

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**ВОПРОСЫ
НАУКИ И ТЕХНИКИ**

Часть I

Новосибирск, 2012 г.

УДК 62
ББК 30
В 74

Рецензент — кандидат физико-математических наук, Зеленская Татьяна Евгеньевна, Югорский государственный университет (г. Ханты-Мансийск)

В 74 «Вопросы науки и техники»: материалы международной заочной научно-практической конференции. Часть I. (16 января 2012 г.) — Новосибирск: Изд. «ЭКОР-книга», 2012. — 154 с.

ISBN 978-5-8561-8249-0

Сборник трудов международной заочной научно-практической конференции «Вопросы науки и техники» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современных технических наук.

Данное издание будет полезно аспирантам, студентам, исследователям в области прикладной науки и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития технических наук.

ББК 30

ISBN 978-5-8561-8249-0

Оглавление

Секция 1. Инженерная геометрия и компьютерная графика 7

ПОВЕРХНОСТИ, ИХ ОСОБЕННОСТИ
И ПРИМЕНЕНИЕ 7
Вох Елена Павловна

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА
ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ГРАФИЧЕСКИМ
ДИСЦИПЛИНАМ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ 11
Григорьева Елена Владимировна

Секция 2. Машиностроение и машиноведение 16

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ
ОБРАБОТКОЙ ПО СОПРЯЖЕННОЙ ДЕТАЛИ 16
Грязев Василий Михайлович
Ямников Александр Сергеевич

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕТОЧКИ ЧЕРВЯЧНО-МОДУЛЬНЫХ
ФРЕЗ С ПЕРЕДНИМИ УГЛАМИ НА ТОЧНОСТЬ
ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ ПРЯМОЗУБЫХ КОЛЕС 22
Гуськова Елена Валерьевна
Демидов Валерий Васильевич

РЕЗЦОВЫЕ ГОЛОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ
ОТВЕРСТИЙ. ПЛАВАЮЩАЯ ДВУХРЕЗЦОВАЯ
ГОЛОВКА, ИМЕЮЩАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ
РАДИАЛЬНОГО СМЕЩЕНИЯ 27
Лазарев Дмитрий Евгеньевич

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ДЛЯ
ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ 33
Маншин Дмитрий Валерьевич

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
ПО ПОВЫШЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ
РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО
ХРОМА 37
Секретарева Светлана Александровна

ВЛИЯНИЕ УГЛА ЗАТОЧКИ НЕПЛАВЯЩЕГОСЯ ЭЛЕКТРОДА НА СТАБИЛЬНОСТЬ ГЛУБИНЫ ПРОПЛАВЛЕНИЯ СВАРНОГО ШВА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗКАХ Селиванов Алексей Сергеевич	41
ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТЯЖЁЛЫХ СТАНКОВ Серегин Андрей Алексеевич	44
Секция 3. Авиационная и ракетно-космическая техника	49
РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ПРОЦЕССЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНОГО СУДНА Цыбова Елена Анатольевна Кирилкин Виктор Сергеевич	49
Секция 4. Кораблестроение	54
ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЮ ТРЕЩИН В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ Муравьев Константин Александрович	54
Секция 5. Приборостроение, метрология	60
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ Яцун Андрей Сергеевич Лунева Наталья Васильевна	60
Секция 6. Радиотехника и связь	64
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И КОМПОНЕНТЫ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФОТОНИКИ Андросик Андрей Борисович Воробьев Сергей Андреевич Мировицкая Светлана Дмитриевна	64

БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ С ПОДЗЕМНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ Семенов Михаил Алексеевич Иванов Сергей Леонидович	76
Секция 7. Информатика, вычислительная техника и управление	80
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОИСКА ПОХОЖИХ ПОКУМЕНТОВ Аликов Алан Юрьевич Калиниченко Алла Викторовна	80
АДАПТАЦИЯ СРЕДСТВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ Барбашин Димитрий Иванович Нистюк Анатолий Иванович	85
ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ Боброва Наталья Леонидовна Герман Олег Витольдович Полубок Владислав Анатольевич	89
К ВОПРОСУ СИНТЕЗА САР МНОЖЕСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ Марченко Юрий Николаевич Трубецкой Вячеслав Сергеевич Марченко Полина Юрьевна	94
МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ Мухин Олег Игоревич Мухин Кирилл Олегович	107
ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОГЛАСОВАННОСТИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПОПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ АЛЬТЕРНАТИВ Огурцов Александр Николаевич	111

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ КАЗАХСТАНА Сейфуллина Асель Олжабаевна Тажибай Ляззат Каналбаевна	115
МУЗЫКА БЕЗ ВДОХНОВЕНИЯ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МУЗЫКАЛЬНОГО ТВОРЧЕСТВА Славщик Арсений Алексеевич	123
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ С НЕЧЕТКИМИ ПАРАМЕТРАМИ Стародубцев Игорь Юрьевич	127
Секция 8. Энергетика	133
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ДОМА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ Бибарсов Владимир Юрьевич Фомин Максим Борисович Байков Алексей Сергеевич Нигматов Ленар Гамирович	133
ВЫЧИСЛЕНИЕ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СО ВСТРОЕННОЙ ЛИНИЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА Крживка Владимир	137
ДЕЖУРНЫЙ БЛОК АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ ПУНКТАМИ Шелест Владимир Александрович	149

СЕКЦИЯ 1.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

ПОВЕРХНОСТИ, ИХ ОСОБЕННОСТИ И ПРИМЕНЕНИЕ

Вох Елена Павловна

*канд. пед. наук, Уральский институт ГПС МЧС России,
г. Екатеринбург*

E-mail: paleax@mail.ru

В настоящее время современному человеку даже в повседневной жизни приходится сталкиваться с поверхностями, например, при выборе мебели, автомобиля, наружного и внутреннего обустройства дома, коттеджа. Тем более будущим инженерам, проектировщикам, дизайнерам необходимо ориентироваться в многообразии поверхностей. Проектирование форм различных машин, механизмов, архитектурных объектов предусматривает использование ряда поверхностей — многогранных, криволинейных и их сочетания.

Поверхностью называют множество последовательных положений линий, перемещающихся в пространстве. Эта линия может быть прямой или кривой и называется образующей поверхности. Кривая образующая может иметь постоянный или переменный вид. Перемещается образующая по направляющим, представляющим собой линии иного направления, чем образующие. Направляющие линии задают закон перемещения образующим. При перемещении образующей по направляющим создается каркас поверхности, представляющий собой совокупность нескольких последовательных положений образующих и направляющих.

Поверхности задаются: 1) аналитически, т. е. с помощью уравнений; 2) с помощью каркаса, т. е. поверхность рассматривается как совокупность некоторого числа линий, образующих каркас; 3) кинематически, т. к. поверхность рассматривается как совокупность всех последовательных положений некоторой линии — образующей, перемещающейся в пространстве по определенному закону.

В начертательной геометрии для исследования поверхностей как инженерных объектов преимущественно используются каркасный и кинематический способы образования поверхностей.

Поверхности можно разделить на две группы: многогранники и кривые поверхности.

Многогранник — это геометрическое тело, ограниченное со всех сторон плоскостями [2] (например, призма, пирамида, параллелепипед, куб). Боковую поверхность призмы и пирамиды можно рассматривать как поверхность, образованную движением прямой линии (образующей) по замкнутой ломаной линии (многоугольнику), т. е. направляющей. Если основаниями призмы являются правильные многоугольники, то такая призма называется правильной; если — неправильные многоугольники, то призма является неправильной. Призма с наклонными ребрами к основанию называется наклонной. Если основаниями призмы являются прямоугольники, то такая призма называется параллелепипедом.

Пирамида — это многогранник, в основании которого лежит многоугольник, а боковые грани являются треугольниками, имеющими общую вершину. Пирамида может быть правильной, если основание ее представляет собой правильный многоугольник, а высота перпендикулярна центру основания. В других случаях пирамида называется неправильной.

Кривые поверхности образуются в результате перемещения подвижной линии (образующей) по неподвижной кривой (направляющей) [2]. Поверхности, которые образуются вращением образующей вокруг неподвижной оси, называется поверхностями вращения.

Кривые поверхности делятся на:

- линейчатые, у которых образующими являются прямые линии;
- нелинейчатые, у которых криволинейные образующие;
- поверхности, задаваемые каркасом, т. е. задаются некоторым числом линий, принадлежащих поверхности;
- графические поверхности — это поверхности, которые могут быть заданы только графически, т. е. образование их не подчинено никакому математическому закону, в частности топографическая поверхность [4].
- винтовые линейчатые поверхности — это поверхности, у которых хотя бы одной из направляющих служит винтовая линия (косой геликоид, прямой геликоид или винтовой коноид, винтовой цилиндрикоид) [4];
- винтовые циклические поверхности — образующей этих поверхностей является окружность.

К линейчатым поверхностям относятся:

- Цилиндрическая поверхность — образуется прямой линией, сохраняющей во всех своих положениях параллельность некоторой

заданной прямой линии и проходящей последовательно через все точки некоторой кривой направляющей линии.

- Коническая поверхность образуется прямой линией, проходящей через некоторую неподвижную точку и последовательность через все точки некоторой кривой направляющей линии.

- Однополостный гиперболоид вращения — поверхность, образованная вращением гиперболы вокруг её мнимой оси.

- Поверхности с ребром возврата — поверхность, образующие которой являются касательными к пространственной кривой.

- Поверхности с плоскостью параллелизма, т. е. образующей является прямая линия, которая одновременно пересекает две направляющие и остается параллельной некоторой плоскости параллелизма: 1) цилиндроид (направляющие кривые линии); 2) коноид (направляющие кривая и прямая линии); 3) гиперболический параболоид или косая плоскость (направляющие две скрещивающиеся прямые линии).

Нелинейчатые поверхности можно разделить на поверхности второго порядка и циклические.

Кривыми нелинейчатыми поверхностями являются поверхности второго порядка, к которым относятся: 1) поверхность случайного вида образованная вращением произвольной кривой вокруг оси; 2) сферическая поверхность образованная вращением окружности вокруг её диаметра; 3) тор — вращением дуги окружности вокруг замыкающей её хорды; 4) эллипсоид вращения образован вращением эллипса вокруг его большой или малой оси; 5) двухполостный гиперболоид вращения состоит из двух полостей, образуемых движением деформирующегося эллипса, концы осей которого скользят по гиперболам; 6) параболоид вращения образуется вращением параболы вокруг её мнимой оси; 7) эллиптический параболоид образуется движением деформирующего эллипса, концы осей которого скользят по параболам [2].

К кривым нелинейчатым поверхностям относятся циклические поверхности, которые образуется окружностью переменного радиуса, центр которой перемещается по какой-либо кривой (поверхность случайного вида, каналовая поверхность, трубчатая, трубчатая винтовая).

Линейчатые поверхности разделяются на развертываемые и неразвертываемые.

Поверхность называется развертываемой, если она путем изгибания без образования складок и разрывов может быть совмещена с плоскостью. При этом исходим из представления поверхности как гибкой, но нерастяжимой и несжимаемой. Свойством развертываемости обладают многогранные поверхности и кривые линейчатые поверхности с ребром возврата: торсы, конические и цилиндрические. Все

нелинейчатые и линейчатые косые поверхности являются неразвертываемыми. Существуют способы построения их условных разверток с помощью аппроксимации.

Поверхности вращения второго порядка находят широкое применение в технике. Так, венцы зубчатых колес ограничены такими поверхностями: у цилиндрических зубчатых колес — цилиндрическими, у конических — коническими, у гипоидных — однополостными гиперboloидами.

Свойства однополостного гиперboloида вращения, имеющего две серии прямолинейных образующих, по предложению известного русского инженера В. Г. Шухова, использовались при строительстве радиомачт, опор, башен. В частности, по его проекту построена знаменитая башня Шухова в г. Москве.

С помощью косых плоскостей образуются покрытия зданий, крылья ветряков, при строительстве шлюзовых сооружений и каналов. На основе винтовых поверхностей, а именно, прямого и наклонного геликоида изготавливают винты, сверла, пружины, шнеки, винтовые лестницы.

Поверхности тора часто встречаются в машиностроении. На основе циклических поверхностей проектируются конструкции газопроводов, гидротурбин, центробежных насосов, например, каналовая поверхность применяется в трубах переменного сечения. Трубчатая поверхность встречается в изогнутых трубах. В основе цилиндрических винтовых пружин лежит трубчатая винтовая поверхность. Каркасные поверхности заложены в проектировании и дизайне корпусов судов, самолётов, автомобилей.

Топографическая поверхность используется при изображении поверхности земли, а также поверхность лопаток турбин на теоретическом чертеже задается рядом сечений.

Список литературы:

1. Боголюбов С. К., Воинов А. В. Черчение. — М.: Машиностроение, 1989, с. 303.
2. Гордон В. О., Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. — М.: Высшая школа, 1998. — 272 с.
3. Миронов Б. Г., Миронова Р. С. Инженерная графика. — М.: Высшая школа, 2008. — 279 с.
4. Сберегаев Н. П., Герб М. А. Краткий справочник по начертательной геометрии и машиностроительному черчению. — М. — Л., изд. «Машиностроение», 1965. — 264 с.
5. Сорокин Н. П., Ольшевский Е. Д., Заикина А. Н., Шиабанова Е. И. Инженерная графика. — СПб: Издательство «Лань», 2009. — 400 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ

Григорьева Елена Владимировна

*канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз»,
г. Владивосток*

E-mail: Gev132010@mail.ru

Современное ускоренное развитие научно-технического прогресса предъявляет новые требования к системе профессионального образования и вынуждает изыскивать эффективные механизмы, обеспечивающие повышение качества подготовки специалистов.

За последние годы учебные программы технических вузов сильно изменились: в общие программы по многим специальностям добавились новые предметы, что привело к сокращению программ по предметам, изучаемым студентами ранее.

Решение данной проблемы следует искать в применении новых технологий, использовании методик проблемного обучения. Включить новые проблемные и творческие задания в учебную программу курса можно за счет существенного сокращения лекционной части.

Традиционная организация обучения студентов (конспект лекции и система индивидуальных заданий) — это прямой и хорошо зарекомендовавший себя путь управления процессом передачи знаний. Однако вынужденная сжатость и тезисность подачи лекционного материала не позволяют развивать такие интеллектуальные умения, как синтез, анализ, сравнение, обобщение, выделение главного, установление причинно-следственных связей. А также не затрагивает вопросов управления познавательными интересами и формирования познавательной активности, формирования интеллектуальных навыков, развития умственных качеств, раскрытие творческих потенциалов.

Одним из направлений повышения эффективности учебного процесса является его оптимизация, использование технических средств обучения, разработка обучающих программ, метода контроля и управления процессом обучения.

Большое влияние на профессиональное становление будущих специалистов в технических вузах, развитие их пространственного воображения, проективного видения, мышления и интеллекта оказывают графические дисциплины, изучение которых закладывает основы знаний, необходимые для освоения других технических дисциплин.

К дисциплинам, формирующим навыки графической инженерной деятельности, относятся: начертательная геометрия, инженерная и

компьютерная графика. Начертательная геометрия является первой дисциплиной графического цикла, изучаемых в вузе. Процесс изучения начертательной геометрии совпадает с периодом адаптации студентов в вузе. Далее по учебному процессу следует изучение инженерной графики, и не подлежит сомнению, что успешное освоение начертательной геометрии способствует более легкому изучению других дисциплин графического цикла. Значимость инженерной графики в инженерной подготовке общеизвестна ведь она вносит свой вклад в формирование инженеров — конструкторов и исследователей, творчески инициативных, способных к необходимому абстрагированию, к рассмотрению сущности явлений и претворению теории в практику.

Особенность инженерной графики, в отличие от других общепрофессиональных дисциплин, заключается в совокупности абстрактных, реальных и условных образов, которые должны восприниматься одновременно. Только одновременное восприятие всех образов позволяет пространственные предметы изображать на чертеже и, наоборот, с чертежа воспроизводить предмет в пространстве. Такое восприятие окружающих предметов называют пространственным представлением. Усвоение материала в процессе обучения затруднено тем, что студенту нужно объемно воспринимать плоские изображения двухкартинных и трехкартинных комплексных чертежей. При этом необходимо устанавливать последовательность и причинность графических решений.

В инженерной графике ясно выступает единство образной и логической сторон познания. Существенную роль играют наглядные компоненты мышления, к которому могут быть отнесены как само изображение, так и представляемый геометрический оригинал.

В процессе изучения инженерной графики и начертательной геометрии особое значение приобретает автоматизация чертежных работ, когда на определенной стадии учебного процесса требуется приобретение новых графических навыков, присущих компьютерной графике.

Внедрение в учебный процесс средств компьютерной графики, не заменяет традиционных занятий по инженерной графике, на которых учащемуся дают первоначальные знания и навыки выполнения чертежей. Однако как показывает опыт, после того как учащийся овладеет приемами выполнения чертежей, целесообразно часть графических работ выполнять на компьютере.

Использование средств компьютерной графики позволяет на современном уровне решать такие задачи как трудовая и профессиональная подготовка студентов технических специальностей к условиям современного производства, формирование основ компьютерной и инженерной графики, умение составлять чертежно-

графическую документацию с помощью систем автоматизированного проектирования. Инженерная графика является базовым курсом для большинства технических специальностей, и сокращение учебных программ отрицательно сказывается на качестве подготовки по инженерной графике.

Предлагаемая методика предусматривает сокращение времени на лекционную часть тем курса без увеличения времени на самостоятельную работу студентов. Суть ее заключается в том, что ведущий преподаватель разрабатывает в графическом редакторе более сложные или объемные чертежи и рисунки, используемые им в лекциях по инженерной графике. Такой способ целесообразно использовать, когда при традиционной лекции преподаватель выполняет построения на доске, а студенты повторяют их в своих рабочих тетрадях. При этом студенты искажают рисунок, выполненный преподавателем, или переспрашивают его по несколько раз о последовательности построений или уточняют какие-либо элементы рисунка, на что уходит время.

Преподавателю приходится использовать простые графические примеры при объяснении, чтобы успеть выполнить построения. Студенты же потом выполняют индивидуальные задания по, более сложным вариантам и испытывают при этом большие затруднения, что приводит к множеству ошибок в заданиях студентов и увеличению времени на консультации студентов. Еще одна проблема традиционной лекции заключается в том, что при объяснениях преподавателя с построениями на доске теряется динамика построений.

Используя графический редактор, преподаватель имеет возможность в короткий срок разработать графическую часть лекции в динамике и цвете. На этой основе можно изготовить раздаточный материал для студентов и методические указания, а также плакаты, выполненные в динамике и цвете с высоким качеством.

Получив раздаточный материал с поэтапным построением, студенты могут быстро, ориентируясь на плакаты, на своем экземпляре с идентичным исходным заданием выполнить дальнейшие построения и получить результат более качественный и точный. Преподаватель получает возможность больше наблюдать работу студентов и успеть проверить результат выполнения задания.

При таком подходе следует ожидать, что студенты будут лучше усваивать многие темы курса и более качественно выполнять индивидуальные задания. Появится также время на увеличение количества промежуточных контрольных графических и тестовых работ, что также предусматривает облегчение работы преподавателя и повышение качества проверки работ студентов. Задания контрольных работ, содержащие графическую часть, могут также разрабатываться в

графическом редакторе. Возможности графического редактора при этом позволяют быстро и качественно выполнить задания и легко разработать каждый новый вариант на основе уже разработанных.

Возможности графического редактора AutoCAD позволяют выполнять построения качественно, быстро и с высокой точностью. Некоторые команды, не имеющие аналогов в традиционной графике, позволяют демонстрировать сразу несколько вариантов построений для сравнения или показать изменения чертежа в различных случаях, что дает огромные преимущества по сравнению с возможностями обычной доски, фабричных плакатов, макетов и цветного мела.

Если же выполнять таким способом в дополнение к плакатам рисунки для демонстрации через проектор, возможности лекции с применением таких методических средств еще больше. Разница в том, что, используя плакаты, их можно демонстрировать студентам одновременно, а проектор предусматривает поочередную демонстрацию рисунков.

При изучении графических дисциплин сталкиваешься с несколькими проблемами:

- нехватка аудиторных часов;
- слабая довузовская подготовка большинства студентов по геометрии, черчению, информатике, в связи с чем студенты 1 курса слабо усваивают инженерную и компьютерную графику, начертательную геометрию, как основу многих инженерных дисциплин.

Данные проблемы создают не лучшие условия для качественной подготовки студентов, формирования у них высоких профессиональных качеств в условиях жесткой конкуренции, создаваемых работодателями на рынке труда. Падает и престиж вуза, выпускающего такие кадры.

Проблема нехватки учебных часов решается при использовании признанных современными учеными условий развития творческих способностей учащихся. Согласно учению американского психолога Джозефа Рензулли, одаренность в современном понимании представляет собой сочетание трех характеристик: интеллектуальных способностей; творческой и настойчивости (мотивации).

При разработке данной методики использованы главные условия успешности проблемного обучения: обеспечение достаточной мотивации, вызывающей интерес к содержанию проблемы; рациональное соотношение известного и неизвестного; значимость информации, получаемой при решении проблемы, для обучаемого; необходимость диалогического доброжелательного общения педагога с учащимися.

Поставлены психолого-педагогические цели проблемного обучения: развитие мышления и способностей учащихся, развитие

творческих умений, развитие пространственного воображения; усвоение учащимися знаний, умений, добытых в ходе активного поиска и самостоятельного решения проблем; воспитание активной творческой личности учащегося, умеющего, видеть, ставить, и разрешать нестандартные проблемы; развитие профессионального проблемного мышления.

Все задания, предложенные студентам для выполнения при изучении курса, поделены на три вида: тренировочные ознакомительные, контрольные и самостоятельные творческие. Такая градация предусматривает поощрение активных и исполнительных студентов исключением необходимости жесткого контроля их знаний, возможностью выбора творческих самостоятельных поэтапно согласно алгоритму. Студент лучше усваивает теорию начертательной геометрии. Преподавателю легче выполнить контроль.

Целесообразно выделить для изучения компьютерной графики дополнительные часы из курсов начертательной геометрии и инженерной графики. Такой подход возможен при рациональном комбинировании изучения тем и выполнения контрольных заданий двумя способами: традиционным и компьютерным без дополнительного введения новых учебных заданий.

Список литературы:

1. Волкова А. А., Димитрова Л. В. Психология и педагогика. Серия «Шпаргалка» — Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. — 235 с.
2. Григорьева Е. В. Системы автоматизированного проектирования. Лабораторный практикум по графическому обеспечению проектов для направления 260600 «Пищевая инженерия» — Владивосток, 2010. — 45 с.
3. Григорьева Е. В. Компьютерная графика: учеб. пособие. — Владивосток, 2009. — 180 с.

СЕКЦИЯ 2.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ОБРАБОТКОЙ ПО СОПРЯЖЕННОЙ ДЕТАЛИ

Грязев Василий Михайлович

студент гр. 620182, ТулГУ, г. Тула

E-mail: tms@tsu.tula.ru

Ямников Александр Сергеевич

д-р техн. наук, профессор ТулГУ, г. Тула

E-mail: Yamnikovas@mail.ru

Общая теория размерных цепей разрабатывалась для назначения допусков, регламентирующих точность изготовления деталей, входящих в изделие, исходя из технических условий на его приемку. Использование теории размерных цепей для анализа конструкций изделий позволяет проверить правильность и рациональность назначения допусков, исходя из условий взаимозаменяемости деталей, а также осуществить технологический анализ конструкции изделия с целью выбора метода решения точностной задачи, поставленной конструктором. Такой размерно-технологический анализ сборочных размерных цепей изделия помогает найти технологу и конструктору наиболее рациональный метод совместного решения указанных задач.

Для проведения размерно-технологического анализа целесообразно рассмотреть понятие о функционально связанных сборочных размерных цепях. Понятие о связанных сборочных размерных цепях ввел Б. С. Балакшин [1]. Им выделены три вида связи размерных цепей: последовательный, параллельный и параллельно-последовательный, которые определяют рациональную последовательность осуществления сборочного процесса. Выявление этих связей исключает чисто интуитивное назначение последовательности сборки, но не отражает содержание технологии проведения сборочных работ, связанных с достижением необходимой точности сборки.

Профессором И. А. Когановым было введено понятие функционально связанных сборочных размерных цепей [2, 3].

Целесообразность выделения функционального вида связи размерных цепей имеет целью выявить класс размерно — точностных задач по сборке изделий, для решения которых наряду с традиционными, необходимо разрабатывать специальные приемы и методы обработки соединений входящих в изделие деталей. Практически все размерные цепи по своему назначению являются функциональными. Принцип функциональности имеет примерно тот же смысл, который вкладывается в понятие функциональной взаимозаменяемости: назначение допусков на замыкающие звенья должно производиться с таким расчетом, чтобы соответствовать наилучшим образом эксплуатационным требованиям, предъявляемым к данному изделию, сборочной единице, комплекту деталей.

Итак, функционально связанными сборочными размерными цепями называют такие цепи, которые в общей совокупности позволяют решать задачу выполнения данным изделием предписанного ему служебного назначения.

Необходимо при этом учитывать весьма характерную особенность решения функционально связанных размерных цепей. При функциональном виде связей заданные эксплуатационные характеристики обеспечиваются только при совместном решении этих цепей. Характерными в этом отношении примерами являются размерные цепи, обеспечивающие в червячных и конических зубчатых передачах комплексные выходные эксплуатационные характеристики (нормированный контакт зубьев).

Рассматриваемый вид связи имеет место также в случаях, когда сопряжение деталей осуществляется одновременно по нескольким поверхностям, а сама точность их сопряжения определяется нормами контакта. Характерными примерами таких сопряжений являются сопряжения в подвижных узлах станков машин и приборов: каретки, столы, суппорты и др.

При объединении каретки со столом (рис. 1, а) необходимо обеспечить одновременный контакт (прилегание) поверхностей V-образных и плоских направляющих.

Задача решается с помощью размерных цепей α , β , γ , h . В этих цепях раскрытие стыка между контактирующими поверхностями определяется замыкающими звеньями α_{Δ} , β_{Δ} , γ_{Δ} (рис. 1, б).

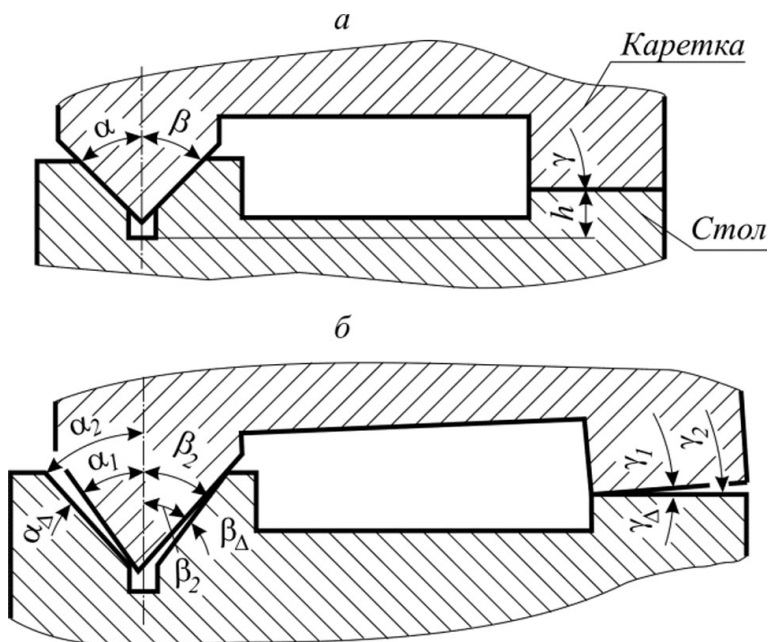


Рисунок 1. Функционально связанные сборочные размерные цепи α , β , γ , h , обеспечивающие контакт поверхностей направляющих каретки и стола

Раздельное обеспечение точности каждой размерной цепи не имеет смысла. Следует заранее обе сопряженные детали изготовить очень точно в пределах жестко заданных допусков либо перейти на ручную пригонку шабрением. В процессе шабрения точность сопряжения поверхностей оценивается контактом по краске (по блеску точек). Контакт поверхностей может также проверяться по копоту (оружейное производство).

Если чертежами предусмотрены нормы точности в виде норм контакта поверхностей, то это значит, что конструктором предлагается для достижения точности использовать ручную пригонку (шабрение, припиливание).

Если ставится задача механизировать пригонку, то в первую очередь необходимо перевести нормы контакта в допуски линейных и угловых величин, т. е. в традиционные нормы точности. Лишь после этого можно ставить вопрос о механизации пригоночных работ путем, например, сопряженной обработки.

В ТулГУ разработана методика перевода норм контакта по копоту в допуски линейных и угловых величин, что позволило механизировать пригоночные работы при сборке узлов стрелково-пушечного оружия [2].

Основная идея методики перевода норм контакта по копоту в допуски линейных и угловых величин заключается во введении зависимости допустимого раскрытия стыка Δ от толщины красящего слоя и относительной площади пятна контакта Φ_0

$$\Delta = \frac{100\hat{a}_\epsilon}{\hat{O}_0}$$

где B_k — толщина наносимого слоя краски; Φ_0 — относительная площадь пятна контакта в %; Δ — величина раскрытия стыка.

Красящий слой для взаимно облегающих поверхностей, допускающих относительное скольжение друг по другу, наносят с помощью берлинской лазури, растертой с вазелином и машинным маслом. Для поверхностей только соприкасающихся друг с другом и не допускающих в силу конструктивных особенностей относительного скольжения красящий слой наносят в виде копоты. Номинальное значение толщины слоя краски (взвесь берлинской лазури в смеси керосина и машинного масла) соответствует 2,36 мкм.

Контроль пятна контакта по копоту является специфичным способом контроля точности сборки. Копоть как промежуточный красящий слой имеет собственную толщину почти на порядок выше, чем другие виды материалов аналогичного назначения. Это обстоятельство говорит о необходимости учёта толщины слоя копоты как размерного фактора. Действительно, о достигнутой при сборке точности механизма (сборочной единицы) судят при наличии слоя копоты, являющегося в этот момент элементом размерного контура. В последующем состоянии механизма или изделия слой копоты как элемент размерного контура исчезает, и в сборочном соединении можно ожидать возникновения новых точностных характеристик. Насколько значительными окажутся такие изменения, можно судить по результатам дополнительного контроля, если таковой окажется возможным. Иных способов оценки полноты контактного сопряжения деталей не предусмотрено, а проверка по другим параметрам данного размерного контура не гарантирует получение достоверной картины точностного состояния взаимодействующих деталей. В таблице приведены значения толщины копоты в зависимости от её цвета.

Таблица.

Зависимость толщины слоя копоти от её цвета

Цвет слоя копоти	Толщина слоя копоти (мкм)
серый	1...3
Светло-коричневый	4...5
коричневый	6...8
темно-коричневый	9...10
черный, с коричневым отливом	11...13
черный	14...и более

Проверка и достижение контакта по копоти обязательно должны сопровождаться соударением сопрягаемых поверхностей. При соударении контактирующих поверхностей копоть облетает с выступающих участков и остаётся в глубоких впадинах. Таким образом, соотношение светлых и тёмных пятен на испытываемых поверхностях свидетельствует о полноте контакта. В данном случае допуск замыкающего звена — это максимально возможный слой копоти, который облетает при сопряжении поверхностей, удостоверяя тем самым удовлетворительное качество их контакта.

На основании изложенного можно сделать вывод, что сама по себе задача достижения контакта между двумя поверхностями, как точностная, может быть интерпретирована схемой размерной цепи, где замыкающим звеном является расстояние между точками двух сопряжённых поверхностей, измеренное по нормали к номинальной линии (поверхности) сопряжения.

В производственных условиях часто размерно-технологический анализ не производится, а возникающие задачи достижения требуемой точности сборки решаются чисто интуитивно на основе опыта и квалификации исполнителя. Однако и в этом случае размерный анализ может сыграть свою положительную роль — он даст возможность объективно оценить справедливость интуитивно принятого решения. Подтвердим это двумя примерами. На горизонтально-фрезерном станке ось отверстия в серье, которая является опорой оправки, должна точно совпадать с осью шпинделя станка (рис. 2) в вертикальной и горизонтальной плоскостях, что регламентируется размерными цепями А и Б.

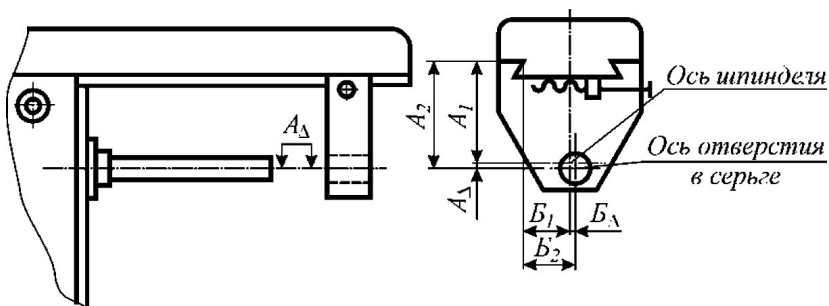


Рисунок 2. Размерные цепи, определяющие соосность отверстия в серьге и шпинделя на горизонтально-фрезерном станке

В этих цепях: A_1 , B_1 — расстояние от оси шпинделя до базовой точки C , определяющей положение хобота станка; A_2 , B_2 — расстояние от базовой точки C до оси отверстия под опору оправки в серьге; $A_Δ$, $B_Δ$ — замыкающие звенья цепей, определяющие несовпадение оси отверстия в серьге и оси шпинделя соответственно в вертикальном и горизонтальном направлениях. Даже при точном выдерживании размеров A_1 , B_1 и A_2 , B_2 размеры замыкающих звеньев $A_Δ$ и $B_Δ$ будут иметь значительные отклонения. Проведенный анализ убедительно показывает, что достижение требуемой точности методом взаимозаменяемости является нереальным. Пригонка (притирка корпуса серьги) позволяет обеспечить требуемую точность, но трудоемкость ее будет очень высокой. Более просто эту задачу можно решить путем обработки отверстия в серьге «в сборе» после того, как станок собран (или отремонтирован). Оправка с резцом для растачивания отверстия устанавливается в шпинделе станка (рис. 3).

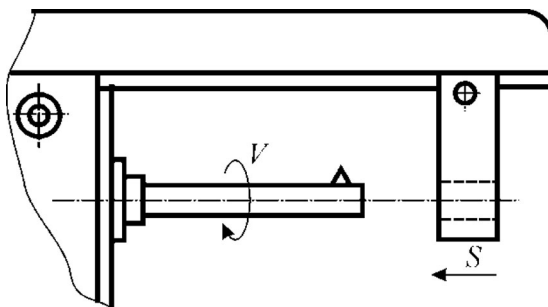


Рисунок 3. Схема растачивания «в сборе» отверстия в серьге на горизонтально-фрезерном станке

Хобот с закрепленной серьгой, отверстие которой имеет достаточный припуск на обработку, подается (движение подачи) на расточную оправку вручную или механически.

Представленные примеры технологических задач показывают, что достижение точности замыкающего звена в этих случаях невозможно без обработки в сборе.

Список литературы:

1. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1969. 559 с.
2. Размерный анализ технологических процессов: учебное пособие / И. А. Коганов, А. П. Никифоров, Б. И. Сотова и др. Тула, изд-во ТулГУ, 1988. 109 с.
3. Технология машиностроения. Специальная часть: учебник / М. Н. Бобков, Г. В. Гусев, А. Ю. Илюхин и др.; под ред. А. А. Маликова и А. С. Ямникова. Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. 388 с.

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕТОЧКИ ЧЕРВЯЧНО-МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ С ПЕРЕДНИМИ УГЛАМИ НА ТОЧНОСТЬ ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ ПРЯМОЗУБЫХ КОЛЕС

Гуськова Елена Валерьевна

*ассистент, УлГУ, г. Ульяновск
E-mail: demidova777@rambler.ru*

Демидов Валерий Васильевич

*канд. техн. наук, доцент УлГТУ, г. Ульяновск
E-mail: demidova777@rambler.ru*

Наиболее распространенным способом зубообработки колес является зубофрезерование червячно-модульными фрезами (ЧМФ). Одним из путей повышения эффективности операций зубофрезерования является использование ЧМФ с усовершенствованными конструктивно-геометрическими параметрами и, в частности, ЧМФ из быстрорежущих сталей с положительными передними углами [1, 2]. Однако ЧМФ с положительными передними углами, несмотря на их повышенную режущую способность, до настоящего времени не нашли широкого применения в действующем производстве вследствие того, что точность профиля зубьев колес, обработанных этими фрезами,

оказывается ниже точности профиля зубьев колес, обработанных ЧМФ с передними углами, равными нулю. Не изучен также вопрос о влиянии степени переточенности фрез с положительными передними углами на точность профиля зубьев колес.

В связи с выше изложенным, возникает задача точной количественной оценки влияния положительных передних углов и степени переточенности ЧМФ на точность профиля зубьев колес.

Исследования проводили методом имитационного компьютерного моделирования (ИКМ) кинематики процесса зубофрезерования прямозубых колес с модулем 3 мм, углом профиля исходного контура зубчатой рейки 20° и числом зубьев, равным 45, ЧМФ с передними углами γ_{a0} , равными 0, 6, 12 и 18° , и задними углами α_{a0} , равными, 10,15; 14,50 и $18,70^\circ$ (величина падения затылка соответственно равна 4,5; 6,5 и 8,5 мм). Наружный диаметр фрез 112 (новые стандартные фрезы), 109,75 (фрезы переточены до расчетного сечения) и 107,50 (предельно сточенные фрезы) мм. Зубофрезерование колес проводили радиальнозатылованными правыми однозаходными ЧМФ, спрофилированными на основе архимедова червяка, с 14-ю прямыми стружечными канавками, плоской передней поверхностью и прямолинейными режущими кромками зубьев (при положительных значениях передних углов теоретический криволинейный профиль боковых режущих кромок зубьев аппроксимирован хордами, связывающими две крайние точки теоретического профиля). Эти фрезы имеют наиболее широкое применение на операциях зубофрезерования колес [2]. Для оценки влияния аппроксимации теоретического криволинейного профиля боковых режущих кромок зубьев хордами на точность профиля зубьев колес дополнительно проводили зубофрезерование фрезами, с указанными выше конструктивно-геометрическими параметрами, но спрофилированными на основе эвольвентного червяка (без аппроксимации теоретического криволинейного профиля боковых режущих кромок зубьев), так как эти фрезы обеспечивают наибольшую точность профиля зубьев колес. Зубофрезерование колес проводили со встречной осевой подачей, равной 1 мм/об, и скоростью резания 25 м/мин. Точность профиля зубьев колес при ИКМ оценивали погрешностью профиля зубьев $f_{\text{пр}}$, которую определяли по специально разработанной верифицированной программе с использованием координат точек профиля зуба колеса, полученных при моделировании.

