Автоматизация и Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

Главный редактор
В.Л. Белоусов – д.э.н., проф., МГУПИ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Бучаченко А.Л. – д.х.н., проф., ИПХФ РАН
Гусев А.А. – д.т.н., проф., МГТУ "СТАНКИН"
Дегтярев Ю.И. – д.т.н., проф., МАИ
Елисеев В.А. – д.т.н., Ин-т Инновац.-технологич. менеджмента
Иванов А.П. – д.э.н., проф., МГУПС (МИИТ)
Мальцева С.В. – д.т.н., проф., НИУ ВШЭ
Нефедов Е.И. – д.ф.-м.н., ИРЭ РАН
Шебалин И.Ю. – к.ф.-м.н., ООО "Изд-во Машиностроение" (заместитель главного редактора)
Янович Е.Л. – д.э.н., проф., Кошалинский политехнич. ин-т (Польша)

РЕДАКЦИЯ:

Шебалин И.Ю. – зам. главного редактора
Осипова В.Г. – научный редактор
Богус С.В. – секретарь

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

3

2014

УЧРЕДИТЕЛИ:

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

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

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

ООО "Издательство Машиностроение"

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

© Издательство "Машиностроение", "Автоматизация и современные технологии", 2014 г.

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Никифоров С.О., Мархадаев Б.Е., Михайлов В.Н., Никифоров Б.С. Безреверсные мехатронные манипуляционные устройства в составе гибких автоматизированных производств 3

Демидов А.А., Савиных А.Б., Стешина Л.А. Управление позиционированием груза на гибкой подвеске 11

Чикунов Ю.М. Особенности расчёта мощности группового преобразователя и её оценка 14

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Еременко Ю.И., Мельникова И.В., Шаталов А.А. Построение интеллектуальной системы извлечения знания из электронного архива проектной документации на базе иммунного алгоритма мультимодальной оптимизации CLONALG 17

Цуканова О.А., Мальцева С.В. Моделирование распространения влияния в сетевом сообществе 24

Гольцов А.С., Браганец С.А., Савчиц А.В. Самообучающаяся модель для адаптивной системы управления открытием направляющего аппарата гидроагрегата 28

Капитанов А.В. Технологическое проектирование автоматизированных станочных систем многономенклатурного производства 34

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Гуськов М.В., Силаев А.А. Автоматизированная система управления доступом сотрудников к приложениям банка 38

ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

Cisco стала первопроходцем по доставке приложений в реальном времени через ЦОДы и "облака" 42

ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов 45

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

Nikiforov S.O., Markhadaev B.E., Mikhaylov B.N., Nikiforov B.S. Unreversal mechatronic handling devices as a part of the flexible automatic production 3

Demidov A.A., Savinykh A.B., Steshina L.A. Control of the cargo positioning on a flexible suspension . . . 11

Chikunov Yu.M. Computing features of the group converter power and its evaluation 14

MODERN TECHNOLOGIES

Eremenko Yu.I., Melnikova I.V., Shatalov A.A. Intellectual system construction for knowledge extraction from the electronic archive of the designed documentation based on the immunity algorithm of the multimodal optimization CLONALG 17

Tsukanova O.A., Maltseva S.V. Modelling of the influence spreading in the network community 24

Goltsov A.S., Braganets S.A., Savchits A.V. Self-educated model for adaptive control system of the hydraulic unit wicket gate opening 28

Kapitanov A.V. Technological projecting of automatic machine tool systems for multiproduct production . . . 34

ECONOMIC AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITY

Guskov M.V., Silaev A.A. Automatic control system of the employees access to the bank affixing 38

EXHIBITIONS AND PRESENTATIONS

Cisco had become the pioneer on delivery of affixing in real time through data center (ZOD) and “clouds” 42

SURVEY OF PERIODICALS

Periodicals review 45

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

Сдано в набор 27.12.13. Подписано в печать 25.02.14.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ.л. 5,88. Цена свободная

Отпечатано в ООО "Белый ветер"
115407, Москва, Нагатинская наб., 54

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

© Издательство "Машиностроение", "Автоматизация и современные технологии", 2014 г.

УДК 621.396.65.011.56:7.042

С.О. Никифоров, д-р техн. наук, проф., **Б.Е. Мархадаев,** канд. техн. наук,
В.Н. Михайлов (Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ),
Б.С. Никифоров, канд. техн. наук (Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ)
bmarkh@pres.bscnet.ru

БЕЗРЕВЕРСНЫЕ МЕХАТРОННЫЕ МАНИПУЛЯЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА В СОСТАВЕ ГИБКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Приведён анализ эксплуатационных показателей безреверсных манипуляционных устройств, их классификация и концептуальная модель технологических процессов с их применением. Рассмотрен пример реализации роботокомплекса на их основе.

Ключевые слова: безреверсные манипуляционные устройства, робототехнический комплекс, гибкие автоматизированные производства.

The operational characteristics analysis of unreversal handling devices, their classification and technological processes conceptual model with their application are adduced. An implementation example of robotic complex on their basis is considered.

Key words: unreversal handling devices, robotic complex, the flexible automatic production.

Введение. Теория представления технических систем подробно рассматривается в научной теории конструирования [1]. Полученные модели описывают отдельные функционально-конструктивные свойства, для представления которых существует множество способов. При выборе вида и способа их представления важными являются как сам объект и его состояние, так и цель создания модели (расчёт, анализ, испытание и т. п.). Создание адекватных моделей и их последующий анализ – это специфический и трудоёмкий процесс, где рациональности построения уделяется большое внимание.

При системном анализе компоновочных структур необходимо рассматривать основные аспекты их функционирования, иметь доказательства проблемности ситуации и видеть пути её разрешения. Появление и развитие новых функциональных структур (мехатронные манипуляционные системы) – это результат целенаправленных усилий по их синтезу, определению функционально-компоновочных структур, идентификации характеристик, расширению и усложнению функциональных возможностей как модулей, так и всей структуры в целом при переходе к новым технологиям реализации.

В работе [2] термин "мехатроника" предлагается рассматривать как науку, изучающую синергетическое объединение узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, используемыми для проектирования и производства качественно новых модулей, систем, машин, комплексов с интеллектуальным управлением. Важна универсальность данного концептуального подхода к построению интегральных устройств с качественно новыми характеристиками. Также важен синергетический характер интеграции функциональных модулей в мехатронных объектах [3].

Синергия – это совместное действие, направленное на достижение единой цели организацией целенаправленных взаимодополняющих и взаимозависимых действий функциональных компонентов (модулей). При этом модули не просто дополняют друг друга. Их объединение позволяет создать функциональную структуру с качественно новыми свойствами при одновременном и взаимосвязанном синтезе всех функциональных компонентов структуры в целом.

Критерии качества выполнения движений мехатронными манипуляционными системами являются проблемно-ориентированными, т. е. определяются конкретной прикладной задачей. Для соответствующей точной реализации требуемых движений применяются методы интеллектуального управления, базирующиеся на новых идеях теории управления и синтеза управляемых движений.

Решаемые задачи определяются функциональными свойствами компоновочных структур и возможностями соответствующей системы управления (СУ).

Потребность в подобной технике с каждым годом увеличивается. Однако, в первую очередь, требуются достаточно простые по устройству и дешевые с цикловым управлением манипуляторы, приспособленные для обслуживания быстродействующего технологического оборудования. Большинство таких быстродействующих манипуляторов имело линейный пневмопривод (пневмоцилиндры), позволявший достигать высокого быстродействия. При этом имелись и недостатки, к числу которых относятся: необходимость подключения к пневмосети и очистка воздуха, сложность размещения трубопроводов, трудность получения плавных движений, невозможность работы в следящем режиме при контурном управлении, шум при работе, невысокий ресурс. В последние два десятилетия в мехатронике широко применяется электропривод, имеющий много преимуществ. Известно, что электропривод с новыми типами двигателей постепенно вытесняет другие типы приводов. Необходимо отметить, что подавляющее большинство манипуляторов с электроприводом имеет только вращательные кинематические пары. Однако даже современные электродвигатели проигрывают по удельным энергетическим показателям (в первую очередь, по такому показателю, как отношение мощности к массе).

Для манипуляторов с любым приводом серьёзные трудности при проектировании связаны с размещением двигателей. Традиционное размещение двигателей вместе с редукторами на подвижных звеньях кинематических пар манипуляторов приводит к значительному увеличению подвижных масс и моментов инерции, вследствие чего возникают жёсткие ограничения по быстродействию. Оказывается невозможным снижение периодов циклов до значений меньше 3–4 с или повышение средних скоростей свыше 1,5 м/с. Проведённые теоретические исследования и эксперименты на макетах показали, что при любых типах приводов даже небольшое улучшение показателей быстродействия по сравнению с этими величинами требует большого увеличения мощностей двигателей приводов. Кроме того, двигатели и устройства подвода энергоносителей на подвижных звеньях работают при значительных перегрузках, что снижает их надёжность.

При выполнении программных движений промышленных роботов (ПР) на каждом этапе двигатели включаются и разгоняют подвижные части механизмов, затем тормозятся перед заданными точками позиционирования. Для выхода в последующие точки те же движения выполняются повторно. В таких условиях серьёзные трудности представляют уменьшение времени выполнения циклов обслуживания технологического оборудования до значений, меньших 3–4 с, или повышение средних скоростей схвата свыше 1,5 м/с. Решение проблемы быстродействия манипуляторов с цикловым программным управлением следует искать в особой форме организации их движений.

В работах [4–6] представлен особый класс безреверсных манипуляционных устройств (БМУ) с особой геометрией и динамикой движений звеньев. На основе модульного принципа построения БМУ возможно создание энергоэффективных манипуляторов повышенного (по сравнению с серийными цикловыми ПР) быстродействия, что позволяет на их основе в составе гибких производств автоматизировать производственные операции. Здесь гибкость перенастройки программ управления понимается в смысле возможности переналадки, а между циклами перенастройки их СУ являются системами с жёсткой логикой.

Ниже рассматриваются разновидности БМУ, способы и средства их построения, характер решаемых ими манипуляционных задач.

Эксплуатационные показатели БМУ, классификация, алгоритм расчёта и проектирования. В работе [7] представлены разновидности БМУ, способы и средства их реализации в зависимости от специфики их применения. На рис. 1 представлены эксплуатационные показатели БМУ.

Таким образом, БМУ могут реализоваться в виде компоновочных структур, допускающих перенастройку траекторий рабочего органа, так и без неё. В последнем случае достаточно иметь один привод ведущего звена и использовать ПЗМ, ЗРМ и ТТМ компоновки.

При автоматизации производственных процессов с применением зубчато-рычажных передач с генерацией циклоидальных траекторий рабочего органа можно использовать закон De La Hire с двойной генерацией [8].

В работе [8] показано, что по сравнению с исходным (производящим) механизмом кинематическая цепь манипулятора может быть использована без применения зубчатых колес и рычагов. Это продемонстрировано в работе [9] для ПЗМ и ШРМ. Здесь работа приводных устройств на каждом звене должна соответствующим образом синхронизироваться.

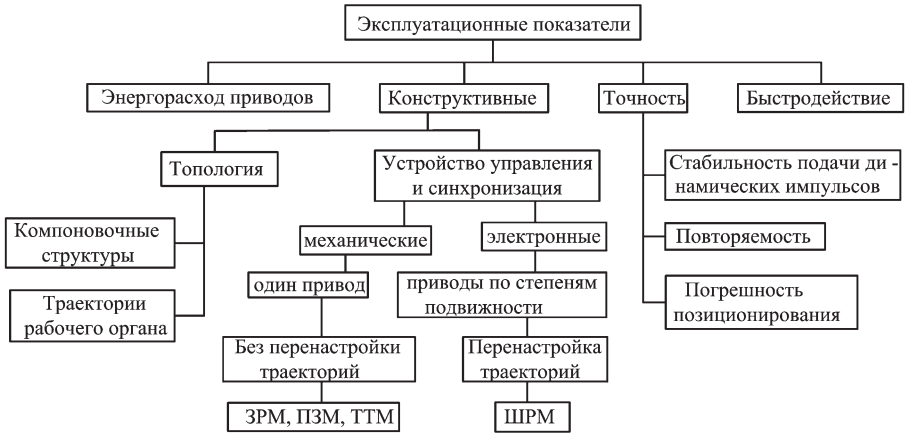

Рис. 1. Эксплуатационные показатели качества безреверсных манипуляторов:
ЗРМ – зубчато-рычажный манипулятор; ПЗМ – планетарно-зубчатый манипулятор; ТТМ – манипулятор с тросовыми тягами; ШРМ – шарнирно-рычажный манипулятор

На рис. 2 представлена классификационная схема БМУ, сформированная по нескольким независимым признакам.

Классификация выполнена по нескольким независимым признакам, поэтому является фасетной. Наименования признаков вписаны в овалы, конкретные варианты признаков в прямоугольники. При построении БМУ можно использовать модульный принцип формирования БМУ.

На начальном этапе анализа выявляются особенности морфологии объекта, изучаются топология функционально-компоновочных структур в целом и их модулей, включая характер их взаимного расположения в системе (изделии). Каждый модуль характеризуется определённым набором признаков, отражающих элементы сходства или их различия, а также осуществляется их классификация.

На рис. 3 представлена обобщённая классификационная схема модулей манипуляционных устройств (признаки вписаны в овальные рамки).

Для эффективной реализации модульного формирования мехатронных манипуляционных устройств необходима концепция создания подобных изделий, где на основе анализа и классификационных модулей выявляется минимальный набор. На рис. 4 представлена концепция создания мехатронных манипуляционных устройств, выстроенная по иерархическому принципу.

Пример формирования минимального набора базовых модулей с последующей процедурой иерархического модульного проектирования приведён в работе [10].

Очевидно, для этого необходимы работоспособные методы, которые при минимуме исходных данных имели бы качественные результаты. Это топологические методы анализа и синтеза исполнительных механизмов и соответствующего их управления (теории отношений, теории графов и т.д.). Здесь используются правила (последовательность) символического изображения и преобразований элементов формируемой системы; выявля-

Рис. 2. Классификационная схема мехатронных безреверсных манипуляционных устройств

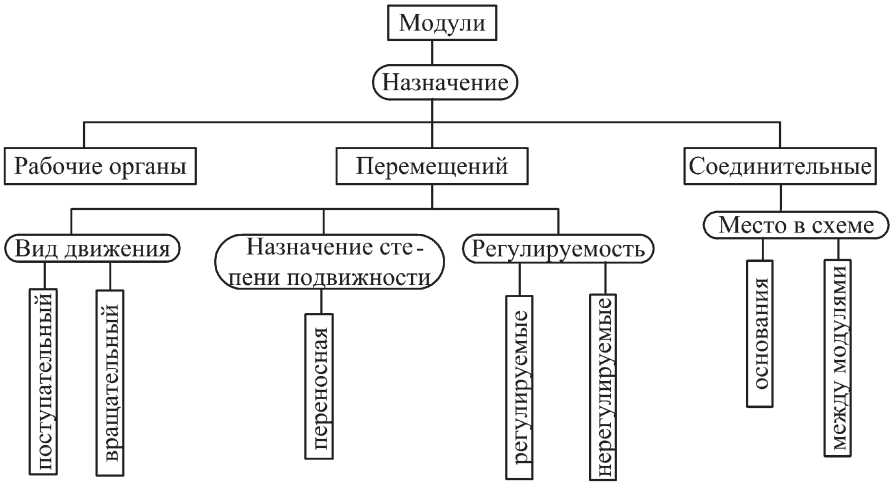

Рис. 3. Классификационная схема модулей исполнительного механизма мехатронных манипуляторов

ется значимость (роли) элементов (модулей) системы и связей между ними, а также оценивается качество структурной схемы системы и при необходимости указываются способы её улучшения.

Эффективным является системный подход к анализу функциональных моделей (систем), где приводится их рассмотрение, в частности, на предмет выявления того, к чему приводит их взаимосвязь и взаимовлияние модулей (к проявлению синергетических свойств) [3].

В работе [11] на основании теории графов исследована кинематическая структура подобных исполнительных механизмов с тросовыми тягами и установлено соответствие между механизмом и его графом. Показано, что структура кинематических цепей с тросовыми тягами аналогична кинематической структуре планетарно-зубчатого механизма. Поэтому уравнение такой цепи для кинематического анализа планетарных зубчатых передач можно применять к механизмам с тросовыми тягами и зубчато-рычажным. Суть подхода состоит не в рассмотрении каждого конкретного механизма, а в планомерной процедуре анализа механизмов подобного класса на основании их разбиения на элементарные механизмы (ЭМ) с последующим математическим отождествлением и построением общей процедуры вычислений [12].

При топологическом расчёте БМУ с одним приводом для создания планетарных передач используют как методы синтеза, так и методы кинематического и динамического анализа, при которых данный механизм рассматривается как передающее устройство. Топологический расчёт в этом случае проводится матрично-кодовым методом [12], где передаточные числа определяются структурными вычислениями.

Вычисления можно выполнять и на основе преобразований графа механизма [10], где вершины соответствуют зубчатым колесам, а ребра – связям.

При автоматизации конкретного технологического процесса с помощью БМУ в зависимости от требований к перенастройке удобна стратегия концептуальной модели, алгоритм которой представлен на рис. 5.

Особенности формирования СУ технологического процесса с перенастройкой (электронное управление) при реализации в виде блочно-модульной реализации подробно описаны в работе [13, 14]. Классификационная схема функциональных показателей качества БМУ представлена в работе [14].

Манипуляционные задачи, решаемые с помощью безреверсных манипуляционных устройств, пример реализации роботокомплекса. Применение универсальных ПР в промышленности ограничено из-за принципиальных особенностей:

серийным ПР присущи избыточные функциональные возможности по сравнению с необходимыми на конкретном участке их применения;

они недостаточно универсальны, что приводит к появлению разнообразия их моделей (модификаций);

имеют режимы работы разгон-торможение, что не дает необходимого быстродействия [4].

ПР, работающие в прямоугольной системе координат, приспособлены для резки и сварочных

Рис. 4. Концепция создания модульных мехатронных манипуляционных устройств

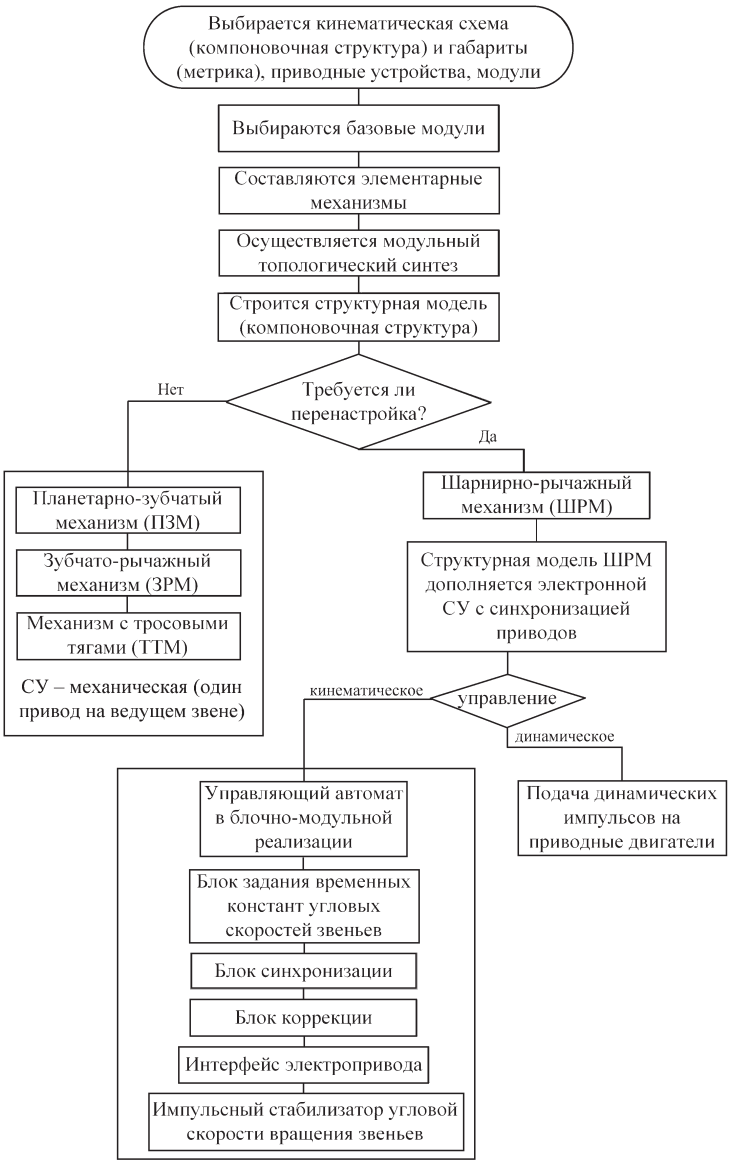

Рис. 5. Стратегия концептуальной модели технологического процесса и алгоритм структурного проектирования безреверсных мехатронных манипуляционных устройств

работ при изготовлении определённого вида изделий. Но они неудобны для обслуживания другого типа оборудования, например прессов. Компоновочные структуры окрасочных ПР обычно отличаются от ПР для загрузки и разгрузки прессового оборудования и т. д.

Подобных трудностей можно избежать, если воспользоваться спецификой формирования движений БМУ.

Манипуляционные задачи, решаемые с помощью безреверсных БМУ, укрупнённо можно подразделить на терминальные, контурные, слежения и специальные (рис. 6) [10].

Ранее отмечалось, что при отсутствии требований к перенастройке требуется "жёсткое" механическое управления БМУ. В этом случае достаточно одного привода для ведущего звена.

Существенное снижение энергозатрат при переносе объекта можно достигнуть рациональным построением технологического процесса с встроенным БМУ. При оптимальном построении робототехнического комплекса (РТК) важен правильный выбор как структурной схемы БМУ, так и вспомогательного оборудования.

В качестве примера реализации технологического процесса рассмотрим РТК, в состав которого входит БМУ с "жёстким" механическим управлением.

Для загрузки и разгрузки деталей типа валов нужно спроектировать манипулятор, обладающий следующими характеристиками: грузоподъёмность 100 кг; диаметры захватываемых деталей 100–160 мм; длины захватываемых деталей 800–1300 мм; время загрузки ≤1 мин.

Исходя из указанных выше требований, следуют условия:

при манипулировании объектами большой массы не всегда нужна перенастройка (высоки требования к жёсткости механизмов);

необходимо обеспечить диапазон регулирования механизмов схвата по размерам заготовки;

обеспечить необходимое время выстоя для установки детали;

обеспечить необходимое быстродействие манипулятора.

На рис. 7 представлена планировка поточного участка, спроектированная в соответствии с технологическим процессом изготовления деталей типа "вал". В состав необходимого технологического и вспомогательного оборудования (см. табл.) введён манипулятор, который используется как средство сопряжения основных транспортных потоков для перекладывания объектов с одного, "подающего" непрерывного транспортирующего устройства на другой, "принимающий". В роли транспортирующих устройств могут выступать линейные конвейеры, роторы роторных линий и т. п.

На рис. 8 представлен цикл работы РТК и его структура. В момент захватывания объекта осуществляется пространственное совмещение в задан-

Рис. 6. Манипуляционные задачи, решаемые с помощью безреверсных манипуляционных устройств

ный момент времени центра схвата манипулятора с центром объекта, находящегося на конвейере, или в самоцентрирующемся патроне станка. При этом естественно потребовать, чтобы в указанный момент скорость центра схвата манипулятора относительно объекта была нулевой. Так как загрузка и разгрузка объектов осуществляются в трёх положениях, то траектория схвата манипулятора должна быть трёхвершинной гипоциклоидой. Время цикла и время выстоя выбирается расчётом согласно данным работы [13].

Транспортные устройства, входящие в состав РТК, обладают собственными СУ, построенными на базе программируемых логических контроллеров, а станок – устройством числового программного управления класса NC или CNC. Устройства, представленные в таблице, используют единое пространство. Во избежание столкновений рабочих органов необходимо согласовать их движения во времени с помощью единой СУ РТК согласно циклограмме, представленной на рис. 9.

