

Автоматизация и Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

Главный редактор
В.Л. Белоусов

11
—
2011

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)

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

Микаева С.А. Контроль качества пресс-формы отражателя по цифровой модели кривой светораспределения	3
Васечкин М.А., Матвеева Е.В., Проскурин А.В. Моделирование волновых процессов в несущей газовой проплойке	7

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Алиев Р., Гусейнов Р. Фрезерные роботы – взгляд на техническое состояние	11
Хубаев Г.Н. Имитационное моделирование для получения групповой экспертной оценки значений различных показателей	19
Григорьев С.Н., Кутин А.А. Инновационное развитие высокотехнологичных машиностроительных производств на основе интегрированных АС ТПП	23
Неусыпин К.А., Никольская Н.С. Разработка системы подготовки принятия решений для врача-психолога	30

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Мустафаев М.Г. Эффективность управления технологическим процессом при создании сложных изделий	34
Захарова А.А., Сахаров С.В., Чернышева Т.Ю. Автоматизация выбора проектов развития региональной инновационной системы на основе иерархической модели	38

ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

В России обучение по программе Сетевых академий Cisco станет доступно и в средних профессиональных учебных заведениях	44
---	----

ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов	46
-----------------------------	----

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-Овseenко, 13. Тел.: (499) 795 1789

**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**

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

Micaeva S.A. Reflector mold quality control by means of digital model of the light distribution curve	3
Vasechkin M.A., Maveeva E.V., Proskurin A.V. Wave processes modeling in the supporting gas interlayer	7

MODERN TECHNOLOGIES

Aliev R., Guseynov R. Milling – technical state view	11
Khubaev G.N. Simulating modeling for group authority valuation receipts of the different indices value	19
Grigorev S.N., Kutin A.A. Hi-tech machine-building production innovative development from a integrated AS TPP	23
Neusyipin K.A., Nikolskaya N.S. Preparation system development of the decision acceptance for the doctor-psychologist	30

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

Mustafaev M.G. Technological process management efficiency when complex articles creating	34
Zakharova A.A., Sakharov S.V., Chernysheva T.Yu. Automation of choice regional innovative system of development projects on the basis of a hierarchical model	38

EXHIBITION AND PRESENTATIONS

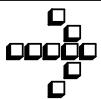
Training for Cisco Networking Academy Program will be available in secondary vocational schools in Russia too	44
---	----

SURVEY OF PERIODICALS

Periodicals review	46
--------------------------	----

Сдано в набор 30.08.11. Подписано в печать 27.10.11.
Формат 6088 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Уч. изд. л. 6,9. Заказ 763. Цена свободная

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



УДК 681.2:682.9

С.А. Микаева, д-р техн. наук, проф.

(Московский государственный университет приборостроения и информатики)

mikaeva@pechkin.npo.lit.ru

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРЕСС-ФОРМЫ ОТРАЖАТЕЛЯ ПО ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ КРИВОЙ СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Описан технологический процесс изготовления элементов световых приборов, наиболее критичных к устойчивости и повторяемости формы. Приведён алгоритм построения автоматизированного контроля качества поверхности штампованного отражателя, который позволяет регулярно контролировать устойчивость пресс-формы без использования механических шаблонов.

Ключевые слова: контроль повторяемости формы, цифровая модель светового прибора, контроль качества, конечно-элементная модель поверхности отражателя, кривая светораспределения, устойчивость пресс-формы, зона выработки пресс-формы.

Manufacturing technological process of the light instruments elements critical to shape stability and recurrence is described. Construction algorithm of the quality automatic control for stamped reflector surface is adduced, that allows control die stability on a regular basis without utilization of the mechanical patterns.

Key words: shape recurrence control, light instrument digital model, quality control, final-elemental model of the reflector surface, light distribution curve, die stability, mold wear field.

Одной из наиболее сложных проблем производства световых приборов является контроль качества пресс-форм, используемых для изготовления светоперераспределяющих элементов. Известно, что матрицы и пуансоны, применяемые при изготовлении элементов световых приборов, со временем изнашиваются, в результате чего происходит отклонение формы светоперераспределяющих элементов от расчётной. Контроль формы таких элементов на рабочем месте затруднителен, так как требуются специальные шаблоны. Указанную проблему предлагается решить сравнением расчётной и измеренной кривой светораспределения и последующей локализацией отклонения формы от триангуляционной модели.

Построение триангуляционной модели. Известно, что основной особенностью светотехнических программ является использование расчётного ядра, основанное на замене источника света точечным источником света или сетью точечных источников, а формы отражателя оптической системы приближённой математической формулой. Такое приближение во многих случаях оказывается недостаточным. Возникает вопрос создания системы, автоматизированного проектирования

для анализа светораспределения оптической системы основанной на аппроксимации оптической сцены сетью примитивных полигонов. Ниже рассмотрена возможность применения конечно-элементного анализа для расчёта и проектирования систем освещения.

Актуальной задачей, которая может решаться методом триангуляции, являются компьютерное моделирование и проектирование осветительных приборов и устройств. К таким устройствам можно отнести практически весь спектр световых приборов. Триангуляцией называется планарный граф, все внутренние области которого являются треугольниками.

Использование триангуляции для компьютерного расчёта и анализа данных обусловлено следующими причинами:

треугольник, являющийся самым простым из полиномов, однозначно задаёт плоскость (при компьютерном моделировании – плоскую грань);

объём и сложность вычислений заметно сокращаются, чем при использовании других полиномов (так как при вычислении площади полинома используется принцип разбиения его на примитивные полиномы, площадь которых вычисляется по известным формулам);

для треугольника легче определить трёх его соседей, имеющих с ним общие грани, а также реализовать процедуры обработки частей с оптическими характеристиками, что просто для области, ограниченной треугольником.

При анализе или расчёте различных форм отражателей и источников света их заменяют сетью треугольников, а затем работают с каждым из этих треугольников. Треугольник имеет свои свойства и оптические характеристики, которые наследуются при разбиении грани объекта на составляющие. Любой трёхмерный объект представляет собой тело, которое «обтянуто» боковой поверхностью, поэтому триангуляция объекта сводится к триангуляции всех боковых граней объекта [1].

При аппроксимации оптической системы можно получить различные виды триангуляционных сеток, поэтому возникает задача поиска сетки, которая будет наиболее оптимальной для анализа светотехнических характеристик.

При исследовании проанализированы основные виды построения триангуляционных сеток. Одним из наиболее оптимальных с точки зрения сходимости решения и экономии времени является триангуляция Делоне, имеющая по сравнению с другими видами ряд преимуществ:

возможность её получения из любой другой триангуляции, состоящей из данного набора вершин;

максимальная сумма минимальных углов треугольников среди всех возможных триангуляций, тем самым избегаются «тонкие» треугольники;

минимальная сумма радиусов окружностей, описанных около треугольников, среди всех возможных триангуляций, тем самым треугольники приближаются к равномерным.

Триангуляция является триангуляцией Делоне, если внутри окружности, описанной вокруг любого из треугольников, не лежит больше ни одной вершины триангуляции, а минимальный треугольник, охватывающий все вершины триангуляции, будет выпуклым [2].

Среди множества известных алгоритмов построение сеток, удовлетворяющих критерию Делоне, наиболее экономичным во времени является алгоритм динамического кэширования. Погрешность замены осветительного прибора сеткой треугольников данным методом составляет менее 0,04 %, что является достаточно приемлемой.

После создания триангуляционной сетки необходимо перевести её в соответствующий формат для дальнейшего использования в программах расчёта светотехнических характеристик.

Для оптического моделирования наиболее оптимальным является метод Монте-Карло. Прямая трассировка лучей методом Монте-Карло моделирует распространение световых лучей от

источника света до приёмника излучения и тем самым статистически воспроизводит распределение освещённости, интенсивности или яркости на приёмнике излучения. Метод Монте-Карло позволяет моделировать все физические эффекты распространения лучей [3].

В настоящее время ЭВМ предоставляет пользователю различные варианты результатов. Выделим основные моменты технологии расчёта:

создание осветительного прибора в машиностроительной САПР;

построение триангуляционной сетки и экспорт её в наиболее распространённый формат чтения данных;

обработка и анализ данных светотехнических характеристик, необходимых пользователю;

экспорт результатов в виде рисунков или таблиц данных MS EXCEL.

Данная технология рассмотрена на примере светильника ГСП 17 со встроенным пускорегулирующим аппаратом (ПРА) Ардатовского светотехнического завода (Республика Мордовия). Тип лампы, используемой в светильнике ДРИ 250Вт, с цоколем Е40 (рис. 1). Для оптимизации точности триангуляционной сетки и скорости выполнения расчётов оптической системы конечно-элементной моделью пользователь должен выбрать точность построения сетки. Поэтому перед пользователем стоит стандартная задача выбора количества или качества.

На рис. 2 приведён пример аппроксимации части поверхности, ограниченной сферическим треугольником.

Величина значения *def* является точностью аппроксимации трёхмерного треугольника плоским. Возникает вопрос создания функции, определяющей размер сферического избытка, при котором с учётом значения сферического треугольника замена плоским треугольником будет допустима. Соответственно точность триангуляционной сети тоже зависит от данного коэффициента, регули-



Рис. 1. Светильник ГСП 17 с алюминиевым отражателем для металлогалогенных ламп типа ДРИ для общего освещения помещений

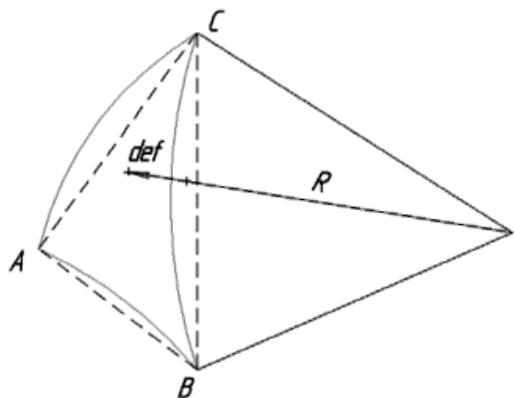


Рис. 2. Замена сферического треугольника плоским

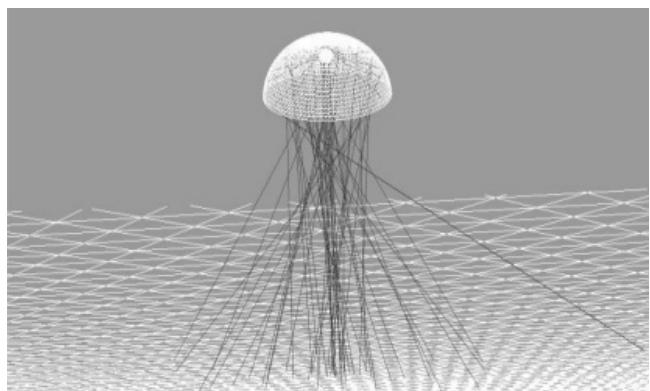


Рис. 4. Визуализация алгоритмов преломления

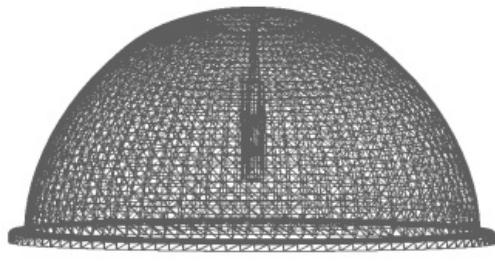


Рис. 3. Триангуляционная сетка осветительного прибора

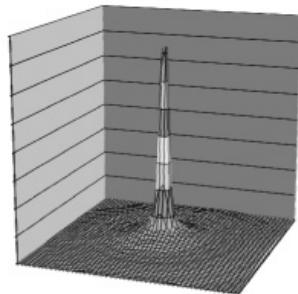


Рис. 5. Таблица значений изолюксов на плоскости

ирующего соответствие между точностью разбиения и размером сферического избытка треугольника:

$$e = A + B + C - \pi, \quad (1)$$

где A, B, C – углы сферического треугольника.

При расчёте светотехнических характеристик и замене сложной поверхности оптической системы на плоские треугольники площадь поверхности также будет зависеть от значения сферического избытка. От функции, регулирующей точность триангуляции, зависит площадь сферического треугольника:

$$s = R^2 e, \quad (2)$$

где R – радиус кривизны сферического треугольника.

В результате аппроксимации данного светильника получена триангуляционная сетка отражателя и лампы, представленная на рис. 3.

Для расчёта оптических характеристик необходимо использовать алгоритм трассировки лучей отслеживанием взаимодействия отдельных лучей с поверхностями. После того как из источника света трассирующий луч найдёт пересечение с

каким-либо треугольником, алгоритм определяет, что будет происходить с лучом (отражение, поглощение и т. д.). Все преобразования основаны на физических алгоритмах распространения света. Как правило, расчёт оптических характеристик проводится на плоскости. На рис. 4 представлена визуализация трассировки лучей оптической системы.

При трассировке луча с каждым треугольником оптической системы данные пересечения луча с приёмником (плоскостью) записываются в массив, который для удобства представления данных можно свести в таблицу Microsoft Excel (рис. 5).

Далее с помощью алгоритмов расчёта получены кривые сил света (КСС), построенные в графической библиотеке OPEN GL, являющейся базовой системой для 3D САПР (рис. 6). КСС, представленные заводом-изготовителем, изображены на рис. 7.

Результаты, полученные при анализе КСС данного светильника, показали хорошую сходимость результата с приведёнными характеристиками осветительного прибора.

Контроль качества отражателя. Известно, что основным показателем качества любой светопрераспределяющей системы и отражателей является соответствие результирующей кривой све-

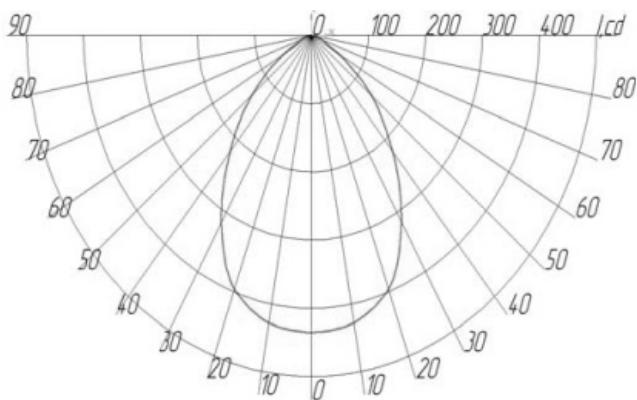


Рис. 6. Кривая силы света в трёхмерном пространстве

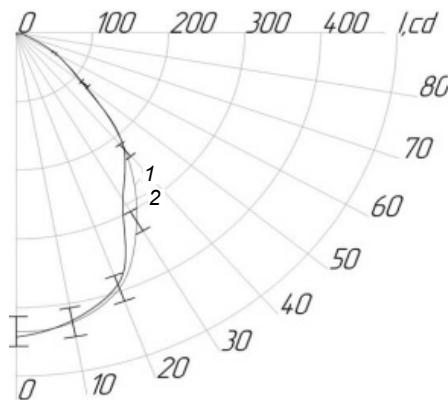


Рис. 8. Расчётная (1) и измеренная (2) кривые светораспределения отражателя

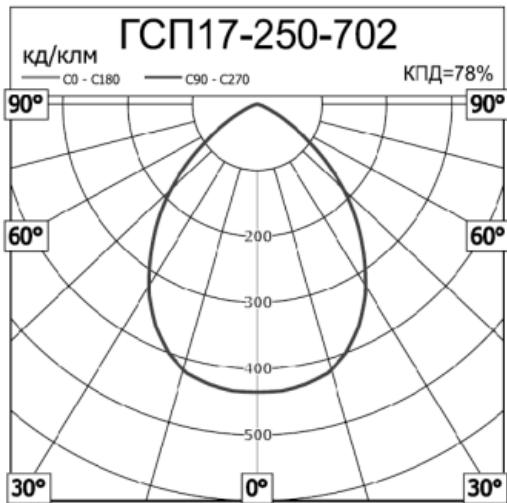


Рис. 7. Кривая силы света, представленная заводом-изготовителем

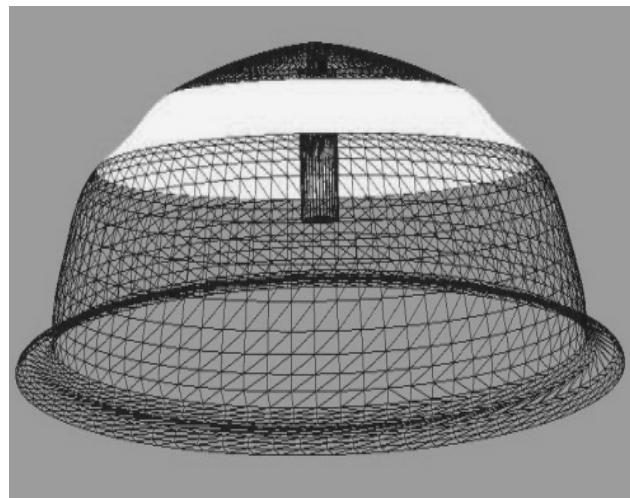


Рис. 9. Выделенная зона брака на триангуляционной модели

тораспределения заданной в пределах производственной точности. В процессе проектирования отражателя методом триангуляции в системе накапливается и сохраняется информация о всех конечных элементах поверхности светового прибора и конусах лучей, участвующих в формировании кривой светораспределения. При этом конусы лучей в математической модели представляют объекты, имеющие следующие атрибуты (свойства): номера конечного элемента источника и приёмника, порядок луча (0 – лучи от источника излучения, 1 – первично отражённый луч и т. д.), величину яркости. Указанную информацию можно использовать для определения связи между конечными элементами поверхности и участками кривой светораспределения.

На рис. 8 представлены кривые светораспределения (измеренная и расчётная). На интервале

20–40° имеется значительное отклонение от заданного светораспределения. Далее необходимо определить, какие части оптической системы участвовали в формировании указанного участка кривой светораспределения. При трассировке луча его данные (длина, номер треугольника, координаты, направление, сила) записываются в отдельный файл.

Так как все данные о пересечении записаны в файл, а каждый треугольник оптической системы имеет свой порядковый номер, то необходимо выделить номера треугольников, которые не входят в доверительный интервал. Представленный алгоритм учитывает вероятностный характер формирования кривой светораспределения с помощью ранжирования порядка конуса лучей и его габаритной яркости. Конусы, имеющие порядок выше единицы и габаритную яркость менее

0,5 средневзвешенной по модели, на первом шаге итерации отбрасываются. На рис. 9 представлена триангуляционная модель отражателя светильника ГСП 17 с выделенной зоной производственного брака.

Дополнительно в систему контроля качества встроен модуль моделирования поверхности отражателя, отформованной на выработанной пресс-форме. На рис. 9 видна «волна», которая обычно образуется при критической выработке пуансона. Аналогичный вид производственного брака получается при выработке оправки при операции выдавливания отражателя.

Выводы. Представленный алгоритм построения автоматизированного контроля качества поверхности штампованного отражателя позволяет регулярно контролировать устойчивость пресс-формы без применения механических шаблонов.

Такой подход оптимизирует технологический процесс изготовления элементов световых приборов, наиболее критичных к устойчивости и повторяемости формы.

Библиографические ссылки

1. Абрамова Л.В., Шибайкин С.Д. К вопросу разработки модели триангуляционной сетки осветительных приборов. Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: Сб. науч. тр. VII Всерос. науч.-техн. конф. / Под ред. проф. Л.В. Абрамовой. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. С. 117–118.
2. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2002. 127 с.
3. Галактионов В.А. Программные технологии синтеза реалистичных изображений. Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. М., 2006. 36 с.

УДК 663.916.23

М.А. Васечкин, канд. техн. наук, доц., **Е.В. Матвеева**, канд. техн. наук, доц.,
А.В. Проскурин (Воронежская государственная технологическая академия)

vmax77@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В НЕСУЩЕЙ ГАЗОВОЙ ПРОСЛОЙКЕ

Получена математическая модель, описывающая поле давления с учётом волновых процессов в несущей газовой прослойке, возникающих при импульсной подаче газа в прослойку.

Ключевые слова: несущая газовая прослойка, поле давления, волна в газовой прослойке, импульсная подача газа.

The mathematical model describing the pressure area by taking into account the wave processes in the supporting gas interlayer for the impulse gas feeding into the interlayer is derived.

Key words: supporting gas interlayer, pressure area, a wave in the gas interlayer, impulse gas feeding.

Применение сжатого воздуха в технологическом процессе обусловливается рядом преимуществ. Во-первых, его получение требует незначительных энергозатрат, во-вторых, создаваемый газовый слой между опорной поверхностью изделий и поверхностью технологического оборудования предотвращает их контакт, что очень важно при производстве пищевых продуктов.

Наряду с перечисленным пневмоустановки обладают следующими достоинствами: отсутствие движущихся механических частей, простота обслуживания и эксплуатации, возможность совмещения процесса транспортирования с какими-либо технологическими операциями.

Применение сжатого воздуха в качестве рабочей среды создаёт предпосылки к созданию автоматизированных технологических комплексов, в которых автоматическое управление оборудова-

нием осуществляется с использованием элементов пневмоавтоматики. Несущая газовая прослойка является неотъемлемой частью таких систем, обеспечивая неоспоримые преимущества демпфирующих устройств, установок для бесконтактного взвешивания и транспортирования и других устройств.

Однако устройства с несущей газовой прослойкой имеют один существенный недостаток – поле давления в прослойке неоднородно, т. е. имеет «пики» и «провалы». Они оказывают заметное влияние на эффективность функционирования систем, предназначенных для работы с вязкопластичными легкодеформируемыми материалами.

«Провалы» могут образовывать зоны «пневмоахвата», которые бывают развитые и неразвитые. В первых давление среды принимает отрицательные значения, во вторых – меньше величин, тре-

буемых для компенсации нагрузок на несущую газовую прослойку со стороны объекта струйного воздействия в каждой точке поверхности её контакта с несущей газовой прослойкой. Избыточное давление всегда равно нулю на границах развитых и неразвитых зон захвата. Возникновение зон захвата обусловливается рядом аспектов: особенностями гидрогазодинамических процессов течения среды в несущей газовой прослойке; свойствами рабочей поверхности распределительных решёток и свойствами поверхности объекта. Трудноучитываемые особенности рельефа рабочей поверхности решётки или объекта струйного воздействия нивелируют гидрогазодинамические предпосылки возникновения таких зон. В этих случаях образуются так называемые зоны-призраки. Возможно и обратное, когда полученная гидрогазодинамическая картина течения среды в несущей газовой прослойке корректируется особенностями поверхности настолько, что возникновение зон захвата носит случайный характер. Такие зоны будем называть в дальнейшем случайно возникающими.