Погрешность профиля зубьев колес, обработанных новыми ЧМФ, спрофилированными на основе архимедова червяка, практически не отличается от погрешности профиля зубьев колес, обработанных

фрезами, переточенными до расчетного сечения, для всех используемых в исследованиях значений задних углов (отличие не более 1 мкм).

Погрешность профиля зубьев колес, обработанных предельно сточенными ЧМФ, спрофилированными на основе архимедова червяка, ведет себя следующим образом: погрешность профиля тех сторон зубьев колес, которые обработаны левой стороной зубьев ЧМФ (левая или правая стороны зубьев ЧМФ определяются при виде на переднюю поверхность зубьев и вершине зубьев вверху), практически совпадает с погрешностью профиля этих сторон зубьев колес, обработанных ЧМФ, переточенной до расчетного сечения; погрешность профиля противоположных сторон зубьев колес по сравнению с погрешностью профиля зубьев колес, обработанных фрезами, переточенными до расчетного сечения, немного возрастает с увеличением как передних, так и задних углов (не более 2,1 мкм).

Погрешность профиля тех сторон зубьев колес, которые обработаны левой стороной зубьев новых ЧМФ, спрофилированных на основе эвольвентного червяка, практически не отличается от погрешности профиля этих сторон зубьев колес, обработанных фрезами, переточенными до расчетного сечения (отличие не более 1 мкм). Погрешность профиля противоположных сторон зубьев колес по сравнению с погрешностью профиля зубьев колес, обработанных ЧМФ, переточенной до расчетного сечения, возрастает с увеличением как передних, так и задних углов. Так например, после зубофрезерования колес ЧМФ с $\gamma_{a0}=6^\circ$ значения $f_{гр}$ больше значений, полученных после зубофрезерования колес ЧМФ, переточенной до расчетного сечения, на 0,5 ($\alpha_{a0}=10,15^\circ$); 0,7 ($\alpha_{a0}=14,50^\circ$) и 1,0 ($\alpha_{a0}=18,70^\circ$) мкм, а с $\gamma_{a0}=18^\circ$ — на 1,4 ($\alpha_{a0}=10,15^\circ$); 2,1 ($\alpha_{a0}=14,50^\circ$) и 2,7 ($\alpha_{a0}=18,70^\circ$) мкм.

Погрешность профиля тех сторон зубьев колес, которые обработаны левой стороной зубьев предельно сточенных ЧМФ, спрофилированных на основе эвольвентного червяка, немного больше погрешности профиля этих сторон зубьев колес, обработанных фрезами, переточенными до расчетного сечения (не более 1 мкм). Погрешность профиля противоположных сторон зубьев колес по сравнению с погрешностью профиля зубьев колес, обработанных фрезами, переточенными до расчетного сечения, возрастает с увеличением как передних, так и задних углов. Так например, после зубофрезерования колес ЧМФ с $\gamma_{a0}=6^\circ$ значения $f_{гр}$ больше значений, полученных после зубофрезерования колес ЧМФ, переточенной до расчетного сечения, на 0,5 ($\alpha_{a0}=10,15^\circ$); 0,7 ($\alpha_{a0}=14,50^\circ$) и 1,0 ($\alpha_{a0}=18,70^\circ$) мкм, а с $\gamma_{a0}=18^\circ$ — на 1,5 ($\alpha_{a0}=10,15^\circ$); 2,2 ($\alpha_{a0}=14,50^\circ$) и 2,9 ($\alpha_{a0}=18,70^\circ$) мкм.

Малое отличие в погрешности профиля зубьев колес, обработанных и ЧМФ, спрофилированными на основе архимедова червяка и переточенными до расчетного сечения, от погрешности профиля соответствующих сторон зубьев колес, обработанных новыми и предельно сточенными фрезами, объясняется тем, что у всех этих фрез теоретический криволинейный профиль боковых режущих кромок зубьев аппроксимирован хордами и погрешность аппроксимации практически одинакова для фрез, разной степени переточенности.

Таким образом, ЧМФ с прямолинейными режущими кромками (в нашем случае фрезы на основе архимедова червяка) по влиянию степени их переточенности на погрешность профиля зубьев колес менее чувствительны, чем фрезы с криволинейными режущими кромками (в нашем случае фрезы на основе эвольвентного червяка). Однако в целом погрешность профиля зубьев колес, обработанных фрезами с криволинейными режущими кромками меньше погрешности профиля зубьев колес, обработанных фрезами с прямолинейными режущими кромками, причем с увеличением передних и задних углов эта разница возрастает. Например, после зубофрезерования колес ЧМФ с криволинейными режущими кромками и задними углами α_{a0} , равными $10,15^\circ$, наибольшая погрешность профиля зубьев колес равна: 0,6 мкм при $\gamma_{a0}=0^\circ$; 0,9 мкм при $\gamma_{a0}=6^\circ$; 1,3 мкм при $\gamma_{a0}=12^\circ$; 1,9 мкм при $\gamma_{a0}=18^\circ$. После зубофрезерования колес ЧМФ с прямолинейными режущими кромками и теми же задними углами α_{a0} , равными $10,15^\circ$, наибольшая погрешность профиля зубьев колес равна: 0,6 мкм при $\gamma_{a0}=0^\circ$; 1,4 мкм при $\gamma_{a0}=6^\circ$; 2,9 мкм при $\gamma_{a0}=12^\circ$; 5,2 мкм при $\gamma_{a0}=18^\circ$.

На основании результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

При прочих равных условиях погрешность профиля зубьев колес, обработанных ЧМФ, спрофилированными на основе эвольвентного червяка, при разной степени переточенности меньше погрешности профиля зубьев колес, обработанных ЧМФ, спрофилированными на основе архимедова червяка.

ЧМФ, спрофилированные на основе архимедова червяка, по влиянию степени их переточенности на погрешность профиля зубьев колес менее чувствительны к переточке, чем фрезы, спрофилированные на основе эвольвентного червяка.

Изменение значений передних (от 0 до 18°) и задних (от $10,15$ до $18,70^\circ$) углов ЧМФ не одинаково влияет на погрешность профиля противоположных сторон зубьев колес: погрешность профиля тех

сторон зубьев колес, которые обработаны левой стороной зубьев правозаходных ЧМФ, изменяется существенно меньше погрешности противоположных сторон зубьев колес. Можно утверждать, что при зубофрезеровании колес левозаходными ЧМФ, будет наблюдаться противоположная закономерность.

В заключении следует обратить внимание на то, что значения погрешностей профиля зубьев колес получены на основе исследования кинематики процесса зубофрезерования колес (кинематическая погрешность) без учета динамики процесса. Действительные значения погрешности профиля зубьев колес можно оценить путем алгебраического сложения значений погрешности профиля зубьев колес, полученных при зубофрезеровании колес на станке ЧМФ с передними углами, равными нулю, и алгебраической разности значений кинематической погрешности при заданном значении переднего угла фрезы и при переднем угле фрезы, равном нулю [3].

Список литературы

1. Иноземцев Г. Г. Червячные фрезы с рациональными геометрическими и конструктивными параметрами. — Саратов: Саратовского ун-та, 1961. — 224 с.
2. Полохин О. В. Нарезание зубчатых профилей инструментами червячного типа. — М.: Машиностроение, 2007. — 240 с.
3. Демидов В. В., Гуськова Е. В., Полянсков Ю. В. Точность профиля зубьев колес, обработанных червячно-модульными фрезами с положительными передними углами // Технология машиностроения. 2011. № 12. С. 5—9.

РЕЗЦОВЫЕ ГОЛОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ. ПЛАВАЮЩАЯ ДВУХРЕЗЦОВАЯ ГОЛОВКА, ИМЕЮЩАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ РАДИАЛЬНОГО СМЕЩЕНИЯ

Лазарев Дмитрий Евгеньевич

*аспирант 1 года обучения ЭТИ (филиала) СГТУ им. Ю. А. Гагарина,
г. Энгельс*

E-mail: demy4@list.ru

Для чистовой обработки отверстий используют различные по конструкции резцовые головки. Выбор того или иного инструмента зависит от длины обрабатываемого отверстия, физико-механических свойств обрабатываемого материала, диаметра отверстия, требуемой точности и производительности. Для чистовой обработки отверстий с диаметрами больше 70 мм с последующим раскатыванием роликами наиболее часто применяются головки с плавающими блоками резцов. Они позволяют получить достаточно высокую точность обработанного отверстия в пределах 6...8 квалитетов точности за счет большой жесткости резцов в радиальном направлении. Поэтому погрешность зависит только от настройки резцов на заданный размер, которая осуществляется вне станка с точностью (0,001...0,01) мм. В промышленном производстве преимущественно используются головки резцовые с призматическими плавающими блоками, установленными в прямоугольном пазу, выполненном в корпусе инструмента с возможностью радиального смещения блока под воздействием разности сил резания, действующих на противоположно расположенные резцы.

В представленной на рис. 1, а базовой резцовой головке, помимо достижения точности размеров, необходимо назначить допуски на отклонение от параллельности противоположно расположенных поверхностей и перпендикулярности смежных стенок паза, в котором расположен резцовый блок, что вызывает определенные технологические трудности. Перечисленные недостатки легко устраняются применением цилиндрического плавающего резцового блока (рис. 1, б). В этом случае в корпусе резцовой головки необходимо обработать одну цилиндрическую поверхность, заданная точность которой может быть обеспечена различными методами такими, как протягивание, развертывание, внутреннее шлифование, тонкое растачивание. Предлагаемая резцовая головка состоит из корпуса 1, внутри которого установлен цилиндрический плавающий

блок 2. Для предотвращения поворота резцового блока 2 в его корпусе расположена призматическая шпонка 3 с отверстием, в которой вставлен штифт 4.

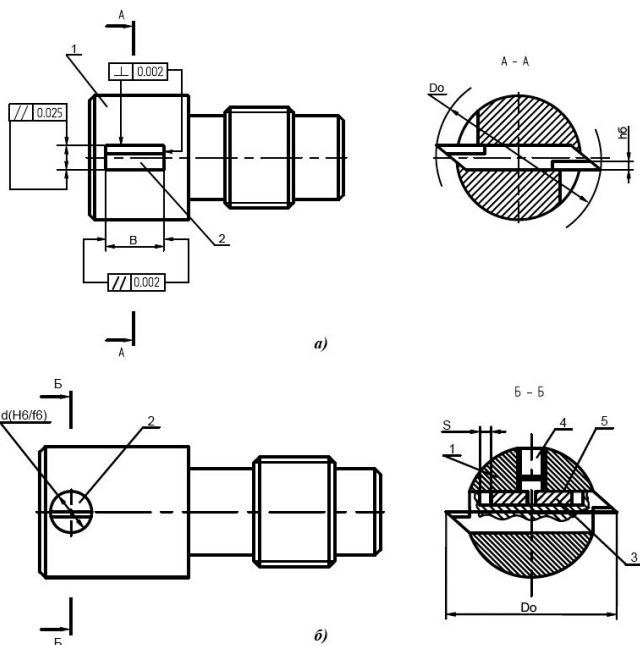


Рисунок 1. Головки для чистового растачивания глубоких отверстий:
а) применяемая в производстве; б) предлагаемая.

Для повышения производительности и снижения огранки при вихревом растачивании необходимо увеличить количество зубьев в инструменте. В современных фрезах, которые можно использовать при вихревом растачивании в качестве режущих элементов, используются резцовые вставки. Они имеют большие габариты, поэтому возможное их количество, устанавливаемое одновременно в инструменте, ограничено. С целью увеличения количества одновременно устанавливаемых в корпусе инструмента резцов предлагается конструктивное решение резцовой головки, изображенное на рис. 2.

В данной конструкции применяются твердосплавные пластины прямоугольного сечения, которые устанавливаются в специально подготовленные для них в корпусе инструмента пазы. Крепление пластин осуществляется коническими штифтами.

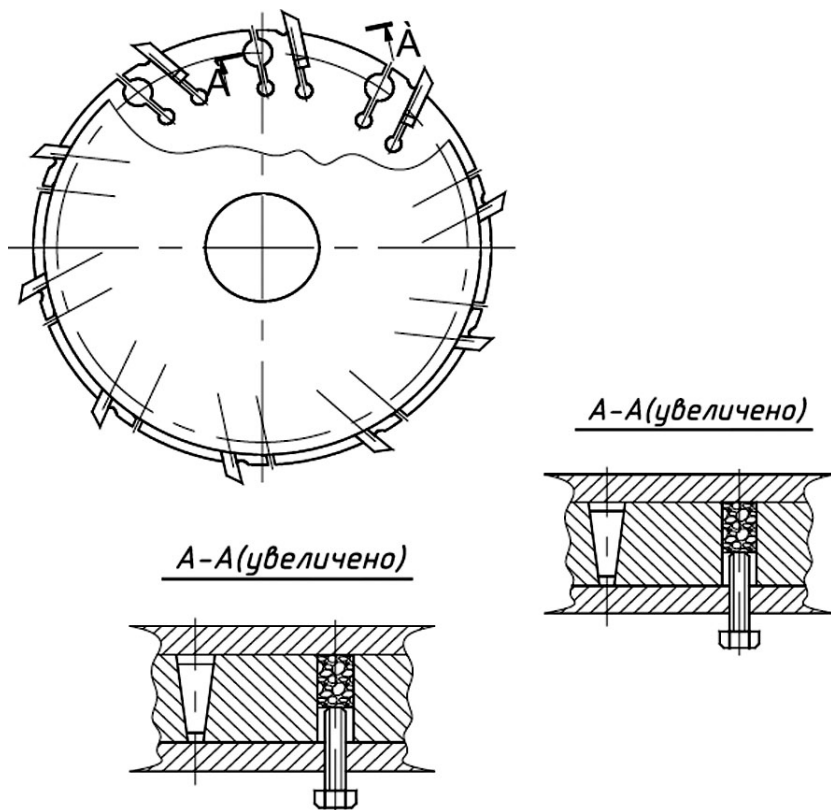


Рисунок 2. Многорезцовая расточная головка с установкой большого количества режущих элементов.

Особенности обработки точных отверстий — недостаточная жесткость применяемого инструмента и высокая склонность к упругим деформациям под воздействием усилия обработки. С увеличением глубины отверстия резко возрастают трудности при обеспечении высокой производительности, требуемого и стабильного качества поверхности. Как следствие, из всех цилиндрических поверхностей деталей различного назначения, применяемых в машиностроении, наиболее трудоемкими и сложными в обработке являются глубокие отверстия.

Выбор того или иного метода обработки отверстия зависит от его размеров и точности, свойств материала заготовки, требований к качеству поверхностного слоя и производительности. При черновых операциях преимущественно используют токарную обработку

сверлами, зенкерами, развертками, резцовыми головками, а при чистовых операциях — тонкое растачивание, абразивную обработку — внутреннее шлифование и хонингование. Для повышения качества поверхностного слоя широко применяются методы ППД: выглаживание, обкатывание роликами, дорнование. Для обеспечения требований по качеству, точности и достижению заданной шероховатости поверхности необходимо наличие в технологии как черновой, так и чистовой обработки.

На черновых операциях применяются токарно-винторезные, обдирочно-бесцентрово-шлифовальные станки, при этом используется инструмент и оснастка, учитывающие особенности обработки отверстий. При черновой обработке возникают нежелательные явления, такие как вибрации, появляющиеся в связи с тем, что инструмент в процессе обработки подвергается большому крутящим и изгибающим моментам, увеличивается податливость технологической системы, возникают трудности подвода смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ), затруднено удаление стружки из зоны резания, невозможность непосредственного визуального контроля над процессом обработки и др.

Применение люнетов, поддерживающих борштангу и обрабатываемый инструмент, значительно снижает производительность из-за большого вспомогательного времени, связанного с необходимостью их установки, переустановки и подготовкой установочных поверхностей. Повышение производительности и приведение равнодействующей сил резания, действующих на нежесткую заготовку, к нулю, можно достичь применением многорезцовых головок, которые оснащены несколькими режущими элементами, расположенными равномерно по окружности вокруг обрабатываемой поверхности. Резцы могут быть настроенными на заданный размер, или с возможностью перемещения в радиальном направлении, причем либо жестко друг относительно друга, либо автономно.

На рис. 3 представлена конструкция плавающей двухрезцовой головки, имеющей возможность радиального смещения вследствие радиального биения заготовки.

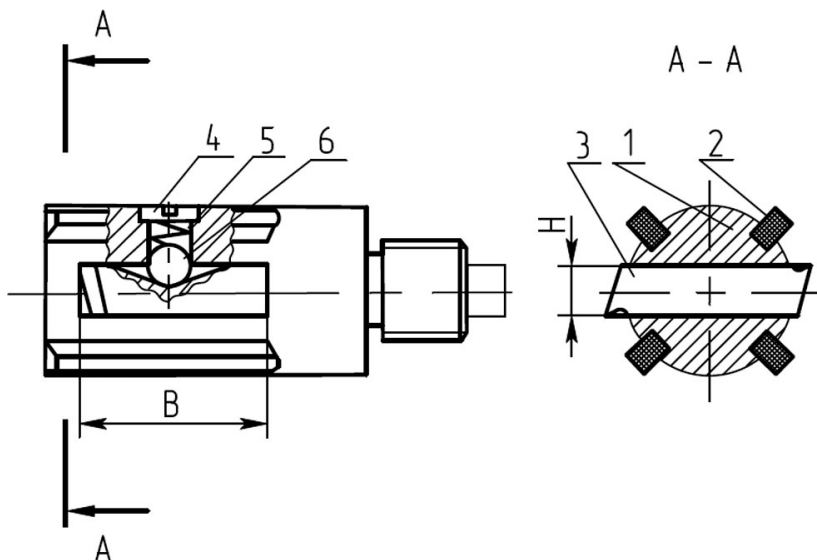


Рисунок 3. Плавающая двухрезцовая расточная головка:
1 – оправка, 2 – направляющая шпонка, 3 – плавающий резец, 4 –
штифт, 5 – пружина, 6 – шарик.

Настройка на размер в такой головке обеспечивается перемещением режущих элементов относительно друг друга в радиальном направлении, в том случае, когда он является сборным или заточкой, когда резец является цельным. Поскольку плавающий блок резцов обладает большой жесткостью, то обеспечиваемая точность размеров может находиться в пределах 7...9 качества. Однако подобные резцовые головки относятся к инструментам без определенности базирования. Это означает, что под действием различных факторов, таких как неточность настройки каждого из резцов, различной степени их износа, неоднородности материала детали и припуска на обработку, на заготовку действует равнодействующая сил резания, отличная от нуля и имеющая неопределенное направление, что приводит к дополнительным погрешностям и вибрациям. В этом отношении обработка отверстий с подвижными шпонками, установленными на борштанге соответствующим образом более предпочтительна, т. к. результирующее усилие резания имеет направление между опорными направляющими шпонками, установленными на корпусе инструмента.

В качестве чистовой обработки для обеспечения низкой шероховатости ($Ra=0,12...0,63$ мкм) может применяться различная абразивная обработка или поверхностное пластическое деформирование. Обработка глубоких отверстий шлифованием возможна только уравновешенным инструментом. Суммарная составляющая радиальных сил, действующих на инструмент, в этом случае должна быть равна нулю. К такому виду обработки относится хонингование. Несмотря на то, что хонингование является одним из точных методов обработки, позволяет достичь низкой шероховатости, тем не менее по производительности уступает другим методам, в том числе и тонкому растачиванию, а обработка малоуглеродистых незакаленных сталей при хонинговании приводит к быстрому засаливанию абразивных шлифовальных кругов, что требует частой правки и вызывает повышенный расход абразивного материала.

Список литературы:

1. Минков М. А. Технология изготовления глубоких точных отверстий — М.: Машиностроение, 1965. — 176 с.
2. Отений Я. Н., Смольников Н. Я., Олыштынский Н. В. Прогрессивные методы обработки глубоких отверстий. РПК «Политехник», Волгоград, 2003.—178 с.
3. Соломенцев Ю. М. Технологические основы оптимизации процесса обработки деталей на станках. — М., 1974. — 48 с.

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ДЛЯ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Маношин Дмитрий Валерьевич

аспирант СГТУ, г. Саратов

E-mail: dimes2012@mail.ru

Появление первых износостойких покрытий совершило революцию в металлообработке, даже довольно примитивное по сегодняшним меркам однослойное покрытие TiC, применявшееся на первых покрытых сменных неперетачиваемых пластинах, давало эффект в повышении производительности обработки примерно на 50 %. Происходило это в основном за счет увеличения скоростей резания. Но каждый из известных на сегодняшний день методов нанесения покрытий на режущий инструмент обладает преимуществами и имеет недостатки, а также специфическую область применения, которая зависит от технологических особенностей метода, степени автоматизации, экономических затрат на процесс нанесения покрытия и т. д.

Успех первых износостойких покрытий нанесенных методом химического осаждения, который в англоязычной литературе получил название Chemical Vapour Deposition (CVD) обеспечил их широкое распространение в промышленности. В настоящий момент 80 % выпускающихся в мире твердосплавных инструментов имеют различные покрытия, большую часть которых составляют покрытия, нанесенные по CVD-технологиям. Данные технологии обеспечивают равномерное нанесение покрытий высокой плотности на рабочие поверхности инструмента и обладают достаточно высокой производительностью (в зависимости от химического состава наносимого покрытия — до 15 мкм/ч), что делает их особенно привлекательными для массового производства твердосплавного инструмента. Но одновременно выявились существенные ограничения использования инструмента с покрытиями. Появилась необходимость в серьезных исследований как в области совершенствования технологии, так и в области разработки принципиально иных методов нанесения. Основным направлением совершенствования твердого сплава с покрытием была и остается борьба с хрупкостью его поверхностного слоя. Растягивающие напряжения в его поверхностном слое достигают опасной величины, чреватой зарождением трещин. Причиной образования трещин на поверхности покрытия является разница температурных коэффициентов линейного расширения основы и покрытия. При остывании, пластина сжимается меньше, чем

покрытие, и соответственно покрытие покрывается сетью нанотрещин. [3 с. 283] В оставшихся целыми участках покрытия сохраняются остаточные растягивающие напряжения, а такие напряжения в поверхностном слое любого изделия, в том числе и твердосплавной пластины — это потенциальная опасность появления новых трещин и усталостного разрушения при воздействии знакопеременных нагрузок.

Решением указанной проблемы является специальная отделка поверхности. Если известно, что растягивающие напряжения концентрируются в верхних слоях покрытия, то можно сделать его более толстым, а затем удалить эти слои одним из способов абразивной полировки. Вместе с удаленной с поверхности пластины частью слоя покрытия уходят до 80 % остаточных напряжений.

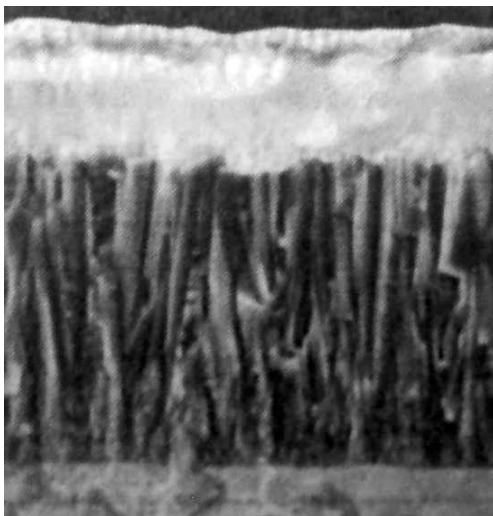


Рисунок 1. Микроструктура поверхностного слоя твердосплавного инструмента с покрытием TiCN-Al₂O₃-TiN

В соответствии с разработанными технологическими принципами на твердосплавную подложку по стандартной технологии наносится покрытие типа TiCN-Al₂O₃-TiN (Рис. 1), где каждый слой выполняет свою строго регламентированную функцию. Слой TiCN является прекрасной связкой и используется для повышения прочности адгезионной связи между инструментальным материалом и наружным слоем покрытия, а последующие слои усиливают защитные функции от различных факторов износа. Слой оксида алюминия (Al₂O₃), служит для защиты твердого

сплава от воздействия высокой температуры и химических видов износа. Слой нитрида титана (TiN), обладает высокой твердостью, низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью.

После этого передняя поверхность пластины полируется по специальной технологии, в результате чего полностью снимается слой нитрида титана и верхняя часть слоя оксида алюминия. Экспериментально доказано, что удаление всего 2...3 микрона от общей толщины покрытия дает возможность снизить уровень внутренних растягивающих напряжений в 2 раза и ликвидировать большую часть зародышей трещин. [2 с. 104] Кроме того, полировка открывает наиболее плотный и износостойкий слой оксида алюминия, который наилучшим образом сопротивляется диффузионному и абразивному износу, а также предохраняет основу пластины от воздействия тепла. Гладкая передняя поверхность дает дополнительные преимущества при обработке вязких материалов — на ней практически отсутствует схватывание с обрабатываемым материалом. Задняя поверхность, сохранившая всю толщину покрытия, эффективно сопротивляется действующим на нее нагрузкам связанных с трением.

Данная технология нанесения износостойкого покрытия позволила улучшить свойства твердого сплава сразу по всем направлениям. В сравнении с пластинами с обычным покрытием данные имеют:

- большую прочность;
- высокую стойкость к выкрашиванию режущей кромки, термическим трещинам и всем видам усталостного разрушения;
- лучшую стойкость к пластической деформации;
- более высокую износостойкость;
- более стабильную и предсказуемую работу в неблагоприятных условиях. [1]

У пластин с пониженным уровнем внутренних напряжений в покрытиях процесс изнашивания имеет более равномерный характер, они показывают большую надежность, и тем самым достигается дополнительная экономия за счет сокращения непредвидимых простоев. Всё это значительно расширяет область применения, делая его практически универсальным, что позволяет обрабатывать как обычные стали, так и более сложные труднообрабатываемые материалы. А так же использовать их как при черновой, так и при чистовой обработки. Данные сплавы могут быть созданы для работы в широком диапазоне скоростей резания, при этом превышают показатели сплава со стандартным покрытием на 10 % по скорости резания и до 30 % по уровню подачи.

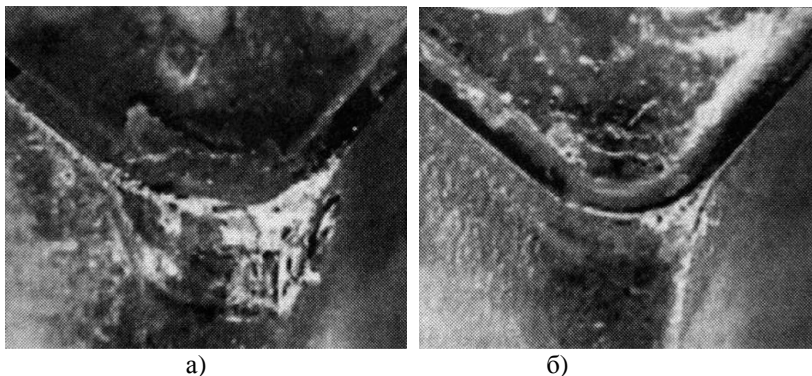


Рисунок 2. Твердосплавные пластины с покрытием TiCN-Al2O3-TiN после продольного точения 330 деталей из конструкционной стали (HB 300) при $v=300\text{м/мин}$, $s=0,4\text{мм/об}$, $t=3\text{мм}$: а- стандартное покрытие; б- покрытие после полировки.

На рис. 2 представлены макрофотографии режущих кромок твердосплавной пластины после обработки 330 деталей с покрытием TiCN-Al2O3-TiN, нанесенным по традиционной технологии (а) и с полировкой по специальной технологии (б). Как видно, в последнем случае покрытие заметно снижает интенсивность изнашивания инструмента.

Результаты исследований показывают убедительное преимущество новой технологии обработки покрытия и подтверждают перспективность дальнейших исследований в этой области. Очевидно, что резерв совершенствования свойств покрытий за счет новой технологии ещё не исчерпан.

Список литературы:

1. Беляев М. П. Пластины нового поколения // Мир станочника [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL <http://mirstan.ru/>
2. Григорьев С. Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента: учеб. пособие. Машиностроение, 2009. 368 с.
3. Поляк М. С. Технология упрочнения: Технологические методы упрочнения. Т.1 :учеб. пособие. Машиностроение, 1995, 685 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ХРОМА

Секретарева Светлана Александровна

аспирант СамГТУ, г. Самара

E-mail: sveta_secretarev@mail.ru

В настоящее время для обеспечения высокого ресурса или восстановления изношенных деталей широко применяются такие способы как наплавка, металлизация, газопламенное и газоплазменное нанесение порошковых материалов, заливка жидким металлом, детонационный способ нанесения порошковых материалов, гальванические покрытия и др. Однако, большинство из них связано с существенным термическим воздействием на деталь, что неизбежно приводит к структурным изменениям и деформации деталей. Меньше термическое воздействие оказывают новые способы восстановления деталей — детонационный и напыление порошков с использованием сверхзвуковой плазмы, при которых поверхностный слой нагревается не более чем, на 150...200 °С. Недостатком указанного способа является пористость наносимого слоя, что отрицательно сказывается на долговечности поверхностей.

Наиболее признанным в авиационной технике являются гальванические способы восстановления хромированием, железнением и др., при которых ремонтная деталь не нагревается более чем на 60...80 °С.

Гальванические покрытия по сравнению с другими способами восстановления обладают следующими преимуществами:

- отсутствием термического воздействия на детали, вызывающего нежелательные изменения структуры и механических свойств;
- получение покрытий с большой точностью заданной толщины, что позволяет снизить до минимума припуск на последующую механическую обработку и ее трудоемкость;
- возможно осаждение покрытий с заданными по толщине физико-механическими свойствами;
- способ позволяет одновременное восстановление большого числа деталей, что снижает трудоемкость и себестоимость покрытия единицы изделия;
- способ предполагает автоматизацию процесса обработки.

Электролитическое хромирование является одним из важнейших гальванических процессов и широко применяется в различных отраслях промышленности. Объясняется это уникальными свойствами хромовых покрытий. На поверхности хрома и хромовых покрытий всегда имеется тончайшая прозрачная, оксидная, защитная пленка. Вследствие такой, сильно выраженной способности к пассивированию и наличию на поверхности оксидной пленки хром по своему коррозионному поведению близок к благородным металлам. Поэтому хромовые покрытия химически стойки, как в различных атмосферных условиях, так и в средах многих химикатов. Благодаря высоким отражательной способности, твердости, сопротивлению механическому износу и низкому коэффициенту трения электролитического хрома процесс хромирования эффективно применяют в самых разнообразных целях (защита трущихся деталей машин и механизмов износа, придание поверхности деталей высоких антифрикционных свойств, защита от коррозии как в атмосферных условиях, так и в условиях воздействия высоких температур и агрессивных газов, восстановление изношенных деталей машин, изготовление не тускнеющих на воздухе металлических зеркал отражателей, защитно-декоративная отделка металлических и неметаллических изделий и т. д.). Настоящее время большой интерес уделяется хромированию титана и его сплавов. Легкий, высокопрочный титан и его сплавы отличаются высокой коррозионной устойчивостью, нанесение на их поверхность других металлов осуществляют главным образом в функциональных целях. Хром осаждают из титана или его сплавов в основном в тех случаях, когда необходимо повысить их износостойкость, термостойкость или улучшить антифрикционные свойства. Электроосаждение хрома (так же, как и других металлов) на титан и его сплавы сопряжено со значительными трудностями, что объясняется наличием на поверхности титана, прочно сцепленной с основой оксидной пленкой. Эта пленка и препятствует получению необходимого сцепления покрытия с титаном. Кроме того, вследствие высокой электроотрицательности титана и его сплавов, после их погружения в электролит (даже после удаления оксидной пленки) происходит контактное выделение содержащихся в нем электроположительных металлов. Контактноссаженные покрытия обладают необходимым сцеплением с основой и обычно являются рыхлыми. Поэтому при обработке титана и его сплавов особое внимание уделяют удалению тонкой оксидной пленки, предотвращению ее регенерации, ограничению контактного обмена и, следовательно, предотвращению выделения плохого сцепления с основой рыхлого слоя металла. [1, 2, 3, 4].

В ряде случаев отказываются от электролитических методов нанесения и применяют, например, технологию химического никелирования, но существует несколько путей решения этих проблем: совершенствование состава электролита; использование нестационарных токовых режимов осаждения, обеспечивающих повышение герметичности и снижению наводораживания покрытия; введение в электролит органических добавок (ПАВ), позволяющих улучшить экологию процесса.

Для интенсификации процесса хромирования и получения хромовых покрытий с улучшенной структурой и физико-механическими свойствами используют вместо постоянного тока токи различных форм. Наибольшее распространение получило применение реверсирования тока и импульсного тока различной частоты.

При реверсировании тока хромирование ведется током, периодически меняющим полярность с катодной на анодную. При катодной поляризации металл осаждается, а при анодной - происходит растворение хрома. При оптимальных показателях реверсивного тока (соотношение катодной и анодной плотностей тока и времени поляризации) удается получать мелкозернистые, гладкие покрытия с пониженными внутренними напряжениями.

При реверсировании тока можно интенсифицировать процесс, т. к. появляется возможность вести осаждение при очень высоких плотностях тока. Параметры реверсивного тока должны выбирать в зависимости от требований, предъявляемых к покрытию.

Несомненные преимущества процесса хромирования с использованием нестационарных режимов электролиза требуют использования прецизионных источников с автоматическими преобразователями тока. Это является весьма важным, поскольку структура и свойства хрома очень чувствительны к форме поляризующего тока [1].

В качестве источник питания, в опытной установке намечено использование однофазного трансформатора переменного тока, имеющий электронный блок для создания ассиметричной нагрузки на рабочую зону, показанного на рис. 1.

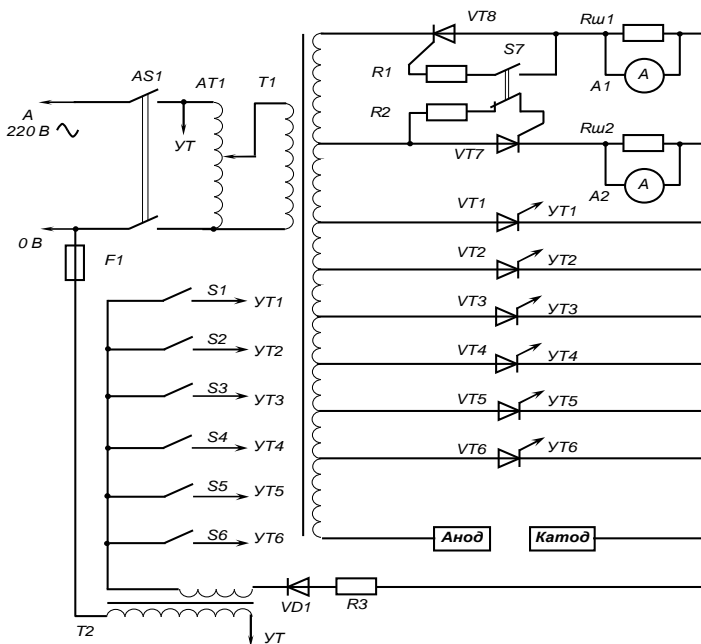


Рисунок 1. Схема электрическая установки для хромирования: T1-трансформатор силовой; AT1-автотрансформатор (200В, 80А); AS1-выключатель-автомат (380В, 25А); F1-предохранитель 0,5А; S1-S7-переключатель; VD1-VD8-тиристорТ161; Rw1-Rw2-Шунт 200А; 0,75В.

В проведенных в СамГТУ экспериментах показано, что при использовании в начальном периоде электролиза периодического тока при 50 °С достигается существенное повышение качества покрытия.

Список литературы:

1. Солодкова Л. Н. Электролитическое хромирование. М.: Глобус, 2007 — 191 с.
2. Шлугер М. А. Ускорение и усовершенствование хромирования деталей машин. М.: Машгиз, 1961. — 140 с.
3. Шлугер М. А. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник в 2т. Т2. М.: Машиностроение, 1985. — 248 с.
4. Шлугер М. А. Твердые износостойкие гальванические покрытия. М: МДНТП.1976.— С. 51

ВЛИЯНИЕ УГЛА ЗАТОЧКИ НЕПЛАВЯЩЕГОСЯ ЭЛЕКТРОДА НА СТАБИЛЬНОСТЬ ГЛУБИНЫ ПРОПЛАВЛЕНИЯ СВАРНОГО ШВА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗКАХ

Селиванов Алексей Сергеевич

старший преподаватель, УГАТУ, г. Уфа

E-mail: harper111@mail.ru

Одними из главных показателей качества при сварке неплавящимся электродом является форма сварного шва и ее стабильность в процессе сварки, от которых во многом зависят механические свойства сварного соединения.

Форма шва зависит от целого ряда параметров процесса сварки: силы тока, падения напряжения на дуге, длины дуги, полярности и рода тока, скорости сварки, состава защитного газа и т. д. Однако при назначении режима сварки в производственных условиях не учитывается часть факторов оказывающих значительное влияние на процесс сварки и проплавление металла. К ним относятся форма заточки электрода и ее изменение в процессе сварки.