Выбор компоновочной схемы БМУ очевиден, поскольку в силу требований к жёсткости руки необходимо решение с ПЗМ компоновкой с одним приводом ведущего звена. Кинематическая схема представлена на рис. 10. Манипулятор имеет самоцентрирующиеся схваты и планетарный привод. Привод каждого схвата содержит кривошипно-ку-

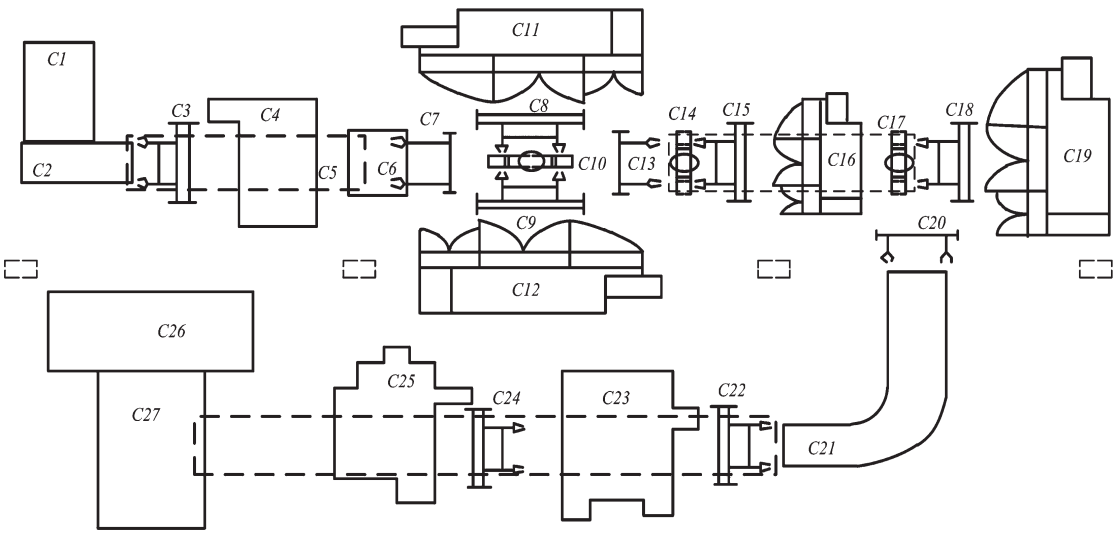

Рис. 7. Планировка поточного участка

Состав технологического и вспомогательного оборудования

Обозначение	Наименование оборудования	Модель
C1	Станок ленточнопильный	Carif-450
C2, C22	Напольный пластинчатый конвейер	
C3, C8, C9, C15, C19, C23, C26	Безреверсивный манипулятор	
C4	Станок фрезерно-центровальный	КЛ-175Ф3
C5, C16, C24	Подвесной конвейер	
C6	Накопитель	
C7, C13, C21	Перегрузчик	
C10, C14, C18	Стол поворотный	
C11, C12	Станок токарный	1Б732Ф3 с УЧПУ Н-22
C17	Станок токарно-винторезный	1М63Ф101
C20	Станок токарный	1Б732Ф3 с УЧПУ NC-210
C25	Станок фрезерно-сверлильный	SYIL X4 CNC
C27	Станок круглошлифовальный	3Б161
C28	Стенд	УР 9240-786
C29	Склад готовой продукции	

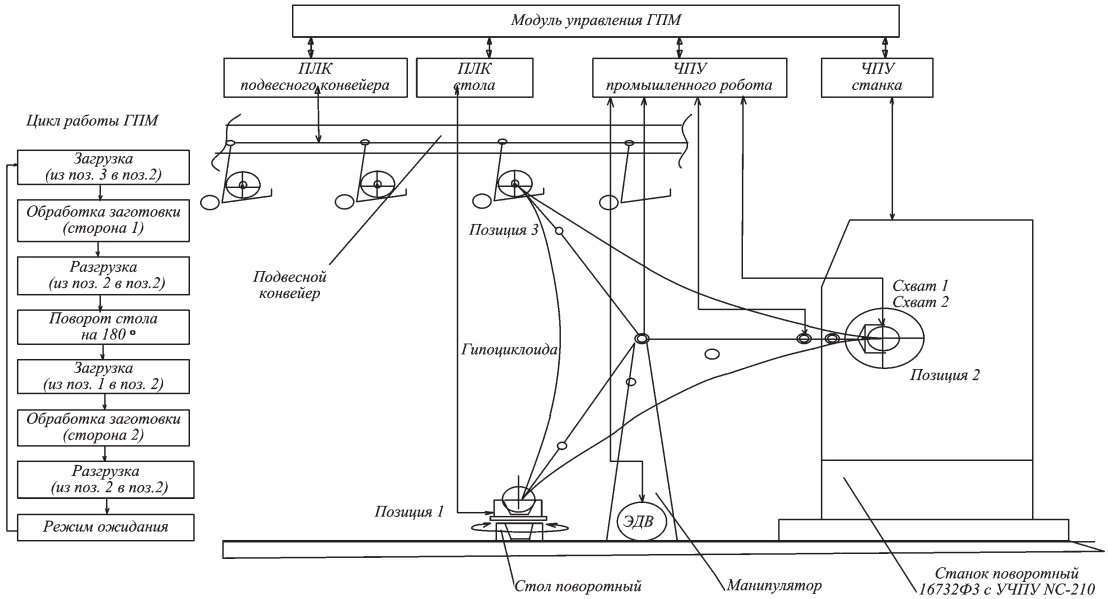

Рис. 8. Структура робототехнического комплекса и его циклы

№	Элементы цикла	Время, с
		10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 240 250 260 270
1	Работа подвесного конвейера	
2	Загрузка ПР из поз. 3 в поз. 2	
3	Обработка на станке (сторона 1)	
4	Разгрузка ПР из поз. 2 в поз. 1	
5	Поворот стола на 180 град.	
6	Загрузка ПР из поз. 1 в поз. 2	
7	Обработка на станке (сторона 2)	
8	Разгрузка ПР из поз. 2 в поз. 1	

Рис. 9. Циклограмма работы робототехнического комплекса (5 мин 50 с)

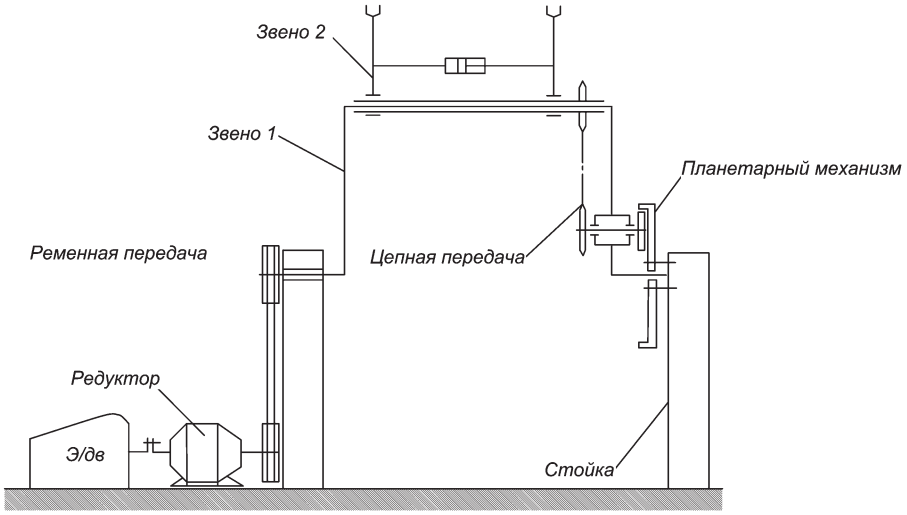

Рис. 10. Кинематическая схема безреверсного манипулятора

лисный механизм, кривошип которого закреплён на сателлите, а оси кулис установлены на водиле между валом сателлита и водилом. При вращении водила паразитные шестерни обкатываются по неподвижному зубчатому колесу через сателлиты, вращая кривошипы, приводя в движение схват. При этом предмет обработки, установленный в схвате, движется по циклоидальной траектории.

Таким образом, представленный класс БМУ позволяет спроектировать автоматическое производство с минимальными затратами, в несколько раз повысить быстродействие по критерию "качество–цена".

Библиографические ссылки

1. **Хубка В.** Теория технических систем / пер. с нем. М.: Мир, 1987. 208 с.

2. **Ослэндер Д.М., Риджли Дж.Р., Риггенбергж Дж.Д.** Управляющие программы для механических систем: объектно-ориентированное проектирование системы реального времени / пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. 413 с.

3. **Никифоров С.О., Мархадаев Б.Е.** Синергетические свойства мехатронных манипуляционных систем // Вестник машиностроения. 2009. № 12. С. 16–23.

4. **Никифоров С.О.** Циклоидальные манипуляторы: новые схемы, механика, управление, применение // Вестник машиностроения. 2002. № 6. С. 3–8.

5. **Мархадаев Б.Е., Никифоров С.О.** Манипуляторы с импульсным заданием движения // Вестник машиностроения. 2004. № 12. С. 3–8.

6. **Мархадаев Б.Е., Никифоров С.О.** Мехатронные системы: полициклоидальные, циклоидальные, импульсные. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. 139 с.

7. **Никифоров С.О., Мархадаев Б.Е., Никифоров Б.С.** Безреверсные мехатронные манипуляционные устройства // Вестник машиностроения. 2012. № 2. С. 12–16.

8. **How** to adapt geared linkages for flexible automation (by Dr. E.A. Dijksman). Dept. of Mechanical Eng. Eindhoven University or Technology. (The Netherlands). Vol. III – 1 paper 19. P. 151–162. The fourth International symposium theory and practice of mechanism. Bucharest, Romania. July 4–9. 1985. (JFT.MM SYROM'85).

9. **Никифоров С.О., Мархадаев Б.Е.** Идентификация и выбор компоновочных структур быстродействующих циклоидальных манипуляторов // Вестник машиностроения. 1990. № 10. С. 43–45.

10. **Никифоров С.О., Мархадаев Б.Е.** Классификация и топологические методы формирования компоновочных переменных структур полициклоидальных манипуляционных мехатронных устройств // Вестник машиностроения. 2007. № 12. С. 3–7.

11. **Применение** теории графов для кинематического анализа механизмов роботов, приводимых в движение тросовыми тягами (Kinematic Analysis of Tendon-Driven Robotic Mechanisms using Graph Theory). Цай (Lung-wen Tsai). Ли (Jun-Jone Lee). Колледж-Парк. Мэриленд // Современное машиностроение, серия Б. 1989. № 10. С. 23–30.

12. **Никифоров С.О.** Матрично-кодовый метод расчёта зубчато-рычажных циклоидальных манипуляторов с цепными передачами // Вестник машиностроения. № 8. 2003. С. 17–20.

13. **Никифоров С.О., Челпанов И.Б., Слепнев В.В.** Быстродействующие циклоидальные манипуляторы. Улан-Удэ: БИЕН СО РАН, 1996. 111 с.

14. **Управление** и применение роторных мехатронных манипуляционных систем / С.О. Никифоров, Б.Е. Мархадаев, А.Н. Павлов, Б.С. Никифоров // Автоматизация и современные технологии. 2012. № 6. С. 10–16.

УДК 681.58

А.А. Демидов, А.Б. Савиных, канд. техн. наук, доц.,
Л.А. Стешина, канд. техн. наук, доц.
(Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола)
daa_1@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕМ ГРУЗА НА ГИБКОЙ ПОДВЕСКЕ

Предложен способ управления позиционированием груза на гибкой подвеске грузоподъёмного механизма, не имеющего стационарного основания. Данное решение обеспечит возможность позиционирования груза в автоматическом режиме, а также безопасность монтажных работ с применением разнообразных видов грузоподъёмных механизмов.

Ключевые слова: позиционирование, система автоматического управления, груз на гибкой подвеске.

Controlling method of the cargo positioning on a lifting mechanism flexible suspension, which has no fixed base is proposed. This solution will provide the cargo positioning opportunity in the automatic mode, as well as the construction works safety with various lifting mechanisms application.

Key words: positioning, automatic control system, the cargo on a flexible suspension.

Введение. Современная цивилизация стремительно движется по пути создания мирового информационного пространства и автоматизации большинства окружающих процессов. Человек в своей созидательной деятельности всё в большей степени имеет дело не только с материальными предметами (машинами, аппаратами, технологическими процессами), но и разнообразными управляющими и информационными системами. С появлением и развитием современных подходов в теории управления стало возможным решение многих сложных, нелинейных задач. Одной из них является задача точного позиционирования груза на гибкой подвеске грузоподъёмных механизмов, не имеющих стационарного основания.

Перемещение и позиционирование объектов с использованием гибкой подвески весьма распространено при выполнении погрузочных и строительно-монтажных работ.

Существует три варианта реализации технологических схем при проведении работ данного вида:

1. Позиционирующие устройства, жёстко закреплённые на стационарном основании (упругими деформациями несущих конструкций можно пренебречь);

2. Позиционирующие устройства с упругим основанием (мостовые и башенные краны, кран-балки);

3. Позиционирующие устройства с нестационарным основанием (монтажные работы с использованием воздушных и плавательных средств).

Технологические схемы и устройства во втором и третьем вариантах при использовании штатного оборудования не могут обеспечить полную стабилизацию и точность позиционирования из-за многих факторов, к которым можно отнести: большую инерционность подвижных частей штатного оборудования; недостаточный ресурс установленных мощностей; многомерность и взаимосвязанность технологической системы; наличие субъективного фактора из-за ошибочных действий пилота и других участников процесса позиционирования.

Известно множество работ по стабилизации положения и азимутальной ориентации груза на внешней подвеске вертолёта в режиме полёта [1, 2], а также работа, в результате которой решается проблема стабилизации груза при десантировании [3].

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что большинство систем и средств, разработанных на сегодняшний день, представляют собой в большинстве случаев комплекс мер по стабилизации положения груза на гибкой подвеске и не способны обеспечить необходимую точность позиционирования. Следовательно, вопрос позиционирования в автоматическом режиме окончательно не решён.

Актуальность разработки системы автоматического управления (САУ) позиционированием груза на гибкой подвеске обусловлена постоянным ростом потребности в мобильности средств монтажа при строительстве в стеснённых условиях городской застройки или непрерывно действующего

производства, при отсутствии необходимых подъездных путей и грузоподъёмных механизмов с соответствующими характеристиками. Кроме того, имеется существенная опасность для всех участников монтажа при использовании грузоподъёмных механизмов, не имеющих стационарного основания [4]. Поэтому возникает потребность в позиционировании груза в проектное положение в автоматическом режиме с заданной точностью.

Способ управления позиционированием груза на гибкой подвеске. Для реализации точного позиционирования груза во всех трёх случаях приведённых выше технологических схем необходимо внедрение обратных связей по ошибке положения и дополнительного позиционирующего устройства.

Из существенных особенностей процесса позиционирования груза относительно точки монтажа является существенная нелинейность, которая связана с силами вязкого сопротивления воздушных масс и нелинейностью описания движения маятника при больших отклонениях, что приводит к необходимости разработки математической модели системы позиционирования груза на гибкой подвеске в нелинейной форме. До недавнего времени считалось, что нелинейные модели неприемлемы с точки зрения синтеза законов управления. Однако в последнее время появились методы современной теории управления, позволяющие преодолевать указанные затруднения [5].

Воспользуемся одним из таких подходов [5], который основан на декомпозиции общей системы управления на две подсистемы, обладающие высокой степенью автономности. Математические модели разрабатываются для каждой подсистемы раздельно, в последующем производится процедура агрегатирования подсистем путём замены математических моделей на более простые модели сравнения. Разрабатываются локальные САУ для каждой подсистемы. В систему вводятся внутрисистемные связи для обеспечения инвариантности подсистем относительно друг друга. Закон управления на нижнем уровне синтезируется с учётом обеспечения инвариантности процесса относительно как внешних, так и внутренних возмущений, которые вводятся в подсистему нижнего уровня с помощью дополнительных дифференциальных уравнений. При этом в автоматическом режиме должно обеспечиваться штатное отключение системы нижнего уровня при выходе верхнего за критические пороги. Этот подход в значительной степени является универсальным для всех указанных выше технологических схем.

Структура иерархической САУ позиционированием груза на гибкой подвеске на примере вертолётного монтажа груза на внешней подвеске. Наиболее сложный вариант технологической схемы позиционирования представлен на рис. 1. В данном случае при вертолётном монтаже приходится иметь дело с системой трёх тел (винт, вертолёт, груз) в "безопорном" воздушном пространстве (рис. 1, поз. *1*, *2*, *3*), каждое из которых имеет множество степеней свободы и при определённых условиях может двигаться в пространстве совершенно непредсказуемым образом. В режиме висения вертолёт и груз на внешней подвеске можно представить как совокупность двух связанных маятников. Данную систему будет отличать большое многообразие физических явлений, например таких, как автоколебания, стохастическая динамика, параметрический резонанс.

В рамках описанного выше подхода предлагается построить иерархическую САУ, структурная схема которой показана на рис. 2. Данную САУ

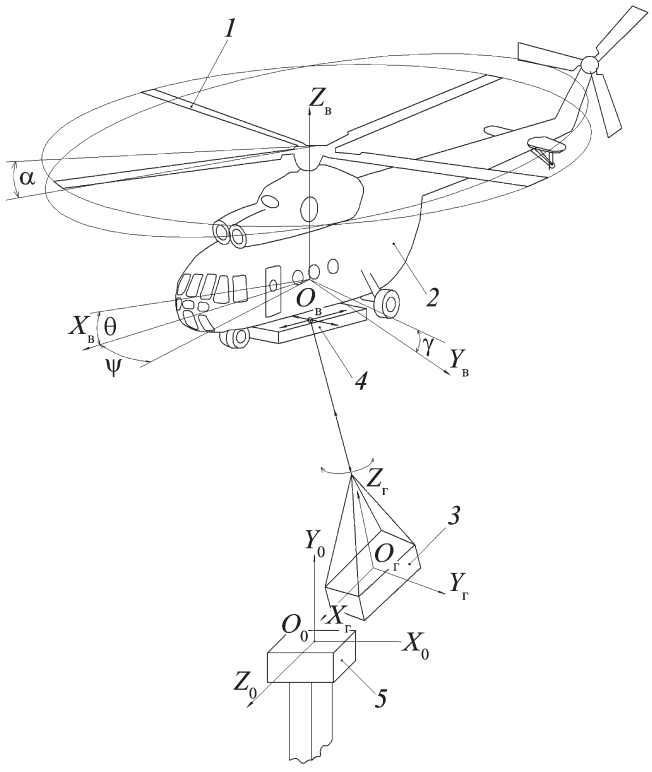

Рис. 1. Схема позиционирования груза на гибкой подвеске вертолёта в проектное положение:

1 – винт вертолёта; *2* – фюзеляж вертолёта; *3* – груз; *4* – позиционирующее устройство; *5* – проектное место установки груза; $\{O_в, X_в, Y_в, Z_в\}$ – система координат вертолёта; $\{\gamma_в, \psi_в, \theta_в\}$ – углы Эйлера ($\gamma_в$ – крена, $\psi_в$ – рысканья, $\theta_в$ – тангажа вертолёта); $\{O_г, X_г, Y_г, Z_г\}$ – система координат груза; $\{O_0, X_0, Y_0, Z_0\}$ – система координат проектного места установки груза; α – угол взмаха лопасти винта

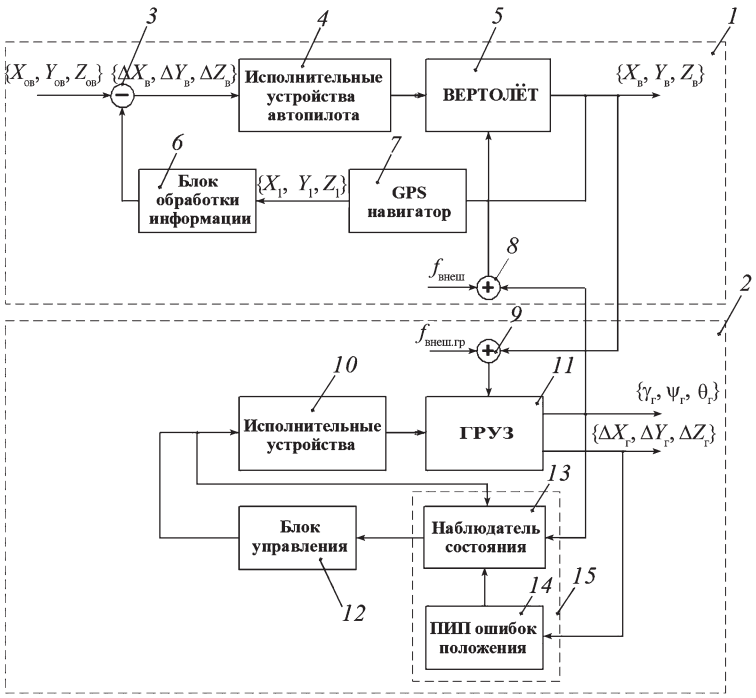

Рис. 2. Структурная схема иерархической САУ позиционированием груза на гибкой подвеске:

1, *2* – верхний и нижний уровни иерархической структуры управления; *3* – блок сравнения; *4* – исполнительные устройства системы автопилотирования вертолётом; *5* – вертолёт; *6* – блок обработки информации; *7* – GPS/ГЛОНАСС навигатор; *8*, *9* – блоки суммирования; *10* – исполнительные устройства позиционирующего устройства; *11* – груз; *12* – блок управления; *13* – наблюдатель состояния; *14* – первичные измерительные преобразователи ошибок положения; *15* – система оценивания

можно представить в виде двухуровневой структурной схемы.

Верхний уровень *1* иерархической структуры содержит систему стабилизации положения вертолёта в режиме висения в заданной зоне работы системы нижнего уровня *2*. Стабилизация вертолёта над проектным местом установки груза *11* осуществляется с помощью внедрённого в бортовую систему управления автопилота, управляющего исполнительными бортовыми устройствами вертолёта *4*.

На входе контура управления верхнего уровня задаются координаты положения $\{x_{0в}, y_{0в}, z_{0в}\}$ проектной рабочей зоны, в рамках которой необходимо стабилизировать положение вертолёта. Координаты задаются вручную через интерфейс системы управления согласно проектному месту установки груза.

Координаты местоположения вертолёта определяются с помощью GPS/ГЛОНАСС навигации *7*. Информация с выхода контура управления $\{x_в, y_в, z_в\}$ передаётся на блок сравнения *3*, который далее определяет отклонение местоположения вертолёта от заданных границ монтажной зоны, формируя разностные сигналы ошибки $\{\Delta x_в, \Delta y_в, \Delta z_в\} = \{x_в - x_{0в}, y_в - y_{0в}, z_в - z_{0в}\}$. Ошибки местоположения вертолёта отрабатываются исполнительными устройствами системы автопилотирования.

На вертолёт *5* в процессе стабилизации действуют возмущения, представляющие собой суммарное воздействие внешних сил, действующих при перемещении и раскачке груза. Внешние возмущения создаются ветровыми нагрузками потока воздуха $f_{внеш}$, в том числе от винтов вертолёта.

Позиционирование груза на нижнем уровне происходит за счёт перемещения точки подвеса относительно центра масс вертолёта, что приводит к изменению углов крена и тангажа вертолёта, а это, в свою очередь, ведёт к смещению всей системы "вертолёт–груз" в заданном направлении.

Нижний уровень иерархической структуры представляет собой систему автоматического позиционирования груза в проектное положение, при этом работа нижнего уровня возможна при условии устойчивой работы верхнего уровня по стабилизации вертолёта в рабочей зоне установки груза.

Выходными переменными уровня *2* являются переменные положения груза $\{\Delta x_г, \Delta y_г, \Delta z_г\}, \{\gamma_г, \psi_г, \theta_г\}$, где $\gamma_г, \psi_г, \theta_г$ – углы Эйлера ($\gamma_г$ – крена, $\psi_г$ – рысканья, $\theta_г$ – тангажа груза).

Первичные измерения осуществляются первичными измерительными преобразователями ошибок положения *14*, построенными по принципу следящего перекрестия, информация о положении груза передаётся на блок сравнения, входящий в состав системы оценивания *15* и формирующий сигналы ошибки положения груза.

Система оценивания включает в себя наблюдатель состояния *13*, восстанавливающий недостающие для формирования управления компоненты полного вектора состояния системы.

Блок управления *12*, получая данные от системы оценивания, в соответствии с законом управления формирует управляющие воздействия на исполнительные устройства, системы четырёхкоординатной ориентации груза, включающей систему управляемых сервоприводов, позиционирующих груз в проектное положение.

Заключение. Таким образом, предложены метод управления позиционированием груза на гибкой подвеске и структура иерархической САУ для его

реализации, позволяющая позиционировать груз на гибкой подвеске разнообразных грузоподъёмных механизмов в автоматическом режиме.

Приведённые в статье результаты получены при поддержке программы "У.М.Н.И.К." по государственному контракту № 8161р/12658 от 18.06.2010 г.

Библиографические ссылки

1. **Солуянов Ю.М., Паршенцев С.А., Голубенко В.Д.** Устройство для транспортирования и монтажа груза летательным аппаратом // Патент России № 2372252. 2009. Бюл. № 11.

