Автоматизация. Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

Том 71
5
2017

Главный редактор
Микрин Е.А. — д.т.н., проф., академик РАН, ОАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
Белоусов В.Л. — д.э.н., проф., МГУПИ
Ван Сяофэн — д.т.н., проф., Нанкинский ун-т науки и технологии (КНР)
Ван Мэйлин — д.т.н., проф., Пекинский политехнический ун-т (КНР)
Дегтярёв Ю.И. — д.т.н., проф., МАИ
Елисеев В.А. — д.т.н., проф., Ин-т инновац.-технологич. менеджмента
Иванов А.П. — д.э.н., проф., МГУПС (МИИТ)
Криони Н.К. — д.т.н., проф., УГАТУ (г. Уфа)
Мальцева С.В. — д.т.н., проф., НИУ ВШЭ
Микаева С.А. — д.т.н., проф., МГУПИ
Неусыпин К.А. — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Нефёдов Е.И. — д.ф.-м.н., ИРЭ РАН
Никифоров В.М. — д.т.н., проф., ФГУП «НПЦАП им. Н.А. Пилюгина»
Осипова В.Г. — ООО «Изд-во Инновационное машиностроение» (заместитель главного редактора)
Пролетарский А.В. — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Румянцева О.Н. — генеральный директор ООО «Изд-во Инновационное машиностроение»
Ся Юаньцин — д.т.н., проф., Пекинский политехнический ун-т (КНР)
Фёдоров И.Б. — д.т.н., проф., академик РАН, президент МГТУ им. Н.Э. Баумана
Хэ Юн — д.т.н., проф., Нанкинский ун-т науки и технологии (КНР)
Шахнов В.А. — д.т.н., проф., член-кор. РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана
Шибанов Г.П. — д.т.н., проф., Гос. лётно-испытат. центр им. В.П. Чкалова
Янович Е.А. — д.э.н., проф., Кошалинский политехнич. ин-т (Польша)

Редактор — **Мымрина И.Н.**
Редактор — **Селихова Е.А.**
Компьютерная вёрстка — **Конова Е.В.**

Адрес редакции:
107076, Москва, Колодезный пер., д. 2А, стр. 2.
Тел.: (499) 268-41-77.
E-mail: ast@mashin.ru; astmashin@yandex.ru;
http://www.mashin.ru

УЧРЕДИТЕЛИ:

ОБЩЕСТВО
С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
"ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"

Журнал зарегистрирован 29 мая 2014 г.
ПИ № ФС77-58102 в Роскомнадзоре

Журнал входит в перечень утверждённых ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей учёных степеней, а также в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

ООО "Издательство
"Инновационное машиностроение"

Адрес издательства:
107076, Москва, Колодезный пер., д. 2А, стр. 2.
Тел.: (495) 661-03-36

© Издательство "Инновационное машиностроение",
"Автоматизация. Современные технологии", 2017

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Буренин В.В., Иванина Е.С. Очистка воздуха для систем пневмоавтоматики и силового пневмопривода 195

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Гурин И.А., Спирин Н.А., Лавров В.В., Носков В.Ю. Алгоритмическое и программное обеспечение оптимального распределения топливно-энергетических ресурсов в доменном производстве 202

Подусов М.С., Поляков В.Г., Сердюков О.В., Пермяков Р.А. Система обнаружения вторжений для АСУТП на базе ПТК «ТОРНАДО-N" 207

Бобырь М.В., Нассер А.А., Абдулджаббар М.А. Нечёткая стабилизация процесса обработки деталей в задачах управления оборудованием с ЧПУ 212

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Мальшаков Г.В., Мальшаков В.Д. Количественная оценка интероперабельности прикладного программного обеспечения на основе структур его данных 219

Болнокин В.Е., Ивашов Е.Н., Нгуен Динь Чунг, Корпачёв М.Ю., Федотов К.Д. Алгоритм формирования управляющей системы в условиях неопределённости 222

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Тимофеева М.С., Глазунов Д.В., Симонцева А.В., Мизюков Г.С. Компьютерная технология оценки уровня подготовки абитуриентов 226

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Костюк В.И., Неусыпин К.А. Исследование особенностей инвестирования на рынке ценных бумаг 230

Иванов А.П., Пыченкова О.С. Условия и предпосылки проведения рейтинговых оценок 234

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION PROCESSES

Burenin V.V., Ivanina E.S. Air cleaning systems for pneumatic and power pneumatic drive 195

MODERN TECHNOLOGY

Gurin I.A., Spirin N.A., Lavrov V.V., Noskov V.Yu. Algorithmic provision and the software for optimal allocation of fuel-energy resources in blast- furnaces production 202

Podusov M.S., Polyakov V.G., Sepdyukov O.V., Permyakov R.A. Invasion detection system for **APCS** on the grounds of PTC "TORNADO-N" 207

Bobyr M.V., Nasser A.A., Abduldzhabbar M.A. Fuzzy stabilization of the parts machining process in the CNC machine control tasks 212

INFORMATION TECHNOLOGY

Malshakov G.V., Malshakov V.D. Quantitative evaluation of the engineering software interoperability on the grounds of its data structures 219

Bolnokin V.E., Ivashov E.N., Nguen Din' Chung, Korpachev M.Yu., Fedotov K.D. The formation algorithm of a control system in conditions of uncertainty . . 222

EDUCATIONAL TECHNOLOGY

Timofeeva M.S., Glazunov D.V., Simontseva A.V., Mizyukov G.S. Computer technology for evaluation of the applicants training level 226

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

Kostyuk V.I., Neusypin K.A. Investigation of the investment features in the securities market 230

Ivanov A.P., Pychenkova O.S. Conditions and prerequisites of the rating valuations realization 234

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 e-mail: realiz@mashin.ru, на сайте www.mashin.ru (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефон для справок: (495) 785-60-69

Сдано в набор 01.03.2017.
Подписано в печать 20.04.2017.
Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Цена свободная.