Известно, что при изменении формы заточки вольфрамового электрода изменяются такие характеристики сварочной дуги как распределение энергии и давление. Данные характеристики влияют на форму: глубину и ширину шва при сварке. Размеры зоны проплавления уменьшаются с увеличением угла заточки и притупления соответственно с изменением давления и мощности дуги, а при малых углах заточки (порядка 19°) заметно снижается глубина проплавления [1]. При различной величине угла заточки электрода α изменяется ширина сварного шва, величина зоны термического влияния, устойчивость процесса сварки. При $\alpha=120$ и более процесс становится сварки неустойчивым, а при $\alpha<20$ происходит быстрое подгорание кончика электрода, что приводит к значительной разнице механических свойств шва по ширине [2].

Данная работа посвящена исследованию влияния угла заточки рабочего участка вольфрамового электрода и силы сварочного тока на стабильность глубины проплавления при сварке.

В ходе исследований использовались электроды, изготовленные из вольфрамовых прутков марки ВЛ-10 диаметром 3,0 мм, рабочий участок выполняли в форме конуса с углами заточки 17, 22, 25, 30, 35, 45 и 60, с точностью $\pm 1^\circ$. Электроды устанавливались в горелку с вылетом из цанги, равном 25 мм.

В качестве анода использовали пластины из коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т толщиной 4 мм. Режим сварки: сварочный ток — 120 А, скорость сварки — 10 м/час, был подобран таким образом, чтобы не достигать полного проплавления пластины — анода. Межэлектродный промежуток выставлялся по шаблону и был равным 3 мм. Сварка проводилась в нижнем положении, при расходе аргона 6 л/мин.

Результаты статистической обработки данных показали, что глубина проплавления существенно зависит от угла заточки электрода, причем наблюдается выраженный максимум этого показателя при угле заточки 30 градусов (рис. 1). Точками показаны значения медиан глубины проплавления для каждого угла заточки. Прямоугольники показывают значения выборки входящих в диапазон между квантилем 25% (Q25) и 75% (Q75), а горизонтальными засечками показан размах глубины проплавления. Угол заточки 30 градусов характеризуется и минимальным размахом глубины проплавления и, что наиболее интересно, наибольшей компактностью расположения основной части наблюдений около среднего значения.

Установлено, что при угле заточки 17° происходит оплавление электрода по конусной части. При этом рабочий участок электрода заметно деформируется от начального положения и вызывает нарушение стабильности процесса сварки. С увеличением угла заточки, начиная с угла заточки 22°, оплавление кончика электрода не наблюдалось, и электроды практически не изменили свою первоначальную форму.

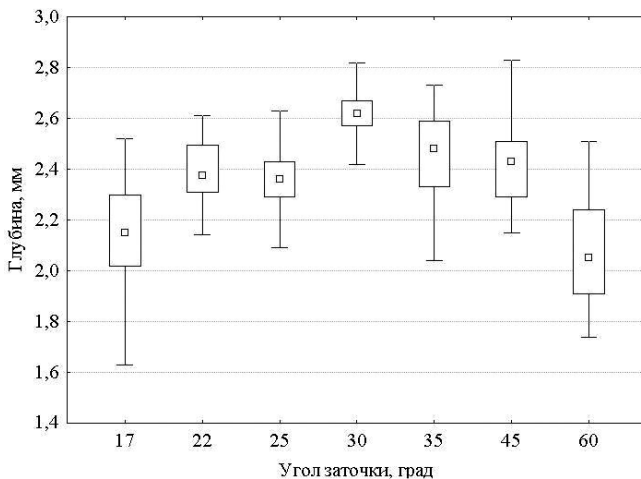


Рисунок 1. Диаграмма размаха глубины проплавления при различных углах заточки электрода диаметром 3 мм на токе 120 А

В качестве критерия стабильности использовали дисперсию глубины проплавления. Она характеризует степень компактности расположения «облака наблюдений» около своего центра тяжести (среднего значения). Оценка дисперсии определяется формулой:

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2,$$

где X_i — измеряемая величина (глубина проплавления);

$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ — оценка математического ожидания измеряемой величины (глубины проплавления).

График зависимости дисперсии глубины проплавления от угла заточки электрода показан на рисунке 2. Видно, что наибольшая стабильность глубины проплавления на электродах ВЛ-10 диаметром 3 мм при сварочном токе 120 А обеспечивается на углах заточки 30 градусов.

Результаты исследования влияния угла заточки электрода на стабильность формы проплавления при токах 180 и 240 А показали схожие результаты. Максимальная стабильность обеспечивается при углах заточки 30 градусов, при этом на других углах заточки с ростом сварочного тока дисперсия глубины проплавления увеличивается.

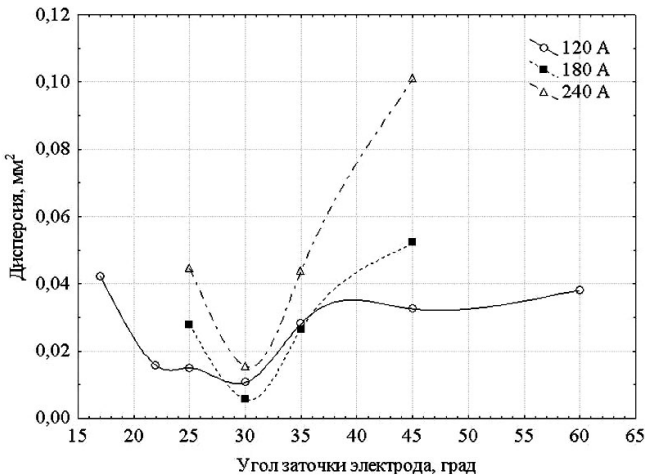


Рисунок 2. График зависимости дисперсии глубины проплавления от угла заточки электрода

После обработки экспериментальных данных была построена поверхность, описывающая полученные взаимосвязи (рис. 3).

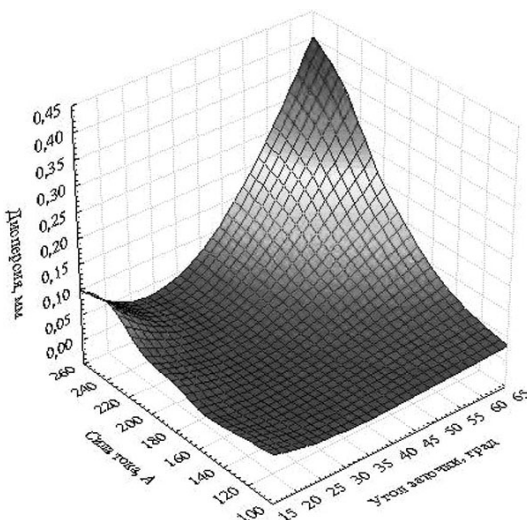


Рисунок 3. Взаимосвязь дисперсии глубины проплавления, угла заточки и силы сварочного тока

Список литературы:

1. Ерохин А. А., Букаров В. А., Ищенко Ю. С. Влияние геометрии вольфрамового электрода на некоторые характеристики сварочной дуги и проплавление металла // Сварочное производство. — 1971. — №12. — С. 17—19.
2. Кляпицын В. А. и др. Сварка встык тонких полос не плавящимся электродом в аргоне / Кляпицын В. А., Черный В. А., Голяев В. И. и др. // Сварочное производство, 1978, №10, с. 45.

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТЯЖЁЛЫХ СТАНКОВ

СерEGIN Андрей Алексеевич

канд. техн. наук, доцент, Оренбургский ГУ, г. Оренбург

E-mail: aasdom@yandex.ru

При разработке административных систем управления производственными подразделениями серийного и крупносерийного производства с динамической и произвольной последовательностью обработки однотипных деталей одной из актуальных и сложных является задача

оптимального планирования этапов технического обслуживания (ТО), осмотров (О), текущего (Т), среднего (СР) и капитального (КР) ремонта тяжёлого технологического оборудования. А также этапа его использования по назначению (И). Решение этой задачи позволяет определить продолжительность межремонтного периода, когда технологический модуль (станок и приспособление) может быть использован по назначению. Отличительной особенностью предлагаемой системы является совместный ремонт станка и приспособления.

Основной задачей при расчёте количества станков и разработке графиков планового предупредительного ремонта (ППР) по ремонту и ТО крупного и тяжёлого оборудования является определение минимально возможного числа станков и назначение сроков ремонта, обеспечивающих непрерывность производственного процесса. При этом время межремонтного периода и ремонтного цикла считаем известным из наблюдений за работой технологических модулей [2].

Решение основной задачи осложнено тем, что из-за проведения ремонтных работ различные партии деталей проходят обработку на станках в различной последовательности. При этом срок использования модуля по назначению представляет собой непрерывную вероятностную величину. Поэтому основную задачу сформулируем следующим образом: имеется количество n технологических модулей, ремонтируемых через T_i промежутки времени в количестве m штук, при этом необходимо построить структурную модель стадии «эксплуатация» жизненного цикла крупных и тяжёлых станков, которая могла бы обеспечить технологическую точность, настроенность, стабильность технологических процессов и непрерывность производственного процесса.

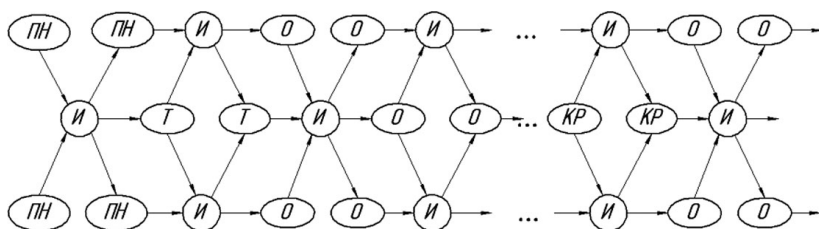


Рисунок 1. Модель прохождения потока продукции при ремонте модулей

Для совместного решения поставленных вопросов рассмотрим графическую модель работы технологических модулей. Для этого представим структурную модель стадии «эксплуатация» в виде временного графа с параллельными рядами (см. рисунок 1). Вершинами

графа служат моменты начала и окончания О, Т, СР, КР и этап И. Этап И представим как граф с кратными дугами (см. рисунок 2).

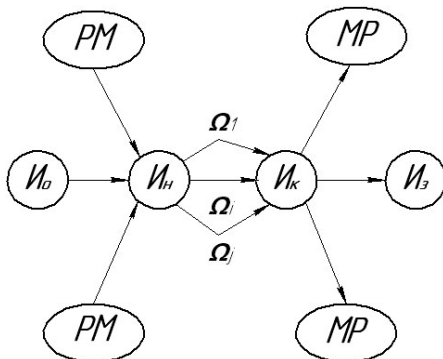


Рисунок 2. Модель этапа «использование по назначению»

Между началом и окончанием О, Т, СР, КР происходит разрыв цепи и изменение направления маршрута. Вычисляя длину маршрута прохождения вдоль рёбер графа, получим модель той части производственного процесса, в которой задействовано рассматриваемое оборудование. Используя полученную модель, определяем производительность оборудования по группам и типам в течение выбранного периода стадии «эксплуатация». Сопоставляя производительность с объёмом выпуска деталей, найдём минимальное количество технологических модулей, необходимое для обеспечения непрерывности производственного процесса по заданной номенклатуре и количеству деталей подвижного состава. На рисунке 2 обозначено: I_0 ; I_3 — начало, и завершение этапа И загружаемого технологического модуля; I_1 ; I_2 — начало и окончание дополнительной загрузки модуля во время проведения ремонта модулей подобного типа одного структурного подразделения предприятия; PM и MP — вершины графа обозначающие момент отправления потока продукции с ремонтируемого модуля на загружаемый и с загружаемого на отремонтированный соответственно.

При построении графа вариантов этапа И для модулей, выполняющих производственное задание в течение промежутков времени ремонта или ТО аналогичных технологических модулей, необходимо учитывать, что суммарная длина дуг Ω_j не должна превышать производительности модуля умноженной на коэффициент выполнения норм. Количество j дуг равно величине прохождения потока изделий, обрабатываемых на загружаемом модуле. При этом необходимо наложение ограничений:

$$j-1=m, \text{ при } m \leq C_M, \quad (1)$$

где m — количество ремонтируемых (обслуживаемых) модулей; C_M — количество смен работы оборудования.

Система ограничений (1) определяет не только построение графа вариантов этапа И, но построение графа вариантов стадии «эксплуатация» всех технологических модулей одной группы и одного типа.

Например, при максимально возможном числе смен работы оборудования равном трём, число параллельных рядов в графе на рисунке 2 должно быть кратно трём и т. д. Максимальная потеря производительности участка из трёх модулей при одновременном ремонте двух достигает 66,7 %. Но остановки производства не происходит. Рассмотрим отдельно каждый ряд графа вариантов стадии «эксплуатация». Ряд представляет собой не что иное, как структурную модель стадии «эксплуатация» отдельного модуля, составляющего рассматриваемый производственный участок.

Поскольку наиболее выгодным по относительным ремонтным потерям является 6-ти периодный цикл [1], а 12-ти, 18-ти и 24-х периодные позволяют наиболее полно использовать ресурс оборудования, то выходом из данной ситуации может быть уменьшение трудоёмкости O и T соответственно на 50 %, 70 % и 75 % с последующим разделением производства работ. Необходимо считать O ремонтной операцией. Во время проведения O необходимо оказывать частичное ремонтное воздействие на те детали, которые может отремонтировать эксплуатирующая организация, а также производить ремонт станочного приспособления. Таким образом, может быть реализована четырёхвидовая структура ремонтного цикла оборудования [1], которая позволит свести к минимуму простой технологического модуля в ремонте.

Наиболее важным для предприятий является величина затрат Z_p по ремонту технологических модулей отнесённая к себестоимости продукции. С увеличением продолжительности ремонтного цикла технологического модуля величина этого вида затрат уменьшается. Наиболее точную оценку Z_p можно получить, используя величину прямых ремонтных потерь Z :

$$Z = Z_p + Z_{ППР},$$

где Z_p , $Z_{ППР}$ — время, затраченное на все операции ТО и ППР соответственно станка и приспособления.

По отношению к системе ППР, предложенной в [3], Z_p в предлагаемой системе уменьшены в 1,75—2,7 раз. Скрытые убытки предприятия S , вызванные недобором продукции, равны

$$S = Z \cdot \sum_{j=1}^N W_{ij} \cdot k_{Bi} \cdot t_{\text{III}i}^{-1},$$

где W_{ij} — прибыль, получаемая от реализации i -ой детали, выпущенной в количестве j единиц за промежуток времени Z ; k_{Bi} — коэффициент выполнения норм при изготовлении i -ой детали; $t_{\text{III}i}$ — штучно-калькуляционное время на изготовление i -ой детали; N — число типов деталей, изготавливаемых на станке.

Скрытые убытки при использовании предлагаемой модели стадии «эксплуатация», при прочих равных условиях, уменьшаются не менее, чем:

$$\Delta S = Z_{\text{ПП}} \cdot \sum_{j=1}^N W_{ij} \cdot k_{Bi} \cdot t_{\text{III}i}^{-1}. \quad (2)$$

где $Z_{\text{ПП}}$ — время, затраченное на все операции ППР приспособления.

Значения убытков, рассчитанные по формуле (2), являются определяющими при выборе вариантов комплектации производственных участков оборудованием и построении структурных моделей их эксплуатации.

Вывод: Разработана система административного управления тяжёлым оборудованием предприятий, позволяющая исключить остановку выпуска продукции и увеличить рентабельность производства при сохранении качества изготавливаемых изделий.

Список литературы:

1. Проников А. С. К определению оптимальной структуры ремонтного цикла оборудования / Проников А. С. // Вестник машиностроения. — 1953. — № 1. — М.: Машиностроение. — 1953. — С. 74—78.
2. Серёгин А. А. Формирование структурных моделей стадии «эксплуатация» тяжёлых станков локомотиворемонтных заводов: Инновации в машиностроении / Серёгин А. А. // Материалы 1-ой Международной научно-практической конференции. — Бийск, 2010. — С. 280—281.
3. Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования / под. ред. Клягина В. И., Сабирова Ф. С. — М.: Машиностроение, 1988. — 672 с.

СЕКЦИЯ 3

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ПРОЦЕССЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНОГО СУДНА

Цыбова Елена Анатольевна

соискатель СПб ГУГА, г. Санкт-Петербург

E-mail: alena_tsy@mail.ru

Кирилкин Виктор Сергеевич

канд. техн. наук, доцент СПб ГУГА, г. Санкт-Петербург

E-mail: kirilkin39@mail.ru

В работах ведущих специалистов вопросы прогнозирования технического состояния системы решаются по интегральным текущим значениям контролируемых параметров блоков этой системы [1, 2]. При таком подходе исключается оценка влияния динамики каждого параметра на состояние блока и тем самым снижается объективность прогнозирования состояния системы.

Для анализа причин и предупреждения инцидентов, для технической диагностики бортовых систем (БС) и прогнозирования их технического состояния, а также для оценки действий пилота при выполнении летного задания и его обучения используются бортовые устройства регистрации (БУР). Эти средства позволяют накопить и сохранить необходимую информацию об условиях полета, параметрах движения и состоянии воздушного судна (ВС), техническом состоянии его силовых установок и оборудования, действиях экипажа по управлению ВС. Бортовые устройства регистрируют необходимые параметры, но не позволяют осуществить анализ их на борту ВС. Для установления причин инцидентов необходимо иметь информацию:

- о действии экипажа в полете;
- о поведении ВС на траектории;
- о работоспособности БС ВС.

Установлено, что процессы изменения технического состояния бортовых систем ВС в период эксплуатации характеризуются значительной неопределенностью и неполнотой информации, необходимой для их моделирования, прогнозирования и управления. При этом выявлены три аспекта неопределенности: неточность (параметры оцениваются в виде интервала); случайность (известна частота появления); нечеткость (задается набор вариантов, возможностей). Заметный вклад в области безопасности полетов могут внести БС нового поколения, которые не только проводят мониторинг технического состояния ВС, но и могут точно предсказать момент, когда проблемный агрегат потребует замены. Подобные системы способны также диагностировать эпизодические отказы. Как считает Аксель Крайн, старший вице-президент Airbus по исследованиям и технологиям, в ближайшее десятилетие произойдет переход от систем мониторинга исправности к системам управления техническим состоянием (HMS, health management system), которые предсказывают отказы и ухудшение характеристик агрегатов. Как сообщает компания Boeing, в самолете Boeing 787 реализован непрерывный мониторинг 65 тыс. параметров, а вообще БС HMS способна работать с 120 тыс. параметров. Система проводит сравнение текущего состояния ВС с заложенной в неё идеальной моделью функционирования ВС и ищет критические отклонения. Автоматизация процесса позволяет избавить пилотов от избыточной информации, к тому же каждый эксплуатант имеет возможность подстроить систему под свои нужды, повышая приоритет тех параметров, которые он считает наиболее важными. Критические предупреждения в полете выводятся на дисплей пилотам и направляются инженерным службам, так что они могут подготовить необходимые действия в пункте прибытия ВС.

В статье предлагается, опираясь на требования основных принципов системного анализа, в качестве первого шага перехода к системам управления техническим состоянием повысить объективность прогноза состояния системы и эффективность управления.

На практике уже привыкли любой анализ согласно **первому принципу** системного анализа начинать с декомпозиции системы. Поэтому в качестве исходных данных используем принципиальную схему системы с указанием полного набора контролируемых параметров на выходе каждого блока.

Второй принцип требует генерирования множества моделей функционирования системы. В отличие от известных методов прогнозирования в качестве элементарных моделей будем использовать построенные по результатам контроля в процессе полёта тренды всех параметров каждого блока системы.

Однако, согласно **третьему принципу** системного анализа, полученные модели для анализа должны быть разрешимы. В нашем случае под разрешимостью будем понимать стабильность значений того или иного параметра. Такие параметры на данный момент анализа состояния системы устраняются из рассмотрения и формирования дальнейших моделей. По оставшимся трендам каждого блока осуществляют прогнозирование его состояния на заданную глубину прогноза и для анализа состояния системы оставляют критические блоки, т. е. блоки, прогнозируемые значения параметров которых по сформированным для них трендам превышают допустимые значения.

Четвёртый принцип (принцип несовместимости) гласит: чем глубже анализируется реальная система, тем менее определены наши суждения о её поведении. Для прогнозирования состояния системы формируют её параметрическую модель, где в качестве параметров используют оставшиеся тренды критических блоков. Тем самым обеспечивается на данный момент контроля приоритет влияния на состояние системы её критических блоков.

Если по трендам параметров при анализе блоков оцениваем их состояние на заданной глубине прогноза, то при оценке состояния системы по параметрической зависимости выделяем группу параметров, в общем случае различных блоков, переводящих систему в неработоспособное состояние.

Для построения трендов и параметрической зависимости рекомендуется применить метод группового учёта аргументов (МГУА), предложенный в своё время институтом кибернетики Украины [3]. Основным его достоинством, в отличие распространённых регрессионных методов [4], является минимально возможный набор исходных данных для построения моделей любой степени сложности. Суть метода состоит в следующем.

Даны результаты наблюдений: \bar{x}, y . Необходимо построить наилучшую в определенном смысле модель $Y(x_1, \dots, x_n)$. При построении трендов в качестве функции выступает параметр, а аргумента — время контроля.

1. Выбирается общий вид перебираемых моделей, так называемые опорные функции. Часто используется полином Колмогорова-Габора:

$$Y(x_1, \dots, x_n) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n \sum_{k=j}^n a_{ijk} x_i x_j x_k + \dots$$

Выбор полиномов обусловлен тем свойством, что согласно теореме Вейерштрасса, любую непрерывную на конечном интервале функцию можно со сколь угодно высокой точностью представить в виде полинома определенной степени. Сложность модели в таком случае определяется количеством коэффициентов $a_{ij\dots}$.

2. Используя опорные функции, строятся различные варианты моделей для некоторых или всех аргументов. Например, строятся полиномы с одной переменной, полиномы со всевозможными парами переменных, полиномы со всевозможными тройками переменных и т. д., полином со всеми переменными. Для каждой модели определяются её коэффициенты $a_{ij\dots k}$ методом регрессионного анализа.

3. Среди всех моделей выбираются несколько (от 2 до 10) наилучших. Качество моделей определяется коэффициентом детерминации, или среднеквадратическим отклонением ошибки, или корреляцией Y и исходных данных.

4. Если найдена достаточно «хорошая» модель или достигнута максимально допустимая сложность моделей, то алгоритм заканчивается.

5. Иначе, найденные на 3-ем шаге модели используются как аргументы (x_1, \dots, x_n) для опорных функций следующего этапа итерации (переход на 2-ой пункт). То есть уже найденные модели участвуют в формировании более сложных.

Обычно степень полинома опорной функции выбирается не выше $N-1$, где N — количество точек выборки. Часто бывает достаточно использовать в качестве опорных функции полиномы второй степени. В таком случае на каждом шаге итерации степень результирующего полинома удваивается.

На практике для повышения точности моделей исходную выборку разбивают на две подвыборки A и B . Подвыборка A используется для определения коэффициентов модели, а подвыборка B — для определения качества (коэффициента детерминации или среднеквадратического отклонения). При этом соотношение количества данных в обеих выборках может быть как 50 %/50 %, так и 60 %/40 %.

Для наглядности сущность алгоритма приведена на рис. 1.

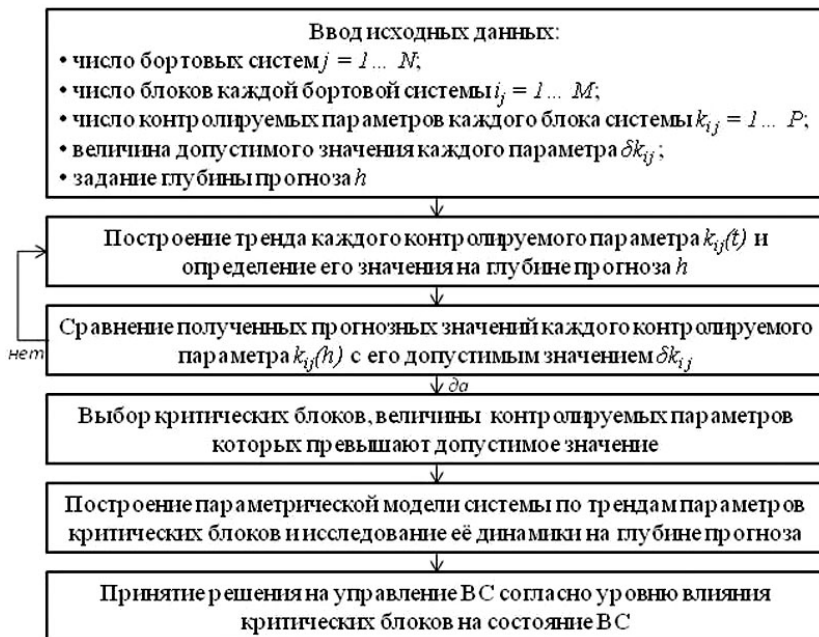


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма прогнозирования технического состояния воздушного судна

Список литературы:

1. Гаскаров Д. В., Голинкевич Т. А., Мозгалевский А. В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры. М.: Советское радио, 1974. — 223 с.
2. Дедков В. К., Северцев Н. А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем. М.: Высш. шк., 1976. — 406 с.
3. Ивахненко А. Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. К.: Техніка, 1975. — 212 с.
4. Стрижов В. В., Крымова Е. А. Методы выбора регрессионных моделей. М.: ВЦ РАН, 2010. — 60 с.

СЕКЦИЯ 4

КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЮ ТРЕЩИН В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Муравьев Константин Александрович

*канд. техн. наук, доцент, Сургутский институт нефти и газа,
г. Сургут*

E-mail: mkasing@mail.ru

Известно, что сварка низколегированных судостроительных сталей в условиях низких температур среды (до -50°C) снижает сопротивляемость сварных соединений замедленному разрушению и образованию холодных трещин, что вызвано торможением процессов диффузии водорода из металла шва в окружающую атмосферу и околшовную зону (ОШЗ), и увеличением его содержания в наплавленном металле. Многие исследователи считают, что основным фактором, влияющим на процесс инкубационного зарождения и замедленного роста и распространения холодных трещин при сварке судостроительных сталей в условиях низких температур воздуха является водород. Поэтому целью настоящей работы являлось экспериментальное исследование влияния водорода на зарождение и рост трещин в сварных соединениях сталей, используемых для строительства и эксплуатации судовых конструкций в суровых природно-климатических и инженерных условиях.

Объектом исследования были низколегированные стали марок 10ХСНД и 15ХСНД, вырезанные из демонтируемых корпусов морских танкеров, предназначенных для транспортировки нефти.

Подготовку образцов и их экспериментальные испытания проводили в соответствии с методиками, приведенными в работах [3, 4].

Полученные результаты исследований показали, что с увеличением содержания водорода в наплавленном металле уменьшается его способность к пластической деформации. Так, из рис. 1 следует, что при изменении содержания водорода от 1.0 до $7.3\text{ см}^3/100\text{ г}$ начальные участки диаграммы статического изгиба

совпадают, а разрушение происходит на более ранней стадии деформирования.

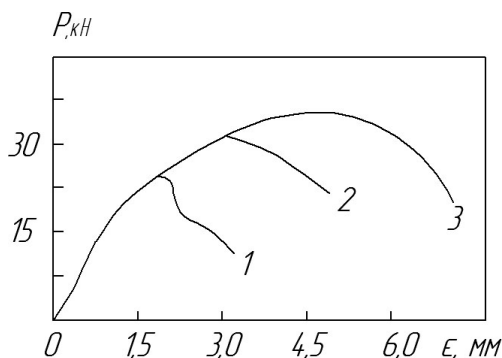


Рисунок 1. Изменение вида диаграммы статического изгиба для наплавленного металла типа 10XCHD в зависимости от содержания диффузионного водорода: сталь 10XCHD, электроды УОНИ-13/55: 1 – 8.0 см³/100 г; 2 – 4.0 см³/100 г; 3 – 1.0 см³/100 г.

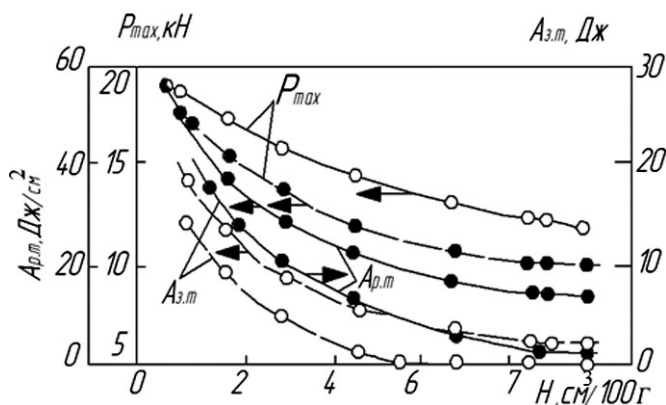


Рисунок 2. Влияние диффузионного водорода на распространение трещины и на максимальную разрушающую нагрузку для наплавленного металла типа 15XCHD: сталь 15XCHD:----- - =50°C/c; - - - =50°C/c.

С увеличением содержания диффузионного водорода в наплавленном металле резко уменьшается сопротивляемость его хрупким разрушениям. Как видно из рис. 2, при содержании водорода 8.1 см³/100 г для наплавленного металла на стали 10XCHD при $W_{окл}=40^\circ\text{C}/\text{c}$ работа зарождения трещины $A_{зт}$ — 1.5 Дж, а при

уменьшении содержания водорода до $1.5 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ величина $A_{\text{зт}}$ возросла до 17.6 Дж , т. е. более чем в 11 раз. Повышение скорости охлаждения до $55^\circ\text{C}/\text{с}$ приводит к еще большему снижению $A_{\text{зт}}$, а при содержании водорода более $5.0 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ она практически равна нулю. С увеличением растворенного в металле водорода уменьшается также максимальная разрушающая нагрузка, однако с ростом скорости охлаждения она несколько повышается.

С увеличением содержания водорода в сварном шве уменьшается также работа распространения трещины. Так, при концентрации водорода $1.0 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ для сварного соединения из стали 10ХСНД при $W_{\text{охл}}=40^\circ\text{C}/\text{с}$ величина $A_{\text{рт}}=48.5 \text{ Дж}/\text{см}^2$, а при увеличении концентрации водорода до $8.0 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ — снижается до $18.5 \text{ Дж}/\text{см}^2$, т. е. примерно в 2.7 раза. Следует обратить внимание на изменение вида поверхности излома испытываемых образцов. Так, при $[H]<10 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ фрактограмма излома состоит на 90—95 % из волокнистой поверхности (при $T=20^\circ\text{C}$), а при $[H]=8.0 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ — на 30—40 %, что указывает на повышение критической температуры хрупкости. При достижении скоростью охлаждения сварного соединения величины $55^\circ\text{C}/\text{с}$ работу $A_{\text{рт}}$ оказалось невозможно определить, так как на диаграмме статического изгиба наблюдался полный срыв.

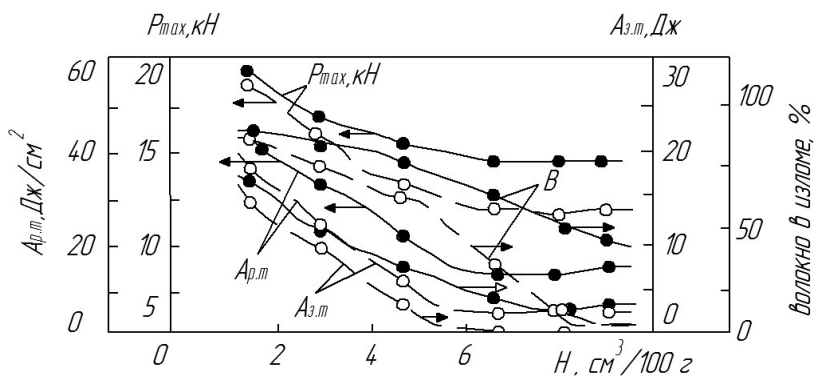


Рисунок 3. Работа зарождения и распространения трещины:
 P_{max} – максимальная разрушающая нагрузка, сталь 10ХСНД:
 $T = +30^\circ\text{C}$; $T = -30^\circ\text{C}$.

Как видно из рис. 3, при постоянной температуре увеличение содержания водорода приводит к снижению волокнистой составляющей (В) в изломе. Если сварка производилась при комнатной температуре и содержание водорода составляло $1,5 \text{ см}^3/100 \text{ г}$, то величина $B = 90\text{—}100\%$ и поверхность излома находится в вязком

состоянии, а если сварка выполнялась при $T = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и содержание водорода равно $8,0\text{ см}^3/100\text{ г}$, то параметр $V = 10\text{—}20\text{ \%}$ и поверхность находится в хрупком состоянии. Понижение температуры при сварке от -30 до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к снижению содержания волокна в изломе до $20\text{—}30\text{ \%}$, а наплавленный металл с содержанием водорода $5\text{—}8\text{ см}^3/100\text{ г}$ переходит в хрупкое состояние. Это свидетельствует о том, что с понижением температуры окружающей среды и с повышением концентрации растворенного водорода увеличивается критическая температура хрупкости ($T_{\text{кр}}$) примерно на $40\text{—}50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Из полученных результатов следует, что для наплавленного в условиях низких температур металла, находящегося в хрупком состоянии, водородное охрупчивание проявляется в значительно большей степени, чем для металла, находящегося в вязком состоянии.

В настоящее время существует много гипотез водородной хрупкости стали, однако они не могут в достаточной мере обосновать все имеющиеся фактические данные по этому вопросу. Заслуживает внимания гипотеза механизма охрупчивания стали под действием диффузионного водорода. Рассмотрим эти гипотезы с точки зрения различных форм существования водорода в наплавленном металле, дабы объяснить механизм зарождения и роста трещин в сварных соединениях.

Известно [3], что коэффициент диффузии водорода для наплавленного металла и зоны термического влияния (ЗТВ) составляет $10^{-5}\text{—}10^{-7}\text{ см}^2/\text{с}$. Для сравнения коэффициенты диффузии углерода и азота в железе при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляют $2 \cdot 10^{-17}$ и $8,8 \cdot 10^{-17}\text{ см}^2/\text{с}$ соответственно. Большую разницу в подвижности диффузионного водорода ($10\text{—}12$ порядков) в стали по сравнению с другими элементами внедрения можно объяснить тем, что диффузионный водород в наплавленном металле и в ЗТВ, как установили И. К. Походня и В. И. Швачко [6], находится в виде протонов. Это косвенно подтверждается различным содержанием диффузионного водорода в металле шва в зависимости от рода и полярности тока. Высокая подвижность диффузионного водорода также свидетельствует о том, что он находится не в связанном состоянии. Если принять, что диффузионный водород в наплавленном металле находится в виде протонов, то можно объяснить процессы диффузии его из шва в ОШЗ как во время, так и после сварки, взаимодействия с дислокациями, а также постоянство предела текучести ст металла с увеличением диффузионного водорода. Например, дислокации в стали слишком велики для протонов водорода, чтобы они могли их закрепить и изменить предел текучести. Углерод и азот взаимодействуют с

дислокациями в железе; эти элементы способны закрепляться в них, что и приводит к росту σ_t . Именно взаимодействием растворенных углерода и азота с дислокациями железа, авторы [1, 2] объясняют термическое старение и синеломкость металла.

Механизм охрупчивания наплавленного металла под действием диффузионного водорода состоит во взаимодействии протона с внешними электронами атома железа. В результате этого взаимодействия ослабляются силы связи между атомами в решетке железа, что выражается в уменьшении эффективной поверхностной энергии. Результаты исследований, приведенные выше, показывают, что с увеличением содержания диффузионного водорода в сварном шве до 5—8 см³/100 г резко уменьшается (в 10—12 раз) работа зарождения трещины и в 3—4 раза — работа распространения трещины. При этом также уменьшается количество волокнистой составляющей в изломе и повышается критическая температура хрупкости.

При сварке остаточный водород может скапливаться в различных микропорах металла шва и ЗТВ. В процессе сварки вследствие ее кратковременности и в первые минуты после сварки давление молекулярного водорода в микропорах, по-видимому, велико и в этот период роль остаточного (молекулярного) водорода в механизме охрупчивания мала. Однако, после окончания сварки давление молекулярного водорода в микропорах металла шва и ЗТВ повышается. Величина давления зависит от концентрации диффузионного водорода, температуры времени после сварки и др. Давление молекулярного водорода в микропорах усиливает действие силового фактора и, тем самым, способствует образованию холодных трещин. Этим объясняется и тот факт, что холодные трещины в металле шва и ЗТВ под действием водорода образуются после окончания сварки.

Существуют и другие точки зрения на механизм водородной хрупкости стали и сварных соединений, однако роль водорода в снижении хрупкой прочности шва и ЗТВ не вызывает сомнения и является общепризнанной.

Таким образом, полученные результаты исследований позволили сделать следующие выводы:

Установлено, что с увеличением содержания диффузионного водорода в наплавленном металле резко уменьшается сопротивляемость его хрупкому разрушению. Так, при содержании водорода 8,1 см³/100 г в наплавленном металле и скорости охлаждения $W_{\text{охл}}=4,0$ °C/с работа зарождения трещины $A_{\text{зт}}=1,5$ Дж, а при 1,5 см³/100 г величина $A_{\text{зт}}$ возрастает до 17,6 Дж, т. е. более чем в 11

раз. Если содержание водорода выше $5,0 \text{ см}^3/100 \text{ г}$, а $W_{\text{охл}}=55 \text{ }^\circ\text{C/с}$, то значение $A_{\text{рт}}$ практически равно нулю.

Показано, что с увеличением содержания водорода в сварном шве уменьшается также работа распространения трещины $A_{\text{рт}}$. Так, при концентрации водорода $1,0 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ для сварного соединения на сталях 10ХСНД и 15ХСНД при $W_{\text{охл}}=4,0 \text{ }^\circ\text{C/100 г}$ величина $A_{\text{рт}}=48,5 \text{ Дж/см}^2$, а при увеличении его содержания до $8,0 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ работа $A_{\text{рт}}$ снижается до $18,5 \text{ Дж/см}^2$, т. е. примерно в 2,7 раза.