2. **Паршенцев С.А.** Устройство для азимутальной ориентации и стабилизации груза на внешней подвеске летательного аппарата // Патент России № 2307049. 2007. Бюл. № 9.

3. **Фонг Лэ Хи.** Нейросетевая система десантирования грузов транспортного вертолёта в сложных погодных условиях: дис. ... канд. техн. наук. М. 2004. 128 с.

4. **Паршенцев С.А.** Новые авиационные технологии строительства высотных сооружений // Строительный мир. 2005. № 8. С. 11–17.

5. **Современная** прикладная теория управления: Новые классы регуляторов технических систем. Ч. 3: монография [под редакцией А.А. Колесникова]. Таганрог: изд-во ТРТУ, 2000. 656 с.

УДК 621.314.53 ... 621.43.001.6

Ю.М. Чикунов, канд. техн. наук
(ОАО "Завод "Дагдизель", г. Каспийск, Республика Дагестан)
Chikunov_Yuriy@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА МОЩНОСТИ ГРУППОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ И ЕЁ ОЦЕНКА

Приведена методика расчёта группового преобразователя – элемента системы обкаточно-тормозных стендов с рекуперацией электроэнергии в промышленную сеть, – предназначенная для обкатки и испытания двигателей внутреннего сгорания.

Ключевые слова: энергосберегающий метод, групповой преобразователь, система стендов, испытание двигателей внутреннего сгорания.

The calculation methodology of the group converter – a system element of brake running in stands with the electric power recuperation in an industrial network – intended for running in and test of internal combustion engines is adduced.

Key words: energy-efficient method, the group converter, stands systems, the test of internal combustion engines.

Введение. Разработанная на заводе "Дагдизель" (г. Каспийск, Республика Дагестан) энергосберегающая система обкаточно-тормозных стендов (ОТС) состоит из группы тормозных устройств и группового преобразователя (ГПР) [1–3]. Каждое тормозное устройство (ТУ) постоянно подключено к ГПР и функционирует независимо. Напрашиваются вопросы о том, как рассчитать его мощность и где целесообразнее всего использовать систему ОТС. Чтобы на них ответить, рассмотрим технологический процесс обкатки и испытания двигателя внутреннего сгорания.

Основная часть. Технологический процесс состоит из холодной обкатки, горячей обкатки без нагрузки, горячей обкатка под нагрузкой и приёмо-сдаточных испытаний. Также необходимо учесть вспомогательные технологические операции (транспортирование ДВС к месту обкатки, монтаж и демонтаж его на испытательном стенде).

На рис. 1 изображена энергетическая диаграмма технологического процесса обкатки и испытания ДВС, где $t_п$ – время подготовки; $t_{хо}$ – время холодной обкатки; $t_{гб}$ – время горячей обкатки без нагрузки; $t_{гн}$ – время горячей обкатки под нагрузкой; $t_и$ – время испытания; $t_д$ –время демонтажа ДВС с ОТС.

Согласно нормативно-техническим документам [4, 5] обкатка и испытание ДВС, проводимая на ОТС, осуществляется при ступенчатом повышении нагрузки и частоты вращения. Обозначим продолжительность i-й ступени как t_i (см. рис. 1).

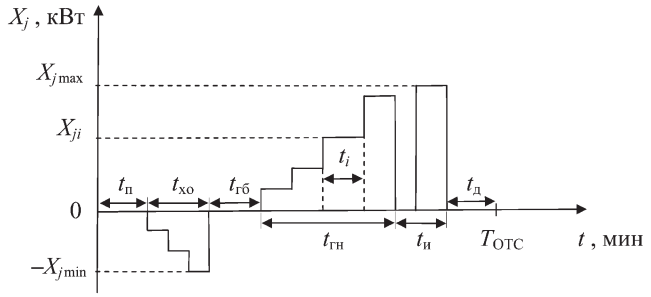

Рис. 1. Энергетическая диаграмма технологического процесса обкатки и испытания двигателя внутреннего сгорания, проводимых на *j*-м обкаточно-тормозном стенде:
X_j – генерируемая (потребляемая) мощность тормозного устройства

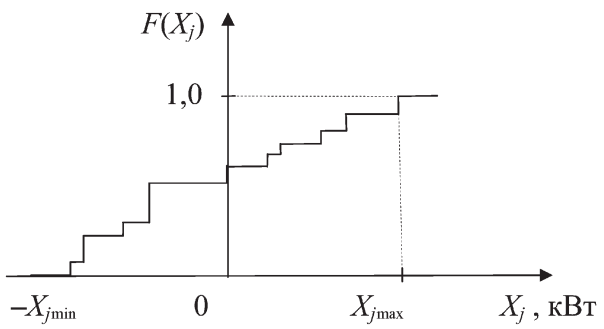

Рис. 2. График функции распределения электрической мощности $F(X_j)$ *j*-го тормозного устройства системы обкаточно-тормозных стендов:
$X_{j\min}$, $X_{j\max}$ – минимальные и максимальные значения мощности *j*-го тормозного устройства

Тогда время нахождения ДВС на ОТС запишется в виде

$$T_{ОТС} = \sum_i t_i .$$

Вероятность появления *i*-й ступени за время $T_{ОТС}$ определяется выражением

$$p_i = t_i / T_{ОТС} , \text{ причём } \sum_i p_i = 1.$$

Для дискретного вариационного ряда электрической мощности X_j *j*-го тормозного устройства, получаемой при обкатке и испытании ДВС, функция распределения $F(X_j)$ имеет вид ломаной линии (рис. 2), отрезки которой соединяют точки с координатами $[X_{ji}; F(X_{ji})]$.

Математическое ожидание (среднее значение) электрической мощности ТУ вычисляется по формуле

$$M(X_j) = \sum_i X_{ji}\, p_i ,$$

где X_{ji} – мощность *i*-й ступени *j*-го тормозного устройства.

Среднеквадратичное отклонение от величины $M(X_j)$ имеет вид

$$\sigma_{X_j} = \sqrt{\sum_i [X_{ji} - M(X_j)]^2 p_i} .$$

Испытательные станции моторостроительных и специализированных ремонтных предприятий включают *n* стендов. Поэтому математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение дискретной случайной величины *X*, генерируемой (потребляемой) группой тормозных устройств (ГТУ), запишутся в виде

$$M(X) = \sum_{j=1}^{n} M(X_j); \quad \sigma_x = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \sigma_{X_j}^2} . \qquad (1)$$

Формула (1) не отражает неравномерность работы обкаточно-тормозных стендов в течение рабочей смены.

Для учёта этого условия введём коэффициент максимума $K_м$, или, как его ещё называют, коэффициент неравномерности, зависящий от числа ОТС, распределения их мощности и режима работы, а также коэффициент эффективного числа испытываемых ДВС – $n_э$, определяемый формулой

$$n_э = \frac{\left[\sum_{j=1}^{n} X_{j\max}\right]^2}{\sum_{j=1}^{n} X_{j\max}^2} = \frac{X_{\max}^2}{\sum_{j=1}^{n} X_{j\max}^2} ,$$

где $X_{\max}$ – максимальная мощность, генерируемая ГТУ в процессе обкатки и испытания.

С достаточной для практики точностью можно считать коэффициент максимума $K_м$ функцией только двух величин; эффективного количества ТУ и коэффициента использования ОТС, т.е.

$$K_м = F(n_э;\ K_и) .$$

Аналогичная зависимость для определения мощности трансформаторной подстанции подробно исследована для цеховых электроприёмников в работе [6].

Обработка числовых значений $K_м$ методами математической статистики позволила выразить зависимость коэффициента максимума формулой

$$K_м = 1 + \left[\frac{1}{K_и} - 1\right] \times$$

$$\times \left[2{,}6\sqrt{K_и} + (1 - 2{,}6\sqrt{K_и})\, e^{\frac{1-n_э}{2{,}6\sqrt{K_и}}}\right] n_э^{-0{,}75} .$$

Данная формула действительна при любом эффективном числе тормозных устройств (от 1 до ∞) и при коэффициентах использования от 0,1 до 1,0, отклонение нормативных значений $K_м$ от формулы не превышает ±6 %.

Как правило, при $n_э \le 4$ без увеличения этих отклонений используется упрощённая формула

$$K_м = 1 + 2{,}6\sqrt{K_и}\left(\frac{1}{K_и} - 1\right) n_э^{-0{,}75}.$$

Чтобы воспользоваться данной зависимостью, приведём формулу для определения коэффициента использования j-го ТУ:

$$K_{и\,j} = M(X_j) / X_{j\max}. \qquad (2)$$

Для группы независимых n ТУ различной мощности общий коэффициент использования запишется в виде

$$K_и = \frac{\sum_{j=1}^{n} K_{и\,j} X_{j\max}}{\sum_{j=1}^{n} X_{j\max}}.$$

Расчётная мощность группового преобразователя имеет вид

$$Y_{ГПР} = M(X)\, K_м. \qquad (3)$$

Допустим, что ГТУ состоит из n одинаковых тормозных устройств, на которых проводят обкатку и испытание однотипных двигателей по одной и той же программе. Тогда формулу (3) можно представить в виде

$$Y_{ГПР} = M(X_j) K_м\, n, \quad \text{причём} \quad n = n_э. \qquad (4)$$

Проанализируем полученную формулу. Первый сомножитель является постоянным значением для каждого типа ДВС и определяется нормативными документами по их обкатке и испытанию (РТМ 70.0001.078–82, инструкциями и т. д.).

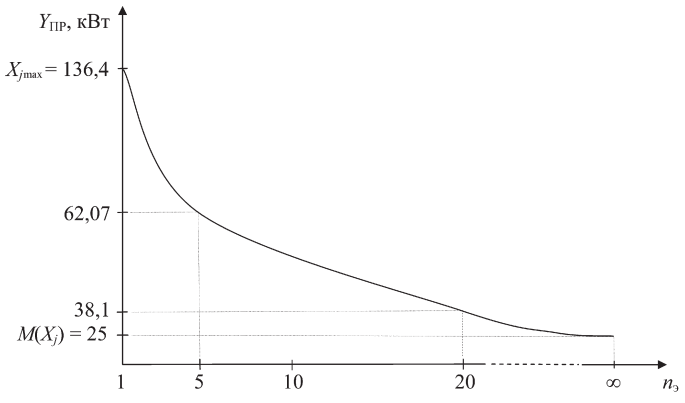

Рис. 3. Зависимость относительной мощности j-го преобразователя для обкатки и испытания автотракторного двигателя ЯМЗ-238НБ от эффективного количества стендов $n_э$

В случае, если $M(X_j) = 0$, то в уравнениях (2) и (4) следует заменить $M(X_j)$ на σ_{Xj}. Тогда перечисленные выше уравнения примут вид

$$K_{uj} = \sigma_{Xj} / X_{j\max}, \quad Y_{ГПР} = \sigma_{Xj} K_м \sqrt{n}. \qquad (5)$$

Второй и третий сомножители выражения (5) являются взаимозависимыми. Для определения относительной мощности $Y_{ПР}$ j-го преобразователя, соответствующего каждому j-му тормозному устройству, преобразуем формулу, разделив обе части на n.

Тогда

$$Y_{ПР} = Y_{ГПР} / n = M(X_j)\, K_м$$

или

$$Y_{ПР} = M(X_j)\, F(n_э;\ K_и).$$

Величины $M(X_j)$, $K_и$ являются для каждого типа ДВС постоянными и определены в работах [4, 5]. В них указан порядок и время загрузки двигателя. Эффективное число обкаточно-тормозных стендов $n_э$ устанавливается из расчёта загрузки ремонтного или моторостроительного предприятия [7].

На рис. 3 показана зависимость $Y_{ПР}$ от $n_э$ при $K_и = 0{,}18$. Из графика видно, что чем больше количество стендов в системе, тем меньше требуется установленная мощность преобразователя на единицу ОТС.

Вывод. На основании сказанного выше можно сделать вывод о том, что систему ОТС целесообразно применять на моторостроительных заводах и специализированных ремонтных предприятиях.

Использование энергосберегающей системы на моторостроительном заводе "Дагдизель" позволило снизить общую стоимость стендов и увеличить количество рекуперируемой электроэнергии на нужды предприятия.

Библиографические ссылки

1. **Чикунов Ю.М.** Устройство и принцип действия системы обкаточно-тормозных стендов // Автотранспортное предприятие. 2011. № 6. С. 46–47.

2. **Чикунов Ю.М.** Стенд для испытания двигателя внутреннего сгорания // Патент России № 2044294. 1995. Бюл. № 26.

3. **Чикунов Ю.М.** Стенд для испытаний двигателей внутреннего сгорания // Патент России № 2039348. 1995. Бюл. № 19.

4. **РК 200-РСФСР-2/1-2018–80.** Руководство по капитальному ремонту. Двигатели ЯМЗ модели 236-238-240. 236.10.00.000 РК. Приёмосдаточные испытания. 4.2. Сборка, регулировка и испытания. Министерство автомобильного транспорта РСФСР. Техническое управление. М.: Транспорт, 1981. 48 с.

5. **Руководящий** технический материал. Обкатка и испытания тракторных и комбайновых дизелей на ремонтных предприятиях госкомсельхозтехники. РТМ 70.0001.078–82 . М.: ГОСНИТИ, 1983. 94 с.

6. **Электрические** нагрузки промышленных предприятий / С.Д. Волобринский, Г.М. Каялов, П.Н. Кляйн и др. Л.: Энергия, 1971. 326 с.

7. **Проектирование** авторемонтных предприятий / Л.В. Дехтеринский, А.А. Абелевич, В.И. Карагодин и др.: учеб. пособие. М.: Транспорт, 1981. 218 с.

УДК 519.688

Ю.И. Еременко, д-р техн. наук, проф., **И.В. Мельникова, А.А. Шаталов**
(Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова)
i-melnikova@mail.ru

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЯ ИЗ ЭЛЕКТРОННОГО АРХИВА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА БАЗЕ ИММУННОГО АЛГОРИТМА МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ CLONALG

Представлена процедура практической реализации системы извлечения знаний из электронного архива проектной документации. Предлагается способ описания проектов, базирующийся на алгоритме бинарной классификации. Рассматривается применение клонального алгоритма для решения задачи мультимодального поиска при отсутствии единственного решения.

Ключевые слова: извлечение знаний, электронный архив, проектная документация, клональный алгоритм.

Practical implementation procedure of the knowledge extraction system from the electronic archive of the designed documentation is introduced. Projects description method based on the binary classification algorithm is proposed. The clone algorithm application for task solving of multimodal search in the absence of the sole solution is considered.

Kew words: knowledge extraction, electronic archive, designed documentation, clone algorithm.

Введение. Современные информационные технологии, предоставляя мощные средства для обработки данных, пока не могут предоставить столь же обширные возможности работы с информацией и информационными ресурсами. Для возможности продуктивной работы нужны данные, превращенные в информацию, представленную в виде знаний.

В работе [1] утверждается, что "существующую проблему отбора информации уже давно пытаются решить путем создания универсальных или специализированных информационно-поисковых систем. В результате опережающего развития технологий поиска по сравнению с методиками работы с семантической информацией образовался заметный разрыв между техникой работы с данными (поиском) и способностью работать с содержанием, заложенным в этих данных.

Опираясь на интуицию, эксперты приходят к выводу о порочности нынешней ситуации, но о каком-либо серьезном переосмыслении проблем извлечения из данных информации пока речь не идет".

Одним из современных решений для повышения эффективности работы с информационными ресурсами являются электронные архивы. Несколько особняком стоят в этой области архивы проектно-конструкторской документации.

Архивы проектной и конструкторской документации являются одним из итогов многолетней деятельности предприятий, разрабатывающих и производящих схожие изделия и объекты. В одном из выпусков журнала CADmaster говорится, что за годы работы стоимость архива организации может превысить стоимость всех остальных её активов.

В отличие от хорошо развитых систем хранения и обработки текстовых документов создание современных электронных архивов инженерной документации находится в начальной стадии. Сохранение наработок и использование их в дальнейшем позволит значительно сократить сроки создания проектов, повысить качество проектирования за счёт использования уже готовых проектных решений.

Однако современная конструкторская и проектная документация имеет такое представление, что понять её зачастую можно, только визуально просматривая. Поиск соответствующей информации также в большинстве случаев осуществляется визуально и требует значительных временных затрат. А ведь именно от эффективности и производительности поисковых систем зависит превратятся ли в

знания многочисленные разрозненные данные, накапливаемые в разнообразных электронных архивах.

Имеется большое количество как коммерческих, так и индивидуальных систем работы с документацией и систем поиска документальной информации. Однако все предлагаемые при этом подходы базируются на гипертекстовом поиске. Для проектных же архивов, содержащих преимущественно документацию в закрытом формате Autocad, текстовый поиск неприменим. Все известные ориентированные на проектные архивы системы являются системами проектного документооборота и рассчитаны на крупные организации и КБ. Авторам известно всего лишь одно диссертационное исследование, посвящённое непосредственно поиску проектов в проектно-конструкторском архиве, осуществляемом по стандартным идентификаторам и названиям проектов с применением метода лексических онтологий [2].

Постановка задачи исследования. Для успешного проведения такого исследования необходимо разработать систему классификации и кодирования информации, позволяющую описывать и систематизировать разнородные данные, относящиеся к объекту, а также эффективную методику поиска объектов с аналогичными классификационными характеристиками.

Наиболее используемым, по сравнению с прочими, является алгоритм бинарной классификации. Это объясняется, в первую очередь, его универсальностью [3]. Разработав систему классификации тех признаков объекта, по которым будет впоследствии производиться их поиск, и поставив в соответствие хранимому объекту бинарную последовательность, каждой позиции которой соответствует наличие или отсутствие тех или иных характеристик объекта, мы получим каталог объектов в виде файла сигнатур объектов.

Это даёт возможность избежать всех недостатков и ограничений гипертекстового документального поиска применительно к проектно-конструкторской документации. В такой постановке задача сводится к поиску в полученном файле бинарных последовательностей последовательности, наиболее соответствующей искомой. Целевая функция будет мультимодальна, так как заданный набор признаков может встречаться у нескольких объектов. При этом может идти речь только о степени схожести полученных решений, т. е. аналогов искомого проектного решения. Это обусловлено спецификой реализации конкретных проектных решений. Принято условное разделение проектов по типу "изделие" или "объект". Проект типа "объект", например, привязан к конкретному месту размещения. Это рельеф, коммуникации, характеристики грунта и т. п. Если целью поиска является нахождение проектов, наиболее близких к разрабатываемому, то единственным, абсолютно идентичным решением в этом случае мог бы быть только сам искомый проект. В то же время, при поиске частного проектного решения, мы получим некое множество подобных решений при различных условиях привязки.

Задача обработки накопленной в ходе деятельности предприятия документации и извлечения из неё знаний является классической задачей Data Mining (извлечения знаний). Из всех методов исследования данных в Data Mining наиболее отвечающим поставленной задаче представляется бурно развивающийся в последнее время аппарат иммунных сетей.

Иммунные сети являются естественным продолжением практики применения механизмов биологических систем для решения множества задач в широкой области приложений. Перспективы применения иммунных алгоритмов в системах Data Mining рассматривались ещё в базовых работах L.N. De Castro и F.J. Von Zuben [4]. Процессы, происходящие при обработке информации естественными системами и принципы их функционирования, поражают своей эффективностью, экономичностью и быстродействием и имеют огромный потенциал развития [5].

Основными алгоритмами мультимодального параллельного поиска являются иммунные сети aiNet и модифицированный алгоритм CLONALG [6]. Клональный алгоритм строит своё решение на основе перебора многочисленных вариантов последовательностей из n-переменных системы и отбора, лучших из них, показывая согласно исследованиям лучшие результаты по сравнению с генетическими алгоритмами.

Разработка теоретических основ применения клонального алгоритма. Способность иммунной системы человека вырабатывать новые типы антител и отбирать наиболее подходящие из них для взаимодействия с попавшими в организм антигенами с математической точки зрения можно трактовать как задачу оптимизации мультимодальной функции, имеющую кратное (не единственное) решение.

Предложенный алгоритм обеспечивает возможность глобального параллельного поиска оптимальных решений. При этом антиген можно рассматривать как задачу, которую необходимо решить, а кандидаты на её решение моделируются

посредством популяции антител иммунной системы, каждый элемент которой представляет собой точку в пространстве поиска оптимального решения. Степень соответствия антитела антигену определяется с помощью специальной функции аффинитета (affinity), основываясь на значениях которой и иммунных операторах, создаётся очередная генерация популяции антител в рамках итеративного процесса. Иммунный алгоритм параллельного поиска может одновременно хранить несколько векторов поиска для нахождения кратных решений. Для этого вводится индекс разнообразия, а вектор приближений сохраняется аналогично механизму поддержания клеток памяти в иммунной системе. Классическая реализация данного алгоритма изображена на рис. 1.

Рис. 1. Алгоритм клонального отбора

Будем рассматривать имеющийся набор бинарных последовательностей, описывающих проекты в качестве антител. Как правило, любой проект состоит из некой совокупности проектных решений. Антигеном x будем называть бинарную последовательность, соответствующую набору проектных решений искомого проекта. Степенью схожести проектов между собой являются аффиности ax_v и $ay_{v,w}$. Пусть также В-лимфоциты c_v – массив значений проектных решений, из которого исключаются наименее подходящие; e_v — масштаб выработки, определяющий удаляемые проекты.

Обобщённый алгоритм поиска можно представить следующим образом:

1. На первом этапе *распознается антиген*. В качестве антигена выступает бинарная последовательность, описывающая проект, аналоги которого требуется найти. Этот этап соответствует определению задачи оптимизации, а сформированный антиген представляет собой критерий оптимизации.

2. Далее вырабатываются антитела, т. е. ищутся уже имеющиеся бинарные последовательности – антигены. Это соответствует "вспоминанию" успешного решения, т. е. выполненных ранее проектов. Для определения набора В-лимфоцитов, индуцирующих наиболее подходящие антитела, *вычисляются функции аффинитета*:

аффинность антител для каждой пары антител

$$ay_{v,w} = \frac{\sum_{i=1}^{M} S_i}{\sum_{j=1}^{M}\sum_{i=1}^{S} p_{ij}}, \qquad (1)$$

где M – количество бит в бинарной последовательности; S – количество готовых проектов-антител; S_i – вероятность равенства i-го бита (отдельной работы, выполняемой в проекте) текущего антигена единице; p_{ij} – вероятность равенства i-го бита текущего антигена i-у биту j-го антигена и аффинность антитела к антигену

$$ax_v = \mathrm{opt}_v, \qquad (2)$$

где величина opt_v характеризует силу связи между возможным решением-антителом и искомым проектом-антигеном и является результатом логического умножения соответствующих бинарных последовательностей с вычисленным для них количеством значащих бит результата, т. е. искомыми видами проектных решений, входящих в состав проекта.

При этом сохраняются номера единичных бит антигена, соответствующих единичным битам антитела, т. е. найденными аналогами искомых работ проекта. Полученные на этом этапе антитела и являются возможными кандидатами на оптимальное решение.

3. Затем происходит *дифференцировка лимфоцитов* или выбор подходящих решений для следующего этапа поиска. Здесь некоторые В-лимфоциты становятся клетками памяти, а также супрессорными клетками, необходимыми для отсеивания из-

лишних кандидатов на решение. Выбор этих В-лимфоцитов определяется следующей формулой:

$$c_v = \frac{1}{N}\sum_{w=1}^{N} ac_{v,w} > T_c,$$
$$ac_{v,w} = \begin{cases} 1, & \text{если } ay_{v,w} \ge T_{ac1}; \\ 0 & \text{иначе } ay_{v,w} < T_{ac1}, \end{cases} \quad (3)$$

где T_c – пороговое значение для В-лимфоцита;

T_{ac1} – пороговое значение для антигена.

4. *Размножение и подавление антител.* Ожидаемый масштаб e_v выработки антител задается формулой

$$e_v = \frac{ax_v \prod_{s=1}^{S}(1 - as_{v,s})}{c_v \sum_{i=1}^{N} ax_i}, \quad (4)$$
$$as_{v,s} = \begin{cases} ay_{v,s}, & \text{если } ay_{v,s} \ge T_{ac2}; \\ 0 & \text{иначе } ay_{v,s} < T_{ac2}. \end{cases}$$

Соотношение (4) регулирует концентрацию и разнообразие проектов-аналогов (антител) в популяции лимфоцитов. Антитело, приобретающее наиболее высокий аффинитет к искомому проекту-антигену, размножается, но при этом подавляется размножение антител, концентрация которых слишком велика. Это служит для поддержания разнообразия направлений поиска и отслеживания локальных максимумов.

