200	13,0200	14,6000	53,1000	
15	13,2000	12,0100	12,5500	15,7800	53,5400	
15,5	12,2300	11,6100	12,0100	15,1800	51,0300	
20	11,4400	11,5100	11,3500	15,0400	49,3400	
Итого	75,2100	71,7200	74,7000	87,7500	309,3800	

Таблица 3

Средние данные

NN	A , средние значения диаметра сопла (мм)	1,2	1,3	1,4	1,6	Итого
Q , л/мин	7,5	150,3076	136,6561	160,0225	181,7104	628,6966
10	166,9264	158,2564	172,1344	186,8689	684,1861	
12,5	173,1856	151,7824	169,5204	213,16	707,6484	
15	174,24	144,2401	157,5025	249,0084	724,991	
15,5	149,5729	134,7921	144,2401	230,4324	659,0375	
20	130,8736	132,4801	128,8225	226,2016	618,3778	
Итого	945,1061	858,2072	932,2424	1287,3817	4022,9374	

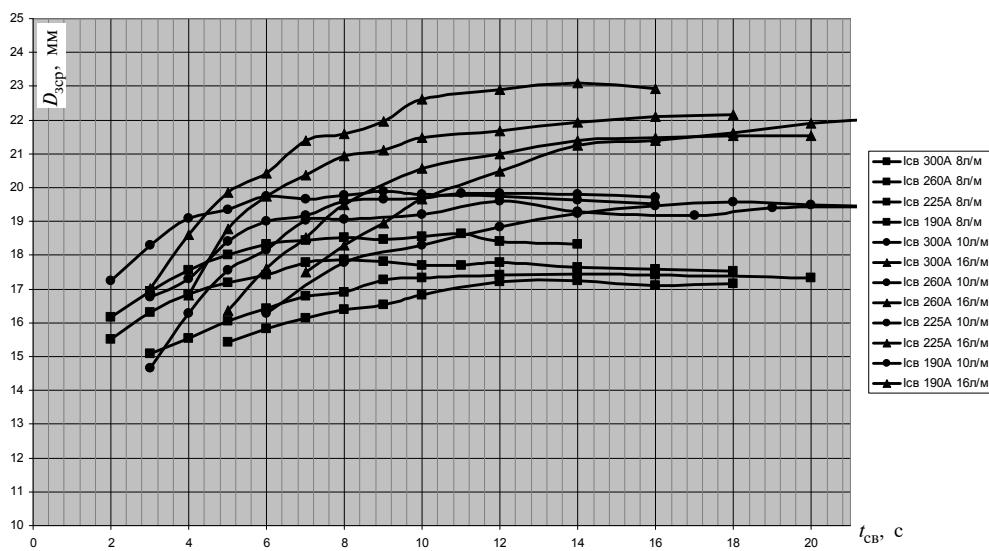


Рис. 2. Влияние режимов сварки на размеры зоны газовой защиты аргонодуговой горелки Агни-17 МУ ($D_c = 12,5$ мм)

Для повышения точности оценки параметров исследуемого «пятна» (рис. 3), обработки экспериментальных данных при исследовании распределения температурных полей на плоской поверхности тел различной геометрической формы и цвета, применения неразрушающих методов контроля, расчёта температурных полей разработана программа на основе определения размеров с использованием алгоритма поиска координат и высокопроизводительных матричных вычислений.

В результате проведённых исследований можно сделать вывод, что метод «пробы на пятно» нельзя использовать для исследования защитных свойств сварочных горелок без учёта условий проведения опытов, в частности величины тока и времени сварки, приводить к изотермическим условиям ($T_c = 0$), которые можно проверить другими методами (метод титановых зондов, газохроматография), для повышения точности оценки результатов измерений целесообразно применять критериальные методы анализа.

Библиографические ссылки

1. Поправка Д.Л., Хворостов Н.Е. Дуговая сварка в защитных газах на открытых площадках. М.: Машиностроение, 1980. С. 35–39.
2. Беляев В.М., Штин Н.Г. Методика исследования защитных свойств сварочных горелок // Сварочное производство, 1980. № 3. С. 42–45.
3. Федоренко Г.А., Андреев Г.М. Эффективность газовой защиты при сварке соединений с глубокими узкими разделками // Сварочное производство. 2008. № 12. С. 3–8.
4. Шарапов М.Г., Шведиков В.М. Эффективность струйной газовой защиты при аргоно-дуговой сварке // Сварочное производство. 2004. № 3. С. 3–8.
5. Федоренко Г.А., Онищенко М.Ю., Похвалин Ю.В. Оценка эффективности газовой защиты металла при сварке // Автоматическая сварка. 1987. № 7. С. 52–56.
6. Федоров В.Ю., Щусь Ю.Ю., Назарочкина О.В., Карелин А.Н. Методика оценки эффективности газовой защиты при аргонно-дуговой сварке // XXXVII Ломоносовские чтения в Северодвинске. Северодвинск: Архангельское региональное отделение Союза машиностроителей России, 2009. С. 101–106.
7. Федоренко Г.А., Яшин И.М. О протяжённости защитных струй // Сварочное производство. 2005. № 5. С. 3–5.
8. Ардентов В.В. и др. О некоторых факторах, влияющих на эффективность струйной защиты. Сборник «Вопросы судостроения», Сер. Сварка, вып. 37. Л.: ЦНИИ «РУМБ», 1984. С. 64–71.

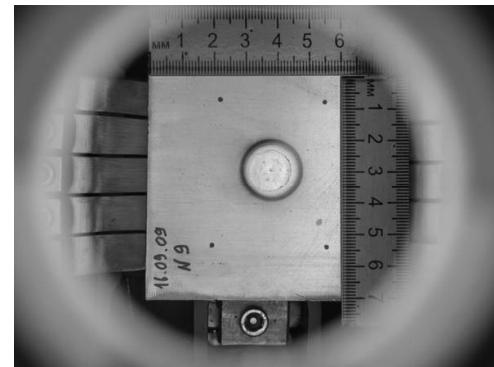


Рис. 3. Оценка параметров при методе «проба на пятно»

УДК 621.9.06

О.Ю. Ремнева (Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти)

remnevaoj@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ ПУТЁМ УПРАВЛЕНИЯ ИХ ЭЛЕМЕНТАМИ

Дан обзор и проведён анализ некоторых путей повышения точности металорежущего оборудования за счёт управления элементами технологической системы. Проанализирована и описана работа устройств, снижающих силовые деформации станин, повышающих управляемость подвижного узла станка и стабилизирующих положение осей растачиваемого отверстия корпунской заготовки и обрабатывающего инструмента.

Ключевые слова: прецизионный станок, силовые деформации, изгиб, кручение, автоматическое управление.

The review is given and the analysis of accuracy increase some ways of the metal-cutting equipment through the control of the technological system elements is carried out. Work of the devices to beds power deformations reducing, controllability of the machine tool mobile unit raising and a bored hole in the housing and cutting tool axes position stabilizing is analysed and described.

Key words: precision machine tool, force deformations, bend, torsion, automatic control.

Металорежущие станки включают в себя сложные технологические системы, которые в процессе обработки заготовок различной массы изменяют свои параметры, в результате чего снижается точность обработки. Факторов, влияющих на точность обработки, множество: это силовые и тепловые деформации несущей системы станка, погрешности базирования заготовок, износ оборудования и т. п.

Классические методы повышения точности станков практически исчерпали свои возможности и становятся экономически невыгодными. Поэтому повышение точности технологического оборудования путём автоматического управления их элементами становится всё более актуальным.

Остановимся на некоторых путях повышения точности оборудования за счёт управления его элементами технологической системы.

Управление частями технологической системы (станиной). Поведение станка при обработке определяется прежде всего динамической податливостью несущей системы (НС): чем она больше, тем меньше жёсткость технологической системы, а значит, меньше точность и производительность обработки.

В статье рассмотрены станки со станинами, установленными на три опорные точки относительно фундамента. Три опоры необходимы и достаточны для точной установки станка. Деформация (проседание) одной из опор ведёт к наклону станка в целом, но при этом его точностные характеристики не снижаются, тогда как увеличение количества опор, на которые устанавливается ста-

нок, влечёт за собой повышенные требования к качеству фундамента.

Известно устройство стабилизации силовых изгибных деформаций станины горизонтального координатно-расточного станка [1].

Устройство содержит стойку 1, перемещающуюся по направляющим станины 2, установленной на три жёсткие опоры 3–5, на которой установлен стол 6 (рис. 1). На стол устанавливают автоколлиматор 7, а на стойке закрепляют его зеркало 8. Автоколлиматор соединён с программным логическим контроллером (ПЛК). В месте, близком к точке максимального прогиба станины, установлен гидродомкрат 9, с которым соединён электрогидравлический преобразователь 10. К ПЛК подключается датчик перемещения 11.

Зеркало и автоколлиматор устанавливаются так, чтобы луч, выходящий из автоколлиматора, совпадал с отражённым лучом от зеркала.

При перемещении стойки по направлению к заготовке датчик считывает значения изгиба станины. Величина изгиба преобразуется с помощью ПЛК и электрогидропреобразователя в управляющее давление в гидродомкрате, ход толкателя которого компенсирует деформацию станины.

Таким образом, при перемещении стойки по станине постоянно отслеживаются и автоматически стабилизируются силовые изгибные деформации станины. Рассмотренное устройство позволяет существенно снизить уровень силовых изгибных деформаций станины горизонтального координатно-расточного станка, повышая его выходную точность.

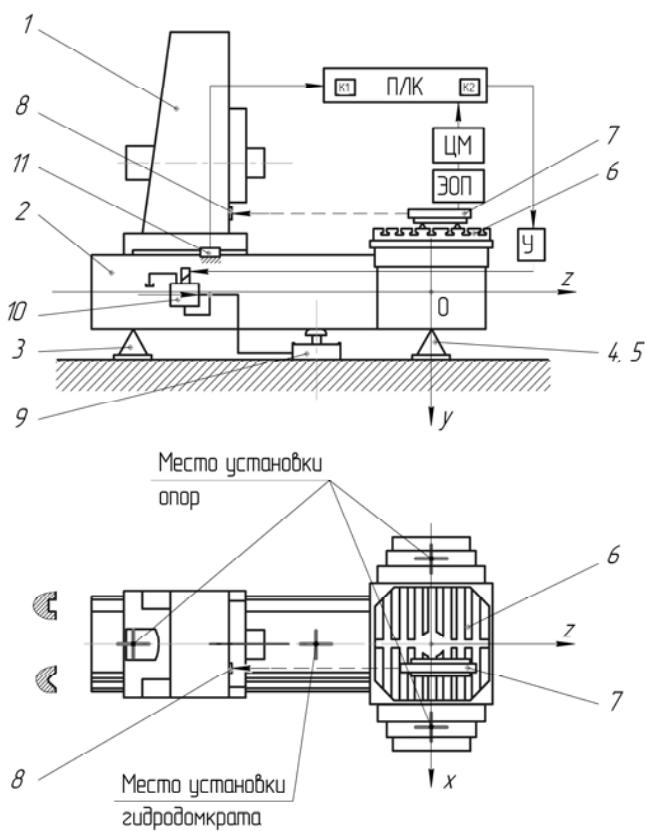


Рис. 1. Устройство стабилизации силовых изгибных деформаций станины горизонтального координатно-расточного станка

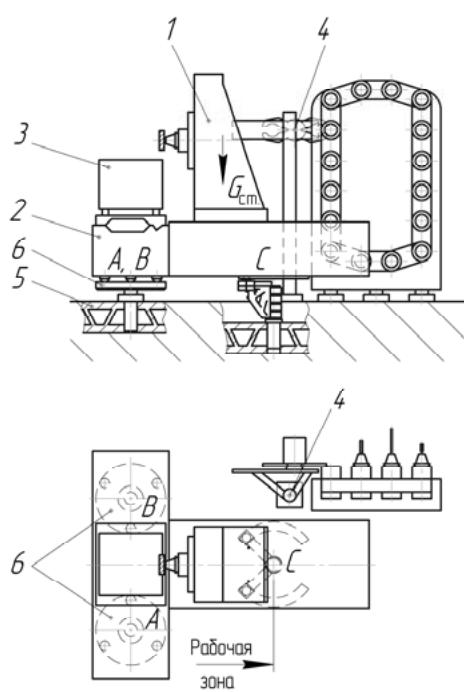


Рис. 2. Устройство повышения точности прецизионного станка

Устройство повышения точности прецизионного станка [2] на примере координатно-расточного станка, оснащённого устройством автоматической смены инструмента (УАСИ), представлено на рис. 2.

Стойка 1 массой $G_{\text{ст}}$, перемещающаяся по направляющим станины 2 при обработке заготовки 3, установленной на столе, и при смене инструмента с помощью УАСИ 4, приводит к деформации изгиба станины. Станина устанавливается на фундаментную плиту 5 с помощью опор 6, опирающихся одной стороной не менее чем тремя точками на станину. В качестве третьей опоры станка установлено устройство, позволяющее снизить уровень силовых деформаций станины (рис. 3). Рассматриваемое устройство состоит из двух рычагов 1 с завальцованными в них шаровыми элементами 2, на которые опирается станина станка. Предлагаемое устройство через ось 3 взаимодействует с фундаментной плитой.

На рычагах имеются крепёжные элементы 4, через которые осуществляется их поворот, например с помощью привода гидравлического типа.

Описанное устройство даёт возможность снизить уровень силовых деформаций (изгиб и кручение) части станины, по которой перемещается стойка станка, и, как следствие, повысить его точность.

Управление частями технологической системы (шпиндельной бабкой). К рабочим органам на вертикальных направляющих прецизионных станков предъявляются высокие требования. Известен способ уравновешивания массы шпиндельной бабки в сборе массой противовеса. Это позволяет повысить управляемость подвижного узла. В патентах [3–6] пассивная масса противовеса заменена гидромеханической передачей.

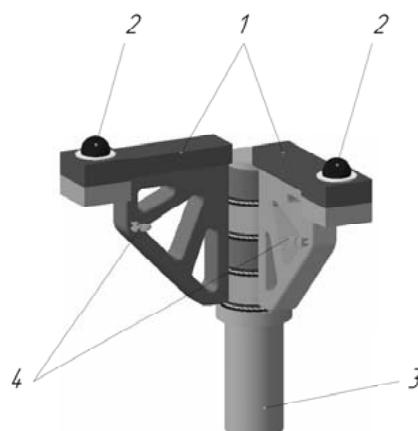


Рис. 3. Устройство для снижения уровня силовых деформаций станины

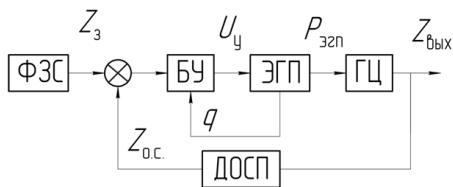


Рис. 4. Система управления перемещением гильзы:

ФЗС – формирователь задающего воздействия; БУ – блок управления; ЭГП – электрогидропреобразователь; ГЦ – гидроцилиндр; ДОСП – датчик обратной связи по положению; Z_3 – сигнал задания по положению; $Z_{\text{вых}}$ – выходной сигнал; Z_{0c} – сигнал обратной связи; U_y – управляющее воздействие; $P_{\text{эгп}}$ – давление в электрогидропреобразователе; q – поток жидкости

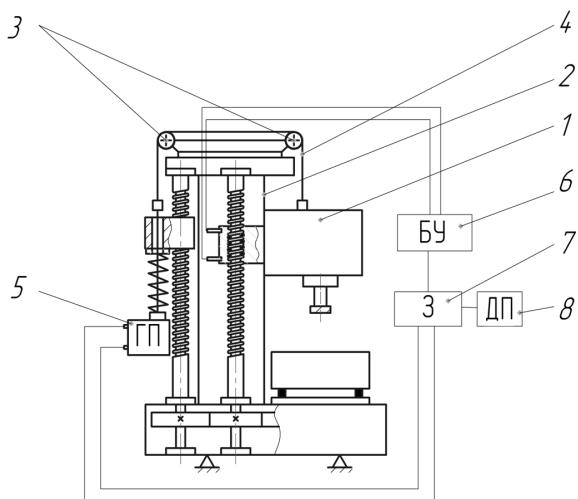


Рис. 5. Устройство для уравновешивания подвижного органа

Эксплуатация первоначальных устройств управления возвратно-поступательным движением рабочих органов станка на вертикальных направляющих осуществлялась напрямую от гидро-распределителя, вследствие чего при реверсе гильзы возникали механические удары, вызывающие нестабильность движения гильзы и отрицательно сказывающиеся на точности обрабатываемой заготовки.