Понижение температуры воздуха при сварке до $-30 \dots -40 \text{ }^\circ\text{C}$ и повышение концентрации растворенного водорода в сварном шве до $5\text{—}8 \text{ см}^3/100\text{г}$ приводят к увеличению критической температуры хрупкости примерно на $40\text{—}50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Список литературы:

1. Бабич В. К., Гуль Ю. П., Долженков И. Е. Деформационное старение стали. — М.: Металлургия, 1972. — 230 с.
2. Гудремон Э Специальные стали. — М.: Металлургиздат, 1959. — 638 с.
3. Козлов Р. А. Водород при сварке корпусных сталей. — Л.: Судостроение, 1969. — 160 с.
4. Козлов Р. А. Методика определения водородной хрупкости наплавленного металла / Сварка. — Л.: Судпромгиз, 1960. — С. 21 — 29.
5. Макаров Э. Л. Холодные трещины при сварке легированных сталей. — М.: Машиностроение, 1981. — 247 с.
6. Походня И. К., Швачко В. И. Физическая природа обусловленных водородом холодных трещин в сварных конструкционных сталях // Автоматическая сварка. — 1997. - №5. — С. 3—12.

СЕКЦИЯ 5

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Яцун Андрей Сергеевич

*аспирант, Юго-Западный государственный университет, г. Курск
E-mail: mbd155@mail.ru*

Лунева Наталья Васильевна

*канд. мед. наук, доцент, Курский государственный университет,
г. Курск*

Работа выполнена в рамках ГК №14.740.11.0249 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 гг.

Аннотация. В медицинских исследованиях крайне актуальной является проблема получения объективной информации о состоянии биологических структур. Широкое распространение получили вибрационные методы идентификации параметров. Особенно эффективно применение вибрационного оборудования в биомехатронике для разработки нового класса медицинских приборов с тактильным очувствлением, что существенно повышает точность измерений.

Предлагаемое диагностическое оборудование, основанное на свободных колебаниях, обладает более высокой точностью и быстродействием, что позволяет применять его для мониторинга состояния кожного покрова на разных участках практически в непрерывном режиме.

Целью данной работы является разработка конструкции автоматизированного вибродиагностического комплекса на основе принципа вынужденных колебаний рабочего органа.

Метод или методология проведения работы: в работе использован метод оптимального синтеза параметров прибора и методы математического моделирования.

Результаты: Разработан аппаратно-программный вибродиагностический комплекс для неинвазивной диагностики состояния кожного покрова на основе принципа вынужденных колебаний рабочего органа — индентора.

Область применения результатов: медицина (дерматология и косметология).

Ключевые слова: кожный покров, математическое моделирование, аппаратно-программный комплекс, вибровозбудитель, индентор.

В настоящее время широкое распространение получили вибрационные методы идентификации параметров различных материалов. Применяемая при этом вибрационная техника чрезвычайно разнообразна: от ручного вибрационного инструмента до сложных виброиспытательных комплексов.

Особенно эффективно применение вибрационного оборудования в биомехатронике для разработки нового класса медицинских приборов с тактильным очувствлением, что существенно повышает точность измерений [1].

Разрабатываемый аппаратно-программный комплекс характеризуется тем, что для получения информации о физико-механических свойствах кожного покрова применяется генератор вынужденных колебаний. Общий вид устройства представлен на рисунке 1.

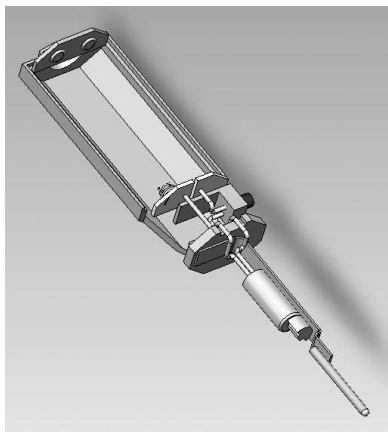


Рисунок 1. Общий вид устройства без крышки

На рисунке 2 представлен вид сбоку устройства без корпуса. На этом рисунке представлено расположение активного элемента (индентора) — 1, генератора колебаний, состоящего из управляемого

электродвигателя - 3, на валу которого установлена дебалансная масса — 2. Двигатель питается от батареек, установленных в отсеке — 5. Управление осуществляется с помощью блока управления — 4.

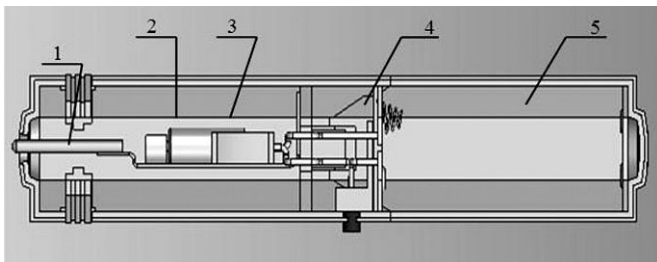


Рисунок 2. Устройство для неинвазивной диагностики состояния кожного покрова (вид сбоку без корпуса)

1— индентор; 2— дебаланс; 3— электропривод; 4 — система управления; 5— батарейный отсек

Устройство работает следующим образом: оператор нажимает на кнопку управления, электромотор приводит дебалансную массу во вращательное движение. В результате чего индентор совершает направленные колебания с заданной частотой и амплитудой. Прикосновение индентора к кожному покрову приводит к тому, что совместно с индентором колеблется присоединенный фрагмент кожного покрова, поэтому информация о колебаниях индентора используется для определения физико-механических свойств кожного покрова. Прибор позволяет в автоматическом режиме изменять частоту колебаний индентора с заданным шагом, при этом измеряется амплитуда колебаний индентора с присоединенной массой кожного покрова. Таким образом, строится амплитудно-частотная характеристика. Колебания индентора практически полностью повторяют колебания кожного покрова, что дает возможность по резонансному пику для различных параметров упругости и вязкости определить состояние кожи.

В нашем исследовании, на основе разработанной математической модели, исследуется динамика аппаратно-программного комплекса, оснащенного регулируемым дебалансным электроприводом, рабочий орган (индентор) которой взаимодействует с кожным покровом, моделируемой упруго-вязко-пластической моделью.

Исследуемый в настоящей работе прибор относится к классу вибрационных инструментов, которым соответствует принципиальная схема, изображенная на рисунке 3. Инструмент представляет собой

несущий корпус — 1, упруго-вязким образом связанный с неподвижным основанием — 2. В полости корпуса расположен дебалансный вибровозбудитель — 3 с приводом от электродвигателя ограниченной мощности. Корпус жестко соединен с рабочим органом (индентором) — 5, который, в свою очередь, воздействует на кожный покров — 6. Направление движения инструмента и обработки обеспечивается идеальными (без трения) направляющими — 4.

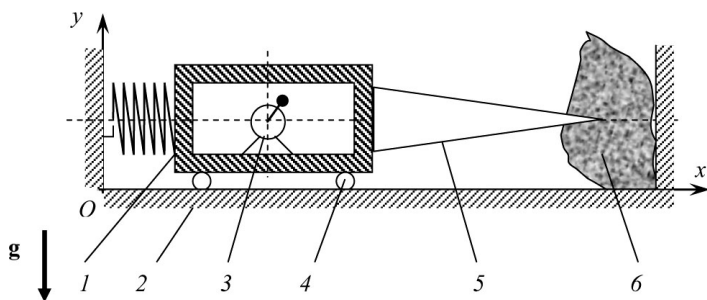


Рисунок 3. Принципиальная схема вибрационного инструмента

Разработанный алгоритм численного интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений позволил проанализировать как нестационарное, так и стационарное движение рабочего органа с учетом свойств электропривода и модели кожного покрова.

Установлено, что при малых коэффициентах вязкости и относительно небольшой массе дебаланса изменение свойств кожного покрова проявляется в немономтонном характере изменения средней мощности от средней скорости вращения в виде резонансного пика, а при значительных массах дебаланса происходит сглаживание резонансного пика.

Предлагаемый способ диагностики отличается от рассмотренных ранее способов, основанных на свободных колебаниях, более высокой точностью и быстродействием, что позволяет применять прибор для мониторинга кожного покрова практически в непрерывном режиме изменения исследуемых на разных участках.

Список литературы

7. Блехман И. И., Фрадков А. Л. Управление мехатронными вибрационными установками. СПб: Наука, 2001. — 278 с.

СЕКЦИЯ 6

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И КОМПОНЕНТЫ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФОТОНИКИ

Андросик Андрей Борисович

канд. техн. наук, доцент МГОУ, г. Москва

Воробьев Сергей Андреевич

канд. техн. наук, доцент МГОУ, г. Москва

Мировицкая Светлана Дмитриевна

канд. техн. наук, доцент МГОУ, г. Москва

E-mail: vorsa_57@mail.ru

Интегральная фотоника — направление техники, связанное с изготовлением на общей планарной подложке нескольких фотонных устройств, которые работают, как с оптическими, так и электрическими сигналами [1—3]. Фотоника включает в себя широкий спектр электрооптических, оптоэлектронных, магнитооптических, акустооптических и термооптических устройств и их разнообразных применений (рис. 1).

Главной целью интегральной фотоники является миниатюризация устройств, что является возможным благодаря малой длине волны излучения, позволяющей создавать схемы фотонных приборов с размерами порядка микрометров. Элементы, присутствующие в интегральных фотонных приборах и устройствах выполняют следующие основные функции: генерации, фокусирования, деления, соединения, связи, изоляции, управления поляризацией, переключения, модуляции, фильтрации и детектирования оптического излучения, которые приведены на рис. 2.

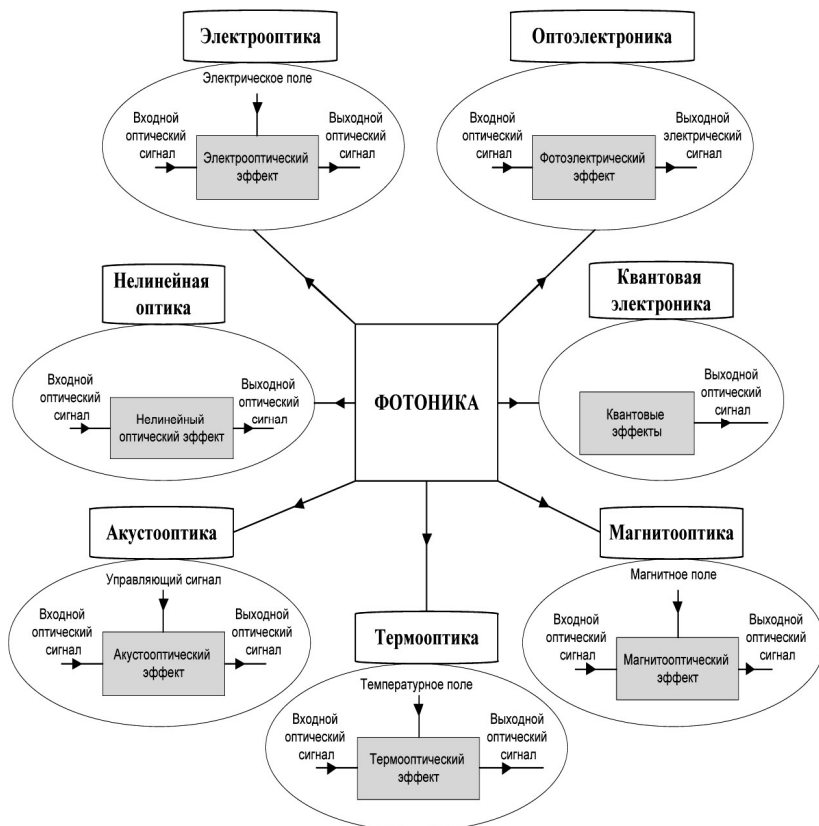


Рисунок 1. Компоненты интегральной фотоники

Объединение множества функций в пределах планарной структуры может быть достигнуто посредством планарной фотолитографической технологии. Оптический волновод является основным элементом интегральных фотонных приборов, выполняющий функции ввода, связи, переключения, разбиения, мультиплексирования и демultipлексирования оптических сигналов.

Появление новых фотонных приборов, соединивших оптику и электронику, дало начало другим разделам фотоники, взаимосвязь которых приведена на рис. 3.

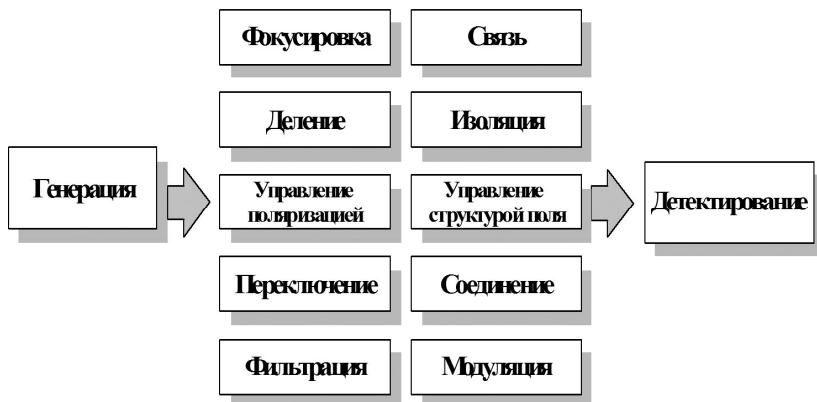


Рисунок 2. Основные функции элементов интегральных фотонных устройств

На базе вышеперечисленных направлений получили развитие следующие прикладные дисциплины: оптические датчики, оптические системы связи, оптические компьютеры, оптические системы обработки информации и интегрально-оптические системы.

Основными особенностями систем, реализуемых с помощью интегральной фотонной техники, являются:

1. **Функциональность, основанная на электромагнитной оптике.** Основными элементами интегрального фотонного устройства являются волноводные каналы шириной порядка нескольких мкм, в которых распространяется излучение. При анализе интегральных фотонных приборов, распространяющийся свет рассматривается как электромагнитные волны.

2. **Устойчивое совмещение.** Главным критерий хороших рабочих характеристиках устройств — настройка и совмещение различных элементов, которое является критическим и трудно достижимым в обычных оптических системах. Напротив, в интегральных фотонных приборах, оптический чип может быть изготовлен как единое целое, что позволяет избежать проблемы совмещения; последнее гарантирует высокую устойчивость. Интегральные устройства устойчивы к колебаниям и тепловым изменениям, поскольку все оптические элементы интегрированы на одной подложке.

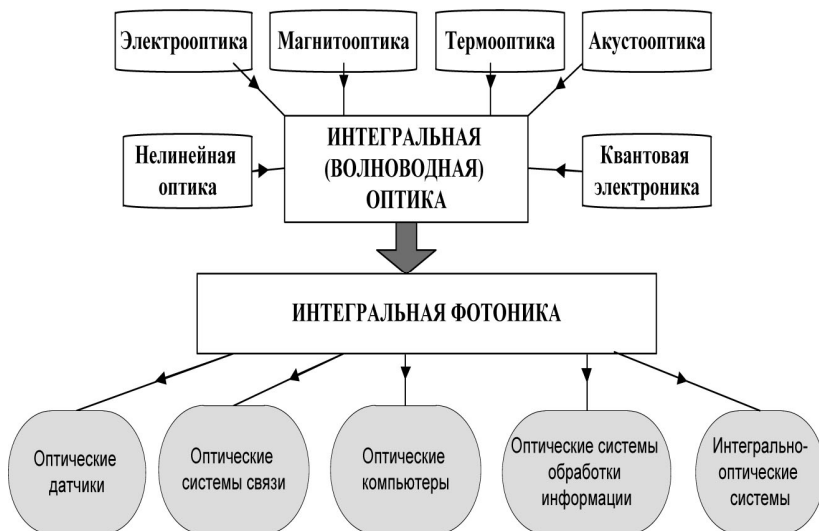


Рисунок 3. Слияние различных дисциплин в интегральную фотонику

3. Простое управление волноводными модами. В большинстве случаев волноводы являются одномодовыми, поэтому проще управлять оптическим потоком излучения, используя электрооптические, акустооптические, термооптические или магнитооптические эффекты, или светом непосредственно путем нелинейного взаимодействия. В случае многомодовых волноводов управление внешними полями более сложное вследствие различия характеристик распространения поля каждой моды.

4. Низковольтный контроль. Для устройств, основанных на управлении светом путем электрооптического эффекта, малая ширина волноводного канала позволяет уменьшить расстояние между управляющими электродами. Это подразумевает, что напряжение, требуемое для получения определенной амплитуды электрического поля, может быть снижено. Если стандартное напряжение для электрооптического управления в обычных оптических системах имеет порядок нескольких кВ, то в интегральных фотонных устройствах необходимое напряжение не превышает нескольких вольт.

5. Высокая скорость выполнения операций. Небольшой размер управляющих электродов в электрооптическом интегральном фотонном приборе подразумевает низкую емкость, что обеспечивает более высокую скорость переключения и большую ширину полосы

модуляции. Типичные модуляции порядка 40 Гбит/сек, легко достигаются при использовании ниобата лития, полимеров или устройств на основе InP.

6. Эффективное акустооптическое взаимодействие.

Поскольку распределение поля поверхностных акустических волн (surface acoustic waves (SAW) — ПАВ) расположено в интервале нескольких длин волн ниже поверхности подложки (десятки мкм), ПАВы и волноводные моды перекрываются, давая начало эффективным акустооптическим взаимодействиям. Таким образом, используя ПАВы, генерируемые пьезопреобразователями, можно разработать высокоэффективные интегральные оптические приборы, основанные на акустооптическом эффекте.

7. Высокая оптическая плотность мощности. По сравнению с обычными оптическими пучками, оптическая плотность мощности в волноводном канале очень высока из-за малой площади поперечного сечения волновода. Это свойство играет важную роль при разработке устройств, требующих высокой интенсивности облучения, типа преобразователей частоты (через нелинейные эффекты) или усилителей оптического диапазона и лазеров. Такие устройства эффективны при проектировании и изготовлении интегральной фотонной техники.

8. Компактность и малый вес. Использование единой подложки площадью несколько мм² для интегрирования различных фотонных устройств делает оптический чип компактным и легким.

9. Низкая цена. Интегральные устройства, изготовленные на основе литографии и планарной технологии, находят все большее применение; кроме того, уменьшается количество материалов, используемых при создании фотонных устройств, а, следовательно, падает их стоимость.

Фундаментальное понятие интегральной фотоники — волноводный канал, среда, которая обладает определенной геометрией и показателем преломления, окруженная средой с более низкими показателями преломления. Канал действует как фильтр, ограничивающий распространение оптического излучения за счет явления полного внутреннего отражения на границах.

Оптические волноводы можно классифицировать по двум основным параметрам: по геометрии волновода и по профилю показателя преломления в поперечном и продольном направлениях. По геометрическим характеристикам волноводы делятся на две группы: регулярные и нерегулярные волноводы (рис. 4).

К **регулярным** относятся волноводы, имеющие равномерную и гладкую границу между ядром волновода и окружающей средой, а также волноводы, в которых отсутствует модуляция показателя преломления в продольном направлении. Основными типами регулярных оптических волноводов являются планарные, полосковые волноводы, а так же цилиндрические волноводы. **Планарный (пленочный) волновод** — тонкая диэлектрическая пленка с малыми оптическими потерями. Они бывают симметричными и несимметричными и представляют собой простейшую модель оптического волновода. Планарные волноводы предполагаются широкими без ограничения в поперечном к распространению волны направлении. **Полосковые волноводы** — волноводы, которые имеют ограниченную ширину в поперечном направлении. Регулярный волновод, обладающий круговой симметрией получил название **оптического волокна или световода**.

Нерегулярные волноводы имеют либо пространственно-периодическую модуляцию геометрических параметров, либо показателя преломления. К нерегулярным волноводам относятся гофрированные, брэгговские волноводы и фотоннокристаллические волноводы. В гофрированных волноводах имеется периодическая модуляция показателя преломления в продольном направлении на границе волновода. В брэгговских волноводах сердцевина волновода в продольном направлении имеет периодическую модуляцию показателя преломления.

Материал оптического волновода может обладать усилением. **Волноводы с усиливающей средой** используются в волноводных и волоконных лазерах и усилителях.

Плазмонный волновод представляет собой протяженную полосу металла с поперечным размером и толщиной много меньшими длины волны излучения. Особенностью плазмонных волноводов является то, что оптический сигнал распространяется не внутри такого волновода, а по его поверхности в виде поверхностной электромагнитной волны.

Это свойство плазмонных волноводов связано с возбуждением в металле плазмонов — резонансных колебаний плазмы свободных электронов. Применение плазмонных волноводов в устройствах интегральной фотоники позволяет значительно уменьшить габариты этих устройств.

Основные типы прямоугольных оптических волноводов по геометрии рассмотрены в [3]. При выборе определенной структуры для решения конкретной проблемы исходят из соображений связи с

соответствующими устройствами; трудоемкости изготовления; потерь в волноводе; типа материала подложки; максимальной температуры, требуемой при изготовлении [4].

Гребенчатый волновод (ridge waveguide). В этом волноводе разность показателей преломления пленки и подложки не превышает доли процента, но если воздух используется в качестве окружающего слоя, разница показателей преломления на границе воздух-пленка значительно больше и вытекающие волны значительно уменьшаются. Любые шероховатости на границе воздух-пленка ухудшают условия распространения волны и приводят к потерям излучения в волноводе. Волноводный канал помещается непосредственно на подложку с более низким показателем преломления. На первый взгляд, структура выглядит простой, однако требуется много усилий, чтобы обеспечить гладкость трех стенок волноводного канала для минимизации потерь излучения.

Рибристый волновод (rib waveguide). В таком волноводе слой пленки располагается на подложке, при этом толщина волноводного канала вдоль середины пленки возрастает. С ростом толщины волновода возрастает эффективный показатель преломления в центральной области пленки, и излучение ограничивается этой зоной. Эта структура также имеет три критические стенки на границе сердцевина-воздух, требующие повышенной гладкости поверхностей.



Рисунок 4. Основные виды оптических волноводов

Загруженный волновод (strip-loaded waveguide). Первоначально на подложку наносится пленка с низким показателем преломления. Затем наносится полоска с показателем преломления ниже, чем у пленки, но выше, чем у покрытия пленки (т. е. воздуха). В зоне, где располагается полоска, эффективная глубина вытекающей волны больше, чем в смежных областях. Таким образом, эффективный показатель преломления возрастает по сравнению со смежными областями, и излучение ограничивается зоной ниже полоски. Преимуществом этого

типа волноводов является снижение требований на гладкость поверхностей на границе раздела воздух-пленка.

Внедренный волновод (embedded waveguide). У таких волноводов только одна стенка соприкасается с воздухом, поэтому требования к гладкости поверхности значительно ниже, чем у первых двух типов. Если для сердцевины используется электрооптический материал, электроды можно располагать в непосредственном контакте со световедущим каналом для эффективного использования внешних полей. Если два утолщенных волновода расположены в непосредственной близости, так что их вытекающие поля перекрываются, наблюдается связь между волноводами через вытекающие поля. Такое явление является основой оптических волноводных ответвителей.

Погруженный волновод (immersed waveguide). В таком волноводе сердцевина со всех сторон окружена оболочкой. Математическое описание облегчено за счет симметрии по осям X и Y . В основной моде отсечка не наблюдается. Однако такая геометрия не подходит для устройств, требующих использование электродов.

Выпуклый волновод (bulge waveguide). Этот тип является разновидностью ребристого волновода. Форма его не столь критична, однако снова требуется высокая гладкость поверхности для минимизации потерь. Основные характеристики выпуклого и гребенчатого волноводов аналогичны.

Металлизированный волновод. В нем проводящий пленочный слой покрыт парой металлических полосок. В области, где пленка покрыта металлом, вытекающая волна отсутствует, и эффективный вес волновода снижен. С уменьшением толщины волновода эффективный показатель преломления также убывает. Центральная область ограничена зонами с низким показателем преломления, таким образом, формируется волновод. Небольшие потери излучения наблюдаются на металлической поверхности, поскольку металл не является идеальным проводником на оптических частотах. В таких волноводах металлический слой удобно использовать в качестве электродов для формирования внешнего контрольного поля электрооптического устройства. Примером этого является электрооптический модулятор излучения.

Буферный металлизированный волновод. Потери излучения в металлическом слое можно минимизировать путем помещения тонкого диэлектрического буферного слоя между металлом и пленкой. Показатель преломления буферного слоя должен быть ниже, чем у пленки для каналирования излучения преимущественно в пленочном слое. Путем выбора толщины буферного слоя, можно снизить поглощение выбранных мод. Это свойство используется при создании фильтров мод. Поскольку толщина буферного слоя не превышает нескольких десятых микронметров,

металлический слой можно эффективно использовать для формирования внешнего электрического поля для электрооптических устройств.

Основные компоненты интегральной фотоники. По аналогии с электронной аппаратурой, в интегральной фотонике есть некоторые основные компоненты, являющиеся общими для большинства интегрально-оптических устройств. Хотя, в основном, все эти компоненты выполняют те же функции, что и соответствующие устройства в обычной оптике, механизм работы этих компонент отличен, а их дизайн не имеет ничего общего с традиционными оптическими изделиями.

В настоящее время список интегральных фотонных приборов быстро увеличивается, однако, номенклатура основных компонентов остается почти неизменяемым. Ниже рассмотрены базовые блоки, из которых строятся более сложные интегрально-оптические устройства. Выделены некоторые из общих компонент и показаны особенности проектирования интегральных фотонных приборов по сравнению с аналогичными оптическими компонентами. Главное отличие заключается в том, что в обычной оптике свет рассматривается как плоские волны или пучки, в интегральной оптике при моделировании используется формализм электромагнитных волн; это происходит, поскольку размер пучка имеет порядок длины волны излучения, обычно в несколько микрон. Фактически, оптическое распространение в интегральных фотонных приборах связано с волноводными каналами размером несколько микрометров по высоте и ширине. Канал расположен в одиночной плоской подложке, другие связанные элементы (электроды, пьеза элементы, нагреватели и т. д.) расположены на той же подложке, что обеспечивает устойчивость и компактность фотонному прибору. Все основные компоненты, описанные ниже, формируются на одномодовых канальных волноводах.

Оптические элементы, располагающиеся в оптическом чипе, классифицируются по функциональным возможностям на пассивные, активные и нелинейные. Пассивные оптические элементы устанавливают входные/выходные характеристики, определяемые при изготовлении фотонного элемента. Примерами являются **делитель мощности (power splitter)**, **волноводный отражатель (waveguide reflector)**, **направленный ответвитель (directional coupler)**, **поляризатор и поляризационный делитель пучка (polarisation beam splitter)**. Функциональные оптические элементы - фотонные компоненты, управляемые с помощью внешних полей (например, электрическими, акустическими или тепловыми). В эту группу входят фазовый модулятор, модулятор интенсивности, конвертер частоты и электрооптический конвертер ТЕ/ТМ конвертер. Хотя некоторые авторы называют эти элементы активными устройствами, здесь используется название «активные

элементы» для фотонных компонентов, выполняющих функции оптического усиления и лазерной генерации. Этот выбор связан с тем, что они используют активные примеси (типа редкоземельных элементов), внедренных в структуру волновода; усиление (или генерация) происходит за счет процесса люминесценции, возникающей при оптической (или электрической) накачке. **Интегральный оптический усилитель (integrated optical amplifier)** и **интегральный лазер (integrated laser)** — два примера **активных элементов (active devices)**. Некоторые интегральные оптические устройства используют нелинейность определенных материалов для выполнения **удвоения частоты (frequency doubling)** или **оптического параметрического усиления (optical parametric oscillation)**; при этом оптический чип генерирует новые частоты путем нелинейного оптического процесса. Поскольку эффективность нелинейных процессов пропорциональна интенсивности света, такие устройства хорошо работают в интегральном фотонном варианте благодаря малым поперечным размерам области волновода, по которому распространяются лучи.

Все оптические компоненты в интегральной фотонике создаются на основе трех базовых элементов: **прямой волновод (straight waveguide)**, **изогнутый волновод (bend waveguide)** и **делитель мощности (power splitter)**. Используя эти элементы, были разработаны несколько базовых компонентов для выполнения основных оптических функций. Универсальность является одной из особенностей интегральной фотоники. Ниже рассмотрено несколько базисных блоков и оптических элементов, выполняющих основные функции, присущие многим интегральным оптическим устройствам.

Соединитель (Interconnect). Этот базовый элемент служит для оптической связи двух точек фотонной схемы (рис. 5, а). Прямой канальный волновод (рис. 5, б) является самой простой структурой для распространения излучения и связывает различные элементы, расположенные на оптическом чипе. Он может также действовать как пространственный фильтр Гауссовых мод. Для связи различных элементов, расположенных не на одной оптической оси устройства, необходим волновод изгиба, поэтому последний часто называется изогнутым **волноводом** (рис. 5, в). Они также используются как пространственные канальные волноводы в торцах схемы для присоединения к схеме **волоконных жгутов (multiple fibers)**.

Делитель мощности 1x2 (Power splitter 1x2). Делитель мощности 1x2 — симметричный элемент, разделяющий мощность прямого волновода между двумя выходными волноводами (рис. 5, г). Самый простой вариант делителя мощности — тройник с плавными отводами (**Y-branch** — **Y** — **разветвитель**) (рис. 5, д), легкий в изготовлении и относительно нечувствительный к производственным допускам. Однако

радиусы кривизны двух переходов и соединения должны быть корректно спроектированы во избежание потерь мощности. Кроме того, если два плеча отделены наклоненными прямыми волноводами, угол наклона должен быть малым, не превышающим несколько градусов. Другой вариант делителя мощности — **многомодовый интерференционный элемент** (ММИ — **multi-mode interference element**, (рис. 5, е). Это название исходит из многомодовой характеристики широкой волноводной области, где присутствует деление мощности.

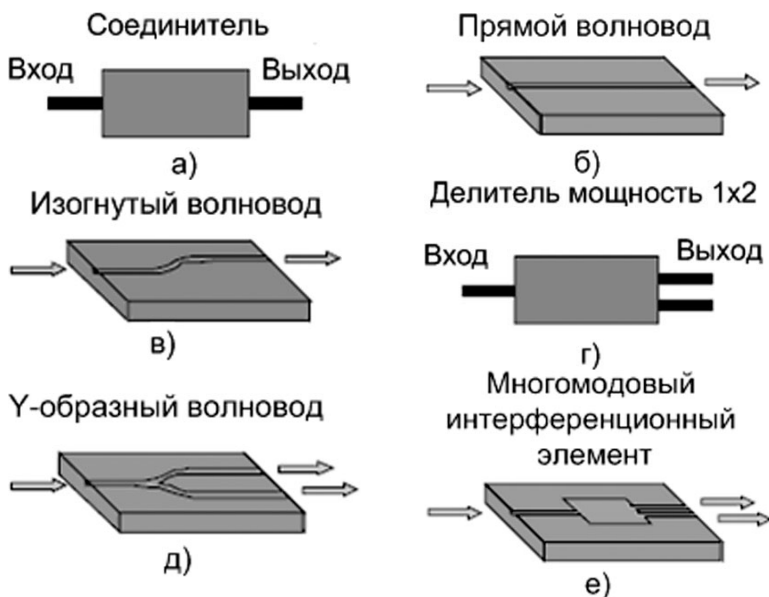


Рисунок 5. Интегральные фотонные элементы

Список литературы:

1. Андросик А. Б., Воробьев С. А., Мировицкая С. Д. Основы волноводной фотоники.— М.: МГОУ, 2009. — 246 с.
2. Андросик А. Б., Воробьев С. А., Мировицкая С. Д. Математические основы волноводной фотоники. — М.: МГОУ, 2010. — 224 с.
3. Андросик А. Б., Воробьев С. А., Мировицкая С. Д. Волноводная и интегральная фотоника. — М.: МГОУ, 2011. — 370 с.
4. Андросик А. Б., Воробьев С. А., Мировицкая С. Д. Анализ основных типов оптических волокон // Приволжский научный вестник. — 2011. — № 4, С. 7—19

БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ С ПОДЗЕМНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Семенов Михаил Алексеевич

канд. техн. наук, доцент СПГГУ, г. Санкт-Петербург

Иванов Сергей Леонидович

д-р техн. наук, профессор СПГТУ, г. Санкт-Петербург

E-mail: lisa_lisa74@mail.ru

Эффективность работы горнодобывающих предприятий и уровень безопасности труда на них во многом определяется состоянием подземной связи и, в первую очередь, беспроводной связи с подземными выработками. Беспроводные системы подземной связи способны передавать большие объемы оперативной информации в условиях нормальной работы горного предприятия, а также обеспечить защиту от потери управляемости подземными подразделениями и персоналом в условиях возникновения аварийных ситуаций. Существующие ныне системы шахтной телефонной связи, а также новые системы подземной радиосвязи на базе излучающего кабеля, внедряемые в последнее десятилетие на горных предприятиях, могут быть разрушены во время аварии и их нельзя будет использовать для спасения людей [2].

В Санкт-Петербургском горном университете разработана система беспроводной импульсной передачи информации в подземные выработки через массив горных пород с использованием ретрансляторов [3, 4].

На дневной поверхности располагается передающий комплекс, состоящий из передатчика электромагнитных сигналов низкой частоты с кодовой обработкой, блока питания и передающей антенны. Антенна представляет собой однопроводные электрические линии в виде нескольких лучей, протяженные на несколько километров и заземленные на концах на обсадные трубы геологических скважин. Изолированный антенный провод подвешивается на специальных опорах по простиранию шахтного поля, либо прокладывается в грунте в зависимости от горно-геологических условий.

На промежуточной выработке горного предприятия (верхнем горизонте) устанавливается мощный ретранслятор, состоящий из приемника кодовых сигналов с антенной, блока временного сдвига сигналов и передатчика с передающей антенной, Все блоки ретранслятора соединены последовательно.

На нижерасположенных горных выработках размещаются приемо-передающие комплекты, состоящие из ретранслирующего устройства и преобразующе-воспроизводящего устройства.

В передающем комплексе речевая оперативная или аварийная информация преобразуется в аналоговую и далее в цифровой код, который с низкой частотой следования импульсов поступает в передающую антенну. Частота следования не превышает 3500 Гц. Токи антенны возбуждают электромагнитное поле в массиве горных пород, которое создает электродвижущую силу в антенне ретранслятора промежуточного горизонта. Задача ретранслятора состоит в том, чтобы усилить принятый сигнал и передать его на нижние горизонты.

Отличительной особенностью данного ретранслятора является наличие в нем блока временного сдвига кодовых импульсов, который осуществляет временное разделение принимаемых и передаваемых сигналов. В существующих ретрансляторах для разделения сигналов приема и передачи применяют различные частоты, т. е. частотное разделение. Здесь такое разделение невозможно, так как повышение частоты передаваемого сигнала ведет к увеличению его затухания в массиве горных пород. Надежная работа обеспечивается только на частотах звукового спектра.

Временное разделение строится на том, что прием и передача ретранслятора ведется в разные моменты поступления импульсов управления (тактовых импульсов). Так в моменты прихода первого, четвертого, седьмого и т. д. тактовых импульсов ретранслятор принимает кодовые информационные сигналы, а в моменты второго, третьего, пятого, шестого и т. д. тактов передает усиленные кодовые сигналы. В результате между принимаемыми и передаваемыми сигналами образуется интервал времени, равный периоду следования тактовых импульсов, вследствие чего передатчик ретранслятора не создает помех приемнику сигналов.

Электромагнитное поле антенны ретранслятора достигает нижерасположенной подземной выработки, где воспринимается приемо-передающим комплектом. Ретранслирующее устройство преобразует принятую кодовую информацию из цифрового вида в аналоговый и воспроизводит в голосовом формате. Ретранслирующее устройство по своей структуре является аналогом ретранслятора, содержит все его блоки и выполняет усиление кодовых сигналов и их передачу на нижерасположенные выработки.

Представленная система беспроводной связи является системой подземного оповещения и обеспечивает оперативное

предупреждение работающих под землей шахтеров о возникновении аварийных ситуаций.

Диспетчер шахты через расположенный на поверхности передающий комплекс оповещает о возникновении предаварийной или аварийной ситуаций. Его голосовое сообщение кодируется и передается через толщу горных пород кодовыми импульсами низкой частоты следования. В подземных выработках приемо-передающие устройства воспроизводят преобразованное из кодов голосовое сообщение, предупреждая работающих о возникновении опасности и мерах по ее устранению.

Система беспроводной связи обладает более высокой надежностью в сравнении с известными подземными системами передачи данных («Талнах», «Микон», «Гранч» и др.), построенными на кабельных линиях. В большинстве случаев кабельные линии разрушаются во время аварий, лишая работающих под землей шахтеров каких-либо средств связи. При беспроводной связи, благодаря размещению передающего комплекса на поверхности шахты в безопасной зоне, а приемо-передающих комплексов в капитальных выработках, система передачи остается работоспособной как до возникновения аварии, так во время аварии и после нее.

Дальнейшее развитие системы беспроводной связи связано с разработкой индивидуального переносного приемного преобразующе-воспроизводящего устройства, встраиваемого в шахтерский светильник. В постоянную память устройства будет введена информация о персональном кодированном номере шахтера, соответствующем его табельному номеру, и коды сообщений аварийного оповещения. При активизации диспетчером одного из видов этой постоянной информации преобразующе-воспроизводящее устройство озвучит шахтеру в голосовом формате передаваемое сообщение.

Подобное переносное устройство, называемое шахтерским абонентским, использовано в системе «Радиус-2». Это устройство беспроводного подземного оповещения, персонального вызова, наблюдения и поиска людей, застигнутых аварией, разработано Научно-внедренческим инженерным центром «Радиус» города Красноярск [1]. Однако оно не воспроизводит голосовых сообщений, а принятую информацию преобразовывает в мигание лампы светильника различной частоты и длительности и в звуковые сигналы. Голосовое сообщение более удобно для восприятия шахтерами.

В преобразующе-воспроизводящее устройство будет введена также функция поиска людей, застигнутых аварией. Реализовать ее будет акустический излучатель большой мощности (радиомаяк),

автоматически включаемый после речевого оповещения об аварии. Если в результате аварии шахтеры окажутся отрезанными от путей выхода из шахты, то по излучающим сигналам они могут быть обнаружены поисковой аппаратурой горноспасателей и эвакуированы на поверхность.