5. *Размножение антител*. При появлении нового проекта-антигена происходит образование новых лимфоцитов вместо старых антител-проектов, удаляемых на предыдущем шаге. Это дает иммунному алгоритму возможность генерировать разнообразие антител на основе генетических операторов репродукции, например, под действием операторов мутаций или скрещивания. Результатом является более высокая по сравнению со случайной генерация антител. Полученная в итоге разнообразная выборка аналогов искомого проекта позволяет охватить больший спектр возможных решений.

Более детально программная реализация алгоритма поиска описана в работе [7].

Структура компьютерной системы. Программный интерфейс. Для упорядочения архива была разработана система классификации проектов, представляющая собой объединение фасетной и иерархической систем классификации (рис. 2).

Обобщённый алгоритм работы системы представлен на рис. 3.

Разработка производилась в среде программирования Microsoft Visual C#2008Express Edition. При реализации базы данных использовалась СУБД MS SQL Server 2008 Express Edition. При входе в систему происходит аутентификация пользователя. Далее у пользователя есть выбор из нескольких вариантов дальнейших действий: работа с классификатором, работа со справочниками, работа с проектами, просмотр и изменение информации в подборке проектов, поиск информации.

При выборе работы с классификатором выводится окно, в котором отображается дерево классификатора. Для построения дерева классификатора средствами реляционной СУБД был разработан рекурсивный алгоритм, приведённый на рис. 4.

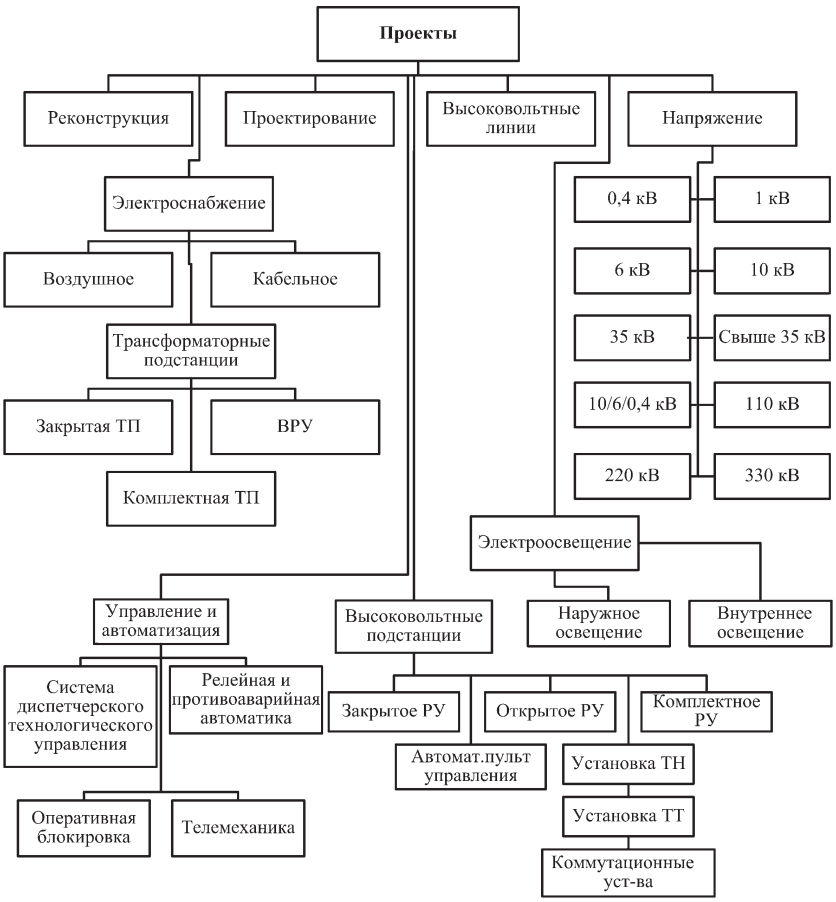

Рис. 2. Система классификации проектных работ ЗАО "ПроектЭлектромонтаж"

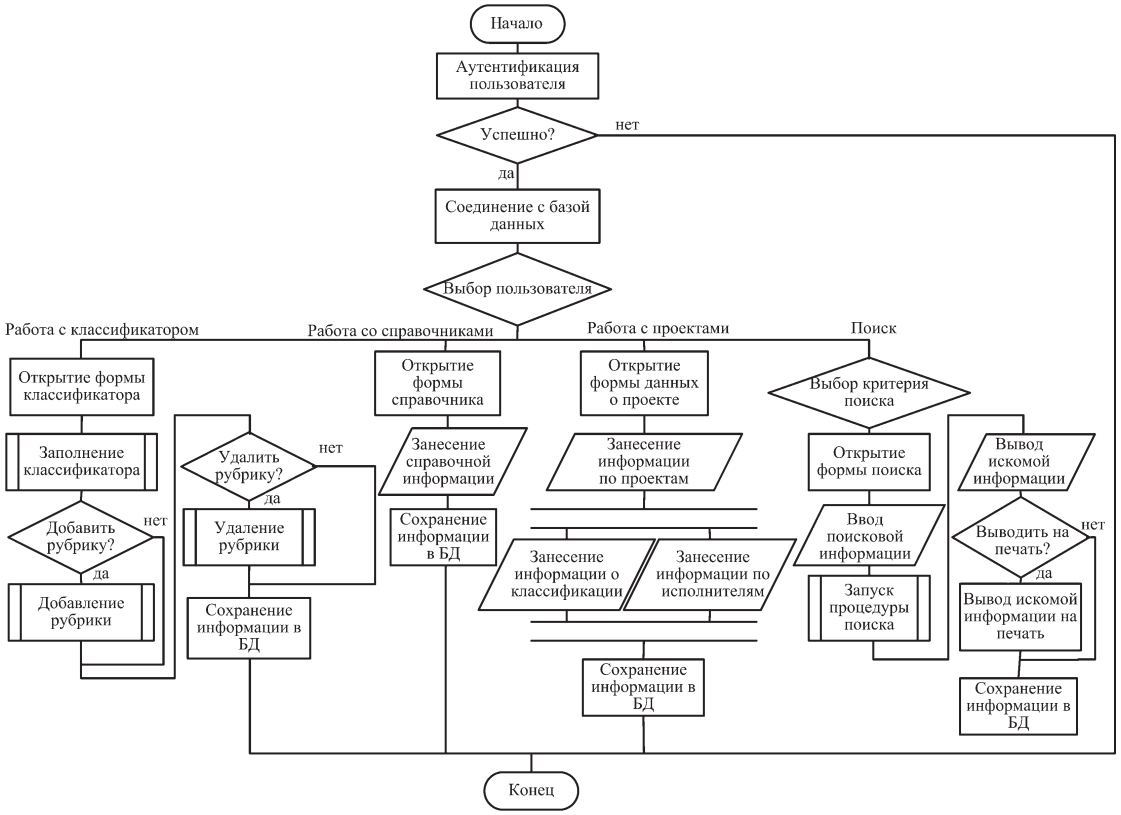

Рис. 3. Обобщённый алгоритм работы системы

Интерфейс главной формы системы представлен на рис. 5. На панели "Меню" главной формы имеются следующие кнопки: "Классификатор"; "Проекты", "Справочники"; "Поиск".

В меню "Справочники" находятся кнопки доступа к справочной информации: "Сотрудники", "Города", "Улицы", "Организации".

При выборе варианта работы со справочниками на экран выводится окно, содержащее выбранный справочник (города, сотрудники, организации).

При выборе работы с проектами имеется возможность добавлять и корректировать проекты, а также создавать два вида подборок проектов: "Подборка пользователя" может содержать справочные материалы, виды расчетов и т. п., а текущая – выборку найденных при первичном поиске проектов. Формы отображения этих подборок иден-

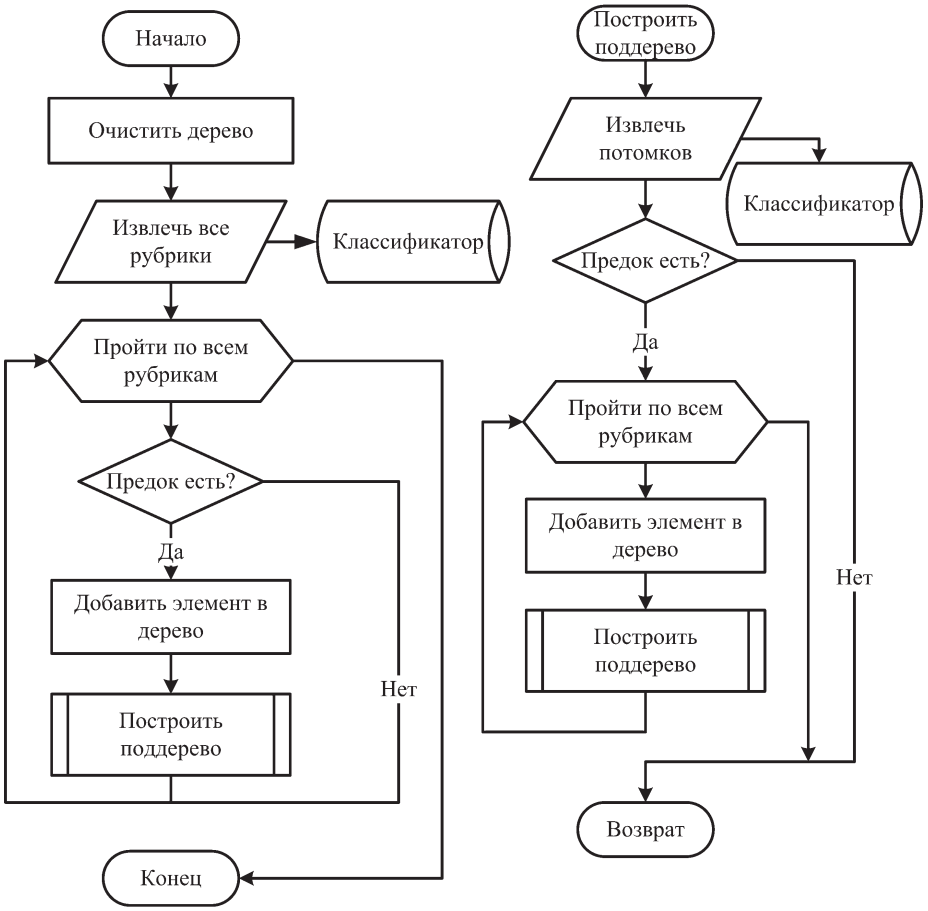

Рис. 4. Алгоритм заполнения дерева классификатора

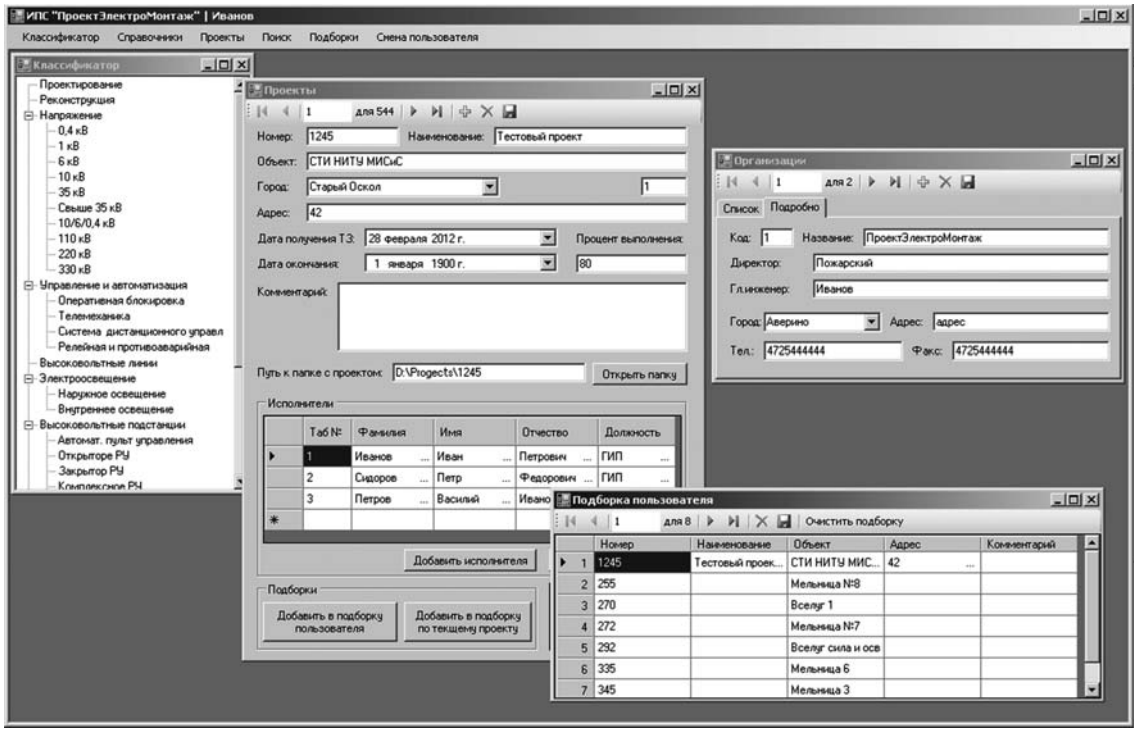

Рис. 5. Общий вид программного интерфейса

тичны. В нижней части окна для каждого проекта выводятся исполнители и кнопка вызова классификатора. Все внесенные изменения автоматически заносятся в базу данных.

Также реализовано несколько вариантов поиска проектов: по исполнителю, объекту, городу и классификатору. У этой формы имеется дочерняя форма с деревом классификатора, используемым для просмотра и добавления поисковых кодов классификации проекта.

В меню "Поиск" (рис. 6) находятся кнопки выбора параметров поиска.

Меню классификатор выводит на экран окно с деревом классификации проектов (рис. 7). Пользователь имеет возможность добавлять или удалять рубрики классификатора. Окно поиска по классификатору приведено на рис. 8. Здесь возможен выбор области поиска по всей базе проектов, либо в подборке пользователя по текущему проекту, а также выбрать степень чувствительности поиска. Форма вывода результатов поиска также приведена на рис. 5.

Заключение. Предлагаемый метод описания и бинарной классификации объектов позволяет полностью уйти от всех видов текстового документального поиска, слабо применимого к мультимедийной и графической информации.

Разработанный программный комплекс является примером реализации системы извлечения знаний из

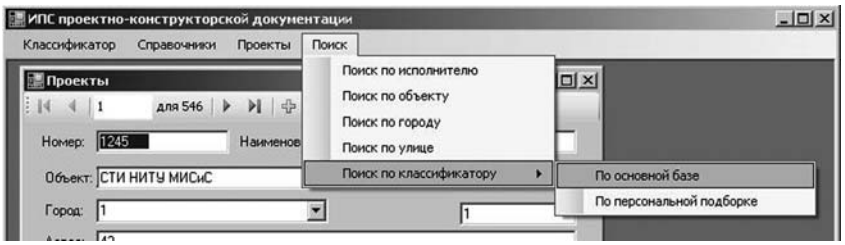

Рис. 6. Выбор типа поиска

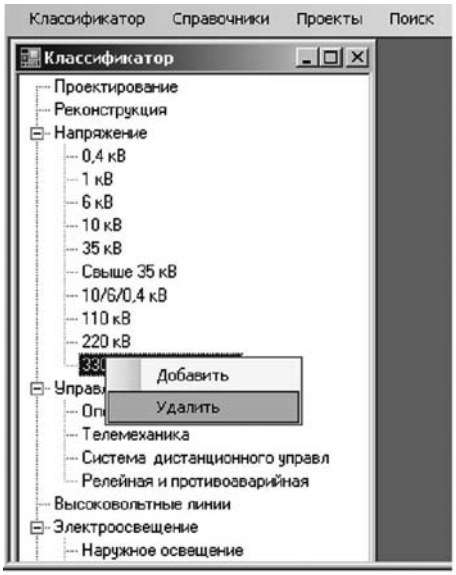

Рис. 7. Работа с классификатором

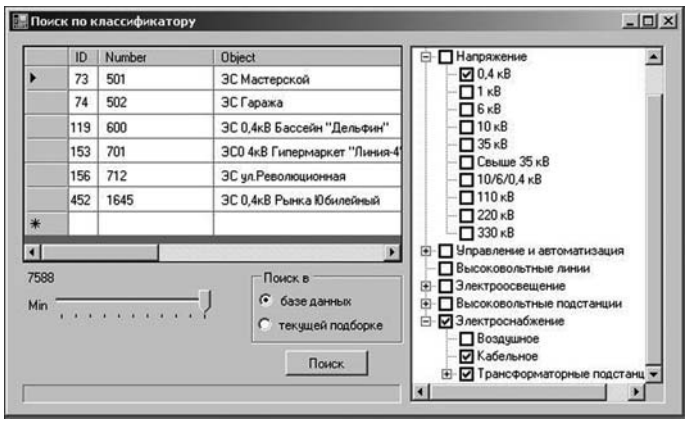

Рис. 8. Поиск по классификатору

архива проектной документации. Система не имеет размерных ограничений как по числу проектов, так и по числу позиций классификатора. Это позволяет легко корректировать и расширять перечень классификационных характеристик. Может производиться поиск как аналогичных проектов в целом, так и отдельно взятых локальных проектных решений.

Привязка системы к конкретной предметной области обусловливается только разработкой соответствующей системы классификации хранимых объектов. Иммунный же поисковый алгоритм, одним из главных достоинств которого являются его скоростные характеристики, способен легко справиться с весьма значительными объемами информации.

Библиографические ссылки

1. **Федотов А.М., Барахнин В.Б.** Проблемы поиска информации: история и технологии // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2009. Т. 7. Вып. 2. С. 3–17.

2. **Бодров Д.А.** Диалоговые алгоритмы поиска и навигации в автоматизированной системе текстового документооборота металлургического предприятия: дис. ... канд. техн. наук. М.: 2007. 130 с.

3. **Мельникова И.В.** Использование иммунных алгоритмов для решения задачи поиска в каталоге данных систематизированных с применением бинарной классификации. Центр научной мысли (г. Таганрог). ISBN 978-5-9973-1328-9. Наука в современном мире // Материалы V МНПК (22 марта 2011 г.) [под ред. Г.Ф. Гребенщикова]. М.: Компания Спутник+, 2011. 613 с.

4. **de Castro L.N., Von Zuben F.J.** Artificial immune systems: Part II – A survey of application. State Univ. Campinas, Campinas, Brazil, Tech. Rep. RT DCA 02/0065 (2000). URL: http://neuro.bstu.by/ai/To-dom/My_research/Papers-0/Etc-done/rtdca0200 (дата обращения: 11.11.2013).

5. **Julie Greensmith.** New Frontiers For An Artificial Immune System Digital Media Systems Laboratory, HP Laboratories Bristol, HPL-2003-204, October 7th , 2003*. Los Alamitos, CA, USA, 2002. IEEE Computer Society. URL: http://ima.ac.uk/hapers/greensmith2003 (дата обращения 10.07.2013).

6. **de Castro L.N., Timmis J.** An artificial immune network for multimodal function optimization // Proc. IEEE Congress on Evolutionary Computation(CEC). 2002. Vol. 1. P. 699–674. May, Hawaii. (2002). URL: http://neuro.bstu.by/ai/To-dom/My_research/Papers-0/Etc-done/wais02 (дата обращения: 12.11.2013).

7. **Еременко Ю.И., Мельникова И.В., Шаталов А.А.** Применение иммунных алгоритмов для разработки интеллектуальной системы поиска проектных решений в электронном архиве проектной документации // Системы управления и информационные технологии. 2011. № 2 (44). С. 81–85.

Уважаемые авторы и читатели журнала!

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

УДК 004:519.171.2

О.А. Цуканова, С.В. Мальцева, д-р техн. наук, проф.
(НИУ "Высшая школа экономики", г. Москва)
olga.a.tsukanova@gmail.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЛИЯНИЯ В СЕТЕВОМ СООБЩЕСТВЕ

Показана возможность применения графовых моделей при моделировании информационно-ресурсного потенциала сетевого сообщества с учётом диалектики его двойственного представления. Рассмотрены графовые модели сетевого сообщества как совокупности информационных ресурсов, множества аккаунтов пользователей, а также объединённая модель. Описаны варианты развития гипотез распространения маршрутов влияния в моделях управления на графах.

Ключевые слова: графы, мультиграфы, кластеры, аккаунты.

Application possibility of graph models when modeling information and resource capacity of the network community taking into account of its dual representation dialectics is shown. Network community graph models as information resources totality, sets of users accounts, and the integrated model also are considered. Hypotheses spreading development versions of the influence routes in management models on columns are described.

Key words: columns, multigraphs, clusters, accounts.

Введение. При внедрении в практику профессионально-ориентированного сетевого сообщества необходимо регулировать его ресурсный потенциал для качественного развития. При создании методик управления ресурсным потенциалом следует учитывать неотъемлемые характеристики сообщества, как виртуальной социальной структуры: любое профессиональное сетевое сообщество (в статическом представлении) в диалектике двойственного представления. С одной стороны, сетевое сообщество – это сеть аккаунтов, т. е. социальная агентная структура, состоящая из множества взаимосвязанных по разным параметрам аккаунтов пользователей. С другой стороны, сетевое сообщество – это массив информационных ресурсов, который может моделироваться множеством тематических информационных кластеров, представляющих собой информационную структуру сообщества.

В связи с этим актуальной научной задачей является построение моделей, учитывающих как постоянно изменяющееся информационное состояние сетевого сообщества, так и метаморфозы агентной структуры, а также тесную взаимосвязь между ними. Ниже рассматривается применение графовых и мультиграфовых моделей для описания информационно-ресурсного потенциала и отражения взаимосвязи моделей статической структуры агентной и информационной подсистем сетевого сообщества. Под статической структурой понимается состояние сети в определённый интервал времени (или условный момент времени t_i).

Модель информационного пространства состояний. Рассмотрим статическую информационную структуру сети, т. е. совокупность информационных ресурсов сетевого сообщества на определённой эволюционной площадке, в условный момент времени t_0 (в определённом временном интервале). В рамках теории графов такую структуру целесообразно представить одномерным ориентированным сильно связным графом, так как именно эти характеристики обеспечивают доступ к любому ресурсу при возникновении необходимости его привлечения для решения задачи. В соответствии с базовыми положениями теории графов, данная степень связности предполагает существование для двух любых вершин u и v пути из u в v, т. е. существование взаимной связанности и достижимости двух вершин.

Стандартная процедура построения статической графовой модели предполагает необходимость выделения структурных элементов, формирующих объект, и связей между ними.

Если объектом графового моделирования является сетевое сообщество, то его структура будет представлена конечным числом кластеров n. Структурными элементами (узлами) являются тематические кластеры (k_i, $i=1, ..., n$) информационных ресурсов; ребра графа – связи (s_i, $i=1, ..., n$), служащие, например, для консолидированного использования ресурсов, входящих в разные кластеры (составные сегменты) сети.

Модифицируя и уточняя классическое определение графа с учётом входящих в него кластерных образований, можно дать определение статиче-

ской информационной структуры сетевого сообщества (или сетевого сообщества в формате единого информационного ресурса).

Сетевое сообщество в указанном временном срезе – это упорядоченная пара $G:=<K, S>$, где $K=(k_1, k_2, ..., k_n)$ – непустая совокупность тематических непересекающихся кластеров информационных ресурсов в едином информационном ресурсе сетевого сообщества; $S=(s_1, s_2, ..., s_n)$ – множество межкластерных связей.

Кластеры используются для консолидации информационных ресурсов при систематизации информационных ресурсов одной тематики и являются своего рода накопителями однородной информации.

Примером целевого использования связей между кластерами могут служить следующие функциональные возможности:

использование массива информационных ресурсов, формирующего единую базу;

совместное привлечение нескольких тематических кластеров для участия в реализуемом проекте.

На рис. 1 овалами представлены кластеры информационных ресурсов сетевого сообщества, а линиями – связи между кластерами информационных ресурсов различной тематики. Сплошными линиями в данном случае обозначены уже существующие связи между кластерами, штриховыми – потенциально возможные связи.

Таким образом, информационная структура сетевого сообщества представлена совокупностью непустых тематических кластеров и множеством связей между ними.

Модель агентной структуры сетевого сообщества. С точки зрения агентного ресурса сети, сетевое сообщество в отдельный момент времени представлено сетью аккаунтов, постоянно порождающих информационные элементы. Представляя эту сеть в виде графовой модели, необходимо уточнить стандартные элементы графа.