Можно определить основные этапы развития зоны захвата: возникновение центра зоны, развитие последней, появление развитой зоны и её увеличение.

Возникновение зон «пневмозахвата» приводит к образованию неровностей на опорной поверхности легкодеформируемого изделия и в дальнейшем к его контакту и прилипанию к поверхности решётки (рис. 1).

К нарушению функционирования несущей газовой прослойки может привести эффект прошивания одной из ограничивающих его поверхностей струями газа, сформированными при его истечении сквозь отверстия газораспределительной решётки (рис. 2).

Названные эффекты связаны с инерцией течения газа в каналах. В случае эффекта пневмозахвата таким каналом является собственно несущая

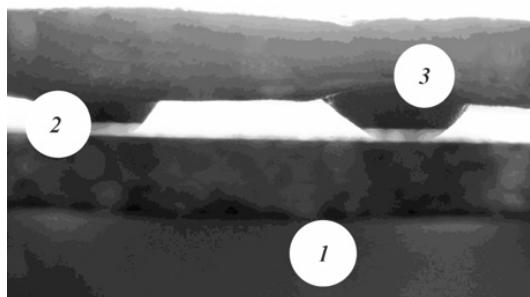


Рис. 1. Эффект пневмозахвата в несущей газовой прослойке:

1 – газораспределительная решётка с расстоянием между центральными осями отверстий $7,5\text{--}10^{-3}$ мм; 2 – несущая газовая прослойка; 3 – легкодеформируемый объект (мягкий полимер)

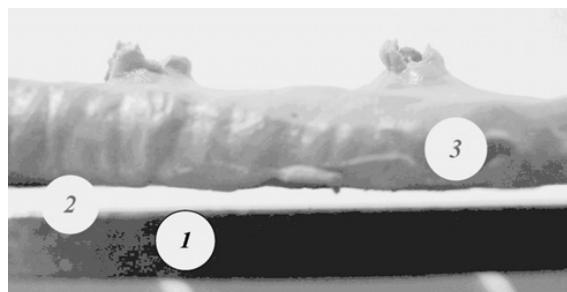


Рис. 2. Эффект прошивания объекта воздействия струями газа, истекающего из отверстий газораспределительной решётки:

1 – газораспределительная решётка с расстоянием между центральными осями отверстий $7,5\text{--}10^{-3}$ мм; 2 – несущая газовая прослойка; 3 – легкодеформируемый объект (мягкий полимер)

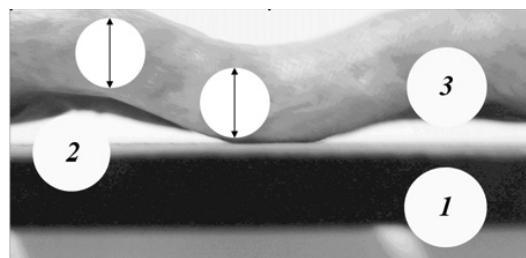


Рис. 3. Взаимные возвратно-поступательные движения поверхностей, ограничивающих несущую газовую прослойку, с частотой 5 Гц:

1 – газораспределительная решётка с расстоянием между центральными осями отверстий $7,5\text{--}10^{-3}$ мм; 2 – несущая газовая прослойка; 3 – легкодеформируемый объект (мягкий полимер)

газовая прослойка; в случае эффекта прошивания – отверстие решётки. При образовании несущей газовой прослойки в ней возникают нежелательные явления, способные частично или полностью исключить существование несущей газовой прослойки.

Вынужденные колебания одной или двух ограничивающих поверхностей могут привести к устранению прослойки. При таких колебаниях, в случае когда одна из названных поверхностей легкодеформируемая, возможны следующие крайне нежелательные ситуации: движение отдельных фрагментов легкодеформируемого материала с ярко выраженным свойством текучести по инерции может привести к контакту с газораспределительной решёткой, даже при отсутствии предпосылок к развитию эффекта пневмозахвата (при высокочастотных колебаниях); низкочастотные колебания могут спровоцировать этот эффект в системе с несущей газовой прослойкой (рис. 3).

Пористые газораспределительные решётки лишены перечисленных недостатков, и при их использовании реализуется режим «рассеянного» запитывания прослойки (газ подаётся через множество хаотично расположенных каналов переменной формы и размеров), что приводит к созданию выровненного поля давления в прослойке. Однако применение таких решёток ограничено вследствие сложности и высокой стоимости их изготовления.

Совмещение достоинств обоих типов решёток возможно при импульсном режиме подачи газа в прослойку через отверстия с чётко заданной геометрией [1].

При импульсной подаче газа, образованной за счёт циклического изменения площади проходного сечения с помощью сферической заслонки, поле давления газа в прослойке будет складываться из двух компонент (рис. 4):

$$p = p_{\text{ст}} + p_{\text{в}}, \quad (1)$$

где $p_{\text{ст}}$ – давление, обусловленное истечением газа при стационарном режиме, Па; $p_{\text{в}}$ – волновая составляющая давления при импульсной подаче газа, Па.

При этом стационарная составляющая давления снижается до величины, соответствующей расходу Q_{\min} , а волновая пропорциональна импульсному изменению расхода от Q_{\min} до Q_{\max} . Максимальный Q_{\max} и минимальный Q_{\min} расход газа равен соответственно расходу при полностью открытом отверстии и расходу, когда площадь проходного сечения наименьшая.

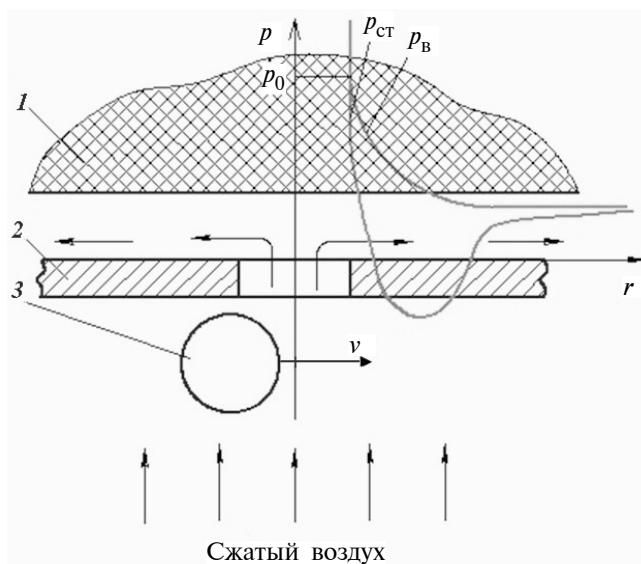


Рис. 4. Система «Сферическая заслонка – цилиндрическое сопло – несущая газовая прослойка»:

1 – легкодеформируемый объект; 2 – цилиндрическое сопло; 3 – сферическая заслонка

Поле давления в прослойке при стационарном режиме истечения газа описывается системой уравнений Навье–Стокса совместно с уравнением неразрывности, частное решение которого имеет вид [2]

$$p_{\text{ст}} - p_{\text{в}} = \frac{6\mu Q_{\min}}{\pi h^3} \ln \frac{R_0}{r} - \frac{Q_{\min}^2 \rho}{8\pi^2 h^2} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R_0^2} \right), \quad (2)$$

где μ – коэффициент вязкости газа; h – толщина прослойки.

Выражение (1) справедливо, в случае если минимальная циклическая частота изменения площади проходного сечения будет

$$\omega_{\min} = \frac{\vartheta_{3B}}{R_{\text{из}}},$$

где ϑ_{3B} – скорость звука в газообразных средах, м/с; $R_{\text{из}}$ – радиус изделия, м.

Волновую составляющую давления можно получить с помощью волнового уравнения [3]:

$$\frac{\partial^2 (p_{\text{в}} r)}{\partial t^2} = \vartheta_{3B}^2 \frac{\partial^2 (p_{\text{в}} r)}{\partial r^2}.$$

Частное решение волнового уравнения для расходящейся цилиндрической волны, распространяющейся от центра отверстия

$$p_{\text{в}} = \frac{P_1}{\sqrt{r}} \exp[i(\omega_B t - kr)], \quad (3)$$

где P_1 – параметр, характеризующий систему; ω_B – рабочая циклическая частота изменения площади проходного сечения, рад/с; k – волновое число.

Рабочая циклическая частота изменения площади проходного сечения

$$\omega_B = \varepsilon \omega_{\min} = \varepsilon \frac{\vartheta_{3B}}{R_{\text{из}}}, \quad (4)$$

где $\varepsilon \geq 1$ – коэффициент, характеризующий количество волн в прослойке.

Волновое число

$$k = \frac{\omega_B}{\vartheta_{3B}} = \frac{\varepsilon}{R_{\text{из}}}. \quad (5)$$

Параметр, характеризующий систему

$$P_1 = p_0 \sqrt{r_0}, \quad (6)$$

где p_0 – давление звуковой волны на расстоянии r_0 от центра отверстия, Па; r_0 – радиус отверстия, м.

Выражение (3) с учетом (4) – (6) примет вид

$$p_{\text{в}} = p_0 \sqrt{\frac{r_0}{r}} \exp \left[i \frac{\epsilon}{R_{\text{изд}}} (\vartheta_{\text{зв}} t - r) \right]. \quad (7)$$

Давление звуковой волны на расстоянии r_0 от центра отверстия

$$p_0 = \frac{\rho (Q_{\max} - Q_{\min})^2}{4\pi r h},$$

где ρ – плотность газа, кг/м³.

Влияние на течение газа в прослойке сферическая заслонка оказывает лишь в том случае, когда в окрестностях отверстия она будет создавать местное сопротивление, т. е. будет проходить через некоторую «зону чувствительности», которая имеет форму шарового сегмента радиусом R_q , ограниченного горизонтальной плоскостью, удалённой от нижней поверхности газораспределительной решётки на расстоянии R_c .

Размер зоны чувствительности можно определить из выражения

$$R_q = R_c \sin \alpha_0 \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha_0} + 1 \right) - r_0 \tan \alpha_0,$$

где R_c – радиус сферической заслонки, м; α_0 – параметр, характеризующий зону чувствительности, определяемый из выражения

$$\alpha_0 = \arcsin \left(\frac{- \left(\frac{R_c^2}{r_0^2} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{R_c^2}{r_0^2} - 1 \right) + 4}}{2} \right).$$

Расход газа, истекающего через отверстие в случае появления заслонки в зоне чувствительности, определяется из выражения

$$Q = S_n \eta \sqrt{\frac{2(p_k - p_{0ct})}{\rho}},$$

где η – коэффициент расхода сопла; p_k – давление в камере, Па; p_{0ct} – давление в прослойке на расстоянии r_0 от центра отверстия.

Площадь пропускного сечения

$$S_n = \frac{\pi R_c \sqrt{z^2 + r^2}}{\cos \frac{\alpha}{2}} - \frac{r_0}{2} \int_0^{2\pi} \sqrt{1 + \frac{z^2 + r^2}{(R_c - r_0)^2} + 2 \frac{r}{R_c - r_0 \cos \lambda} d\lambda},$$

где $\alpha = \arcsin \frac{R_c - r_0}{\sqrt{z^2 + r^2}}$; z и r – текущие координаты положения центра сферической заслонки.

Аналитический анализ зависимостей (1), (2) и (7) позволяет сделать вывод о том, что импульсное запытывание несущей газовой прослойки даёт возможность в некоторой степени выровнять поле давления в несущей прослойке за счёт появления волновой составляющей (см. рис. 4). При этом необходимо придерживаться чёткого диапазона рабочей циклической частоты изменения площади проходного сечения, так как её низкое значение может привести к механическим колебаниям удерживаемого объекта, а также к усилению эффекта «пневмозахвата» или к контакту и прилипанию материала к газораспределительной решётке вследствие колебаний. Заведомо высокое значение частоты изменения проходного сечения может создать такой режим, при котором влияние волновой составляющей будет незначительно из-за инерционности газовой среды.

Таким образом, приведённые выше зависимости могут быть использованы при разработке устройств с несущей газовой прослойкой.

Библиографические ссылки

1. Повышение эффективности работы пневматических захватных устройств промышленных роботов / О.А. Носов, Д.С. Щербаков, Е.В. Носова, О.Н. Елисеев // Автоматизация и современные технологии. 2005. № 7. С. 5–9.
2. Елфимов С.А., Чертов Е.Д. Исследование струйных захватов // Теоретические основы проектирования автоматизированных производств. Сб. науч. тр.: Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 1996. С. 197–203.
3. Горелик Г.С. Колебания и волны. М., 1959. 572 с.



УДК 621.865.8

Р. Алиев, Р. Гусейнов (Технический университет, г. Фрейберг, Германия)
rezo_aliyev@yahoo.de

ФРЕЗЕРНЫЕ РОБОТЫ – ВЗГЛЯД НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

Изложены результаты проведённых за последние годы исследований промышленных роботов, используемых при фрезеровании и тестированных в промышленных испытаниях. После анализа конструкции промышленных роботов представлены их статические и динамические свойства, которые являются решающими при фрезеровании на высоких скоростях. Приведены примеры фрезерования роботами различных компаний Германии в области робототехнологических комплексов.

Ключевые слова: фрезерование, промышленные роботы, динамика роботов, точность обработки.

Results of the industrial robots researches conducted during last years, utilized at milling and tested at the industrial checkout are stated. Industrial robots static and dynamic characteristics that are determining factors at milling with high cutting speed are introduced after industrial robots structure analysis. Milling examples by using of the robots from different Germany firms in the robot-technological complexes line are adduced.

Key words: milling, industrial robots, dynamic, machining accuracy.

Введение. Промышленные роботы нашли широкое применение во многих отраслях промышленности. Основными областями использования являлись сборочные производства, окрашивание и склеивание деталей и узлов во время сборки, проведение контрольных операций, а также их механическая обработка. Единственным направлением механической обработки, которому служили роботы до конца 90-х гг., была сварка узлов с помощью лазерной головки, встроенной в руку робота, и очистка рёбер отливок от заусенцев с применением вращающегося шлифовального круга. Ряд усовершенствований, введённых в конструкцию промышленных роботов и в систему их управления за истекшее десятилетие, открыли другие области применения для более точной механической обработки под давлением и в фрезеровании.

Промышленные роботы. Традиционные направления применения промышленных роботов, такие как, например, сварка, сборка, склеивание, не требуют больших усилий руки робота и допускают достаточно низкую точность обработки [1, 2]. Стремление использовать промышленные роботы в других направлениях механической обработки, что обусловлено постоянным развитием производственных процессов, привело к изменению этих требований. Если рост степени автоматизации, точности, жёсткости и надёжности движений роботов, основанный на постоянном усовершенствовании производства, связан, с

одной стороны, с техническим прогрессом, то, с другой стороны, этот рост вызван стремлением предприятий снизить производственные затраты. С этой точки зрения область применения промышленных роботов, являющихся важным компонентом автоматизированных гибких производственных систем, охватывает не только автомобилестроение, как это было раньше, но и процессы в машиностроении, литейном и инструментальном производстве. Универсальность роботов позволяет применять их при обработке прототипов, фрезеровании и шлифовании отливок, производстве деталей средней и низкой степени точности обработки.

Промышленные роботы, используемые в производстве, отличаются количеством координатных осей, определяемым формой рабочей зоны и кинематической компоновкой. На рис. 1 показана классификация промышленных роботов в соответствии с кинематической компоновкой и соединением звеньев.

В зависимости от конструкции роботов их рабочие зоны ограничены конкретными участками в возможном пространстве передвижения. Конструкция широко применяемых шарнирно-манипуляторных роботов допускает сферическую рабочую зону. Жёсткость такого робота зависит от координаты расположения его руки в рабочем пространстве, что приводит в результате к отклонению точности механической обработки деталей [2].

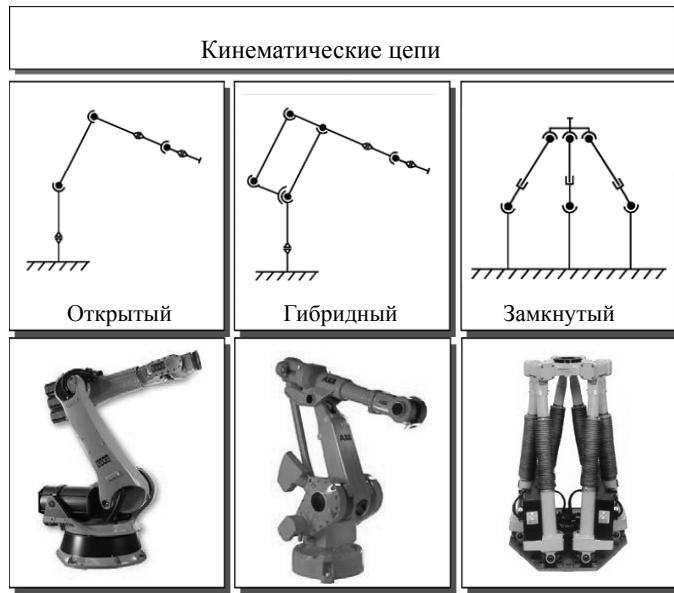


Рис. 1. Кинематическая структура промышленных роботов

Движение руки робота в пространстве обычно определяется углами поворота осей. Поэтому прямоугольные движения подачи, осуществляемые в декартовой системе координат для реализации стратегии фрезерования, должны трансформироваться в угол поворота осей робота. Эта проблема, являющаяся препятствием в процессах фрезерования роботами, уже нашла своё решение в применении программного продукта (Робомил), обеспечивающего перемещение инструмента из декартовой системы координат в полярную [3].

Программы, разработанные для эксплуатации роботов, на практике определяют пространственное положение центральной точки инструмента (TCP-tool point center), закрепленной в руке робота. TCP является визуальной точкой отсчёта траектории образующей части режущего инструмента, и она находится на конце фрезерного инструмента.

Большинство промышленных роботов, предлагаемых на рынке, обладают открытой (незамкнутой) кинематикой. Открытая кинематическая цепь состоит из последовательно соединённых звеньев. В качестве примера можно привести робот-манипулятор со складывающейся рукой. Многие из таких роботов изготавливаются асимметрично относительно оси корпуса (см. рис. 1, слева). В отличие от этих роботов, у которых передача третьего звена является непосредственной, были разработаны и другие роботные конструкции, где для передвижения последнего звена применялся специальный параллелограмм (см. рис. 1, в центре). Это движение называют кинематическим или гибридным, так как параллелограмм можно рассматривать в

виде замкнутой кинематической цепи. Применение параллелограмма ограничивает движение кинематической схемы робота. В отличие от открытой кинематики замкнутая кинематическая схема требует параллельного (симультанного) участия всех осей в осуществлении окончательного движения.

Следует также отметить, что 71 % используемых в промышленности роботов имеют открытую кинематику. С этой точки зрения научные исследования, направленные на расширение применения промышленных роботов в механической обработке, в основном касались роботов с открытой кинематикой, так как они владеют большим потенциалом при фрезеровании крупноразмерных деталей со сложной геометрией.

Фрезерные роботы. Процесс фрезерования в динамическом режиме ставит перед промышленными роботами задачи принятия статических и динамических составляющих сил резания и гашения образующихся вибраций с различными частотами. Эти свойства не имели ранее столь большой значимости в роботах, используемых в сборочном и сварочном производстве. Именно поэтому скепсис, возникший в вопросе пригодности роботов в фрезеровании, препятствовал расширению их применения. К примеру, на сегодняшний день лишь 3 % промышленных роботов в Германии используются в механической обработке.

На первых стадиях применение промышленных роботов в фрезеровании касалось только легкообрабатываемых материалов. Примером здесь может служить совместное изучение рядом пред-

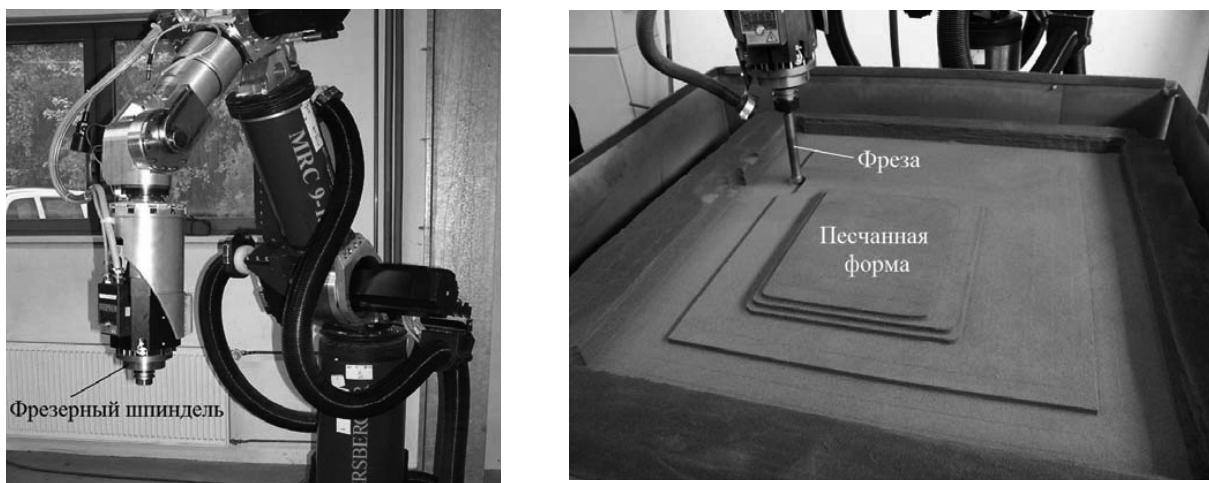


Рис. 2. Промышленный робот для фрезерования песчаных форм – MRC 7-25

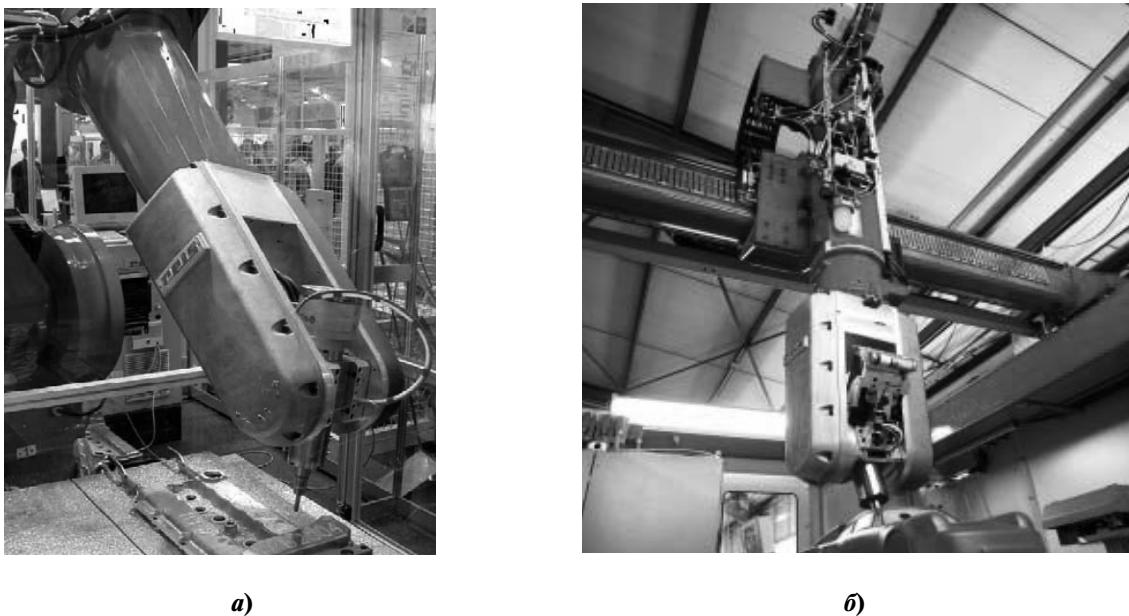


Рис. 3. Фрезерный робот RLP16 фирмы REIS:
с манипулятором (а) и с порталной компоновкой (б)

приятий фрезерования песчаных форм с помощью роботов (рис. 2). Основной целью исследований служила разработка конструкций роботов и фрезерных инструментов для изготовления форм, используемых при производстве больших металлических прототипов [4, 5]. Фрезерный робот, разработанный на базе сварочного робота, с первых же дней показал свою неконкурентоспособность по сравнению с фрезерными станками. Низкая жёсткость руки робота вынуждала проводить процесс фрезерования при низких скоростях подачи [4].