Список литературы:

1. В радиусе повышенного внимания к шахтеру. Уголь Кузбасса, Международный научно-практический журнал, март-апрель, 2011. С. 68—69.
2. Давыдов В. В. Шахтная беспроводная связь/ Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) №11, МГГУ, 2010. С. 221—228.
3. Драбкин А. Л., Проскуряков Р. М., Семенов М. А. Система беспроводной импульсной однополосной передачи речевых сигналов через массив горных пород с использованием ретрансляторов. Известия вузов «Горный журнал» №2, 2002. С. 107—111.
4. Драбкин А. Л., Проскуряков Р. М., Семенов М. А. Устройство для оперативной беспроводной связи с подземными выработками. Патент на изобретение № 2158368. Бюллетень №30, 2000.

СЕКЦИЯ 7

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОИСКА ПОХОЖИХ ПОКУМЕНТОВ

Аликов Алан Юрьевич

канд. техн. наук, доцент СКГМИ, г. Владикавказ

E-mail: kafedra-sapr@skgmi-gtu.ru

Калиниченко Алла Викторовна

ассистент, СКГМИ, г. Владикавказ

E-mail: kalinichenkoalla@mail.ru

1. Введение

Поиск похожих документов нацелен на нахождение документов, тематически близких документу-образцу. В этом виде поиска документ-образец выступает в качестве запроса. В данной статье рассматривается возможность применения нечеткой кластеризации к решению задачи поиска похожих документов.

2. Нечеткая кластеризация

Целью кластеризации коллекции документов является автоматическое выявление групп семантически похожих документов. Особенность нечеткой кластеризации состоит в том, что кластеры являются нечеткими множествами и каждый элемент принадлежит различным кластерам с различной степенью принадлежности. Рассмотрим алгоритм нечеткой кластеризации fuzzy C-Means и кластеризацию по Гюстафсону-Кесселю.

Пусть множество исходных данных $M = \{m_1, m_2, \dots, m_d\}$, $d = |M|$.

Вектор центров кластеров $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$, $k = |C|$. Матрица разбиения

$U = \{u_{ij}\}$, $1 \leq i \leq k$, $1 \leq j \leq d$. Целевая функция

$J(U, M, C) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^d u_{ij}^w d^2(m_j, c^{(i)})$, где $w \in (1, \infty)$ — показатель нечеткости.

Набор ограничений: $u_{ij} \in [0.1]$, $\sum_{i=1}^k u_{ij} = 1$, $0 < \sum_{j=1}^d u_{ij} < d$, который

определяет, что каждый вектор данных может принадлежать различным кластерам с разной степенью принадлежности, сумма принадлежностей элемента данных всем кластерам пространства разбиения равна единице.

Алгоритм fuzzy C-Means. Основные шаги:

Шаг 1. Выбрать количество кластеров $2 \leq k \leq d$.

Шаг 2. Выбрать скалярную метрику для отображения векторов данных на вещественную ось.

Шаг 3. Выбрать параметр остановки δ .

Шаг 4. Выбрать коэффициент нечеткости $w \in (1, \infty)$.

Шаг 5. Проинициализировать матрицу разбиения.

Шаг 6. Вычислить центры кластеров по формуле:

$$c_s^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^d (u_{ij})^w \cdot m_j}{\sum_{j=1}^d (u_{ij})^w}, \quad 1 \leq i \leq k$$

Шаг 7. Для всех элементов данных вычислить квадраты расстояний до всех центров кластеров по формуле:

$$d^2(m_j, c^{(i)}) = \|m_j - c^{(i)}\|^2.$$

Шаг 8. Обновить матрицу $u_{ij}^{(s)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \left(\frac{d^2(m_j, c^{(i)})}{d^2(m_j, c^{(l)})} \right)^{\frac{1}{w-1}}}$ для всех

$$1 \leq i \leq k, \quad 1 \leq j \leq d, \text{ учитывая набор ограничений.}$$

Шаг 9. Проверить условие: $\|U^{(s)} - U^{(s-1)}\| < \delta$. Если условие выполняется, то завершить процесс, если нет — перейти к шагу 6 с номером итерации $s = s + 1$.

Алгоритм кластеризации по Гюстафсону-Кесселю.

Кластер характеризуется не только своим центром, но и ковариационной матрицей. Основные шаги алгоритма:

Шаг 1. Выбрать количество кластеров $2 \leq k \leq d$.

Шаг 2. Выбрать параметр остановки δ .

Шаг 3. Выбрать коэффициент нечеткости $w \in (1, \infty)$.

Шаг 4. Проинициализировать матрицу разбиения.

Шаг 5. Рассчитать центры кластеров по формуле:

$$c_s^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^d (u_{ij})^w \cdot m_j}{\sum_{j=1}^d (u_{ij})^w}, \quad 1 \leq i \leq k.$$

Шаг 6. Рассчитать ковариационные матрицы кластеров по

формуле:
$$F^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^d (u_{ij}^{(s-1)})^w \cdot (m_j - c^{(i)})(m_j - c^{(i)})^t}{\sum_{j=1}^d (u_{ij}^{(s-1)})^w}, \quad 1 \leq i \leq k.$$

Шаг 7. Вычислить расстояния по формуле:

$$d_{F^{(i)}}^2(c_s^{(i)}, m_j) = (c_s^{(i)} - m_j)^t \left[\left(F^{(i)} \right)^{\frac{1}{r+1}} \left(F^{(i)} \right) \right] (c_s^{(i)} - m_j).$$

Шаг 8. Обновить матрицу

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{l=1}^k \left(\frac{d_{F^{(i)}}^2(m_j, c^{(l)})}{d_{F^{(i)}}^2(m_j, c^{(i)})} \right)^{\frac{1}{w-1}}} \quad \text{для всех}$$

$1 \leq i \leq k, \quad 1 \leq j \leq d$, учитывая набор ограничений.

Шаг 9. Проверить условие: $\|U^{(s)} - U^{(s-1)}\| < \delta$. Если условие выполняется, то завершить процесс, если нет — перейти к шагу 5 с номером итерации $s = s + 1$.

Алгоритм fuzzy C-Means формирует кластеры сферической формы, что подходит далеко не для всех задач. Алгоритм кластеризации по Гюстафсону-Кесселю находит кластеры в форме эллипсоидов, что делает его более гибким при решении задач. Существует ряд алгоритмов, подобных описанным, единственное отличие которых состоит в дополнительных слагаемых целевой функции, которые учитывают некоторые другие аспекты взаимосвязи данных [1].

3. Поиск похожих документов

Модифицированной формой представления информационных интересов пользователя является поиск похожих документов (similar document search). Целью поиска является обнаружение документов, тематически близких документу-образцу. Под тематической близостью понимается близость по содержанию, смыслу [2].

$D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ — конечное множество документов в текстовой коллекции;

$n = |D|$ — общее количество документов;

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ — множество терминов в коллекции документов;

$m = |T|$ — общее количество терминов;

Как правило, документ в поисковой системе описывается набором ключевых слов, что, естественно, не позволяет в полной мере отразить его смысл [3]. Рассмотрим поисковый образ документа, учитывающий контекст терминов. Представим документ $d_j, d_j \in D$ в

виде набора: $(\tilde{A}_{d_j}, \tilde{L}_{d_j})$, где

$\tilde{A}_{d_j} = \{(t_i, \mu_{d_j}(t_i)) | t_i \in T, i \in \{1, \dots, m\}\}$ — нечеткое множество,

$\mu_{d_j}(t_i)$ - степень принадлежности термина t_i документу d_j ;

\tilde{L} — нечеткое множество, описывающее ассоциативную связь терминов документа. $\tilde{L}_{d_j} = \{(t_i, t_j), \mu_{d_j}(t_i, t_j) | t_i, t_j \in T\}$, зависит от частоты совместной встречаемости терминов в одном контексте.

Пусть $d_i, d_j \in D$, $(\tilde{A}_{d_i}, \tilde{L}_{d_i})$, $(\tilde{A}_{d_j}, \tilde{L}_{d_j})$ - поисковые образы d_i

и d_j соответственно. Поскольку поисковый образ представляет собой пару нечетких множеств, то при вычислении меры близости документов следует отдельно вычислить меру близости множеств $(\tilde{A}_{d_i}, \tilde{A}_{d_j})$ и $(\tilde{L}_{d_i}, \tilde{L}_{d_j})$.

Основные этапы предлагаемого подхода к поиску похожих документов представлены на рис 1. В блоке 1 производится предварительная обработка документов, включающая в себя лексический анализ, морфологический анализ, удаление стоп-слов, приведение регистра. Формирование поискового образа документов и расширенного поискового образа документа-образца происходит в блоках 2 и 3 соответственно. В блоке 4 осуществляется кластеризация документов коллекции, в результате которой будут вычислены центры кластеров $c_i, 1 \leq i \leq k$ и сформирована матрица разбиения

$U = \{u_{ij} | 1 \leq i \leq k, 1 \leq j \leq d\}$, где u_{ij} — степень принадлежности документа d_j кластеру c_i . В блоке 5 определяются наиболее близкие

кластеры для заданного пользователем документа-образца. Документы этих кластеров образуют множество «документов-кандидатов». Вычисление степени сходства расширенных поисковых образов «документов-кандидатов» и расширенного поискового образа документа-образца происходит в блоке 6.

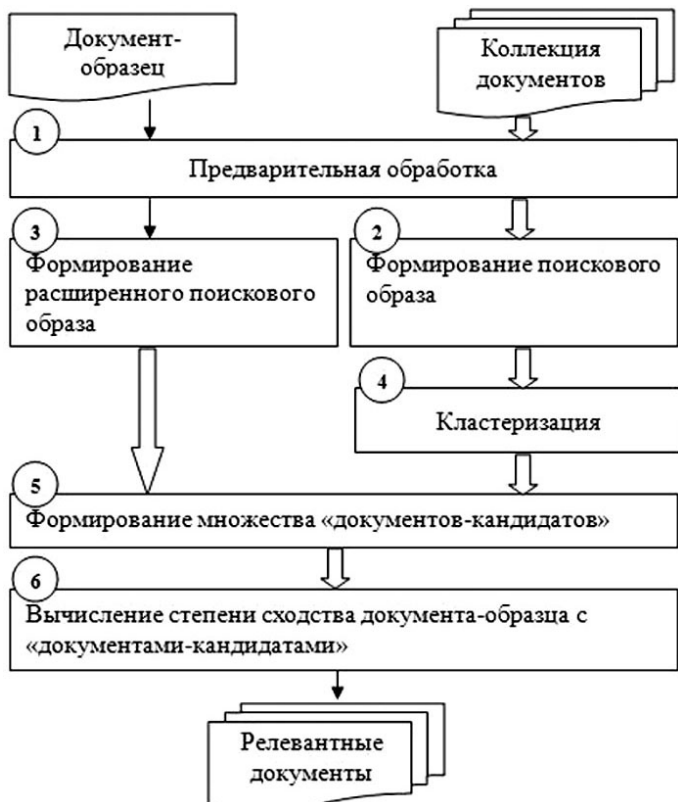


Рисунок 1. Основные этапы алгоритма поиска похожих документов.

4. Заключение

В работе рассмотрена возможность применения кластеризации при поиске похожих документов. Кластеризация документов позволяет существенно снизить размерность данных, проверяемых на сходство с документом-образцом.

Список литературы:

1. Барсегян А. А., Куприянов М. С., Степаненко И. И., Холод И. И. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 384 с.
2. Калиниченко А. В. О методах поиска по документу-образцу в коллекции электронных документов // X Международная научно-практическая конференция «ИТ-технологии: Развитие и приложения»: материалы. Владикавказ. 2009. С. 50—59.
3. Dominich S. The Modern Algebra of Information Retrieval. Springer Verlag, 2008. 327 p.

АДАПТАЦИЯ СРЕДСТВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Барбашин Димитрий Иванович

аспирант, ИжГТУ, г. Ижевск

E-mail: enerjiser@rambler.ru

Нистюк Анатолий Иванович

д-р техн. наук, профессор, ИжГТУ, г. Ижевск

E-mail: kafsts@istu.ru

Технический прогресс на транспорте, в промышленности, энергетике, военном деле сопровождается повышением роли человека-оператора в достижении высокой эффективности и качества деятельности, безопасности труда. Современные информационно-управляющие системы (ИУС) позволяют решать широкий круг задач, таких как, управление сложными технологическими процессами, организация информационного обмена в диспетчерских пунктах различного назначения, выступают в качестве бортовых систем управления аппаратуры специального назначения. Расширение функциональности информационно-управляющих систем приводит к их усложнению, повышению информационной насыщенности, в результате чего возникает задача своевременного представления информации оператору о состоянии компонент системы в условиях информационной перегруженности [9, 16, 20, 21]. Круг задач оператора расширяется, хотя его возможности практически остаются неизменными. Выполнение операторских функций в современных системах управления накладывает на специалиста чрезвычайно большую ответственность, так как от

своевременности, точности, безошибочности и эффективности его действий в значительной степени зависит качество работы всей системы, сохранность оборудования, продуктов труда, транспортных средств и жизни людей.

Любая не автоматизированная система управления (или ИУС) включает в себя две компоненты: человека-оператора и технические средства. Как известно, надежность функционирования любой технической системы определяется надежным функционированием все входящих в нее компонентов, то есть оператора и технических средств, в качестве элемента связи которых выступает человеко-машинный интерфейс (ЧМИ). ЧМИ представляет собой комплекс технических и информационно-программных средств, посредством которых осуществляется диалоговый режим взаимодействия человека-оператора и технических средств [17].

На данном этапе развития ИУС и интеллектуализации автоматизированных систем управления, все же, ключевым и наиболее слабым звеном остается человек-оператор. В процессе работы оператор анализирует состояние технической системы, оказывает управляющие воздействия на нее. Часто требуется незамедлительное вмешательство в процесс управления, принятие верных решений, особенно при возникновении нештатных ситуаций.

Первый шаг к уменьшению информационной перегрузки оператора со стороны ИУС состоит в сокращении потока информации до необходимого минимума [2, 7]. Из теории автоматического управления известно, что чем меньше поток информации в контуре управления, тем выше качество управления [11]. Это положение справедливо и для систем с участием оператора. Оптимальный поток информации создает благоприятные условия для работы оператора, так как оставляет ему когнитивные ресурсы для активной мыслительной деятельности и для принятия решений. Оператор должен быть ясно осведомлен о параметрах системы, но в форме, которая бы исключала перегрузку его информацией [8]. Для этого информационный поток к оператору не должен превышать величину оптимального потока в 2—6 бит/с [10].

Полезным свойством информационной модели является ее структурированность [2]. Отображаемая информация должна иметь иерархическую структуру [4, 5, 6, 11, 18], где каждый уровень иерархии определяет степень обобщенности контролируемых оператором параметров о состоянии системы. Графическое изображение должно состоять из набора элементов информации верхнего уровня. Кроме того, оператору должна быть представлена возможность сфокусировать внимание на любом из этих блоков верхнего уровня, при этом должен быть обеспечен доступ информации к блоком низкого уровня, детализирующих общую картину в отношении выбранного элемента информации [8].

Сравнительно новой формой взаимодействия человека и технических средств, является диалоговая форма, основной идеей которой является распределение функций между человеком и машиной на основе взаимного дополнения и использования преимуществ каждой стороны, осуществляемая с помощью средств общения (в первую очередь дисплеев) [5, 15].

Оператор и ТС могут рассматриваться как две отдельные подсистемы, в совокупности образующие общую систему «человек-машина» (СЧМ). Для того чтобы одна подсистема (оператор) могла взаимодействовать со второй — ТС, в ней должны содержаться модель второй подсистемы. В свою очередь, модель взаимодействия подсистемы ТС должна содержать две группы других моделей: моделей тех подсистем, с которыми она потенциально может взаимодействовать (область ее компетенции — модели групп операторов) и модель текущей сессии взаимодействия [3, 13, 14].

В процессе тренировок оператор обретает навык работы с технической системой (ТС) — адаптируется к ней. Степень согласования подсистем повышается. С другой стороны повышать степень согласованности можно путем адаптации ТС под оператора. Наиболее эффективная работа обеих подсистем (оператора и ТС) возможна при их взаимном согласовании, то есть взаимной адаптации — одновременной адаптации оператора к ТС и ТС к оператору [19].

Для разработки механизмов адаптации достаточно иметь модели входных/выходных воздействий оператора (модель оператора) и модель взаимодействия оператора с технической системой, так как внутренние процессы со стороны ТС не имеют значения.

Модель оператора в общем виде может быть описана в виде набора правил, сформированных на основе анализа положений инженерной психологии и эргономики по проектированию СЧМ. В работе [12] выделен ряд правил и ограничений, которые в свою очередь являются критериями компоновки элементов ЧМИ:

- функциональная взаимосвязь элементов ЧМИ;
- частота использования элементов ЧМИ;
- минимальная длина маршрута обслуживания.

В виду того что процесс согласование оператора и ТС заключается в совмещении характеристик оператора (модели оператора) и технической системы (представленных моделью взаимодействия). Критерии компоновки косвенным образом отражают характеристики оператора как элемента СЧМ. Для описания процесса взаимодействия предлагается использование структурно-алгоритмической модели — графа обслуживания системы [12]. Адаптация ТС заключается в изменении объема предоставляемой информации, способах ее представления и уровне

автоматизации функций. Механизм адаптивного интерфейса должен сам определять, какую информацию, в какой форме и с помощью каких средств (визуальной, звуковой, тактильной) представлять оператору.

На основании выше сказанного можно сделать вывод о том, что надежность системы во многом определяется не только надежностью технических средств, но и согласованной работой оператора. Адаптация ЧМИ позволяет оптимизировать информационный поток к оператору, поддерживать его в состоянии нормальной работоспособности, когда оператор способен полностью перерабатывать все поступающую информацию, без ее пропусков. В результате чего, число ошибок будет минимальным и, как следствие, общая надежность функционирования всей системы повысится, или будет максимальной, при условии заданной надежности технических средств.

Список литературы:

1. Алиев А. С., Восков Л. С., Ильин В. Н. Интеллектуальные САПР технологических процессов в радиоэлектронике. — М.: Радио и связь, 1991. — 264 с.
2. Барбашин Д. И., Нистюк А. И. К построению интерфейсов информационно-управляющих и телекоммуникационных систем // Современная российская наука глазами молодых исследователей: тезисы Всерос. конф. (Красноярск, фев. 2011). — Красноярск, 2011. — С. 215—216.
3. Барбашин Д. И., Нистюк А. И. Моделирование передних панелей телекоммуникационных устройств // Вестник ИжГТУ. — Ижевск: изд. ИжГТУ— 2011. №2. С. 163—165.
4. Барбашин Д. И. Повышение надежности управляющих систем при проектировании // Наука и техника в современном мире: тезисы Междунар. заоч. конф. (Новосибирск, октябрь 2011). — Новосибирск, 2011. — С. 37—40.
5. Васильева Е. И. Адаптивный интерфейс — новый этап в человеко-машинном взаимодействии. // Научная сессия МИФИ-2000. Сборник научных трудов. — 2000. — Т.3.
6. Венда В. Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации. — 2-е изд. — М.: Машиностроение, 1982. — 344 с.
7. Гадасин В. А., Ушаков И. А. Надежность сложных информационно-управляющих систем. — М.: Советское радио, 1975 — 191 с.
8. Ильичев, А. В. Эффективность адаптивных систем. — М.: Машиностроение, 1987. — 232 с.
9. Лазарева Т. Я., Мартемьянов Ю. Ф. Основы теории автоматического управления: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. — Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. — 352 с.
10. Преснухин Л. Н., Шахнов В. А. Конструирование электронных вычислительных машин и систем. — М.: Высш. шк., 1986. — 512 с.
11. Сергеев С. Ф., Падерно П. И., Назаренко Н. А. Введение в проектирование интеллектуальных интерфейсов: Учебное пособие. — СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. — 108 с.

12. Суворов Н. Б. Информационная надежность человека в системах управления. Электрофизиологические аспекты // Информация и космос. 2010. № 3. С. 198—201.
13. Чураков, Е. П. Оптимальные и адаптивные системы. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 256 с.
14. Шибанов Г. П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек — техника. М.: Машиностроение, 1983. — 263 с.
15. Khalil C. J. The design of multimedia adaptive interface for process control using a multi-agent approach. Loughborough University, 2001 — 393 с.
16. Laqua S., Brna P. The Focus-Metaphor Approach: A Novel Concept for the Design of Adaptive and User-Centric Interfaces.: INTERACT 2005, 2005, p. 295.
17. Laqua S., Ogbechie N., Sasse M. Contextualizing the Blogosphere: A Comparison of Traditional and Novel User Interfaces for the Web. ACM Press, New York, 2006.
18. Laursen O., Björklund H., Stein G. Modern Man-Machine Interface for HVDC Systems. ABB Power Systems. 2002, p 8.
19. Railway Safety 03 T024. Quin 22 RPT final Report Issue № 1, 2002.
20. Ross E. Intelligent User Interfaces: Survey and Research Directions. www.cs.bris.ac.uk/Publications/Papers/1000447.pdf
21. Verhoeven R., Harlow R., Hoffman E. PHARE Airborne Evaluation. Pilot Briefing Guide. 1998, p 44.

ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Боброва Наталья Леонидовна

*Ст. преподаватель ИИТ БГУИР, г. Минск, Беларусь
E-mail: natal123@tut.by*

Герман Олег Витольдович

канд. техн. наук, доцент БГУИР, г. Минск, Беларусь

Полубок Владислав Анатольевич

канд. техн. наук, ИИТ БГУИР, г. Минск, Беларусь

Одной из важнейших проблем трубопроводного транспорта является сохранение нормального состояния линейной части промысловых и магистральных трубопроводов. Подземные трубопроводы, работающие при нормальных режимах, сохраняются, по крайней мере, несколько десятков лет.

Как правило, большинство дефектов на трубопроводах появляются в результате коррозионных и механических повреждений, определение места и характера которых связаны с рядом трудностей и большими материальными затратами. Совершенно очевидно, что вскрытие трубопровода для непосредственного визуального обследования экономически неоправданно. К тому же обследовать можно только внешнюю поверхность трубопровода. Поэтому в течение последних лет в нашей стране и за рубежом усилие специализированных научно-исследовательских и проектных организаций направлено на решение проблемы определения состояния подземных и надземных промысловых, магистральных нефтепродуктопроводов без их вскрытия. Эта проблема связана с большими техническими трудностями, однако при использовании современных методов и средств измерительной техники она успешно решается.

В настоящее время проблема диагностики магистральных трубопроводов решается на уровне экспертов — лиц, обладающих достаточной квалификацией для определения характера, типа и тяжести повреждения труб, от чего зависит принимаемое решение и денежные затраты на устранение повреждений. Вместе с тем имеются ситуации, которые представляют значительные трудности для экспертной диагностики, характеризуются высокой степенью неопределенности и риском. Речь идет о ситуациях, связанных с наличием одновременно нескольких повреждений, как правило, не столь существенных, так что решение должно приниматься «по совокупности» признаков. Но именно оценка «по совокупности признаков» и представляет собой наиболее трудную задачу, поскольку требует установить взаимообусловленность и взаимозависимость признаков. Такого рода ситуации требуют разработки формального подхода, который по-разному «срабатывает» в случае независимых и зависимых повреждений. [5].

Знания человека-эксперта о решении задач в условиях неполноты, нечеткости исходной информации и достигаемых целей, также имеют нечеткий характер. Для их формализации в настоящее время успешно применяется аппарат теории нечетких множеств и нечеткой логики. Нечеткие понятия в данном случае формализуются в виде нечетких и лингвистических переменных, а нечеткость действий в процессе принятия решения — в виде нечетких алгоритмов.

При разработке методов дефектоскопического контроля магистральных трубопроводов одна из наиболее важных проблем состоит в определении повреждения трубопровода [1].

Хотя квалифицированные инженеры-эксперты могут успешно решать эти задачи, число таких компетентных экспертов относительно мало, и им трудно передать опыт и интуицию молодым инженерам. В данной работе предпринимается попытка использовать методы теории распознавания образов и теории нечетких множеств, для получения наиболее рациональной методологии решения этих задач.

Проблема разработки моделей и методов поддержки принятия решений по анализу дефектоскопического контроля магистральных трубопроводов является весьма актуальной для экономики Республики Беларусь. Решать данную проблему необходимо с разработки математических методов анализа и построения экспертно-диагностической системы контроля магистральных трубопроводов с применением специального математического и программного обеспечения [2].

Проблему оценки повреждения можно рассматривать на основе теории распознавания образов [3].

На рис. 1 приведена структурная схема системы распознавания образов в модели принятия решений. Образы представляются с помощью множеств измерений по признакам или наблюдениям, собранным для построения классификации повреждений. Опираясь на множество измерений признаков, принимающий решение эксперт должен определить (или классифицировать) состояние повреждения трубопровода.



Рисунок 1. Структурная схема системы распознавания образов

Первый шаг в разработке системы состоит в определении степени повреждения существующих трубопроводов по десятибалльной шкале 0—10, где 0 соответствует отсутствию дефектов, а 10 — дефекты, влекущие полную замену участка трубопровода (разрушительное). Дополнительно определяется вербальная интерпретация шкалы, как это показано на рис. 2. Эта классификация нестрогая. Однако предполагается, что каждому классу сопоставлена соответствующая рекомендация о ремонтных работах.

Если состояние трубопровода отнесено к классу разрушительного повреждения, то рекомендация будет состоять в том, чтобы произвести полную замену элемента трубопровода. В случае тяжелого или умеренного повреждения трубопровод нуждается в первоочередном или текущем ремонте.

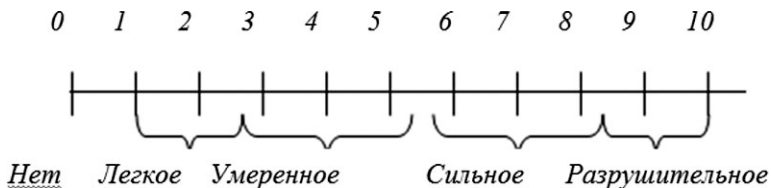


Рисунок 2. Степени состояния повреждения и их вербальное выражение

При легком повреждении будет рекомендован легкий ремонт (устранение дефектов) или полный отказ от ремонта. Очевидно, что каждому повреждению соответствует свой объем ремонтных работ. Цель состоит в том, чтобы состояние повреждения отнести к одной из этих категорий, заданных вербальным выражением. Может оказаться более предпочтительным получать числовое представление (числовую степень). Теперь проблему можно сформулировать следующим образом: разработать рациональный способ для доказательства истинности и ложности гипотезы о том, что рассматриваемый трубопровод имеет тяжелое повреждение, или же того, что такая гипотеза наиболее разумна, чем другие.

Множество признаков, пригодных для классификации или оценки повреждений на основе визуального осмотра может включать обнаружение деформаций и трещин в трубопроводах. Кроме того, при попытке определить состояние повреждений на основе перечисленных признаков, следует рассматривать много других условий, характеризующих рассматриваемый трубопровод, таких, как материал, сечение или протяженность и т. д.

В таких сложных обстоятельствах, включающих многие факторы, очень трудно построить простой классификатор, который многомерное пространство наблюдаемых признаков отображал бы в определенный набор категорий. Кроме того, поскольку в настоящее время не существует хорошо установленного способа определять состояние трубопровода, следует эффективно использовать знания, которые могут предоставить опытные инженеры-эксперты. Поэтому

эффективный подход к построению классификатора должен отражаться на логике экспертных рассуждений.

Формулировка указанной проблемы относится к методам принятия решений на основе базы знаний — активной области исследования искусственного интеллекта. Будучи сформулированной как задача о проверке гипотезы на основе данных о наблюдениях, она может рассматриваться как задача распознавания образов (с обучением) в сложных условиях [4].

Важный аспект проблемы оценки повреждения состоит в том, что получаемая от экспертов информация имеет некоторую неопределенность и окончательный ответ несет на себе ее отпечаток. Таким образом, применяемый для решения этой проблемы метод вывода должен носить характер неточного или приближенного вывода, обеспечивающего достижение наиболее надежного ответа.

Список литературы:

1. Абрамов О. В., Розенбаум А. П. Прогнозирование состояния технических систем // М.: Наука, 1990. — 126 с.
2. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Структура данных и алгоритмы // М.: Изд-во «Вильямс», 2000. — 384 с.
3. Саати Т., Керне К. Аналитическое планирование. Организация систем // М.: Радио и связь, 1991. — 224 с.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий // М.: Радио и связь, 1993. — 320 с.
5. Эффективные методы ремонта магистральных трубопроводов. Научно-технический сборник "Ремонт трубопроводов" // М.: ИРЦ Газпром, 2001. — 108 с.

К ВОПРОСУ СИНТЕЗА САР МНОЖЕСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

Марченко Юрий Николаевич

канд. тех. наук, начальник ИВЦ НФИ КемГУ, г. Новокузнецк

Трубецкой Вячеслав Сергеевич

*зав. лабораторией разработки, внедрения и сопровождения
программного обеспечения, НФИ КемГУ, г. Новокузнецк*

Марченко Полина Юрьевна

*рук. группы системного администрирования, НФИ КемГУ,
г. Новокузнецк*

E-mail: lord-ermine@yandex.ru

Многочисленные процессы в живой природе, технических устройствах, и производственных системах по числу входов-выходов могут быть представлены следующими математическими моделями [2, с. 31]:

1. модель с одним входом и одним выходом (рисунок 1а);
2. модель с одним входом и несколькими выходами (рисунок 1б);
3. модель с несколькими входами и одним выходом (рисунок 1в);
4. модель с несколькими входами и несколькими выходами $m \neq n$ (рисунок 1г).

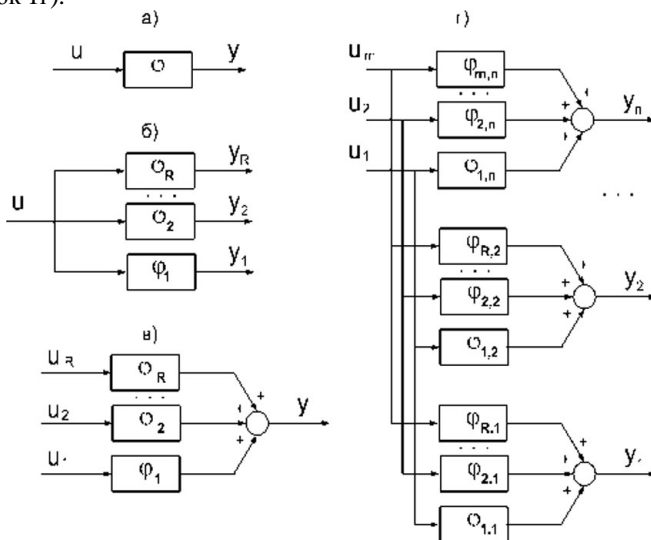


Рисунок 1. Структуры моделей

Во всех случаях сигналы от каждого входа к каждому выходу проходят по одному или нескольким параллельным каналам преобразования воздействий, имеющих различные запаздывания как в каналах управления, так и в состояниях объекта управления.

Модель на рисунке 1г может быть представлена комбинацией моделей представленных на рисунке 1б при $m < n$ или комбинацией моделей представленных на рисунке 1в при $m > n$.

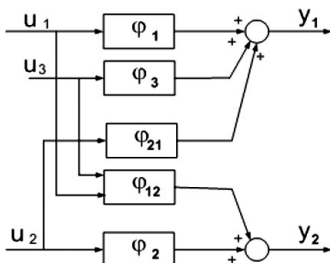


Рисунок 2. Модель объекта $m > n$

На рисунке 2 приведен вариант такого представления для объекта с тремя управляющими входами и двумя выходными целевыми переменными. В соответствии с тем, что $m > n$ объект может быть, например, представлен комбинацией двух моделей: $y_1 = \varphi_1(u_1, u_3)$ и $y_2 = \varphi_2(u_2)$ (число моделей в общем случае определяется из условия $\min=\{m, n\}$). Отнесение управляющих воздействий к той или иной модели φ_1, φ_2 определяется значимостью управляющего воздействия по влиянию на выходную переменную. Наиболее значимое из группы управляющих воздействий будем называть основным. В качестве основных следует выделять каналы, оказывающие наиболее существенное влияние на соответствующую выходную переменную (например, имеющие минимальное запаздывание и (или) большой коэффициент передачи). Группу каналов управления j -ой выходной переменной (j -ый контур модели) составляют каналы, имеющие коэффициенты передачи на соответствующую выходную переменную больше чем на все остальные. Блоки $\varphi_{12}, \varphi_{21}$ «отражают» взаимное влияние контуров модели. Полезность такого представления будет показана ниже при синтезе систем регулирования.

Необходимость таких моделей обусловлена особенностями конкретных технологических процессов — ограничениями на частоту и величину управляющего воздействия их соотношение и т. п.

Управляющие воздействия могут быть различны по физической природе — расход сыпучих материалов, расход газа, расход воды, пульпы, скорости перемещения рабочего органа или одного вида, например, компоненты шихтовой смеси.

Ниже объекты управления, описываемые моделями представленными на рисунках 1б и 1в будем называть *множественными объектами управления* соответственно *первого и второго типа*.

Синтез системы регулирования с объектами первого типа

Объекты управления, описываемые моделями первого типа, характеризуются совокупностью следующих основных признаков:

- число регулирующих воздействий меньше числа регулируемых выходных переменных;
- наличие неконтролируемых координатных возмущений;
- каналы регулирования имеют одинаковую физическую природу.

Общая структура объекта управления может быть задана в виде:

$$Y(s) = G(s) \cdot A \cdot U(s) + \mu(s),$$

где $G(s)$ — матричная передаточная функция

$$G(s) = \begin{bmatrix} g_1(s) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & g_2(s) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g_3(s) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & g_R(s) \end{bmatrix},$$

$$U(s) \text{ — вектор управляющих воздействий } U(s) = \begin{bmatrix} u_1(s) \\ \dots \\ u_{R_2}(s) \end{bmatrix},$$

A — матрица коэффициентов, определяющих распределение регулирующих воздействий по каналам регулирования

$$A = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1R_2} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2R_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{R_1 1} & \alpha_{R_1 2} & \dots & \alpha_{R_1 R_2} \end{bmatrix}, \mu \text{ — неконтролируемое возмущение.}$$

Рассмотрим задачу синтеза системы регулирования на примере объекта с одним регулирующим воздействием и несколькими выходными переменными.

Множественный объект с одним регулирующим воздействием.
 Линейная модель множественного объекта управления в этом случае может быть представлена в виде:

$$Y(s) = \Phi(s) \cdot A \cdot u(s) + \mu(s),$$

где $\Phi(s)$ — матричная передаточная функция размером $(R_2 \times R_2)$; R_2 — количество каналов регулирования; u — регулирующее воздействие; y_j — выходная переменная j -го канала регулирования; A — вектор коэффициентов размером $(1 \times R_2)$.

Критерий, учитывающий точность регулирования и заданное соотношение регулирующих воздействий может быть задан в виде:

$$J = \sum_{j=1}^{R_2} \sum_{m=i-l}^i |y_j(m) - y_j^*(m)|,$$

где i — текущий момент времени; l — интервал времени оценки показателя качества.

На рисунках 3—5 представлена процедура синтеза САР на примере множественного объекта с тремя управляемыми выходами с использованием эквивалентных структурных преобразований.

Решение задачи синтеза общей структуры САР для объекта с тремя управляющими воздействиями условно можно разделить на две части:

1. Синтез трехмерной САР для объекта с запаздыванием на основе системы - прототипа (рисунки 3а — 3б).
2. Синтез блока распределения регулирующих воздействий.

В качестве системы — прототипа можно выбрать оптимальную трехмерную автономную САР для объекта без запаздывания.

Первый шаг — введение скомпенсированных цепочек с элементами, дополняющими каналы регулирования без запаздывания (рисунок 3) до объекта с запаздыванием в каналах регулирования.

На рисунке 3а иллюстрируется введение скомпенсированной цепочки $(1 + \varphi_{r1} \cdot f_1^3 - \varphi_{r1} \cdot f_1^3)$ в первый канал регулирования.

После преобразований получим схему (рисунок 3б) для объекта с запаздыванием в первом канале регулирования.

Приведенное управление, в соответствии с рисунком 3б, определяется выражением:

$$u_1^e = \frac{\varphi_{o1} \cdot f_{p1}}{1 + \varphi_{o1} \cdot f_{p1}} \cdot u_1 \cdot \varphi_{r1} + \frac{f_{p1}}{1 + \varphi_{o1} \cdot f_{p1}} \cdot (y_1^* - y_1). \quad (1)$$

Разделим (1) на $\varphi_{o1}(j\omega) \cdot f_{p1}(j\omega) \neq 0$. Получим

$$u_1^s = \frac{1}{\frac{1}{\varphi_{o1} \cdot f_{p1}} + 1} \cdot u_1 \cdot \varphi_{\tau 1} + \frac{\frac{1}{\varphi_{o1}}}{\frac{1}{\varphi_{o1} \cdot f_{p1}} + 1} \cdot (y_1^* - y_1).$$

В полосе частот, где $|\varphi_{o1}(j\omega) \cdot f_{p1}(j\omega)| \gg 1$ можно записать:

$$u_1^s \approx u_1 \cdot \varphi_{\tau 1} + [\varphi_{o1}]^{-1} \cdot (y_1^* - y_1).$$

В соответствии с полученным выражением система регулирования может быть представлена в эквивалентном виде (рисунок 4а).

Аналогично, введя цепочки $(1 + \varphi_{\tau 2} \cdot f_2^s - \varphi_{\tau 2} \cdot f_2^s)$ и $(1 + \varphi_{\tau 3} \cdot f_3^s - \varphi_{\tau 3} \cdot f_3^s)$, выполнив необходимые преобразования, получим структуру трехмерной автономной системы регулирования для объекта с различными запаздываниями в каналах регулирования (рисунок 4б).