В существующей системе управления перемещением рабочих органов станка на вертикальных направляющих [3] используется датчик обратной связи по положению (рис. 4), а необходимый характер разгона и торможения формируется с помощью системы ЧПУ.

Другим устройством, повышающим точность технологической системы, является устройство для уравновешивания подвижного органа [4], по-

зволяющее не только корректировать положение подвижного органа станка, но и контролировать его положение относительно направляющих стойки (рис. 5).

Устройство содержит подвижный узел 1, перемещающийся по направляющим 2 стойки, к которому через систему блоков 3 крепится трос 4, связанный с приводом гидравлического типа 5. Устройство также содержит систему автоматического регулирования 6 с золотником 7 и дополнительным приводом 8.

Недостатком такого устройства является затруднённая управляемость подвижным органом из-за того, что уравновешивание осуществляется одним тросом, а усилие, развиваемое им, создаёт опрокидывающий момент направленный только по часовой стрелке, относительно центра тяжести, что приводит к потере точности обработки заготовок, тогда как составляющие силы резания действуют в различных направлениях.

Повысить управляемость подвижного узла (учесть влияние сил резания) можно путём введения второго троса.

На рис. 6 изображён общий вид устройства управления подвижным узлом станка [5]. Управление положением шпиндельной бабки, масса которой представлена силой $G_{\text{шп.б.}}$, осуществляется

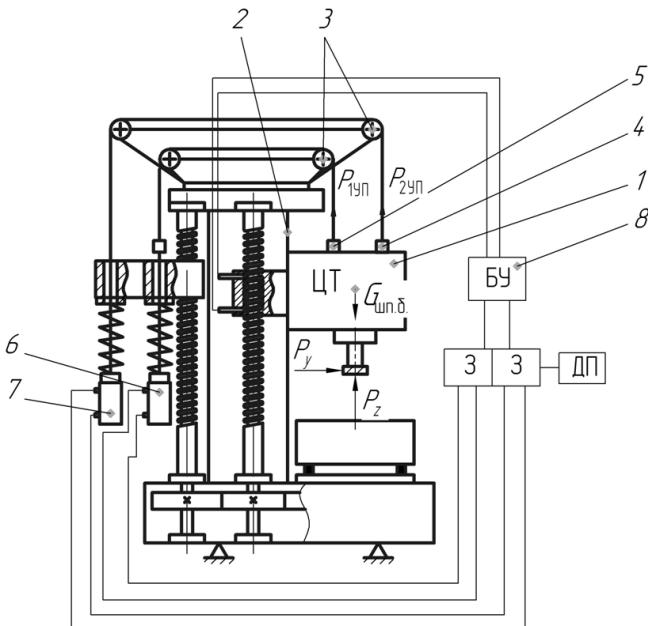


Рис. 6. Общий вид устройства управления подвижным узлом станка:

1 – подвижный узел; 2 – направляющие стойки; 3 – система блоков; 4, 5 – тросы; 6, 7 – гидроприводы; 8 – блок управления; P_y , P_z – составляющие силы резания; ЦТ – центр тяжести

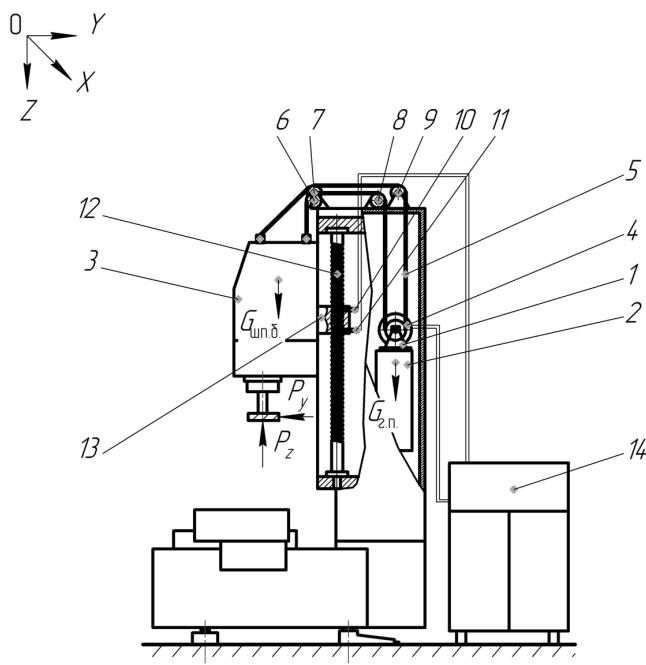


Рис. 7. Устройство автоматического управления положением корпуса шпиндельной бабки на вертикальных направляющих стойки станка мод. 24К40СФ4

ется с помощью сил $P_{1\text{УП}}$ и $P_{2\text{УП}}$, развиваемых тросами. Силы $P_{1\text{УП}}$ и $P_{2\text{УП}}$ могут быть определены расчёты путём.

Принцип работы рассмотренных устройств (см. рис. 5 и 6) применён в экспериментальной установке, выполненной на базе координатно-расточного станка мод. 24К40СФ4 [6].

Устройство (рис. 7) работает следующим образом. При перемещении рабочего органа – корпуса шпиндельной бабки 3 – по направляющим стойки его масса $G_{\text{шп.б}}$ уравновешивается усилием, развиваемым грузом-противовесом 2 $G_{\text{г.п}}$ через систему блоков 6–9 и барабан 4. Однако при обработке заготовок возникает сила резания (составляющие P_y и P_z), которая нарушает правильное положение шпиндельной бабки на направляющих стойки и приводит к её угловым смещениям относительно направляющих, что снижает точность координатно-расточного станка. Электрические сигналы датчиков перемещений 10 и 11, установленных в гайку 13 ходового винта 12 и контролирующих величины радиальных зазоров между гайкой и ходовым винтом, поступают в блок 14 управления. Возникшая разность сигналов датчиков перемещений того или иного знака после обработки в блоке управления, подаётся в виде регулирующего сигнала на управление лебедкой 1. В зависимости от направления вращения один конец троса 5 подтягивается, а другой отпускается.

Устройство работает в автоматическом режиме до тех пор, пока разность рассогласования датчиков перемещения не станет равной нулю. Устройство стабилизирует положение корпуса шпиндельной бабки на направляющих стойки относительно ходового винта, выполняя роль измерительной базы.

Погрешности, вызванные вертикальным смещением инструмента из-за его угловых перемещений относительно стойки, можно компенсировать с помощью системы ЧПУ.

Управление частями технологической системы (заготовкой). На рис. 8 показан общий вид горизонтального координатно-расточного станка, оснащённого устройством компенсации взаимных угловых перемещений осей инструмента и растачиваемого отверстия [7]. Станок состоит из станины 1, установленной на три жёсткие опоры 2–4 относительно фундамента. По направляющим станины в направлении оси OZ перемещается стойка 5 со шпиндельной бабкой, обрабатывающей на станке корпусную заготовку 6, которая закреплена на столе станка. Шпиндельная бабка перемещается в направлении оси OY с помощью электродвигателя 7 (M). Корпусная заготовка устанавливается на две установочные опоры 8, 9 и гидродомкрат 10. Устройство содержит также гидравлическую станцию (ГС), электрогидравлический преобразователь (ЭГП), усилитель электрического сигнала (У) и электронные уровни ($УЭ_1$, $УЭ_2$). Устройство использует в станке датчик 11 перемещения по оси OZ и систему ЧПУ (CNC).

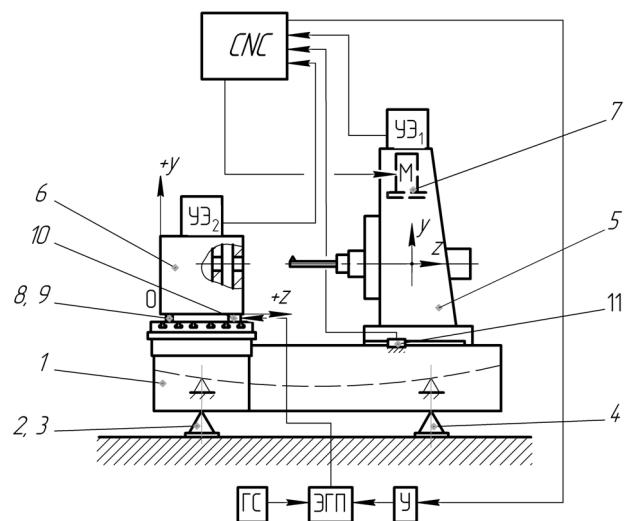


Рис. 8. Устройство компенсации взаимных угловых перемещений осей инструмента и растачиваемого отверстия на базе координатно-расточного станка

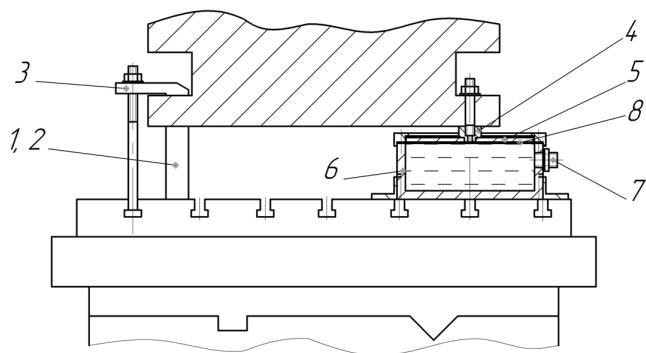


Рис. 9. Схема закрепления корпусной заготовки на столе и устройство гидродомкрата:

1, 2 – установочные опоры; 3 – прихват; 4 – толкатель гидродомкрата; 5 – жёсткий центр; 6 – корпус гидродомкрата; 7 – штуцер; 8 – эластичная мембрана

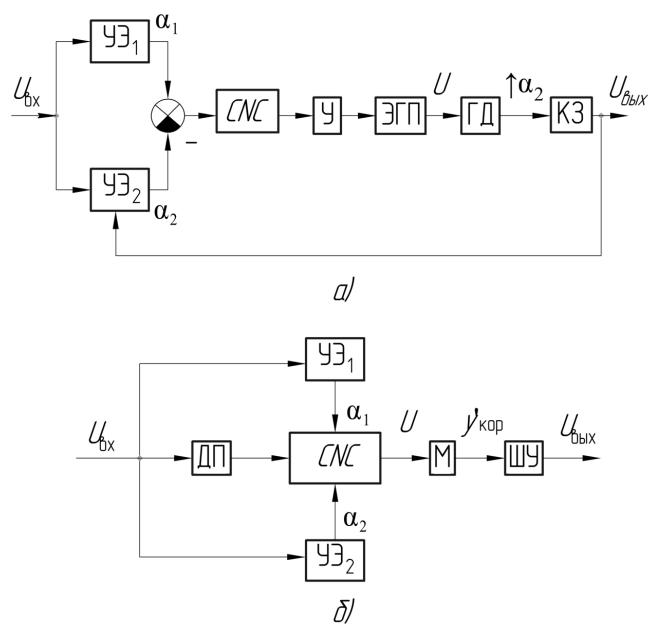


Рис. 10. Структурные схемы стабилизации параллельности осей и вертикальной коррекции оси инструмента:

$U_{\text{вх}}$ – входной сигнал (составляение на входе); $U_{\text{вых}}$ – выходной сигнал (составляение на выходе); U – управляющее воздействие; УЭ₁, УЭ₂ – электронный уровень, установленный на стойке и электронный уровень, установленный на заготовке соответственно; α_1 , α_2 – угол наклона оси инструмента и оси растачиваемого отверстия соответственно; CNC – система ЧПУ; У – усилитель; ЭГП – электрогидравлический преобразователь; ГД – гидродомкрат; КЗ – корпусная заготовка; ДП – датчик перемещения; М – электродвигатель перемещения по оси OY ; $y'_{\text{кор}}$ – корректирующее перемещение по оси OY ; ШУ – шпиндельный узел

Электронный уровень УЭ₁ на стойке определяет угол её наклона α_1 вследствие деформации изгиба станины, а уровень УЭ₂ на обрабатываемой заготовке – угол наклона заготовки α_2 .

При перемещении стойки по направляющим станины последняя начинает прогибаться в большей степени по мере удаления от установочной опоры станка 4. Входной сигнал или направленное движение стойки производит изгибные деформации станины, которые неравнозначно отражаются на угловых перемещениях корпусной заготовки и стойки. Угол α_1 будет положительным, так как он образуется при угловом перемещении стойки против часовой стрелки, угол α_2 – отрицательным, так как образуется при угловом перемещении заготовки по часовой стрелке. Электронные уровни позволяют определить величины угловых перемещений α_1 и α_2 . Затем электрические сигналы, пропорциональные угловым перемещениям, подаются на сравнивающее устройство системы ЧПУ. В системе ЧПУ будет определяться необходимое значение хода толкателя гидродомкрата для того, чтобы повернуть заготовку на угол ($\alpha_1 + \alpha_2$).

На рис. 9 представлено закрепление корпусной заготовки на столе и устройство гидродомкрата.

Таким образом, при перемещении стойки по станине производится автоматическая стабилизация параллельности осей инструмента и растачиваемого отверстия за счёт изменения наклона обрабатываемой корпусной заготовки относительно зеркала стола. При этом необходимо также производить вертикальную коррекцию оси инструмента относительно оси обрабатываемого отверстия, которую осуществляют с помощью штатных устройств станка.

Рассматриваемое устройство позволяет существенно снизить влияние упругих изгибных деформаций станины на точность станка. Однако деформации кручения станины в данном случае не компенсируются.

На рис. 10 показаны структурные схемы стабилизации параллельности осей (рис. 10, а) и вертикальной коррекции оси инструмента (рис. 10, б).

Существуют различные автоматические устройства, позволяющие существенно повысить точность металорежущего оборудования за счёт управления элементами технологических систем. Действие этих устройств направлено на компенсацию тех или иных погрешностей технологической системы в зависимости от того, какой вид деформации в каждом конкретном случае считать критическим.