Другим примером может служить демонстратор для фрезерования алюминиевых деталей на

основе технологии робота, разработанного немецкой фирмой REIS. Этот робот по сравнению с описанным выше обладает лучшими статическими и динамическими параметрами. Частота вращения шпинделя, встроенного в руку робота, достигает $3 \cdot 10^4$ мин⁻¹. Дополнительные датчики, встроенные в шарнирные узлы системы и служащие точному измерению положенияугла звеньев робота, позволили оптимально организовать всю систему. Для более благоприятной обработки фрезерованием крупных деталей размером $3,5 \times 3 \times 1$ м, компания REIS разработала робот порталной конструкции (рис. 3, б). С этой целью сотрудники компании реализовали возмож-

ность дополнительных взаимно перпендикулярных движений руки робота вдоль трёх координатных осей в системе декартовых координат, оснастив конструкцию линейными двигателями. При этом расширялась сферическая рабочая зона в интеграции с четырёхугольной рабочей зоной робота [6].

Роботы фирмы KUKA, одной из ведущих мировых компаний в области производства промышленных роботизированных систем, адаптированы к выполнению операций фрезерования. Встроенный в руку робота фрезерный шпиндель мощностью 8 кВт позволяет применять инструменты, способные осуществлять операции с высокой скоростью на легкообрабатываемых материалах, таких как дерево, полистирол и др. (рис. 4). И здесь в зависимости от области применения можно встретить, в основном, две компоновки. С помощью специальной системы программирования роботы фирмы KUKA «обучаются» фрезерованию. Робот, оснащённый магазином инструментов и размещённый на производственном участке, осуществляет даже смену инструмента для проведения различных этапов обработки в зависимости от геометрической формы детали. Шестикоординатный робот KR 60-3HA может нести фрезерный шпиндель мощностью 10 кВт и массой 25 кг и выполнять с его помощью обработку искусственного материала с точностью до 0,2 мм. При этом частота вращения шпинделя достигает $24 \cdot 10^3$ мин⁻¹. Программирование робота фирмы KUKA легко реализуется с помощью специального пост-процессора. Обычные программы, разработанные для операций фрезерования на станках с ЧПУ, могут легко преобразовываться в программы для этих роботов. Применение роботов KUKA для обработки крупных деталей осуществляется с помощью порталовой конструкции [3].



Рис. 4. Фрезерование пенопласта роботом фирмы KUKA



Рис. 5. Робот фирмы Stäbli RX 170

Для доводки деталей, изготовленных различными методами обработки в самолетостроении, компания Stäbli (Германия) производит высокоточные роботы (рис. 5). Основная цель заложенной в них концепции заключается в выявлении погрешностей при фрезеровании роботом и устранении главной причины кинематических погрешностей, а именно повышении точности траектории движения роботов. Рабочие узлы робота (кабели, шарниры) защищены таким образом, что могут беспрепятственно применяться в агрессивных средах. С целью повышения точности траектории движения робот проходит вторую калибровку уже на рабочем месте. Первая калибровка осуществляется во время сборки и ставит целью обеспечение надлежащей функциональности его узлов. Дополнительная калибровка роботов фирмы Stäbli заключается в коррекции траектории во время его рабочего движения, осуществляемого в той или иной операции. Лазерная измерительная система, прикреплённая к руке робота, проводит измерения положения руки робота в различных точках рабочей зоны и сравнивает это значение с заданным. Определённая в результате этих измерений погрешность подвергается коррекции в системе управления робота и передаётся в память. Значения коррекции заносятся в оффлайновое программное обеспечение и учитываются непосредственно в движениях робота. Таким путём можно уменьшить столь характерную для роботов погрешность с 2 до 0,5 мм [7].

Для компенсации погрешностей фрезерования, возникающих в результате взаимодействия фрезы и заготовки, научно-исследовательский институт промышленной техники и автоматизации (Университет Штутгарт) разработал новую конструк-

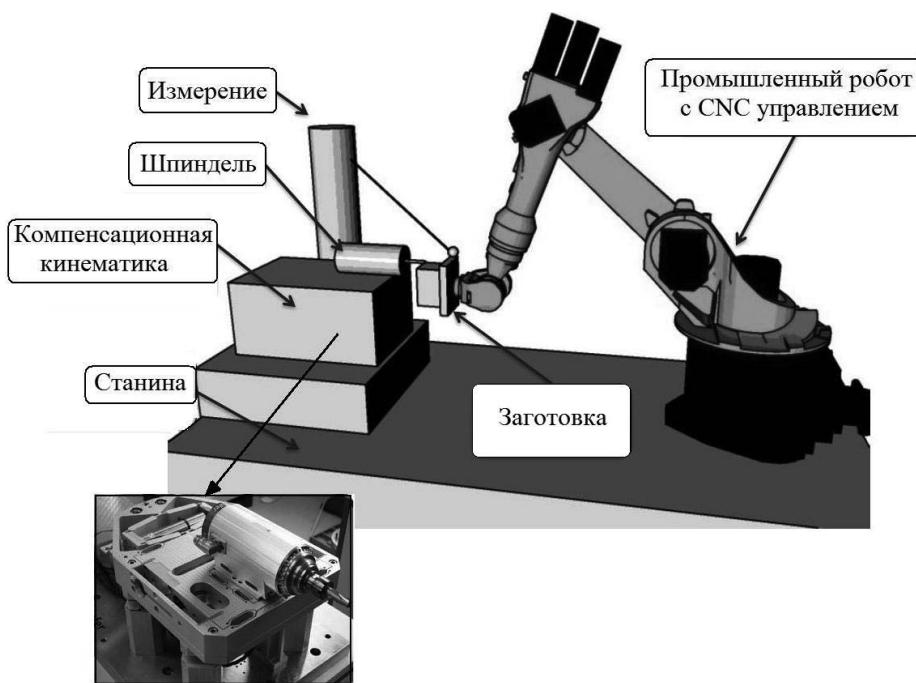


Рис. 6. Передвижение заготовки с помощью робота

цию робота. Как видно из рис. 6, шпиндель, отвечающий за вибрации робота при фрезеровании, расположен в стороне на специальном приспособлении. Рука робота позиционируется лишь перед инструментом в соответствии с траекторией обработки заготовки. Упругие деформации, возникающие под действием силы резания, компенсируются со стороны стола крепления шпинделя специальными датчиками. Во время резания позиция заготовки измеряется, и отклонения уменьшаются посредством соответствующего перемещения в системе (в направлении осей X , Y , Z) на 50 %.

Точность обработки, достигаемая описанными здесь роботами, находится в пределах 0,2–1 мм. Основная причина погрешностей, образующихся при фрезеровании роботами этого типа, является их низкая жёсткость. С другой стороны, система управления робота выполняет движение лишь между двумя точками. В отличие от фрезерных станков с ЧПУ здесь невозможно непосредственно контролировать положение инструмента в пространстве, так как система обратной связи, контролирующая изменение позиции инструмента вдоль его траектории, в роботах отсутствует. Точное движение инструмента достигается только за счёт абсолютной точности робота. Поэтому основная цель научных исследований, проводимых в направлении увеличения точности технологии фрезерования роботами, заключается в улучшении его статических и динамических характеристик.

Свойства фрезерных роботов. Свойства промышленных роботов зависят от составляющих их узлов. При сборке шарнирно-манипуляторного робота в первую очередь стараются обеспечить точность сборки составляющих его узлов (например, руки, подшипниковых и передаточных узлов), которые являются ответственными за силовые перемещения и тепловые деформации. Соблюдение точной симметрии в сборке последовательно сочленённых звеньев робота является довольно трудоёмким процессом. Устранение зазоров, обусловленных неточностями в зубчатых и ременных передачах, многократно увеличивает затраты на изготовление промышленных роботов. Изнашивание сопрягаемых деталей ухудшает качество передачи. С развитием промышленных роботов кратно уменьшились погрешности приводов, состоящих из двигателей, датчиков и систем управления. С другой стороны, повышение точности конструкции привело к улучшению динамических характеристик. Основная проблема системы управления заключается в несоответствии кинематической модели реальному кинематическому движению. Устранение этих погрешностей требует применения динамической модели робота.

Проводимые в последние годы работы по оптимизации названных выше компонентов с целью улучшения статических и динамических характеристик роботов потребовали изучения как статических, так и динамических деформаций в системе, обусловленных высокими скоростями и ускорениями в процессе фрезерования.

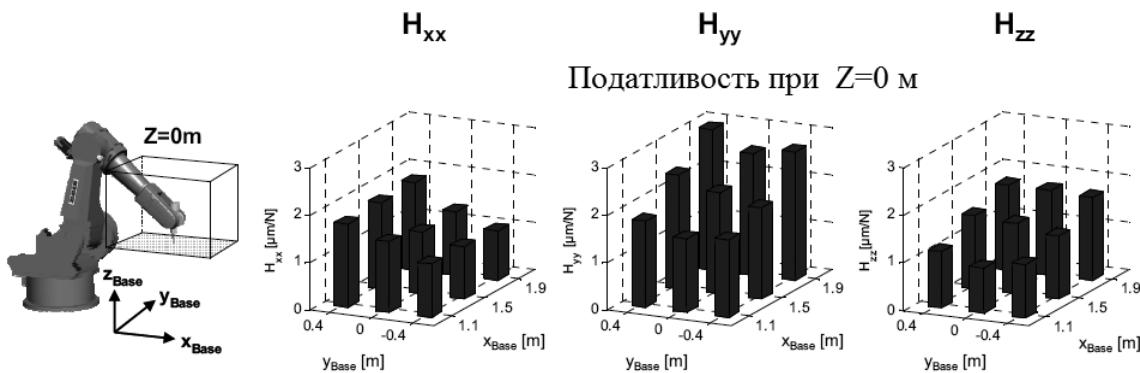


Рис. 7. Статическая податливость робота компании REIS в различных точках декартовой системы координат

Количественная характеристика статической деформации определялась измерением перемещения TCP неподвижной руки робота. На этой основе определялась степень податливости руки робота [9, 10]. Для её оценки прилагалась нагрузка величиной до 2000 Н вдоль каждой из осей декартовой системы координат. Замерялись величины перемещений вдоль этих направлений (рис. 7). Как видно из рисунка, рабочий орган промышленного робота обладает наилучшей жёсткостью по вертикали, т. е. в направлении оси Z . Наихудшая жёсткость наблюдается в направлении оси Y . Поворотные оси в направлении осей Y и Z имеют различные степени жёсткости. Исследования выявили, что результирующее значение податливости, сосредоточенное в TCP, выше отдельных её значений по осям.

Динамический анализ даёт точную оценку отклонений конструкций робота от идеального положения при фрезеровании. Применение модального анализа позволяет определять частоты элементов робота и параметры затухания колебаний, являющиеся динамическими показателями системы. Для полного описания динамического состояния конструкции робота с помощью результатов испытания особое внимание следует уделять выбору числа и мест проведения измерений. Не только статическая, но и динамическая жёсткость меняются в зависимости от положения руки робота. С помощью трёхкоординатного датчика ускорения измеряют колебания каждого элемента робота в трёх пространственных направлениях. На рис. 8 приведены экспериментальные значения модального анализа на примере робота компании REIS.

Измерения показали, что первая собственная частота элементов робота начинается с 10 Гц, в то время как в металлорежущих станках собственная частота начинается с 50 Гц. А это значит, что рука робота при малых возмущениях может допустить видимую волнообразность обрабатываемой поверхности.

Вообще, низкий уровень статической и динамической жёсткости, может привести при фрезеровании к двум видам погрешностей. Первая происходит при отталкивании инструмента под воздействием сил резания, что приводит в конечном счёте к смещению траектории инструмента от его теоретической линии на постоянное значение. Процесс фрезерования в динамическом потоке дополнительно приводит к отклонениям инструмента вдоль его траектории, способствующим образованию волнистости обрабатываемой поверхности. Результаты фрезерования на роботах подтверждают сказанное выше (рис. 9). Как видно из рисунка, вибрации, возникающие при фрезеровании, не являются высокочастотными автоколебаниями, которые присущи работе станков, а представляют собой волнистости, имеющие сравнительно большую длину. Частоту волнистостей коррелируют с первой собственной частотой робота [9–12]. Эксперименты показали, что статическая податливость играет большую роль в упругой деформации руки робота в процессе фрезерования.

Многие исследования подтвердили, что жёсткость руки робота в разных точках рабочего пространства различна. Это зависит от позы руки манипулятора (положения и угла поворота). Если и рекомендуют обрабатывать деталь в направлении большей жёсткости руки робота, то на практике это возможно только при обработке очень простых заготовок. Непостоянная контактная поверхность между заготовкой и инструментом в 3D фрезеровании обуславливает постоянно меняющуюся в процессе обработки силу резания по величине и направлению. Воздействие силы резания при обработке поверхности заготовки в самом слабом направлении приводит к увеличению шероховатости и уменьшению точности геометрии. Компенсация отклонения плоскостей, вызванного статической податливостью при фрезеровании, возможна на основе математической модели силы резания. Однако применение робо-

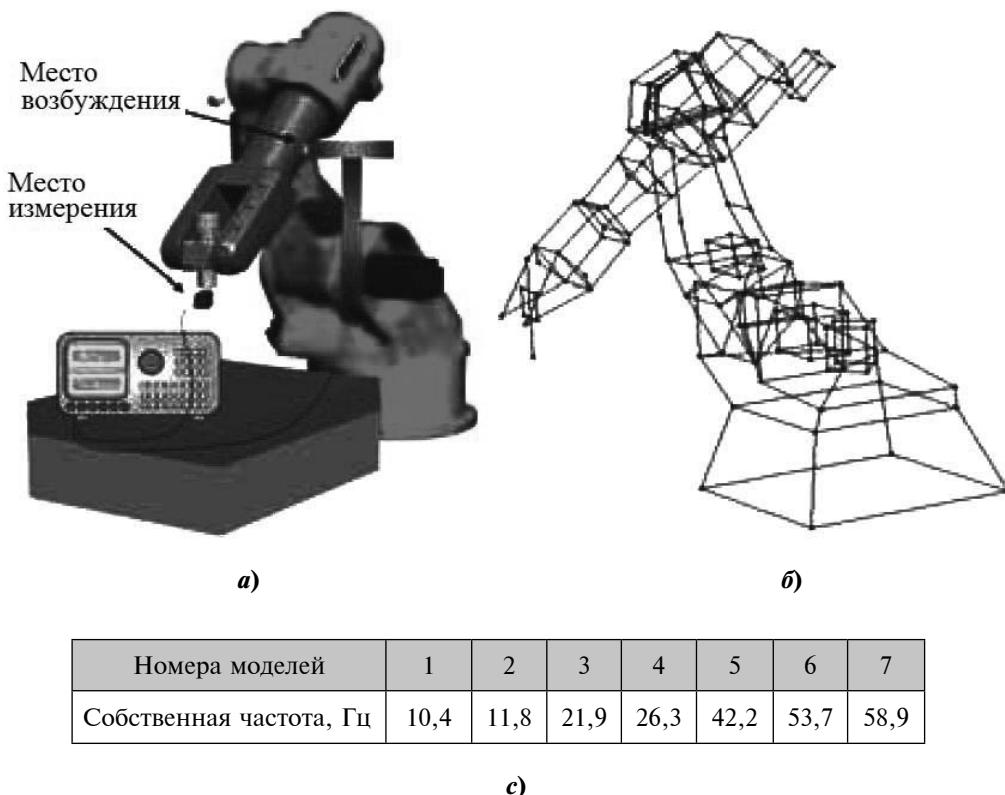


Рис. 8. Результаты экспериментов на базе модального анализа робота RV130HSC компании REIS:
а – устройство измерения; б – модель робота; в – результаты измерения

тов не ограничивается такими простыми заготовками. Например, при очистке фрезерной головкой заусенцев на поверхности отливок отклонение в глубине резания становится причиной появления систематических перемещений и возникновения стохастических явлений. Частота изменения силы резания ведёт к неведомым колебаниям, в результате которых возникает вибрация в системе робота [10, 11]. Исследования показали, что перемещения в системе в результате статической податливости являются доминирующими, и лишь 20 % перемещений приходится на долю динамических вибраций. Поэтому многие исследовательские работы концентрировались на преодолении этих погрешностей.

Упругие деформации рассчитываются на основе сил резания и податливости, установленных в ходе испытаний. Всё это учитывают в компенсации деформации руки робота на основе коррекции программы управления. Этот метод можно успешно реализовать, получив адекватную модель симуляции динамики робота.

Система адаптивного управления, изображённая на рис. 5, представляет собой ещё один способ устранения погрешностей. Сигналы управления в этом методе формируются на основе перемещений заготовки во время фрезерования и пе-

редаются на стол, где закреплён шпиндель, который, в свою очередь, отодвигает инструмент и уменьшает воздействие силы резания.

Заключение. В результате анализа процессов фрезерования промышленных роботов можно прийти к выводу, что точная обработка поверхностей с помощью роботов является пока недостижимой мечтой. Научно-исследовательские работы, проведённые на роботах, выполнявших технологические операции, выявили целый ряд

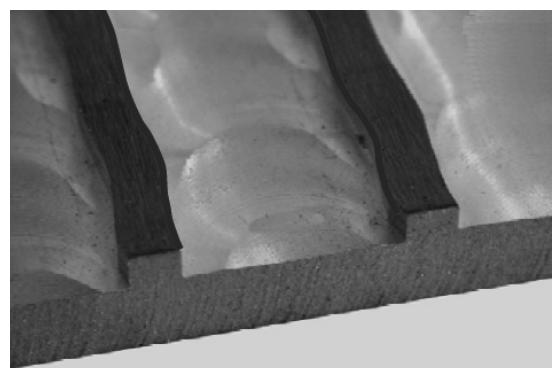


Рис. 9. Волнистость поверхности, обработанной роботом RV130HSC

проблем, таких как, например, низкочастотные колебания, смещения в узлах робота под воздействием сил резания, низкая жёсткость, которые в конечном счете приводят к снижению конкурентоспособности промышленных роботов по сравнению с обычными металлообрабатывающими станками. И если основной причиной перечисленных выше проблем являются силы, возникающие в процессе резания, фрезерование легко обрабатываемых материалов также нельзя назвать беспроблемным. Высокопроизводительное фрезерование с помощью роботов таких материалов, как песок, пенопласт, полистирол и др. ограничено из-за низкой собственной частоты звеньев манипуляторных роботов.

Выявление динамических свойств и учёт их в системе управления роботом может привести к определённому повышению качества. Установив жёсткость рабочего органа, в котором закреплён шпиндель, можно компенсировать воздействие силы резания при обработке заготовки и внести результаты эксперимента в программное обеспечение управления роботом. А это требует определения динамической жёсткости робота, что является трудоёмким процессом и служит предметом научных исследований.

В будущем основой научно-исследовательских работ будет математическое моделирование и компьютерная симуляция робота с учётом динамического анализа его свойств.

Библиографические ссылки

1. Гавриш А.П. и др. Роботизированные механообрабатывающие комплексы машиностроительного производства. Киев: Техника, 1984. 198 с.

2. Abele Eberhard, Weigold Matthias, Roth Michael, Bauer Jörg. Dynamisches Verhalten von Industrierobotern für die spanende Bearbeitung. In: VDI-Z Integrierte Produktion, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 150 (6) ISSN 0042-1766, 2008. S. 27–30.

3. Gerke W. Roboterfräsen von Gießmodellen. VDI Bericht 1841. Konferenz Robotik 2004, München. 2004. S. 319–327.

4. Wagner R., Schaaf W., Hartleib H., Jaunich H. Neue Verfahren zur modelllosen Herstellung großer Sandformen mit Robotern. Abschlußbericht des Verbundprojektes Robototyping, ACTech GmbH, 2004.

5. Hentschel B., Aliyev R., Wagner R. Entwicklung und Einsatz des Direkten FormstofffräSENS und Zugehörige Werkzeuge. Konferenzbericht «Effektive Fertigungstechnologien», Schmalkalden (Germany) 2001. S. 20–22.