Отпечатано в ООО "Канцлер"
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз".
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru

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

© Издательство "Инновационное машиностроение", "Автоматизация. Современные технологии", 2017

УДК 621.9.06:62-85

В.В. Буренин, канд. техн. наук, проф.
(Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)),
Е.С. Иванина, канд. техн. наук, доц.
(Московский политехнический университет)

ivanina.es@inbox.ru

ОЧИСТКА ВОЗДУХА ДЛЯ СИСТЕМ ПНЕВМОАВТОМАТИКИ И СИЛОВОГО ПНЕВМОПРИВОДА

Рассмотрены новые конструкции воздушных фильтров для систем пневмоавтоматики и силового пневмопривода машин и механизмов, отличающиеся улучшенными характеристиками и предложенные в патентах и научно-технической литературе промышленно развитых стран мира. Показаны основные тенденции развития конструкций этих фильтров.

Ключевые слова: воздушный фильтр; пневмопривод; система пневмоавтоматики; очистка воздуха; механические частицы загрязнений; осушка воздуха.

The new designs of air filters for machines and mechanis pneumatic automation and power pneumatic drive systems, feature improved performance and proposed in the patents and scientific literature of the world industrialized countries are considered. The basic trends in the development of designs these filters are shown.

Keywords: air filter; pneumatic drive; pneumatic automation system; air cleaning; contamination mechanical particle; air dehumidification.

Системы пневмоавтоматики и силовой пневматический привод с воздухом в качестве рабочего тела широко применяются в конструкциях различных машин и механизмов [1]. Это объясняется некоторыми особенностями таких пневматических систем, которые в ряде случаев дают им преимущество перед гидравлическими или электрическими системами того же назначения. Незначительное изменение вязкости воздуха в рабочем диапазоне температур обеспечивает стабильность пневматических систем (пневмосистем) при эксплуатации практически в любых температурных условиях окружающей среды. Пневмосистемы отличаются высоким быстродействием и обеспечивают автоматизированное выполнение тех или иных операций в сочетании с простотой обслуживания и управления. Возможность аккумулирования сжатого воздуха в баллонах позволяет увеличить скорость рабочих операций без увеличения мощности источника пневматической энергии системы. Важной особенностью пневмосистем является их пожарная безопасность. Сжатый воздух, применяемый в качестве носителя энергии для пневмосистем высокого давления, должен быть весьма сухим: влажность воздуха должна соответствовать точке выпадения росы не выше −50 °С. В противном случае при охлаждении воздуха вследствие его расширения возможны выпадение конденсата и образование льда в дросселях, клапанах и других пневмоэлементах системы, что нарушает её нормальную работу.

При эксплуатации пневмосистем большое внимание уделяется очистке воздуха от влаги и смазки [2], от твёрдых и пластичных частиц загрязнений [3], так как попадание этих загрязнений в пневмоэлементы систем приводит к их износу, вследствие чего тот или иной элемент пневмосистем не сможет выполнять свои функции.

Поэтому для повышения надёжности и ресурса систем пневмоавтоматики и силового пневмопривода сжатый воздух, применяемый в качестве рабочего тела (среды) в пневматических системах, должен быть очищен от твёрдых и пластичных частиц загрязнений, от влаги (воды) и смазки (масла).

Загрязняющие твёрдые и пластичные частицы отделяют от воздуха механическим и силовым методами. В первом случае очистка осуществляется благодаря применению жестких или гибких перегородок или насыпных зернистых слоёв фильтрующего материала (механические фильтры), а во втором — в результате действия силового поля — гравитационного, инерционного, электрического и др. (силовые фильтры).

Современные воздушные механические и силовые фильтры, очищающие воздух от твёрдых и пластичных частиц загрязнений (механических примесей), должны обладать следующими качествами:

высокой эффективностью очистки от вредных механических примесей;

минимальным сопротивлением потоку очищаемого воздуха при достаточном количестве очищаемого воздуха для нормальной работы пневматической системы;

высокой поглощающей способностью (грязеёмкостью), позволяющей удерживать большое количество механических загрязнений без снижения рабочих характеристик воздушного фильтра;

высокой прочностью фильтрующего материала в механических фильтрах, поскольку при его высокой загрязнённости возрастают нагрузки и появляется риск его разрыва;

высокой герметичностью, позволяющей не допустить попадание в обход фиксирующего материала неочищенного воздуха в пневматическую систему;

большим сроком эксплуатации при сохранении рабочих характеристик фильтра.

В качестве фильтрующих материалов и фильтрующих элементов для воздушных механических фильтров с высокими эксплуатационными показателями применяются:

специальная фильтровальная бумага на основе высококачественных целлюлозных волокон;

комбинированные фильтрующие материалы на основе целлюлозы с включением синтетических волокон;

фильтрующие материалы, полностью выполненные из синтетических волокон;

металлические сетки из обычной и витой проволоки;

пакеты из тонких металлических пластин;

различные ткани, войлок, пористые металлы и керамика и т.д.

Для осушки воздуха применяются фильтры-сепараторы и фильтры-осушители, позволяющие значительно продлить срок службы пневмосистем и пневмоагрегатов, значительно сократить аварийность и число отказов.