Библиографические ссылки

1. Горшков Б.М., Краснов С.В., Самохина Н.С., Лысак Р.М., Вьюнов А.В., Загребин К.В. Устройство стабилизации силовых изгибных деформаций станины горизонтального координатно-расточного станка // Патент России № 74839. 2008. Бюл. № 20.
2. Вьюнов А.В., Горшков Б.М., Трубачева С.И., Маршанская О.В., Самохина Н.С. Устройство повышения точности прецизионного станка // Патент России № 82440. 2009. Бюл. № 12.
3. Макаров А.Г. Система прямого цифрового управления движением исполнительных механизмов на вертикальных направляющих прецизионного станка: Автореф. дис. канд. техн. наук. Самара, 1997. 258 с.
4. А.с. № 1276445 СССР. Устройство для уравновешивания подвижного органа / Б.М. Горшков, Ж.С. Равва, А.В. Осипов, В.Д. Батин. 1986. Бюл. № 46.
5. Горшков Б.М., Галицков С.Я., Денисенко А.Ф., Токарев Д.Г., Самохина Н.С., Горшков А.Б. Устройство управления подвижным узлом станка // Патент России № 2280543. 2006. Бюл. № 21.
6. Горшков Б.М., Токарев Д.Г., Маршанская О.В., Силаева Е.В., Иванов В.В., Самохина Н.С. Устройство автоматического управления положением корпуса шпиндельной бабки на вертикальных направляющих стойки станка // Патент России № 94495. 2010. Бюл. № 15.
7. Самохина Н.С., Горшков Б.М., Денисенко А.Ф., Трубачева С.И., Маршанская О.В., Загребин К.В. Устройство компенсации взаимных угловых перемещений осей инструмента и растачиваемого отверстия // Патент России № 85389. 2009. Бюл. № 22.



ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

Е.Н. Сосенушкин

ПРОГРЕССИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ



2011 г. 480 с. ISBN 978-5-94275-596-6

Цена 600 р.

Освещены концепции проектирования технологических процессов холодной и полугорячей объемной штамповки, системы представления и обработки знаний о деталях, автоматизации решений системных задач проектирования технологии, системного проектирования штамповой оснастки для формоизменяющих операций.

Для разных термомеханических условий и прочих факторов проанализирован ряд физических моделей выхода из строя рабочих деталей штампов, и на основе их математических аналогов построена система прогнозирования стойкости и выбора штамповых материалов.

Для специалистов и инженерно-технических работников, занимающихся разработкой и промышленным внедрением прогрессивных технологий, систем их проектирования и экспертной оценки. Монография будет полезна для аспирантов и студентов машиностроительных вузов.

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:
по почте: 107076, г. Москва, Строгинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU



УДК 004.514

Л.А. Стешина, канд. техн. наук, доц., **И.О. Танрывердиев**, **И.В. Петухов**, канд. техн. наук, доц.
(Марийский государственный технический университет, г. Йошкар-Ола)

petuhoviv@marstu.net

ВИРТУАЛИЗАЦИЯ В ТЕРМИНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Предложен способ организации территориально-распределённых автоматизированных систем управления с использованием альтернативных терминальных структур и технологий виртуальных машин. Данное решение позволило повысить быстродействие АСУ за счёт отказа от использования локальной вычислительной сети и централизованного вычислительного сервера, а также повысить безопасность информации и снизить эксплуатационные расходы на обслуживание системы.

Ключевые слова: виртуализация, многопользовательские системы управления, удалённое управление.

The method of territorially-distributed automatic control systems organization through the use of alternative terminal structures and virtual machines technologies is proposed. The given decision has allowed to raise quick-acting CAM-system through the refusal from usage of the local computing network and the centralized computing server and also to raise information safety and to bring down system maintenance costs.

Key words: virtualization, multiuser control systems, distant control.

Введение. Современные промышленные предприятия с развитием производства всё более остро испытывают потребность в быстродействующих автоматизированных системах управления технологическими процессами. В то же время микроэлектроника и информационные технологии достигли совершенно новых высот с того момента, когда были разработаны принципы создания многопользовательских территориально-распределённых автоматизированных систем управления (АСУ), ставших де-факто стандартом в автоматизации производства.

Работы в области создания и использования интеллектуальных терминальных устройств начались ещё с середины 60-х гг. и активно продолжаются по сей день.

Известны работы по созданию графических систем с интеллектуальными терминалами и фиксированным распределением функций обработки данных между вычислительными машинами [1], систем с интеллектуальными сателлитами [2], клиент-серверных моделей «хост-компьютер плюс пользовательские терминалы» с применением ПЭВМ различного типа [3, 4].

Среди простейших средств терминального доступа в настоящее время наиболее известны про-

граммные продукты Citrix, обеспечивающие терминальный доступ для Windows и UNIX, и терминальные службы, входящие в состав серверных версий Windows [5].

Представляют интерес и гетерогенные распределённые компьютерные системы управления decentralizovannym оборудованием с использованием Web-сервера и удалённых терминалов web-клиентов [6], технологии реализации многопользовательских систем Multiseat [7], корпоративные решения распределённых пользовательских систем в виртуальной среде на базе технологии Microsoft RemoteFX [8].

В настоящее время технология Microsoft RemoteFX апробирована в Московском авиационном институте, в котором состоялось тестирование программно-аппаратного комплекса для удалённого запуска систем автоматизированного проектирования в виртуальной среде. По итогам успешной пилотной эксплуатации принято решение о замене дорогостоящих рабочих станций, используемых в процессе подготовки будущих конструкторов аэрокосмической отрасли, на тонкие клиенты.

Использование распределённых терминальных систем позволяет обеспечить существенную эко-

номию финансовых средств на закупку оборудования, снизить эксплуатационные расходы на обслуживание системы и, определённым образом, позволяет реализовать «зелёную» энергосберегающую концепцию [9].

Таким образом, факт целесообразности использования многопользовательских терминальных систем, в том числе и для решения задач автоматизированного проектирования, становится очевидным.

В то же время остаётся ряд вопросов, требующих особого внимания: вопросы обеспечения быстродействия и производительности системы, обеспечения безопасности информации при передаче её по сетям открытого доступа, реализация режима «жёсткого реального времени».

Целью работы является создание технологии, позволяющей обеспечить решение поставленных задач.

Структура терминальной системы. Актуальность разработки терминальных систем автоматизированного управления обусловлена постоянным усложнением технологического оборудования и объектов, увеличением числа значимых для принятия решений факторов и параметров, выраженных в недостаточно формализованной форме для автоматической обработки, возрастающей техногенной мощностью объектов управления.

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что большинство терминальных систем на сегодня подвергается модернизации на уровне отдельных узлов системы, не затрагивая идею построения системы в целом.

При этом одним из наиболее широко используемых подходов является реализация системы по технологии «тонкий клиент», структура которой представлена на рис. 1.

В случае реализации территориально-распределённой АСУ в качестве терминалов выступают

автоматизированные рабочие места (АРМ) персонала, осуществляющего управление технологическим процессом. В этом случае АРМ операторов представляют собой персональные компьютеры, а каналом передачи информации служат различные вариации методов построения сетей, будь то проводные или беспроводные технологии.

Такая структура неоднократно подвергалась критике по различным причинам, среди которых неоптимальное использование вычислительных ресурсов, низкие динамические показатели системы, высокая стоимость комплекса в целом и другие. При этом анализ данных проблем свидетельствует, что большинство из них обусловлены использованием сетевых технологий, в частности локальных вычислительных систем (ЛВС).

Таким образом, решение большей части проблем может быть обеспечено посредством отказа от использования ЛВС и реализации терминальной системы по иной технологии.

Согласно этому разработана альтернативная технология, суть которой состоит в создании многопользовательской вычислительной системы, реализованной на одной ЭВМ. Для идентификации такой системы, предложено использовать термин «псевдотерминалная система» в силу отсутствия физически выраженных терминалов [10].

Как и в случае использования классической структуры, интерфейсом оператора является монитор и устройства ввода информации (клавиатура, мышь, и др.), однако в данной технологии все устройства ввода—вывода каждого оператора подключаются к единому компьютеру (серверу), как показано на рис. 2.

Для отображения информации используются видеосигналы, сформированные видеосистемой единого компьютера. Количество псевдотерминалов ограничено количеством видеоадаптеров



Рис. 1. Классическая реализация технологии «тонкий клиент» для многопользовательской вычислительной системы

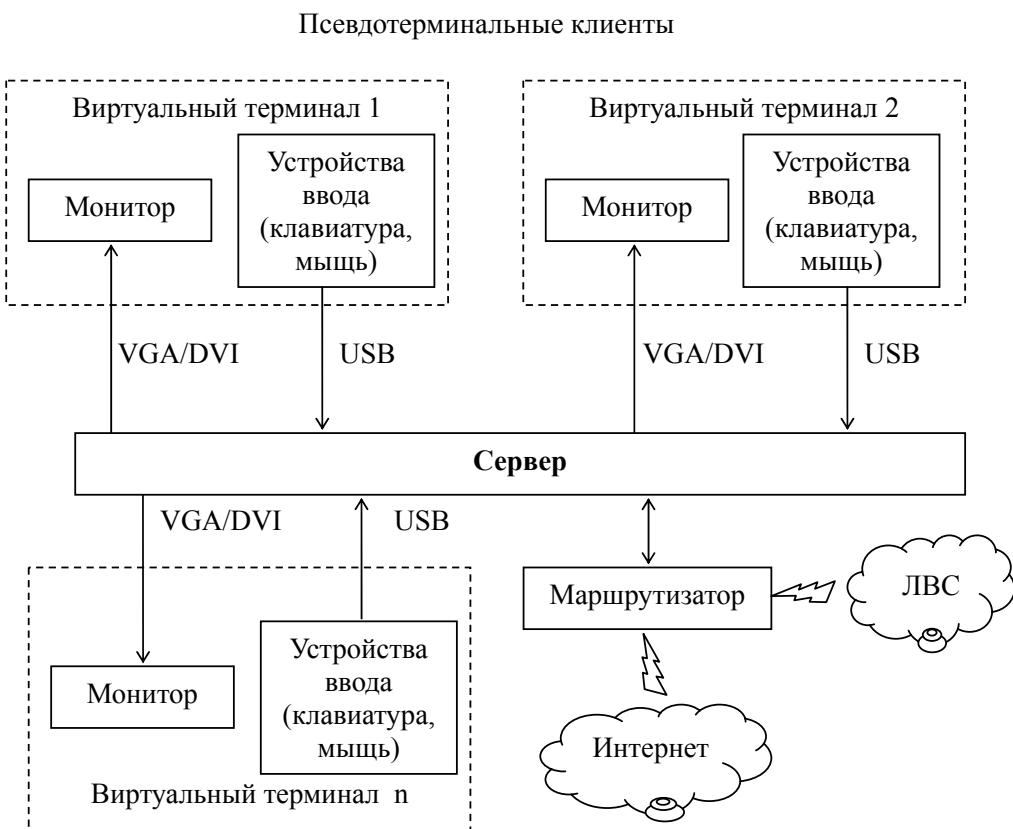


Рис. 2. Псевдотерминальная структура многопользовательской вычислительной системы

вычислительного сервера: количество терминалов равно общему количеству видеовыходов сервера. В случае использования современных вычислительных систем с шестью видеоадаптерами, количество терминалов достигает 12.

Основная концепция заключается в использовании единого вычислительного сервера с множеством каналов ввода–вывода информации, предназначенного для непосредственной одновременной работы с несколькими пользователями с различными приложениями, как показано на рис. 3.

Реализация представленной псевдотерминальной системы регламентирует использование платформы Linux, что связано с требованиями гибкости и использования открытых технологий.

Использование данной технологии позволяет обеспечить изолированность рабочих сред отдельных пользователей друг от друга. Вместе с этим имеется и определённое ограничение на программное обеспечение, применяемое непосредственно для управления технологическим процессом.

Известно, что SCADA-системы, предназначенные для работы под управлением Linux, в настоящее время имеют не столь широкое распростра-

нение. То есть такая структура становится пригодной лишь в том случае, когда все пользователи, участвующие в процессе управления технологическим процессом, не нуждаются в использовании операционной системы, отличной от Linux.

Решением проблемы является использование современных технологий виртуализации и паравиртуализации, причём аппаратная структура псевдотерминальной многопользовательской АСУ остается прежней, модификации подвергается лишь программная часть, как показано на рис. 4.

В этом случае основной программной платформой комплекса по-прежнему остается Linux, однако он лишь является хост-системой для монитора виртуальных машин, то есть обеспечивает работу большинства аппаратного обеспечения вычислительной машины и гипервизора.

Каждый из пользователей работает в индивидуальных виртуальных машинах, обслуживаемых гипервизором. Следует заметить, что при использовании гипервизора Xen фактически ограничений на используемые операционные системы не накладывается, более того, они могут быть совершенно различны в зависимости от потребностей пользователя.

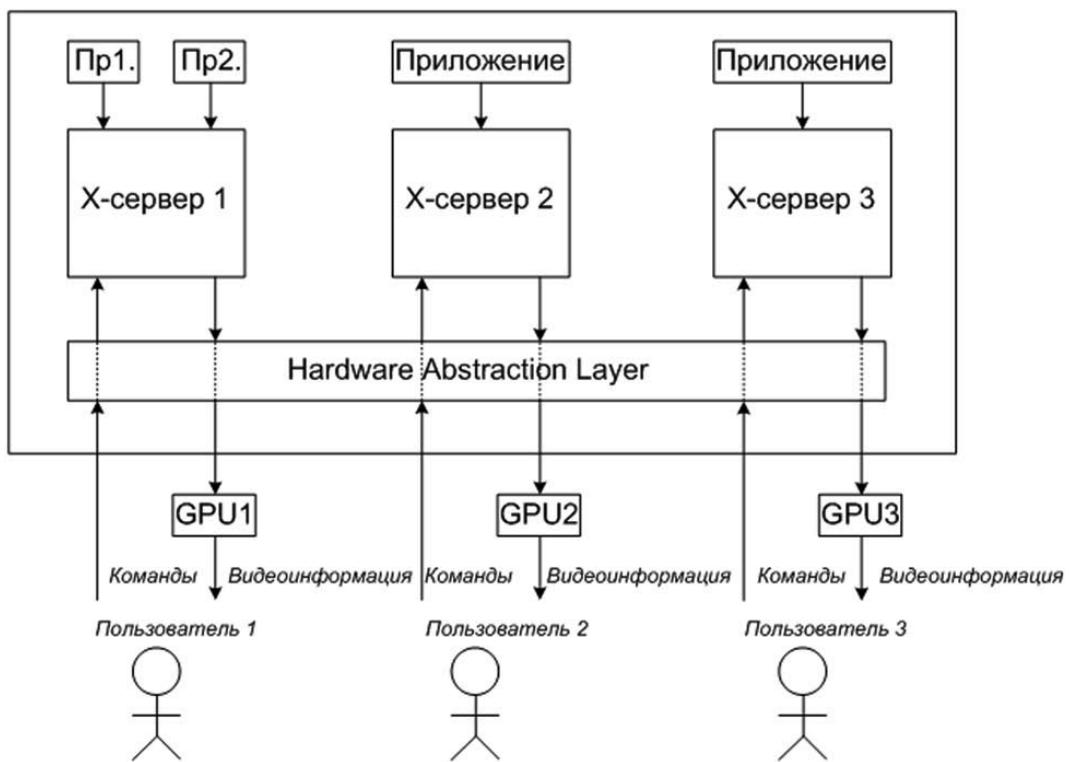


Рис. 3. Схема реализации псевдотерминалов в структуре многопользовательской вычислительной системы