На втором шаге определяются значения u из условия (рисунок 5а):

$$u + u + u = u_1 + u_2 + u_3, \quad (2)$$

$$u = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 u_j.$$

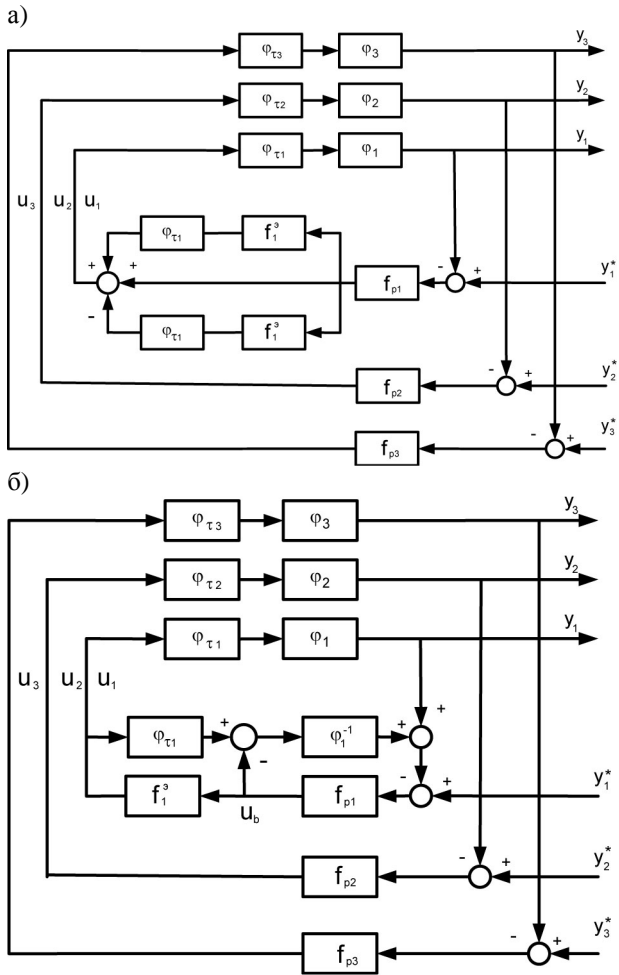


Рисунок 3. Синтез трехмерной САР объекта с запаздыванием

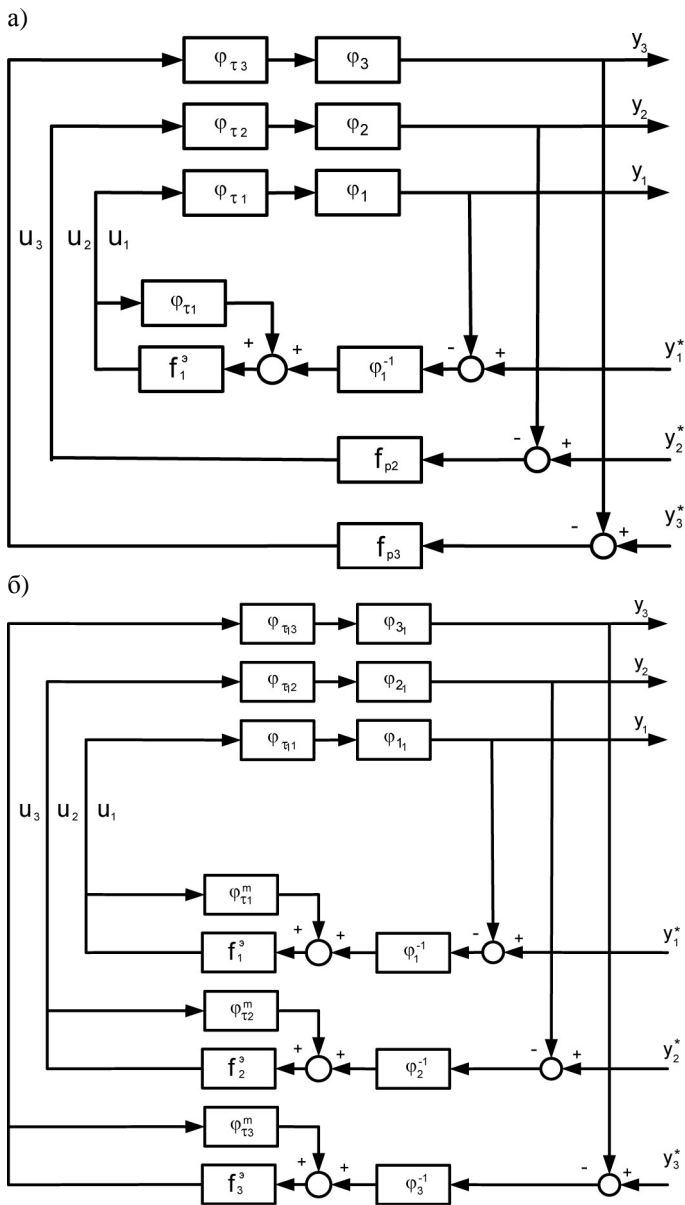


Рисунок 4. САР с явным обращением модели объекта

Структура полученной САР представлена на рисунке 5б. Формула 2 справедлива при равном распределении ресурса регулирования по всем каналам.

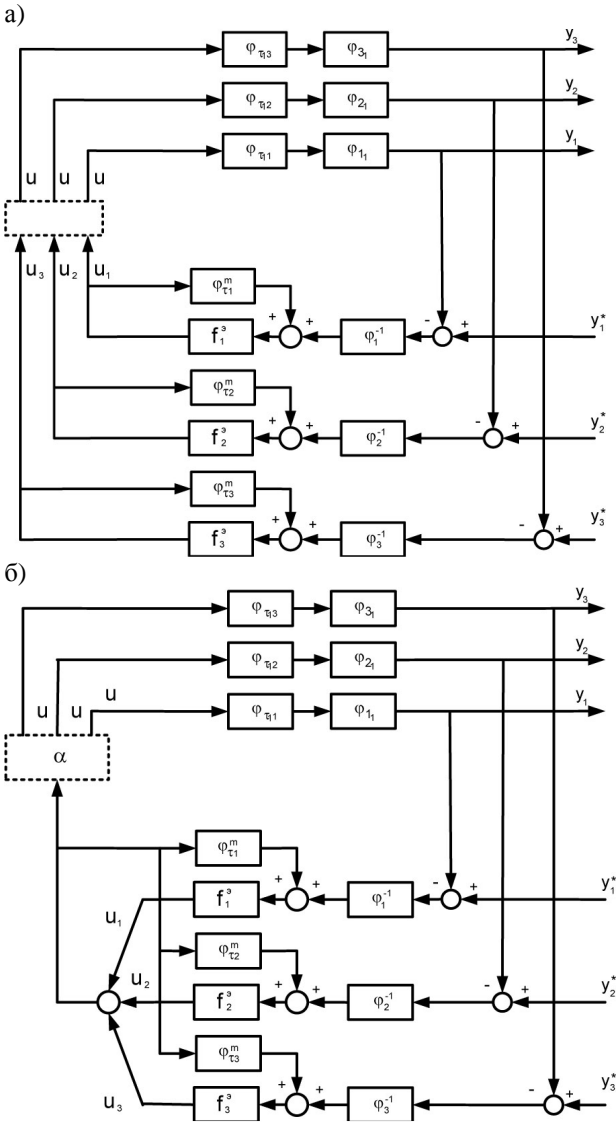


Рисунок 5. Синтез блока распределения регулирующих воздействий

В общем случае выражение для расчета регулирующего воздействия можно записать как

$$u = \alpha_r \sum_{j=1}^3 u_j, r=1,2,\dots,R_2.$$

Аналогичным образом синтезируется система регулирования для множественного объекта второго типа — с одной выходной переменной и несколькими управляющими воздействиями.

Рассмотрим пример синтеза системы управления для множественного объекта с двумя выходными переменными.

Модель объекта управления может быть представлена в виде:

$$Y(s) = \Phi_1(s) \cdot U(s) + \Phi_2(s) \cdot W(s) + \mu(s),$$

где Y, U, W — изображение выходной переменной, управляющего и неконтролируемым возмущающим воздействием.

$$Y(s) = \begin{pmatrix} y_1(s) \\ y_2(s) \end{pmatrix}; U = \begin{pmatrix} u_1(s) \\ u_2(s) \\ u_3(s) \end{pmatrix}; \Phi_1(s) = \begin{pmatrix} \varphi_{11}(s) & \varphi_{12}(s) & 0 \\ \varphi_{21}(s) & 0 & \varphi_{23}(s) \end{pmatrix};$$

$$W(s) = (w_1(s) \ w_2(s) \ w_3(s) \ w_4(s) \ w_5(s) \ w_6(s) \ w_7(s) \ w_8(s))^T;$$

$$\Phi_2 = \begin{pmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} & \varphi_{14} & 0 & 0 & 0 & \varphi_{18} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{23} & 0 & \varphi_{25} & \varphi_{26} & \varphi_{27} & 0 \end{pmatrix},$$

где φ — передаточные функции по каналам преобразования управляющих и возмущающих воздействий.

Критерий качества можно записать в виде:

$$J = \sum_{r=1}^4 [a * |y(r) - y^*(r)| + |u_1(i-1) - u_1(i)|] \quad (3)$$

Рассматриваемый случай включает в себя, кроме этапов, перечисленных выше, синтез контуров компенсации контролируемых возмущений, а также компенсатора взаимосвязей контуров регулирования.

В качестве системы — прототипа принимается автономная двухмерная САР без запаздывания (рисунок ба).

На рисунке бб показано введение в систему — прототип скомпенсированной цепочки для синтеза третьего канала

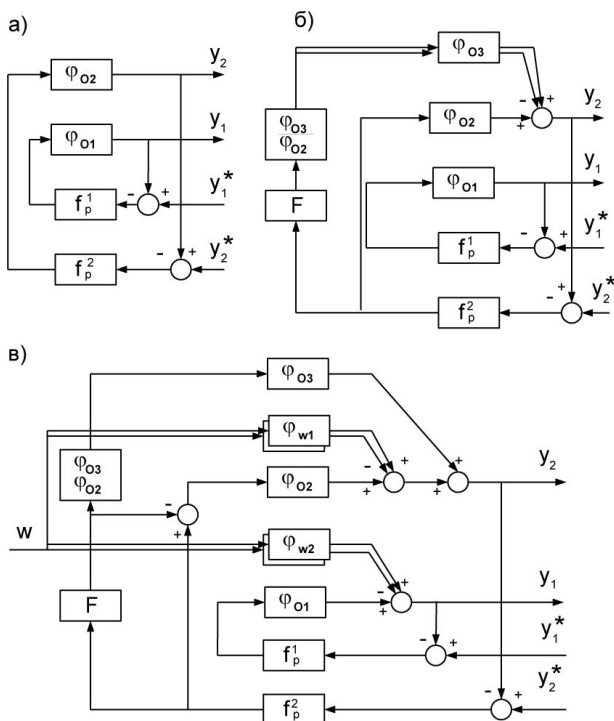
регулирования $\left(\frac{\varphi_{03}}{\varphi_{02}} \right) \cdot F \cdot (\varphi_{03} - \varphi_{03})$, где F оператор, задающий

преобразование второго управляющего воздействия, $\left(\frac{\varphi_{01}}{\varphi_{03}} \right)$ — элемент, учитывающий различие физической природы каналов регулирования.

Синтез контуров компенсации контролируемых возмущений представлен на рисунке бв. Показано введение двух скомпенсированных цепочек, отражающих факт влияния контролируемого возмущения W на степень металлизации и содержание углерода $(\varphi_{w1} - \varphi_{w1})$ и $(\varphi_{w2} - \varphi_{w2})$.

Построение компенсатора взаимосвязей контуров регулирования иллюстрируется на рисунке ба, где представлено введение в объект регулирования элементов, образующих такую взаимосвязь $(\varphi_{12} - \varphi_{12})$.

На рисунке бб приведена структура САР многомерного многосвязного объекта с двумя управляемыми переменными, содержащая два автономных контура регулирования без запаздывания с одним контролируемым возмущением.



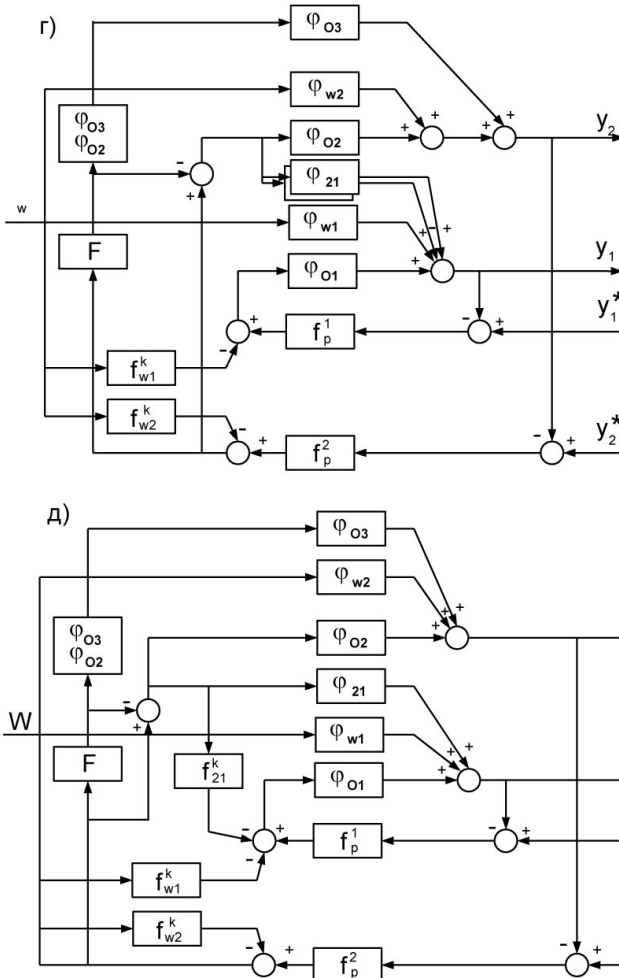


Рисунок 6. Этапы синтеза САУ с двумя управляемыми входами

Дополнение объекта управления элементами запаздывания выполняется аналогично тому, как это было рассмотрено выше при синтезе САУ группового дозатора, введением скомпенсированных цепочек как в каналы регулирования, так и в каналы преобразования контролируемых возмущений.

Конечная структура системы регулирования степени металлизации и содержания углерода приведена на рисунке 7.

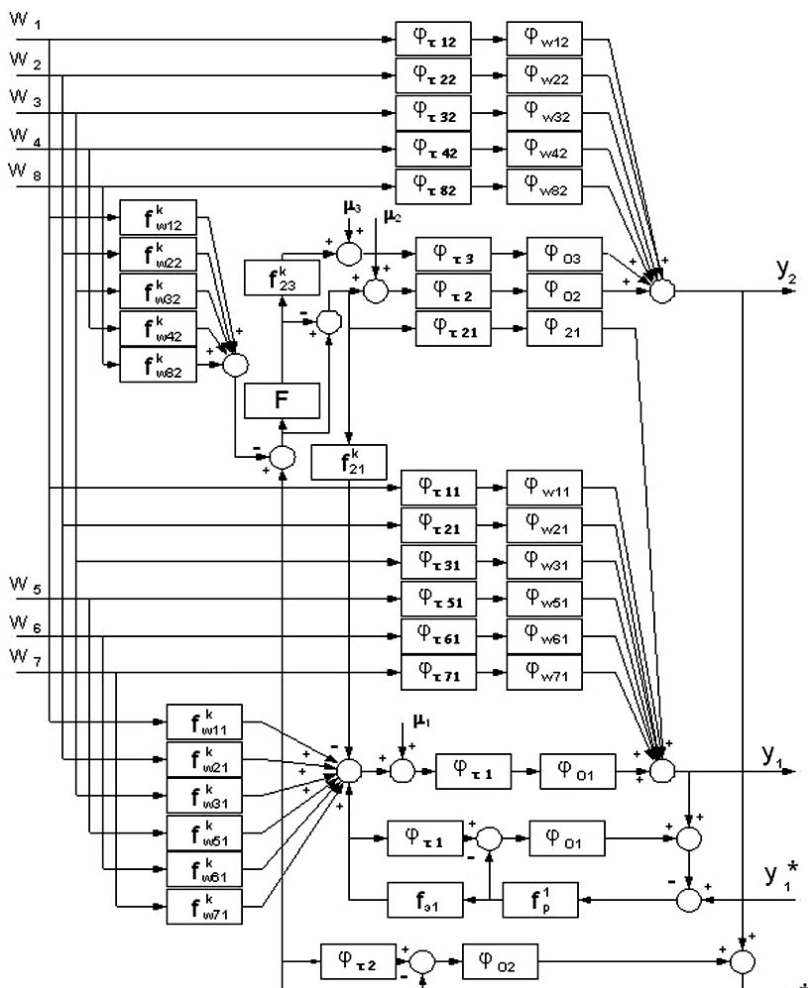


Рисунок 7. Структура САР объекта с двумя управляемыми выходами

Регулятор включает в себя два автономных контура регулирования по косвенно оцениваемым неконтролируемым возмущениям, каждый из которых включает контур компенсации контролируемых возмущений. Автономность работы контуров регулирования обеспечивается компенсатором взаимосвязей f_{21}^k .

Свойства синтезированной системы управления аналогичны рассмотренным выше для САР группового дозатора: во-первых, качество переходных процессов в автономных контурах регулирования (без контролируемых возмущений), при отсутствии ограничений на величину регулирующего воздействия в канале регулирования с минимальным запаздыванием не зависит от ошибок прогнозирования и реализации регулирующих воздействий по каналам регулирования с большим запаздыванием; во-вторых, длительность переходных процессов в контурах регулирования минимально возможная и определяется динамическими характеристиками канала регулирования с наименьшим запаздыванием. Действительно, легко показать, что в САР (см.рисунок 7) при $\varphi_{0i} = \varphi_{0i}^M$, $\varphi_{\alpha} = \varphi_{\alpha}^M$:

$$\begin{aligned} y_1 &= \varphi_{o1} \cdot \varphi_{\tau1} \cdot f_{\varepsilon1} \cdot \mu_1 \\ y_2 &= \varphi_{o2} \cdot \varphi_{\tau2} \cdot f_{\varepsilon2} \cdot \mu_2 \end{aligned}$$

и не зависит от μ_3 .

Полученные структуры систем регулирования являются квазиоптимальными по критерию синтеза системы – прототипа [1, с. 34].

Список литературы:

1. Алгоритмизация управления процессами шихтоподготовки: Учебное пособие / Мышляев Л. П., Авдеев В. П., Киселев С. Ф., Марченко Ю. Н. — Новокузнецк, Кузбасский политехнический институт, 1989. — 82 с.
2. Прикладной анализ случайных данных. / Дж. Бендат, А. Пирсол. М., Мир, 1989. 541 с.

МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

Мухин Олег Игоревич

*канд. техн. наук, доцент кафедры Автоматизированные системы
управления Пермского национального исследовательского
политехнического университета, г. Пермь*

Мухин Кирилл Олегович

*аспирант кафедры Автоматики и телемеханики Пермского
национального исследовательского политехнического университета,
г. Пермь*

E-mail: edu@stratum.ac.ru

В настоящее время, в условиях диверсификации и усложнения структуры производственных процессов, массового применения инновационных высокотехнологичных приборов задача исследования и управления производственными процессами является особенно актуальной [1, с. 432]. Построение модели производственного процесса и дальнейшая оценка достигаемых в ходе работы результатов являются важнейшим аспектом теории автоматизации производственных процессов. Сложность этой задачи обуславливается комплексной структурой производственных процессов, их нелинейностью и сложностью, наличием противоречивых критериев оценки эффективности работы системы, отсутствием универсального подхода к управлению производством (многие существующие методики применяются лишь к строго ограниченному кругу задач).

Современные производственные процессы представляют собой связанные между собой производственные участки, на которых производятся различные операции для получения готовой продукции на выходе. Результаты производственных процессов можно оценить с помощью различных показателей. Для управления производственными процессами требуется построить их эталонную модель, которая с требуемой точностью описывает структуру и свойства реального производственного процесса. Следует отметить, что структура реальных производственных процессов на современном производстве может меняться под влиянием различных внешних и внутренних факторов часто и значительно, что делает применение аналитических методов неэффективным из-за необходимости заново перестраивать математическое описание объекта управления.

Кроме этого, для применения аналитических методов требуется обладать специализированными знаниями в области математического моделирования и математической статистики. Лицу, непосредственно занимающемуся управлением производственными процессами, если он не обладает специальными знаниями, требуется привлечь дополнительных специалистов, непосредственно не занятых в процессе управления, для построения модели производственных процессов. Может возникнуть несоответствие между целями управления производственными процессами и результатами решения задачи управления.

Для построения достоверной модели производственного процесса выбран частный метод имитационного моделирования [2, с. 847; 3, с. 400].

Целью производственного процесса является достижение заданного производственного результата [4]. Однако следует соотносить цель производственного процесса как с затратами на достижение этой цели, так и с вероятностью ее недостижения при заданных производственных параметрах и имеющейся структуре производственного процесса. В производственных процессах всегда присутствует риск не получения требуемого результата. Традиционно управление рисками в производственных процессах лежит в области экономических наук, методы которых, однако, не отличаются точностью и универсальностью применения, поскольку зачастую опираются на экспертное мнение при исследовании производственных процессов [5, с. 352].

При анализе производственных процессов встает вопрос о том, насколько стабилен результат, выдаваемый спроектированной системы [6, с. 241]. Например, следует учитывать вероятность выпуска бракованных изделий на каждом участке производственного цикла. При этом сама по себе вероятность выпуска брака демонстрирует лишь некую усредненную величину числа выпущенных качественных деталей из всей партии. Однако реальная ситуация может быть значительно хуже или наоборот лучше вероятностной. Если лицу, принимающему управляющее решение (ЛПР), необходимо более точно предсказать результат производственных процессов, ему необходимо четко представлять, все возможные варианты производственной траектории при данной организации производственного процесса.

Чтобы получить полное представление о возможных потерях и прибыли, необходимо рассмотреть полный спектр возможных производственных результатов, отбросить те из них, наступление которых маловероятно, и получить некий набор исходов, на основании

которого можно принимать управленческие решения. В результате, сужение или расширение спектра возможных исходов будет говорить об увеличении или повышении рисков производственных процессов.

Многokратная проверка контрольных примеров на модели при одинаковых начальных условиях и организации производственных процессов позволяет, во-первых, получить представления о наиболее вероятных производственных результатах, от наилучшего до наихудшего. Кроме того, данный способ позволяет выявить возможные критические варианты производственных траекторий, при которых потери будут существенными, а также оценить вероятность таких событий. Таким образом, с помощью инструментов ЛПР получает возможность детально представить последствия принимаемых им решений, оценить риски и принять меры для их снижения. Более того, поскольку график производственного можно снимать в любой его точке, то можно находить те места, где вероятность недостижения заданного результата нарастает особенно сильно, выделяя, таким образом, ненадежные элементы производственного процесса.

Для решения вышеописанной проблемы разработан точный инженерный метод оценки рисков производственных процессов, который позволяет оценивать вероятность получения того или иного результата производственного процесса и достижения его цели.

Выделены типовые универсальные элементы, характерные для различных типов производств, для построения моделей производственных процессов, а также разработаны методы решения с их помощью задач управления производственными рисками.

Данная задача разбита на две следующие подзадачи.

1. Во-первых, создан инструментарий для конструирования моделей производственных процессов, а именно: создана автоматизированная система для проектирования и автоматической интерпретации свойств и поведения компьютерной модели структуры производственного процесса, составленной из моделей базовых формализованных элементов производства, куда входят:

а) набор типовых универсальных элементов производства и связей между этими элементами, характерных для предприятий различных типов, описывающих различные виды потоков, проходящих через структурные звенья предприятия (материальные, энергетические, кадровые, финансовые);

б) конструктор и интерпретатор модели управления производственными процессами;

в) инструментарий конструктора, позволяющий составлять модель топологически сложного производства с нелинейными звеньями и связями;

г) инструментарий служебных элементов, с помощью которых ЛПР сможет задавать параметры элементов производственных процессов (производительность, различные типы возмущений, ограничений, целевых установок) и устанавливать элементы для наблюдения результата;

д) алгоритм тестирования моделей на адекватность с использованием ряда контрольных примеров.

2. Во-вторых, сформулировано формализованное понятие производственного риска и предложен метод оценки рисков, связанный с моделью структуры производственного процесса, куда входят:

а) методика исчисления интегральной оценки производственных рисков предприятия;

б) инструментарий для графического отображения рисков;

Инструментарий конструирования модели производственных процессов связан с методом оценки рисков для оперативной корректировки структуры предприятия, производственных параметров и наблюдения их влияния на интегральную оценку рисков.

Таким образом, создан инструмент, позволяющий ЛПР самостоятельно строить модели производственных процессов, производить их моделирование с заданными параметрами, структурой и точностью, решать различные задачи управления, прогнозировать степень неопределенности достижения поставленных производственных целей и возможных вариантов развития производственной ситуации.

Список литературы

1. Гаджинский А. М. Логистика: Учебник. — 11-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2005. — 432 с.
2. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. — СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. — 847 с.
3. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. — СПб.: БХВ — Петербург, 2005. — 400 с.
4. Мухин О. И. Моделирование и оптимальное управление движением материальных потоков по технологическим линиям дискретного производства. Екатеринбург — Пермь: УрО РАН, 2006.
5. Советов Б. Я., Дубенецкий В. А., Цехановский В. В., Шеховцов О. И. Теория информационных процессов и систем. — Издательство «Академия», СПб.: 2010 — 352 с.
6. Советов Б. Я., Информационные технологии. — 3-е издание, — СПб.: Высшая школа, 2009 — 241 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОГЛАСОВАННОСТИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПОПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ АЛЬТЕРНАТИВ

Огурцов Александр Николаевич

аспирант КГТУ, г. Кострома

E-mail: alexander.ogurtsov@gmail.com

Системы поддержки принятия решений (СППР) получили широкое распространение для решения слабо формализованных задач по определению наилучших вариантов поставленной цели. Широкая область применения таких систем, например, от выбора наилучших возможных технических решений, до разработки сценариев социально-экономического развития, породило их большое разнообразие.

Ввиду того, что мнения экспертов по своему существу всегда субъективны и подвержены влиянию большого количества случайных ситуационных внутренних и внешних факторов, одной из главных задач и проблем подобных систем является обеспечение согласованности экспертных оценок. Наиболее технологично согласованность экспертных оценок осуществляется в методе анализа иерархий (МАИ) [3]. В основном благодаря этому, а также простоте технологии оценок альтернатив их попарным сравнением, данный метод получил широкое распространение [например, 1].

Основные этапы решения задачи с использованием МАИ:

1. Первый этап заключается в структуризации задачи в виде иерархической структуры с несколькими уровнями: цели, функции, критерии—альтернативы.

2. На втором этапе эксперты или лица, принимающие решения (ЛПР), выполняют попарные сравнения элементов каждого уровня. Результаты сравнений переводятся в числа.

3. Вычисляются коэффициенты важности для элементов каждого уровня. При этом проверяется согласованность суждений экспертов и ЛПР.

4. Подсчитывается результирующий количественный показатель качества каждой из альтернатив и определяется наилучшая альтернатива.

Рассмотрим процедуру определения согласованности экспертных оценок в методе анализа иерархий.

В результате выполнения экспертами попарных сравнений альтернатив (или критериев) формируется матрица попарных сравнений (МПС) A . Её элементы определяются по следующим правилам: если $a_{ij}=\alpha$, то $a_{ji}=1/\alpha$, $\alpha \neq 0$; если оценки таковы, что свойство или функция системы x_i имеет в сравнении со свойством или функцией x_j относительный приоритет в α раз больший или меньший, и если равный, то $a_{ij} = \alpha$, $a_{ji} = 1/\alpha$. В частности, $a_{ii}=1$ для всех i . Таким образом, сформированная матрица является обратносимметричной.

Оценка согласованности экспертных оценок основывается на следующем свойстве МПС:

$$M \cdot W = n \cdot W, \quad (1)$$

где M — матрица попарных сравнений;

$W=[w_1, w_2, \dots, w_n]$ — собственный вектор, элементы которого являются величинами или весами значимости сравниваемых альтернатив;

n — порядок матрицы M , равный ее максимальному собственному значению $\lambda_m=n$.

Если отдельные попарные оценки будут не строго согласованы, то λ_m больше по величине n . Благодаря этому мерой согласованности, а значит объективности, экспертных оценок может относительная величина отклонения, называемого индексом согласованности:

$$ИС=(\lambda_m - n)/(n-1). \quad (2)$$

В [3] дана рекомендация, и ее, как правило, придерживаются все пользователи МАИ, что экспертные оценки достаточно не согласованы, если $ИС \leq 0,1$. В противном случае необходимо проводить уточнение оценок.

Таким образом, становится очевидным, что определение согласованности оценок одного уровня критериев становится возможным только при завершении всех попарных сравнений данных критериев. В свою очередь, это приводит к ряду проблем, решение которых затруднительно:

1. При общей несогласованности оценок возникает проблема определения конкретных несогласованных оценок, чтобы сделать их уточнение.

2. На этапе корректировки оценок экспертом возникает вероятность исправления уже согласованных оценок, что ведет к увеличению индекса согласованности.

3. Даже при соблюдении условия общей согласованности оценок ($ИС \leq 0,1$) можно получить некорректный результат, особенно когда альтернативы нужно не только ранжировать по значимости, но и с максимально возможной точностью оценить их количественно.

Для решения этих задач наиболее эффективным является использование очевидной взаимозависимости попарных оценок:

$$a_{ij}a_{jk}=w_i/w_j \cdot w_j/w_k=a_{ik}, \quad (3)$$

где a_i — оценка i -го критерия, w_i — значимость (вес) i -го критерия.

Нами было впервые предложено применять данное условие согласованности в пошаговом следящем режиме в процессе получения экспертных оценок. Таким образом, получая согласованные оценки на каждом шаге попарных сравнений, можно получить итоговую согласованность матрицы парных сравнений.

Однако условие (3) является излишне строгим и не учитывает реальную нечеткость оценок, которая объясняется индивидуальными особенностями эксперта и достаточно размытой шкалой сравнений. Например, для эксперта значения шкалы «Умеренно сильное предпочтение» и «Сильное предпочтение» могут не иметь особой разницы, тогда как при определении согласованности эта разница весьма существенна.

Нечеткость оценок a_{ij} выражается с помощью функции принадлежности $f_{\Delta}(a_{ij})$. Она определяет коэффициент принадлежности в интервале $[0,1]$ оценки a_{ij} к одному из значений девятибалльной шкалы, т. е. к элементу множества $a=\{1, 2, 3, \dots, 9\}$. Наиболее универсальной функцией принадлежности является функция Гаусса, параметры которой могут изменяться исходя из условий решаемой задачи, индивидуальных особенностей экспертов и их предыдущего опыта.

Представим соотношение (3) в следующем виде:

$$a_{ij}a_{jk} = a_{ik} \pm r, \quad (4)$$

где r — величина нечеткости экспертной оценки a_{ik} .

Очевидно, что выражение (4) путем согласованной перестановки индексов можно представить относительно целочисленных значений попарных оценок. В этом случае величина нечеткости

$$r=|a_{ij}a_{jk}-a_{ik}| \quad (5)$$

имеет целочисленное значение.

Для реализации алгоритма пошаговой коррекции диапазон изменения нечеткости целесообразно разбить на три интервала: r_1, r_2, r_3 .

В первом интервале нечеткости (r_1) оценка считается согласованной, исходя из того, что при попадании всех величин нечеткости оценок в данный интервал, индекс согласованности МПС меньше 0,1, что делает матрицу парных сравнений согласованной. Таким образом, при попадании величины нечеткости r в первый

интервал, коррекция оценок не требуется, и эксперт может переходить к сравнению следующих критериев (или альтернатив).

При попадании величины нечеткости r во второй интервал (r_2) эксперту предлагается соответствующий набор оценок:

$$\underline{a}_{ij} = a_{ij} - 1, \underline{a}_{jk} = a_{jk} - 1, \bar{a}_{ik} = a_{ik} + 1 \quad (6)$$

или
$$\bar{a}_{ij} = a_{ij} + 1, \bar{a}_{jk} = a_{jk} + 1, \underline{a}_{ik} = a_{ik} - 1. \quad (7)$$

Эксперт по своему усмотрению выбирает одну из предлагаемых значений оценок (6) или (7). Расчеты и практика показывают, что выбор одного из предлагаемых значений, входящих в рассматриваемую тройку оценок, приводит нечеткость оценок из второго интервала в первый.

При $r = \pm r_3$ предлагается тот же выбор (6) или (7). Если после коррекции одной из оценок на ± 1 величина r переходит из третьего интервала лишь во второй, то эксперту предлагается выбрать новое значение оценки для двух оставшихся. Расчеты показывают, что пара скорректированных на единицу оценок ($\bar{a}_{ik}, \underline{a}_{ij}$, $\bar{a}_{ik}, \underline{a}_{ij}$, или $\underline{a}_{ij}, \underline{a}_{jk}$), как правило, обеспечивает допустимую согласованность оценок.

При $r > r_3$ оценки должны быть изменены на 2 или более единиц. В этом случае эксперту указывается лишь направление изменения оценок большую или меньшую сторону в зависимости от знака разности.

Практика показывает, что интервалы r_1 , r_2 , r_3 могут не являться постоянными и должны варьироваться в зависимости от предметной области решаемой задачи, уровня опыта и квалификации экспертов.

Преимущества предложенного метода оценки согласованности экспертных оценок:

1. Определения конкретных несогласованных оценок экспертов.
2. Исправления несогласованных оценок «на ходу», что избавляет экспертов от необходимости возвращаться к исправлению несогласованных оценок после завершения работы.
3. Неявное обучение эксперта технологии согласованного определения попарных оценок.

Список литературы:

1. Абакаров А. Ш., Сушков Ю. А. Программная система поддержки принятия решений «MPRIORITY 1.0» // Электронный журнал «Исследовано в России». 2005. С. 2130-2146. [электронный ресурс] — Режим доступа. — <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/207.pdf>
2. Дэвид Г. Метод парных сравнений. - Москва : Статистика, 1978.
3. Saaty Thomas L The Analytic Hierarchy Process. — New York : McGraw-Hill, 1980.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ КАЗАХСТАНА

Сейфуллина Асель Олжабаевна

*старший преподаватель, Казахский агротехнический университет
им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан
E-mail: assel812@mail.ru*

Тажибай Ляззат Каналбаевна

*старший преподаватель, Казахский агротехнический университет
им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан*

На сегодняшний день, после вступления Казахстана в Болонский процесс, наша система образования медленными, но верными шагами идет к построению конкурентоспособного качественного образования. Все это представлено в виде следующей приоритетной задачи, то есть усовершенствования имеющихся компьютерных средств обучения на основе современных информационных технологий, которые в образовании играют все более существенное значение. Актуальность задачи усовершенствования средств обучения обусловлена с одной стороны, внедрением новых информационных технологий в образовательный процесс, а с другой стороны, созданием в стране целостной национальной инновационной системы. Перед высшей школой в этих условиях стоит задача подготовки специалистов к профессиональной деятельности путем внедрения в образовательный процесс инновационных технологий с использованием информационных технологий.

В настоящее время применяется множество терминов, обозначающих автоматизированную обучающую систему, которые, по сути, являются аналогичными. Наиболее распространенными из них являются:

- система дистанционного обучения (СДО);
- автоматизированная система дистанционного обучения (АСДО);
- автоматизированная система обучения (АСО);
- обучающая программа;
- обучающая система и ряд других, менее распространенных понятий.

Для пояснения данных терминов можно обобщить один термин, хотя и у данного термина очень много трактовок. Автоматизированная обучающая система — (АОС), комплекс технического, учебно-методического, лингвистического, программного и организационного обеспечений на базе ЭВМ, предназначенный для индивидуализации обучения. Автоматизированные обучающие системы (АОС) представляют собой программно-технические комплексы, включающие в себя методическую, учебную и организационную поддержку процесса обучения, проводимого на базе информационных технологий [1, с. 3].

К современным обучающим системам относятся системы «TrainingWare», «eLearning Server 3000 v2.0», «eLearning Office 3000», «IBM Workplace Collaborative Learning» и «HyperMethod 3.5» компании ГиперМетод, которая является крупнейшим российским разработчиком готовых решений и программного обеспечения в области мультимедиа, дистанционного обучения и электронной коммерции [2, с. 339-341]. Приведем краткое описание этих систем (Таблица 1).

Таблица 1.

Описание автоматизированных обучающих систем

Название обучающей системы	Характеристика
Training Ware	Предназначена для организации централизованной системы подготовки и контроля знаний персонала, автоматизации входного тестирования, быстрого ввода нового персонала, регулярных тренингов и аттестаций новым инструкциям и рекомендациям, создания единой системы учета компетенции персонала, сертификации клиентов и партнеров компании. TrainingWare ориентирован на крупные и средние компании, численностью от 300 человек, имеющие разветвленную структуру и испытывающие необходимость в непрерывном управлении знаниями сотрудников.
eLearning Server 3000 v2.0	Позволяет создавать собственные Учебные центры в Интернет/Инtranet и организовать полный цикл дистанционного обучения — управление расписанием, сертификацией знаний учащихся, электронной ведомостью успеваемости, электронной зачеткой и электронной библиотекой.

eLearning Office 3000	Предназначен, прежде всего, для преподавателей высших и средних учебных заведений, а также для IT-специалистов, занимающихся проблемами дистанционного обучения. Развитие сети Интернет открывает новые перспективы дистанционного образования, при которых обучаемому обеспечиваются возможности, свойственные классическим традиционным видам обучения.
Среда IBM Workplace Collaborative Learning	Содержит автоматизированные средства разработки дистанционных курсов IBM Workplace Collaborative Learning Authorizing Tool, к которым относятся средства, позволяющие автоматизировать процесс создания и интеграции лекционного материала и тестов контроля знаний. Существуют два отдельных режима разработки дистанционного курса: для создания структуры курса служит режим планировщика, для создания страниц содержимого курса и зачетов по курсу служит режим разработки. Оба режима имеют удобный и интуитивно понятный интерфейс разработчика курса и включают практически все современные типы объектов, которые можно разместить на странице: текстовые объекты, графические объекты, звуковые объекты, кнопки и прочие.
HyperMethod 3.5	Конструктор мультимедиа приложений – предназначен для быстрого и эффективного создания информационных систем, презентационных дисков, электронных учебников, справочников, энциклопедий и любых других мультимедиа приложений. На сегодняшний день это единственный отечественный программный продукт, представленный на рынке средств разработки мультимедиа приложений.