Механические фильтры-сепараторы отделяют от воздуха твёрдые и пластичные частицы загрязнений и воду в капельном состоянии. Для отделения паровой воды от воздуха используются механические фильтры-осушители. В них проводится предварительная механическая очистка воздуха с последующим отделением паров воды с использованием принципа адсорбции. Поверхностные свойства используемого материала-адсорбента позволяют ему поглощать паровую влагу. Благодаря гранулированному состоянию материала-адсорбента сжатый воздух, проходя через слой гранул материала-адсорбента, избавляется от паров воды и приобретает необходимые качественные характеристики, при которых возможно эффективное и безопасное использование пневматического оборудования.

Если не использовать фильтры-сепараторы и фильтры-осушители, то влага, содержащаяся в воздухе, при его сжатии конденсируется. Результатом этого становится целый ряд негативных явлений:

коррозия внутренних поверхностей трубопроводов и пневмоагрегатов пневмосистем;

разрушение смазочного слоя в подвижных соединениях пневмоцилиндров и других пневмоагрегатов, что приводит к их быстрому выходу из строя;

замерзание влаги в пневмосистемах при низкой температуре, результатом чего могут стать закупорка трубопроводов, заклинивание и выход из строя пневмоагрегатов.

Подвижные части пневмоагрегатов систем пневмоавтоматики и силового пневмопривода (пневмоцилиндры, пневмомоторы, пневмораспределители, пневмоклапаны и т.д.) в большинстве случаев требуют смазки. Самым распространённым способом смазки трущихся поверхностей в пневмосистемах является распыление смазочного материала непосредственно в поток сжатого воздуха, используемого в качестве рабочего тела. При прохождении смазочного материала вместе с воздухом по пневмосистеме часть его оседает внутри трубопроводов, в пневмоагрегатах и исполнительных пневмомеханизмах, образуя тонкую плёнку. Вместе со смазкой на стенках трубопроводов и пневмоагрегатов оседают механические примеси, попадающие в поршневой компрессор (источник пневматической энергии) со всасываемым воздухом — это пыль, продукты износа и коррозии металла цилиндров, трубопроводов (ржавчина, механическая пыль и др.). Слой отложений смазки с механическими примесями под воздействием кислорода воздуха и температуры окисляется и образует нагар.

Чтобы предотвратить образование нагара, всасываемый в компрессор воздух должен быть хорошо очищен от пыли и должны четко соблюдаться требования, предъявляемые к эксплуатации компрессора.

Для очистки сжатого воздуха от смазочного материала (масла) применяются фильтры-маслоотделители, отвечающие самым высоким функциональным требованиям. Фильтры-маслоотделители работают в довольно сложных эксплуатационных условиях. Основными негативными факторами, воздействующими на фильтр-маслоотделитель, являются:

высокое давление воздуха;

вибрационные нагрузки;

высокие температуры.

Для качественной очистки сжатого воздуха от водяного и масляного тумана применяются фильтры-поглотители адсорбционного типа.

В последние годы российские и зарубежные фирмы промышленно развитых стран разработали новые конструкции воздушных фильтров для систем пневмоавтоматики и силового пневмопривода, отличающихся улучшенными характеристиками.

Для питания пневмосистем сжатым воздухом чаще всего применяется компрессор, давление нагнетания которого определяется по максимальному давлению основных потребителей. Самым распространенным типом компрессора, сжимающего воздух, является поршневой компрессор.

Атмосферный воздух, содержащий механические примеси, перед поступлением в компрессор для сжатия должен быть очищен от твёрдых частиц загрязнений (пыли).

Большим ресурсом работы отличается регенерируемый фильтрующий элемент [4] механического фильтра (рис. 1), состоящий из трубчатого кожуха *3* и сотовой структуры, выполненной из гофрированных *1* и гладких *2* слоёв, изготовленных из фильтрующих материалов и образующих каналы для прохода очищаемого от взвешенных частиц загрязнений запылённого атмосферного воздуха. Для придания механической стабильности фильтрующему элементу предусмотрен усиливающий участок, расположенный в краевой зоне элемента с входной стороны и защищающий его от раздувания, что предотвращает разлохмачивание фильтрующего элемента по краю.

Для качественной очистки от пыли атмосферного воздуха, поступающего в компрессор, фирма Melicon GmbH (Германия) разработала холст MeliFil из полученных по специальной технологии волокон различных металлов — нержавеющей стали, алюминия, никелевых сплавов и др. [5]. Холсты поставляются листами размером до 6000 × 1200 мм или рулонами шириной 200 мм.

Надёжен в работе и отличается большим ресурсом работы механический рукавный фильтр с регенерирующим устройством [6], предназначенный для очистки запылённого атмосферного воздуха (рис. 2).