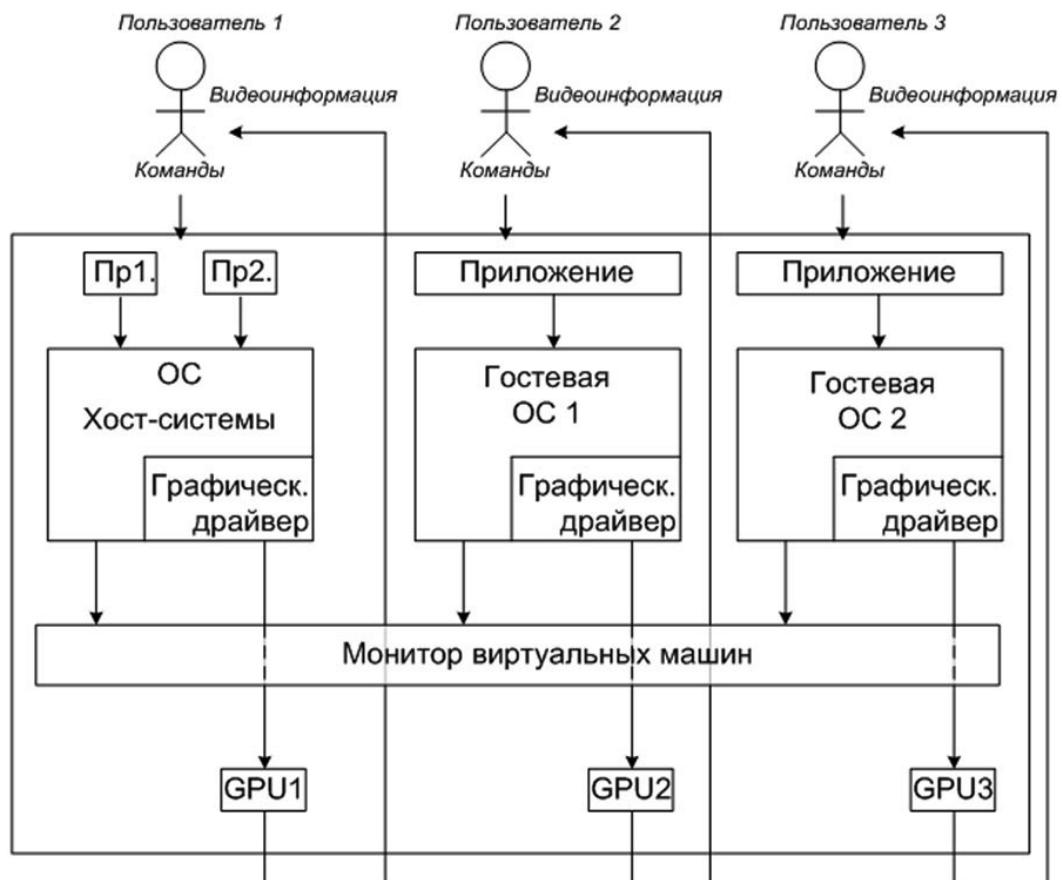


Рис. 4. Схема реализации псевдотерминальной структуры АСУ с виртуализацией

Достоинством данного метода является и использование технологии «проброса» аппаратного обеспечения физической вычислительной машины внутрь виртуальной машины. В данном случае для формирования изолированных видеоканалов необходимо осуществлять «проброс» внутрь виртуальных машин видеоадаптеров, установленных на вычислительной машине.

Гостевая операционная система работает с «проброшенным» видеоадаптером как с обычным физическим устройством, то есть посредством драйвера и использует его в качестве канала вывода информации.

Кроме того, при использовании монитора виртуальных машин на хост-системе организуется виртуальная сеть, в которой пользователи могут обмениваться большими объемами информации совершенно без задержек, что положительно оказывается на динамических показателях системы.

Известные альтернативные системы, реализованные по технологии Userful MultiSeat Linux и Multiterminals однако отличаются меньшим количеством терминалов (до 10) и меньшими функциональными возможностями, значительно ограничивающие свободу пользователей в выборе программного обеспечения. Другими словами, альтернативные технологии позволяют работать одновременно множеству пользователей с одной операционной системой одновременно, в отличие от предложенной разработки, что накладывает ограничения как на используемое программное обеспечение, так и на обеспечение информационной безопасности пользователей.

Заключение. Таким образом, предложена структура построения автоматизированных систем управления с улучшенными динамическими характеристиками, которая может использоваться для управления технологическими процессами с помощью малого количества пользователей, для создания «островов автоматизации» сложных территориально-распределенных систем автоматизированного управления, а так же для создания АРМ систем автоматизированного проектирования.

Приведённые в статье результаты получены при поддержке гранта РФФИ 10-08-97019-р_поволжье_a «Развитие теории адаптивного интерфейсного согласования человека с технической системой» и программы «У.М.Н.И.К.»

Библиографические ссылки:

1. Полынцев А.Д. Математическое обеспечение графических дисплейных станций в измерительно-вычислительном комплексе ОИЯИ: дисс. канд. физ.-мат. наук. Дубна: ОИЯИ, 1978. 178 с.
2. Van Dam A., Stabler G.M., Harrington R.J. Intelligent Satellites for Interactive Graphics // Proc. of IEEE. 1974. Vol. 62. N. 4. P. 483–492.
3. Захаров В.Н. Совместное использование персональных компьютеров и ЭВМ средней и большой производительности // ЭВМ массового применения. М.: Наука, 1987. С. 119–124.
4. Попов Ф.А., Бобрышев В.П., Филиппов С.А. Распределенная система машинной графики на основе БЭСМ-6 и комплексов АРМ-М (АРМ-Р) // Тез. докл. Всесоюзной конф. по проблемам машинной графики и цифровой обработки изображений. Владивосток: ИАиПУ ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 94–96.
5. Елманова Н. Терминальный доступ для малых и средних предприятий // КомпьютерПресс. 2005. № 11.
6. Мартинова Л.И., Дубровин И.А., Савинов К.А. Специфика построения компонентов гетерогенной распределенной компьютерной системы управления децентрализованным высокотехнологичным оборудованием // Труды междунар. научн.-практ. конф. «Передовые информационные технологии, средства и системы автоматизации и их внедрение на российских предприятиях». Москва, 4–8 апреля 2011. С. 864–871.
7. Green R. Expert CAD Management: The Complete Guide. ISBN 978-0-470-11653-1. San Francisco: Sybex, 2007. 291 p.
8. Halscott J. Desktop Virtualization and Evolving Strategies for IT Service Delivery. San Francisco: Realtime publishers, 2011. 19 p.
9. Ушаков М. «Зеленая» альтернатива ПК / М. Ушаков // Открытые системы. СУБД. 2008. № 1. С. 44–47.
10. Петухов И.В., Стешина Л.А., Танрывердиев И.О. Система распределенного управления и ввода информации для автоматизации непрерывных технологических процессов в реальном времени // Вестник МарГТУ. 2009. № 1. С. 72–80.

Вниманию авторов!

Требования к оформлению статей, присылаемых для публикации,
можно найти на сайте www.mashin.ru

УДК 681.5

О.Ю. Мартынов, канд. техн. наук (ОАО «НИЦЭВТ», Москва)

martynov@nicevt.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Рассмотрена оптимизация процесса внедрения информационных процессов на предприятии. Показан учёт влияния характеристик операций преобразования информации на показатели эффективности процессов освоения новых изделий. Сформирована задача определения, какие операции процессов разработки и освоения изделий должны быть информационно интегрированы на каждом этапе внедрения с тем, чтобы общий эффект от интеграции был максимальным.

Ключевые слова: информационные технологии, инновационное развитие, научные исследования.

Introduction process optimization of the information processes at the enterprise is considered. The influence accounting of the information transformation operations characteristics on processes efficiency indicators for putting into production new articles is shown. The definition task is generated, what operations of the development processes and putting into production new articles should be information integrated at each stage of introduction in order to cumulative effect from integration was the maximum.

Key words: informational technology, innovative development, scientific researches.

В информационном обеспечении производственного процесса можно выделить основные (создание информации) и вспомогательные операции [Калачанов В.Д., Кобко Л.И. Экономическая эффективность внедрения информационных технологий. М.: МАИ, 2006. 180 с.].

Основные информационные операции позволяют создавать новые информационные объекты или их свойства и характеристики (табл. 1).

Вспомогательные информационные операции – операции преобразования информации (ОПИ), задача которых – преобразование уже вновь соз-

данной информации из одной формы структуры или места нахождения в другую (табл. 2).

Определение. Основные операции – создание новых информационных объектов (новый экземпляр понятия или новое значение его атрибута), описывающих новый объект предметной области и/или значение его характеристик (свойства) в одной из возможных информационных форм представления (моделей, структур данных). Все остальные операции, преобразующие информационные объекты или их свойства из одной формы в другую – вспомогательные.

Таблица 1

Операции	Действия в составе операции
Анализ и разработка концепции изделия	Провести патентные исследования Провести анализ конструкторской документации на технологичность
Проектирование (разработка) изделия	Разработать компоновку изделия Разработать принципиальную схему
Инженерные расчёты	Рассчитать статическую прочность деталей
Выпуск рабочей документации	Выпустить рабочую компоновку изделия Выпустить рабочие чертежи деталей
Разработка технологии изготовления	Формировать маршрутную технологию изготовления детали
Учёт и контроль объектов и параметров	Провести входной контроль заготовок Учитывать наличие материалов на складе
Планирование и управление производством	Планировать изготовление опытного образца Планировать потребность в материалах

Таблица 2

Операции	Действия в составе операции
Поиск информации	Подбор комплектующего изделия по заданным параметрам
Классификация объектов	Провести классификацию комплекта изделий Присвоить шифр техпроцессу
Авторизация объектов	Утвердить рабочую документацию Занести шифр техпроцесса в книгу регистрации
Внесение изменений	Зарегистрировать извещение об изменении Внести изменение в рабочую документацию
Перемещение информации	Скомплектовать конструкторскую документацию Передать эскизный проект в отделы КБ
Преобразование формы информации	Изготовить бумажные подлинники Изготовить и разослать копии конструкторской документации по подразделениям
Преобразование структуры информации	Преобразовать конструкторскую информацию о составе изделия в формат АСУП Преобразовать информацию о технологическом процессе для АСУП

Цель вспомогательных операций – интеграция основных информационных операций.

Влияние характеристик ОПИ на показатели эффективности процессов освоения новых изделий. В качестве основных показателей эффективности производственного процесса предлагаются три показателя: затраты на выполнение производственных процессов, длительность производственных процессов, качество продукции. На общие затраты в процессе освоения изделий влияют характеристики операций информационного обеспечения (затраты на операцию и их трудоёмкость). На длительность производственного процесса влияют длительность отдельных операций и взаимосвязь между операциями, на качество выполнения – методы и средства реализации операций информационной интеграции.

Показатели трудоёмкости, длительности и затрат рассчитываются по приведённым ниже формулам.

Трудоёмкость i -й операции определяется объёмом, структурой обрабатываемой информации и производительностью операции:

$$T_i = N_i S_i t_i,$$

где N_i – количество изделий, для которых обрабатывается информация; S_i – объём информации на одно изделие; t_i – трудоёмкость преобразования 1 Кбайта информации.

Затраты на операцию определяются трудоёмкостью, амортизацией рабочего места и стоимостью одного человеко-часа:

$$C_i = (A_i^{\text{pm}} + c_i) T_i,$$

где A_i^{pm} – амортизация рабочего места i -й операции; c_i – стоимость 1 чел-ч рабочего времени i -й операции.

Затраты $C_{\text{п}}$ на все ОПИ в процессе разработки и освоения изделий равны сумме затрат отдельных операций:

$$C_{\text{п}} = \sum_{i=1}^n C_i = \sum_{i=1}^n (A_i^{\text{pm}} + c_i) T_i.$$

Трудоёмкость реализации можно определить прямым хронометражем и последующей обработкой методом статистической обработки. Для этого процесс проектирования и освоения изделий необходимо представить в виде ациклического направленного графа. Зависимость общей длительности процесса от длительности отдельных операций может быть определена методами критического пути или имитационного моделирования.

Таким образом, можно оценить влияние характеристик операций на общие затраты и на общую длительность процесса.

Влияние характеристик ОПИ на качество продукции количественно оценить не удается. Качество продукции можно описать набором показателей, которые должны характеризовать (ISO-9000) качество как степень удовлетворения потребностей клиента продуктом. Влияние информационных характеристик – уменьшение времени поиска через качество принимаемых решений, которое повысится в результате того, что за меньшее коли-

чество времени можно будет просмотреть большее количество аналогов или типовых вариантов и выбрать из них оптимальный. Выбирая из большего количества объектов, можно выбрать наилучший.

Таким образом, при возможности выбирать на большем множестве вариантов объектов качество решений только повысится. Следовательно, качество продукции за счёт повышения качества принимаемых проектных решений будет улучшаться. Но оценить количественно качественное улучшение в зависимости от характеристик операций информационной интеграции в статье не представляется возможным. Качество изделия и его повышение довольно трудно привести к какому-то экономическому показателю. Поэтому при учёте влияния характеристик ОПИ на эффективность производственного процесса, будем учитывать их влияние на трудоёмкость и длительность процесса.

Таким образом, для каждой ОПИ может быть определён набор методов её реализации на основе применения PDM-системы. Выбранный метод определяет PDM-систему и способ её адаптации к прикладным системам предприятия. Каждый метод будет характеризоваться определённым изменением характеристик ОПИ, текущими затратами с учётом амортизации капиталовложений и затратами на внедрение.

Эти параметры позволяют решить задачу выбора наилучшего варианта интеграции ОПИ для условий предприятия.

Определив, с одной стороны, влияние характеристик операций информационной интеграции на эффективность производственного процесса, а с другой влияние на них средств и методов реализации, можно сформулировать задачу выбора средств реализации операций информационной интеграции.

Определим средство и метод реализации ОПИ, чтобы общий экономический эффект Э в расчёте на одно изделие был бы максимальным:

$$\mathcal{E} = \Delta C^{\text{cp}} - (C_{\text{PDM}}^3 - C_{\text{B}}^3) + \mathcal{E}_2 \Rightarrow \max,$$

где $\Delta C^{\text{cp}} = \sum_i k (\Delta T_{ik}^{\text{cp}} x_{ik}) q^{\text{cp}}$ – дополнительный доход предприятия от интеграции процессов за счёт сокращения длительности разработки и внедрения нового изделия; x_{ik} – управляющая переменная, обеспечивающая выбор варианта интеграции;

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й процесс} \\ & \text{интегрируется } k\text{-м способом,} \\ 0, & \text{если нет;} \end{cases}$$

$\Delta T_{ik}^{\text{cp}}$ – сокращение времени освоения изделий, при интеграции i -го процесса k -м способом; C_{B}^3 , C_{PDM}^3 – затраты на реализацию процессов освоения изделий до и после интеграции; C_{B}^3 не зависит от выбранного варианта интеграции и может быть исключено из целевой функции.

В свою очередь,

$$C_{\text{PDM}}^3 = \sum_i k (A_{ik}^{\text{pm}} + c_{ik}^3) T_{ik} x_{ik},$$

где T_{ik} – трудоёмкость реализации интеграции i -го процесса k -м способом; A_{ik}^{pm} – затраты на эксплуатацию рабочего места при реализации i -й операции k -м способом (оборудование и программные средства); c_{ik}^3 – затраты на выполнение работ реализации i -го процесса k -м способом;

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я операция} \\ & \text{реализуется } k\text{-м способом,} \\ 0, & \text{если нет} \end{cases}$$

при ограничении $\sum X_{ik} = 1$.