Пусть агентная структура сетевого сообщества в определённый момент времени t_i представлена конечным числом аккаунтов N. В данном случае узлы (вершины) графа целесообразно представить множеством аккаунтов агентов сети (A_j, $j=1, ..., N$). Тогда дуги графа будут представлять собой совокупности связей различных типов между аккаунтами (C_j, $j=1, ..., N$).

Таким образом, в рамках теории графов (на основании базовых определений теории графов и дискретной математики [1]), сетевое сообщество как множество аккаунтов будет представляться мультиграфом, или упорядоченной тройкой

$$G:=<A, C, \varphi>,$$

где $A=(a_1, a_2, ..., a_N)$ – непустая совокупность аккаунтов агентов сетевого сообщества; $C=(c_1, c_2, ..., c_N)$ – множество связей между аккаунтами; φ – функция инцидентности, т. е. отображение $C \to A \times A$.

Замечание [1]: с точки зрения теории графов, если для различных дуг $c_1, ..., c_N$ все значения $\varphi(c_1), ..., \varphi(c_N)$ равны, то возникает "множественная" или "кратная" дуга – множество дуг, отображаемых в одну и ту же пару вершин. Если функция инцидентности φ есть инъекция, мультиграф превращается в обычный ориентированный граф.

На рис. 2 овалами представлены аккаунты агентов сети, а линиями – связи между различными аккаунтами. Различные типы линий здесь отображают различные виды связей между аккаунтами.

Под аккаунтом в данном случае понимаются учётные записи агентов сетевого сообщества, которые можно представить как индивидуальными, так и коллективными пользователями (или же интеллектуальными агентами или роботами).

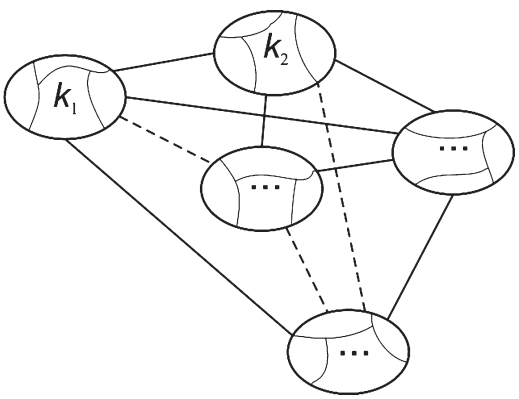

Рис. 1. Представление информационной структуры сетевого сообщества в виде графа в пространстве состояний

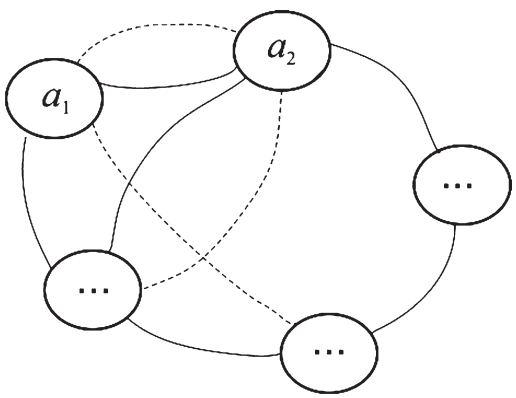

Рис. 2. Представление агентной структуры сетевого сообщества в виде мультиграфа в пространстве состояний

Связи между аккаунтами могут быть различных типов:

родственные отношения между агентами;

информационные отношения – отношения родства "по интересам" (т. е. с точки зрения нахождения в одном информационном кластере).

Таким образом, агентная структура сетевого сообщества представлена совокупностью аккаунтов и множеством связей между ними.

Объединённая модель. Информационная структура сетевого сообщества тесно взаимосвязана с агентной структурой. Множество аккаунтов постоянно порождает информационные элементы, которые привлекают новые аккаунты в сеть. Следовательно, имеет смысл говорить об объединённой информационно-ресурсной модели, полученной методом наложения структур, представленных на рис. 1 и 2.

С точки зрения агентных элементов, принимающих участие в формировании и функционировании различных информационных кластеров, множество аккаунтов схематически представлено на рис. 3.

Если рассматривать модель сообщества (как единого информационного ресурса) с учётом того, что в каждый кластер может входить несколько агентов, т. е. некоторое подмножество A_i множества аккаунтов A, то обобщённая информационно-ресурсная модель примет вид, представленный на рис. 4.

За каждым элементом стоит фактор времени. Кроме того, должны выполняться следующие свойства, характеризующие функционирование сообщества:

$A_i, A_j, \ldots \in A.$

$\cup A_i = A.$

$A_i \cap A_i \neq \varnothing.$

$\cup A_i \equiv \cup K_i$ по информационному параметру.

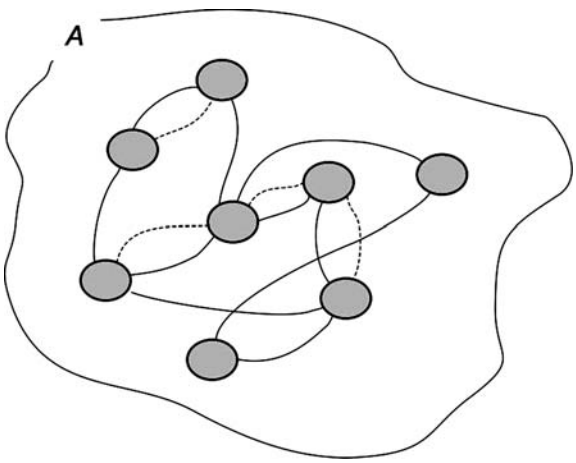

Рис. 3. Множество аккаунтов сетевого сообщества

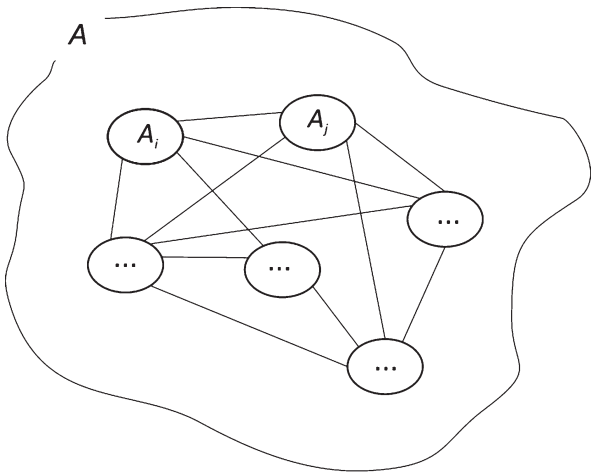

Рис. 4. Обобщённая информационно-агентная модель сетевого сообщества:

A – множество аккаунтов агентов сетевого сообщества; A_i, A_j, ... – некоторые подмножества множества агентов, входящие в различные тематические информационные кластеры

Развитие гипотез распространения маршрутов влияния в моделях управления на графах. В современной научной литературе известны методы влияния в социальных институтах, которые с успехом можно использовать в качестве базовых при моделировании распространения влияния в сетевых сообществах, но с учётом специфики сетевого сообщества, как виртуальной социальной структуры.

В качестве примера можно привести следующие методы:

оптимизационные модели (в частности, модели с порогами, независимых каскадов и др.) [2];

теоретико-игровые модели (в частности, модели взаимной информированности, коммуникаций, согласованности коллективных действий, информационного управления и противоборства и т. п.) [2].

В качестве базовой модели для применения известных методов используется описанная выше объединённая информационно-агентная модель.

Для примера рассмотрим сообщество, в котором:

информационно-ресурсная среда кластеризована по тематическому параметру;

агентная среда представлена графом аккаунтов, которые могут входить в различные тематические кластеры (или в несколько кластеров одновременно).

В первую очередь, следует определить гипотезы о маршрутах распространения влияния в таком сообществе.

Допустим, что X (некоторый представитель сообщества, отдельное лицо или группа) хочет распространить влияние на Y (иной представитель сообщества, индивидуальный или коллективный).

Для определения характера и силы взаимного влияния агентов (участников сетевого сообщества) друг на друга могут использоваться как количественные методы, основанные на математических моделях, так и качественные, базирующиеся на неформализуемых или сложноформализуемых типах взаимоотношений агентов.

В задачах когнитивного моделирования графовая модель объекта называется когнитивной картой, а оценка влияния и взаимовлияния факторов осуществляется на базе определения весов дуг графа.

Таким образом, можно представить следующий алгоритм моделирования и распространения влияния в сетевом сообществе:

построение информационно-ресурсной модели сетевого сообщества;

построение агентной модели сетевого сообщества;

формирование объединённой графовой модели сетевого сообщества в результате совмещения структур информационно-ресурсной и агентной моделей;

выявление зависимостей, характера и степени влияния объектов сетевого сообщества друг на друга на основе, например, определения весов дуг графа;

построение маршрутов распространения влияния в графовой модели на базе выявленных закономерностей и степени взаимного влияния объектов;

наблюдение за текущей ситуацией и реакцией агентов на механизмы влияния и, при необходимости, корректировка методов.

Тогда в качестве гипотез распространения маршрутов влияния можно предложить следующие варианты:

распространение влияния через агентов, одновременно присутствующих и в кластере, включающем X, и в кластере, включающем Y;

распространение влияния на Y через тех агентов X, которые имеют родственные связи в кластере Y;

определение агентов с максимальным влиянием в кластере Y и осуществление X управляющих воздействий через них.

Оценка взаимного влияния элементов структуры сетевого сообщества с помощью определения степеней вершин графа. Рассмотрим произвольный граф (рис. 5), характеризующий некоторое сетевое сообщество, представленное объединённой информационно-агентной моделью (по аналогии со структурой, показанной на рис. 4).

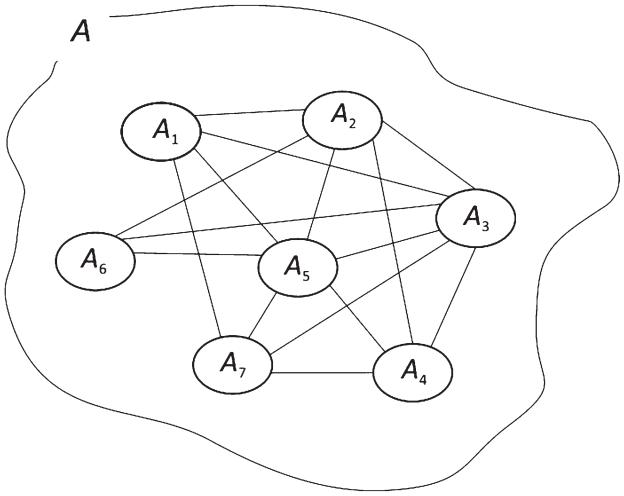

Рис. 5. Произвольная графовая информационно-агентная модель сетевого сообщества

Очевидно, что наглядность геометрического отображения является несомненным достоинством. Но в тех случаях, когда большое количество узлов сложно представить на единой картине стандартного формата, и обработка графической интерпретации, в частности, целого сетевого сообщества может оказаться затруднительной, следует отдавать предпочтение методам теоретического анализа графовых структур и их преобразования.

Одним из таких аналитических ресурсов, пригодных для анализа графовых структур, является метод определения степеней вершин графа.

Для сферы сетевых сообществ данный метод будет трактоваться следующим образом. Выявление узлов графа, имеющих наибольшие степени, позволит определить аккаунты-лидеры, через которых потенциально можно распространить информацию на наибольшее количество иных аккаунтов. Таким образом, для графа аккаунтов (см. рис. 2) примером такой вершины может служить a_2, которая определяет максимальную степень вершин графа $\Delta(G)$. Данный метод применим как к агентной модели сетевого сообщества, так и к объединённой информационно-агентной модели.

Заключение. Для разработанной объединённой информационно-агентной модели сетевого сообщества целевым показателем является степень вершины графа, которая интерпретируется следующим образом. Определение информационного кластера, имеющего наибольшую, с практической точки зрения, степень, позволяет как распростра-

нять информационное влияние на смежные кластеры, так и привлекать информационные ресурсы из смежных кластеров при необходимости решения задач на стыке тематических областей. На рис. 5 таким кластером будет являться A_3. Распространение влияния на смежные кластеры означает, соответственно, распространение влияния также на входящие в них аккаунты, которые, в свою очередь, могут распространить влияние на новые кластеры (в связи с тем, что один аккаунт может входить в несколько кластеров). Таким образом, установлено, что данный метод представляется достаточно корректным при исследовании маршрутов и характера агентного влияния в графовых моделях, отображающих сетевое пространство состояний.

Среди подходов к оценке ситуаций, моделируемых графами, получивших широкое распространение в научной литературе [4–6], следует выделить также построение и анализ матриц смежности и инцидентности графов. Данный метод представляется достаточно показательным при исследовании свойств моделей в общей теории графов. Однако для области социальных сетей и сетевых сообществ его ценность требует подтверждения в рамках отдельного специального исследования.

Библиографические ссылки

1. **Белоусов А.И., Ткачев С.Б.** Дискретная математика: учеб. для вузов [Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко]. 3-е изд. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 744 с.

2. **Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г.** Модели влияния в социальных сетях // Управление большими системами. Вып. 27. М.: ИПУ РАН, 2009. С. 205–281.

3. URL: http://www.ineternum.ru/ineternum/politologiia/kogn/tehn_kogn.htm. / Ю.И. Мовчко. Технология когнитивного моделирования (дата обращения: 06.06.2013).

4. **Старостин Н.В.** Разработка и исследование гибридных методов решения задач проектирования систем и устройств информатики, моделируемых графовыми моделями: дис. ... канд. техн. наук. Н. Новгород: Нижегородский гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, 2001. 147 с.

5. **Краснова А.Ю.** Матрицы инциденций и раскраски графа: дис. ... канд. физ.-мат. наук. СПб: Санкт-Петербургский гос. ун-т, 2009. 87 с.

6. **Беспалов А.А.** Матрицы бинарных отношений и их применение в теории графов: дисс. ... канд. физ.-мат. наук. СПб: Санкт-Петербургский гос. ун-т, 2005. 67 с.

УДК 681.5.015

А.С. Гольцов, д-р техн. наук, проф., **С.А. Браганец, А.В. Савчиц**
(Волжский политехнический институт (филиал Волгоградского технического университета)
artem–savchic@yandex.ru

САМООБУЧАЮЩАЯСЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТКРЫТИЕМ НАПРАВЛЯЮЩЕГО АППАРАТА ГИДРОАГРЕГАТА

Рассмотрены современные системы управления электрогидравлическими преобразователями, использующиеся для открытия направляющего аппарата гидроагрегатов с поворотно-лопастной турбиной. Приведены линейные и нелинейные модели сервомотора направляющего аппарата. Проанализированы рассмотренные модели с точки зрения их практического применения в системах управления и диагностики.

Ключевые слова: направляющий аппарат, электрогидравлический преобразователь, идентификация, принцип максимума Понтрягина, адаптивная система управления, метод инвариантного погружения.

Modern control systems of the electrohydraulics converters used for opening of the Kaplan wicket gate are considered. Linear and nonlinear models of wicket gate servomotor are considered. Considered models are analyzed from the viewpoint of their practical application in control and diagnostic system.

Key words: wicket gate, electrohydraulics converters, identification, the Pontryagin maximum principle, adaptive control system, invariant immersion method.

Стандарты, регламентирующие качество электроэнергии, предъявляют довольно жёсткие требования к поддержанию заданной частоты тока и колебаний напряжения, подаваемого в сеть (изменение частоты должно варьироваться в пределах ±0,1 %). Существующие системы управления гид-

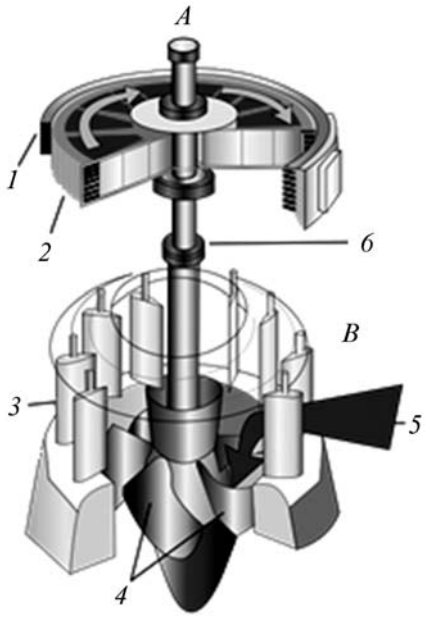

Рис. 1. Схема гидроагрегата с поворотно-лопастной турбиной:
A – генератор; *B* – гидротурбина; *1* – статор; *2* – ротор; *3* – лопатки направляющего аппарата; *4* – лопасти рабочего колеса; *5* – поток воды; *6* – вал турбины

роагрегатами, на данный момент, не отвечают указанным выше требованиям.

В гидроэнергетике наибольшее распространение получили поворотно-лопастные турбины (рис. 1), которые установлены на Волжской ГЭС.

Одним из важнейших узлов гидроагрегата, является система управления открытием направляющего аппарата (НА), позволяющая регулировать мощность гидроагрегата. Основной элемент данной системы – электрогидравлический преобразователь (ЭГП) (рис. 2), состоящий из электромагнита, главного золотника и сервомотора. Перемещением штока поршня сервомотора $y(t)$ ЭГП управляет золотник. Перемещение штока золотника $x(t)$ осуществляется совместным действием силы N, создаваемой электромагнитом, и силой упругости пружины. Движущая сила электромагнита формируется с помощью электронного блока ЭГП (на рис. 2 не показан) пропорционально сигналу рассогласования между требуемым перемещением поршня сервомотора (задает регулятор мощности) и реальным перемещением штока поршня (измеряют с помощью датчика и передают по цепи обратной связи).

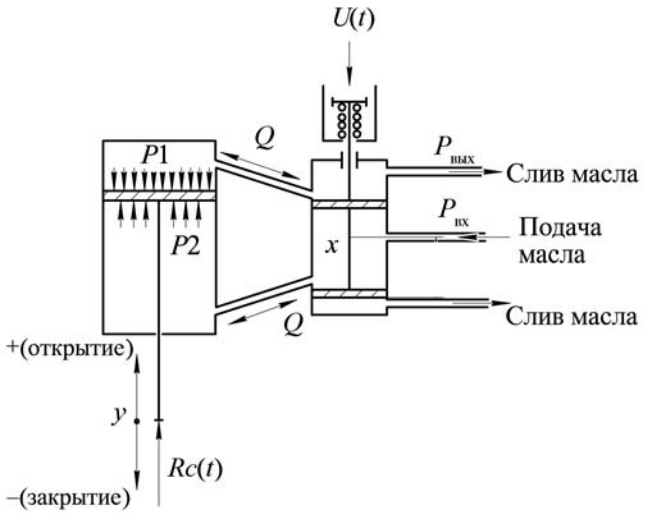

Рис. 2. Упрощённая схема электрогидравлического преобразователя направляющего аппарата

Точность управления и надёжность работы данного узла влияют на работу гидроагрегата в целом. В существующей системе для настройки регуляторов используются упрощённые линейные модели в виде передаточных функций с постоянными параметрами, в то время как данный узел является нелинейным и нестационарным. Также при разработке линейных моделей приняты допущения, указывающие на отсутствие нагрузки на штоке сервомотора, хотя данная нагрузка является одной из главных составляющих сил, действующих на узел ЭГП.

Кроме того, гидроагрегат является многорежимным объектом, параметры которого зависят от текущего режима. Поэтому в существующей системе управления реализованы несколько подрежимов, для каждого из которых используются собственные настройки регулятора. Однако при работе системы в режимах, отличных от расчётных, регулятор не обеспечивает требуемого качества регулирования. На рис. 3 представлена погрешность открытия створок направляющего аппарата относительно заданного значения, формируемого регулятором мощности при пуске гидроагрегата № 22 Волжской ГЭС.

На рис. 3 показано, что максимальное перерегулирование составляет 13 % от максимального открытия направляющего аппарата, а статическая ошибка составляет приблизительно 1 % от максимального открытия направляющего аппарата.

Для повышения качества работы системы управления и выявления отказов на ранних стадиях предложена адаптивная система управления и диагностики состояния сервомотора НА. При данном методе в цепь обратной связи включены самообучающиеся модели процессов, происходящих в ЭГП. По полученным оценкам параметров моделей на каждом шаге рассчитываются оптимальные настройки ПИ-регулятора [1].

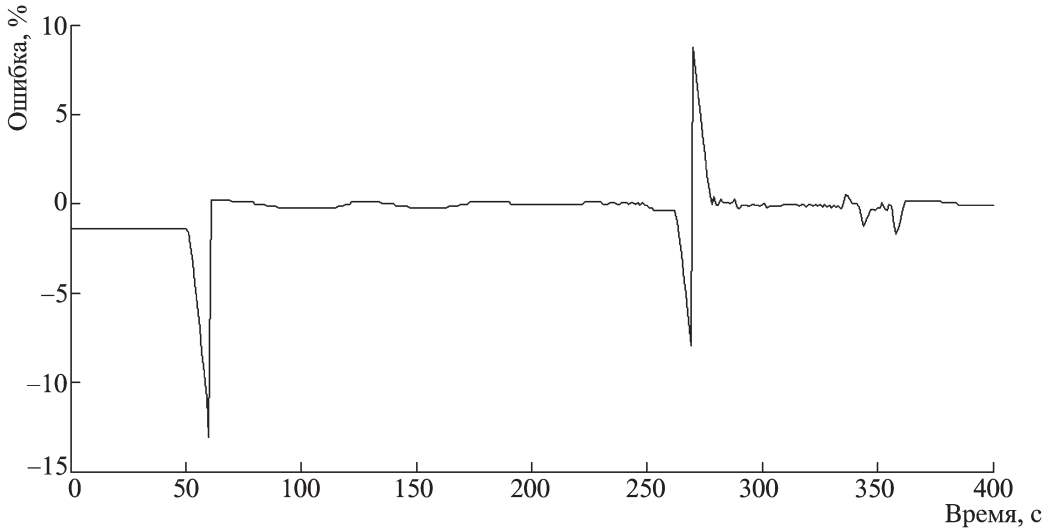

Рис. 3. Погрешность открытия створок направляющего аппарата

Процессы, протекающие в ЭГП, нелинейны и нестационарны, что не учитывается при настройке системы управления. В качестве рабочей модели силового гидроцилиндра обычно принимают типовое интегрирующее звено с постоянным коэффициентом:

$$\dot{y}(t) = \frac{\alpha\, P_{\text{вх}}}{2S}\, x(t), \qquad (1)$$

где α – коэффициент расхода рабочей жидкости через силовой цилиндр; S – площадь поперечного сечения поршня штока сервомотора; $P_{\text{вх}}$ – давление в питательной линии; $x(t)$ – ход золотника.

Выражение (1) получают из условия отсутствия нагрузки на штоке сервомотора, несжимаемости рабочей жидкости, отсутствия протечек и постоянства давления в питающей линии [2].

Однако такая модель плохо описывает поведение системы. На рис. 4 представлены результаты измерений перемещения штока сервомотора, полученные во время штатного пуска гидроагрегата № 22 Волжской ГЭС и расчётные значения, полученные с помощью линейной модели. Погрешность моделирования достигает 30 %.

С учётом силы сопротивления модель сервомотора запишется в виде:

$$\dot{y}(t) = \frac{\alpha}{2S}\left(P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}} + \frac{Rc\,(t)}{S}\right) x(t),$$

где $P_{\text{вых}}$ – давление в сливной (канализационной линии); $Rc(t)$ – сила сопротивления нагрузки, действующей на шток.