Касательно нашего университета, и еще ряда университетов (Университет Туран Астана, Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова) в учебный процесс внедрена и успешно работает автоматизированная система обучения Tamos University Suite. Tamos University Suite – комплексное решение автоматизации управления обучением ВУЗа. Автоматизированная система управления обучением «Tamos University Suite» (АСУО «TUS») представляет собой комплексную программу, включающую в себя автоматизированную систему управления процессом обучения и технологию дистанционного обучения (Рисунок 1).



Рисунок 1. АСУО «TUS»

АСУО «TUS» разработан в полном соответствии с государственными общеобразовательными стандартами, государственным стандартом СТ РК 34.016-2004 «Технические и программные средства дистанционного обучения. Общие технические требования», а также утвержденными Министерством образования и науки «Правилами организации обучения по дистанционной форме в организациях образования, дающих высшее профессиональное, дополнительное профессиональное образование Республики Казахстан».

Данная система позволяет преподавателю осуществить доставку знаний студентам с помощью кейсовой и сетевой технологий, причем каждый студент имеет возможность обучаться по индивидуальной траектории, что позволяет использовать рассматриваемой системы при кредитной технологии обучения.

Статистические возможности АСУО «TUS» предоставляют информацию о состоянии уровня знаний, рейтинге отдельного студента и группы в целом по итогам рубежных и итогового контролей.

Еще одной автоматизированной системой обучения, которая также внедрена в учебные процессы многих университетов Казахстана Platonus. Platonus — это автоматизированная информационная система, позволяющая комплексно автоматизировать процессы кредитной и дистанционной системы обучения. Система имеет централизованную базу данных, в которой отражаются все реальные события и процессы ВУЗа. Для каждого студента и сотрудника предусмотрен, так называемый, личный кабинет (персональная web-страничка), позволяющий автоматизировать сотрудникам ВУЗа свои основные задачи, студентам

видеть необходимую информацию, а дистанционно обучающимся студентам моментально получать доступ к кейсам и контролю знаний, непосредственно в реальном времени общаться с преподавателем посредством глобальной сети Интернет или внутренней сети ВУЗа

На кафедре информатики Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина начаты исследования, по разработке электронных средств обучения профилирующим дисциплинам в различных инструментальных средах на основе разработанных методов компьютерной дидактики и программного проектирования. Опыт разработки электронных учебников и компьютерных обучающих систем с помощью различных языковых и инструментальных средств (Visual C++, Delphi 7.0, Lotus Learning Space 5.0, Java) позволяет достаточно быстро создавать новые версии программного обеспечения для автоматизированного обучения учебным дисциплинам, содержащим сложные алгоритмические структуры. При этом, как правило, в новой разработке основа дидактического проекта учебной дисциплины остается без изменения, а структура и содержание учебного материала может варьироваться в зависимости от того, для какой специальности оно предназначено.

Возможно самыми **важными целями**, которые преследуют организации, внедряющие автоматизированные обучающие системы (системы дистанционного обучения) или же стоящие перед необходимостью их внедрения, являются:

- 1) **предоставление единообразного качественного учебного материала** большому количеству пользователей и, одновременно с этим;
- 2) **сокращение затрат на обучение.**

Оптимальный путь к достижению **первой цели** лежит через **привлечение высококлассных специалистов** в области создания учебного контента и систем управления знаниями.

Достижение второй цели обеспечивается за счет **отказа от внешнего обучения** (привлечения преподавателей, тренеров) или создания собственных обучающих подразделений, а также **сокращения косвенных издержек**, связанных с контактным обучением (оплата командировок, проживания, аренды аудиторий).

Помимо этого применение АОС позволяет:

- решить проблемы с одновременным обучением значительного количества обучающихся;
- решить проблемы с обучением географически распределенных обучающихся;
- обеспечить обучение обучающихся в удобное для них время;
- повысить конкурентоспособность образования;

- существенно сократить затраты на обновление учебного материала (нет необходимости актуализировать информацию у каждого пользователя, когда можно один раз обновить информацию учебных модулей (курсов), размещенных на сервере);
- представить информацию в максимально наглядной форме за счет возможности использования в составе учебных курсов различного медиа-контента.

Учитывая преимущества, которые дает внедрение АОС, все больше университетов рассматривают **расходы на обучение** не как издержки, а как **инвестиции** [1, с. 15].

Инструментальные средства — программное и информационное обеспечение, используемое для представления учебных материалов в форме, требуемой для использования в компьютерных обучающих системах. Инструментальные средства можно разделить на две группы:

1. общедоступные средства, ориентированные на Web-технологии и не использующие дорогостоящих специальных средств;
2. инструментальные средства, специально ориентированные на разработку электронных учебников.

В первую группу входят сравнительно недорогие или свободно распространяемые программные продукты. К ним относятся, например, редакторы HTML текстов, графические редакторы, конверторы форматов данных, возможно также применение средств создания аудио- и видеофрагментов. В этой технологии удастся минимизировать первоначальные финансовые затраты, квалифицированные пользователи могут модернизировать и адаптировать созданные электронные учебники. Однако создание электронных учебников характеризуется при этом повышенными затратами времени [3, с. 120—123].

Более быстрое создание электронных учебников осуществляется с помощью интегрированных инструментальных сред, примерами которых могут служить Learning Space, IBM Workplace Collaborative Learning Authorizing Tool фирмы Lotus, ToolBookII компании Asymetrix, WebCT университета Британской Колумбии, AuthorWare компании Macromedia и др. Имеющиеся в инструментальной среде средства позволяют решать вопросы представления учебного материала с выбором типов шрифтов, палитры цветов, расположения и насыщенности графических фрагментов, анимации, звукового сопровождения и т.п. в соответствии с рекомендациями, обеспечивающими продуктивную работу пользователей. Ко второй группе относится интегрированная инструментальная среда SunRav BookEditor.

Программное обеспечение автоматизированного обучения можно разделить на четыре основные группы:

1. Программное обеспечение планирования и управления обучением, которое предназначено для составления расписания, ведения информации об обучаемых и т. д.

2. Программное обеспечение, обеспечивающее компьютерное обучение, которое включает в себя автоматизированные учебники, учебные пособия и тестирующие программы.

3. Программное обеспечение, реализующее связь между участниками обучения, такое как электронная почта, конференции, Internet Relay Chat.

4. Электронная библиотека, которая содержит электронные варианты бумажных учебных пособий, автоматизированные учебники и учебные пособия, тестирующие программы.

Предметом рассмотрения данной статьи являются автоматизированные учебные пособия. В соответствии с автоматизированные учебники и учебные пособия обладают следующими преимуществами перед обыкновенными бумажными учебниками:

1. Возможность поиска по тексту.
2. Возможность использования гипертекста.
3. Возможность использования мультимедиа.
4. Возможность моделирования изучаемых процессов.

Одним из важным компонентом АСО являются электронные учебники. Автоматизированные учебники и учебные пособия на базе Интернет-технологий также обладают рядом преимуществ по сравнению с обычными автоматизированными учебниками:

1. Возможность оперативного обновления учебных материалов, так как учебные материалы хранятся в единственном экземпляре на сервере.
2. Решение проблемы совместимости программного обеспечения.
3. Для просмотра учебного пособия, реализованного с использованием Web-технологии, требуется только Web-браузер.
4. Различные реализации Web-браузеров существуют для большинства современных операционных систем.
5. Возможность включения в учебное пособие ссылок в Интернет, что позволяет многократно использовать существующие учебные материалы.

Таким образом, в результате внедрения АСО TUS в Казахском агротехническом университета им. С. Сейфуллина у каждого преподавателя появилась возможность:

1. Ведения электронного журнала. В этом журнале хранятся оценки студентов текущей, промежуточной и итоговой аттестации (Рисунок 2). При этом можно обращаться и просматривать группы прошлых лет и много другое.

Журнал контрольных оценок - Microsoft Internet Explorer

Адрес: http://tdo.agnu.kz/bbs/office/egtr/egtr/app/journal_control_form.php

Дисциплины обучения: Ин1105 очно Информатика

Учебная группа: ВТИПО_110_оч_информатика

Акademическая группа: I Балканарат

Преподаватель в группе: Сайыпхан Асет Оспанбаев

Сумма баллов: ТК, РК, ПК, ИК = 100

Увеличить вес: ТК: 20, РК: 20, ПК: 20, ИК: 40

ВНИМАНИЕ! После реставрации журнала, обязательно выложить заявку "Сбросить" Оценки на базе WebRubric не ставятся автоматически и их удаление невозможно!

№	# И.О. студента	Оценки	ТК	1 Рубежный контроль				2 Рубежный контроль				Итоговый контроль			
				В промежуток В баллах		Дата		В промежуток В баллах		Дата		В промежуток В баллах		Дата	
				Экзамен	Письмена	Экзамен	Письмена	Экзамен	Письмена	Экзамен	Письмена				
1	Ахмед Валерия Александровна	1/8	07 | 17	28.10.2011 14:30:47	75 | 15	.....	.....	13.12.2011 00:34:43	60 | 12	.....	.....	28.12.2011 11:31:24	80 | 32	.....	.....
2	Айтибаев Аскар Абылай	1/8	02 | 17	28.10.2011 14:30:47	85 | 17	.....	.....	13.12.2011 00:34:43	52 | 10	.....	.....	28.12.2011 11:31:24	95 | 30	.....	.....
3	Баймаханов Арман Саркисович	1/8	03 | 13	28.10.2011 14:30:47	75 | 15	.....	.....	13.12.2011 00:34:43	80 | 16	.....	.....	28.12.2011 11:31:24	100 | 40	.....	.....
4	Бектурсаев Кюмсар Бектурсаевич	1/8	07 | 13	28.10.2011 14:30:47	85 | 17	.....	.....	13.12.2011 00:34:43	60 | 12	.....	.....	28.12.2011 11:31:24	95 | 30	.....	.....
5	Бектурсаев Абылай Давитович	1/8	07 | 13	28.10.2011 14:30:47	85 | 17	.....	.....	13.12.2011 00:34:43	52 | 10	.....	.....	28.12.2011 11:31:24	95 | 30	.....	.....
6	Бурман Жанбек Романович	1/8	03 | 10	28.10.2011 14:30:47	60 | 12	.....	.....	13.12.2011 00:34:43	80 | 16	.....	.....	28.12.2011 11:31:24	100 | 40	.....	.....
7	Ермаков Виктор Иванович	1/8	03 | 20	28.10.2011 14:30:47	85 | 17	.....	.....	13.12.2011 00:34:43	70 | 14	.....	.....	28.12.2011 11:31:24	97 | 33	.....	.....
8	Ермаков Диег Вадимович	1/8	02 | 16	28.10.2011 14:30:47	80 | 16	.....	.....	13.12.2011 00:34:43	50 | 10	.....	.....	28.12.2011 11:31:24	100 | 40	.....	.....
9	Кривинь Омар Кривиньевич	1/8	04 | 13	28.10.2011 14:30:47	80 | 16	.....	.....	13.12.2011 00:34:43	75 | 15	.....	.....	28.12.2011 11:31:25	100 | 40	.....	.....
10	Кенес Кемелович Шырбайулы	1/8	03 | 13	28.10.2011 14:30:47	60 | 12	.....	.....	13.12.2011 00:34:43	50 | 10	.....	.....	28.12.2011 11:31:25	93 | 37	.....	.....
11	Бектурсаев Давид Айбергич	1/8	100 | 20	28.10.2011 14:30:47	95 | 13	.....	.....	13.12.2011 00:34:43	75 | 15	.....	.....	28.12.2011 11:31:25	95 | 30	.....	.....
12	Жарман Дмитрий Александрович	1/8	00 | 10	28.10.2011 14:30:47	80 | 16	.....	.....	13.12.2011 00:34:43	75 | 15	.....	.....	28.12.2011 11:31:25	90 | 36	.....	.....

Рисунок 2. Электронный журнал

2. Автоматизация выставления итоговой оценки, т. е. отпала необходимость вручную заполнять экзаменационные ведомости.

3. Имеется возможность наполнения материала (лекции, тесты, лабораторные, видеолекции и т. д.) по своим дисциплинам (Рисунок 3).

TUS v2.0 Электронный университет

Авторизованный пользователь: Сейфуллина Асель Олжабаевна

Администратор | Базовая информация | Офис регистратора | WebProfessor | Язык | Работа с письмами

Новости | Объявления | Документы | Внутренняя почта | На главную | СМК

Модули системы

- Администратор
- Базовая информация
- Офис регистратора
- WebProfessor
 - Активные семинары
 - Добавление / Редактирование контента
 - Добавление / Редактирование тестов
 - Итоговый контроль
 - Привязать контент к syllabusу
 - Публикация контента
 - Рубежный контроль
 - Создание семинара
 - Составление рубежных и итоговых тестов
 - Составление учебного материала
 - Текущий контроль
 - Управление семинарами
 - Форум
- Язык
- Работа с письмами

Часто посещаемые страницы

- e-mail ППС для ДО IV курс Земфак
- e-mail ППС для II курса ДО
- e-mail ППС для III курса ДО
- e-mail ППС для I курс ДО Зем
- e-mail ППС для I курс ДО РЭТ, ЭЭ
- e-mail ППС для IV курса ДО
- Архив новостей

Рисунок 3. Наполнение контента

Таким образом, в настоящее время престиж и рейтинг учебного заведения определяются не только общим уровнем преподавания, наличием в штате сотрудников ученых с мировым именем и материально-технической базой, но и эффективностью и качеством системы контроля знаний обучающихся.

Список литературы:

1. Манекин Р. В. Архив материалов и публикаций. Автоматизированные обучающие системы [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.manekin.narod.ru/>
2. Медведева С. Н. «Проектирование электронных курсов в инструментальной среде SunRav BookEditor» [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://ifets.ieee.org/russian/depository/v12_i2/pdf/1.pdf
3. Тыщенко О. Б. Диалог компьютера и студента. // Высшее образование в России, 2000, №6, с. 120—123.

МУЗЫКА БЕЗ ВДОХНОВЕНИЯ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МУЗЫКАЛЬНОГО ТВОРЧЕСТВА

Слащик Арсений Алексеевич

*аспирант, Сибирский Федеральный Университет, г. Красноярск
E-mail: arssanderson@yandex.ru*

Ученые и заинтересованные люди всегда пытались перевести на математический язык различные аспекты музыкального творчества, начиная от советского математика и музыканта Р. Зарипова, создавшего в 60-х годах ЭВМ «Урал» для моделирования одноголосых мелодий маршей и вальсов, до современных аудиосервисов, «рекомендующих» пользователю различные произведения, опираясь на его вкусы [6, с. 5—26]. В современное время увеличение количества мультимедийной информации и развитие информационных технологий значительно повлияло на возможности изучения данной темы, однако ни в одной области исследования так и не достигнуто убедительных результатов, особенно в сфере алгоритмического сочинения музыки.

Условно говоря, композиционные алгоритмы по структуре и способу обработки музыкальных данных можно разделить на шесть пересекающихся групп [10, с. 1—8]:

1. математические модели;
2. системы, основанные на знаниях;
3. обучающиеся системы;
4. грамматические;
5. эволюционные методы;
6. гибридные системы.

Математическое моделирование, и, в частности Марковские цепи, реализованные в таких программах как *Csound* и *Max*, являются первопроходцами в области изучения алгоритмической композиции [12, с. 19—21]. Суть метода заключается в том, что в Марковской цепи первого порядка для каждой ноты строится вектор вероятностей, и матрица вероятностного перехода, а цепи более высоких порядков группируют ноты в паттерны и последовательности с последующей генерацией с учетом фразовой структуры. *Cybernetic Composer* [8, с. 186—205] — наиболее яркий пример реализации данного алгоритма.

Одним из способов музыкальной алгоритмизации является выделение эстетических принципов построения определенных музыкальных жанров для создания похожих композиций в системах, основанных на знаниях. Данные системы работают с помощью заранее заданных наборов аргументов и правил, которые нужны для составления музыки того же жанра. Примером подобной системы может служить *Automated Music Composition* — экспертная система, в которой в качестве правил заложены классические законы гармонии.

В грамматических системах музыка определяется как язык с заданным грамматическим набором. Таким способом работает интерактивная система *Pallete* — алгоритм построения композиции в ней строится исходя из сравнения музыки с человеческой речью, где мотив - это слово, из слов складываются фразы, предложения. Как правило, мелодия строится на нескольких основных мотивах, которые по мере развития мелодии развиваются, повторяются, противопоставляются друг другу. Программа оперирует тремя основными видами мотивов, называемых аналогично соответствующим им по ритмическому строению стихотворным метрам: ямб, хорей, амфибрахий [3].

Однако наиболее широко распространенными подходами в данной сфере являются эволюционные методы (так называемые генетические алгоритмы) и обучающиеся системы.

Работа генетического алгоритма начинается с применения эквивалента биологического образования новых генов на пространство случайно распределенных решений для нахождения в итоге оптимального набора [11, с. 1—4]. Решения представлены

хромосомами, а строки аллель — строками чисел, и задача рекомбинации генов сводится к созданию новых аллелей из аллель, взятых от родительских хромосом путем применения генетических операторов, в большинстве случаев, мутации и скрещивания. Перебирание хромосом продолжается до достижения определенного условия прерывания. Генетические алгоритмы в задаче автоматического музицирования разделяются по виду использованной фитнес-функции — степень приспособленности хромосом может быть оценена исходя из заранее заданных четких условий, либо может быть определена непосредственно человеком при прослушивании и субъективной оценке. Частным случаем эволюционных методов является алгоритм поиска гармонии (harmony search (HS)) [9, с. 1—216], вдохновленный импровизацией джазовых музыкантов.

Под обучающимися системами понимают системы, в которых не задано априорных правил, а система сама обучается чертам на примерах. Данные системы классифицируются по способу обработки информации на две группы: распределенно-субсимвольные (искусственные нейронные сети) и символьные (машинное обучение). Например, в системе искусственных нейронных сетей CONCERT используются матрицы вероятностного перехода третьего порядка, которые, по утверждению автора, являются более чувствительными к контексту последовательности нот, поскольку оперируют не только вероятностями нота-нота, но и могут использовать вероятности появления фраз из двух и трех нот [13, с. 247—280].

Гибридные системы являются чаще всего сочетанием эволюционных методов и искусственных нейронных сетей, однако редко используются ввиду вычислительных сложностей.

Каждый из перечисленных методов алгоритмического сочинения музыки имеет свои недостатки, начиная от субъективности при выборе правил в экспертных системах и параметров обучения в нейронных сетях, до «бутылочного горлышка» фитнес-функции в генетических алгоритмах, характеризующего сокращение популяции и «застывание» алгоритма на одном из локальных экстремумов. Главным отрицательным свойством большинства, если не всех, вычислительных систем является то, что музыка, которую они продуцируют, лишена смысловой нагрузки — компьютеры не имеют чувств и настроений, не вкладывают в музыку свои переживания, свойственные человеку. Поэтому ни одна система не претендует на окончательное решение задачи алгоритмического составления композиции.

Стоит заметить, что все работы по данной теме выполнены на Западе, где существуют целые кафедры и исследовательские

лаборатории алгоритмического моделирования музыки. В России же это является делом отдельных энтузиастов. В основной массе, научные работы, так или иначе связанные со сферой математического обеспечения музыки, посвящены вопросам задач распознавания образов — например, для составления автоматических партитур музыкальных композиций [7, с. 1—20] или для восстановления потерянных данных при реставрации аудио [5, с. 1—16]. Также отдельные работы посвящены математическому анализу звукоряда [4, с. 1—31] и акустическим моделям с целью оценки качества музыкальных сигналов [2, с. 1—36] или певческого голоса [1, с. 1—146].

Список литературы:

1. Бакаев А. В. — Исследование вокальной речи как нестационарного случайного процесса и разработка критериев объективной оценки певческого голоса: дисс. Канд. Техн. наук: 01.04.06, 05.12.04 / Бакаев А. В.; [Место защиты: Южный федеральный университет], 2009, с. 1—146
2. Галемба А. С. Разработка методов оценки интонационной ясности музыкальных звуков: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.09.08 Санкт-Петербургский институт кино и телевидения, 1994, с. 1—36
3. Гармония, проверенная алгеброй [Электронный ресурс]: Ю. Петелин. — 2003. — Режим доступа: <http://www.petelin.ru/pcmagic/palette/palette.htm>. — Загл. с экрана.
4. Гладков Б. В. — Теоретические и экспериментальные исследования шкалы натурального музыкального звукоряда: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.11.01 Санкт-Петербург, 1995, с. 1—31
5. Кудинов А. А. — Использование распознавания образов для обработки и восстановления музыкальных сигналов: автореферат дис. канд. Техн. наук: 05.12.04 / Кудинов А. А.; Московский технический университет связи и информатики, 2003, 5, с. 1—16
6. Пучков С. В. Музыкально-исторические предпосылки развития становления электронной (технической) музыки // С. В. Пучков, М. Г. Светлов. Музыкальные компьютерные технологии — СПб., 2005 — Гл.1. — с. 5—26
7. Фадеев А. С. - Идентификация музыкальных объектов на основе непрерывного вейвлет-преобразования: автореферат дис. канд. Техн. наук: 05.13.01 / Фадеев А. С.; [Место защиты: Томский Политехнический Университет], 2008, с. 1-20
8. Ames C., Domino M. Cybernetic composer: An overview / C. Ames M. Domino // Understanding Music with AI, 1992 — с. 186—205.

9. Geem Z. W. Music-inspired harmony search algorithm: theory and applications / Z. W. Geem // Springer, Berlin 2009, с. 1—216
10. George P. AI Methods for Algorithmic Composition : A survey, a Critical View and Future Prospects / P. George //AISB Symposium on Musical Creativity, 1999, с. 1—8
11. Jacob B. L. Composing With Genetic Algorithms / B. L. Jacob // International Computer Music Conference, Banff Alberta, 1995, с. 1—4
12. McAlpine K. Making Music with Algorithms: A Case-Study System" K. McAlpine E. Miranda, S. Hoggar // Computer Music Journal. 1999 — №2, с. 19—21
13. Mozer M. C. Neural network music composition by prediction: Exploring the benefits of psychoacoustic constraints and multiscale processing / M. C. Mozer // Connection Science, 6 (2—3), 1994, с. 247—280

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ С НЕЧЕТКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Стародубцев Игорь Юрьевич

преподаватель ВГУ, г. Воронеж

E-mail: starodubtsevigor@gmail.com

1. Введение

Во многих приложениях задачи нечеткого математического программирования (ЗНМП) рассматриваются как удобное и адекватное описание выбора в условиях неполной определенности. Математический аппарат решения подобных задач достаточно разнообразен и соответствует вариантам трактовки понятия оптимальности в различных условиях нечеткости. Если источником нечеткости являются параметры целевой функции или параметры ограничений, то исходная задачи НМП может рассматриваться как задача многокритериальной оптимизации с применением соответствующего математического аппарата, в том числе методов нечеткой логики [4, 2]. Часто решение задач с нечеткими параметрами сводится к задачам интервального программирования с соответствующими методами решения [1].

Будем рассматривать линейные модели принятия оптимальных решений в ситуации, когда целевая функция и ограничения содержат нечеткие параметры.

2. Решение ЗНЛП при нечетких параметрах целевой функции и ограничений

Рассмотрим следующую постановку задачи НЛП: требуется достичь максимального значения целевой функции

$$\tilde{q} = \sum_i \tilde{p}_i x_i \xrightarrow{x} \max, \quad (1)$$

при наличии ограничений

$$\sum_i \tilde{h}_{ij} x_i \succ \tilde{d}_j, \quad \forall j. \quad (2)$$

Коэффициенты целевой функции представляют собой нечеткие числа — $\tilde{p}_i \in [p_i^L; p_i^R]$, здесь и далее индексы L и R означают левую и правую границы носителя нечеткого числа. Нечеткие коэффициенты задаются экспертным путем. Параметры ограничений задаются как обычные числа, $x \in X \subseteq R_+^n$.

Требование максимизации исходной нечеткой целевой функции будем интерпретировать как максимизацию взвешенной суммы значений этой функции по α -уровням

$$q(x) = \sum_k [q_k^L(\alpha_k, x) + q_k^R(\alpha_k, x)] \alpha_k \xrightarrow{x} \max. \quad (3)$$

$$\text{где } q^*(\alpha_k) = \sum_i p_i^*(\alpha_k) x_i, \quad * \in \{L, R\}.$$

В ограничении (2) знак \succ читается как «не хуже», то есть надо выбрать такой вектор x , который одновременно с условием (1) обеспечит левую часть выражения (2) «не хуже», чем правая часть. Такая интерпретация нечетких ограничений заключается в том, что точно описанное множество ограничений (допустимых альтернатив) оказывается лишь приближением реальности в том смысле, что в реальной задаче альтернативы вне множества точных ограничений могут быть не недопустимыми, а лишь в той или иной степени менее желательными для ЛПР, чем альтернативы внутри этого множества. Отношение « \tilde{A} не хуже \tilde{B} » можно определить как « \tilde{A} содержится в \tilde{B} », то есть $\forall x \in X \quad \mu_{\tilde{A}}(x) \leq \mu_{\tilde{B}}(x)$. Другими словами выражение « \tilde{A} содержится в \tilde{B} » можно рассматривать как $\tilde{A} \subseteq \tilde{B}$. Как правило,

левую часть (2) задает эксперт в рассматриваемой предметной области, а правую часть формулирует ЛПР. В такой интерпретации корректная запись неравенства (2) будет иметь вид

$$\sum_i \tilde{h}_{ij} x_i \subseteq \tilde{d}_j, \quad \forall j. \quad (4)$$

Предлагается следующая методика решения задачи (1-2). Критерий (1) записывается в виде четкой функции цели вида (3). Затем, в соответствии с методом, описанным в работе [3], вводятся дискретные α -уровни, критерий и ограничения (4) рассматриваются применительно к каждому уровню α_k ($k \in K$ - число α -уровней). На уровне α_k максимизируется соответствующее слагаемое критерия (3):

$$q_k(x) = q_k^L(\alpha_k, x) + q_k^R(\alpha_k, x) \xrightarrow{x} \max \quad (5)$$

Ограничения (4) записываются в виде системы интервальных ограничений на каждом α_k -уровне:

$$\sum_i [h_{ij}^L(\alpha_k); h_{ij}^R(\alpha_k)] x_i \subseteq [d_j^L(\alpha_k), d_j^R(\alpha_k)], \quad \forall j. \quad (6)$$

Приведение системы (6) к системе обычных линейных неравенств осуществляется записью отдельных неравенств с соответствующим отношением для левой и правой границ интервалов:

$$\begin{aligned} \sum_i h_{ij}^L(\alpha_k) x_i &\geq d_j^L(\alpha_k), \\ \sum_i h_{ij}^R(\alpha_k) x_i &\leq d_j^R(\alpha_k). \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, на каждом α -уровне формируется обычная ЗЛП, решению которой приписывается соответствующее значение степени принадлежности, т. е. α -уровня. Окончательно формируется дискретное нечеткое множество решений исходной задачи. Решение в виде нечеткого множества само по себе достаточно информативно. Однако традиционный практический подход может потребовать четкого решения в виде обычного вектора x . В этом случае четкое решение можно получить, применяя один из известных методов дефаззификации, например, решение с максимальной функцией принадлежности или решение, взвешенное по методу «центра тяжести».

Рассмотрим применение приведенной методики на следующем примере.

Будем рассматривать задачу начального распределения инвестиционных средств между двумя предприятиями с целью получения прибыли в течение двух последующих лет. Экспертные оценки прибыли \tilde{a}_{ij} с единицы инвестиционных средств в i -е предприятие имеют вид треугольных нечетких чисел: $\tilde{a}_{11} = (1; 3; 5)$, $\tilde{a}_{12} = (1; 4; 6)$, $\tilde{a}_{21} = (2; 3; 4)$, $\tilde{a}_{22} = (0; 3; 6)$. Цель инвесторов – необходимо минимизировать суммарные инвестиции в оба предприятия, обозначив при этом нечеткие ограничения \tilde{d}_j на ежегодную прибыль. Критерий оптимальности при этом принимает четкий вид:

$$x_1 + x_2 \xrightarrow{x} \min, \quad (8)$$

что не мешает применять рассматриваемую методику, так как на каждом α -уровне его выражение просто останется без изменений. Ограничения примут вид

$$\tilde{a}_{11}x_1 + \tilde{a}_{21}x_2 \subseteq \tilde{d}_1, \quad (9)$$

$$\tilde{a}_{12}x_1 + \tilde{a}_{22}x_2 \subseteq \tilde{d}_2,$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0.$$

Пусть ЛПР обозначил свои ограничения на прибыль первого и второго года в виде треугольных нечетких чисел $\tilde{d}_1 = (2; 30; 60)$ и $\tilde{d}_2 = (2; 30; 60)$. Зададим следующие α -уровни: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0. Оптимальные решения x^* по α -уровням показаны в таблице 1. Следует обратить внимание, что все ограничения согласно принятой интерпретации строго выполняются.

Четкие ожидаемые оптимальные решения можно получить, используя методы дефаззификации:

$$x_i = \frac{\sum_{k=1}^5 x_{ik}^* \alpha_k}{\sum_{k=1}^5 \alpha_k}, \quad i = 1, 2. \quad (10)$$

Таблица 1.

Характеристики оптимальных решений по α - уровням

α_k	$a^{L}_{11}x_1 + a^{L}_{21}x_2 \geq d^{L}_1,$ $a^{L}_{12}x_1 + a^{L}_{22}x_2 \geq d^{L}_2,$	$a^{R}_{11}x_1 + a^{R}_{21}x_2 \leq d^{R}_1,$ $a^{R}_{12}x_1 + a^{R}_{22}x_2 \leq d^{R}_2,$	x_1^* опт	x_2^* опт	$x_1^* + x_2^*$
0,2	7,6=7,6 7,6=7,6	23,0<54,0 28,5<54,0	4,5	0,6	5,1
0,4	13,2=13,2 13,2=13,2	27,4<48,0 34,5<48,0	5,1	1,7	6,8
0,6	18,8=18,8 18,8=18,8	28,8<42,0 36,0<42,0	4,5	3,4	7,9
0,8	24,4=24,4 24,4=24,4	29,2<36,0 34,5<36,0	3,0	6,0	9,0
1,0	30=30 30=30	30=30 30=30	0	10,0	10,0

На основании данных таблицы 1 по формуле (10) получаем: $x_1 = 2,7$; $x_2 = 5,9$. При полученных значениях инвестиций в первое и второе предприятие совокупный доход за два года будет представлен нечетким числом

$$\tilde{q} = (\tilde{a}_{11} + \tilde{a}_{12})x_1 + (\tilde{a}_{21} + \tilde{a}_{22})x_2 = \tilde{b}_1x_1 + \tilde{b}_2x_2 = (2; 7; 11)2,7 + (2; 6; 10)5,9.$$

На основании правил перемножения нечетких чисел сначала получаем четкие интервалы на каждом α - уровне нечетких чисел (четкие значения x_i рассматриваются как частный случай нечеткого числа с α - интервалом в виде соответствующей точки). Перемножая соответствующие концы интервалов, получим прибыль в виде нечеткого числа, заданного второй и третьей колонкой таблицы 2. В таблице 2 приведены также значения прибыли, получаемые при оптимальных решениях по α -уровням из таблицы 1, и значения левых и правых концов α -интервалов нечетких ограничений на прибыль.

Таблица 2.

Прибыль в виде нечеткого числа

α_k	Прибыль при четком Решении		Прибыль при решениях из таб. 1		Ограничения на прибыль	
	q_k^L	q_k^R	q_k^L	q_k^R	d_k^L	d_k^R
0,2	24,5	81,3	15,2	51,5	15,2	108,0
0,4	31,8	74,4	26,4	61,9	26,4	96,0
0,6	39,2	67,6	37,6	64,8	37,6	84,0
0,8	46,6	60,8	48,8	63,7	48,8	72,0
1,0	54,0	54,0	60,0	60	60,0	60,0

Полученная прибыль при четком решении не в полной мере согласуется с ограничениями (9), в отличие от решения в таблице 1. Как видно из таблицы 2, нарушение ограничений имеет место при α_k равном 0,8 и 1,0: $46,6 < 48,8$ и $54,0 < 60,0$. Это объясняется заменой полученного в таблице 1 оптимального нечеткого решения его дефазифицированным четким аналогом.

Предложенная методика решения ЗНЛП позволяет получить оптимальное решение как в фаззифицированном, так и дефаззифицированном виде, хотя в последнем случае может возникнуть нарушение заданных нечетких ограничений. Если эти нарушения допустимы с точки зрения ЛПР и предложенная интерпретация оптимума критерия адекватна целям инвестора, то методика может применяться при решении задач нечеткого линейного программирования.

Список литературы:

1. Мелькумова Е. М. О решении некоторых задач нечеткого математического программирования / Вестник Воронежского государственного университета. Серия: «Системный анализ и информационные технологии», №2, 2009. — С. 19—24.
2. Семенов Б. А., Леденева Т. М. Многокритериальная оптимизация на основе нечеткой логики / Системы управления и информационные технологии. — М.; Воронеж: Науч. кн., 2009. — №1(35). — С. 43—47.
3. Яхьяева Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети. — ИНТУИТ.ру БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 320 с.
4. Klir G. Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications / G. Klir, B. Yuan. — N.Y.: Prentice Hall: Upper Saddle River, 1995.—574 p.

СЕКЦИЯ 8

ЭНЕРГЕТИКА

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ДОМА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Бибарсов Владимир Юрьевич

*канд. с.-х. наук, доцент, зав. кафедрой энергообеспечения с/х, ОГАУ,
г. Оренбург*

E-mail: lenarnigmatov@mail.ru

Фомин Максим Борисович

преподаватель, ОГАУ, г. Оренбург

Байков Алексей Сергеевич

преподаватель, ОГАУ, г. Оренбург

Нигматов Ленар Гамирович

инженер, ОГАУ, г. Оренбург

Запасы нефти, газа, угля на планете заканчиваются. Их хватит всего на несколько десятилетий. Поэтому в ближайшие годы следует ожидать дальнейшего роста цен на энергоносители. Если не нам, то нашим детям предстоит переходить на альтернативные источники энергии. Разработки новых технологий ведутся давно, но пока нет уверенности, что ученые придумали чудо-средство, которое спасет человечество от энергетического голода. Что, если начать действовать по принципу «помоги себе сам»? Во многих странах ветровые установки, солнечные батареи, солнечные коллекторы, тепловые насосы, микроГЭС уже стали привычными атрибутами жизни.

К сожалению, Россия в вопросе развития «солнечного» домостроения продолжает отставать от индустриального мира, хотя ее климатические условия позволяют строить «солнечные» здания во многих регионах. Чтобы добиться этого, необходимо исследовать возможности рациональной доли замещения традиционных

энергоресурсов энергией возобновляемых источников энергии, в том числе энергией солнца в различных областях и начинать надо с регионального уровня. [1]

Необходимость применения новых технологий получения и транспортирования энергии, становится еще более актуальной ввиду изношенности применяемого оборудования. Например, 16 % воздушных линии электропередач Матвеевского района Оренбургской области находится в неудовлетворительном и непригодном состоянии [2]. Парк силовых трансформаторов морально и технически устарел, более 45 % силовых трансформаторов напряжением 35 кВ в среднем отработали более 25 лет. Матвеевский РЭС в электрических сетях 6—10 кВ в среднем регистрирует 26 отключений в год на 100 км ЛЭП, в электросетях 0,4 кВ происходит до 100 отключений на 100 км, то есть показатели надежности электроснабжения в последние годы практически не изменяются, оставаясь относительно невысокими по сравнению с аналогичными показателями других регионов.

Из находящихся в данное время в эксплуатации в распределительных сетях релейной защиты и автоматики (РЗА) различных типов основную долю составляют электромеханические, микроэлектронные или устройства с частичным использованием микроэлектроники. Нормативный срок РЗА-12 лет отработали около 50 % всех комплексов релейной защиты. Отставание уровня выпускаемой отечественной техники РЗА по сравнению с техникой ведущих зарубежных фирм составляет 15—20 лет. Как и прежде, свыше 40 % случаев неправильной работы устройств РЗА происходит из-за неудовлетворительного состояния их и ошибок персонала служб при техническом обслуживании.

Таким образом, проанализировав техническое состояние распределительных сетей, следует вывод, что для улучшения эффективности использования электроустановок необходим ремонт либо замена существующего оборудования, а возможно и переход на новый источник электрической энергии. [3]

На примере реального дома в селе Матвеевка можно проанализировать рациональность замещения традиционных энергоресурсов возобновляемыми источниками электрической энергии. Для анализа зададимся общей площадью, которая составляет 98 м², площадь крыши 141 м². Дом газифицирован, система водоснабжения центральная, т. е. расход электрической энергии идет только на освещение и работу бытовых приборов (табл. 1). Также на территории имеется помещение для содержания крупного рогатого скота, и гараж где имеются система освещения и бытовые приборы.

Таблица 1.

Затраты на электрическую энергию сельского дома в селе Матвеевка в течении 2011 года (1кВтч=1,98 рублей)

Месяц	Электрическая энергия	
	кВтч	Руб.
Январь	302	316,16
Февраль	303	327,29
Март	270	291,6
Апрель	224	241,92
Май	219	236,52
Июнь	256	276,48
Июль	203	219,24
Август	249	268,92
Сентябрь	278	300,24
Октябрь	300	324
Ноябрь	156	168,48
Декабрь	302	316,16
Итого	3062	3563,53

Для полноценной жизнедеятельности минимальный набор бытовых приборов составляет холодильник, энергосберегающие лампы освещения и розетки для электрического чайника и подзарядки приборов. Суммарная мощность в среднем составляет около 1000 Вт. В ночной период времени с 24⁰⁰—7⁰⁰ потребление электрической энергии минимальное и составляет около 20 кВтч и идет в основном на работу холодильника. В утренний период, когда жильцы дома собираются на работу и потребность в освещении увеличивается, то и увеличивается и расход электрической энергии до 80 кВтч. В период времени, когда жильцы дома находятся на работе, потребность в электрической энергии также минимальна и составляет примерно 20 кВтч. А в вечерний период времени с 17⁰⁰—24⁰⁰ количество потребляемой энергии максимально, так как в этот период времени много энергии расходуется на освещение и на повседневную работу бытовых приборов и составляет примерно 130 кВтч.