Построение интегрированной информационной системы, охватывающей все процессы производственной деятельности, – это конечная цель внедрения CALS-технологий на предприятии. Однако цель может быть недостижима при ограничениях на временные и финансовые ресурсы. Тогда процесс внедрения можно разбить на отдельные этапы, для каждого из которых необходимо сформулировать задачу оптимизации состава операций, интегрируемых с помощью выбранной системы PDM при ограничении на временные и финансовые ресурсы данного периода.

Задача состоит в определении операций процессов разработки и освоения изделий, которые должны быть информационно интегрированы на каждом этапе внедрения с тем, чтобы общий экономический эффект от интеграции на данном этапе внедрения при ограниченных ресурсах был бы максимальным.

Как и в задаче выбора структуры целевая функция равна разности дополнительного дохода от сокращения длительности процесса разработки и освоения нового изделия и затрат на реализацию процессов новыми методами с использованием средств информационной интеграции.

Ограничение при решении задачи – сумма затрат на внедрение PDM не должна превышать имеющиеся средства.

ОПИ, которые необходимо интегрировать в систему управления данными, чтобы общий экономический эффект Э в расчёте на одно изделие на этапе внедрения был максимальным, определяется по формуле

$$\mathcal{E} \Rightarrow \max,$$

при ограничениях $\sum_i \sum_k (x_{ik} C_{ik}^{\text{созд}}) \leq C^{\text{доп}}$; $i \in I$ (I – множество операций – кандидатов на интеграцию); $k(i) \subset K$ (K – множество вариантов реализации i -й операции, включает существующий вариант реализации и новый); $C_{ik}^{\text{созд}}$ – стоимость

внедрения PDM на i -й операции k -м способом; $C_{\text{доп}}^k$ – допустимая величина затрат на интеграцию процессов на данном этапе.

Затраты на информационную интеграцию процессов разработки и освоения изделий включают стоимость лицензий на программное обеспечение, технического обеспечения (серверы для хранения информации, автоматизированные рабочие места), разработки интерфейсов к прикладным программным средствам, сбора и перевода информации при наполнении системы, затраты на подготовку кадров.

Задачи минимизации с ограничениями труднее поддаются решению по сравнению с задачами безусловной минимизации, т. е. с задачами связанными с поиском точек минимума функций одной или нескольких переменных на всем пространстве E^n .

Оценка эффективности внедрения PDM-системы должна включать: прогнозирование результатов внедрения и оценку эффективности после

внедрения PDM-системы. Предварительная оценка экономического эффекта от планируемого внедрения PDM-системы (как и любой автоматизированной системы) является достаточно сложной инженерно-экономической задачей и требует учёта многих факторов. После внедрения PDM-системы оценка эффективности внедрения осуществляется сравнением показателей бумажного и электронного документооборота и других фактических характеристик.

Вывод. Оптимизация применения ИТ является краеугольным камнем развития производственного процесса. Существенный фактор внедрения – это правильная оценка критериев влияющих на характеристики, возможность их количественного представления для применения при расчёте прогнозных и фактических оценок.

Описанные выше методы и механизмы позволяют прогнозировать и принимать обоснованные решения по применению ИТ для различных задач согласно специфике предприятия.

УДК 66.08; 62-51

Н.В. Мокрова, д-р техн. наук, доц., **Г.А. Кардашев**, д-р техн. наук, проф.
(Московский государственный университет инженерной экологии)

natali_vm@mail.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

Предложена методология синтеза интеллектуально-ёмких систем управления на основе комплексного анализа способов эффективного управления производственными процессами переработки природного сырья. Приведены технологические ресурсы модернизации системы производства активированного угля

Ключевые слова: переработка сырья, технологический ресурс модернизации, интенсификация систем управления.

The synthesis methodology of intellectual-capacious control systems based on a complex analysis of the efficient management methods for natural raw material processing production processes. The modernization technological resources of the activated coal production system are adduced.

Key words: raw material processing, modernization technological resource, control systems intensification.

Введение. Рост размеров и сложности современных промышленных предприятий, обуславливает необходимость модернизации технологических процессов, координации элементов производства, совершенствования структуры и интенсификации систем управления. Научно обоснованный подход к построению интеллектуально-ёмких автоматизированных систем управления необходим для эффективного и устойчивого функционирования предприятий. В данных усло-

виях актуален комплексный анализ способов эффективного управления сложными химико-технологическими системами (ХТС) с целью интенсификации производственных процессов.

Следует отметить, что специфика моделирования и управления сложными технологическими системами во многом базируется на традиционном использовании известных моделей. Для разработки теоретических и методологических основ создания иерархических высокотехнологичных

систем со сложным взаимодействием элементов необходимо дополнительно изучить и расширить сферы использования подобных структур на практике с учётом экологических и социальных приоритетов современных производств и условий ограничения ресурсов.

Автоматизированные системы управления (АСУ) нового поколения, основанные на достижениях в области компьютерных и сетевых технологий, широко внедряются на предприятиях с непрерывным технологическим циклом. Относительно благополучные с точки зрения автоматизации нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, металлургическая и т. п. отрасли вкладывают существенные инвестиции в развитие средств автоматизации и управления производством, что особенно характерно для типовых процессов в рассматриваемых отраслях.

В то же время, разделение средств промышленной автоматизации на системы, действующие в рамках отделов, управлений, служб (применительно к терминологии ГОСТ 34.003–90 [1], рассматриваемые как АСУП), и автоматизированные системы мониторинга и управления технологическими установками и процес-сами – АСУТП – в ряде случаев оказывает отрицательное влияние на развитие производства. Множество вариантов реализации автоматизированных систем (АС) от различных производителей, разнородный состав программных АС, фрагментарное внедрение и локальное их использование для частных задач управления, а также дистанционное разделение средств решения задач автоматизированного управления предприятием и технологическими процессами делает актуальным постановку и комплексное решение задач автоматизированного управления процессами переработки природного сырья с использованием интеллектуально-ёмких систем управления.

Внедрение средств автоматизации, интеграция подсистем АСУТП и АСУП первостепенные для современного производства ведут к формированию единого информационного пространства. Сочетание разных видов интеграции: организационной, функциональной, информационной, программной и технической обеспечивает гибкость производственной системы; её оперативность при смене видов выпускаемой продукции, корректировке производственных заданий; повышение управляемости предприятия. При этом функциональная интеграция обеспечивает единство локальных целей функционирования, согласованность функций и критериев эффективности всех компонентов, требует разработки общей функциональной структуры системы, её декомпозиции на компоненты, устанавливает для каждого компонента критерий эффективности, мо-

дели функционирования, процедуры обработки данных, функциональные и информационные связи между компонентами.

Одну из наиболее значимых проблем, связанных с синтезом и функционированием систем управления высокотехнологичными процессами, представляет выработка оптимальных управленческих решений с учётом текущей ситуации в объекте и ограничений возможностей принятия решений. При этом традиционные итерационные алгоритмы выработки решений не всегда эффективны, поскольку требуют реализации большого количества итераций, что характерно для поиска оптимума многомерной и сложной задачи при наличии многочисленных и различных по типу ограничений. Теория принятия оптимальных решений в условиях неопределенности исходной информации применительно к системам управления сложными объектами также не получила должного развития.

Направления исследования иерархических систем. Конкретная методология синтеза систем управления определяется особенностями ХТС и позволяет сделать выводы о существовании способов интенсификации звеньев технологического комплекса на основе реализации декомпозиционных систем многоцелевого управления с противоречивыми критериями функционирования при неопределенности критериев, параметров математических моделей, ограничений и других характеристик и отсутствии универсального метода анализа и синтеза таких систем управления. Указанные проблемы в общем виде поставлены и частично решены в работе [2], а применительно к интенсификации за счёт физических воздействий в работе [3].

На первом этапе, после определения целей и формулировки технического задания, проводится системный анализ технологических процессов и определяются основные условия наличия технологического ресурса модернизации на основе выявления и ранжирования недостатков. Для этого ХТС разбивают на подсистемы, что позволяет проводить исследования объекта интенсификации на уровне структурных элементов и приводит к возможности более детального изучения характеристик подсистем, выявлению скрытых возможностей их технологического изменения. На данном этапе используют методы поискового проектирования и конструирования, направленные на улучшение функциональной структуры и физических принципов действия технических объектов, а также критерии их развития с позиции инженерного творчества, предложенные А.И. Половинкиным [4], но модифицированные применительно к технологическим преобразованиям «материальные потоки на входе ⇒ управ-

ляющие воздействия \Rightarrow материальные потоки на выходе».

Интенсификация технологических процессов направлена на увеличение их экономической эффективности в результате целенаправленного воздействия на производственные процессы, уменьшения затрат материалов и энергии, улучшения качества продукции и повышения эффективности систем автоматического управления. Системный подход как общеметодологический принцип исследования систем управления позволяет выделить основные направления интенсификации процессов.

Анализ систем управления подразумевают следующие основные этапы: выделение объекта анализа и структурирование системы управления; определение функциональных особенностей системы; исследование информационных характеристик; определение количественных и качественных показателей; оценка эффективности, обобщение и оформление результатов анализа.

При этом необходимо учитывать, что в случае иерархической структурной организации данные этапы с целью модернизации существующих систем управления должны рассматриваться в целом как для системы, так и для выделенных относительно неё самостоятельных подсистем.

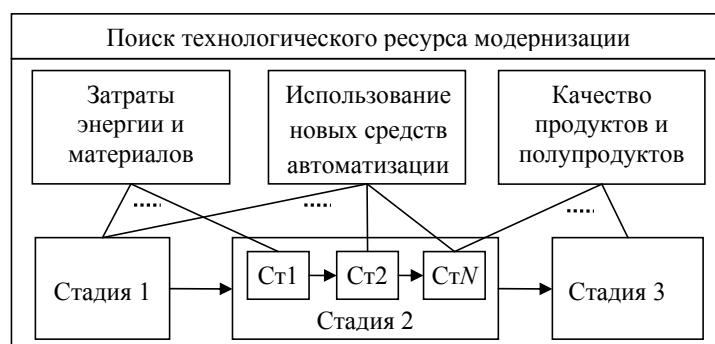
Синтез систем управления предполагает: формирование замысла и цели создания системы управления; формирование вариантов новой системы; приведение вариантов системы во взаимное соответствие; разработку требований к системе управления и программ их реализации; моделирование подсистем и системы в целом; макетирование и проектирование системы, конструирование, изготовление, испытание системы, оценка путей модернизации.

Методологию системного подхода исследования систем управления [5] отражают следующие общие принципы: моделируемость, физичность и целенаправленность.

ХТС обладает системными свойствами при любом способе декомпозиции, и композиция и декомпозиция осуществляется в направлении генерирования системы управления более высокого качества. Сложные системы управления обладают областью однозначно непредсказуемого выбора и способностью выбирать поведение, осуществляя реакцию на внешние изменения в зависимости от внутренних критериев целенаправленности. Необходимо также учитывать общую тенденцию научно-технического прогресса, приводящую к понятиям максимальных и минимальных потенциальных возможностей технологий, а тем более их конкретной реализации.

Отсюда следует, что в случае сложных производств, как правило, могут быть найдены резервы интенсификации технологических процессов и возможности достижения опережающих темпов развития результата над темпами роста затрат. Иерархические системы в силу своего строения и состава в большей степени обладают определёнными внутренними потенциальными возможностями, которые назовём технологическими ресурсами модернизации. Системный анализ технологических процессов позволяет выявить таковые [6], что проиллюстрировано на рисунке.

А.И. Половинкиным предложено понятие об идеальном техническом решении, соответствующем данному уровню эволюционного развития техники, не исчерпавшему иерархических возможностей улучшения. Данное определение охватывает области улучшения параметров, улучшения технических и технологических решений и априори подразумевает наличие *технологического ресурса модернизации*. Поскольку подобные исследования имеют общее с принципами оптимального проектирования, то, развивая последние применительно к моделируемым или вновь проектируемым системам необходимо найти или, что возможно более важно, образовать область параметров (показате-



Направления исследования иерархических систем:

Ct_i – стадии декомпозиции стадии 2 ($i = 1, 2, 3, \dots, N$)

лей, критериев, переменных и т. п.), для которых решение задачи оптимального управления элементами иерархических структур определяет увеличение суммарной эффективности производства.

Интенсификация химико-технологического производства достигается за счёт изменения параметров технологических процессов, воздействия на ход процессов и химических реакций, применения новых технологий, средств и методов управления [5].

В качестве направлений интенсификации химико-технологических процессов будем рассматривать: применение новых технологических процессов; использование физико-химических факторов ускорения реакций; создание энергосберегающих технологий; создание экологически чистых технологических процессов; совершенствование проектирования процессов и аппаратов химических производств на основе использования физического и математического моделирования, автоматизации проектирования; оптимизацию тепломассообменных процессов и устройств.

Технологические ресурсы модернизации в производстве активированного угля. Процесс получения углеродных сорбентов из ископаемого сырья не относится к типовым в химической технологии и не характеризуется высокой степенью автоматизации, наличием современных систем управления. Рассмотрим две схемы проведения данного процесса с позиции определения технологического ресурса модернизации.

Процесс производства активного угля включает стадии сушки, карбонизации и активации предварительно отформованных угольно-смоляных гранул. Варианты аппаратурного оформления процесса и уровень автоматизации технологических стадий зависят от производителя. В качестве исходного сырья используют чаще всего каменный уголь. Прессованные гранулы с невысокой прочностью вследствие содержания влаги и нестабильного содержания летучих веществ подвергают термообработке в три стадии. На стадии карбонизации при температуре от 400 до 700 °C происходит удаление основной части летучих веществ и формирование пористой структуры будущего адсорбента. Реакция идёт с выделением тепла, которого достаточно для самообеспечения процесса, при этом излишки тепла в виде потока газовоздушной смеси с температурой 650 – 1000 °C в большинстве случаев просто утилизируют. Карбонизованные гранулы поступают на окончательную термообработку при температуре 850 – 950 °C в среде активирующего агента. Готовый продукт характеризуется сорбционной способностью (активностью), насыпной плотностью, механической прочностью, и в соответствии с этими показателями сорбент классифицируется по маркам.

Производство активных углей отличается большим ассортиментом выпускаемых сорбентов. В технологии их производства можно выделить упомянутые стадии термообработки в различном сочетании, поэтому при проектировании новых производств стадии термообработки оформляют в виде отдельных технологических модулей с соответствующим аппаратурным исполнением.

В работе [7] предложен вариант структуры сложной системы производства активированных углей в каскаде вращающихся печей в виде схемы из двух последовательных технологических модулей. Первый состоит из стадий сушки и карбонизации, связанных потоком рецикла по газам карбонизации, которые используются в качестве дополнительного компонента для приготовления сушильного агента, что существенно снижает удельные затраты на стадиях сушки и карбонизации. Второй технологический модуль состоит из системы параллельно включенных печей активации, оптимальное количество которых для согласования работы технологических модулей по производительности можно определить в результате решения задачи синтеза ХТС.

Управление системой подразумевает две самостоятельные подзадачи для технологических модулей и осуществляется с условием их взаимного согласования. Для модуля, состоящего из стадий сушки и карбонизации, связанных потоком рецикла, задача оптимизации заключается в минимизации затрат на процессы и согласовании схемы по потоку рецикла. Технологический модуль параллельно включённых печей активации предназначен для производства высокосортной продукции.

Таким образом, модернизация многофункциональной схемы получения стандартизованного продукта позволила предложить вариант структуры технологической системы производства активированных углей в виде схемы из двух последовательных технологических модулей. Данная структура системы оптимального управления позволяет согласовать производительность системы по нагрузке и добиться повышения экономической эффективности химико-технологических процессов за счёт использования вторичного тепла, а декомпозиционный анализ позволяет учесть наиболее существенные связи в многоуровневой системе с последующим их согласованием для создания АСУ, обеспечивающих снижение общих затрат на управление.