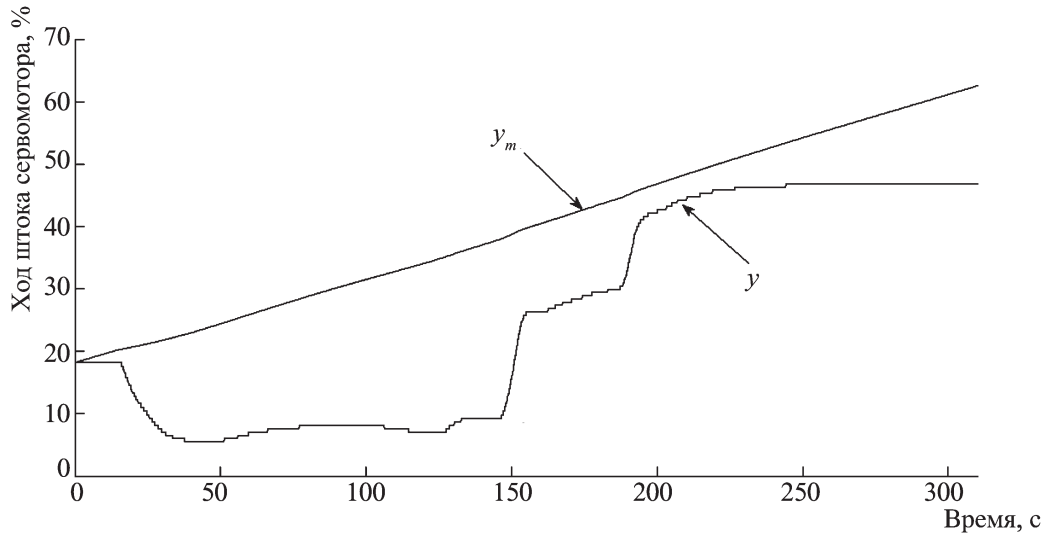

Рис. 4. Зависимость изменения перемещения штока сервомотора (y) и перемещения полученного по линейной модели (y_m)

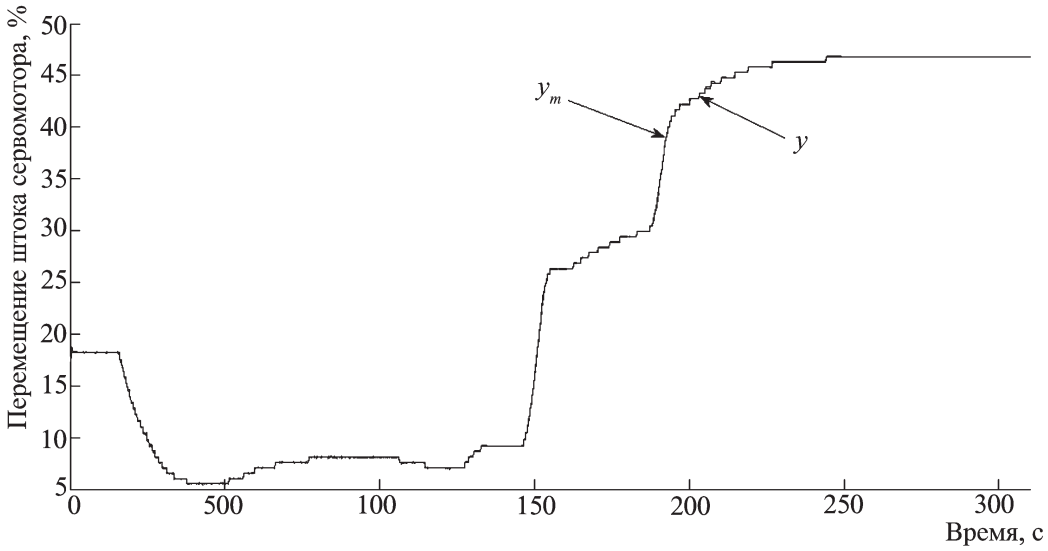

Рис. 5. Перемещение штока сервомотора по модели (2) (y_m) и измеренное на гидроагрегате № 22 Волжской ГЭС (y)

После преобразований получим:

$$\dot{y}(t) = c_1\, x(t) + c_2\, Rc(t)\; x(t),$$

где c_1, c_2 – коэффициенты при параметрах модели.

Нагрузку создает поток воды, давление которого преодолевает сервомотор при изменении положения лопаток НА. Поэтому сила сопротивления является функцией от статического напора и степени открытия НА. Однако для полного аналитического описания зависимости силы сопротивления нагрузки от влияющих факторов необходимо учитывать реальный профиль лопаток НА и кинематику кулисного механизма, передающего усилие с сервомотора на лопатки НА.

Заменим зависимость силы сопротивления нагрузки от влияющих факторов разложением её в степенной ряд:

$$Rc(t) = H_{\text{ст}}\; \Psi(y\,(t)) \approx H_{\text{ст}} \sum_{j=0}^{m} k_j\,(y(t))^j,$$

где k_j – коэффициент при j-м члене ряда; $H_{\text{ст}}$ – статический напор.

Таким образом, получаем следующую нелинейную модель сервомотора:

$$\dot{y}(t) = k_0\, x(t) + \\ + k_1 H_{\text{ст}}\, y(t) x(t) + \ldots + k_m H_{\text{ст}}\, (y(t))^m\, x(t). \qquad (2)$$

При моделировании было выяснено, что наименьшая погрешность получается при $m = 8$. Результаты моделирования представлены на рис. 5.

Погрешность нелинейной модели сервомотора (2) представлена на рис. 6.

Нелинейная модель с высокой точностью совпадает с реальным процессом. Среднее значение ошибки моделирования минус 0,004 %, а среднеквадратическое отклонение 0,065 %. Для обучения нелинейной модели использовался метод наименьших квадратов.

Несмотря на высокую точность, нелинейная модель имеет ряд недостатков, главный из которых – это вычислительные сложности и достаточно большая нагрузка, возлагаемая на управляющий контроллер. Для обучения нелинейной модели в оперативном режиме (т. е. в режиме реального времени) требуется решать около 110 уравнений на каждом шаге работы контроллера. Учитывая, что при этом задействуются операции с плавающей запятой, то рабо-

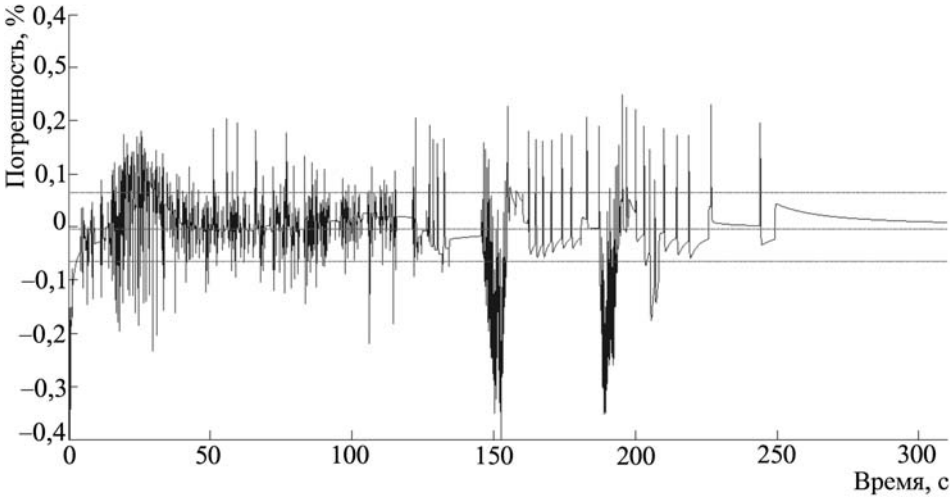

Рис. 6. Погрешность нелинейной модели (2)

та с нелинейной моделью затруднительна и необходимы особые требования к аппаратной части системы управления.

Стандартным приёмом при разработке систем управления нелинейными объектами является линеаризация моделей. При этом существуют различные способы линеаризации. Самым распространённым является линеаризация относительно некоторого постоянного и установившегося значения управляемой переменной (рабочей точки процесса). Данный способ позволяет получить приемлемые результаты только при небольших отклонениях процесса от расчётного режима. Однако если коэффициенты линеаризованной модели пересчитывать относительно текущего значения управляемой переменной, то можно получить линеаризованную модель с переменными коэффициентами, адекватную во всем рабочем диапазоне объекта управления. Этот способ называется линеаризацией относительно опорной траектории [3].

Изменяющиеся во времени коэффициенты линеаризованной модели идентифицируются по критерию максимума апостериорной вероятности. Для решения задачи идентификации требуется минимизировать функционал качества обучения модели [3]:

$$J = \frac{1}{2}[y(t_0) - \hat{y}(t_0)]^2 V_{x_0}^{-1} + \\ + \frac{1}{2}\int_{t_0}^{t_k} \{\Psi_v^{-1}[y(t) - \hat{y}(t)]^2 + \Psi_w^{-1}[w(t)]^2\} dt,$$

где $y(t)$ – измеренное значение хода штока сервомотора; $\hat{y}(t)$ – оценка хода штока сервомотора по модели; $w(t)$ – возмущающее воздействие, действующее на объект управления (шумы процесса); v – шумы измерения; Ψ_w – интенсивность шумов процесса; Ψ_v – интенсивность шумов измерения; V_{x0} – матрица дисперсий ошибок задания начальных условий.

Для одновременного оценивания состояния и параметров процесса следует перейти к записи модели процесса в пространстве состояний и составить расширенный вектор переменных состояний, включающий в себя параметры модели:

$$L_k = (y_k \;\; b_k \;\; a_k)^T,$$

где a и b – коэффициенты линеаризованной модели.

Таким образом, после преобразований модель принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} L_k &= A L_{k-1} + G w_k; \\ y_k &= H L_k + v_k, \end{aligned} \qquad (3)$$

где A – матрица параметров модели; G – матрица коэффициентов при шуме; H – матрица наблюдения.

Матрицы A, G, H имеют вид:

$$A = \begin{pmatrix} L_{3k} & x_{k-1} & L_{1k} \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \; G = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \quad H = (1 \;\; 0 \;\; 0).$$

Задача идентификации параметров модели сводится к условной минимизации функционала с учётом ограничений (3).

Решение данной задачи с помощью принципа максимума Понтрягина методом инвариантного погружения позволяет получить алгоритм оценивания в виде рекуррентного метода наименьших квадратов [4]:

$$\begin{aligned} P_k^a &= G V_w G^T + A_{k-1} P_{k-1} A_{k-1}^T; \\ P_k &= P_k^a - P_k^a H^T (H P_k^a H^T + V_v)^{-1} H P_k^a; \\ \hat{L}_k &= A_{k-1} \hat{L}_{k-1} + P_k H^T V_v^{-1} (y_k - H \hat{L}_{1k-1}) \end{aligned} \qquad (4)$$

с начальными условиями:

$$L_0, \quad P_0 = \begin{pmatrix} 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix},$$

где P_k^a – матрица априорной дисперсии оценивания; P_k – матрица дисперсии оценивания; V_v – дисперсия шумонаблюдения; V_w – дисперсия шумов процесса.

Результаты моделирования по линеаризованной модели с переменными параметрами представлены на рис. 7.

На рис. 8. представлена погрешность моделирования.

На рис. 9 представлено изменение коэффициента усиления входного воздействия (хода золотника).

Погрешность линеаризованной модели (4) несколько больше погрешности нелинейной модели, однако она сравнима с погрешностью измерений.

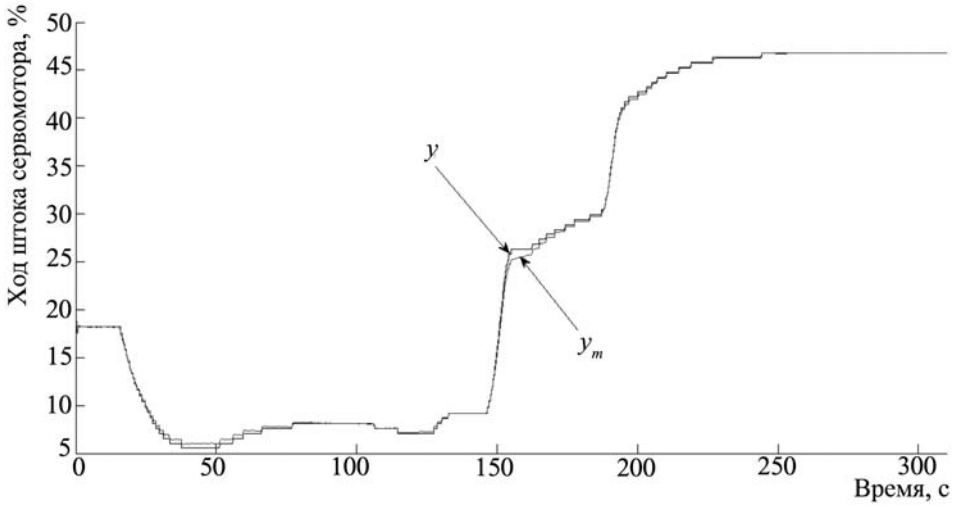

Рис. 7. Моделирование с оценкой параметров по алгоритму (4) (*y*) и измеренный ход штока (y_m)

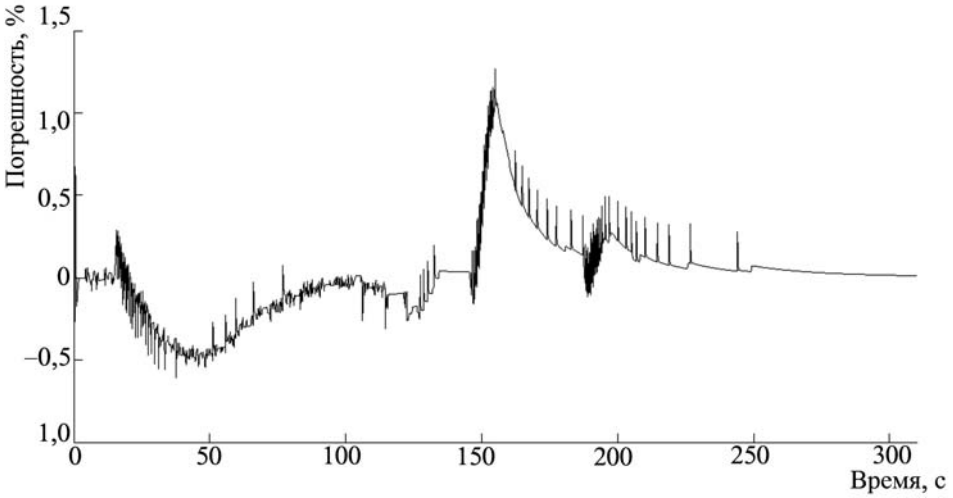

Рис. 8. Погрешность моделирования по линейной модели сервомотора с переменными параметрами (4)

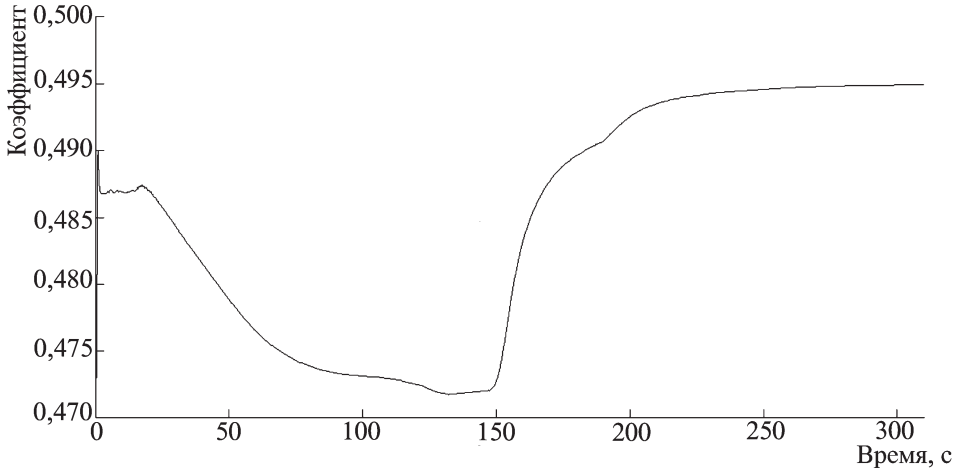

Рис. 9. Изменение коэффициента усиления модели во времени

Преимуществом линейной модели является меньшее количество уравнений, которые необходимо решать в режиме реального времени, что, в свою очередь, снижает требования к вычислительным ресурсам управляющего контроллера. Так, для адаптивной линейной модели следует решать 12 уравнений на каждом шаге работы контроллера.

Таким образом, получены нелинейная модель процесса перемещения штока сервомотора открытия НА и модель сервомотора с переменными параметрами. Модель обладает точностью, сравнимой с нелинейной моделью, и при этом имеет вычислительные преимущества. Линеаризованная модель с переменными параметрами предназначена для адаптивной системы управления открытием НА, а также системой диагностики технического состояния узлов НА.

Библиографические ссылки

1. **Astrom K.J.** Advansed PID control // Triangle Park: ISA, 2006. 446 p.

2. **Ротач В.Я.** Теория автоматического управления. М.: МЭИ, 2008. 708 с.

3. **Гольцов А.С.** Методы оптимизации и адаптивного управления в машиностроении. Волгоград: ВПИ (филиал) ВолгГТУ, 2009. 167 с.

4. **Эйкхофф П., Райбман Н.С.** Основы идентификации систем управления. Оценивание параметров и состояния. М.: МИР, 1975. 680 с.

5. **Сейдж Э.П., Мелса Д.Л., Райбман Н.С.** Идентификация систем управления. М.: Наука, 1974. 246 с.

УДК 658.012.011.56

А.В. Капитанов, канд. техн. наук, доц.
(Московский государственный технологический университет "СТАНКИН")
av.kapitanov@stankin.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СТАНОЧНЫХ СИСТЕМ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Предложены теоретические посылки формализации технологических понятий, обеспечивающие изоморфную реализацию на семантических сетях, что позволяет создать инженерную методику проектирования станочных систем в условиях многовариантности.

Ключевые слова: моделирование, автоматизированная станочная система, многономенклатурное производство.

Theoretical formalization premises of the technological conceptions providing isomorphic implementation on semantic networks are proposed that allow to create an engineering designing methodology of machine tool systems for multiproduct conditions.

Key words: modeling, automatic machine tool systems, multiproduct production.

Особенности многономенклатурного производства, современное состояние станкостроения, робототехники, информатики и других смежных отраслей, уровень автоматизации металлообработки на промышленных предприятиях позволяют сформулировать понятие автоматизированной станочной системы (АСС) многономенклатурного производства.

Под АСС будем понимать совокупность основного и вспомогательного технологического оборудования, допускающую интеграцию потоков деталей, инструментов и информации и предназначенную для обработки семейства деталей определённой номенклатуры [1].

Структура АСС может быть описана в виде произвольного смешанного графа

$$G = (Z, U, P),$$

где Z – множество элементов АСС; U – множество взаимосвязей между элементами АСС; P – трёхместный предикат, называемый инцидентором.

Определение 1. Под множеством $\{Z\}$ элементов АСС подразумеваются подмножества единиц основного технологического оборудования, транспортных средств (конвейеры, промышленные роботы, агрегаты загрузки спутников, кантователи и т. п.), складов и устройств для их обслуживания, технологической оснастки, режущего и измерительного инструмента, системы инструментального обеспечения, контрольно-измерительных устройств и вспомогательных средств обеспечения функционирования.

Определение 2. Под множеством $\{U\}$ понимается совокупность материальных и информационных взаимосвязей, которые могут возникать между элементами АСС в процессе её функционирования.

Граф G удовлетворяет следующим условиям:

инцидентор P определён на всех упорядоченных тройках элементов z, y, u, где $z, y \in \{Z\}$, $u \in \{U\}$;

$$(\forall u \in U)\,(\forall z, y \in Z)[P(z, u, y) \wedge (\forall z', y' \in Z)],$$

$$P(z', u, y') \to [(z = z' \wedge y = y') \vee (z = y' \wedge y = z')].$$

Общие свойства произвольного смешанного графа таковы, что для любого $u \in \{U\}$ истинно одно из трёх высказываний:

$$(\forall z,\ y \in Z)\,[P(z, u, y) \to \overline{P}(z, u, y0], \quad (1)$$

$$(\exists z, y \in Z)\,[P(z, u, y) \wedge P(y, u, z) \wedge (z \neq y)], \quad (2)$$

$$(\exists z \in Z)\,[P(z, u, z)]. \quad (3)$$

В зависимости от справедливости того или иного высказывания множество $\{U\}$ разбивается на три попарно непересекающихся подмножества $\{\vec{U}, \widetilde{U}, \overset{\circ}{U}\}$, называемых соответственно дугами, звеньями и петлями.

Таким образом, граф $G = (Z, U, P)$, описывающий структуру АСС, может содержать между двумя вершинами несколько звеньев и дуг, идущих в одном направлении, и иметь при одной вершине несколько петель, т. е. $\vec{U} \neq 0$, $\widetilde{U} \neq 0$, $\overset{\circ}{U} \neq 0$.

На рис. 1 приведена графическая интерпретация АСС, состоящая из склада готовых деталей, заготовок Z_{11}, накопителей Z_{12}, Z_{13}; транспортных роботов Z_{21}, Z_{22} для доставки к станкам деталей и инструментов; металлообрабатывающих станков: двух токарных Z_{31}, Z_{32}, двух фрезерных Z_{33}, Z_{34}, обрабатывающего центра Z_{35} и шлифовального станка Z_{36}; контрольно-измерительного оборудования Z_{41}, Z_{42} инструментального склада Z_{51}; агрегатов перегрузки деталей Z_{61}, системы управления Z_{71}.

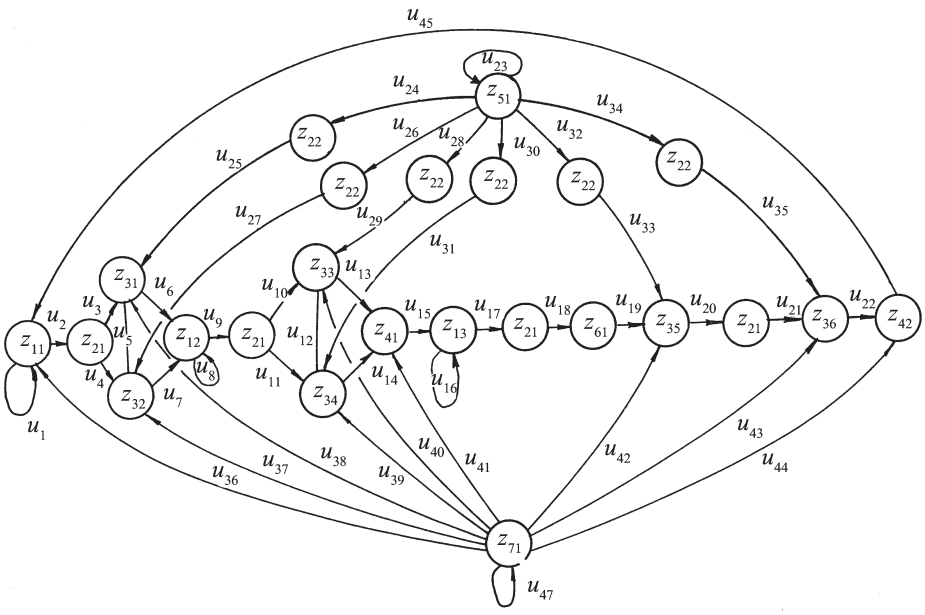

Рис. 1. Графическая интерпретация структуры станочной системы

Для данной станочной системы построим множества $\{Z\}$, $\{U\}$ и инцидентор P:

$$Z = \{Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{21}, Z_{22}, Z_{31}, Z_{32}, Z_{33}, Z_{34}, Z_{35}, Z_{36}, Z_{41}, Z_{42}, Z_{51}, Z_{61}, Z_{71}\},$$

$$U = \{U_1, U_2, U_3, \ldots, U_i, \ldots, U_{46}\}.$$

Инцидентор определяется следующим образом: значения, удовлетворяющие одному из свойств (1)–(3), истинны, а значения на всех остальных тройках элементов ложны.

В полученном смешанном графе $G = (Z, U, P)$ множество ребер U разбивается на подмножество дуг

$$\vec{U} = \{U_2, U_3, U_4, U_6, U_7, U_9, U_{10}, U_{11}, U_{13}, U_{14}, U_{15}, U_{17}, U_{18}, U_{19}, U_{20}, U_{21}, U_{22}, U_{24}, U_{25}, U_{26}, U_{27}, U_{28}, U_{29}, U_{30}, U_{31}, U_{32}, U_{33}, U_{34}, U_{35}, U_{36}, U_{37}, U_{38}, U_{39}, U_{40}, U_{41}, U_{42}, U_{43}, U_{44}, U_{45}\},$$

подмножество звеньев $\tilde{U} = \{U_5, U_{12}\}$ и подмножество петель $\overset{\circ}{U} = \{U_1, U_8, U_{16}, U_{23}, U_{46}\}$. Подмножества $\vec{U}, \tilde{U}, \overset{\circ}{U}$ определяют технологические возможности обрабатывающего оборудования, складов и системы управления, а также характеристики материальных и информационных потоков в АСС.