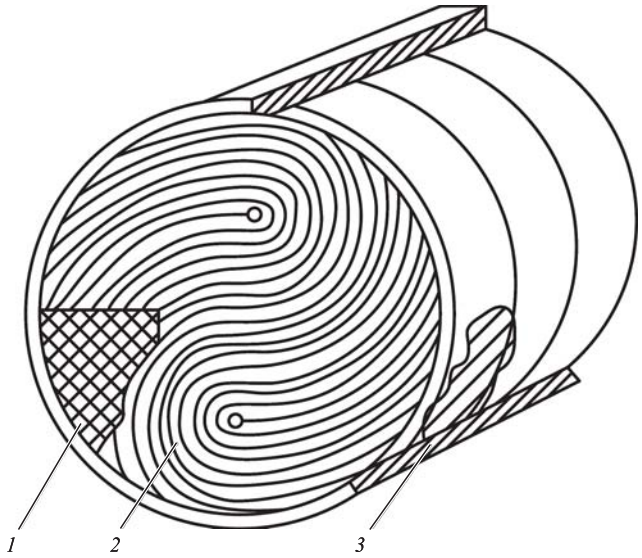


Рис. 1. Регенерируемый фильтрующий элемент воздушного механического фильтра

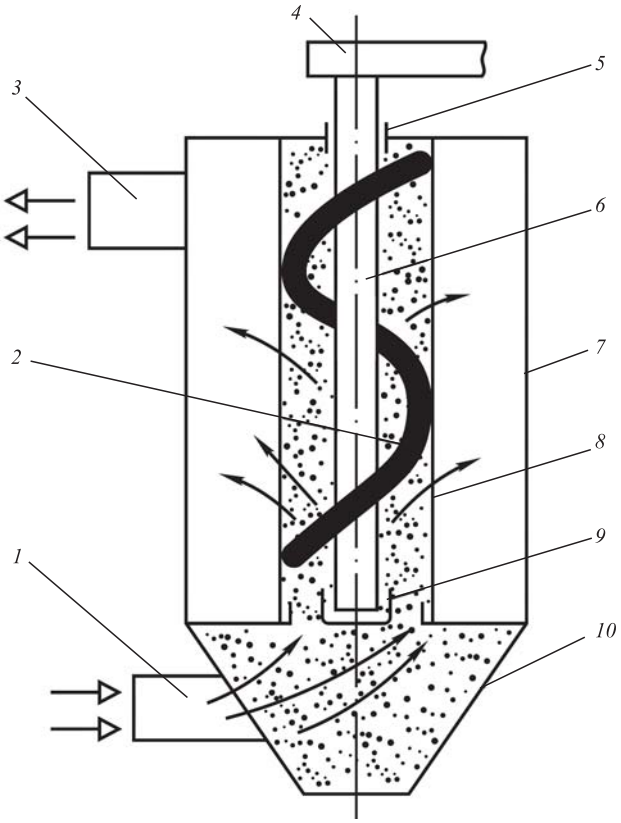


Рис. 2. Воздушный механический рукавный фильтр с регенерирующим устройством

Фильтр-пылеуловитель состоит из корпуса *7* с входным *1* и выходным *3* патрубками, фильтрующего рукава *8*, вала *6* с щётками *2*, закрепление которых по длине вала *6* выполнено по спирали так, что обеспечивается их равномерное по высоте прилегание к внутренней поверхности рукава *8*. Запылённый воздушный поток через патрубок *1* поступает внутрь рукава *8*, проходит через него, осаждая пыль на внутренней поверхности рукава. Очищенный воздух выходит через патрубок *3*. После того как внутренняя поверхность рукава *8* забьётся частицами пыли, что определяется по перепаду давлений на входе и выходе воздуха из фильтра, подачу запылённого воздуха прекращают и проводят регенерацию рукава *8*. Винтообразное движение щёткам *2* обеспечивается валом *6*, установленным в подшипниках *5* и *9* и получающим вращение от привода *4*. Щётки удаляют с внутренней поверхности рукава *8* частицы пыли, которые падают в бункер *10*. По окончании регенерации рукава *8* возобновляется подача запылённого воздуха на очистку в фильтр.

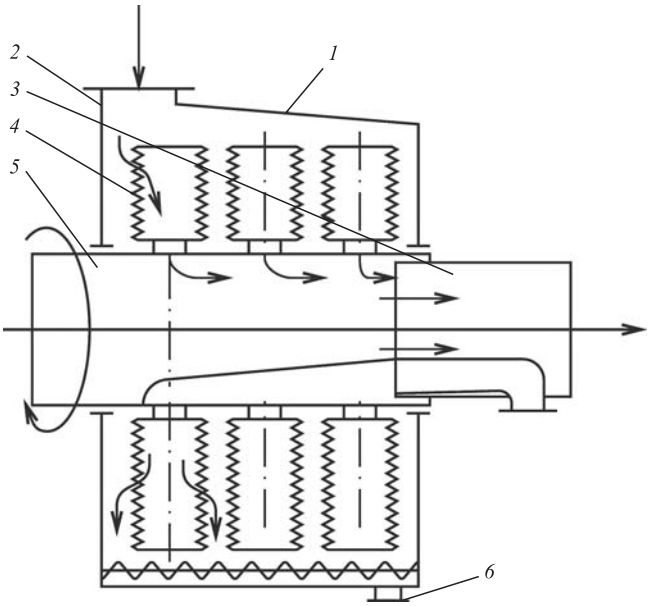


Рис. 3. Воздушный механический фильтр ротационного типа с радиально закреплёнными кассетами, заполненными фильтрующим зернистым материалом

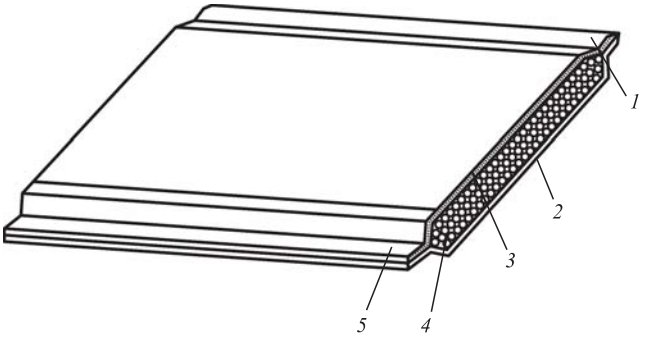


Рис. 4. Фильтрующий многослойный элемент воздушного механического фильтра

Фирмой Tetratec PTFE Technologies Donaldson GmbH (Германия) разработана высокоэффективная, удобная в эксплуатации фильтровальная установка [7] для очистки запылённого атмосферного воздуха, поступающего в компрессор. Установка включает рукавный фильтр с рукавами из стеклоткани с покрытием политетрафторэтиленовыми пористыми мембранами, обеспечивающими высокую степень очистки атмосферного воздуха.