Многоканальная подовая печь активации представляет собой многомерный энергоёмкий объект, совмещающий зону карбонизации и активации. На существующем производстве активированного угля в многоканальных печах активации используется разработанная ранее не полностью механизированная и автоматизированная техно-

логия производства углеродных сорбентов. К основным факторам, сдерживающим применение новых технологий и методов управления относятся: отсутствие полного экспресс анализа состава и количества газов активации; отсутствие тонкого автоматического управления и оптимизации тепловых и гидравлических режимов в зонах активации, карбонизации и охлаждения; осуществление регулирования температуры и концентрации кислорода путём воздействия на расход воздуха; установление гидравлического режима процесса активации пропорционально производительности печи; отсутствие экспресс-анализа качества активированного угля по продуктовым ячейкам.

Отсутствие оптимального управления ведёт к отклонениям от нормального теплового и гидравлического режима при проведении технологического процесса активации. Систематизация и решение задачи автоматизированного управления процессом активации угольного сырья в многоканальной печи активации привели к повышению качества активированного угля и к увеличению срока службы технологического оборудования.

Подсистема автоматизации выгрузки продукта создана для обеспечения работы многоканальной печи в оптимальном технологическом режиме, регулирования времени пребывания активированного угля при стабилизированном уровне исходного сырья в приёмном бункере. Карбонизованные гранулы поступают на активацию и проходят через 576 продуктовых ячеек. На примере анализа качества готового продукта по насыпной плотности можно убедиться, что на крайних регистрах уголь активируется меньше из-за большей теплоотдачи от крайних продуктовых ячеек в атмосферу, понижении температуры и последующем снижении скорости активации. Зашлаковывание ячеек неравномерно по площади печи, а каждая ячейка не является объектом автоматизации вследствие невозможности экспресс-анализа качества продукта.

Оптимальное управление системой выгрузки предложено по пути создания системы управления с управляющим компьютером на верхнем уровне, который накапливает информацию для статистического анализа качественных характеристик продукта по каждой из ячеек с целью анализа возможных причин их зашлаковывания, для выявления наиболее опасных зон в многоканальной печи. Внедрение системы оптимального многоуровневого управления позволяет обеспечить равномерную активацию угольных гранул, повысить качество продукта, не допустить появление брака, увеличить производительность печи и срок её службы.

Повышение эффективности работы многоканальной печи осуществлено за счёт выбора стратегии технического обслуживания и ремонта на основе исследования качества продукта по насыпной плотности. Разработан метод анализа многоэлементного объекта в виде совокупности однотипного оборудования, позволяющий по результатам качественных характеристик продукта определить время и место проведения ремонтных работ с целью увеличения срока службы печи [2]. Решение задачи оптимального управления состоит в определении закона изменения управляющего воздействия при функционировании системы в рамках заданной производительности.

Сформированная в результате временной декомпозиции подсистема выгрузки предназначена для выделения застойных зон, приводящих к зашлаковыванию продуктовых каналов, повышения удобства контроля и регулирования количества и качества выгружаемого из печи активного угля. Автоматизация отдельных стадий процесса, комплексный анализ и оптимизация по материальным, газовым и гидравлическим режимам реализованы в целях управления производственным циклом обработки ископаемого сырья. Комплексная автоматизация многоканальной печи активации с реализацией методики управления многоэлементным объектом по-

Основные результаты модернизации процесса производства активированного угля

Технико-экономические показатели	Существующее производственное оборудование	Предложенные направления модернизации	Подтверждение эффективности
Энергозатраты	Каскад печей в производстве активированного угля	Алгоритмы управления и структура, состоящая из модулей объединённых потоком рецикла	Экономический эффект 500 тыс. руб. в год
Качество продуктов и полупродуктов	Многоканальная подовая печь активации	Стратегия технического обслуживания и ремонта	Срок службы увеличен с 3 до 4,5 лет
Использование новых средств автоматизации	Многоканальная подовая печь активации	Автоматизация выгрузки продукта	Увеличен выпуск продукта

зволяет интенсифицировать работу высокопроизводительного оборудования и выпускать более качественный активированный уголь.

Полученные данные по анализу технологических процессов сведены в таблице.

Выводы. Примеры модернизации существующих систем управления технологическими процессами позволяют сделать следующие выводы. В открытых производственных системах существуют факторы повышения эффективности технологических процессов и систем управления.

Структура системы из двух модулей и разработанные эффективные методы управления высокотехнологичным производством активированного угля в каскаде вращающихся печей показали эффективность разработанных методов и привели к значительной экономии при использовании вторичного тепла. Предложенная комплексная система мер по автоматизации многоканальной печи активации позволила производить более качественный активированный уголь. Модернизация действующих систем управления возможна лишь в условиях автоматизированного информационного взаимодействия функций внутриуровневых и межуровневых контуров управления.

Библиографические ссылки

1. Государственный стандарт. http://www.admhmao.ru/inform/law/gost_5.htm (дата обращения: 05.07.2011).
2. **Мокрова Н.В.** Основы построения автоматизированных систем иерархически-взаимосвязанного управления сложными технологическими процессами переработки природного сырья: автореф. дис. д-ра техн. наук. М.: МГУИЭ, 2010. 32 с.
3. **Кардашев Г.А.** Физические методы интенсификации процессов химической технологии. М.: Химия, 1990. 208 с.
4. **Половинкин А.И.** Основы инженерного творчества. М.: Машиностроение, 1988. 104 с.
5. **Мухин В.И.** Исследование систем управления. М.: Экзамен, 2006. 480 с.
6. **Системный** анализ процессов химической технологии. Интеллектуальные системы и инженерное творчество в задачах интенсификации химико-технологических процессов и производств / И.Н. Дорохов, В.В. Меньшиков, 2005. 584 с.
7. **Мокрова Н.В.** Моделирование и оптимизация химико-технологической системы производства активированных углей. Пермь: Пермский ЦНТИ, 2007. 116 с.



СПРАВОЧНИК СВАРЩИКА

О.Г. Быковский, В.Р. Петренко, В.В. Пешков

2011 г. 336 с. ISBN 978-5-94275-557-7

Цена 500 р.

Систематизирована информация о свариваемости всех конструкционных сплавов, об электродных материалах и технических возможностях известных способов электрической и газовой сварки, резки, наплавки и напыления сталей и сплавов. Приведены параметры режима этих технологических процессов, технические характеристики современного оборудования для ручных и механизированных способов сварки, резки, наплавки и напыления при изготовлении металлоконструкций.

Для инженеров и специалистов, работающих в области сборочно-сварочного производства, а также студентов, обучающихся по специальности "Оборудование и технология сварочного производства" в учебных заведениях всех уровней аккредитации.

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

по почте: 107076, г. Москва, Строгинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU



УДК 519.856

Л.Е. Мистров, д-р техн. наук, доц.

(Центральный филиал ГОУ ВПО «Российская академия правосудия», г. Воронеж),

Д.Э. Милушев (Центрально-Черноземный банк ОАО «Сбербанк России»)

mistrov_le@mail.ru

МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ БАНКОВСКИХ СИСТЕМ

Предложен метод управления финансовой устойчивостью банковских систем на основе определения стационарной точки их устойчивого развития оптимизацией различных видов ресурса для разрешения ресурсно-совместимых конфликтов.

Ключевые слова: организационная система, финансовая устойчивость, стационарная точка устойчивого равновесия, ресурсный конфликт, распределение ресурсов.

Control method of the bank systems financial stability based on the steady development stationary point determination through the different resource type optimization for resource-compatible conflict permission is proposed.

Key words: organizing system, financial stability, stationary point of the steady balance, resource conflict, distribution resource distribution.

Общие положения. Современный этап развития банковского дела характеризуется расширением конъюнктуры финансового рынка и видов банковских услуг. Конъюнктура финансового рынка определяет общее положение рыночных отношений, сложившихся между его участниками, а конъюнктура конкретных рынков – его состояние, включающее в себя совокупность взаимосвязанных между собой сложившихся условий в определённый момент времени. Главным в банковской деятельности является реализация стратегий управления активными и пассивными операциями для получения наилучшего конечного результата.

Выполнение банком активных и пассивных операций основывается на процессе принятия решений и зависит от множества параметров: объёмов привлекаемых и размещаемых ресурсов, размеров процентных ставок и продолжительности сроков привлечения / размещения средств с использованием различных финансовых стратегий управления. Эти параметры функционально связаны между собой, имеют противоположные тенденции развития, и вариация любого из них приводит к изменению эффективности функционирования банка. Результативность принимаемых решений находится в прямой зависимости от складывающейся конъюнктуры на рынке банковских услуг, формируемых на этой основе источников формирования пассивов, а также от направле-

ний размещения ресурсов и согласованности денежных потоков.

Выбор банком оптимальной стратегии управления для получения прибыли, когда сроки возврата размещённых средств и погашения кредитов совпадают по времени, может определяться выражением

$$U^* = \max_{y,x,z,c \in X} D(y,x,z,c) = \max_{y,x,z,c \in X} ([\alpha \times y(\alpha) - \beta \times x(\beta)] + [\gamma \times z(\gamma) - (\text{var}S(y(\alpha), x(\beta), z(\gamma)) + \text{const}S)]), \quad (1)$$

где α, γ, β – процентные ставки по кредитам, комиссии по банковским операциям и депозитам соответственно; $x(\beta), y(\alpha), z(\gamma)$ – объёмы привлекаемых ресурсов, размещаемых средств, проводимых расчётных и прочих банковских операций соответственно; $\text{var}S(y(\alpha), x(\beta), z(\gamma))$ – совокупность переменных расходов кредитной операции на проведение кредитования, открытие вкладов и т. п.; $\text{const}S$ – постоянные издержки кредитной организации, расходы на поддержание устойчивости функционирования банка; $X = \{x(\beta) \leq S, y(\alpha) \leq D, z(\gamma) \leq D', \text{norm} \times x(\beta) \geq y(\alpha)\}$ – допустимое множество возможных объёмов проведения активных операций (кредитования), прочих банковских услуг и привлечения средств, размещаемых (осуществляемых, привлекаемых) банком; D, D', S – спрос на кредиты заёмщиков, спрос на прочие банковские услуги и предложение ресур-

сов вкладчиками; norm – норматив использования привлечённых средств для проведения активных операций, необходимый для поддержания ликвидности; $[\alpha \times y(\alpha) - \beta \times x(\beta)]$ – процентная маржа; $[y \times z(\gamma) - (\text{var}S(y(\alpha), x(\beta), z(\gamma)) + \text{const}S)]$ – сальдо непроцентных доходов и расходов; $D(y, x, z, \tilde{n})$ – валовая прибыль, полученная банком в конце заданного срока реализации своих продуктов на рынке банковских услуг; \tilde{n} – совокупные непроцентные издержки банка, $\tilde{n} = \text{var}S(y(\alpha), x(\beta), z(\gamma)) + \text{const}S$.

Решение задачи (1) сводится к нахождению оптимальных значений α^* , γ^* и β^* , обеспечивающих проведение операций банком в объёмах $y(\alpha)$, $x(\beta)$ и $z(\gamma)$, необходимых для получения максимального объёма прибыли $D^*(y^*, x^*, z^*, c^*)$ при отсутствии конкуренции.

В результате решения задачи управления привлекаемым денежным ресурсом определяются такие его объёмы, которые обеспечивают максимальное значение процентной маржи и рентабельности операционной деятельности. Выражение (1) при согласованных и несогласованных во времени платёжных потоках позволяет исследовать зависимости выбираемых банком стратегий управления от изменения конъюнктуры на денежном рынке и на этой основе прогнозировать последствия этих изменений для обоснования уровня финансовой устойчивости (ФУ) банка.

ФУ банка является определяющей характеристикой работы, как функция интегральных показателей эффективности его функционирования: валового дохода, чистой прибыли или рентабельность при реализации им заданной эффективности применения. Интегральные показатели отражают динамику рыночных отношений и должны быть: чувствительными к характеристикам мониторинга, основанного на информационном прогнозе и анализе рынка; адекватными к стратегиям информационного маркетинга, обеспечивая структурную взаимосвязь показателей работы банка с показателями других банковских структур и, главное, с прогнозом и анализом потенциальных клиентов при продвижении предоставляемых им услуг. В конечном счёте, эти показатели являются определяющей характеристикой ФУ банка.

Для анализа ФУ банка, в соответствии с системным подходом, рассмотрим банк в виде сложной системы с характерными для неё связями или отношениями по управлению (подчинённости), информационному обеспечению и взаимодействию [1]. Учёт данных отношений по системоопределяющим признакам (элементы работают по своим частным показателям, но их деятельность агрегируется в интегральный показатель эффективности банка) позволяет банк представить организационной системой (ОС) на основе

объединённой единством цели и процессов её достижения совокупности элементов управления, добычи (сбора, анализа и обобщения) информации и исполнения, целостное взаимодействие которых во времени и пространстве обеспечивает реализацию его целевого предназначения. Для данных ОС определяющими являются свойства аддитивности и взаимообусловленности выполнения задач различного уровня и типа элементов с заданной эффективностью, наличие централизованной структуры и адаптивное управление ограниченными активными и пассивными ресурсами в различных условиях применения.

В общем случае функционирование ОС зависит от взаимодействия временных распределений различных дискретных событий. Для них характерны наличие множества ограничений, часть из которых носит сложный логический характер, и необходимость разрешения информационной неопределенности условий принятия решений при реализации стратегических и тактических задач управления. Для решения данной задачи необходимо учитывать нелинейный характер управления разнотипными исполнительными и обеспечивающими элементами (ИЭ, ОЭ) ОС на каждом уровне иерархической структуры. Цель ИЭ (отделов кредитования и банковских услуг) состоит в осуществлении финансовых операций, связанных с привлечением и размещением средств, а цель ОЭ (различного типа административно-хозяйственных отделов) – в обеспечении их эффективного функционирования. В теории анализа сложных систем достаточно полно развита методология исследования двухуровневых систем. Рассматриваемую задачу можно свести к классу задач «ОС – исполнительный / обеспечивающий элемент». Но такое её представление не является полным и достаточным для исследования эффективности ОС, так как с позиции системного подхода наибольшую целесообразность представляет исследование системоопределяющих свойств элементов, т. е. тех свойств, которые определяют интегральную эффективность применения ОС.

Учёт данных обстоятельств обуславливает необходимость теоретического обобщения и развития известных методов анализа эффективности ОС применительно к классу финансовых систем типа банк. Исходя из этого, цель статьи состоит в разработке метода управления ФУ банка на основе определения стационарной точки устойчивого развития, характерной для стадии повседневной деятельности банка при отсутствии конкуренции.

Метод решения. Для выполнения поставленных ОС задач i -м типам элементов уровня отделов необходимо определённое количество различных ресурсов. В условиях неограниченности ресурсов D существует некоторая функция $U(D)$, определяю-

щая условия их эффективного функционирования. В условиях ограниченности ресурсов можно выделить некоторую функцию [2], характеризующую стратегию их распределения, в виде

$$U_i(D) = \bar{U}_i f_i(D), \quad (2)$$

где \bar{U}_i – функция, определяющая условия функционирования i -го элемента ОС в условиях неограниченности ресурсов; $f_i(D)$ – функция, характеризующая ресурсные отношения i -го элемента с другими элементами ОС; она принимает значение равное «0» при отсутствии ресурсов на входе элемента и «1» при его наличии для эффективного функционирования.