6. REIS Katalog 2010.

7. Neuer Fräserboter für die maschinelle Fertigung. Produktion. 7. August 2008, Nr. 32. S.19.

8. Arnold Puzig. Industrieroboter der Zukunft fräsen hochgenau. Zeitschrift MAV, Heft 3/2010. S. 48.

9. Weigold, Dipl.-Ing. M. Kompensation der Werkzeugabdrängung bei der spanenden Bearbeitung mit Industrierobotern. Dissertation der TU Darmstadt, Shaker Verlag. 2008.

10. Abele E., Bauer J., Stelzer M., von Stryk O. Wechselwirkung von Fräsprozess und Maschinenstruktur am Beispiel des Industrieroboters. In: Werkstatttechnik online: wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 98 (9). S. 733–737. 2008.

11. Jianjun Wang, Hui Zhang, Zengxi Pan. Machining with Flexible Manipulators: Critical Issues and Solutions. In: Industrial robot. 2006. S. 515–532.

12. Vosniakos G., Matsas E. Improving feasibility of robotic milling through robot placement optimisation. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. Vol. 26. Issue 5, October, 2010. S. 517–525.



ЭНЦИКЛОПЕДИЯ “МАШИНОСТРОЕНИЕ” ТОМ II-1. “ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА. ИСПЫТАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ”.

Под общ. ред. Е.И. Мамаевой

2010. 852 с. ISBN 978-5-217-03469-7

Цена 2000 р.

Приведены методы и средства определения химического состава и исследования структуры металлических материалов, методы и средства испытаний для определения основных физико-механических свойств при различных видах нагрузления, характеристик малоцикловой усталости, многоцикловой усталости, термической прочности, коррозионно-механической прочности и трещиностойкости. Рассмотрено строение изломов при разных видах нагрузления и в условиях длительного воздействия статистических нагрузок.

Для специалистов и инженерно-технических работников промышленности.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru

Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU

УДК 519.876.5

Г.Н. Хубаев, д-р экон. наук, проф. (Ростовский государственный экономический университет)
gnh@donpac.ru

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГРУППОВОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ЗНАЧЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Описаны процедура и инструментарий (программные системы автоматизированного синтеза имитационной модели) получения групповой экспертной оценки значений различных показателей (величины ущерба, затрат, прибыли, оборота, времени наступления события и др.) при условии, что оценка включает три значения искомого показателя – минимальное, максимальное и наиболее вероятное. На основании результатов имитационного моделирования оценивают доверительные границы значений искомого показателя и вероятность того, что его значения окажутся больше или меньше определённого числа.

Ключевые слова: имитационное моделирование, коэффициент вариации и ошибка функции отклика, доверительные границы значений функции отклика.

Procedure and instruments (automatic synthesis program systems of the simulating model) for group authority valuation receipt of the different indices (size of a damage, expenses, profit, turnover, time of approach of event, etc) are described provided that the valuation includes three values of a required index: minimum, maximum and the most probable. From a simulating modeling results estimate confidence borders of the required index values and probability that its values will appear more or less than specified number.

Key words: simulating modeling, variation coefficient and response function error, confidence borders of the response function values.

Ниже представлены процедура и инструментарий получения групповой экспертной оценки значений различных показателей (величины ущерба, затрат, прибыли, оборота, времени наступления события и др.) при условии, что оценка включает три значения искомого показателя – минимальное, максимальное и наиболее вероятное. При этом в процессе групповой экспертизы необходимо по возможности элиминировать влияние менее компетентных экспертов, максимально стимулировать активную интеллектуальную деятельность участников экспертной группы, исключить влияние личных качеств участников на результаты экспертизы, корректно обобщить суждения всех членов экспертной группы.

Особенности реализации групповой экспертизы. Предлагаемый алгоритм ориентирован, во-первых, на использование многошаговой процедуры, на каждом шаге которой осуществляется имитационное моделирование, и, во-вторых, интеграцию метода Дельфи (разработан для прогнозирования будущего [1–3]), с экспертизой, направленной на получение обобщённого мнения группы экспертов о возможном диапазоне значений искомого показателя. Такое обобщение имеет ряд преимуществ, в частности предоставляет специалистам, участвующим в экспертизе, возможность рассматривать возражения и предложения других членов экспертной группы в атмосфере, свободной от влияния личных качеств участников. Од-

новременно можно использовать так называемое «информированное интуитивное суждение» специалиста-эксперта при создании таких условий, когда эксперт может активно взаимодействовать с другими специалистами в этой области или в областях, касающихся прочих аспектов изучаемой проблемы. При этом непосредственное общение специалистов друг с другом заменяется разработанной программой последовательных шагов, на каждом из которых реализуется полный цикл экспертизы, включая информирование специалистов-экспертов о результатах предыдущего шага.

Как отмечают разработчики метода Дельфи, «даже когда имеется формальная математическая модель, например, модель развития различных сторон экономики, исходные положения, область применимости модели, интерпретация выходных данных – всё это в значительной степени зависит от интуиции соответствующего специалиста. При отсутствии строгих и общепринятых теоретических обоснований и вытекающей из этого неизбежной необходимости полагаться на интуитивные заключения специалистов существуют лишь два выхода: первый – в отчаянии «воздеть руки к небу» и отложить принятие решений; второй – сделать всё возможное и попытаться получить приемлемые по качеству обобщённые суждения специалистов, а затем рационально их использовать». При этом при отборе специалистов для участия в экспертизе, кроме

объективных характеристик (должность, стаж работы, образование и др.), желательно учитывать даваемую ими оценку собственной компетентности (чаще всего по 10-балльной шкале).

Предположим, что описанная интеграция реализована. Тогда возникают вопросы: как определить, что коллективное мнение стабилизировалось и пора прекращать дальнейшие опросы; с какой вероятностью, например, не будет превышено определённое значение искомого показателя; какова вероятность того, что значение показателя будет находиться в заданных доверительных границах. Перечень подобных вопросов может быть продолжен.

Для ответа на поставленные вопросы единственно обоснованной процедурой является предлагаемая ниже последовательность шагов:

1. Оценки каждого i -го эксперта на j -м шаге $\bar{\Theta}_i^{(j)}$ (минимальное, максимальное и наиболее вероятное значение показателя) представляются в виде треугольного распределения.

2. Обобщённое коллективное мнение n экспертов об искомом значении анализируемого показателя определяется как среднее n случайных величин, имеющих треугольное распределение (мнений n участников экспертной группы) при реализации на каждом k -м шаге имитационного моделирования функции

$$\bar{\Theta}_{\text{об}}^{(k)} = (\sum \bar{\Theta}_i^{(k)}) / n, \quad (i \in n).$$

В качестве инструментальных средств для реализации имитационного моделирования можно использовать программные продукты [4 и 5], позволяющие с минимальными трудозатратами (в автоматизированном режиме) строить имитационную модель, которая включает множество переменных (переменных аргументов и переменных функций), представляющих некоторые параметры изучаемой системы, например, частотные или временные. В модели используются различные виды переменных. Переменные аргументы представляют в модели действие случайных факторов, влияющих на изучаемую систему: время выполнения единичной операции, число позиций в поступившем заказе на производство конкретной продукции и т. д. Переменная функция зависит от переменных аргументов, а также от других переменных функций. Примеры переменных функций: прибыль, затраты труда на исполнение делового процесса за период времени, сумма налога. Переменная аргумента v_i^a описывается парой вида $\langle ID_i, VALUE_i \rangle$, где ID_i – идентификатор переменной; идентификатор $VALUE_i$ определяет способ получения значения переменной; $VALUE_i = \langle \xi_i, \overline{par}_i \rangle$ где \overline{par}_i – вектор параметров, количество которых определяется законом рас-

пределения ξ_i . При использовании табличного способа задания распределения $VALUE_i = \{ \langle x_{iq}, f_{iq} \rangle \} = 1, Q_i$ – вектор пар вида $\langle x_{iq}, f_{iq} \rangle$, где x_{iq} – значение переменной; f_{iq} – соответствующая вероятность; Q_i – число значений для i -й переменной. Переменная функция v_j^f описывается тройкой вида $\langle ID_j, F_j(V), G_j(V) \rangle$, где ID_j – идентификатор переменной; $F_j(V)$ – выражение, дающее взаимосвязь переменной v_j^f с другими переменными; $G_j(V)$ – выражение, описывающее верхний предел суммирования.

3. В результате имитационного моделирования на каждом k -м шаге получают статистические характеристики (математическое ожидание, дисперсию, коэффициент вариации, эксцесс, асимметрию) и распределение (гистограмму) значений функции

$$\bar{\Theta}_{\text{об}}^{(k)} = f(\bar{\Theta}^{(k)}_i).$$

4. После каждого шага (цикла экспертизы) участников экспертной группы знакомят с объяснениями, представленными в защиту сильно отличающихся оценок анализируемого показателя, и предлагают при желании изменить свои предыдущие ответы.

5. На каждом очередном j -м шаге оценивают изменение значений коэффициента вариации $K_{var}^{(j)}$ функции $\bar{\Theta}_{\text{об}}^{(j)}$. При отклонении коэффициента вариации от предыдущего значения, например, на 5% и менее, можно считать, что оценки экспертов стабилизировались и целесообразно завершать экспертизу, т. е. если

$$|K_{var}^{(j)} - K_{var}^{(j+1)}| \times 100 / K_{var}^{(j)} < 5 \%,$$

то можно завершать экспертизу.

6. На основании результатов имитационного моделирования на последнем шаге оценивают доверительные границы значений искомого показателя и вероятность того, что его значения окажутся больше или меньше определённого числа.

Пример. Пусть группа из 10 экспертов оценивает величину ущерба от нарушения в системе информационной безопасности объекта. Результаты трёх шагов (трёх циклов) экспертизы представлены в табл. 1.

Ниже представлены результаты имитационного моделирования после каждого из трёх шагов экспертизы (табл. 2–6).

Оценим целесообразность завершения экспертизы. Для этого определим, насколько изменился коэффициент вариации на очередном шаге, вычислив значение

$$|K_{var}^{(2)} - K_{var}^{(3)}| \times 100 / K_{var}^{(2)} = 3,17 \% < 5 \%,$$

т. е. можно завершать экспертизу.

Таблица 1

Результаты трёх шагов (циклов) экспертизы

Эксперт	Шаг 1			Шаг 2			Шаг 3		
	Минимальное значение	Вероятное значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Вероятное значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Вероятное значение	Максимальное значение
Э ₁	12	18	32	10	18	30	10	18	30
Э ₂	6	10	18	8	12	21	9	12	21
Э ₃	8	12	40	8	12	35	8	12	30
Э ₄	5	10	18	9	10	22	9	10	22
Э ₅	7	15	25	8	15	20	10	15	20
Э ₆	11	16	20	11	16	20	11	16	20
Э ₇	13	19	27	13	17	22	12	17	22
Э ₈	10	19	24	10	14	24	10	14	24
Э ₉	4	11	21	9	11	21	9	11	26
Э ₁₀	14	20	25	14	15	25	12	15	25

*Жирным шрифтом помечены значения показателя, изменённые экспертом на очередном шаге.

Таблица 2

Результаты моделирования (шаг 1)

Параметр	Значение
Переменная	Э _{об} ⁽¹⁾
Число итераций	10 000
Среднее	16,335
Дисперсия	1,295
Среднее квадратическое отклонение	1,138
Коэффициент вариации K_{var}	0,070
Асимметрия	0,153
Эксцесс	-0,123
Минимум	12,829
Максимум	20,435
Модальный интервал	16,09–16,63

Одновременно обратим внимание на то, что в методиках, ориентированных на проведение нескольких туров опросов, как правило, отсутствуют чёткие количественные критерии, свидетельствующие о возможности завершения экспертизы, о появлении стабильности в ответах экспертов.

Воспользовавшись данными табл. 7, определим вероятности того, что значения искомого показателя будут находиться в заданном диапазоне.

Выводы. Предложены процедура и инструментарий (программные системы автоматизированного синтеза имитационной модели) получения групповой экспертной оценки значений различных показателей (величины ожидаемого

Таблица 3

Значения накопленной вероятности (шаг 1)

X_{min}	X_{max}	Вероятность попадания функции Э _{об} ⁽¹⁾ в указанный диапазон значений	Накопленная вероятность
12,83	13,37	0,003	0,003
13,37	13,92	0,010	0,013
13,92	14,46	0,031	0,043
14,46	15,00	0,077	0,120
15,00	15,55	0,130	0,251
15,55	16,09	0,174	0,425
16,09	16,63	0,189	0,614
16,63	17,18	0,156	0,771
17,18	17,72	0,111	0,881
17,72	18,26	0,070	0,951
18,26	18,80	0,031	0,981
18,80	19,35	0,013	0,995
19,35	19,89	0,004	0,999
19,89	20,43	0,001	1,000

ущерба, затрат, прибыли, оборота, времени наступления события и др.) при условии, что оценка включает три значения искомого показателя – минимальное, максимальное и наиболее вероятное. Первая особенность предлагаемого подхода состоит в использовании имитационного моделирования для получения обобщённой экспертной оценки предполагаемых значений

Таблица 4

Статистические характеристики оценок экспертов

Эксперт	Среднее значение оценки эксперта	Среднее квадратическое отклонение σ	Коэффициент вариации	Минимальное значение	Максимальное значение
\mathcal{E}_1	20,70	4,18	0,20	12,06	31,77
\mathcal{E}_2	11,33	2,49	0,22	6,05	17,90
\mathcal{E}_3	19,96	7,03	0,35	8,09	39,36
\mathcal{E}_4	11,02	2,68	0,24	5,05	17,94
\mathcal{E}_5	15,65	3,68	0,23	7,09	24,96
\mathcal{E}_6	15,64	1,86	0,12	11,03	19,96
\mathcal{E}_7	19,67	2,87	0,15	13,09	26,88
\mathcal{E}_8	17,69	2,90	0,16	10,14	23,92
\mathcal{E}_9	12,03	3,47	0,29	4,03	20,90
\mathcal{E}_{10}	19,67	2,24	0,11	14,05	24,89
$\mathcal{E}_{\text{об}}^{(1)}$	16,34	1,14	0,07	12,83	20,43

Таблица 5

Результаты моделирования (шаг 2)

Параметр	Значение
Переменная	$\mathcal{E}_{\text{об}}^{(2)}$
Число итераций	10 000
Среднее	16,013
Дисперсия	1,018
Среднее квадратическое отклонение	1,009
Коэффициент вариации $K_{var}^{(2)}$	0,063
Асимметрия	0,142
Эксцесс	-0,109
Минимум	12,368
Максимум	19,752
Модальный интервал	15,53–16,06

анализируемого показателя, вторая заключается в интеграции дельфийской процедуры, обычно используемой для прогнозирования будущего, с экспертизой, направленной на получение значения искомого показателя. При этом непосредственное общение специалистов друг с другом заменяется разработанной программой последовательных шагов, на каждом из которых реализуется полный цикл экспертизы, включая информирование специалистов-экспертов о результатах предыдущего шага. Обобщённое колективное мнение экспертов об искомом значении анализируемого показателя определяется как среднее n случайных величин, имеющих треугольное распределение (мнений n участников

Таблица 6

Результаты моделирования (шаг 3)

Параметр	Значение
Переменная	$\mathcal{E}_{\text{об}}^{(3)}$
Число итераций	10 000
Среднее	16,016
Дисперсия	0,965
Среднее квадратическое отклонение	0,982
Коэффициент вариации $K_{var}^{(3)}$	0,061
Асимметрия	0,114
Эксцесс	-0,200
Минимум	12,827
Максимум	19,659
Модальный интервал	15,76–16,24

экспертной группы) при реализации имитационного моделирования. В результате получают оценки статистических характеристик (математического ожидания, дисперсии, коэффициента вариации, эксцесса, асимметрии) и распределение (гистограмму) значений искомого показателя.

Рассмотрен пример использования предложенных процедур и инструментария, дан численный пример определения номера шага, после которого целесообразно завершать экспертизу. Причём трудозатраты на реализацию процедуры получения групповой экспертной оценки значений различных показателей с использованием предложенного инструментария (системы авто-

Таблица 7

Значения накопленной вероятности (шаг 3)

X_{\min}	X_{\max}	Вероятность попадания функции $\mathcal{E}_{\text{об}}^{(3)}$ в указанный диапазон значений	Накопленная вероятность
12,83	13,32	0,001	0,001
13,32	13,80	0,007	0,008
13,80	14,29	0,026	0,035
14,29	14,78	0,069	0,104
14,78	15,27	0,127	0,230
15,27	15,76	0,177	0,408
15,76	16,24	0,188	0,596
16,24	16,73	0,167	0,763
16,73	17,22	0,125	0,888
17,22	17,71	0,067	0,954
17,71	18,20	0,031	0,985
18,20	18,68	0,012	0,997
18,68	19,17	0,003	1,000

математического построения имитационной модели) ничтожно малы. Для описанных примеров

затраты времени на синтез имитационной модели и имитационное моделирование при использовании системы [5] составляли в среднем несколько секунд.

Результаты имитационного моделирования позволяют оценить доверительные границы значений искомого показателя и вероятность того, что его значения окажутся больше или меньше определённого числа.

Библиографические ссылки

1. Хелмер О. Анализ будущего: метод Дельфи / Пер. с англ. М.: «Прогресс», 1972. С. 77–83.
2. Helmer O. Social Technology, New York, Basic Books, Inc., Publishers, 1966.
3. Хубаев Г.Н. Эффективность использования техники. Ростов н/Д: Изд-во Ростовского ун-та, 1978. С. 41–54.
4. Хубаев Г.Н., Щербаков С.М., Шибаев А.А. Конструктор имитационных моделей деловых процессов // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005612262. М.: РОСПАТЕНТ, 2005.
5. Хубаев Г.Н., Щербаков С.М., Рванцов Ю.А. Система автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе языка UML «СИМ-UML» // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2009610414. М.: РОСПАТЕНТ, 2009.

УДК 658.512

С.Н. Григорьев, д-р техн. наук, проф., А.А. Кутин, д-р техн. наук, проф.
(Московский государственный технологический университет «Станкин»)

170455@mail.ru

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ АС ТПП

Представлен системный подход к решению проблемы инновационного развития высокотехнологичных производств на базе интегрированных автоматизированных систем технологической подготовки производства (АС ТПП).

Ключевые слова: автоматизированная система технологической подготовки производства, жизненный цикл изделия, компьютерное производство.

The system approach to a innovative development problem solution of hi-tech production from a integrated automatic systems for production technological preparation (AS TPP) is presented.

Key words: automatic system for production technological preparation (AS TPP), product life cycle, computer production.

В настоящее время стратегическое развитие производства базируется на отказе от сырьевой экономики и переходе к инновационной социально-ориентированной экономике. Достижения лидерства в ведущих научно-технических

секторах и фундаментальных исследованиях соответствуют долгосрочным целям и задачам, обозначенным в Концепции долгосрочного развития [1]. Они характеризуются модернизацией сектора НИОКР и фундаментальной науки, зна-

чительным повышением их эффективности, концентрацией усилий на научно-технологических направлениях, которые позволяют резко расширить применение отечественных разработок и улучшить позиции РФ на мировом рынке высокотехнологичной продукции и услуг [2].

Машиностроению, как фондообразующей части промышленности, отводится ведущая роль в решении данной проблемы. При этом необходимо эффективное государственное регулирование, возведённое в ранг технологической политики, что обеспечило бы комплексный подход к развитию машиностроения в целом, т. е. решались бы задачи приоритетной реконструкции машиностроения на основе производственных и информационных технологий пятого уклада, перехода на выпуск научёмкой инновационной продукции, подготовки кадров высокой квалификации и др. [3].

Особенно активно модернизацию и инновационное развитие машиностроения пытаются осуществить за счёт приобретения нового технологического оборудования, в основном импортного. Так, в 2010 г. на закупку оборудования было потрачено более 30 млрд. рублей. Однако анализ показывает, что это оборудование не всегда эффективно используется. Основная причина – отсталость технологической подготовки производства (ТПП) из-за недостаточного внимания к разработке и внедрению информационных технологий в машиностроении.

В компьютеризированном интегрированном производстве (КИП) существует электронная модель изделия, которая содержит полные данные об изделии. В составе КИП все данные (документы) представлены в электронном виде и доступны

всем службам предприятия. На этой основе реализована идеология проектирования жизненного цикла (ЖЦ) изделия с использованием CALS-технологий [6], в которой выделены составные части, представленные в таблице.

Компьютерная подготовка производства позволяет резко сократить временные и материальные затраты, повысить производительность труда и качество производимых изделий, что существенно увеличивает конкурентные возможности предприятий.

При новом подходе в качестве главного результата конструирования и проектирования выступают не бумажные чертежи и спецификации на объект, а единая цифровая модель изделия, которая в терминах словаря понятий определяет эталонную твёрдотельную геометрическую модель и содержит информацию, относящуюся к конструкторской, технологической и производственной стадиям существования изделия. При этом традиционные чертежи и спецификации могут также существовать как в виде электронных копий на машинных носителях, так и в виде твёрдой копии на бумаге.

Возможность совмещения этапов разработки и подготовки производства изделия обеспечивается за счёт:

наличия единой цифровой модели;

параметризации и обеспечения ассоциативных связей между графическими объектами как при построении моделей отдельных деталей, так и при создании сборок;

возможности коллективной работы над проектом;

автоматизации вспомогательных операций (выпуск документации, подбор информации из баз

Этапы жизненного цикла изделия

Этапы ЖЦ	Документы
Маркетинг	Проект
Разработка конструкции изделия	Трёхмерная модель
Материально-техническое обеспечение	Логистика
Технологическая подготовка производства	Технология. УП ЧПУ
Производство	Программа, план
Контроль и испытания	Программа, протокол, акт
Упаковка и хранение	Проект
Реализация	Программа
Монтаж и эксплуатация	Программа, технология
Техническая помощь в обслуживании	Программа
Утилизация после использования	Программа

данных, выполнение типовых расчётов, рассылка информации по рабочим местам и т. д.).

Основой организации и управления ТПП служит информационная модель и организационные положения, закреплённые в стандартах предприятия. Модель представлена в графической форме и используется в качестве схематичного описания ТПП.