Эффективно очищает от пыли атмосферный воздух, поступающий в компрессор, механический фильтр ротационного типа [8] с радиально закреплёнными цилиндрическими кассетами *4* (рис. 3), заполненными фильтрующим зернистым материалом. Загрязнённый атмосферный воздух поступает в корпус *1* фильтра на очистку через патрубок *2*. Далее, проходя через кассеты *4* и очищаясь от пыли в них, поток воздуха входит в поворотный коллектор *5* и выходит через патрубок *3*. Благодаря вращению поворотного коллектора *5* вместе с кассетами *4* возникает центробежная сила, которая стряхивает пыль с кассет *4*, и пыль удаляется через патрубок *6*. При этом обеспечивается большой ресурс непрерывной работы механического воздушного фильтра.

Высокую степень очистки сжатого воздуха от взвешенных частиц загрязнений обеспечивает фильтрующий многослойный элемент [9] механического фильтра (рис. 4). Элемент состоит из наружных слоёв *2* и *3*, изготовленных из пористого материала (на рис. 4 наружная поверхность слоя *3* условно показана точками), и промежуточного волокнистого слоя *4*, охватываемого слоями *2* и *3*, края которых *1* и *5* неразъёмно соединены. Фильтрующий элемент в механическом фильтре-пылеуловителе в случае его засорения легко заменить новым.

Повышенной надёжностью работы отличается механический щелевой фильтр (рис. 5) [10] для очистки запылённого атмосферного воздуха от взвешенных твёрдых и пластичных частиц загрязнений, содержащий корпус *1* с впускным А и выпускным Б патрубками, внутри которого установлен фильтрующий элемент *2* из спирально намотанной основной проволоки фасонного поперечного сечения. На основную проволоку намотана дополни-

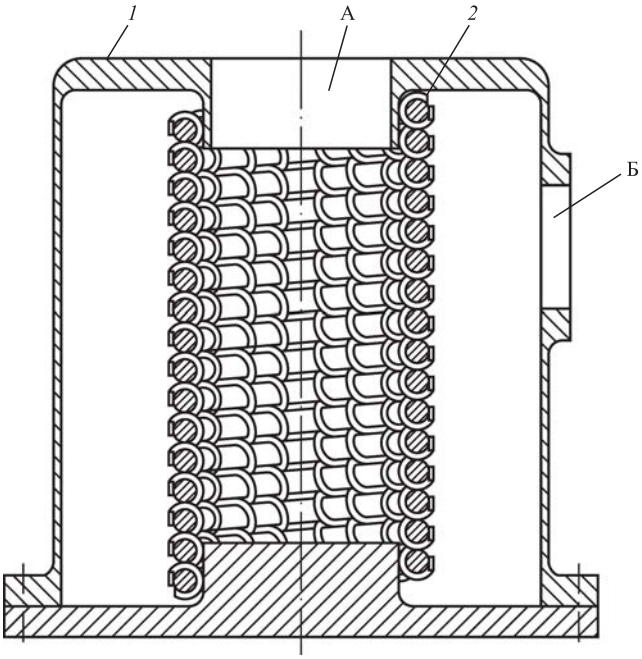


Рис. 5. Воздушный механический щелевой фильтр

тельная проволока, обеспечивающая постоянство межвитковых зазоров по всей поверхности фильтрующего элемента *2*.

Поток загрязнённого воздуха через выпускной патрубок А поступает к фильтрующему элементу *2*, на поверхности которого задерживаются частицы загрязнений с размерами, превышающими межвитковые зазоры между основной и дополнительной проволоками. Очищенный от частиц загрязнений определённого размера воздух выходит из корпуса *1* через выпускной патрубок Б.

Пониженными энергозатратами на очистку и осушку атмосферного воздуха отличается механический фильтр-сепаратор [11], установленный на входе атмосферного воздуха в компрессор и содержащий корпус с коническим днищем, имеющим в своей нижней части отверстие с установленным в нём конденсатоотводчиком. Внутри корпуса фильтра установлен перфорированный металлический цилиндр, обтянутый проволочной сеткой. Внутри перфорированного цилиндра расположен фильтрующий элемент. На корпусе фильтра расположены штуцер ввода на очистку атмосферного воздуха; штуцер вывода в компрессор очищенного фильтром атмосферного воздуха, имеющий коническую насадку с радиальными канавками на внешней поверхности; штуцер ввода сжатого компрессором воздуха в корпус фильтра, выполненный в виде сужающегося, дозвукового сопла с криволинейными канавками на внутренней поверхности. Внутри корпуса фильтра установлены форсунки для обдува холодным сжатым воздухом фильтрующего элемента в целях снижения температуры поступающего в компрессор атмосферного воздуха. К верхней крышке корпуса фильтра-сепаратора прикреплена отражательная перегородка с жестко закреплённой пористой пластиной. Отражательная перегородка установлена на расстоянии от штуцера ввода на очистку в фильтр атмосферного воздуха, равном 1,4...1,6 диаметра внутреннего канала штуцера. Конденсирующаяся в пористой пластине влага после удара сжатого воздуха об отражательную перегородку не сразу сбрасывается в днище корпуса фильтра, что снижает частоту удаления конденсата с загрязнениями, уловленными из воздуха, используемого в процессе продувки.