Из выражения (2) следует, что существует такое значение D_i^* , при $D_i \rightarrow D_i^*$ $\lim f_i(D) \rightarrow 1$ и $D_i \geq D_i^*$ $\lim f_i(D) = 1$, которое определяет возможность оптимального распределения ресурсов между различными типами элементов. Необходимым условием существования эффективного ресурсного равновесия между элементами ОС является наличие на их входе различных видов ресурсов. Достаточные же условия определяются конкретным видом функции $f_i(D)$. Это позволяет для каждого i -го элемента при априорном знании его ресурсных потребностей $K_i = D_i^*/D_i$, $K_i \in [0, 1]$ определить состояния его эффективного функционирования. Пересечение областей потребности элементов ОС в каждом виде ресурса D_i формирует пространство лимитирования ресурсов. Это позволяет функцию $U_i(D)$ представить в виде выражения $U_i(D) = \min_i \{\bar{U}_i, K_i, D_i\}$, из которого следует, что эффективное функционирование элементов ОС в произвольный момент времени определяется только ресурсным отношением i -го элемента с другими элементами из ресурса D , находящимся в относительном минимуме, т. е.

$$\begin{aligned} U_i(D) &= \min_i \{\bar{U}_i, K_1 D_1, \dots, K_n D_n\} = \\ &= \min_i \{\bar{U}_i, \sum_{i=1}^n K_i D_i\}, \quad i = \overline{1, n}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{при } U(D) = \sum_{i=1}^n U_i(D).$$

В соответствии с выражением (2) ресурсной характеристикой ОС, характеризующей отношения между элементами D_i из ресурса D является некоторый вектор $G_i = (K_{j1}, K_{j2}, \dots, K_{jn})$, определяющий ресурсные характеристики ОС: необходимое число видов и количество j -х ресурсов, при которых i -е элементы будут эффективно функционировать. Или для ОС, состоящей из i элементов и требующих для эффективного функционирова-

ния j -го вида ресурса, существует такая матрица $|G_{ij}| = |K_{ij}|_{IJ}$, составленная из векторов потребных ресурсов отдельных элементов G_i . То есть, для достижения финансовой устойчивости ОС в условиях ограниченности ресурсов требуется выполнение строгого соответствия между значениями коэффициентов K_{ij} . Их значения не могут превышать условия нормировки, определяемого условиями распределения ресурсов $U_i(D) = \bar{U}_i$ или нахождением из выражения (3) условий, когда функция

$$f_i(D_1, \dots, D_n) = U_i / \bar{U}_i = \sum_{i=1}^n K_{ij} D_i \leq 1. \quad (4)$$

Условие (4) позволяет упростить анализ ФУ функционирования ОС, так как в окрестности стационарной точки устойчивого равновесия можно использовать линейную зависимость (3). Следовательно, обеспечение условия ФУ системы при выполнении необходимого условия устойчивости функционирования элементов, равного $\bar{U}_i = K_{ij} D_i = 1$, определяется соотношением

$$\begin{aligned} \min(K_{j1} D_1, \dots, K_{jn} D_n) &= 1 \text{ при} \\ \sum_{i=1}^n K_{ij} &\leq 1, \quad K_i \in [0, 1], \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}. \end{aligned} \quad (5)$$

Для наглядности рассмотрим квадратичную (2×2) матрицу G , характеризующую ОС в составе двух типов ИЭ, взаимодействующих между собой через использование двух видов ресурсов (при необходимости возможно рассмотрение и большего количества элементов, анализ которых может осуществляться последовательным перебором пар элементов). Обеспечение эффективного функционирования ИЭ требует наличия j -го вида ресурса, который необходимо распределить с учётом специфики элементов (например, трудовые и финансовые ресурсы). Тогда для матрицы $G = \|K_{ij}\|$, $i, j = 1, 2$ логично предположение, что для определения точки устойчивого функционирования данных элементов необходимо выполнение условия $G > 0$, т. е.

$$K_{11} K_{22} - K_{12} K_{21} > 0. \quad (6)$$

Из выражения (6) необходимое условие устойчивости ОС представим в виде неравенства

$$K_{11} > K_{22} \text{ и } K_{12} > K_{21}, \quad (7)$$

показывающем, что для различных типов элементов ресурсы должны быть разными. Условие (7) можно определить свойствами матрицы G [3]: для ресурсной совместимости элементов необходимо

димо, чтобы при ограничении (5) максимальные элементы квадратичной матрицы лежали в разных строках (данное условие может быть обобщено и для многомерного случая). Для выполнения условия равновесия (4) в случае квадратичной матрицы G

$$G = \begin{vmatrix} K_{11} \dots K_{1n} \\ \dots \dots \dots \\ K_{n1} \dots K_{nn} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} D_1 \\ \dots \\ D_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ \dots \\ 1 \end{vmatrix} \quad (8)$$

при ограничении (5) необходимо, чтобы система уравнений была положительно определена относительно вектора ресурса D . Согласно правилу Крамера решение (8) имеет вид $D_i^0 = \Delta_i / \Delta$, где $\Delta = \det \|K_{ij}\|$, а Δ_i равен определителю матрицы, полученному из матрицы $G = \|K_{ij}\|$ при замене i -го столбца столбцом свободных членов $I = \{I\}$. Решение положительно, если $\text{sing}[\Delta] = \text{sing}[\Delta_j]$, $j = \overline{1, n}$. Пусть $\det B > 0$. Тогда для $D_j^0 > 0$, $j = \overline{1, n}$ должно соблюдаться условие

$$\Delta, \Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n > 0. \quad (9)$$

Выполнение неравенства (9) определяется свойствами квадратичной матрицы $G = \|K_{ij}\|$. Для существования нетривиального равновесия достаточно, чтобы как максимальные, так и минимальные элементы каждого столбца матрицы G лежали в разных строках. Это требование в условиях ограниченности ресурсов в ОС недостаточно, хотя во многих случаях необходимо.

В общем случае для произвольного числа элементов и видов ресурса можно указать только достаточные условия положительности решения системы (8). Для этого необходимо воспользоваться достаточными условиями положительности определителей [4, 5]. Если для квадратичной действительной матрицы $G = \|K_{ij}\|_1^n$ справедливо условие

$$K_{jj} \geq K_{j+1j} \geq \dots > K_{rj} \geq K_{lj} \geq \dots \geq K_{j-1j} \geq 0, \\ j = \overline{1, n}, \quad (10)$$

то $\det G \geq 0$, а при строгих неравенствах $\det G > 0$.

Условие (10) показывает, что как максимальные, так и минимальные элементы матрицы G лежат в различных строках. Причём все промежуточные ($n-2$) элемента каждого столбца монотонно не возрастают (убывают) при движении сверху вниз от максимального элемента столбца к минимальному [4]. Это условие допускает более равномерное использование всех видов ресурсов каждым из элементов ОС. Однако требуется монотонная упорядоченность коэффициентов ис-

пользования ресурсов K_{ij} , приводящая к различию у элементов наиболее и наименее используемых ресурсов. В работе [4] показано, что условие (10) достаточно для существования точки нетривиального равновесия.

В общем случае, при известных потоках поступающих на вход элементов ОС ресурсов, могут быть отобраны n возможных групп элементов i для определения условий того или иного исхода их ресурсного взаимодействия. Среди каждой из групп n ресурсно-совместимых элементов найдутся такие, у которых сумма коэффициентов использования ресурсов меньше, чем у любой другой группы, и такие, сумма данных коэффициентов которых больше, чем у любой другой группы. Тогда, для каждой группы существует в пространстве ресурсов $\{D_1, \dots, D_n\}$ их ресурсная область.

Ограничения (5) было бы достаточно для обеспечения ресурсной совместимости групп элементов i , если бы они участвовали в использовании ресурсов. Наличие же оставшихся элементов ($k = m - n$) усложняет обеспечение условий устойчивого функционирования группы n . Для того, чтобы n элементов ОС могли эффективно функционировать при подключении к использованию ресурсов других k -х элементов ($k = n + 1, n + 2, \dots, m$), необходимо, чтобы остаточные количества от использования n -ми элементами каждого вида ресурса $(1 - \sum_{i=1, j < k}^n K_{ij})$ $i, j = \overline{1, n}$ было не меньше суммы коэффициентов $\sum_{i=1, j < k}^n K_{ij}$ использования данных видов ресурсов для других ($k = m - n$) элементов, т. е. выполнялось неравенство

$$\min \left\{ \frac{\sum_{i=1, k>n}^n K_{ik}}{1 - \sum_{i=1, j < k}^n K_{ij}} \right\} < 1, \quad i, j = \overline{1, n}, \quad k = \overline{n, m}, \\ k \neq i, j. \quad (11)$$

Из сформулированного условия (11) следует, что ресурсно-совместимые элементы в структуре ОС могут эффективно функционировать только при значениях поступающего на их вход множества ресурсов, принадлежащего определённой области ресурсного взаимодействия. Эффективность функционирования ОС можно характеризовать показателем рентабельности KR , определяемым отношением полученной прибыли к понесённым расходам. Исходя из этого, при распределении ресурса ОС для получения заданной прибыли, требуется провести оценку нормы рента-

бельности по i -м направлениям деятельности элементов, а также по j -м видам ресурсов, определяемых матрицей коэффициентов $KR = \|KR_{ij}\|_{IJ}$.

В связи с тем, что прибыль фактически определяется реализованной прибавочной стоимостью услуг ОС, то её можно представить величиной, полученной в результате увеличения стоимости ресурсов D на коэффициент рентабельности KR , а в случае полного использования ресурса ОС (при $D_i = 1$) по направлениям деятельности в виде выражения

$$KR_1 \dots KR_m \times \begin{vmatrix} D_1 \\ \dots \\ D_n \end{vmatrix} = KR. \quad (12)$$

Для управления «ценой» банковской услуги можно установить норму доходности для различных видов ресурса. Следовательно, при распределении n ресурсов между m направлениями деятельности эффективность их использования будет характеризоваться вектором $KR_m = (KR_{m1}, KR_{m2}, \dots, KR_{mn})$ для каждого из направлений, а для всей ОС совокупность указанных векторов-столбцов составит матрицу KR . В соответствии с выражением (8) можно записать:

$$G + KR = \left(\begin{vmatrix} KR_{11} & \dots & KR_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ KR_{1m} & \dots & KR_{mn} \end{vmatrix} + \right. \\ \left. + \begin{vmatrix} K_{11} & \dots & K_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ K_{1m} & \dots & K_{mn} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} D_1 \\ \dots \\ D_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 + KR_1 \\ \dots \\ 1 + KR_n \end{vmatrix}. \quad (13) \right.$$

Сумма элементов матрицы KR по каждой из m строк определяет рентабельность использования определённого вида ресурса, тогда как сумма элементов каждого из n столбцов характеризует рентабельность направлений деятельности ОС. В соответствии со свойствами матриц решение (13) аналогично решению (8).

Работоспособность метода. Для иллюстрации работоспособности предлагаемого метода рассмотрим упрощённый пример обоснования стратегий управления ОС на основе распределения ресурсов, действующих на рынке банковских услуг в условиях отсутствия конкуренции.

Пусть физические лица имеют накопления x в размере 25 млрд. р., которые они готовы разместить на срок до одного года в объёме 10 млрд. р. (x_1) и выше одного года в объёме 15 млрд. р. (x_2) вне

зависимости от установленной процентной ставки банком по депозитам β (для рассматриваемого примера примем $\beta = \text{const}$). В ОС имеется потребность в кредитах y для физических лиц в объёме 12 млрд. р. (y_1) и юридических лиц в объёме 13 млрд. р. (y_2). При этом потребность в оказании прочих банковских услуг отсутствует ($z = 0$), расходы на содержание системы в рассматриваемом примере являются условно постоянными, т. е. $s = \text{const}$.

Исходя из этого, перед ОС стоит задача в определении: оптимального значения K распределения ресурсов между двумя её направлениями деятельности для имеющейся потребности кредитования в максимально возможных объёмах ($y = y_1 + y_2$) и значения KR , при которых банк получит 20 % рентабельности каждого из направлений деятельности и такой же величины рентабельности для каждого из использованных ресурсов путём установления процентной ставки кредитования a , определяемого как $[ay - \beta x]$. В связи с одинаковой ёмкостью рынков кредитования и депозитов объёмы привлекаемых и размещаемых ресурсов будут совпадать, т. е. ресурсы будут использоваться при этом в полном объёме ($D_1 = 1$, $D_2 = 1$, $x = y$).

В соответствии с выражением (8) решение данной задачи возможно при выполнении условия

$$\Delta = \Delta_1 = \Delta_2,$$

где Δ – определитель матрицы K_{22} , содержащий коэффициенты ресурсных потребностей ОС по направлениям деятельности; Δ_1 – определитель данной матрицы после замены 1-го столбца (ресурсная потребность кредитования физических лиц) матрицы столбцом D , отражающей объёмы использования ресурсов; Δ_2 – 2-го столбца (ресурсная потребность кредитования юридических лиц).

На рис. 1 приведены значения определителей матриц и соответствующие им объёмы кредитования.

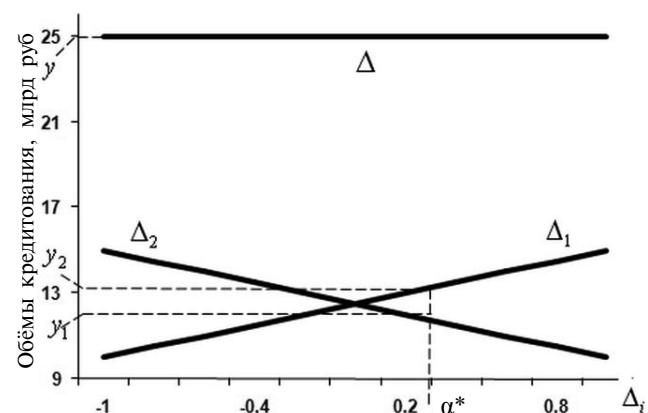


Рис. 1. Зависимость возможных объёмов кредитования юридических и физических лиц от коэффициентов использования ресурсов

Исходя из анализа результатов, оптимальные стратегии управления распределением ресурсов ОС можно определить на основе формирования матрицы коэффициентов использования ресурсов для выбранного направления деятельности. Тогда матрицу можно представить в виде выражения $K_{22} = \begin{pmatrix} 0,6 & 0,4 \\ 0,4 & 0,6 \end{pmatrix}$ при $\Delta = \Delta_1 = \Delta_2 = 0,2$.

Для вычисления коэффициентов рентабельности необходимо в соответствии с выражением (12) определить элементы матрицы KR . При этом сумма элементов каждого из столбцов матрицы не должна превышать установленного норматива рентабельности направлений деятельности (20 %), а сумма элементов строк — превышать установ-

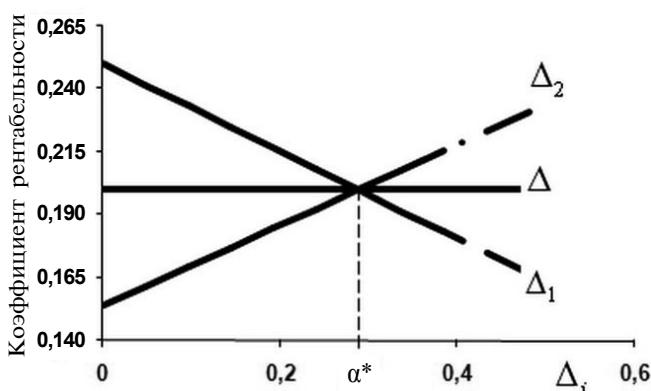


Рис. 2. Зависимость возможной рентабельности деятельности по направлениям деятельности от показателей рентабельности использования ресурсов

ленного порога рентабельности (20 %). Зависимость рентабельности направлений деятельности при изменении коэффициентов матрицы KR_{22} и первоначальном распределении ресурсов в соответствии с матрицей K_{22} приведена на рис. 2.