Из формальной модели АСС, описанной смешанным произвольным графом $G = (Z, U, P)$, выделим функциональную среду, которую зададим в виде

$$G = (X, T, O, I, I', D, E_i), \quad i = \overline{1, 5}, \tag{4}$$

где $X = \{a_1, a_2, \ldots, a_x, a_X\}$ – множество единиц основного технологического оборудования (ОТО); $T = \{b_1, b_2, \ldots, b_t, b_T\}$ – множество транспортных средств для деталей и инструмента; $O = \{pr_1, pr_2, \ldots, pr_o, pr_O\}$ – множество единиц технологической оснастки (приспособлений); $I = \{in_1, in_2, \ldots, in_i, in_I\}$ – множество режущих и вспомогательных инструментов; $I' = \{iz_1, iz_2, \ldots, iz_{i'}, uz_{I'}\}$ – множество контрольно-измерительных инструментов и машин; $E_1 = \{e_1^1, e_2^1, \ldots, e_{E_1}^1\}$ – множество единиц складского оборудования; $E_2 = \{e_1^2, e_2^2, \ldots, e_{E_2}^2\}$ – множество элементов системы управления; $E_3 = \{e_1^3, e_2^3, \ldots, e_{E_3}^3\}$ – множество единиц оборудования для подачи СОЖ; $E_4 = \{e_1^4, e_2^4, \ldots, e_{E_4}^4\}$ – множество единиц оборудования системы удаления отходов; $E_5 = \{e_1^5, e_2^5, \ldots, e_{E_5}^5\}$ – множество элементов информационных потоков в АСС; $D_\text{г} = \{d_1, d_2, \ldots, d_M\}$, $\text{г} \in \{\Gamma\}$ – множество конструкторско-технологических характеристик и технологий обработки группы деталей.

Группа деталей $D_\text{г}$, $\text{г} \in \{\Gamma\}$ характеризуется общностью конструктивно-технологических элементов, служебного назначения, материала, технологического процесса, оборудования, технологической оснастки и инструмента, применяемых при обработке. Таким образом, для группы $D_\text{г}$ справедливо:

$$D_\text{г} = \bigwedge_{j=1}^{M'} d_j = p_i = \begin{matrix} d_o = \{\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_\sigma\} \\ \{\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_\mu\}, \\ S_{d_j} = G(N, E), \end{matrix} \tag{5}$$

где M' – количество деталей в группе; d_o – общие сведения о деталях группы $D_{\text{г}}$, г $\in\{\Gamma\}$, включающие конструкторско-технологические коды, материалы, виды заготовок и т. д.; p_i – характеристики обрабатываемых поверхностей ($i \in \{N'\}$), составляющих группу; S_{d_j} – структура множества деталей d_j, представленная графом $G\,(N,\ E)$, в котором вершинам соответствуют поверхности, а рёбрам операции и отношения, характеризующие взаимосвязи поверхностей.

В свою очередь,

$$E = (R_{p_i},\ F_{p_i}),\quad i \in \{N\},$$

где R и F – поверхности деталей.

Для различных групп $D_{\text{г}}$, г $\in\{\Gamma\}$ набор и параметры описания d_o и p_i могут меняться, однако эти изменения носят количественный характер и не влияют на принятую методологию проектирования. Для выражения (4), согласно определению 1, справедливо:

$$\{X\} \wedge \{T\} \wedge \{O\} \wedge \{I\} \wedge \{I'\} \wedge \{E_i\} = \{Z\},\quad i \in \overline{1,5}\ . \tag{6}$$

При создании технологического проекта АСС главными объектами проектирования являются основное технологическое оборудование, транспортные средства, технологическая оснастка, режущий и вспомогательный инструмент, которые в конечном итоге обеспечивают технологические процессы обработки группы деталей [2, 3].

Поэтому при технологическом проектировании АСС достаточно ограничиться графом вида

$$G = (X,\ T,\ O,\ I,\ D). \tag{7}$$

Предметом системных исследований являются отношения между элементами модели (7), т. е. между множествами $\{X\}$, $\{T\}$, $\{O\}$, $\{I\}$, $\{D\}$, которые порождают аналитические взаимосвязи, доступные математической интерпретации, что позволяет перейти к формализованной регламентации при проектировании элементов АСС.

Взаимосвязи между элементами модели (7) определяются отношениями между объектами обработки, представленными множеством $\{D\}$, и технологическими средствами обработки, которые включают множества $\{X\}$, $\{T\}$, $\{O\}$, $\{I\}$. Эти взаимосвязи основаны на некоторых определённых свойствах технологических объектов АСС: эквивалентности, совместности, следования и взаимодействия. Сформулируем определения, характеризующие эти свойства.

Определение 3. Под эквивалентностью понимается равенство технологических возможностей или свойств технических объектов АСС. Отношение эквивалентности обозначим знаком ≡.

В символическом виде это определение запишется выражением

$$\underset{X}{\forall} a_x\ \underset{X}{\forall} a_q\ \underset{S}{\exists} S_x \underset{S}{\exists} S_q\ \ni P\{(a_x[S_x] = a_q \lfloor S_q \rfloor) \wedge \wedge (x \neq q)\} \Rightarrow \lfloor a_x \equiv a_q \rfloor, \tag{8}$$

где $\{S\}$ – множество свойств.

Определение 4. Технологические объекты будем называть совместными, если их можно определить одинаковыми свойствами определённого состава. Это отношение будем обозначать знаком ↔.

В символьном виде отношение записывается в виде:

$$\underset{N'}{\forall} p_i\ \underset{O}{\forall} pr_o\ \underset{I}{\forall} in_j\ \underset{S_p}{\exists} S_p\ \underset{S_o}{\exists} S_o\ \underset{S_j}{\exists} S_j\ \ni P\{(p_i \lfloor S_p \rfloor = = pr_o[S_o]) \wedge (pr_o[S_o] = in_j \lfloor S_j \rfloor) \wedge (p_i[S_p] = = in_j[S_j])\} \Rightarrow [(p_i \leftrightarrow pr_o) \wedge (pr_o \leftrightarrow in_j) \wedge \wedge (p_i \leftrightarrow in_j)],\ i \in \{N'\},\ o \in \{O\},\ j \in \{I\}, \tag{9}$$

где S_p, S_o, S_j – множество свойств поверхностей, приспособлений и инструмента соответственно.

Из выражения (9) очевидно, что для любого элемента АСС существует другой, связанный с ним отношением совместности.

Определение 5. Два технологических объекта следуют друг за другом в производственном процессе, если их структурно-технологические и организационно-функциональные свойства рассматриваются в определённой последовательности. Отношение следования обозначим знаком ↦.

В символьном виде это отношение запишется следующим образом:

$$\underset{X}{\exists} a_x\ \underset{X}{\exists} a_q\ \underset{T}{\exists} b_t\ \ni P\lfloor P(a_x, \vec{U}, a_q) \wedge \overline{P}\,(a_q, \vec{U}, a_x) \wedge \wedge P(b_t, \vec{U}, a_x) \wedge \overline{P}(b_t, \vec{U}, a_q)\rfloor \Rightarrow \Rightarrow [(b_t \mapsto a_x) \wedge (a_x \mapsto a_q)]. \tag{10}$$

Используя отношение совместности (10), можно утверждать, что все элементы АСС могут быть упорядочены в технологической последовательности обработки в соответствии со свойствами (1)–(3).

Определение 6. Если два или больше технологических объектов, действуя совместно, обладая одинаковыми свойствами, реализуют какую-нибудь функцию или действие, то они находятся во взаимодействии. Отношение взаимодействия обозначим знаком ><.

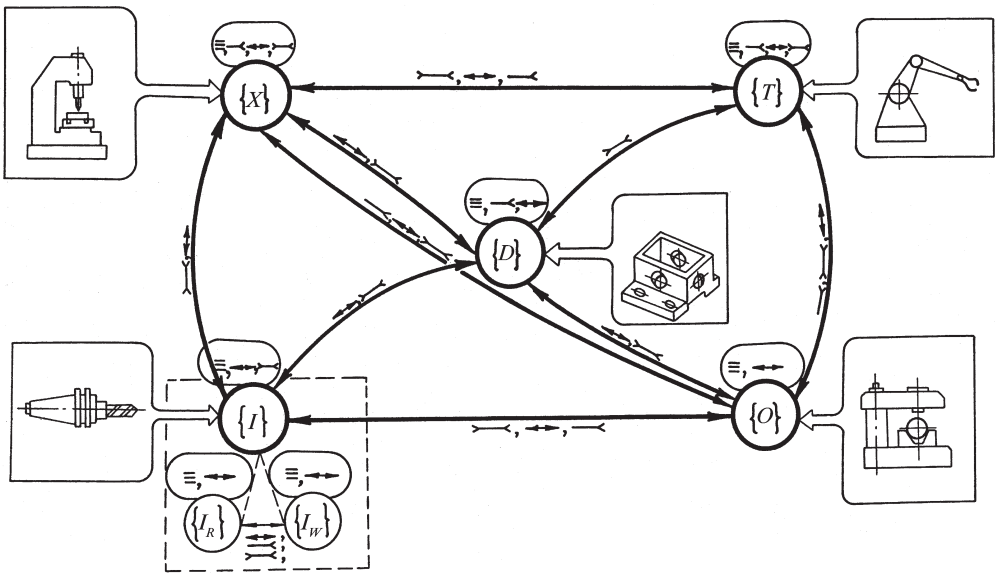

Рис. 2. Граф отношений множеств технологической среды автоматизированной станочной системы

Это отношение запишем в символьном виде:

$$\begin{aligned}
&\underset{M}{\forall} d_k \ \underset{N'}{\exists} p_i \ \in \underset{T}{\exists} b_t \ \underset{X}{\exists} a_x \ \underset{O}{\exists} pr_o \ \underset{I}{\exists} in_j \ \underset{S_d}{\exists} S_{d_k} \times \\
&\times \underset{S_p}{\exists} S_p \ \underset{S_t}{\exists} S_t \ \underset{S_x}{\exists} S_x \ \underset{S_o}{\exists} S_o \ \underset{S_j}{\exists} S_j \ \ni \\
&\ni \ P\{[P(b_t, \vec{U}, a_x) \wedge (d_k\,[S_d] = \\
&= b_t\,[S_t]) \wedge [a_x[S_x]] = \\
&= p_i\,[S_p] = pr_o\,[S_o] = in_j\,[S_j]\} \Rightarrow \\
&\Rightarrow \ [(b_t >\!< a_x) \wedge (b_t >\!\!< d_k)] \wedge \\
&\wedge [a_x >\!\!< p_i >\!\!< pr_o >\!\!< in_j], \ i \in \{1, \ \overline{N}'\}.
\end{aligned} \tag{11}$$

Очевидно, что отношение (11) обладает свойством транзитивности, которое, например, говорит о том: что если несколько элементов АСС связаны между собой отношением взаимодействия попарно, то не исключено, что элементы, не входящие в каждую пару, тоже взаимодействуют друг с другом, т. е.

$$\begin{aligned}
&P[(b_t >\!< a_x) \wedge (a_x >\!\!< p_i) \wedge (p_i >\!< pr_o)] \Rightarrow \\
&\Rightarrow (b_t >\!\!< pr_o)\ (a_x >\!\!< pr_o).
\end{aligned} \tag{12}$$

Можно утверждать, что любой элемент АСС может быть связан отношением взаимодействия с любым другим элементом АСС, если справедливо выражение (11).

Исходя из сформулированных определений построен граф отношений множеств технологической среды АСС (рис. 2). На графе выделены отношения между элементами одного множества и отношения между элементами разноимённых множеств.

Отношения между элементами одноимённых и разноимённых множеств, указанные на графе, позволяют установить и формализовать взаимосвязи между отдельными компонентами АСС, что создает предпосылки для разработки формальной методики синтеза структуры АСС.

Развитие теории и практики автоматизированного проектирования станочных систем показывает, что дальнейшие исследования в области формализации технологических закономерностей неразрывно связаны с использованием идей и методов искусственного интеллекта, позволяющих непрерывно наращивать предметную область формализованных понятий технологии машиностроения, формируя, таким образом, новые ранее неисследованные взаимосвязи в среде многономенклатурного производства [4, 5].

Таким образом, теоретические посылки формализации технологических понятий обеспечивают адекватно изоморфную реализацию на семантических сетях, что позволяет создать инженерную методику проектирования станочных систем в условиях многовариантности.

Исследование выполнялось в рамках федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009–2013 гг.

Библиографические ссылки

1. **Схиртладзе А.Г., Вороненко В.П., Борискин В.П.** Проектирование производственных систем в машиностроении. М.: Изд-во ТНТ, 2011. 425 с.

2. **Митрофанов В.Г., Утешев Г.В.** Исследование задачи автоматизации проектирования обрабатывающих систем // Технология машиностроения. 2010. № 3. С. 42–44.

3. **Митрофанов В.Г.** Интегрированные производственные системы // Вестник МГТУ Станкин. 2008. № 1. С. 65–67.

4. **Феофанов А.Н., Митрофанов В.Г., Капитанов А.В.** Выбор типа модели производственных систем // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2011. № 4. С. 96–98.

5. **Информационно**-вычислительные системы в машиностроении. CALS-технологии / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов, А.В. Рыбаков. М.: Наука, 2003. 292 с.

УДК 04.07.05

М.В. Гуськов, А.А. Силаев, канд. техн. наук, доц.
(Волжский политехнический институт
(филиал Волгоградского государственного технического университета))
ringill@mail.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ СОТРУДНИКОВ К ПРИЛОЖЕНИЯМ БАНКА

Приведено описание автоматизированной информационной системы управления доступом сотрудников к приложениям на примере Волгоградского филиала банка "Возрождение".

Ключевые слова: автоматизированная система, управление доступом к ресурсам, разграничение прав доступа сотрудников, информационная безопасность.

The description of the automatic control system of the employees access to the bank affixing as an example of the bank "Возрождение" Volgograd branch is adduced.

Key words: automatic system, access management to resources, employees access rights demarcation, information security.

Введение. В настоящее время деятельность большинства сотрудников крупных компаний напрямую связана с работой в корпоративных информационных системах. Поэтому повышение эффективности процессов управления доступом к информационным ресурсам способно увеличить результативность бизнес-процессов в целом [1]. Решения для централизации и автоматизации управления учётными записями в информационных системах, обеспечения однократной и строгой аутентификации позволяют существенно повысить эффективность управления правами доступа сотрудников, сделать их работу более удобной и защищённой с точки зрения информационной безопасности.

Постановка задачи. В Волгоградском филиале банка "Возрождение" используется множество приложений различного вида. В каждом из них существует система ролей с соответствующим доступом к различному функционалу конкретного приложения. Эти приложения делятся на два типа: приложения филиала и головного офиса.

Все изменения в правах доступа сотрудников проводятся в системе делопроизводства. В технологическом процессе задействованы: администратор домена (АД), администратор информационной безопасности (АИБ), работник отдела кадров и начальники подразделений.

Предоставлением доступа к приложениям филиала занимается АД, а к приложениям головного офиса – АИБ.

В обязанности сотрудника отдела кадров входит ведение справочников организации: "Сотрудники", "Должности", "Роли", "Подразделения" и др., а также составление служебных записок о назначении на должность (увольнении) сотрудников.

Начальник подразделения занимается составлением служебных записок с указанием ролей сотрудников и указанием ресурсов, к которым необходимо предоставить доступ.

На рис. 1 представлена схема процесса назначения прав доступа сотрудников к ресурсам организации. Сначала работник отдела кадров оформляет служебную записку о приёме на работу нового сотрудника, и на основании этой записки издаётся приказ о его приёме на работу. Затем начальник подразделения, в которое принимается сотрудник, оформляет служебную записку о назначении прав его доступа к ресурсам организации, а также обозначает "предположительные" роли, которые необходимо ему назначить (причём роли могут не соответствовать ролям, использующимся в приложениях банка).

На основании этой служебной записки АИБ "вручную" осуществляет проверку возможности назначения указанных ролей к указанным ресур-

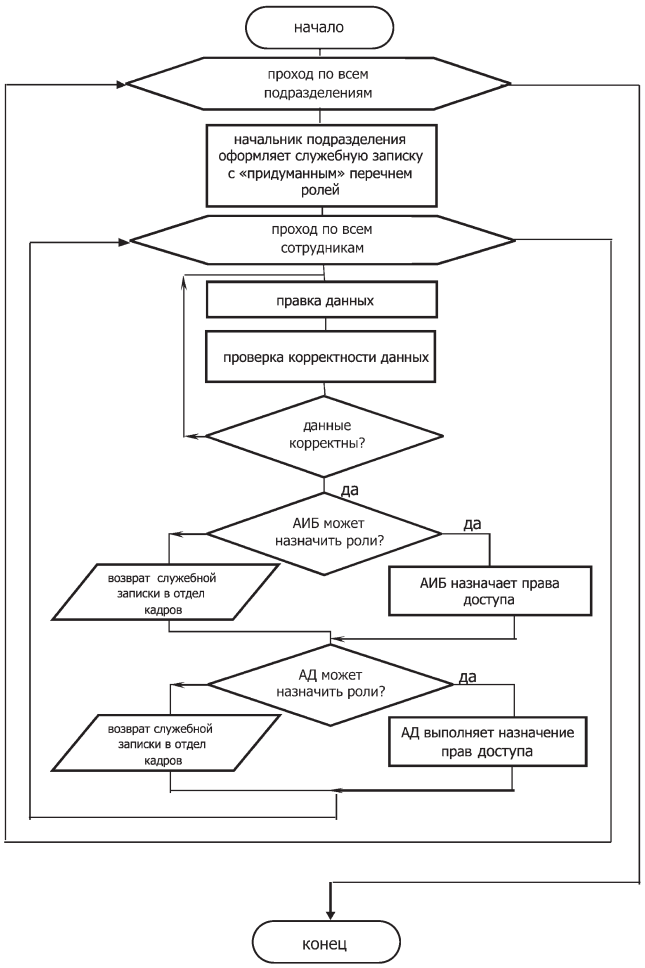

Рис. 1. Алгоритм предоставления прав доступа сотрудникам к ресурсам организации

сам, т. е. проверяет, является ли роль зависимой или взаимоисключающей.

Если проверка успешно выполнена, указанным ролям присваивается пометка "предоставить". Если в результате проверки были выявлены какие-либо несоответствия, то данная служебная записка отправляется в отдел кадров и АД, который также "вручную" проверяет переданный перечень ролей и ресурсов. Если проверка ролей успешно выполнена, то на основании служебной записки АД осуществляет назначение прав доступа данного сотрудника к указанным ресурсам организации.

Так как начальники подразделений не являются IT-специалистами и не имеют доступа к систематизированной информации об использующихся в филиале приложениях, а также прав доступа к этим приложениям, то составление документа (заявки) о назначении прав доступа сотрудникам к определённым ресурсам существенно усложняется.

Также в существующей системе не реализована возможность предоставления информации о текущем состоянии доступа (ролей) всех сотрудников во всех используемых банком приложениях.

Поэтому возникает задача об автоматизации процесса предоставления доступа к приложениям банка.

Решение задачи. Одним из способов решения поставленной задачи является разработка автоматизированной системы управления (АСУ) доступом сотрудников к приложениям банка, с помощью которой можно повысить эффективность работы начальников подразделений (за счёт упрощения процесса назначения прав доступа сотрудников к ресурсам организации), а также работы АД и АИБ (за счёт контроля назначения сотрудникам прав доступа к ресурсам организации) и предоставить информацию об истории изменения прав доступа сотрудников.

В качестве системы данного вида можно использовать сторонние разработки систем автоматизации документооборота предприятия (например, "1С: Предприятие" [2, 3], "Парус" [4]). Но данное решение требует неоправданно больших финансовых вложений. Также внедрение подобной системы нарушает внутреннюю политику информационной безопасности банка. Поэтому разработана собственная АСУ (рис. 2). В качестве среды разработки была задействована MS Visual Studio с использованием СУБД "MS SQL Server" и веб-сервера "MS IIS".

Данная система состоит из трёх модулей: "Работа со справочниками", "Работа с ролями сотрудников", "Работа со служебными записками".

Модуль "Работа со справочниками" предоставляет интерфейс для работы со справочниками – просмотр, вставка, редактирование и удаление

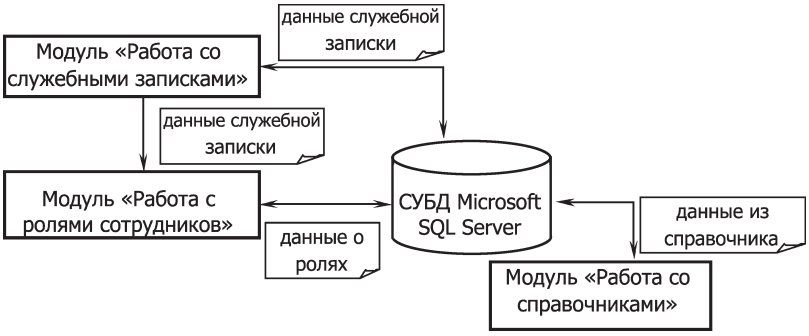

Рис. 2. Структурная схема системы

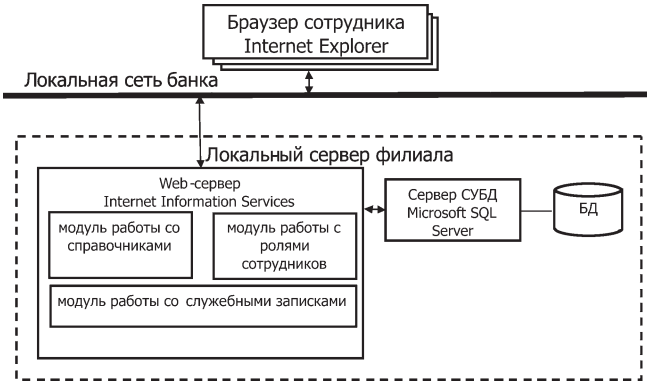

Рис. 3. Схема автоматизированной системы

данных (причём вставка и редактирование данных осуществляется в отдельной форме). В системе реализованы такие справочники, как "Сотрудники", "Должности", "Роли", "Подразделения", "Офисы".

Модуль "Работа с ролями сотрудников" осуществляет назначение ролей доступа к ресурсам указанным сотрудникам, а также ведёт историю изменений ролей доступа и предоставляет возможность получения в любой момент времени информации о текущих распределениях ролей между сотрудниками организации.

Модуль "Работа со служебными записками" осуществляет работу со служебными записками, отслеживая их текущее состояние и информируя пользователя АСУ в случае смены их состояния.

Схема АСУ, показанная на рис. 3, является типовой для подобных систем.

СУБД Microsoft SQL Server и база данных (БД) располагаются на сервере СУБД. Модули "Работа со служебными записками", "Работа с ролями сотрудников" и "Работа со справочниками" располагаются на веб-сервере IIS. Сам веб-сервер и сервер СУБД находятся на локальном сервере банка.

Функции системы, связанные с контролем назначения прав доступа к ресурсам организации и отслеживанием состояния служебной записки, реализованы на сервере приложений.

Пользователь системы может манипулировать данными только через браузер. Для организации предоставления доступа пользователя к АСУ используется любой из популярных браузеров (например, "Internet Explorer").

На рис. 4 представлен алгоритм назначения прав доступа сотрудников к ресурсам организации с использованием разработанной системы.

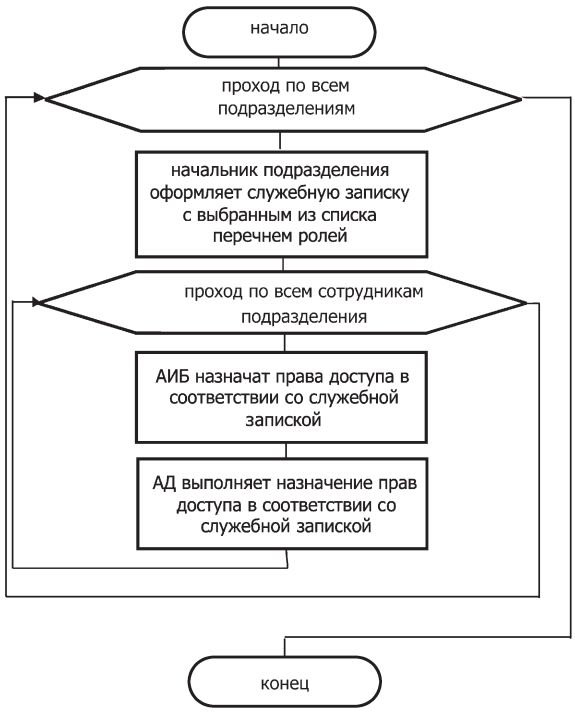

Рис. 4. Алгоритм предоставления прав доступа сотрудникам к ресурсам организации с использованием разработанной системы

В отличие от алгоритма, представленного на рис. 1, в данном алгоритме начальник выбирает должность (уже существующую в системе) нового сотрудника. На основании выбранной должности система формирует перечень ролей и ресурсов. Далее система проверяет возможность назначения ролей и в случае конфликта информирует начальника подразделения, который составляет служебную записку.

Сформированная служебная записка с результатами проверки отправляется АИБ, который ставит отметку о "предоставлении" прав и отправляет эту записку АД, который и осуществляет назначение прав доступа сотрудника к ресурсам организации.