Удобный в эксплуатации воздушный патронный фильтр [12] разработала фирма Knorr-Bremse Systeme für Nutzfanrzeuge GmbH (Германия). Фильтр предназначен для очистки сжатого воздуха от масла, механических частиц и влаги и состоит из корпуса в форме цилиндрического стакана, внутри которого установлен сменный фильтрующий элемент в виде патрона.

Повышенной эффективностью очистки воздушного потока от диспергированных в нём ферромагнитных и диамагнитных частиц загрязнений отличается высокоградиентный магнитный фильтр [13], изображённый на рис. 6. Фильтр состоит из корпуса *2* цилиндрической формы, выполненного из немагнитного коррозионно-стойкого материала, заполненного многослойной матрицей *3* из магнитномягкого коррозионно-стойкого материала, например металлической ваты. По оси корпуса *2* расположен цилиндрический стержень *4*, выполненный также из магнитно-мягкого коррозионно-стойкого материала с диаметром, равным 0,3...0,5 внутреннего диаметра корпуса *2*, и являющийся концентратором магнитного потока в объёме матрицы *3*. Одновременно с этим стержень-концентратор *4* выполняет роль конструктивного элемента, на котором формируется матрица *3*. Снаружи корпуса *2* размещена магнитная система, выполненная из аксиально намагниченных кольцевых высококоэрцитивных постоянных магнитов *5*, обращённых друг к другу одноимёнными полюсами. Между магнитами *5* находятся ферромагнитные полюсные наконечники *6*, также

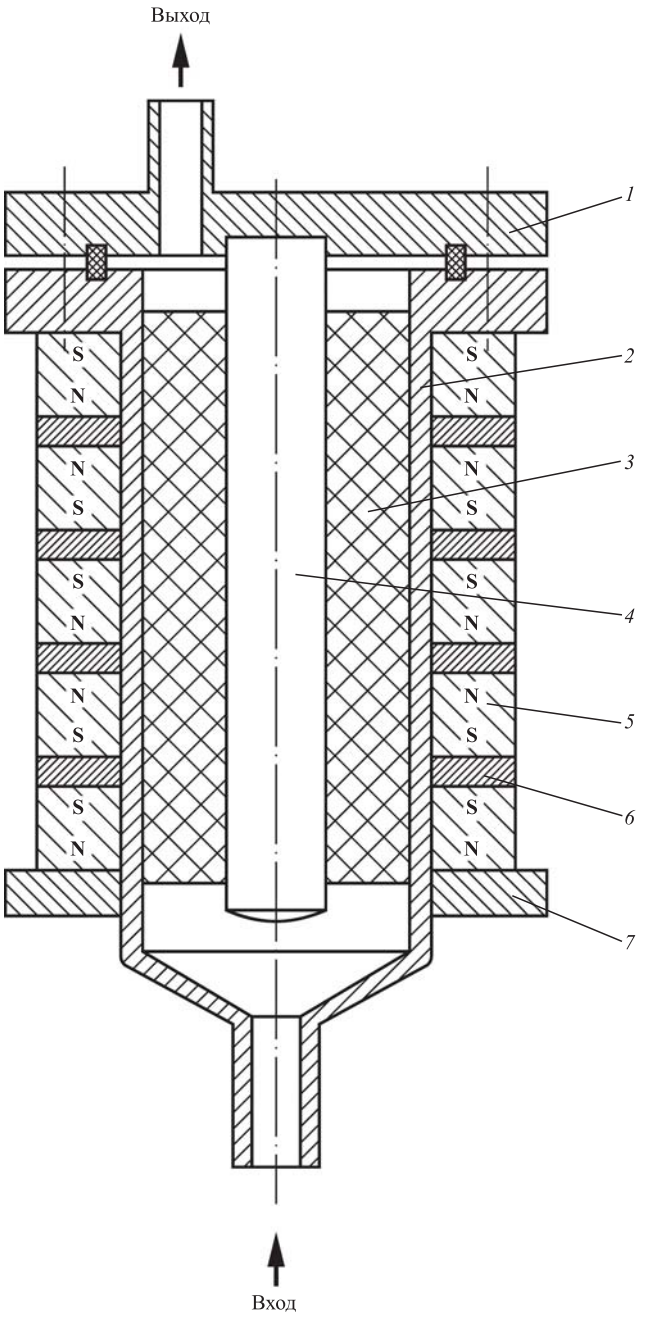


Рис. 6. Высокоградиентный магнитный воздушный фильтр

имеющие форму колец и одинаковые с магнитами *5* наружный и внутренний диаметры. Для обеспечения максимального значения магнитной индукции в объёме матрицы *3* (максимального радиального магнитного потока) толщина постоянных полюсных наконечников *6* должна быть минимально возможной (но не более половины высоты магнита *5*); она лимитируется лишь максимальным усилием сближения магнитов, т.е. допустимым осевым усилием узла фиксации магнитов *5* в рабочем состоянии. Узел фиксации включает в себя подвижный нижний фланец *7*, надеваемый на корпус *2* и фиксируемый на нём. Стержень *4* жестко закреплён на верхнем фланце *1* из немагнитного материала. Поток воздуха на очистку подается на вход корпуса *2*, проходит через слои матрицы *3*, сформированные на стержне-концентраторе *4* и находящиеся в магнитном поле расположенных снаружи корпуса *2* аксиально намагниченных кольцевых высококоэрцитивных постоянных магнитов *5* и полюсных наконечников *6*. Ввод в объём матрицы *3* стержня-концентратора *4* позволяет максимально увеличить градиент магнитного поля в объёме матрицы *3* и увеличить эффективность улавливания из потока очищаемого воздуха ферромагнитных и диамагнитных частиц загрязнений. Фильтр имеет простую конструкцию и удобен в эксплуатации.