Информационная модель должна содержать: номенклатуру функций и задач, подлежащих решению в системе, а также процедуры решения задач ТПП. Под процедурой понимают совокупность элементарных операций по обработке информации, приводящих к изменению её состава и/или места расположения. Задача – это совокупность процедур, выполняемых в определённой технологической последовательности и определяющих процесс формирования одного или нескольких носителей информации, в том числе и имеющих юридическую силу документов;

информационные связи между функциями и задачами ТПП;

последовательность решения задач в системе; источники входной информации, используемой при решении задач, и обозначения её поставщиков;

выходную информацию, получаемую в результате решения задач, и обозначения её потребителей.

Модель системы ТПП может быть типовой и рабочей. Типовая модель отображает взаимосвязь типовых проектных решений для функций и задач ТПП, предназначена для использования в качестве основы при разработке рабочей модели, являющейся уточнением типовой модели для учёта особенностей деятельности конкретного предприятия.

В качестве примера на рис. 1 представлена структурная схема функций для типовой информационной модели ТПП. Прямоугольниками обозначены функции (прямоугольники с жирными рамками соответствуют основным функциям ТПП). Сплошные линии со стрелками соответствуют информационным потокам между функциями, которые могут быть трёх видов: управляющая информация (стрелки, исходящие из функции организации и управления ТПП); описательная информация, отображающая результаты выполнения всех функций, кроме функции организации и управления ТПП; материализованная информация. Стрелки, входящие в схему, отображают потоки исходной информации, а выходящие из неё – потребителей выходной информации.

Наименования поставщиков и потребителей информации указаны в виде подписей около соответствующих стрелок. Характер потребляе-

мой и порождаемой информации указан в виде надписей около пунктирных линий.

В настоящее время основной тенденцией развития автоматизированных систем (АС) является создание механизмов, обеспечивающих их интеграцию с существующей информационной средой предприятия.

Практически на всех машиностроительных предприятиях сформирована информационная среда, построенная на базе различных программно-методических комплексов и имеющая различную функциональность. Мировой опыт показал [7,8], что полная замена существующей информационной среды предприятия не только не обеспечивает повышение эффективности производственных процессов, но и негативно сказывается на работе предприятия в целом.

Разработанная в рамках государственного контракта «Разработка и внедрение системы автоматизированной технологической подготовки сложного машиностроительного производства», интегрированная АС ТПП состоит из подсистем:

анализа конструкции изделий на технологичность;

планирования технологической подготовки производства;

автоматизированного технологического проектирования;

совмещённого проектирования основного изделия и технологической оснастки для его изготовления;

интеграции с подсистемой оперативно-календарного планирования.

При этом функционал АС ТПП может быть использован полностью или частично с применением подсистем в любом сочетании.

Интеграция АС ТПП с информационной средой предприятия обеспечивается

настраиваемыми внешними организационными и информационными связями;

формализованными внутренними (между подсистемами АС ТПП) организационными и информационными связями.

Под организационными понимаются связи между процессами. Информационные связи определяются способами представления информации об изделии и производственной среде, используемыми различными процессами.

АС рассматривается как информационная технология выполнения процессов в автоматизированном режиме. Эффективность функционирования АС во многом определяется степенью формализации и проработки процессов.

Учитывая, что стратегические процессы различных научёмких машиностроительных предприятий подобны, но не одинаковы, в АС ТПП должен быть сформирован базовый абстрактный

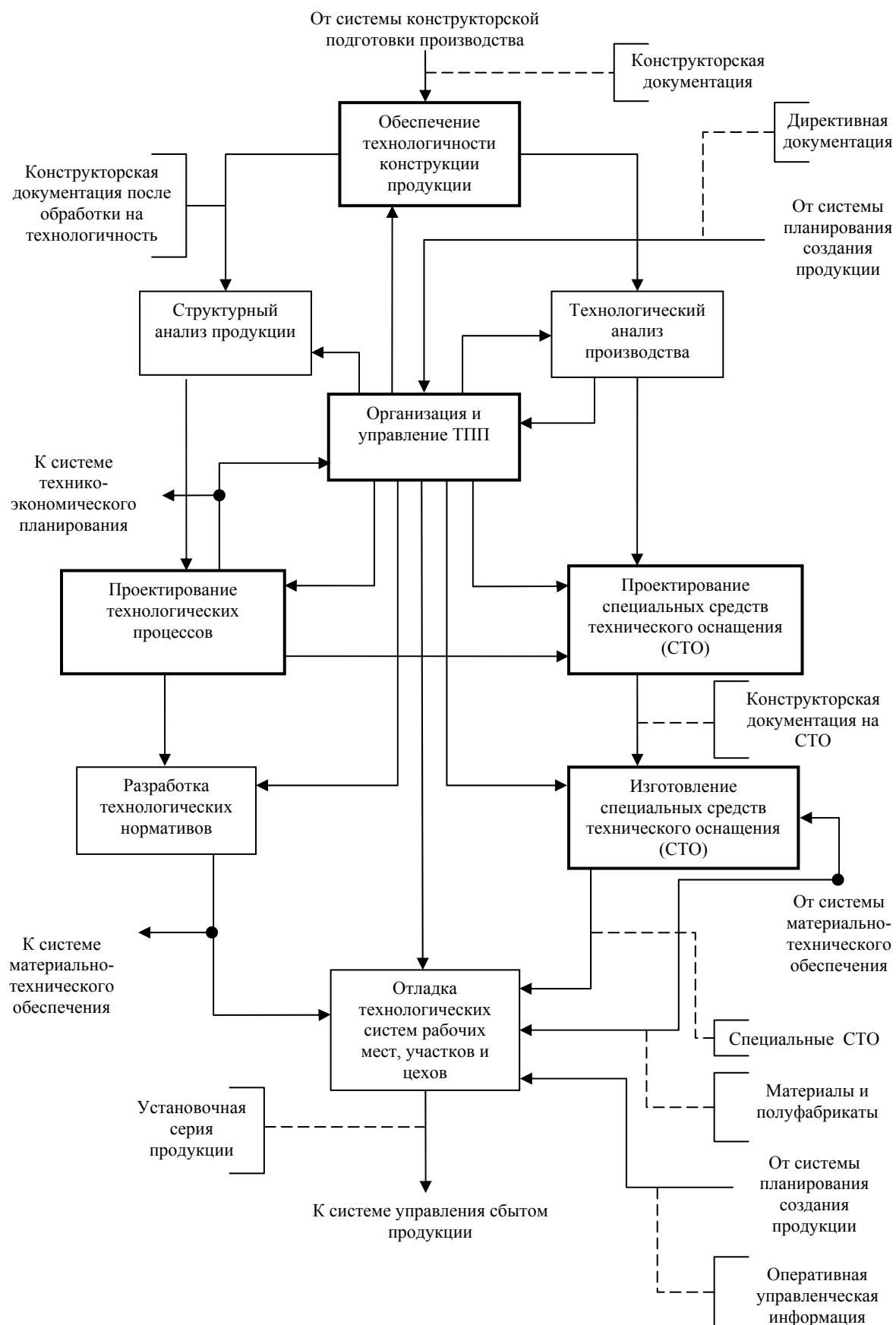


Рис. 1. Типовая информационная модель ТПП

набор процессов управления ТПП, а также разработана программно-методическая платформа для настройки (адаптации) этих процессов к условиям конкретного машиностроительного предприятия или группы предприятий.

Процесс ТПП рассматривается как неотъемлемая часть стратегического процесса обеспечения качества продукции, создаваемой реализацией программы проекта и выполняемой по схеме параллельно-последовательного инжиниринга с другими видами деятельности по обеспечению качества продукции.

Обеспечение качества продукции рассматривается как кросс-функциональный процесс, ведущая роль в котором принадлежит инженерной деятельности, позволяющей создавать исходные установки для управления всеми прочими видами деятельности, вовлекаемыми в технологическую готовность предприятия к изготовлению заданной номенклатуры продукции, с заранее установленными технико-экономическими показателями.

При интеграции АС ТПП с информационной средой базового научёмкого машиностроительного предприятия ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют» (г. Москва), для технологической подготовки инструментального производства необходимо настроить следующие внешние организационные и информационные связи.

Организационные связи. Разрабатываемая АС ТПП должна иметь организационные связи с процессами

разработки конструкторской документации на изделие, реализуемым PLM-системой «Team-Center» и CAD-системой UG NX;

формирования планов-графиков на проектирование и изготовление оснастки по цехам;

выпуска конструкторской документации на технологическую оснастку, реализуемым CAD-системами T-Flex CAD и AutoCAD.

Информационные связи. Разрабатываемая АС ТПП должна иметь информационную связь с используемыми на предприятии форматами данных, которые находятся в Единой интегрированной базе данных, построенной на СУБД Oracle.

На рис. 2 представлены внешние организационные и информационные связи подсистем АС ТПП с информационной средой предприятия.

1-я подсистема должна иметь организационные связи с процессами конструкторской документации на изделие. Процессы, реализуемые 1-й подсистемой, являются потребителями данных одних процессов и поставщиками данных других процессов разработки конструкторской документации.

1-я подсистема имеет внутренние организационные связи только со 2-й подсистемой, являясь потребителем её данных.

2-я подсистема должна иметь организационные связи с процессами формирования следующих управляющих данных: постановочного плана-графика (ППГ), планов-графиков (ПГ) на проектирование и изготовление оснастки по цехам.

2-я подсистема формирует данные календарно-сетевого графика работ технологической подготовки инструментального производства и передаёт их как данные проекта для согласования в единую интегрированную базу данных. После согласования формирует для каждой из подсистем АС ТПП свой набор данных.

3-я подсистема должна иметь организационные связи с процессом проектирования технологических процессов, реализуемым в АС проектирования технологических процессов.

Внешние организационные связи 3-й подсистемы устанавливаются определением процесса проектирования технологической оснастки с последующим разделением потоков работ между ними.

4-я подсистема имеет внешние организационные связи с процессом выпуска конструкторской документации, который заключается в построении моделей технологической оснастки и формировании чертежей.

5-я подсистема не имеет внешних организационных связей. Связь с процессом формирования ПГ осуществляется опосредованно, через данные, сформированные 2- и 3-й подсистемами.

Созданная интегрированная АС ТПП позволяет реструктуризировать подразделения конструкторско-технологической подготовки производства. При этом функции конструктора и технолога могут быть совмещены, что обеспечивает сокращение сроков подготовки производства, оптимизацию кадрового состава и уменьшение количества ошибок. Инженер конструирует изделие, проектирует технологический процесс, и под его контролем осуществляется изготовление первых образцов изделия.

Схема работы инженера-технолога в общем виде для чёткого представления этапов, необходимых для изготовления изделия, представлена на рис. 3.

При разработке изделия создаётся трёхмерная модель детали и оснастки для её изготовления. Разработка осуществляется в конструкторских (CAD) системах. Модель, как правило, является параметрической.

Модели деталей, которые обрабатываются на станках с ЧПУ, передаются (экспортируются из CAD и импортируются в CAM) в системы разработки управляющих программ (УП). Передача осуществляется прямыми трансляторами либо через нейтральные форматы, передающие данные о поверхностях, ограничивающих изделие.

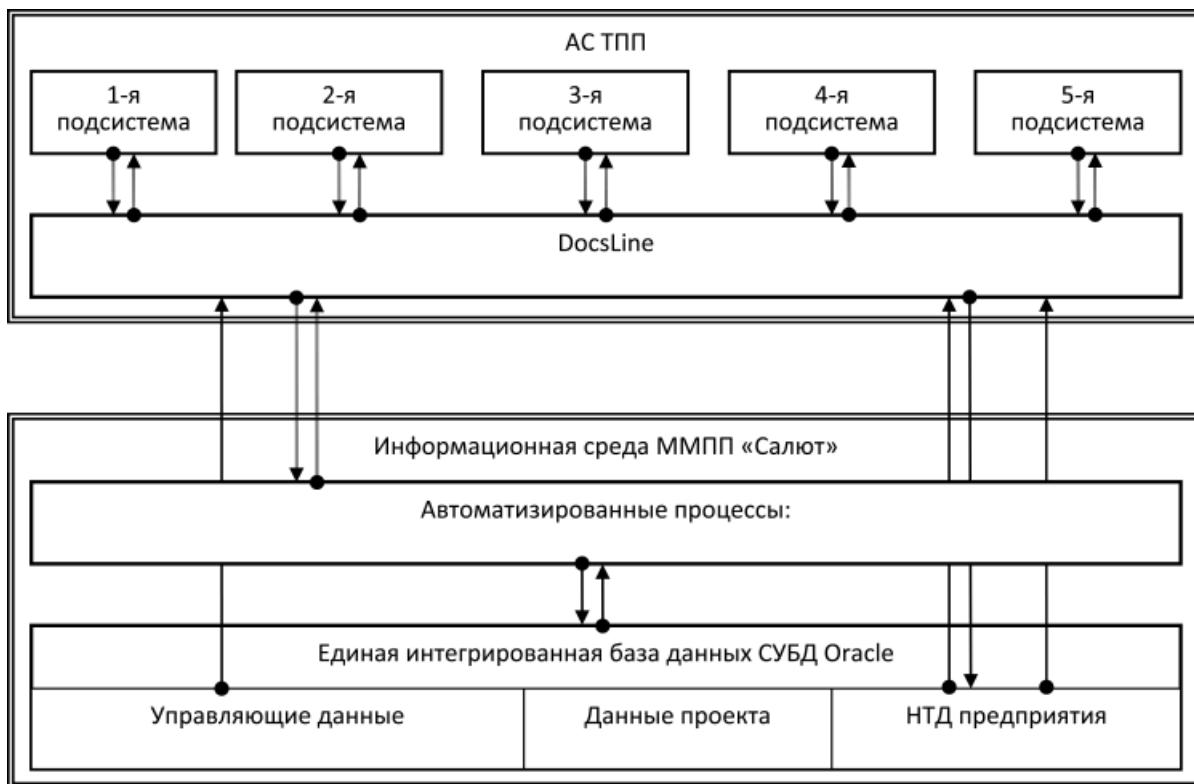


Рис. 2. Внешние организационные и информационные связи автоматизированной системы технологической подготовки производства

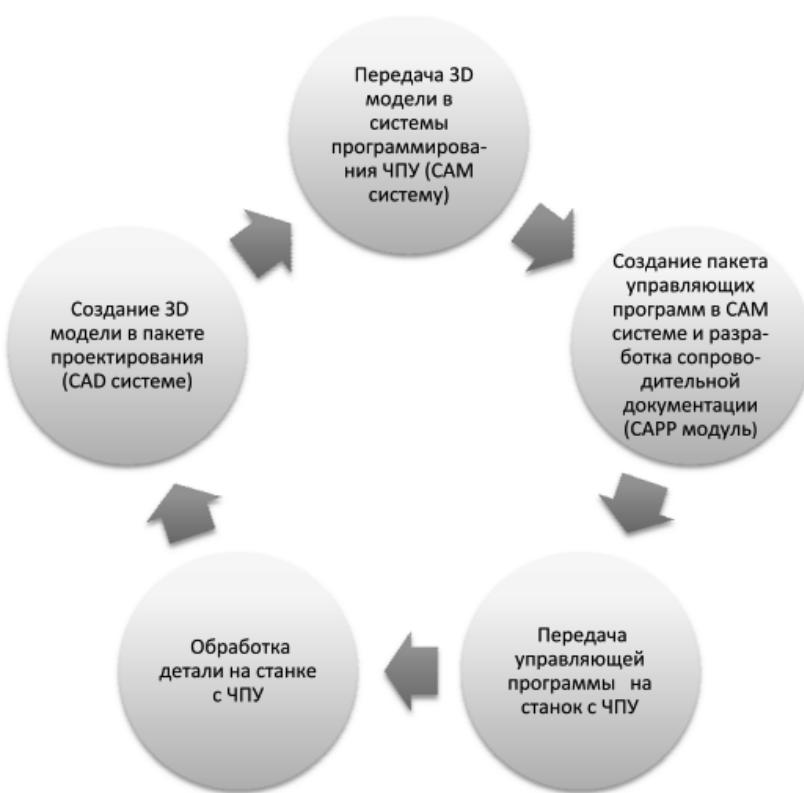


Рис. 3. Укрупнённая схема работы инженера-технолога

Разработка УП и сопровождающей документации (карта наладки, инструментальные ведомости и др.) выполняется под условия конкретного производства, с учётом его оборудования, требований и др. УП рассчитывается САМ системами по данным 3D моделей и введённых инженером сведений.

Передача УП на станок осуществляется через порты терминальной машины, или локальную сеть, или на съёмных носителях.

Обработка на станках происходит автоматически при минимальном вмешательстве оператора (требуется только отладка первой детали).

Выводы. Главным результатом выполненного проекта является разработка стратегии модернизации структуры ТП сложного научёмкого производства, создание методологии информационного и производственного развития отечественных научёмких машиностроительных предприятий для повышения их конкурентоспособности.

Разработка интегрированной АС ТПП включает принципы и концепцию её построения, а также рабочие проекты подсистем:

анализа конструкции изделий на технологичность;

планирования технологической подготовки производства;

автоматизированного технологического проектирования;

совмещённого проектирования основного изделия и технологической оснастки для его изготовления;

интеграции с подсистемой оперативно-календарного планирования.

Интеграция АС ТПП с информационной средой предприятия обеспечивается за счёт настраиваемых внешних организационных и информа-

ционных связей; формализованных внутренних (между подсистемами) организационных и информационных связей.

Архитектура АС ТПП построена с использованием подхода проектирования информационных систем «модель—представление—поведение», что обеспечивает основополагающее требование международных и российских стандартов.

Библиографические ссылки

1. **Концепция** долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.

2. **Черпаков Б.И., Григорьев С.Н.** Тенденции развития технологического оборудования в начале XXI века // Ремонт, восстановление, модернизация. 2003. № 10. С. 2–7.

3. **Григорьев С.Н.** Тенденции и проблемы модернизации машиностроительного производства на базе отечественного станкостроения // Вестник МГТУ «Станкин». 2010. № 3. С. 7–13.

4. **Кутин А.А., Туркин М.В.** Высокоэффективные машиностроительные технологии на основе ГПС нового поколения // Вестник МГТУ «Станкин». 2010. № 4. С. 41–47.

5. **Григорьев С.Н., Мартинов Г.М.** Перспективы развития распределённых гетерогенных систем ЧПУ decentralizованными производствами // Автоматизация в промышленности. 2010. № 201005. С. 4–8.

6. **Колчин А.Ф., Овсянников М.В., Стрекалов А.Ф., Сумароков С.В.** Управление жизненным циклом продукции. М.: Анахарис, 2002. 304 с.

7. **Селиванов С.Г., Гузайров М.Б., Кутин А.А.** Инноватика. М.: Машиностроение, 2008. 721 с.

8. **Судов Е.В.** Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели. М.: ООО Издательский дом «МВМ», 2003. 264 с.

Уважаемые авторы и читатели журнала!

В соответствии с решениями президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России журнал «Автоматизация и современные технологии» включён в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней кандидата и доктора наук.

УДК 629.7.054.07

К.А. Неусыпин, д-р техн. наук, проф.

(Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана),
Н.С. Никольская (Московский государственный университет им. Ломоносова)

neusipin@mail.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ВРАЧА-ПСИХОЛОГА

Разработана информационная система подготовки принятия решений, позволяющая проводить эффективную психологическую реабилитацию пациентов трансплантационной хирургии. Система основана на использовании теории функциональных систем и подходе к самоорганизации.

Ключевые слова: функциональные системы, самоорганизация, психологическая реабилитация.

The preparation information system of the decision acceptance allowing to carry out effective psychological rehabilitation of the transplantation surgery patients is developed. The system is based on use of the functional systems theory and the self-organizing approach.

Key words: functional systems, self-organizing, psychological rehabilitation.

Сценарий послеоперационного периода у каждого пациента протекает в условиях воздействия различных внешних и внутренних факторов. Внешние факторы определяются случайными воздействиями окружающей среды, они достаточно легко регистрируются и корректируются. Внутренние факторы включают многообразные психические реакции на изменение состояния пациента. Динамика состояния пациента в послеоперационном периоде обычно описывается дифференциальным стохастическим уравнением [1]. Более полное и точное описание можно получить, используя компартментные уравнения. Однако такое представление существенно усложняет дальнейший анализ состояния пациента. При исследовании психических состояний прослеживаются причинно-следственные связи. Психика пациента часто эволюционирует под воздействием внутренних факторов, не связанных с явно формализуемыми внешними и внутренними факторами. Трудноформализуемые факторы обусловлены прошлыми яркими воспоминаниями, различными стрессорами, нереализованными желаниями, а также всевозможными маниями и др. (пациенты с девиантным поведением). При отсутствии или невозможности выявить причинно-следственные связи в изменении психического состояния пациента динамика его состояния может быть описана с использованием хаотических процессов и т.д. [2]. Класс подобных трудноформализуемых факторов и, соответственно, их описание в статье не рассматриваются.

Таким образом, определён класс возмущающих факторов и способ описания реакций пациента при реализации реабилитационной программы в послеоперационном периоде.

Психика пациента после трансплантологических операций подвержена сильным воздействиям, обусловленным интенсивно протекающими реституционными процессами. Активное изменение психического состояния пациента требует постоянного внимания и коррекции. Для осуществления эффективной коррекции состояния пациента необходимо не только идентифицировать его состояние, но и прогнозировать развитие ситуации в будущем. Решение подобной задачи предполагает глубокое исследование и длительное наблюдение пациента опытным специалистом-психологом, поэтому высококвалифицированный психолог может работать с ограниченным количеством пациентов. Психологическое состояние пациента оценивается с помощью различных показателей: социальной адаптации, степени фruстрационной толерантности и др.[3]. Проводится психологическое тестирование пациента и результаты ответов, записанные при помощи счётных факторов, которые сравниваются со среднестатистическими ответами, принятыми за эталон. Результаты тестирования записываются в виде бинарной таблицы. Врач-психолог анализирует отклонения от эталонных значений и определяет план лечения. Психологическое состояние пациента более точно определяется с помощью анализа сочетания типа реакции и её направленности. Для этого используется матрица с весовыми коэффициентами, определяемыми в соответствии с методикой Розенцвейга. Последовательный анализ матриц весовых коэффициентов позволяет выявить динамику психологического состояния пациента. Аналитическая работа врача-психолога требует длительного времени,

отличается большой трудоёмкостью. Поэтому предварительная обработка информации, её ранжирование и автоматизация позволят существенно облегчить и интенсифицировать работу врача-психолога. Для интенсификации работы врача-психолога целесообразно разработать информационную систему поддержки принятия решений (ИСППР), которая обеспечит врача первичной информацией о состоянии пациента, его динамике, общих сценарных прогнозах, а также позволит врачу моделировать различные методики лечения. Непосредственно принятие решения остаётся прерогативой врача-психолога. Создание подобной ИСППР является сложной проблемой и требует использования результатов в различных областях знаний. Ниже предложен один из вариантов синтеза ИСППР, основанный на теории функциональных систем П.К. Анохина. Выбор такой архитектуры ИСППР обусловлен сходными механизмами психической деятельности, лежащими в основе человеческой деятельности. Следует отметить, что субъективность, присущая каждому индивидууму, учитывается при реализации поведенческого акта в цепях обратной афферентации глобальной функциональной системы.