Заключение. Разработана система, обладающая следующими достоинствами:

автоматически может сгенерировать список ролей, которые необходимо назначить сотруднику (достаточно начальнику подразделения указать, в соответствии с какой должностью должны быть назначены права доступа сотрудника к ресурсам);

автоматически проверяет назначаемые сотруднику роли (является ли роль зависимой или взаимоисключающей);

сохраняет историю назначения/отмены прав доступа сотрудника к ресурсам организации.

Данная система обеспечивает разграничение прав доступа к ресурсам организации на основе назначенных ролей сотрудникам, а также предоставляет возможность прослеживания истории изменения данных ролей и получения списка всех сотрудников с имеющимися у них ролями.

Библиографические ссылки

1. **Морозова Т.Ю., Никонов В.В., Сумкин К.С.** Методы управления доступом к информационным ресурсам АСУ на основе канонических моделей // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. № 10. С. 12–14.

2. **Пахчанян А.** Внедрение систем электронного документооборота: проблемы и решения [Электронный ресурс] // http://www.iteam.ru/publications/it/section_64/article_2687 (дата обращения: 17.12.2012).

3. **Капулин Д.В.** Прикладное решение по подготовке информации о бизнес-процессах для платформы 1С: предприятие с использованием erwin process modeler // Информационные технологии. 2012. № 4. С. 59–62.

4. **Пахтанова О., Прохоров А.** Российские системы автоматизации документооборота [Электронный ресурс] // КомпьютерПресс 7'2005 http://www.compress.ru/article.aspx?id=11404&iid=4492687 (дата обращения: 17.12.2012).

ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

МЕТОДЫ РАСЧЕТА УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАКОНСТРУКЦИЙ

В.Е. Стрижиус

2012 г. Объем 272 с. Формат 60x88 1/16 Переплет ISBN 978-94275-652-9 Цена 400 р.

Изложены методы и процедуры, позволяющие выполнять инженерные расчеты усталостной долговечности типовых конструктивных элементов самолета на этапах эскизного и рабочего проектирования.

Предлагаемые методы синтезируют наиболее апробированные теоретические и практические положения ряда известных отечественных и зарубежных методов расчета усталостной долговечности элементов авиационных конструкций и позволяют значительно упростить расчеты и обеспечить их приемлемую точность.

При разработке методов и процедур использованы, в частности, некоторые положения методов и процедур расчета усталостной долговечности элементов авиаконструкций фирм Boeing и Lockheed, представленные в открытых публикациях (на английском языке) бывшего главного инженера испытательных лабораторий фирмы Boeing Ульфа Горансона (Ulf Goranson) и бывшего старшего инженера-исследователя фирмы Lockheed Майкла Ниу (Michael Niu).

Для инженеров ОКБ и научных работников НИИ, занимающихся практическими расчетами усталостной долговечности элементов авиационных конструкций, может быть также полезна студентам и аспирантам авиационных вузов.

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

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

CISCO СТАЛА ПЕРВОПРОХОДЦЕМ ПО ДОСТАВКЕ ПРИЛОЖЕНИЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ЧЕРЕЗ ЦОДЫ И "ОБЛАКА"

В конце 2013 г. компания Cisco объявила, что начинает трансформацию информационных технологий (ИТ) с помощью инфраструктуры, ориентированной на приложения (Application Centric Infrastructure, ACI), новых профессиональных услуг и открытой экосистемы партнеров. Всё это поможет заказчикам полностью раскрыть потенциал своих приложений и увеличить гибкость бизнеса. Появление инфраструктуры ACI означает, что компания Cisco предлагает заказчикам первое в своём роде решение для и "облаков" с полной прозрачностью и интегрированностью управления как физическими, так и виртуальными сетевыми ИТ-ресурсами на основе требований, предъявляемых приложениями.

Анонсируя инфраструктуру ACI, председатель совета директоров, главный исполнительный директор компании Cisco Джон Чемберс (John Chambers) подчеркнул, что информационные технологии ныне просто обязаны быстро адаптироваться к требованиям экономики приложений. Приложения стали важной движущей силой бизнеса. Их бесперебойное функционирование и высокая производительность стали важнейшим фактором, определяющим возможности ИТ-директоров в таких областях, как доставка новых продуктов и услуг, управление рисками и борьба с угрозами для информационной безопасности, предоставление сотрудникам необходимых инструментов и полномочий, рост производительности труда. В условиях, когда миллиарды новых полезных сетевых соединений формируют Всеобъемлющий Интернет, который предстанет перед большинством из нас именно в виде приложений, вопрос быстрого и четкого внедрения приложений приобретает особое значение.

Сложность и недостаточная гибкость информационных технологий замедляют рост и развитие бизнеса. ИТ-специалисты работают в отдельных, не связанных друг с другом подразделениях. Такой подход неэффективен, так как существующие технологии не поддерживают архитектурную модель, основанную на совместном использовании ресурсов и данных. Из-за этого пользователи не имеют единой картины всех установленных аппаратных и программных компонентов, влияющих на производительность приложений. Это, в свою очередь, заметно усложняет управление конфигурацией ИТ-компонентов, их диагностику и изменения.

ИТ-директора хотят сломать барьеры, разделяющие изолированные подразделения, и унифицировать все ИТ-компоненты (сетевые ресурсы, системы хранения, вычислительные системы, сетевые сервисы, приложения, средства информационной безопасности), чтобы управлять ими как единой динамичной сущностью без каких бы то ни было компромиссов. Именно такую задачу решает инфраструктура ACI. Эта инфраструктура включает в себя инновации в области программного обеспечения, аппаратных ресурсов, систем и интегральных схем (ASIC), а также динамичную модель сетевых политик, учитывающих требования приложений, которая построена вокруг открытых интерфейсов API. В результате сроки внедрения приложений сокращаются с нескольких месяцев до считанных минут. Инфраструктура ACI добивается этого с помощью унификации физических и виртуальных сетей, прозрачной демонстрации состояния информационной безопасности и соблюдения нормативных требований в реальном времени на уровне систем, пользователей и приложений с невиданной ранее полнотой. Инновации Cisco ACI в области систем коммутации для ЦОД позволяют сетям быстро реагировать на запросы групп разработки приложений и снижать совокупную стоимость владения на величину до 75 % по сравнению с коммерческими аппаратными коммутаторами и чисто программными решениями для виртуализации сетей.

Инфраструктура ACI строится вокруг модели прикладных политик и помогает всей инфраструктуре ЦОД лучше адаптироваться к требованиям доставки приложений и к бизнес-политикам, принятым в той или иной организации. Задача ACI состоит в том, чтобы обеспечить динамичное реагирование центра обработки данных на меняющиеся требования приложений и не заставлять приложения подстраиваться под ограничения, диктуемые инфраструктурой. Корпоративные политики должны автоматически адаптировать инфраструктуру (в неё входят сеть, системы информационной безопасности, приложения, вычислительные ре-

сурсы и системы хранения) к требованиям бизнеса, чтобы таким образом сократить сроки внедрения приложений.

ACI предлагает заказчику оптимизированную фабрику, учитывающую особенности приложений и отлично приспособленную как для физической, так и для виртуальной среды. Инновации в таких областях, как ASIC, аппаратные системы, программное обеспечение и средства управления, позволяют увеличивать масштабируемость, подвижность, прозрачность, уровень оптимизации и гибкости.

За последнее время потребности приложений существенно изменились, и инфраструктуре приходится учитывать возникшие новые требования физических, виртуальных и распределённых крупномасштабных приложений, таких как Big Data. Заказчики хотят иметь полную свободу выбора приложений, чтобы внедрять новейшие модели работы в частных, общедоступных и гибридных облаках. Приложения и ИТ-руководители отделов, занимающихся внедрением приложений и бизнес-операциями, ожидают, что инфраструктура будет становиться всё более гибкой и адаптивной, позволяя устанавливать, менять и удалять приложения без ограничений, вызванных взаимозависимостью инфраструктурных компонентов.

Если исходить из того, что главная цель состоит в повышении гибкости бизнеса, то качественно новый уровень гибкости бизнес-процессов будет зависеть от тесной увязки бизнес-моделей и приложений со всей инфраструктурой ЦОД, включающей сети, приложения, системы информационной безопасности, системы хранения и вычислительные ресурсы. Поэтому ACI, в отличие от концепции программно-определяемых сетей (SDN), распространяется на всю инфраструктуру.

Используя совершенно новую модель и новые интерфейсы на всех уровнях инфраструктуры, от интегральных схем ASIC до программных средств, устройств и инноваций системного уровня, ориентированная на приложения инфраструктура ACI поддерживает гораздо более высокий уровень автоматизации на всём протяжении жизненного цикла приложений, от первоначального выделения ресурсов до их окончательного удаления. Как и SDN, ACI поддерживает программные расширения, включая открытые интерфейсы, и мощную экосистему, позволяющую создавать многоуровневые решения. При этом, однако, приложение будет находиться в центре набора политик, определяющих поведение инфраструктуры. Такая модель гораздо лучше адаптируется к деловым требованиям, ибо приложения отражают цели бизнеса намного лучше, чем ИТ-инфраструктура.

В состав инфраструктуры ACI входят контроллер APIC (Application Policy Infrastructure Controller), коммутаторы из семейства Nexus 9000 и расширенные версии операционной системы NX-OS.

Коммутаторы Nexus 9000 с оптимизированной операционной системой NX-OS поддерживают небывало широкую автоматизацию высокопроизводительных сетей ЦОД и способны сэкономить капитальные и текущие расходы заказчиков на миллионы долларов.

Новые коммутаторы из семейства Nexus 9000 составляют фундаментальную основу решения Cisco ACI. Они поддерживают плавный переход от оптимизированной операционной системы NX-OS к работе с этой ОС в режиме ACI. Для этого необходимо всего лишь обновить программное обеспечение и подключить контроллер APIC. С помощью коммерчески доступных интегральных схем ASIC коммутаторы этого семейства способны поддерживать лучшее в своём классе соотношение цена/производительность и наиболее высокую неблокирующую плотность портов 1/10G и 10/40G (а в будущем и 100G) как для существующих ЦОДов, так и для ЦОДов нового поколения. В семействе коммутаторов Nexus 9000 реализован целый ряд лучших в своем классе инноваций, в том числе первый в отрасли модульный коммутатор без коммутационной панели (backplane). Он обеспечивает защиту инвестиций, эффективность энергопотребления и охлаждения, а также отличается упрощённой конструкцией, вдвое увеличивающей среднюю наработку на отказ.

Основанная на отраслевых стандартах инфраструктура Cisco ACI позволяет информационным технологиям удовлетворять требования бизнеса к новым приложениям, быстрому масштабированию существующих приложений и автоматическому удалению приложений, в которых бизнес уже не нуждается. ACI ускоряет циклы разработки приложений, повышает скорость бизнес-процессов и улучшает финансовые результаты деятельности компании:

75-процентное сокращение совокупной стоимости владения по сравнению с чисто программными средствами виртуализации сетей;

сокращение сроков внедрения приложений до нескольких минут;

централизация управления политиками упрощает текущую работу и расширяет возможности ИТ-специалистов;

небывало высокий уровень защиты инвестиций достигается с помощью открытых протоколов, интерфейсов API и стандартов.

Коммутаторы из семейства Nexus 9000 впервые в отрасли включают в свой состав ряд инноваций в области программного обеспечения, аппаратных ресурсов, систем и интегральных схем. Эти инновации без каких бы то ни было компромиссов унифицируют физическую и виртуальную инфраструктуру, демонстрируя при этом:

гибкость и простоту;

высокую производительность и масштабируемость;

информационную безопасность;

прозрачность и диагностику в реальном времени;

открытость платформ и исходных кодов;

широкую поддержку виртуализации в виде автоматизации управления политиками для виртуальных сетей и использования телеметрических функций;

современные возможности программируемости;

системные инновации.

Перейти к инфраструктуре ACI заказчикам помогут полномасштабные услуги и программы. Услуги Cisco для инфраструктуры ACI (Cisco Services for ACI) разработаны для того, чтобы заказчики могли решать свои деловые и технические задачи с меньшим уровнем риска. Эти услуги распространяются на весь ЦОД и включают в свой состав целый ряд профессиональных и технических сервисов. Кроме того, программа технологической миграции (Cisco Technology Migration Program) помогает заказчикам перейти с традиционной на новую инфраструктуру.

Разрабатывая сетевую фабрику, сфокусированную на требованиях деловых приложений, Cisco помогает компаниям выходить на новый уровень производительности, гибкости и экономичности с помощью автоматизации на основе политик и повышения производительности, прозрачности и простоты операций.

ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ В УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Е.И. Тавер

2012 г. Объем 368 с. Формат 60x88 1/16 ISBN 978-5-94275-666-6 Цена 600 р.

Качество товаров рассмотрено, с одной стороны, как важнейший результат производственной деятельности, а с другой — как особый объект управления. При этом состав, нормативные и физические значения показателей качества товара и факторов, от которых оно зависит, являются конечным объектом управления. Даны субъекты управления качеством, универсальные подходы к нему, измерения, оценки, подтверждение соответствия и контроль качества, правовые основы, стандарты и модели управления качеством. Исходя из этого, проведен анализ задач и методов управления качеством при маркетинге, проектировании, производстве и использовании товара, а также затрат на качество.

Допущено УМО по образованию в области прикладной математики и управления качеством в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 220501 – Управление качеством и направлению 221400 – Управление качеством.

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru

Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU

ПО СТРАНИЦАМ ЖУРНАЛОВ

Формирование математической модели, позволяющей оптимизировать тормозные системы современных автомобилей. *Автомобильная промышленность.* 2013. № 2.

Рассматриваются вопросы математического моделирования и оптимизации элементов конструкции тормозной системы при создании автомобиля.

Режимы и качество обработки инструментов из быстрорежущих сталей методом ППД. *Автомобильная промышленность.* 2013. № 2.

Исследовано влияние параметров отделочно-упрочняющей обработки на эффективность и основные характеристики качества процесса алмазного выглаживания инструментами, оснащёнными природным алмазом.

Расчётная модель резьбового соединения при произвольном порядке расположения зазоров между витками резьбы. *Вестник машиностроения.* 2013. № 2.

Предложена расчётная модель распределения контактных усилий между витками резьбового соединения при произвольном расположении зазоров между витками.

Механохимическая технология переработки отходов металлообработки быстрорежущей стали. *Вестник машиностроения.* 2013. № 2.

Рассмотрена технология изготовления пластин для сборного режущего инструмента из порошка, полученного дезинтеграцией отходов металлообработки быстрорежущей стали Р6М5. Показаны перспективы использования высокомолекулярного соединения при переработке стружковых отходов. Представлены эксплуатационные показатели пластин из порошковой быстрорежущей стали.

Моделирование уровня конкурентоспособности грузового автомобиля при разработке. *Грузовик.* 2013. № 2.

Рассмотрены организационно-управленческие механизмы обеспечения конкурентоспособности проектируемых автомобилей. На каждом этапе НИОКР и организационно-технологической подготовки производства полученные на этапе результаты проверяются на соответствие трём критериям "ворот конкурентоспособности", которые формируются с учётом характеристик конкурентных изделий и тенденций научно-технического развития в данной области. Предложен алгоритм установления параметров "ворот конкурентоспособности". Приведён пример реализации предлагаемого метода в процессе разработки новой модели грузового автомобиля.

Моделирование особенностей формирования шва при сварке плавящимся электродом по узкому зазору. *Заготовительные производства в машиностроении.* 2013. № 2.

Выполнено виртуальное исследование формирования шва при сварке по узкому зазору в зауженную (щелевую) разделку кромок с использованием компьютерной модели формирования сварочной ванны при сварке плавящимся электродом, основой которой является уравнение теплопроводности и равновесия поверхности расплава. Получено, что при малых значениях погонной энергии и высоты наплавки возможна нестабильность формирования шва из-за несимметричного переноса тепла от дуги и расплава к свариваемым кромкам. Компьютерный анализ показал, что качественное формирование шва обеспечивается, если высота наплавленного слоя составляет 0,3...0,5 ширины разделки, а длина дуги соизмерима с высотой наплавляемого слоя. При этом скорость сварки следует ограничивать, исходя из необходимости гарантированного оплавления наружной поверхности шва предшествующего прохода.

Модель эксплуатации волоки при изготовлении проволоки. *Заготовительные производства в машиностроении.* 2013. № 2.

Разработана система, описывающая процесс изготовления проволоки и связывающая три подсистемы первого уровня "Условия эксплуатации", "Процесс изготовления проволоки" и "Эффективность процесса" в единое целое. На основе исследования её системных свойств построена модель эксплуатации волоки, определяющая её напряжённо-деформированное состояние под действием эксплуатационных нагрузок. Методика исследования модели эксплуатации волоки и численные эксперименты позволили выявить "опасную" область в канале волоки на границе рабочей и калибрующей поверхностей. В этой зоне формируются максимальные напряжения, способные отрица-

тельно влиять на эффективность процесса изготовления проволоки.

Порошковые нанокомпозиционные материалы на основе меди для электротехнического применения. *Заготовительные производства в машиностроении.* 2013. № 2.

Представлены новые методы получения нанокомпозиционных порошковых материалов на основе меди, упрочнённой оксидом алюминия и углеродными нановолокнами. Показана возможность получения плотных композиционных материалов систем медь–оксид алюминия и медь–углеродные нановолокна для электротехнического применения. Изучена структура и свойства композиционных материалов, проведено сравнение физико-механических свойств полученных материалов со свойствами промышленных аналогов.

Моделирование многослойных трубчатых пьезосканеров в туннельной микроскопии. *Наноинженерия.* 2013. № 2.

Показано расширение возможностей моделирования трубчатых пьезоприводов с многослойной структурой и произвольным количеством секторов металлизации и нахождение оптимальных конструкционных параметров пьезосканера с шестью степенями свободы, позволяющего осуществлять плоскопараллельное перемещение зонда вдоль поверхности образца. Методом конечных элементов (МКЭ) и аналитическим методом исследованы особенности напряжённо-деформированного состояния пьезосканера. Проанализированы формы прогибов пьезотрубки, оценено влияние толщины металлических электродов на основную функцию преобразования пьезосканера.

Математическое моделирование процессов газовыделения материалов космического назначения с защитными покрытиями. *Наноинженерия.* 2013. № 2.

Разработана математическая модель диффузии и газовыделения легколетучих компонентов из объёма материала, которая предназначена для прогнозирования результатов физического эксперимента по газовыделению и позволяет при должном количестве экспериментальных данных экстраполировать зависимость массопотери от времени. Данная модель лежит в основе методики ускоренных испытаний для оценки газовыделения материалов космического назначения с антидиффузионными защитными покрытиями.

Управление качеством токарной обработки высокоточных деталей машин. *Наукоёмкие технологии в машиностроении.* 2013. № 2.

Дано описание подсистемы параметрической оптимизации типажа унифицированных резцов и режимов обработки деталей из труднообрабатываемых и конструкционных материалов на прецизионных токарных станках с ЧПУ. Рассмотрены этапы выбора режимов резания с назначением количества проходов.

Технологическое обеспечение качества внутренних цилиндрических поверхностей деталей на базе модульного подхода. *Наукоёмкие технологии в машиностроении.* 2013. № 2.

Изложена методология технологического обеспечения качества внутренних цилиндрических поверхностей деталей машин на базе модульного подхода. Приведён пример разработки модульной технологии обработки гильзы цилиндра.

Моделирование движения дистанционно пилотируемого ДА с модифицированным нечётким регулятором в контуре управления полётом. *Полёт.* 2013. № 2.

Приводится математическая модель замкнутого контура управления полётом дистанционно пилотируемого летательного аппарата (ДПЛА) лёгкого класса с регуляторами, построенными на базе нечёткой логики. Результаты компьютерного моделирования показали, что применение модифицированных нечётких регуляторов позволяет получить удовлетворительное качество управления при старте ДПЛА даже в процессе действия сильных возмущений и значительном изменении скорости и высоты полёта. При ограниченной неопределённости значений статической продольной устойчивости в достаточно широких пределах управление остаётся робастным.

Имитационная модель электромеханических преобразователей энергии с учётом процессов в подшипниковых опорах. *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2013. № 2.

Решена задача определения влияния параметров подшипниковых узлов с учётом изменения температуры в процессе эксплуатации на электромеханические и электромагнитные характеристики высокоскоростных электромеханических преобразователей энергии, для которых в программном комплексе Matlab Simulink разработаны имитационные компьютерные модели на механических подшипниках и гибридных магнитных подшипниках.

Результаты исследований, разработки и внедрения новых смазочных материалов для процессов металлообработки. *Трение и смазка в машинах и механизмах.* 2013. № 2.

Показаны результаты научно-исследовательских и внедренческих работ, проводимых в технопарке "Хозрасчётный творческий центр Уфимского авиационного института".

Силы трения при прокатке прецизионных сплавов: компьютерное моделирование. *Трение и смазка в машинах и механизмах.* 2013. № 2.

Рассмотрено действие сил трения при пластической деформации металла на прокатном стане. Для компьютерного моделирования разработана конечно-элементная модель прокатки, учитывающая специфические особенности механизма трения.

Модифицированные присадками полифосфатов смазочные композиции "Пума" и "Буксол". *Трение и смазка в машинах и механизмах.* 2013. № 2.

Представлены новые разработки в области смазочных материалов для тяжелонагруженных узлов трения подвижного состава железнодорожного транспорта. Применение двойных полифосфатов и фосфоровольфраматов некоторых металлов в качестве присадок к широко эксплуатируемым пластичным смазкам "Пума" и "Буксол" позволяет получить смазочные композиции с улучшенными физико-химическими, объёмно-механическими и антифрикционными свойствами.

Методологические принципы создания функциональных покрытий для режущего инструмента. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2013. № 2.

Представлены результаты разработки методологических принципов создания функциональных покрытий на субстратах из инструментальных материалов при использовании процессов вакуумно-дугового осаждения. Приведены данные о механизмах управления свойствами покрытий, принципах формирования и технологиях их осаждения, эффективности режущих инструментов с покрытием. Результаты приведёных научных исследований получены на основе многолетних изысканий Московского государственного технологического университета "СТАНКИН" и Ульяновского государственного технического университета (УлГТУ).

Анализ прочности сцепления порошковых покрытий при газопламенном напылении водородно-кислородным пламенем. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2013. № 2.

Приведены оборудование, методики и результаты исследований прочности сцепления газопламенных покрытий с основой. Установлена и описана зависимость прочности сцепления от режимов напыления порошковыми материалами с применением водородно-кислородного пламени.

ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

учебное пособие в 4 кн. Под ред. **Д.В. Чернилевского**

2012 г.
Формат 60x88 1/16
ISBN 978-5-94275-602-4
Цена за комплект из 4 книг 1000 р.

Кн. 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. Н.В. Ладогубец, Э.В. Лузик

Содержит основные положения, формулы и законы, используемые при изучении курса "Теоретическая механика", включая динамику материальной точки и динамику материальной системы и твердого тела. Даны алгоритмы решения задач, вопросы для самоконтроля и тестовые задания.

Кн. 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ. В.В. Астанин

Изложены основные вопросы расчетов на прочность элементов машин и сооружений Приведены примеры решения типовых задач на растяжение и сжатие, сдвиг, кручение, изгиб, сложное сопротивление, повторно-переменные и динамические нагрузки.

Кн. 3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН. Я.Т. Киницкий

Изложены основные понятия и определения курса, структура и классификация механизмов и машин, общие методы кинематического и динамического исследования механизмов, приведены некоторые сведения из теории регулирования движения машин и уравновешивания механизмов.

Кн. 4. ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. Д.В. Чернилевский

Изложены основные сведения о технологических функциях механизмов, их кинематических и силовых возможностях, достоинствах и недостатках, позволяющих технологу производственных процессов провести анализ и синтез при принятии решения в процессе разработки технического задания на совершенствование существующих конструкций машин или вновь проектируемых машинных комплексов.

Для студентов высших технических учебных заведений, изучающих курсы "Сопротивление материалов" и "Техническая и прикладная механика".

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

В.И. Васильев

2013 г. Объем 172 с. Формат 60x88 1/16 ISBN 978-5-94275-667-3 Цена 250 р.

Рассмотрены основы построения интеллектуальных систем защиты информации в корпоративных информационных системах. Особое внимание уделено построению биометрических систем идентификации личности, систем обнаружения и предотвращения вторжений, анализа и управления информационными рисками. Изложены современные подходы к созданию данного класса систем с использованием методов теории нейронных сетей, искусственных иммунных систем, нечетких когнитивных моделей.

Допущено Учебно-методическим объединением по образованию в области информационной безопасности в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специализациям специальности "Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем".

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

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