Шведский концерн Atlas Copco выпускает в Европе на итальянском заводе Ceccato Aria Compressa S.p.A. и головном предприятии концерна Airpower N.V. в Бельгии воздушные механические фильтры-осушители серий PD, DD, PDp, DDp производительностью 540 л/мин [14], обеспечивающие остаточное содержание жидкости (воды) в выходящем из фильтра сжатом воздухе не более 0,1 мг/м^3 при температуре воздуха +20 °С и концентрации масла ниже 3 мг/м^3. Фильтрующий элемент механического фильтра-осушителя улавливает 100 % твёрдых частиц загрязнений размером до 1 мкм и 99,9 % частиц загрязнений размером до 0,01 мкм. Перепад давлений на фильтре-осушителе с незагрязнённым фильтрующим элементом составляет 0,08 кгс/см^2.

Повышенным качеством подготовки сжатого воздуха, поступающего к дозирующим и распределительным устройствам систем пневмоавтоматики и к другим потребителям очищенного от твёрдых частиц загрязнений и паров воды сжатого воздуха, отличается станция очистки [15], содержащая корпус с патрубком подвода сжатого воздуха на очистку и трубопроводом выхода очищенного сжатого воздуха, модуль предварительной подготовки сжатого воздуха, модуль тонкой очистки сжатого воздуха, распределительное устройство, устройство контроля, пульт управления, соединительные воздушные трубопроводы, трубопровод дренажа конденсата воды.

Модуль предварительной подготовки сжатого воздуха выполнен в виде последовательно установленных по ходу движения потока сжа-

того воздуха в линии очистки двух механических фильтров грубой очистки. На входе первого механического фильтра установлены реле давления и манометр устройства контроля.

Модуль тонкой очистки выполнен в виде двух параллельных линий очистки сжатого воздуха с последовательно установленными в каждой из них двумя фильтрами тонкой очистки со сменными картриджами. Наличие двух параллельных линий очистки в модуле тонкой очистки повышает надёжность работы станции очистки.

Распределительное устройство выполнено в виде двух электроуправляемых двухпозиционных распределителей, обеспечивающих переключение работы станции с основного на дублирующий режим в случае засорения одного из фильтров тонкой очистки. После замены картриджей в фильтре тонкой очистки с помощью пульта управления станция переключается на основной режим работы по линии очистки сжатого воздуха через два фильтра тонкой очистки.

Эффективная эксплуатация систем пневмоавтоматики и силового пневмопривода, применяемых в конструкциях различных машин и механизмов, во многом зависит от правильного выбора устройств очистки и осушки воздуха, являющегося рабочим телом этих пневмосистем.

Усложнение функций автоматизированных пневмосистем управления и силового пневмопривода, а также ужесточение требований к степени чистоты сжатого воздуха потребовали усовершенствования конструкций устройств очистки и осушки воздуха. Эти конструктивные усовершенствования направлены на повышение эффективности осушки воздуха и очистки его от различных загрязнений; увеличение надёжности и ресурса работы устройств очистки; обеспечение более удобной и безопасной эксплуатации и технического обслуживания; снижение массы и габаритных размеров фильтрующих и влаго- и маслопоглощающих элементов; использование для их изготовления материалов, отличающихся высокими характеристиками.

Библиографические ссылки

1. **Буренин В.В.** Силовые приводы: Учеб. пособие. М., МАДИ (ГТУ), 2001. 105 с.
2. **Буренин В.В.** Осушка воздуха охлаждением для систем пневмоавтоматики и силовых пневматических приводов // Автоматизация и современные технологии. 2010. № 7. С. 6 — 10.
3. **Буренин В.В., Иванина Е.С.** Новые конструкции воздушных фильтров для силовых пневмоприводов и систем пневмоавтоматики // Механизация строительства. 2015. № 5 (851). С. 26 — 32.
4. **Брюк Р., Ходгзон Я., Менгельберг М.** Фильтр для очистки отработавших газов с по меньшей мере одним фильтрующим элементом // Патент России № 2310763. 2007. Бюл. № 32.
5. **Metallvlies** //Cltplus. 2004. № 7. P. 5.
6. **Абрамкин Н.Г., Минко В.А., Покидько В.Н.** и др. Фильтр для очистки газов от пыли // Патент России № 2088308. 1997. Бюл. № 24.
7. **Filteranlagemit** PTFE — Membranenreinigtrauch und staubhaltige Abluft// Maschinenmarkt. 2001. № 22. S. 61.
8. **Селенцов В.К., Бирюков С.Д.** Инерционный зернистый роторный фильтр // Патент России № 2293854. 2009. Бюл. № 34.
9. **Брюк Р.** Фильтрующий многослойный элемент и фильтр для очистки потока отработавших газов // Патент России № 2293854. 2007. Бюл. № 5.
10. **Кинчев К.К., Клабеков И.Л.** Щелевой фильтр // Патент России № 2094785. 2001. Бюл. № 35.
11. **Кобелев Н.С., Кобелев А.Н.** Фильтр для очистки воздуха // Патент России № 2050945. 1995. Бюл. № 36.
12. **Воздушный** фильтр // Заявка на пат. 102007046167. Германия, МПК F 15B 21/09. Опубл. 9.04.2009.
13. **Гусев Б.А., Чилипенко Л.Л., Козлов Е.П.** и др. Высокоградиентный магнитный фильтр // Патент России № 2203124. 2003. Бюл. № 12.
14. **Каталог-проспект** концерна Atlas Copco. Изд-во фирмы Ceccato Aria Compressa S.p.A., 2012. 8 с.
15. **Тахаутдинов Р.С., Шмаков В.И., Юрченко Г.Н.** Станция подготовки сжатого воздуха // Патент России № 2315226. 2008. Бюл. № 2.