Таким образом, одной из наиболее перспективных является концепция построения ИСППР, базирующаяся на результатах теории функциональных систем П.К. Анохина [4]. ИСППР имеет структуру функциональной системы – динамической саморегулирующейся организации, избирательно объединяющей различные подсистемы и уровни регуляции для достижения полезных результатов. Каждая подсистема, в свою очередь, также представляет собой функциональную систему. Все подсистемы связаны между собой. Реализован механизм полезного приспособительного результата для каждой подсистемы и системы в целом, а также принцип саморегуляции с постоянной информацией о состоянии конечного приспособительного результата.

ИСППР представляет собой сложную многоуровневую информационную систему с разнообразным алгоритмическим обеспечением [1].

Все блоки ИСППР являются функциональными системами, которые, взаимодействуя друг с другом, должны находиться в состоянии гомеостаза [1].

Функционирование моделируемой психики пациента происходит в соответствии с принципом минимального обеспечения функции. Любой результат достигается минимальными средствами, действует минимальное количество подсистем, сложность которых соответствует решаемой задаче. Усложнение подсистем или их объединение происходит только тогда, когда этого требует решаемая задача.

Феномен минимального обеспечения функции можно проследить на примере любого двигательного акта высших позвоночных.

Усложнение архитектуры и отдельных подсистем исследуемого пациента должно быть адекватно реальной ситуации: внешним условиям функционирования и задачам, которые приходится решать в послеоперационном периоде.

Развитие интеллектуальной деятельности пациента сопровождается увеличением объёма знаний. Усложнение интеллектуальной составляющей пропорционально увеличению объёма знаний может оказаться неадекватным реальным задачам, которые решает пациент в процессе реабилитации. Например, объём знаний увеличивается за счёт получения новых измерений, а реальная задача остается неизменной. В этом случае усложнять подсистемы не имеет смысла. Можно ограничиться имеющимся уровнем развития интеллектуальной составляющей: используемых объединённых подсистем и связей между ними.

Выбор универсального пускового механизма, определяющего момент, когда необходимо начать усложнение модели, остается актуальной проблемой.

Афферентный синтез также осуществляется по принципу минимального обеспечения. Функциональные системы, составляющие контур обратной афферентации в ИСППР, формируются в условиях суженной афферентации (пациент находится в стационаре). Функциональная система, образованная в условиях суженной афферентации, не может обеспечить тонкую приспособленность системы к условиям внешнего мира, поэтому задача модификации процесса афферентного синтеза пациента является первостепенной в процессе реализации плана лечения.

Наиболее сложной частью цепи обратной афферентации является блок построения прогнозирующих математических моделей, описывающих состояние пациента.

Задача построения математических моделей, адекватных исследуемому процессу, является одной из наиболее сложных и важных проблем при синтезе ИСППР.

При минимальном объёме априорной информации и без учёта некоторых существенных факторов, характеризующих исследуемый объект, для построения моделей используется подход самоорганизации [5]. Методологической основой подхода самоорганизации для построения моделей является допущение о том, что исчерпывающая информация, характеризующая динамику исследуемого объекта, содержится в измерениях и в ансамбле критериев селекции моделей. В рамках подхода самоорганизации реализуются алго-

ритмические методы, позволяющие построить математическую модель без априорного указания закономерностей исследуемого объекта. Для построения модели оптимальной сложности необходимо сформировать измерительную выборку, задать ансамбль критериев селекции и механизм усложнения или скрещивания моделей.

Полученная на основе проведённых измерений состояния пациента математическая модель используется для прогнозирования состояния исследуемого пациента на некотором интервале времени, который выбирается из практических соображений в соответствии с предполагаемым общестатистическим временем реабилитации пациента в стационаре.

На основании результатов прогноза врач-психолог определяет план лечения. Совокупность алгоритмов прогноза и сравнения представляет собой акцептор действия.

Динамическая база данных ИСППР постоянно обновляется и пополняется, что способствует более точному определению индивидуальных динамических моделей состояния пациента.

По мере накопления полезной информации о состоянии конкретного пациента с помощью алгоритма самоорганизации строится подробная модель исследуемого процесса, затем уточняется прогноз и корректируется план лечения. Вместо алгоритма самоорганизации можно использоватьнейронные сети или генетические алгоритмы.

Таким образом, рассмотрены некоторые пути и направления реализации ИСППР, базирующиеся на теории функциональных систем и подходе самоорганизации. Использование врачом ИСППР для выработки эффективного сценария восстановления пациента трансплантационной хирургии в послеоперационном периоде позволит повысить качество лечения. Однако следует отметить, что эффективность применения ИСППР в большой степени зависит от установления межличностного контакта пациента и врача-психолога.

Отклонение результата работы функциональной системы от оптимального состояния компенсируется избирательно объединёнными подсистемами и механизмами. В рамках теории функциональных систем саморегуляция определяется взаимодействием структур в организационном образовании, при котором отклонение от оптимального состояния функциональной системы мотивирует возвращение к исходному состоянию. Процесс саморегуляции реализуется в соответствии с «золотым правилом» П.К. Анохина: отклонение какого-либо параметра от оптимального значения служит стимулом к началу работы механизмов соответствующей функциональной системы, которая этот параметр восстанавливает [4].

Совокупность параметров, характеризующих состояние объекта исследования и поддерживаю-

щихся около своих оптимальных значений, а также динамическое взаимодействие этих параметров называется гомеокинезом.

Целесообразность использования концепции гомеокинеза при синтезе ИСППР объясняется тем, что подобные механизмы управления появились в процессе эволюции у живых организмов, следовательно, они целесообразны, рациональны, эффективны, экономичны и т. д.

Синтез ИСППР с использованием концепции гомеокинеза предполагает формирование функционала качества, включающего параметры состояния пациента, а также разработку механизмов коррекции этих параметров в зависимости от изменений среды функционирования. Механизмы коррекции параметров модели пациента необходимо синтезировать с учётом возможностей реализации саморегуляции.

Представленный подход к задаче синтеза специализированной ИСППР позволяет использовать при реализации широкий арсенал математических методов.

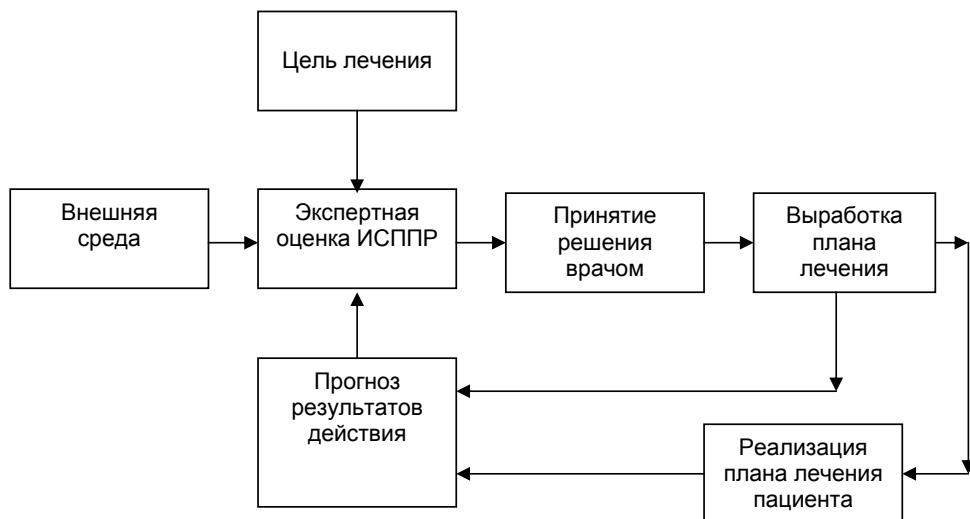
Излагаемый подход к задаче синтеза ИСППР основан на концепции гомеокинеза и теории функциональных систем П.К. Анохина. Функциональная схема лечения с использованием ИСППР представлена на рисунке.

В предлагаемой схеме использования ИСППР на основании информации о цели, состоянии внешней среды функционирования пациента, а также о прогнозе результатов действия проводится экспертная оценка ситуации, выбор наилучшего сценария поведения пациента и плана его лечения.

Лечение пациента в реабилитационный период вырабатывается на основе принятого решения и реализуется совокупностью мер, определяемых врачом-психологом.

Результаты реализации плана лечения и копии команд используются для прогнозирования результатов действия. Прогноз может осуществляться с помощью моделей, которые целесообразно получать разнообразными методами, например с помощью самоорганизации. Далее практический результат сравнивается с прогнозом и подтверждается правильность лечения. В противном случае корректируется управляющее воздействие или вырабатывается другой сценарий лечения, который приводит в соответствие прогнозные значения и практический результат.

При стационарном лечении, как правило, пациент находится в условиях, когда внешние раздражители редко меняются, т.е. слабо мотивируются. В этих условиях необходимо предусмотреть достаточно активное формирование функциональных систем, являющихся доминирующими в процессе сохранения комплаентности пациента.



Таким образом, предложен подход к синтезу специализированной ИСППР и её архитектура. Рассмотрены принципы функционирования ИСППР врача-психолога, позволяющей повысить эффективность реабилитации пациентов трансплантационной хирургии.

Библиографические ссылки

1. Неусыпин К.А., Логинова И.В. Вопросы теории и реализации интеллектуальных систем. М.: Сигнал МПУ, 1999. 220 с.

2. Шахтарин Б.И. Генераторы хаотических колебаний. М.: Гелиос АРВ, 2007. 248 с.

3. Неусыпин К.А., Муркина Н.В. Фruстрационная толерантность интеллектуальных систем летательных аппаратов // Автоматизация и современные технологии. 2004. № 1. С. 25–27.

4. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968. 345 с.

5. Ивахненко А.Г., Мюллер Й.Я. Самоорганизация прогнозирующих моделей. Киев: Техника, 1985. 375 с.



КОМПЬЮТЕРНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

А.И. Яманин, Ю.В. Голубев, А.В. Жаров и др.

480 с.: ил. ISBN: 5-217-03301-0

Цена 363 р.

Рассмотрены основы организации современного и перспективного компьютерно-интегрированного машиностроительного производства (СИМ-производства), методы и средства машинной графики, трехмерного моделирования, основы теории метода конечных элементов и реализующие его программные продукты, а также программные средства для исследования динамики механических систем. Даны многочисленные примеры практического применения этих программных средств для решения задач, возникающих при проектировании и расчетном исследовании поршневых транспортных двигателей.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению "Энергомашиностроение" и специальности "Двигатели внутреннего сгорания" (а также некоторым родственным направлениям и специальностям).

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Строгийский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU



УДК 621.38

М.Г. Мустафаев (Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик)

mshadow@inbox.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРИ СОЗДАНИИ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Рассмотрена возможность совершенствования системы управления производственной деятельностью при создании сложных изделий. Предложены некоторые подходы повышения эффективности управления технологическим процессом производства микроэлектронных приборов.

Ключевые слова: управление, процесс, уровень, моделирование, контроль, эффективность, база знаний, база данных, решение, подход.

When complex articles creating improvement possibility of the production activity control system is considered. Some approach to efficiency increase of the technological process control for microelectronic devices production is proposed.

Key words: management, process, level, modeling, the control, efficiency, knowledge base, data base, decision, approach.

Введение. В области создания и применения систем управления одним из показателей качества считается уровень использования научно-технических достижений [1, 2]. Комплексный подход к производственному процессу позволяет обеспечить полноту характеристик управления, а многоуровневый иерархический – концептуальное единство и целостность системы.

Основная часть. Современные производства являются сложными системами с разветвлённой структурой, с большим количеством связей между отдельными подразделениями, обеспечивающими передачу материальных, энергетических, информационных потоков, сбор и обработку информации, формирование и передачу управлений (рис. 1).

На нижнем (первом) уровне решаются задачи высокопроизводительной и безаварийной работы технологического оборудования, соблюдения технологических режимов, правил эксплуатации оборудования. На этом уровне применяются локальные системы.

На втором уровне реализуются задачи распределения и координации во времени и пространстве общих материальных и энергетических потоков данного производства с целью получения максимально возможной эффективности всего производственного комплекса. Определяется оптимальный режим технологического процесса (ТП), а также вырабатываются и передаются команды управления системами нижней ступени.

Техническим обеспечением этого уровня являются мини-ЭВМ, связанные между собой и с другими средствами вычислительной техники на основе локальных вычислительных сетей.

На третьем уровне решаются технические и экономические задачи планирования, анализа взаимодействия отдельных цехов, осуществляется управление общими для предприятия ресурсами. Технической базой этого уровня служит мини-ЭВМ, а также корпоративные вычислительные сети.

Качество управления деятельностью определяется плановыми, организационными и оперативными решениями. Имеются факторы, ведущие к усложнению управленческих решений [3].



Рис. 1. Уровни управления производственной деятельностью

Необходим учёт ограничений по материальным и финансовым ресурсам, усложнения объекта управления. Это повышает требования к качеству и оперативности принятия и реализации решений при производстве сложных изделий и эффективности управления технологическим процессом.

Задача принятия решений (ПР) при планировании мероприятий решается в условиях неопределённости и риска. Источником неопределённости является неполнота, разобщённость исходных данных, словесное описание целей, ограничений и условий качественного типа. Проблема качественного управления состоит в генерации альтернативных вариантов, в определении целей, ограничений и возможных областей решений.

Моделирование процесса ПР позволяет получить количественные оценки и проанализировать результаты принимаемых решений. Правильное использование моделей процесса ПР, например, обеспечивает большую степень согласованности и надёжности принимаемых управленческих решений.

Возникновение нечёткого описания задачи выбора управления может быть связано с ограничениями на ресурсы моделирования (временные, стоимостные), не позволяющими получить чёткую информацию и побуждающими системных аналитиков воспользоваться знаниями экспертов, которые выражаются в нечёткой словесной форме. Имеющаяся числовая информация обычно не позволяет найти решение формальными методами при существующих ограничениях на различные ресурсы, но ЛПР (лицо, принимающее решение) находит решение, пользуясь своим опытом, который он может передать в виде совокупности нечётких правил.



Рис. 2. Система поддержки решений

Использование нечётких словесных понятий позволяет ввести в рассмотрение качественные описания, учесть неопределённость задачи выбора и достигнуть описания факторов, не поддающихся точной количественной оценке.

Применение интеллектуальных систем путём построения интегрированной информационной системы поддержки ПР, включающей подсистему моделирования (ИСПР), позволяет повысить эффективность управления (рис. 2). В процессе функционирования системы синтезируются формальные модели предметной области, которые используются в выработке наиболее рациональных решений; система содержит знания более высокого уровня, отражающие основные закономерности предметной области. Применение в качестве элементов знаний формальных моделей даёт возможность использовать не только эвристические, но и математические процедуры поиска решений, обеспечивающие наибольшую эффективность.

Человеку-оператору отдаются функции, требующие принятия семантических решений при выполнении ситуационного управления. При оптимальном согласовании характеристик системы и человека создаются условия для эффективного управления процессом.

Технологические взаимосвязи процессов и параметров при производстве изделий сложны и трудноформализуемы. Эксплуатационный персонал должен обладать глубоким пониманием процессов, приобретаемым из опыта работы. Многие знания недостаточно документированы. Скрытые персональные знания являются часто интуитивными и не до конца осознаются оператором, но тем не менее этот уровень информации является ключевым при принятии решений управления технологическим процессом.

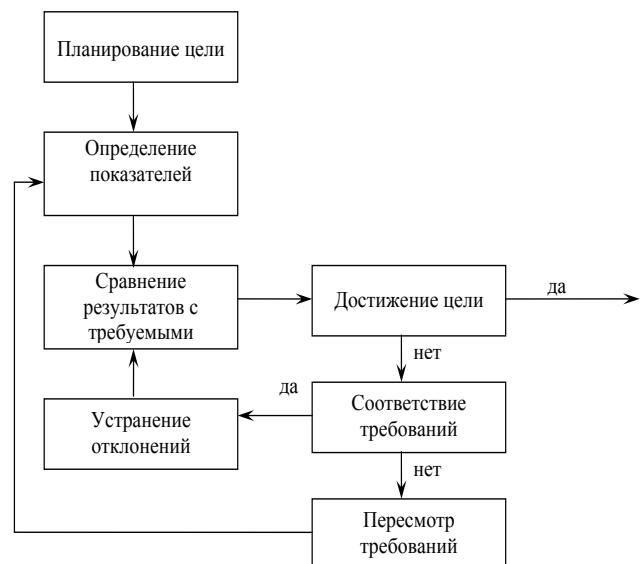


Рис. 3. Модель процесса контроля

При производстве сложных изделий управление технологическим процессом характеризуется своевременностью постановки задачи и оперативностью её решения.

Своевременность решения может быть связана с его качеством; оно должно быть нацелено на высокую степень использования потенциала предприятия за счёт применения адекватных механизмов исполнения – организационного и мотивационного.

Когда рассогласование рассматривается как критерий качества управления технологическим процессом, то количественно его можно оценивать по выражению

$$P = \left(2 - \left[\frac{T_1}{T_{\phi 1}} + \frac{T_{\phi 2}}{T_1} \right] \right) 100,$$

где T_1 – плановый (нормативный) темп роста эффективности производства за период T ; $T_{\phi 1}$ – фактический темп роста эффективности производства за предшествующий период, по протяжённости равный плановой; $T_{\phi 2}$ – фактический темп роста эффективности производства за период T ; P – величина рассогласования.

Эффективная реализация принятых решений зависит не только от качества их разработки, но и от действенности контроля (рис. 3).

Цель контроля – обеспечение единства решения и исполнения, предупреждение возможных ошибок и недоработок, своевременное отклонение от заданной программы, поставленных задач и установленных сроков. С помощью контроля не только выявляются отклонения от заданий, сформулированных в решениях, но и определяются причины этих отклонений. Причинами могут быть:

неполный учёт всех обстоятельств, оказывающих воздействие на реализацию решения;

изменение этих обстоятельств под влиянием внешних и внутренних факторов;

недостатки и ошибки, проявившиеся при реализации решения;

появившиеся дополнительные возможности повышения эффективности принимаемого решения.

Содержание контроля проявляется в выполняемых им функциях: диагностической, обратной связи, ориентирующей, стимулирующей, корректирующей и т. д.

Диагностическая функция состоит в выявлении фактического состояния дел по выполнению принятого решения. Ориентирующая функция направлена на указание ориентиров тех проблем, которые заслуживают наибольшего внимания. Функция обратной связи означает обобщение информации о ходе выполнения поставленных задач. Стимулирующая функция нацелена на выявление

и вовлечение в работу неиспользованных резервов кадрового потенциала предприятия. Корректирующая функция контроля заключается в уточнении решения, если обстановка изменилась или были допущены ошибки при его разработке.

В зависимости от выполняемых функций и особенностей проведения контроля выделяют предварительный, направляющий, фильтрующий и последующий контроль. Предварительный контроль используется до начала исполнения решения. Задача предварительного контроля установить, правильно ли сформулированы цели, определены предпосылки и стратегия. Направляющий контроль применяется от начала практического осуществления решения до завершающего его этапа. Он включает измерение, сравнение, оценку объекта, выработку и исполнение корректирующего действия, направленного на достижение конечных результатов. Фильтрующий контроль применяется в разовом порядке в ходе реализации решения. В него входит приостановление выполнения решения при резких отклонениях фактических результатов от запланированных. Последующий контроль применяется по исполнению решения.

Контроль решений является системным и непрерывным. Непрерывность обеспечивается за счёт использования вычислительной техники и программных продуктов. В результате формируется банк данных о состоянии деятельности объекта, решениях, принимаемых руководством, результатах их исполнения. На основе этих данных проводятся сравнения за значительные промежутки времени, что повышает объективность контроля. Автоматизированная система контроля обеспечивает его комплексность, оперативность выявления отклонений и внесения корректировок, не нарушая ритма работы предприятия и отдельных подразделений. Поэтому для повышения эффективности управления ТП наряду с автоматизированной системой управления (АСУТП) целесообразно использовать автоматизированные системы контроля и регулирования процесса изготовления изделий.

Автоматическое поддержание (в определённых пределах) параметров качества элементов физической структуры изделия осуществляется с помощью АСУТП, в основу работы которой положена связь между параметрами качества элементов физической структуры и параметрами процесса формирования этого элемента. Основой для автоматизированной системы контроля и регулирования ТП являются связи параметров эффективности производственного процесса или параметров качества изделий с параметрами, характеризующими точность формирования элемента физической структуры.

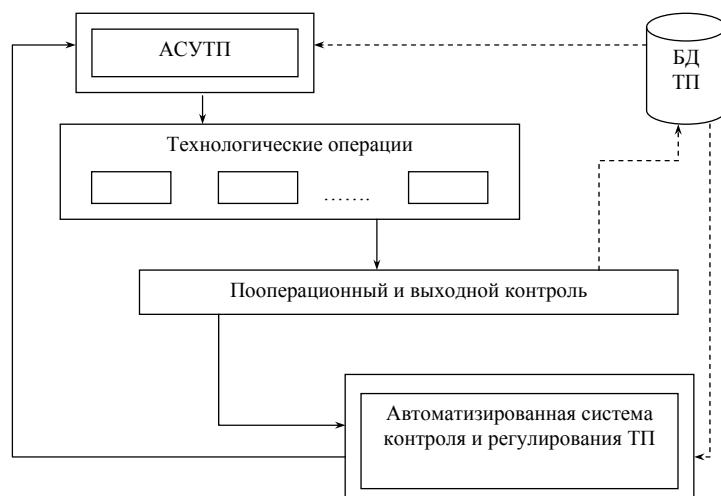


Рис. 4. Схема технологического процесса производства изделий

Указанные системы, выполняя различные задачи, дополняют друг друга. Например, используя данные системы контроля и регулирования ТП, можно зафиксировать факт отклонения параметров элемента физической структуры от установленных норм, а анализируя параметры режима операции, формирующей этот элемент (если эта операция не управляется АСУТП), установить причину этих отклонений, связанную с нарушением режима операции.