Достижение необходимого равноэффективного результата работы ОС по двум направлениям кредитования возможно в случае выполнении условия $\Delta = \Delta_1 = \Delta_2 = 0,288$, при этом показатель

рентабельности примет вид $KR_{22} = \begin{pmatrix} 0,12 & 0,08 \\ 0,08 & 0,12 \end{pmatrix}$.

Результаты расчётов подтверждают выполнение условия (9) $\Delta, \Delta_1, \Delta_2 > 0$ и условия (8) — $KR_{11}KR_{22} - KR_{12}KR_{21} > 0, K_{11}K_{22} - K_{12}K_{21} > 0$, показывающих, что достичь ФУ для получения заданного уровня прибыльности ОС в соответствии с выражением (13) можно на основе применения полученных оптимальных стратегий управления распределением ресурсов.

Таким образом, предложенный метод позволяет определить оптимальные стратегии управления различными видами ресурсов для обеспечения финансовой устойчивости ОС на основе нахождения стационарной точки устойчивого равновесия банка при отсутствии конкуренции. Приведённые теоретические обобщения сделаны при условии наличия на входе ОС различных видов ресурсов. Количественные и качественные характеристики эффективного функционирования элементов ОС, алгоритмы распределения ресурса проанализированы и обобщены применительно к результатам типовых финансовых операций. Изменение вида ресурса, алгоритмов его распределения между элементами ОС неизбежно приведёт к изменению результата распределения ресурса при обязательном выполнении условия равноэффективного обеспечения действий элементов банка, как основного условия обеспечения его финансовой устойчивости.

Библиографические ссылки

1. Миштров Л.Е. Теоретические положения методологии синтеза обеспечивающих организационно-технических систем // Инженер. Технолог. Рабочий. 2005. № 4 (52). С. 17–22.
2. Сербулов Ю.С. Стационарные условия устойчивости взаимодействия технологических систем в условиях конфликта // Информационные технологии и системы. Сб. науч. тр. Воронеж: Воронеж. гос. технолог. академия. 2002. № 5. С. 64–67.
3. Гильдерман Ю.И., Кудрина К.Н., Полетаев И.А. Модели Л-систем (системы с лимитирующими фактограмами) // Исследования по кибернетике. М.: Сов. радио, 1970. С. 165–210.
4. Абросов Н.С., Ковров Б.Г., Черепанов О.А. Экологические механизмы сосуществования и видовой регуляции. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1982. 110 с.
5. Hollatz H. Eine hinreichende bedingung fur die zegularitat reelle matrizen // Monatsber. Dtsch. Acad. Wiss. Berlin. 1968. H.10. № 1. S. 8–12.



ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

РОССИЙСКИЕ ИНЖЕНЕРЫ НАЧНУТ РАБОТУ НАД ПРОЕКТОМ CISCO В «СКОЛКОВО» В 2012 Г.

Инновационный центр «Сколково» откроет двери для нового проекта компании Cisco Systems, одного из крупнейших мировых производителей оборудования для сетей связи. В иннограде будут работать около 30 российских инженеров, которые весной отберет американская компания. Исполнительный директор Кластера информационных технологий «Сколково» Александр Туркот сообщил на пресс-конференции в Центре международной торговли (ЦМТ), что все документы, необходимые для регистрации Cisco резидентом иннограда, получены. «В течение двух недель у нас будет ответ от экспертов. Я думаю, он будет положительный», — сказал Туркот, отметив, что компания, несмотря на свою статусность, проходит стандартную процедуру регистрации.

По словам старшего директора инкубационных проектов Cisco Кристофера Томпсона, «Сколково» — лучшая площадка для запуска нового направления компании — разработки новых технологий для видеоаналитики. Для этого в «Сколково» создается Центр сетевых инноваций Cisco Systems.

«Наше участие в «Сколково» дает нам более высокую вероятность реализации этого проекта, чем где-либо в мире», — сказал Томпсон. По его словам, на днях будет зарегистрировано юридическое лицо Cisco в «Сколково».

Ранее, в июне 2010 г., Фонд «Сколково» и Cisco Systems подписали меморандум о сотрудничестве в рамках проекта строительства иннограда.

Набор сотрудников для Центра сетевых инноваций в «Сколково» Cisco начнёт весной, а к осени будет запущена конкретная работа. Как только в Сколково построят необходимые помещения, инженеры Cisco будут находиться там физически, до этого — в офисах компании в Москве.

По словам Кристофера Томпсона, в «Сколково» Cisco займётся разработкой новых технологий для видеоаналитики (в частности, обработка видео) как направлением, которое «обладает самым большим потенциалом» в связи с прогнозируемым удвоением видеоинформации ежегодно вплоть до 2020 г. «Для решения этих задач Cisco нужны математики, лингвисты и исследователи мирового уровня, которыми всегда славилась Россия», — объяснил Томпсон причину запуска проекта на российской площадке.

В планы компании входит построение оси «Сколково — Осло», как некоего «глобального центра мобильности видео», а в самом иннограде компания планирует развивать и другие инновационные направления — например интеллектуальные электросети.

В свою очередь, генеральный директор российского представительства Cisco Systems Павел Бетсис напомнил, что компания планировала за 10 лет вложить в российские инновации один млрд. долларов в виде поддержки стартапов, грантов научным проектам российских университетов, для которых компания откроет свои испытательные лаборатории, окажет поддержку бесплатными поставками оборудования. «Cisco также будет участвовать в привлечении в «Сколково» венчурного капитала», — отметил Бетсис.

Глава IT-кластера «Сколково» Александр Туркот оценил прошедший год взаимодействия с Cisco как успешный и продуктивный и рассказал журналистам о текущей работе кластера. Так, по его словам, на сегодняшний день в Кластере информационных технологий официально зарегистрированы порядка 130 резидентов, из них около 35 получат финансирование в виде грантов до конца 2011 г. Средний размер гранта — примерно 50 млн. рублей, сообщил Туркот. «Сумма грантов на IT — порядка 1,5 млрд. рублей. На 2012 г. запланирована примерно такая же сумма», — подчеркнул представитель «Сколково».

Управляющий директор по ключевым партнерам Фонда «Сколково» Роман Романовский сообщил, что Кластер информационных технологий получает по 50–70 заявок в неделю от компаний, желающих получить «прописку» в иннограде. «Проходит» при этом каждая 3-я компания.

Пресс-конференция представителей Фонда «Сколково» и Cisco состоялась в рамках открытия Московской конференции Cisco Expo-2011 в ЦМТ.

О Фонде «Сколково». Фонд развития центра разработки и коммерциализации новых технологий «Сколково» — некоммерческая организация, созданная по инициативе Президента РФ Дмитрия Медведева в сентябре 2010 г. Цель Фонда — мобилизация ресурсов России в области современных прикладных исследований, создание благоприятной среды для осуществления научных разработок по пяти приоритетным направлениям технологического развития: энергетика и энергоэффективность, космос, биомедицина, ядерные и компьютерные технологии. Проект подразумевает создание Сколковского института науки и технологии (СИНТ), исследовательских институтов, бизнес-инкубатора, центра передачи технологий и коммерциализации, представительств зарубежных компаний и R&D-центров, жилых помещений и социальной инфраструктуры, а также последующее распространение эффективного режима на другие инновационные регионы России. Деятельность инновационного центра «Сколково» регулируется специальным законом, который предоставляет его резидентам особые экономические условия.



ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

Разработка информационной технологии повышения качества стержневой керамической массы в литейном производстве охлаждаемых лопаток для газовых турбин. Заготовительные производства в машиностроении. 2011. № 6.

Приведены полученные методами структурно-параметрического анализа функциональные соотношения между компонентами стержневых масс охлаждаемых лопаток газовых турбин и критериями качества стержневых масс. Показано, что на этих функциональных соотношениях могут решаться различные экстремальные задачи.

Исследование влияния фракции компонентов алюмотермитной смеси на технологические параметры получения термитных сталей. Заготовительные производства в машиностроении. 2011. № 6.

Представлены исследования и определены параметры наиболее эффективной переработки отходов машиностроительного производства посредством экзотермического переплава, при которых достигаются максимальный выход восстановительного металла и высокая производительность процесса. Приведены результаты исследования влияния фракции и гранулометрического состава исходных компонентов алюмотермитной смеси на выход восстановленного металла, а также возможности сокращения в алюмотермитной смеси содержания восстановителя для увеличения производительности процесса.

Исследование обжатий и течения металла в калибре валка при пилигримовой прокатке тонкостенных труб. Заготовительные производства в машиностроении. 2011. № 6.

Описано проведённое теоретическое исследование напряжённо-деформированного состояния металла в мгновенном очаге деформации при пилигримовой прокатке тонкостенных труб. Определены зоны возникновения максимальных растягивающих напряжений. Описана математическая модель и приведены результаты течения металла в мгновенном очаге при пилигримовой прокатке труб.

Совершенствование характеристик ГТД методами структурно-параметрического анализа. Полёт. 2011. № 6.

Предложена информационная технология построения и использования структурно-параметрической модели семейства двухконтурных ГТД в некоторых задачах модификации конструкций ГТД. Показано, что за счёт сравнительно несложных доработок геометрии элементов проточной части серийного двигателя могут быть существенно повышенены его эксплуатационные характеристики.

Байпасное устройство с использованием материалов с памятью формы для обеспечения работоспособности ЛИАБ космического назначения. Полёт. 2011. № 6.

Предложено новое конструктивно-технологическое решение байпасного устройства (БУ), упругий элемент которого изготовлен из материала с эффектом памяти формы. Приведены результаты расчёта упругого элемента, позволившие определить реактивные усилия при срабатывании БУ в случае технологических сбоев.

Расчёт теплового состояния составных поршней форсированных транспортных дизелей. Грузовик. 2011. № 6.

Рассмотрены вопросы моделирования теплового состояния составного поршня тепловозного дизеля с учётом термического сопротивления контакта. Приведена зависимость для определения термического сопротивления как функции контактного давления и параметров, характеризующих микрогеометрию контактируемых поверхностей и их физико-механических свойств и результаты расчётов температурного поля с учётом монтажных и тепловых нагрузок как при учёте воздействия на поршень силы давления газов, так и при его отсутствии.

Моделирование колебаний колёсных машин с жёсткими и податливыми несущими конструкциями. Грузовик. 2011. № 6.

Приведена конечноэлементная модель многоопорной колёсной машины, даны алгоритмы решения разрешающей системы дифференциальных уравнений, а также представлены результаты сравнительного анализа, полученные при моделировании колебаний машины по двум расчётным схемам – с жёсткой и податливой несущей системой.

Рециркуляция отработавших газов в двигателях с воспламенением от сжатия. Грузовик. 2011. № 6.

Рассмотрены особенности реализации рециркуляции отработавших газов в дизелях. Представлена математическая модель процессов, протекающих в цилиндре НССI двигателя. Проведено расчётное исследование влияния рециркуляции отработавших газов на процесс сгорания и показатели рабочего цикла НССI двигателя, работающего на смеси природного газа и демитилового эфира НССI двигателя. Грузовик. 2011. № 6.

Сравнительные исследования свойств газотермических покрытий и систем покрытие–низколегированная сталь для эксплуатации при повышенных температурах. Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 6.

Исследовано влияние жаростойких газотермических покрытий на механические свойства основного материала детали при повышенных температурах. Проведены эксперименты по сварке и гибке листовых материалов с покрытием. Установлено, что жаростойкое газотермическое покрытие из никромового сплава не снижает механические и технологические свойства основы.

Технологическое обеспечение качества турбонасосных агрегатов комбинированными методами отделки и упрочнения. Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 6.

Рассмотрены возможности и результаты обеспечения эксплуатационных показателей нагруженных деталей энергетических установок технологическими методами. Показаны новые методы отделочной и упрочняющей обработки узких межлопаточных каналов сложной формы и средства технологического оснащения для их реализации. Проведена оценка возможностей комбинированных методов обработки для достижения заданных показателей качества турбин различных агрегатов, работающих в экстремальных условиях эксплуатации.

Биосовместимые наноструктурированные гидроциапитовые покрытия и технология их получения плазменно-индукционным напылением. Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 6.

Выявлено, что наноструктурирование биосовместимых керамических покрытий является одним из основных направлений технологии перспективных материалов, в частности медицинских изделий, например внутристенных имплантатов и эндопротезов. Покрытия имплантатов, получаемые известными способами, не обладают необходимой структурой и свойствами биомеханической совместимости, что ограничивает качество указанных изделий. Установлено, что применение термической активации основы изделия перед нанесением покрытия обеспечивает получение необходимого структурно-фазового состояния, в частности размера и формы зёрен.

Импульсный акустический метод измерения пористости газотермических покрытий с лазерным источником ультразвука. Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 6.

Предложен и экспериментально реализован импульсный акустический метод с лазерным источником ультразвука для измерения пористости (объёмной концентрации пор) керамических (Al_2O_3) и металлических (самофлюсирующиеся сплавы) покрытий, полученных плазменным газотермическим напылением на стальную подложку. Метод основан на лазерном термооптическом возбуждении зондирующих ультразвуковых импульсов, измерении фазовой скорости продольных акустических волн в образе покрытия, пропитанного иммерсионной жидкостью (дистиллированная вода, этанол

или керосин), и использовании теоретической модели распространения ультразвука в двухфазной среде.

Технология виртуальной сборки на примере роторов ГТД. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2011. № 6.

Изложены основные положения теории виртуальной сборки, методологические основы её эффективного использования и практической реализации. Рассмотрены проблемы развития технологии виртуальной сборки и примеры её применения в авиа двигателестроении.

Вероятностное моделирование механизма сопряжения рабочих элементов силовых многозвездных механизмов в результате выполнения операций сборки. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2011. № 6.

Приведена математическая модель образования погрешностей многозвездного соединения, формирующихся в результате сборки, с учётом действия множества случайных и неслучайных факторов. Показаны параметры распределения зазоров между рабочими элементами звеньев соединения. Предложены зависимости для определения этих параметров, начиная от звена, в котором зазор минимальен, и кончая звеном с максимальным зазором. Получено выражение для определения параметров распределения суммы зазоров в соединении, которое может служить одним из показателей точности соединения. Данная модель может быть использована для построения соответствующих моделей конкретных устройств, в частности винтовых передач.

Программное обеспечение для автоматизированного дискового зуборезного долблака. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2011. № 6.

Показано разработанное программное обеспечение для автоматизированного расчёта конструктивных параметров и построения моделей и чертежей дисковых долблаков.

Математическое описание сборного режущего инструмента для моделирования процессов механической обработки. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2011. № 6.

Предложено построение математической модели геометрического образа режущей части сборного инструмента, оснащённого СМП, для моделирования процессов резания и проектирования сборного инструмента. Приведён пример модели, описывающей режущие пластины наиболее распространённой равносторонней и равноугольной формы. Построение модели сборного инструмента проводят путём геометрических преобразований систем координат. В качестве исходных данных используют заданные величины геометрических параметров режущего лезвия. Получены уравнения для расчёта статических углов инструмента.