При переводе данного дома на систему автономного электропитания с применением солнечных модулей MSW 80/40—20 мощностью 80 Вт каждый, было проведено экспериментальное исследование солнечной батареи с целью получения зависимости мощности, вырабатываемой солнечной батареей от ориентации солнечного модуля по отношению к солнцу при изменении времени суток, времени года и погодных условий. В первом опыте испытывалась солнечная батарея со следящей за положением солнца ориентацией, а во втором фиксированная ориентация.

В результате опыта мы построили вольтамперную характеристику (рис. 1) и ваттамперную характеристику (рис. 2) с целью определения пиковой мощности солнечной батареи.

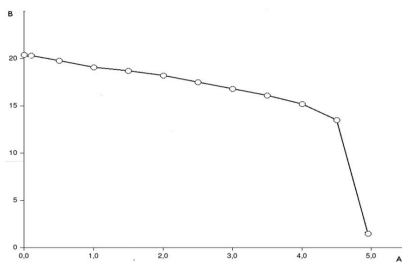


Рисунок 1.

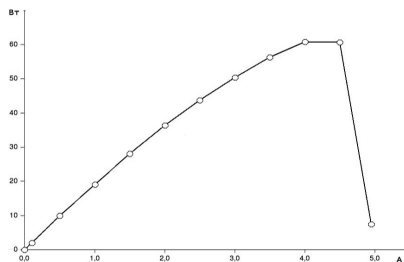


Рисунок 2.

При обобщении данных полученных нами в ходе эксперимента получили зависимость мощности вырабатываемой солнечной батареей от времени и от погодных условий (рис. 3).

График зависимости мощности от погодных условий

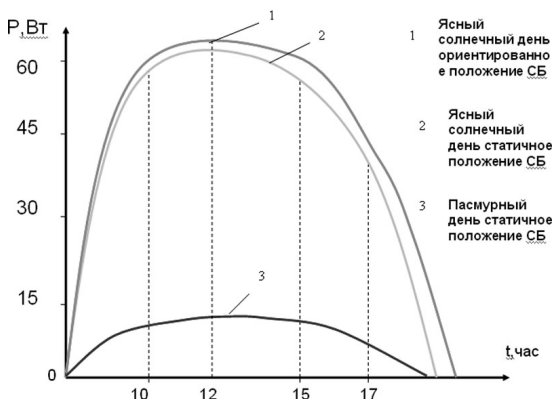


Рисунок 3.

Из графика видно, что максимальную мощность мы можем получить в ясный солнечный день при ориентированном положении солнечной батареи на солнце. Таким образом, проанализировав результаты эксперимента можно сказать, что применение солнечных батарей для снабжения электричеством сельского дома в с. Матвеевка вполне приемлемо, если принять, что аккумуляторные батареи будут в утренний и вечерний период времени разряжаться, а в дневное время, когда жильцы дома находятся на работе заряжаться от солнечных модулей.

Список литературы:

1. Патлахов Е. Н., Комплексное использование автономных возобновляемых источников электроэнергии. Межрегиональная научно-практическая конференция «совершенствование инженерно- технического обеспечения технологий в АПК» г. Оренбург ОГАУ 2009г.
2. Патлахов Е. Н., Баев Д. В. Система автономного электроснабжения. Состояние и перспективы развития Уральского региона: Тез. докл. 14 научно-техническая конференция Оренбург, ОРПИ , 1992,с. 8.
3. Современные технологии, средства механизации и техническое обслуживание в АПК: Сборник научных трудов Поволжской межвузовской конференции. — Самара, 2003. — 196 с.
4. Чиндякин В. И., Соловьев С. А. Рекомендации и предложения по созданию устойчивых и экономически эффективных локальных систем электроснабжения сельских поселений от 100 до 500 дворов на основе комплексного использования альтернативных источников электроэнергии. Москва 2009 г. С. 28.

ВЫЧИСЛЕНИЕ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СО ВСТРОЕННОЙ ЛИНИЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Крживка Владимир

*докторант, Чешский технический университет, г. Прага, Чехия
E-mail: krivkyla@fel.cvut.cz*

В качестве способа расчета установившегося режима предлагается метод Ньютона, рассмотрен алгоритм метода, предоставлены расчеты как конфигурации с передачей энергии только с помощью переменного тока, так и конфигурации со встроенной веткой передачи энергии с помощью постоянного тока.

Установившийся режим — рабочее состояние сети, т. е. состояние при котором не происходит переход от одного режима в другой, например, не происходит измена конфигурации сети (включение, отключение электрических линий) Для того, чтобы вычислить установившийся режим сети данной конфигурации, надо знать постоянные и переменные параметры отдельных линий (мощности, подаваемые генераторами на сеть, расход мощности, напряжения в узлах и т. п.). Поставленной задачей является расчет недостающих параметров для нахождения значения установившегося режима.

Во-первых, определим известные параметры в узлах и какие необходимо рассчитать. Для точного описания каждого узла имеются четыре параметра:

- Активная (полезная) мощность P (МВт) — входная или выходная;
- Реактивная мощность Q (МВАр) — входная или выходная;
- Амплитуда напряжения U (кВ);
- Фазовый угол напряжения δ (градусы).

Разделим все узлы по пинципу известных и неизвестных параметров (см. Таблицу 1).

Таблица 1.

Разделение узлов сети

Вид узла	Реализация узла	U	δ	P	Q
Slack (U δ)	Балансный узел (обычно один), большой источник электроэнергии (электростанция), эквивалент подключенной системы (сети), фаза δ и фазы остальных узлов суммируются с учетом знака, по значению мощностей разделяют на избыточную и недостаточно	знаем	0	?	?
PU	Генераторные узлы с функцией регуляции напряжения	знаем	?	знаем	?
PQ	Балластные узлы (точки расхода)	?	?	знаем	знаем

Различают постоянные и переменные параметры.

Постоянные параметры — параметры, которые в ходе нахождения значения установившегося режима не изменяются, для узлов вида PQ и PU это величины активных мощностей, из которых состоит вектор столбцов P_{PQPU} и для узлов вида PQ величины реактивных мощностей, из которых составим вектор столбцов Q_{PQ} . Вместе эти векторы-столбцы создают один вектор-столбец константных параметров сети, который обозначим символом Γ :

$$\Gamma = \begin{pmatrix} P_{PQPU} \\ Q_{PQ} \end{pmatrix}. \quad (0.1)$$

Параметры состояний — это все неизвестные величины, которые необходимо найти. Эти случайные параметры изменяются во время расчета так, чтобы был достигнут исходный баланс мощностей в сети. Вектор сосояний величин σ состоит из вектора-столбца

напряжений \mathbf{U}_{PQ} в узлах PQ и из вектора-столбца фаз напряжений δ_{PQPU} в узлах PQ и PU:

$$\boldsymbol{\sigma} = \begin{pmatrix} \mathbf{U}_{PQ} \\ \delta_{PQPU} \end{pmatrix}. \quad (0.2)$$

Для токов в узлах обыкновенной электрической сети (n узловых точек) справедливо:

$$\mathbf{I} = \mathbf{Y} \cdot \mathbf{U}, \quad (0.3)$$

где \mathbf{U} — матрица узловых напряжений;

\mathbf{Y} — адмитантная матрица (комплексная, симметричная, квадратная, разреженная) системы с известными параметрами линии, определяется как:

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} -\hat{Y}_{11} & \hat{Y}_{12} & \hat{Y}_{13} & \cdots & \hat{Y}_{1n} \\ \hat{Y}_{21} & -\hat{Y}_{22} & \hat{Y}_{23} & \cdots & \hat{Y}_{2n} \\ \hat{Y}_{31} & \hat{Y}_{32} & -\hat{Y}_{33} & \cdots & \hat{Y}_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{Y}_{n1} & \hat{Y}_{n2} & \hat{Y}_{n3} & \cdots & -\hat{Y}_{nn} \end{pmatrix}, \quad (0.4)$$

где \hat{Y}_{ik} — продольный адмитанс, плечо между узлами i и k,

\hat{Y}_{ii} — диагональный адмитанс, сложение всех адмитанций плеч прицепных в узел i.

Расходы мощностей в отдельных узлах i определим:

$$\hat{S}_i = P_i + jQ_i = \hat{U}_i \cdot \hat{I}_i^*, \quad \forall i = 1, \dots, n, \quad (0.5)$$

где \hat{S} — предполагаемая мощность (ВА), \hat{I}^* — комплексный ток (А), i — i-тый узел.

Вместо тока в (1.5) подставим требуемый узловый ток из (1.3) и получим:

$$\hat{S}_i = P_i + jQ_i = \hat{U}_i \cdot \left(\sum_{k=1}^n \hat{Y}_{ik} \cdot \hat{U}_k \right)^*, \quad \forall i, k = 1, \dots, n. \quad (0.6)$$

Если расписать напряжение в экспоненциальной форме с использованием адмиттанции, получим:

$$\hat{S}_i = \sum_{k=1}^n \left| \hat{U}_i \right| \left| \hat{U}_k \right| e^{j(\delta_i - \delta_k)} (G_{ik} - jB_{ik}), \quad \forall i, k = 1, \dots, n \quad (0.7)$$

Применим Эйлерову формулу (1.8) для комплексных чисел к (1.7), получим (1.9):

$$e^{j\delta} = \cos \delta + j \cdot \sin \delta \quad (0.8)$$

$$\hat{S}_i = \sum_{k=1}^n \left| \hat{U}_i \right| \left| \hat{U}_k \right| [\cos(\delta_i - \delta_k) + j \cdot \sin(\delta_i - \delta_k)] (G_{ik} - jB_{ik}), \quad \forall i, k = 1, \dots, n \quad (0.9)$$

где G — потери (Сиеменс), B — реактивная проводимость (Сиеменс).

После разложения предполагаемой мощности из (1.9) на реальную и мнимую (имагинарную) части получим формулы для активной (1.10) и реактивной мощностей (1.11) для i -того узла:

$$P_i = \sum_{k=1}^n U_i U_k [G_{ik} \cos(\delta_i - \delta_k) + B_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k)], \quad \forall i, k = 1, \dots, n \quad (0.10)$$

$$Q_i = \sum_{k=1}^n U_i U_k [G_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k) - B_{ik} \cos(\delta_i - \delta_k)], \quad \forall i, k = 1, \dots, n \quad (0.11)$$

Уравнения (1.10 и 1.11) описывают i -тый узел вида Slack. Пользуясь Таблицей 1 из этих уравнений выразим требуемые величины а для i -тых узлов вида PQ и PU, таким образом получим нелинейную систему уравнений (потери мощностей зависят от квадрата тока).

Определим выражение электропередачи постоянного тока в сети. Передачу постоянного тока HVDC представим в виде двух узлов: PU в начале передачи и PQ в конце. Для схемы HVDC обратной связью учитываем потери передачи, тогда расходная мощность в узле PU будет равна поставляемой мощности в узле PQ. В случае биполярной или монополярной схемы HVDC передачи должны учитываться потери в линиях сети. Из выражения известной величины мощности PU в начале линии найдем ток и потери для PQ узла. Под входной мощностью будем понимать такую мощность, которая равна мощности в узле PU с учетом потерь (см. Рис. 1).

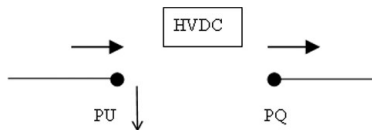


Рисунок 1. HVDC в сети

Разницу между мощностями в начале и конце линии вычислим по формуле:

$$\Delta P = R_{dc \text{ на км}} \cdot l \cdot I_{dc}^2 = R_{dc \text{ на км}} \cdot l \cdot \left(\frac{P_{\text{в начале линии}}}{U_{dc}} \right)^2 \quad (1.12)$$

Для нахождения установившегося режима сети необходимо найти определенные выше параметры, так как при решении системы уравнений традиционные алгебраические методы дают ответ с погрешностью из-за нелинейности уравнений, для решения был выбран один из наиболее часто используемых итерационных методов: метод Ньютона (Ньютон-Рапшинов метод) или метод касательных в зависимости от искомых величин и точности.

Для поиска решения векторной функции \mathbf{f} векторного аргумента \mathbf{x} используется Ньютн-Рапшинов метод, процесс аналогичен как поиску решения для скалярной функции с одним переменным значением. Общая формула для нахождения значений:

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{x}_k - \mathbf{J}^{-1}(\mathbf{x}_k) \cdot \mathbf{f}(\mathbf{x}_k), \quad (1.13)$$

где $\mathbf{J}(\mathbf{x}_k)$ — матрица Якоби, которая определяется следующим образом:

$$\mathbf{J}(\mathbf{x}_k) = \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{x}_k)}{\partial \mathbf{x}_k} = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \end{pmatrix}. \quad (1.14)$$

Матрица $\mathbf{J}(\mathbf{x}_k)$ для функции $\mathbf{f}(\mathbf{x})$ имеет смысл производной в одномерных моделях (касательной в точке, относительно которой проводим линеаризацию). Зависимость между приростом вектора независимых значений и дефектом выражается следующей формулой:

$$\Delta \mathbf{x}_k = \mathbf{J}^{-1}(\mathbf{x}_k) \cdot \Delta \mathbf{f}(\mathbf{x}_k). \quad (1.15)$$

Искомое значение \mathbf{x} является вектором (постоянных) величин $\mathbf{\sigma}$ и зависимого значения $\mathbf{f}(\mathbf{x})$. Соотношения между узловыми параметрами при сохранении фиксированных параметров $\mathbf{\Gamma}$ в конце расчета задает система уравнений (1.10 и 1.11).

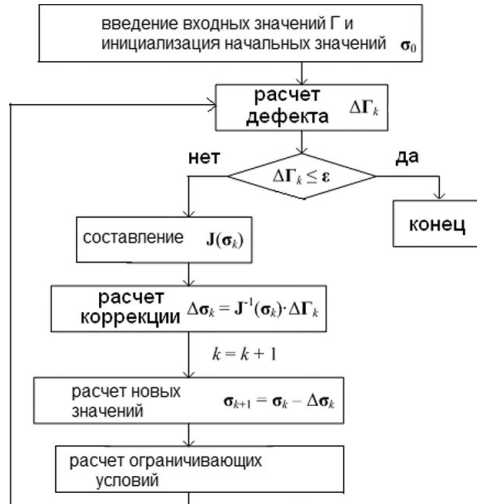


Рисунок 2. Алгоритм решения установившегося режима сети

Опишем алгоритм нахождения установившегося режима в сети (Рис. 2).

Во-первых, введем начальные данные (известные) величины Γ , которые задают ограничения. Далее выбираем инициализации начальных значений s постоянных величин σ_0 , т. е. \mathbf{x}_0 . Затем подставим в систему уравнений и определим зависимые переменные величины, т. е. $\mathbf{f}(\mathbf{x}_0)$, и установим (дефект) $\Delta\Gamma_k$ зависимых переменных величин от неизвестных значений, которые необходимо рассчитать. Если дефект больше чем выбранная граница ϵ , составим матрицу Якоби линеаризующую функциональные формулы в окрестности нужной точки. Матрица Якоби состоит из частных производных зависимых переменных величин, соответственно со всеми независимыми переменными, которые определены в каждом узле. Количество рядов и столбцов матрицы равно числу количества узлов PQ умноженного на два с добавлением количества узлов PU. Матрица Якоби представляет соотношение (1.16).

$$\mathbf{J}(\boldsymbol{\sigma}) = \begin{pmatrix} \frac{\partial \mathbf{P}_{\text{PQPU}}}{\partial \mathbf{U}_{\text{PQ}}} & \frac{\partial \mathbf{P}_{\text{PQPU}}}{\partial \boldsymbol{\delta}_{\text{PQPU}}} \\ \frac{\partial \mathbf{Q}_{\text{PQ}}}{\partial \mathbf{U}_{\text{PQ}}} & \frac{\partial \mathbf{Q}_{\text{PQ}}}{\partial \boldsymbol{\delta}_{\text{PQPU}}} \end{pmatrix}. \quad (1.16)$$

Отдельные элементы матрицы (i,k) можно определить обычными дифференциальными уравнениями (1.10 и 1.11):

Элементы на диагонали $i = k$:

$$\frac{\partial P_i}{\partial U_i} = \sum_{k=1}^n U_k [G_{ik} \cos(\delta_i - \delta_k) + B_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k)] + U_i G_{ii} = \frac{P_i}{U_i} + U_i G_{ii} \quad (1.17)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = U_i \sum_{k=1}^n U_r [-G_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k) + B_{ik} \cos(\delta_i - \delta_k)] - U_i^2 B_{ii} = -Q_i - U_i^2 G_{ii}, \quad (1.18)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial U_i} = \sum_{k=1}^n U_r [G_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k) - B_{ik} \cos(\delta_i - \delta_k)] - U_i B_{ii} = \frac{Q_i}{U_i} - U_i B_{ii}, \quad (1.19)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = U_i \sum_{k=1}^n U_r [G_{ik} \cos(\delta_i - \delta_k) + B_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k)] - U_i^2 G_{ii} = P_i - U_i^2 G_{ii} \quad (1.20)$$

Остальные элементы $i \neq k$:

$$\frac{\partial P_i}{\partial U_k} = U_i [G_{ik} \cos(\delta_i - \delta_k) + B_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k)] \quad (1.21)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_k} = U_i U_k [G_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k) - B_{ik} \cos(\delta_i - \delta_k)] \quad (1.22)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial U_k} = U_i [G_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k) - B_{ik} \cos(\delta_i - \delta_k)] \quad (1.23)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_k} = -U_i U_k [G_{ik} \cos(\delta_i - \delta_k) + B_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k)] \quad (1.24)$$

Получим сложную матрицу Якоби, которая отражает соотношение между приростом независимо переменных величин и дефектом. Необходимо провести инверсию матрицы Якоби, после этого вычислим коррекцию $\Delta \boldsymbol{\sigma}_k$ (аналогично с (1.20)):

$$\Delta \boldsymbol{\sigma}_k = \mathbf{J}^{-1}(\boldsymbol{\sigma}_k) \cdot \Delta \boldsymbol{\Gamma}_k. \quad (1.25)$$

Установим новые данные независимо переменных величин $\boldsymbol{\sigma}_{k+1}$:

$$\sigma_{k+1} = \sigma_k - \Delta\sigma_k \quad (1.26)$$

Этим приблизимся к искоемому решению. После приведения в порядок конкретные ограничивающие условия, повторяем расчет функциональных значений по алгоритму с расчетом дефекта до тех пор, пока дефект не станет меньше чем заданное ограничение.

Продемонстрируем данный способ на примере (см. Рис. 3).

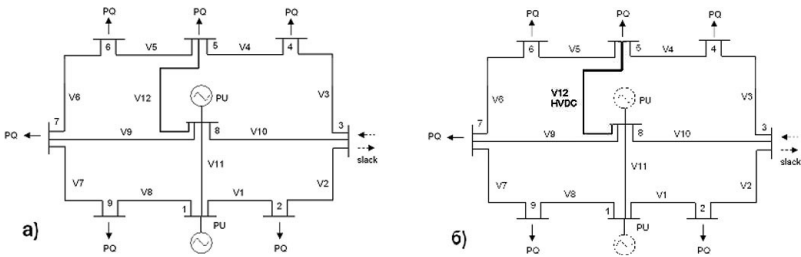


Рисунок 3. Экспериментальные конфигурации сети: а) с передачей только с помощью переменного тока, б) с передачей с помощью переменного тока с линией (между 5 и 8 узлами) передачи постоянным током

Параметры узлов заданы в таблице 2 (см. Таблица 2).

Таблица 2.

Начальные значения узловых данных в сети с передачей по переменному току

Номер узла	Напряжение в узле (кВ)	Тип узла: 1 — PQ 2 — PU 3 — Uδ	Выходная активная мощность (МВт)	Выходная реактивная мощность (МВАр)	Входная активная мощность (МВт)	Входная реактивная мощность (МВАр)
1	400	2	0	0	1 200	0
2	400	1	500	160	0	0
3	400	3	0	0	0	0
4	400	1	300	70	0	0
5	400	1	900	200	0	0
6	400	1	250	40	0	0
7	400	1	200	40	0	0
8	400	2	0	0	1 800	0
9	400	1	320	80	0	0

Для расчета необходимо знать параметры линии сети. В таблице 3 приведены требуемые параметры в расчете на километр длины линии сети (см. Таблицу 3)

Таблица 3.

Параметры линии сети на километр

Электрическое сопротивление R (Ом/км)	Индуктивная реактивность X (Ом/км)	Емкостная реактивность B (мкС /км)
0,03	0,3	3,9

Для дальнейших расчетов разделим всю сеть на составляющие ветви (см. Таблица 4).

Таблица 4.

Составляющие ветви сети

Ветвь	Начальный узел (i)	Конечный узел (k)	R (Ом)	X (Ом)	B (мкС)	Длина (км)
V1	1	2	2,7	27	351	90
V2	2	3	2,4	24	312	80
V3	3	4	1,5	15	195	50
V4	4	5	1,5	15	195	50
V5	6	5	4,5	45	585	150
V6	7	6	4,5	45	585	150
V7	9	7	2,4	24	312	80
V8	1	9	2,7	27	351	90
V9	7	8	3	30	390	100
V10	8	3	8,7	87	1131	290
V11	1	8	3	30	390	100
V12	8	5	12	120	1560	400

Определим соответствующие активные и реактивные мощности в узлах (см. Таблица 5), после чего рассчитаем установившейся режим в узлах сети с передачей по переменному току, см. Таблицу 6.

Рассмотрим биполярную схему с высоковольтной передачей по постоянному току с напряжением ± 500 кВ и с мощностью передачи 2x500 МВт. Указанное значение мощности будем подавать на узел 5 из узла 8, потери мощности на ветке посчитаем на основании (1.12). Сопротивление ветки примем равное 0,03 Ом/км, длина — 400 км. Рассчитаем потери на один полюс, получим:

$$\Delta P = 0,03 \cdot 400 \cdot \left(\frac{500 \cdot 10^6}{500 \cdot 10^3} \right)^2 \text{ Вт} = 12 \text{ МВт}$$

Таблица 5.

Активные и реактивные мощности в узлах сети с передачей по переменному току

Номер ветви	Начальный узел (i)	Конечный узел (k)	Активная мощность в начале ветки P_i (МВт)	Реактивная мощность в начале ветки Q_i (МВАр)	Активная мощность в конце ветки P_k (МВт)	Реактивная мощность в конце ветки Q_k (МВАр)
V1	1	2	989,2	81,4	-972,5	30,8
V2	2	3	472,5	-190,8	-468,6	181,2
V3	3	4	513,8	174,3	-511,0	-176,7
V4	4	5	211,0	106,7	-210,4	-130,4
V5	6	5	258,7	-38,3	-256,7	-29,5
V6	7	6	516,5	-10,2	-508,7	-1,7
V7	9	7	87,1	-25,6	-87,0	-21,7
V8	1	9	410,0	27,9	-407,1	-54,4
V9	7	8	-629,5	-8,1	637,2	23,3
V10	8	3	514,4	-69,1	-500,0	32,3
V11	1	8	-199,2	-7,5	199,9	-47,4
V12	8	5	448,5	-45,2	-432,9	-40,2

Таблица 6.

Расчетные значения установившегося режима в узлах сети с передачей по переменному току

Номер узла	Напряжение в узле (1=400 кВ)	Фазовый угол δ	Баланс активной мощности (МВт)	Баланс реактивной мощности (МВАр)
1	1,00	14,0	1 200,0	101,8
2	0,98	4,2	-500,0	-160,0
3	1,00	0,0	-454,8	387,8
4	0,98	-2,7	-300,0	-70,0
5	0,97	-3,8	-900,0	-200,0
6	0,97	0,6	-250,0	-40,0
7	0,99	9,3	-200	-40,0
8	1,00	16,2	1 8000	138,4
9	0,99	10,0	-320,0	-80,0

Соответственно, в биполярной схеме, с двумя полюсами потери составят 24 МВт. Согласно расчетам потерь в узел 5 мощность будет подана величиной $1000-24=976$ МВт.

Остальные параметры данной сети помещены в таблицу 7, как из нее следует, все параметры двух систем одинаковые за исключением трех величин: входной активной и реактивной мощностей в узле 5, выходной активной мощности в узле 8. Следовательно, преобразователь прибавляет в направлении узла 50 МВАр (см. Таблицу 7).

Таблица 7.

Значения узловых данных в сети с передачей по постоянному току

Номер узла	Напряжение в узле (кВ)	Тип узла: 1 – PQ 2 – PU 3 – Uδ	Выходная активная мощность (МВт)	Выходная реактивная мощность (МВАр)	Входная активная мощность (МВт)	Входная реактивная мощность (МВАр)
1	400	2	0	0	1 200	0
2	400	1	500	160	0	0
3	400	3	0	0	0	0
4	400	1	300	70	0	0
5	400	1	900	200	976	50
6	400	1	250	40	0	0
7	400	1	200	40	0	0
8	400	2	1 000	0	1 800	0
9	400	1	320	80	0	0

Таблица 8.

Активные и реактивные мощности в узлах сети с передачей по постоянному току

Номер ветви	Начальный узел (i)	Конечный узел (k)	Активная мощность в начале ветки P _i (МВт)	Реактивная мощность в начале ветки Q _i (МВАр)	Активная мощность в конце ветки P _k (МВт)	Реактивная мощность в конце ветки Q _k (МВАр)
V1	1	2	812,8	53,1	-801,5	4,3
V2	2	3	301,5	-164,3	-299,8	132,5
V3	3	4	163,2	99,2	-162,8	-126,3
V4	4	5	-137,2	56,3	137,4	-84,3
V5	6	5	61,6	-24,1	-61,4	-65,7
V6	7	6	314,3	-48,1	-311,5	-15,9
V7	9	7	78,4	-54,1	-78,3	5,9
V8	1	9	401,1	-2,5	-398,4	-25,9
V9	7	8	-436,1	2,2	439,7	-28,0
V10	8	3	346,4	-92,2	-339,9	-23,5
V11	1	8	-13,9	-29,8	13,9	-32,6
V12	8	5	1000,0	0,0	-976,0	-50,0

Таблица 9.

**Расчетные значения установившегося режима в узлах сети
с передачей по постоянному току**

Номер узла	Напряжение в узле (1=400 кВ)	Фазовый угол δ	Баланс активной мощности (МВт)	Баланс реактивной мощности (МВАр)
1	1,00	10,7	1 200,0	20,8
2	0,98	2,7	-500,0	-160,0
3	1,00	0,0	- 476,5	208,1
4	0,99	-0,8	-300,0	-70,0
5	0,98	0,0	76,0	-150,0
6	0,99	0,9	-250,0	-40,0
7	0,99	6,1	-200	-40,0
8	1,00	10,9	800	-152,7
9	0,99	6,8	-320,0	-80,0

Как видно из вышеприведенных таблиц данного примера (Таблица 5 — Таблица 8; Таблица 6 — Таблица 9), напряжения и значения фазовых углов в узлах сети, после замены ветви с передачей по переменному току — на ветвь с передачей по постоянному току, стали меньше различаться между собой, а, следовательно система приближается к идеальному варианту, когда во всех узлах одинаковое напряжение, 400 кВ, т. е. отсутствуют потери. Кроме того такая замена ветви привела к разгрузке сети по мощности, а именно, до узлов мощность доходит такая же как и в случае с передачей по переменному току, а нагрузка на провода ниже. Таким образом, сетями с передачей электроэнергии по постоянному току можно переносить больше мощности при меньшей нагрузке на сеть.

Список литературы:

1. Acha E., et al.: „FACTS Modeling and Simulation in Power Networks“, John Willey, England , 2004, ISBN 0-470-85271-2.
2. Acha E., et al.: „Power Electronic Control in Electrical Systems“, Newnes Press,
3. Oxford , 2002, ISBN 0-7506-5126-1.
4. Křivka V.: „Stejnosměrné přenosy v elektroenergetice“, Praha, 2010

ДЕЖУРНЫЙ БЛОК АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ ПУНКТАМИ

Шелест Владимир Александрович

канд. техн. наук, доцент СКГГТА, г. Черкесск

E-mail: vshel@yandex.ru

Широкое распространение компьютерных технологий, развитие микропроцессорной техники, создание встраиваемых цифровых устройств и организация различных каналов связи для передачи информации существенно снизили стоимость реализации одной функции АСУ в электроэнергетике. Но программно-аппаратные комплексы АСУ для электроэнергетики не стали дешевле, что объясняется добавлением большого количества операционных и сервисных функций. Реально на практике эти функции используются не все. В тоже время затраты на дорогостоящую аппаратуру АСУ и соответствующие проекты не компенсируются возможным сокращением штатов.

Совершенствование технологии изготовления электронных устройств позволяет разрабатывать АСУ, адаптируемые к конкретным техническим характеристикам объектов электроэнергетики, с использованием самых современных микроконтроллеров [4, 6]. В таких условиях многие предприятия электроэнергетики начали самостоятельно или с помощью различных НИИ и СКБ разрабатывать и изготавливать альтернативные АСУ с набором только необходимых функций. Известны такие разработки для тяговых преобразовательных подстанций троллейбусного транспорта [1, 5], уличного освещения города [2], электроснабжения населенных пунктов и заводов [3].

Разработчики альтернативных АСУ предлагают различные инженерные решения, которые находят практическое применение и могут представлять интерес для других специалистов, работающих в этой области.

В этой работе речь пойдет о дежурном блоке (ДБ), который был создан при разработке автоматизированной системы телемеханики для распределительных пунктов (АСТМ РП) и предназначен для выполнения следующих функций:

- запрос сигнальной и измерительной информации от терминалов распределительных пунктов (РП);
- прием сигнальной и измерительной информации от терминалов РП;

- индикация на экране жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) сигнальной и измерительной информации;
- передача информационных сообщений контроллерам индикации о положении выключателей РП на мнемощите;
- передача сигнальной и измерительной информации компьютеру;
- прием параметров настроек от компьютера;
- прием команд управления от компьютера;
- передача команд управления терминалам КП;
- звуковая и световая сигнализация при отсутствии связи с терминалом КП;
- звуковая и световая сигнализация при изменении сигнальной информации.

На рис. 1 приведена структурная схема диспетчерского пункта управления АСТМ РП, позволяющая лучше представить роль и место ДБ в автоматизированной системе. Предусмотрено три режима работы системы:

А. «Работа компьютера без дежурного блока» — Активным устройством является компьютер. Он через кабель К4, конфигуратор, кабель К8 и радиомодем запрашивает и принимает сигнальную и измерительную информацию поочередно со всех РП, отображает ее на мониторе и отправляет информацию о положении выключателей через кабель К3, конвертор USB/RS485 и кабель К1 контроллерам индикации на мнемощите. Команды управления, вводимые диспетчером с клавиатуры, компьютер кодирует и также отправляет на соответствующий РП.

Б. «Работа дежурного блока без компьютера» — Активным устройством является ДБ, он работает в автономном режиме. ДБ через кабель К6, конфигуратор, кабель К8 и радиомодем запрашивает и принимает сигнальную и измерительную информацию поочередно со всех РП, отображает ее на отдельных страницах ЖКИ и отправляет информацию о положении выключателей через кабели К2 и К1 контроллерам индикации на мнемощите. При наличии мониторинга диспетчер сможет задать команду управления, которая после кодирования будет передаваться через конфигуратор на соответствующее РП.

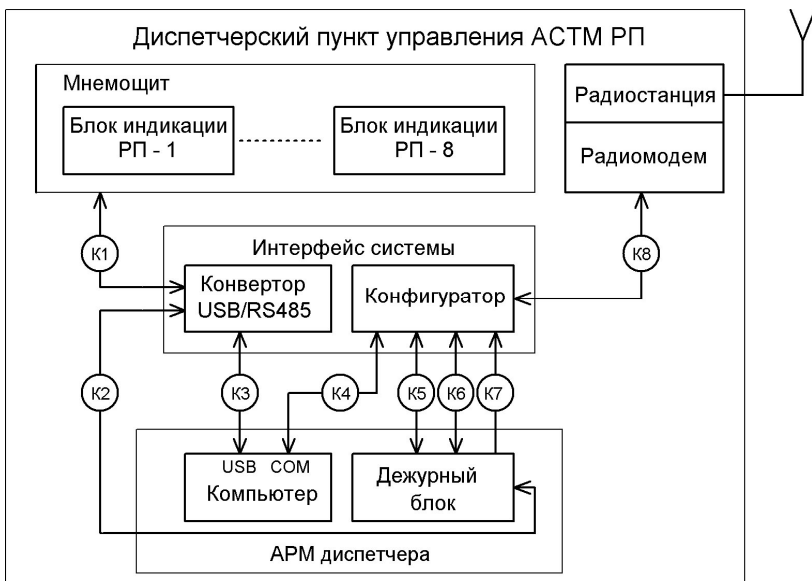


Рисунок 1. Структура диспетчерского пункта управления АСТМ РП

В. «Работа дежурного блока с компьютером» — Активным устройством является ДБ, а компьютер является ведомым устройством, как и терминалы всех РП. ДБ через кабель К6, конфигуратор, кабель К8 и радиомодем запрашивает и принимает сигнальную и измерительную информацию поочередно со всех РП, отображает ее на различных страницах ЖКИ и отправляет ее по кабелю К4 в компьютер. Если компьютер включен и работает управляющая программа АСТМ РП, то на экране монитора отображаются сигнальная и измерительная информация. Кроме того, информация о положении выключателей через кабели К2 и К1 передается контроллерам индикации на мнемощите. Команды управления от компьютера через кабель К4, конфигуратор, кабель К5, дежурный блок, кабель К6, конфигуратор, кабель К8 и радиомодем отправляются на соответствующее РП.

На рис. 2 приведена структурная схема ДБ. Он состоит из контроллера информационных посылок (КИП) и периферийных устройств. На КИП расположены порты для подключения кабелей устанавливающих связь с радиомодемом, компьютером и мнемощитом и для расширения шины ПС.

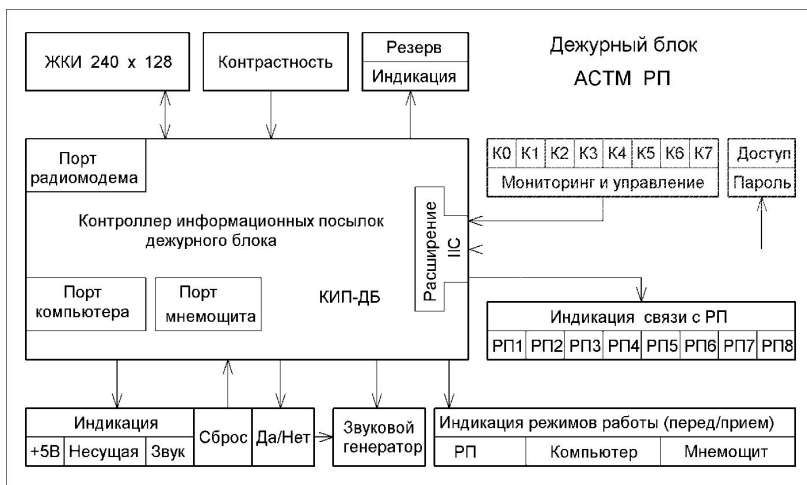


Рисунок 2. Структура дежурного блока АСТМ РП

Периферийные устройства обеспечивают выполнение различных функций. На экране ЖКИ отображаются номер РП, сигнальная и измерительная информация, время ее получения, установление связи с РП, компьютером и мнемощитом.

«Контрастность» — регулировка контрастности изображения на экране ЖКИ. «Резерв» индикации позволяет по желанию пользователя отображать дополнительную сигнальную информацию при соответствующем расширении программы микроконтроллера.

Имеются индикации «+5В» — источника питания, «Несущая» — несущая частота радиостанции и «Звук» — состояние запрета работы звукового генератора. Кнопка «Да/Нет» запрещает или разрешает работу звукового генератора.

Имеется индикация двухцветными светодиодами режимов работы с ДБ, РП, компьютером и мнемощитом. Красный цвет свечения — передача, а зеленый цвет — прием.

Индикация установления связи с РП осуществляется светодиодами отдельно для каждого распределительного пункта «РП1», «РП2»,..... «РП8».

В качестве расширения функциональных возможностей ДБ предусмотрена возможность аппаратного и программного дополнения для организации «Мониторинга» и «Управления». Доступ к управлению диспетчер получает после установки персонального ключа во внешний разъем, подключенный к расширению интерфейса ИС.

Список литературы:

1. Гольдфейн В. Телемеханическая система управления тяговыми подстанциями // Современные технологии автоматизации. 1998. № 2. С. 46—51.
2. Гурьев А. В., Букварев Е. А. Системы автоматизированного управления наружным освещением // Электротехника. 2001. № 5. С. 4.
3. Пономаренко И. и др. Автоматизированная система управления распределительными электрическими сетями // КИП и автоматика. 2005. №1. С. 30—31.
4. Уилмсхерст Т. Разработка встроенных систем с помощью микроконтроллеров PIC. К.: МК-Пресс, 2008. 545 с.
5. Шелест В., Лаказов К. Микропроцессорная система управления тяговыми подстанциями // КИП и автоматика. 2006. № 2. С. 38—40.
6. Шпак Ю. А. Программирование на языке С для AVR и PIC контроллеров. Киев.: МК-Пресс, М.: Издательский дом Додэка-XXI, 2007. 392 с.

«ВОПРОСЫ НАУКИ И ТЕХНИКИ»

Часть I

Материалы международной заочной научно-практической
конференции

16 января 2012 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 27.01.2012. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 9,625. Тираж 550 экз.

Издательство «ЭКОР-книга»
630004, г. Новосибирск, ул. Вокзальная магистраль, 8б
E-mail: ecor@ecor-kniga.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Априори»
630099, г. Новосибирск, ул. Романова, 28