Схема ТП производства изделий с одновременным функционированием рассматриваемых систем представлена на рис. 4.

Информационное взаимодействие систем осуществляется с помощью базы данных (БД), обеспечивающей оперативный сбор, хранение, корректировку и выдачу данных по режимам технологических операций и т. д.

В зависимости от вида АСУТП рекомендации, генерируемые системой, должны быть ориентированы на соответствующий уровень управления процессом производства изделий.

Системность контроля проявляется прежде всего в оценке последствий принятых и реализованных решений.

Ожидаемый эффект О от реализации принятого решения может быть представлен в виде выражения

$$O = \Pi - (1 - K)\Pi,$$

где Π – максимальный теоретический эффект от реализации решения; K – коэффициент ожидаемой реализуемости решения.

Реализовать целевые показатели и решение по управлению технологическим процессом значительно сложнее, чем разработать и принять их.

Поэтому выполнение решения должно быть обеспечено необходимыми материальными, трудовыми и другими ресурсами, нормативно-методическими материалами, надёжностью и оперативностью обратной связи при реализации решения.

Эффективность управления определяется особенностями методологии решения проблемы подходов, моделей, принципов, средств и методов. Методология необходима прежде всего при разработке и реализации решений.

Решение проблем управления технологическим процессом при производстве изделий эффективно, если оно сориентировано на позитивные конечные результаты, включает использование количественных и качественных методов подготовки решений, а также если качественная оценка осуществляется при формировании перечня альтернатив; использован ситуативный выбор базы сравнения при расчёте экономической эффективности решений; применяется сбалансированный учёт форм экономической ответственности ЛПР; осуществляется учёт реализуемости решений при окончательной оценке их экономической эффективности.

Заключение. Практическая реализация предложенных подходов при создании приборов микроэлектроники позволяет повысить эффективность управления технологическим процессом, улучшить технические характеристики и качество изделий в целом.

Библиографические ссылки

1. Скляренко В.К., Прудников В.М. Экономика предприятия. М.: Инфра-М, 2007. 528 с.
2. Организация, экономика, управление / Под ред. В.Я. Горфинкеля, Г.А.Швандара. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. 495 с.
3. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986. 288 с.

УДК 004.42.332.024

А.А. Захарова, канд. техн. наук, доц., **С.В. Сахаров**, **Т.Ю. Чернышева**, канд. техн. наук
(Юргинский технологический институт, филиал Томского политехнического университета)

zacharovaa@mail.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА ПРОЕКТОВ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Обоснована необходимость использования в процессе стратегического планирования региональной инновационной системы иерархической модели для оценки проектов её развития, исходя из влияния, оказываемого действующими в регионе силами. Рассмотрены вопросы автоматизации выбора проектов развития региональной инновационной системы на основе метода анализа иерархий.

Ключевые слова: стратегическое планирование, региональная инновационная система, проекты развития, метод анализа иерархий, автоматизация.

Utilization necessity in the course of strategic planning of the hierarchical model regional innovative system for her estimation development, proceeding from the influence due to the forces operating in region is proved. Choice automation questions of regional innovative system the development projects on the basis of a hierarchical analysis method are considered.

Key words: strategic planning, regional innovative system, development projects, hierarchical analysis method, automation.

Введение. Сегодня все более актуальными становятся вопросы разработки стратегии регионального развития (в том числе инновационного). Это требует разработки новых инструментов стратегического планирования, анализа и контроля процессов формирования и развития региональных инновационных систем. В работе [1] предложено одно из направлений методологической и информационной поддержки процесса принятия стратегических решений об инновационном развитии региона – разработка информационной системы стратегического планирования региональной инновационной системы (РИС). В информационной системе реализован оригинальный комплекс математических моделей и алгоритмов стратегического планирования, который в отличие от существующих аналогов позволяет реализовать принципы комплексности и непрерывности в процессе стратегического управления, обеспечить взаимосвязь решений по основным этапам этого управления. Это расширяет спектр возможностей органов региональной власти в обосновании решений в условиях неопределенности среды, неполноты информации.

Стратегический анализ является одним из этапов стратегического планирования РИС, для которого характерна высокая степень неструктурированности решений. Поэтому методы стратегического анализа чаще всего основываются на экспертных оценках факторов внешней и внутренней среды организации. Учитывая особенности процесса принятия решений об инновацион-

ном развитии региона, сложную организацию самой РИС, в работе [1] предлагаются три дополняющих друг друга метода стратегического анализа РИС. Это метод нечёткого SWOT-анализа [2]; метод нечёткой оценки влияния элементов РИС друг на друга и на инновационное развитие региона [3]; метод оценки влияния действующих в регионе сил на проекты развития РИС.

Для оценки проектов развития РИС, исходя из целей и оказываемого влияния действующих в регионе сил, предлагается использовать метод анализа иерархий, который достаточно трудоёмок в процедуре экспертного опроса и в процессе обработки экспертных данных, так как требует большого количества рутинных расчётов. В связи с этим возникает необходимость автоматизации этого процесса.

Обоснование определения иерархической модели в выборе проектов развития региональной инновационной системы. Региональная инновационная система – совокупность взаимосвязанных элементов инновационной деятельности, а также инфраструктура инновационной деятельности, функционирование которых направлено на осуществление принципиально новых проектов и программ, получение научно-технического, экономического или другого эффекта при обеспечении инновационного развития региона. Основными элементами инновационной системы являются: источники инноваций, инфраструктурные элементы, обеспечивающие движение по инновационной цепочке; источники финансиро-

вания; источники кадров для инновационной деятельности; органы государственной власти и местного самоуправления.

Каждый из этих элементов имеет свои цели участия в инновационном процессе и оказывает определённое влияние на инновационное развитие региона. Поэтому при формировании проектов и программ развития РИС следует учитывать интересы её ключевых элементов, обеспечивать координацию действий всех участников процесса реализации стратегии (действующих сил) – органов регионального управления, предприятий и организаций различных форм собственности, коммерческих и иных инвестиционных институтов, населения и общественности. Это существенно затрудняет оценку альтернатив развития РИС, так как существуют трудности описания процессов в формализованном виде, многовариантность решения, дефицит достоверной информации. При этом процесс выбора проектов развития РИС в данном случае имеет чёткую иерархическую структуру. Можно выделить следующие уровни: элементы РИС (действующие силы), цели инновационной деятельности элементов РИС, альтернативные проекты развития РИС.

Для повышения обоснованности решений о приоритете проектов развития РИС предлагается использовать метод анализа иерархий, позволяющий отражать качественные экспертные оценки [4]. Метод предполагает декомпозицию проблемы на более простые составляющие части и обработку суждений экспертов. В результате опреде-

ляется относительная значимость исследуемых альтернатив для всех критериев, находящихся в иерархии. Относительная значимость выражается численно в виде векторов приоритетов. Полученные таким образом значения векторов являются оценками в шкале отношений и соответствуют так называемым жёстким оценкам. Результатом применения метода является определение наиболее предпочтительного варианта, а также конкретное обоснование выбора и распределения всех вариантов, что позволяет подробно исследовать задачу в целом.

Разработка программного продукта для оценки проектов развития РИС на основе иерархической модели. Иерархические системы планирования состоят из специфических элементов, имеющих определённое толкование. К указанным элементам относятся: фокус иерархии, акторы, цели, политики, исходы и обобщённый исход [4]. Общая схема разработанной авторами иерархии оценки проектов развития РИС представлена на рис. 1. Предложены следующие уровни иерархии: фокус иерархии – сопоставление состояния РИС в соответствии с желаемым; в качестве акторов рассматриваются действующие в регионе силы, заинтересованные в реализации стратегии инновационного развития региона (инновационные предприятия, администрация региона, органы государственной власти, источники инноваций, финансовые институты и пр.). Цели у каждого актора, как правило, индивидуальны, но могут и пересекаться.

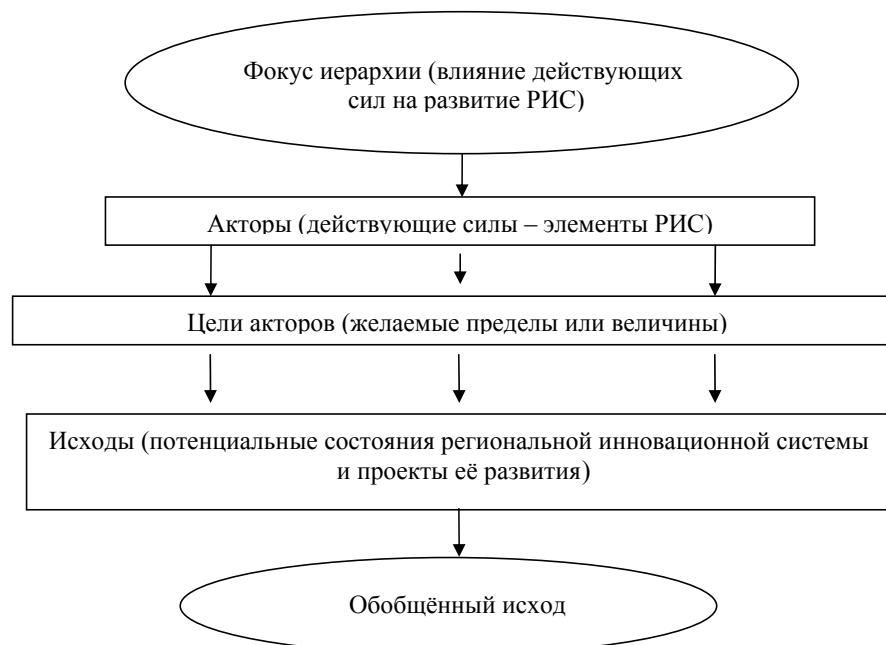


Рис. 1. Иерархия процесса выбора альтернативы развития региональной инновационной системы

Исходами (множество $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$) являются состояния РИС – проекты развития РИС. Обобщённым исходом служит некое обобщённое состояние РИС.

Иерархический синтез используется для взвешивания собственных векторов матриц парных сравнений альтернатив с весами критериев (элементов), имеющихся в иерархии, а также для вычисления суммы по всем соответствующим взвешенным компонентам собственных векторов нижележащего уровня иерархии. Подробно процедура иерархического анализа и синтеза описана, например, в работах [4, 5].

На рис. 2 приведены основные этапы оценки проектов развития РИС на основе иерархической модели, которые должны быть реализованы в программном продукте.

Программа реализована в среде разработки Borland Delphi 7.0, тип ЭВМ – IBM PC-совместимый ПК, операционная система – Windows 98/2000/XP. Далее поясним этапы, указанные на рис. 2, на примере окон программного продукта. В программе предусмотрена возможность работы с несколькими проектами. После создания нового (выбора существующего) проекта в рабочей области проекта пользователю предоставляется возможность работы с моделью по основным шагам проекта и в основном меню со справочниками. Переключение по шагам осуществляется с помощью меню «Ход работы», которое находится в верхнем левом углу формы (рис. 3).

Этап 1. Создание структуры иерархии. В первую очередь необходимо заполнить справочники проекта. При нажатии на кнопку «Справочники проекта» появляется окно «Base Editor», имеющее собственное меню, находящееся в верхней строке окна. Необходимо последовательно заполнить справочники «Акторы», «Цели» и «Исходы». Тем самым создаётся структура иерархии выбора альтернативы развития РИС, аналогичная представленной на рис. 1. В справочнике «Цели» каждая цель соотносится с соответствующим актором. Пример справочника «Исходы (Альтернативы)» приведён на рис. 4. После заполнения справочников можно приступать к работе с основным окном проекта.

Этап 2. Построение и обработка матриц попарных сравнений.

Шаг 1. Расчёт весов приоритетов действующих сил (акторов). Добавляем в список акторов необходимые акторы для сравнения (выбираем из справочника). В правом окне «Матрица попарных сравнений» формируется матрица, в которую эксперт может внести оценки согласно шкале отношений [4], при этом необходимо заполнять только элементы, находящиеся справа от единичной диагонали матрицы. После заполнения оценок сравнения акторов пользователь, нажав кнопку «Рассчитать», получает автоматический расчёт всех остальных элементов матрицы, а также вектора приоритетов акторов (весов) по формулам (см. рис. 3).

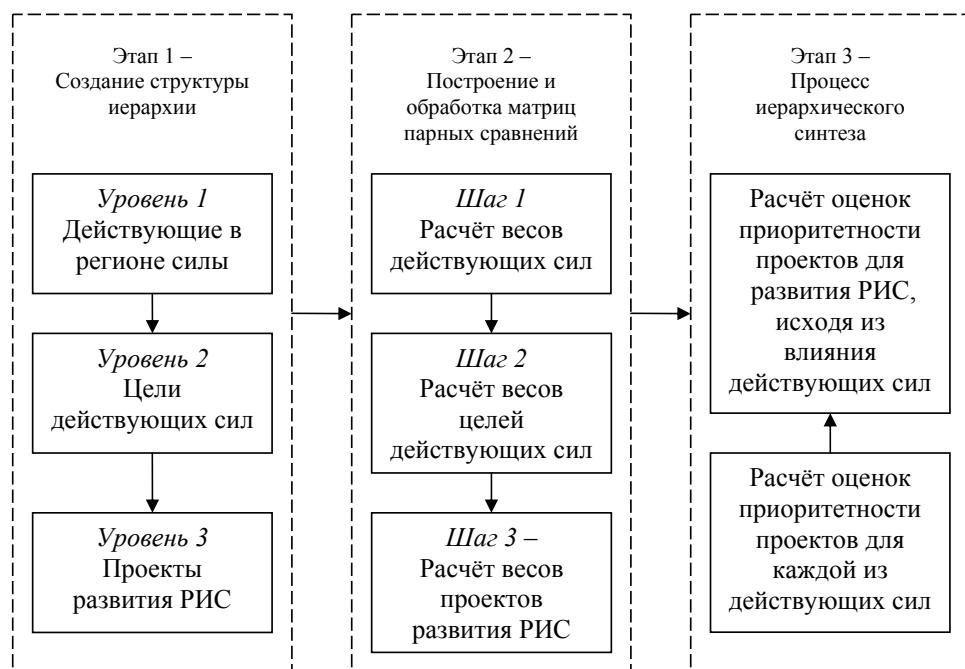


Рис. 2. Этапы выбора проектов развития региональной инновационной системы, исходя из влияния действующих сил

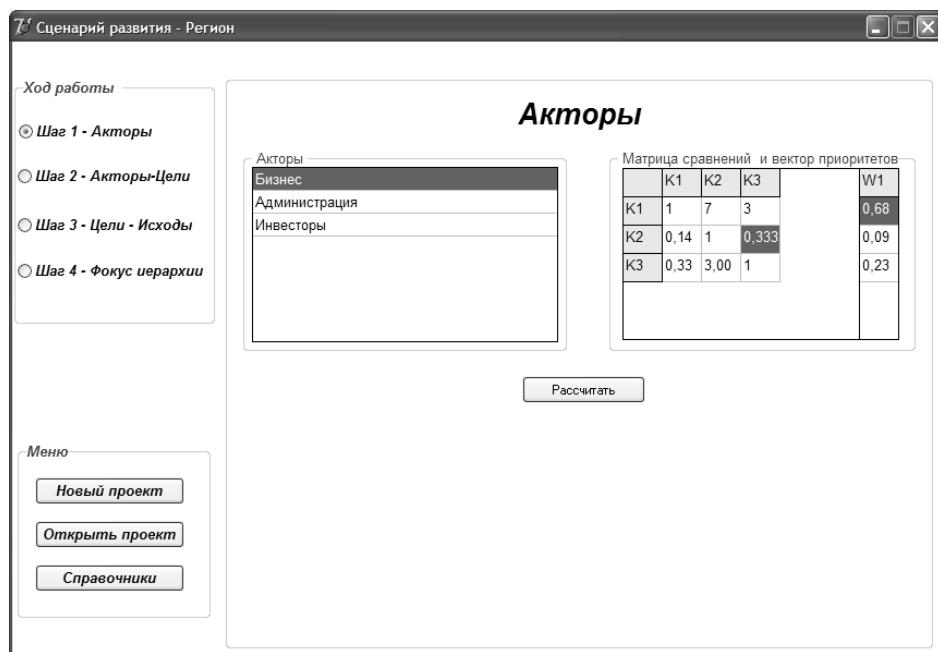


Рис. 3. Результаты расчёта вектора приоритетов акторов

Base Editor - Альтернативы	
Справочник Изменить Обновить Выход	
Индекс	Название
18	Развитие кадрового обеспечения РИС
19	Развитие информационного обеспечения РИС
20	Развитие экспертурно-консалтингового обеспечения РИС
21	Развитие производственно-технологической инфраструктуры

Рис. 4. Окно «Base Editor», справочник «Альтернативы»

$$a_{ij} = 1/a_{ji}$$

$$w_j = 1/\sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad j = \overline{1, n},$$

где a_{ij} , a_{ji} – элементы матрицы попарных сравнений; w_j – приближенные значения элементов главного собственного вектора W (вектора приоритетов).

При построении матрицы по существующей методике [4] оценивается однородность суждений эксперта и в случае несогласованности выводится соответствующее сообщение, чтобы эксперт мог пересмотреть свои оценки.

Шаг 2. Расчёт векторов приоритетов целей (критериев качества) относительно акторов (действующих сил). Для этого выбирается нужный актор, цели актора выводятся автоматически. Заполнив матрицу попарных сравнений и нажав

кнопку «Рассчитать», получаем вектор приоритетов целей данного актора (рис. 5).

Затем пользователь выбирает следующий актор, а для того чтобы добавить в расчёт вектор приоритетов, нужно нажать кнопку «+», находящуюся рядом с полем выбора актора. Количество процедур сравнения в этом шаге будет равно количеству выбранных акторов.

Шаг 3. Аналогично шагу 2 произведём расчёт векторов приоритетов альтернатив (исходов, проектов развития РИС) относительно целей. Количество процедур сравнений будет равно числу целей акторов (рис. 6).

Этап 3. Процесс иерархического синтеза.

Шаг 4. На этом шаге все расчёты производятся автоматически после нажатия кнопки «Рассчитать». Рассчитываются векторы приоритетов альтернатив относительно акторов и фокус иерархии (обобщённый исход) (рис. 7). Осуще-

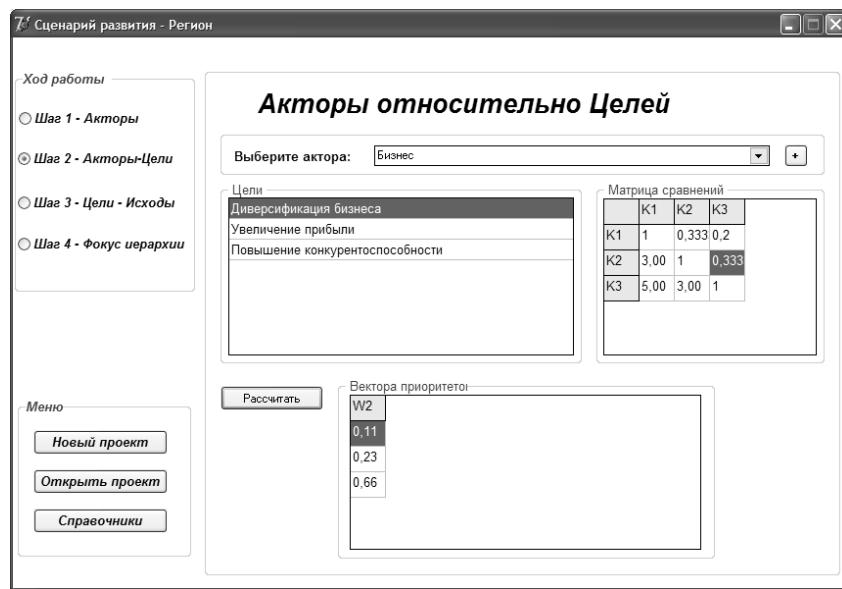


Рис. 5. Результаты расчёта вектора приоритетов целей актора «Бизнес»

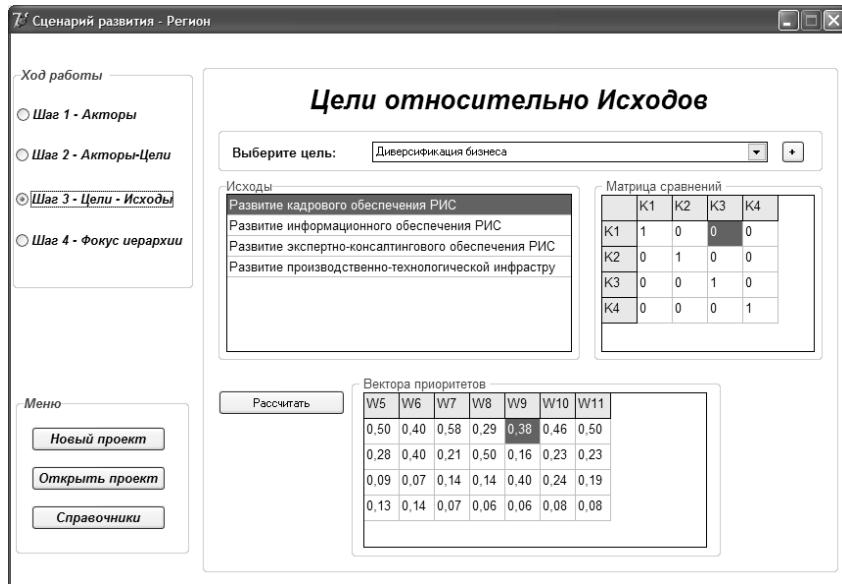


Рис. 6. Результаты расчёта векторов приоритетов Исходов

ствляется собственно иерархический синтез, заключающийся в последовательном определении векторов приоритетов альтернатив относительно элементов E_j^i , находящихся на всех иерархических уровнях, кроме предпоследнего, содержащего элементы E_j^s . Вычисление векторов приоритетов рассчитывается в направлении от нижних уровней к верхним с учётом подчинённых связей между элементами, принадлежащими различным уровням. Вычисление проводится перемножением соответствующих векторов и матриц.

Вычисление векторов приоритетов альтернатив определяется по формуле

$$W_{E_j^i}^A = \left[W_{E_1^{i-1}}^A, W_{E_2^{i-1}}^A, \dots, W_{E_n^{i-1}}^A \right] \times W_{E_j^{i-1}}^E,$$

где $W_{E_j^i}^A$ – вектор приоритетов альтернатив относительно элемента E_j^{i-1} , определяющий j -й столбец матрицы; $W_{E_j^{i-1}}^E$ – вектор приоритетов элементов $E_1^{i-1}, E_2^{i-1}, \dots, E_n^{i-1}$, связанных с элементом E_j^i вышележащего уровня иерархии.

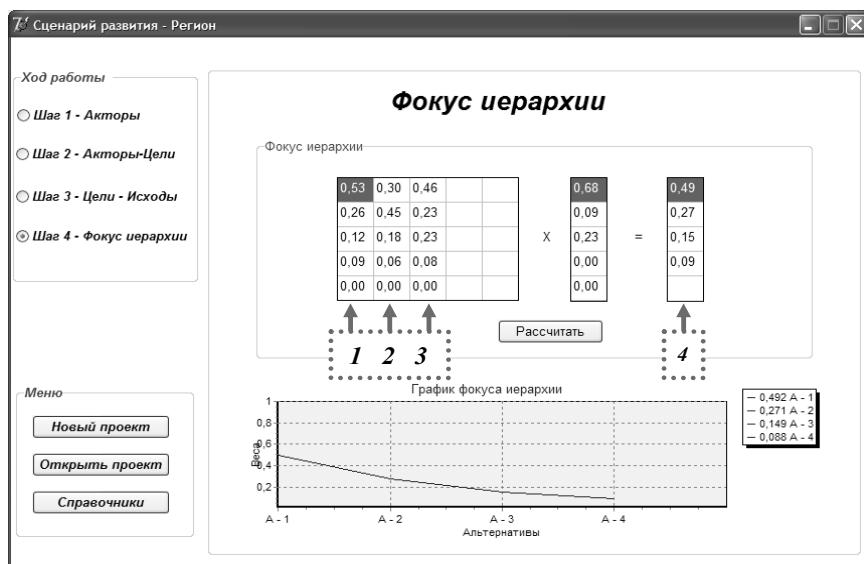


Рис. 7. Результаты расчёта векторов приоритетов альтернатив относительно акторов и фокуса иерархии:

1–3 – векторы приоритетов альтернатив относительно акторов; 4 – фокус иерархии

Из результатов расчётов, представленных на рис. 7, следует, что, исходя из интересов действующих сил «Инновационный бизнес» и «Инвесторы» (акторы 1 и 3), более целесообразна альтернатива A_1 – развитие кадрового обеспечения РИС, так как имеет наибольшее значение в первом (третьем) векторе приоритетов. Для действующей силы «Администрация» более предпочтительна альтернатива A_2 «Развитие информационного обеспечения».

Анализ значений полученного результирующего вектора приоритетов альтернатив (фокуса иерархии) как обобщённой оценки показывает, что в соответствии с мнением данного эксперта наилучшей альтернативой развития региональной инновационной системы является A_1 – развитие кадрового обеспечения РИС.

Заключение. Таким образом, предложенная модель оценки проектов развития РИС позволяет адекватно учитывать факторы сил, влияющих на инновационное развитие региона, оценивать вероятности наступления сформулированных состояний региональной инновационной системы на основании нечётких экспертных суждений и оценок, служить поддержкой принятия решения при выборе приоритетного направления развития. Предложенная схема расчётов позволяет внести в процесс принятия решений систематизацию, повысить возможности ЛПР к восприятию сложной многофакторной информации. В результате повышается качество и обоснованность управлеченческих решений в условиях недостаточности и неполноты информации, неопределённости факторов внешней и внутренней среды.

Компьютерная программа, позволяющая осуществлять процедуры выбора проектов развития

региональной инновационной системы на основе иерархической модели, скрывает от пользователя сложные расчёты и не требует знаний в области методов принятия решений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда в рамках научно-исследовательского проекта «Разработка информационной системы стратегического планирования региональной инновационной системы», проект 09-02-00372 в/и.

Библиографические ссылки

1. Захарова А.А. Разработка информационной системы стратегического планирования региональной инновационной системы // Горный информационно-аналитический бюллетень. Горное машиностроение: Тр. VII ВНПК с международным участием. Отд. вып. 2010. № ОВЗ. 464 с. М.: Изд-во «Горная книга». С. 227–235.
2. Захарова А.А. Автоматизация SWOT-анализа организации с применением нечётких моделей // Автоматизация и современные технологии. 2008. № 3. С. 29–34.
3. Захарова А.А. Нечёткие модели и алгоритмы формализации экспертных знаний о формировании и развитии региональной инновационной системы // Горный информационно-аналитический бюллетень. Горное машиностроение: Тр. VII ВНПК с международным участием. Отд. вып. 2010. № ОВЗ. 464 с. М.: Изд-во «Горная книга». С. 236–244
4. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989. 316 с.
5. Чернышева Т.Ю., Захарова А.А., Мицель А.А. Иерархическая модель оценки состояния социально-экономического развития муниципального образования // Изв. Томск. политех. ун-та. 2008. Т. 313. № 6. С. 44–48.



ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

В РОССИИ ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММЕ СЕТЕВЫХ АКАДЕМИЙ CISCO СТАНЕТ ДОСТУПНО И В СРЕДНИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

В июне 2011 г. стартовала «Программа модернизации обучения специалистов по сетевым технологиям в средних профессиональных учебных заведениях» — совместный проект компании Cisco, Департамента образования Москвы и столичного Колледжа предпринимательства № 11, реализуемый в рамках долгосрочной образовательной инициативы Cisco, которая направлена на развитие и модернизацию ИТ-образования в России (подробная информация об этой инициативе опубликована на странице <http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2011/061511b.html>). Данный проект призван вывести преподавание ИТ-дисциплин в российских колледжах на качественно новый уровень, привести обучение в них в соответствие с международными стандартами и требованиями индустриальной сертификации и тем самым повысить профессиональную подготовку выпускников и их востребованность на рынке труда. Обучение в средних профессиональных учебных заведениях будет проходить по программе Сетевых академий Cisco.

Новый образовательный проект представляет собой целый комплекс нововведений, которые коснутся не только содержания учебных программ, но и организации преподавания ИТ-специальностей. В частности, в учебный план российских колледжей будут интегрированы элементы электронной модели обучения, включающие активное использование интернет-ресурсов, симуляторов и игр на базе разработанных компаний Cisco образовательных ресурсов. Лабораторные и практические занятия будут проходить на сетевом оборудовании, бесплатно предоставляемом Cisco. Адаптированные учебные курсы, в которые входят элементы программ «Основы информационных технологий» и CCNA Discovery (включает вопросы защиты информации и построения сетей), станут обязательной частью учебного плана колледжей, а аттестационные экзамены по дисциплинам — подготовкой к получению международных сертификатов CompTIA+ (от Computing Technology Industry Association – Ассоциация индустрии компьютерных технологий), CCENT (сокращённо от Cisco Certified Entry Network Technician — сертифицированный компанией Cisco сетевой техник начального уровня) и CCNA (аббревиатура от Cisco

Certified Network Associate — сертифицированный компанией Cisco специалист по сетям).

Координатором программы выступит московский Колледж предпринимательства № 11, на базе которого с февраля 2010 г. функционирует Образовательный центр «Сетевая академия Cisco». Именно в этом колледже обучение по программе Сетевых академий Cisco впервые в России было полностью встроено в учебный план кафедры информационных технологий. Колледж № 11 будет курировать весь процесс внедрения программы Сетевых академий в российские средние профессиональные учебные заведения — от подготовки компьютерных классов и составления учебных планов до обучения пользованию образовательными ресурсами Cisco, включая доступ к учебным программам и симуляторам, а также участие в интерактивных технологических семинарах и вебинарах. Разработанный колледжем № 11 учебно-методический комплекс будет положен в основу преподавания в участвующих в проекте средних профессиональных учебных заведениях.

Реализация программы рассчитана на три года. В первый год в ней примут участие восемь колледжей Москвы, чей состав был определён по итогам открытого конкурса, организованного Колледжем предпринимательства № 11 при поддержке компании Cisco и Департамента образования Москвы.

Преподаватели этих учебных заведений пройдут специальные курсы повышения квалификации в Колледже № 11 при участии сотрудников компании Cisco.

После подведения достигнутых в первый год итогов география данной программы может быть расширена.

«Главное предназначение этой образовательной инициативы — помочь российским учебным заведениям в подготовке ИТ-специалистов в соответствии с требованиями рынка и международной сертификации, — говорит координатор программы Сетевых академий Cisco в России Александр Турилин. — Начальное профессиональное обучение в сфере телекоммуникаций и сетевых технологий должно проводиться, в первую очередь, на базе средних профессиональных заведений, где учащиеся смогут получить профессиональную квалификацию, соответствующую самым высоким международным стандартам».

Стартовавшая в октябре 1997 г. некоммерческая программа Сетевых академий Cisco ныне действует в 165 государствах, включая Россию и

большинство других стран СНГ. На её осуществление Cisco потратила более 350 млн. долл. США. Программа нацелена на фундаментальную подготовку специалистов по теории и практике проектирования, строительства и эксплуатации локальных и глобальных сетей с применением общепризнанных стандартов. Сетевые академии Cisco используют электронную модель образования (e-learning), сочетающую web-обучение с занятиями под руководством преподавателей. Она включает в себя лабораторные работы, дающие практические навыки проектирования, строительства и обслуживания компьютерных сетей.

Сетевые академии Cisco являются собой пример взаимовыгодного сотрудничества между ИТ-индустрией и учебными заведениями. Программа Сетевых академий Cisco обеспечивает жизненно

важную технологическую поддержку и средства, являющиеся существенным дополнением к ограниченным ресурсам образовательных учреждений. Слушатели же Сетевых академий Cisco получают возможность приобрести знания и навыки, необходимые для работы в условиях всё более технологически зависимой экономики.

В российских Сетевых академиях Cisco в настоящее время обучается 6 125 человек. 15 июня 2011 г. Cisco объявила о значительном расширении своей программы поддержки российского ИТ-образования. В частности, в течение трёх лет планируется увеличить количество действующих в РФ Сетевых академий втрое – с 217 до 650, а число ежегодно обучающихся довести до 16 тыс.

Подробнее об этой программе – на странице <http://www.cisco.ru/go/netacad>.

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО “МАШИНОСТРОЕНИЕ”

выпустило в свет полную коллекцию подписки
на все журналы за 2007–2010 годы
в электронном виде



Стоимость
одного номера
составляет
100 рублей



Полная
подписка
за 2007 г.
выложена
в открытом
доступе на нашем сайте

WWW.MASHIN.RU

БЕСПЛАТНО



ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

УДК 621.002.51

По страницам журналов

Параметры шероховатости выглаженных поверхностей. Упрочняющие технологии и покрытия. 2010. № 11.

Рассмотрено формирование профиля шероховатости поверхностей деталей при выглаживании. Приведена парная корреляция между параметрами шероховатости выглаженных поверхностей, показывающая важность выбора определённого диапазона режимов выглаживания. Предложена формула для оценки опорной способности шероховатости поверхности. Представлены результаты экспериментальных исследований наследственных связей между параметрами шероховатости исходной и выглаженной поверхности. Установлено, что для гарантированного обеспечения заданного профиля шероховатости поверхности при выглаживании необходимо выявить численные значения наследственных связей для каждого обрабатываемого материала детали и затем экспериментально подобрать режимы обработки, варьируя преимущественно скоростью выглаживания.

Оборудование для плазменного нанесения и упрочнения покрытий с модуляцией электрических параметров. Упрочняющие технологии и покрытия. 2010. № 11.

Рассмотрены схемы установки плазменного нанесения покрытий с модуляторами тока дуги плазмотрона прямой и обратной полярности. Представлены технические характеристики модуляторов и рекомендации по режимам нанесения покрытий, перспективная схема двухполярной импульсной модуляции тока косвенной и прямой (выносной) дуги плазмотрона для процессов напыления и гибридного процесса напыления – наплавки. Разработано оборудование для высокоеффективных ресурсосберегающих технологий плазменного нанесения и упрочнения покрытий на различные детали машин.

Прогнозирование безотказности трибосопряжений по критерию износостойкости на стадии их проектирования. Трение и смазка в машинах и механизмах. 2010. № 11.

Предложена модель процесса формирования постепенных отказов трибосопряжений по критерию износостойкости в детерминистическом и вероятностном аспекте. Она построена на основе термодинамического анализа процесса трения, как процесса двойственной молекулярно-меха-

нической природы. Теоретические зависимости для определения скорости изнашивания элементов трибосопряжения получены совместным решением двучленных уравнений энергетического баланса установившегося процесса фрикционного взаимодействия и уравнений молекулярно-механической теории, решённых относительно коэффициента трения. Методика позволяет на стадии проектирования сопряжений предсказать уровень значений коэффициента безопасности, вероятности безотказной работы и временных характеристик безотказности трибосопряжений в предполагаемых условиях эксплуатации. Достоверность аналитических зависимостей подтверждена сравнительным анализом экспериментальных и расчётных данных по изнашиванию образцов из различных материалов на машине трения.

Создание автоматических космических комплексов для научных исследований Луны: вчера, сегодня, завтра. Полёт. 2010. № 11.

Приведено описание автоматических космических комплексов, созданных и проектируемых коллективом НПО им. С.А. Лавочкина для фундаментальных и прикладных научных исследований Луны. Дано краткое описание решаемых ими научных задач. Представлены предложения по дальнейшей программе научных исследований Луны.

Информационные технологии в научных экспериментах в космосе. Полёт. 2010. № 11.

Предлагается структура научно-образовательного ресурса, использующего современные информационные технологии для создания на основе телеметрических данных адаптивных моделей и виртуальных образов, отражающих функционирование космического аппарата и условий, в которых проводятся эксперименты в космосе. Описаны примеры использования созданного программного комплекса для сопровождения миссий КА «Фотон-М2/3».

Устройство для идентификации дискомфортных режимов полёта и оценка точности его работы. Полёт. 2010. № 11.

Представлены состав и назначение блоков разработанного устройства для идентификации дискомфортных режимов полёта. Его первый блок – аналого-цифровое вычислительное устройство – даёт максимальную погрешность, так как на него подаются аналоговые сигналы со

штатных датчиков самолёта. Для этого блока рассчитаны методическая погрешность оценки временного интервала T между точками пересечения линии нулевого уровня вертикальными порывами и погрешность оценки T , вызванная порогом срабатывания компаратора. Определено минимальное значение крутизны функции F при переходе через нулевой уровень, при котором гарантируется заданная точность работы устройства.

Новые методы фотометрических измерений интегрированной солнечной постоянной. Контроль. Диагностика. 2010. № 11.

Предложены новые методы измерения интегрированной солнечной постоянной с помощью пиранометров. Показано, что интегрированная солнечная постоянная может быть вычислена на основе результатов пиранометрических измерений при двух оптических воздушных массах. При этом удается устранить влияние неопределенности значения коэффициента мутности Линке на результат измерений.

Итеративные регуляризованные алгоритмы обработки измерительной информации. Вестник компьютерных и информационных технологий. 2010. № 11.

Проведён анализ функционирования итеративных регуляризованных алгоритмов обработки информации на основе решения задачи оценки параметров динамических систем. Сделаны выводы и выработаны рекомендации для их практического применения.

Выделение линии горизонта на телевизионных и тепловизионных изображениях. Вестник компьютерных и информационных технологий. 2010. № 11.

Предложен новый подход к автоматическому выделению линии горизонта при комплексной обработке телевизионных и тепловизионных панорамных изображений. Разработана итерационная процедура компьютерной обработки изображений, обеспечивающая построение линии горизонта в простых и сложных метеоусловиях. Приведены результаты обработки изображений реальных сцен, содержащих пригоризонтные области.

Оценка соответствия специалиста требованиям работодателя на основе нечётких вычислений. Вестник компьютерных и информационных технологий. 2010. № 11.

Рассмотрен вопрос количественной оценки степени соответствия претендента на должность/рабочее место требованиям работодателя на основе количественных и качественных оценок претендента и нечетких вычислений.

Взаимосвязь скрытой энергии деформации с технологическими условиями механической обработки. Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 1.

Изложены результаты теоретического исследования уровня удельной скрытой энергии дефор-

мации в зависимости от технологических условий механической обработки. Представлены математическая зависимость, позволяющая рассчитывать удельную скрытую энергию деформации по глубине наклела, и графические зависимости удельной накопленной энергии деформации от каждого из параметров процесса резания при токарной обработке.

Применение концентрированных потоков энергии при упрочняющей обработке конструкционных материалов. Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 1.

Рассмотрено доминирование свойств отношений технологических решений при проектировании методов упрочняющей обработки поверхности материалов концентрированными потоками энергии. Получены критерии, описывающие доминирование контролируемых параметров технологической системы. Рассмотрено проектирование плазменно-механической, электромагнитной и электронно-лучевой поверхностной упрочняющей обработки конструкционных материалов.

Структурные модели технологического наследования. Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 1.

Разработана концепция технологического наследования состояния поверхности слоя в единых физических терминах и категориях механики деформирования. Представлены структурные модели в категориях функций, процессов и состояний поверхности слоя на стадиях механической обработки резанием, поверхностного пластического деформирования и эксплуатации деталей.

Технологическое управление наследованием эксплуатационных параметров качества упрочненных поверхностей. Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 1.

Предложены мероприятия по управлению качеством упрочненных поверхностей деталей трибосопряжений с позиций технологического наследования эксплуатационных параметров. Разработана математическая модель наследования показателей качества в жизненном цикле изделия, описывающая различные режимы поведения при производстве и применении деталей машин.

Методика расчёта статической характеристики линии газоснабжения с притяжным трубопроводом. Инженерный журнал «Справочник». 2011. № 1.

Предложена методика расчёта статической характеристики линии газоснабжения с двумя параллельно включёнными редукторами давления при наличии протяжённого трубопровода и с учётом ограничений по площадям дросселирующих сечений в редукторах.

Влияние исходной структуры и подготовки поверхности высоколегированных сталей на свойства диффузионных слоёв при цементации в древесно-угольных смесях. Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 1.

Проведены исследования и обобщён опыт выбора оптимальных условий подготовки мелкоразмерного инструмента, оснастки, конструкционных деталей из сталей ферритного, мартенситного и карбидного классов для высокотемпературной цементации в новых активированных древесно-угольных составах. Установлены технологические схемы обработки, позволяющие формировать износостойкие карбидные диффузионные слои при химико-термической обработке в составах на основе древесных углей с введением азотосодержащих компонентов карбамида и трилона-Б.

К вопросу о механизме изнашивания и разрушения подшипников качения с энергетических позиций. Трение и смазка в машинах и механизмах. 2011. № 1.

В статье использован структурно-энергетический подход к процессу изнашивания тел качения подшипников. Сущность этой теории в закачивании избыточной энергии, при взаимодействии поверхностей трения, которая аккумулируется в виде возбуждённых атом-вакансационных состояний, что приводит к накоплению внутренней упругой энергии (ВУЭ). Это, в свою очередь, приводит к повышению твёрдости по всему объёму детали. Используя методику определения ВУЭ через измерение твёрдости, получены результаты распределения её по объёму тел качения.

Распределение контактных температур при внутреннем шлифовании с применением твёрдого смазочного материала. Инженерный журнал «Справочник». 2011. № 1.

Представлены физические модели распределения контактных температур при встречном и попутном внутреннем шлифовании с применением твёрдого смазочного материала. Предложено разделить по этапам цикла шлифования подачу водной смазочно-охлаждающей жидкости и твёрдого смазочного материала.

Технология виртуальной сборки. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2011. № 1.

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.

Совершенствование технологии ультразвуковой запрессовки зубков шарошечных долот путём применения режима схватывания. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2011. № 1.

Рассмотрены вопросы повышения эффективности применения ультразвуковых колебаний

при сборке соединений с натягом за счёт использования дополнительных колебательных воздействий, как для снижения трения при запрессовке, так и для повышения прочности соединения путём формирования режима схватывания на заключительном этапе процесса запрессовки зубков шарошечных долот.

Моделирование внутрикамерных процессов в многосопловых энергетических установках. Полёт. 2011. № 1.

Рассмотрены вопросы численного моделирования пространственной газодинамики в предсопловых объемах многосопловых энергетических установок с использованием «тяжёлых» программных пакетов. Приведены результаты расчётов распределения внутрикамерных параметров для многосопловых двигателей в зависимости от их геометрии и результаты тестирования программного продукта ANSYS CFX 11 (на примере решения задач внутренней газодинамики энергетических установок).

Прогнозирование технического состояния летательных аппаратов, имеющих длительные сроки эксплуатации. Полёт. 2011. № 1.

Предложена математическая модель трёхмерного напряжённо-деформированного состояния несущих конструкций корпусов летательных аппаратов, учитывающая изменения свойств материалов в процессе длительной эксплуатации.

Новые методы фотометрических измерений интегрированной солнечной постоянной. Контроль. Диагностика. 2011. № 1.

Предложены новые методы измерения интегрированной солнечной постоянной с помощью пиранометров. Показано, что интегрированная солнечная постоянная может быть вычислена на основе результатов пиранометрических измерений при двух оптических воздушных массах. При этом удаётся устранить влияние неопределённости значения коэффициента мутности Линке на результат измерений.

Расчёт повреждённости композита при выдавливании с учётом изменения формы поперечного сечения волокон. Заготовительные производства в машиностроении. 2011. № 1.

Рассмотрен экспериментально-аналитический метод моделирования процесса выдавливания волокнистых композитов, в соответствии с которым экспериментально определены уравнения линий тока и деформации волокон. Решена краевая задача, определены энергосиловые параметры процесса и с использованием феноменологической теории разрушения осуществлено прогнозирование повреждённости компонентов материала. Показано существенное влияние изменения формы поперечного сечения на повреждённость компонентов композита.