Уважаемые читатели!

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении,
а также непосредственно на сайте издательства
ООО «Инновационное машиностроение».

УДК 669.162.26

И.А. Гурин, Н.А. Спирин, д-р техн. наук, проф., **В.В. Лавров,** д-р техн. наук, проф.
(Уральский федеральный университет
им. первого президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург),
В.Ю. Носков
(ООО "АйТиКВАР", г. Екатеринбург)
n.a.spirin@urfu.ru

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ДОМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Рассмотрены алгоритм и методы решения задачи оптимального распределения топливно-энергетических ресурсов в доменном производстве. Описано программное обеспечение для решения данной задачи, позволяющее повысить эффективность использования топливно-энергетических ресурсов на доменных печах в условиях изменения параметров плавки.

Ключевые слова: доменный процесс; топливно-энергетические ресурсы; оптимальное распределение ресурсов; математическое моделирование; программное обеспечение; оптимизация функции.

The algorithm and problem decision methods for optimal allocation of fuel-energy resources in the blast-furnaces production are considered. Software for this problem decision, allowing to increase efficiency utilization of fuel-energy resources in the blast-furnace at melting parameters changing is described.

Keywords: blas-furnace process; fuel-energy resources; optimal allocation of resources; mathematical modeling; software; function optimization.

Введение. В настоящее время каждому металлургическому предприятию приходится самостоятельно решать вопросы оптимизации состава шихты, в том числе и по экономическим критериям, оценивать рациональность использования различных топливно-энергетических ресурсов, определять стратегию управления комплексом металлургических агрегатов. Особое место среди технологических операций получения металлопродукции отводится доменному переделу как самому энергоёмкому и сложному, на долю которого приходится до 50 % топлива, используемого в чёрной металлургии. Цены на кокс, пылеугольное топливо, природный газ, по прогнозам, в ближайшей и долгосрочной перспективе продолжат расти. При заданном общем расходе этих ресурсов в доменном цехе целесообразно иметь оперативную методику оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на отдельных доменных печах и осуществлять их оптимальное распределение, поскольку технологические показатели работы отдельных печей существенно различаются. Эта задача актуальна для крупных доменных цехов, имеющих в составе до 10 доменных печей, выплавляющих в сутки до 30 тыс. тонн чугуна, для чего используется около 45 тыс. тонн железорудного сырья, 13 тыс. тонн кокса, 3,5 млн куб. метров технологического кислорода, до 4,0 млн куб. метров природного газа. Решить данную задачу можно только на основе широкого использования современных методов математического моделирования и разработки автоматизированных систем оптимизации распределения энергоресурсов [1].

Наличие многих факторов и критериев, определяющих эффективность использования комбинированного дутья, а также ограничений на расходы топливно-энергетических ресурсов существенно усложняет задачу по определению оптимальных параметров дутья, при которых достигаются наилучшие технико-экономические показатели работы как отдельных доменных печей, так и группы печей или цеха в целом.

Совершенствование математической модели оптимального распределения топливно-энергетических ресурсов в группе доменных печей. Оценка параметров доменной плавки выполнена с использованием разработанной в УрФУ в рамках натурно-модельного подхода балансовой модели доменного процесса, которую условно можно разделить на две части — мо-

дель базового состояния и прогнозирующую модель [2, 3].

Модель базового состояния позволяет оценить эффективность использования топливно-энергетических ресурсов в прошедшем (базовом) периоде работы. Расчёт проводится по фактическим показателям работы доменных печей в оцениваемом периоде. В частности, можно рассчитать оптимальные расходы природного газа и кислорода на каждую печь, определить показатели работы печей при этих расходах и выполнить сравнительный анализ всех перечисленных показателей при произошедшей (базовой) и оптимальной подаче топливно-энергетических ресурсов.

Прогнозирующая модель на основании исходных данных и результатов, полученных с помощью модели базового (эталонного) состояния, позволяет оценить показатели доменного процесса в случае изменения условий плавки в будущем (проектном) периоде работы. Проектный период предполагает изменение по печам:

дутьевых параметров (влажности и температуры дутья, содержания в нём кислорода);

параметров шихты (химического состава и свойств железорудных материалов, расхода и состава флюсов, состава и свойств кокса).

Разработанная ранее модель оптимального распределения топливно-энергетических ресурсов в группе доменных печей [2, 4, 5] позволяет оценивать оптимальность использования природного газа в базовом периоде, что ограничивает возможность её практического применения для прогнозирования режимов работы отдельных печей и цеха в целом.

Усовершенствованная модель оптимального распределения природного газа и кислорода позволяет не только оценить эффективность использования ресурсов в прошедшем периоде, но и рассчитать оптимальные расходы в будущих периодах работы печей при планируемом изменении параметров плавки.

Используемый при разработке математической модели подход базируется на следующем положении: в случае чрезвычайной сложности исходной задачи, необходимости учёта большого числа нелинейных ограничений типа неравенств, при относительно небольших колебаниях параметров относительно базовых значений целесообразно использовать принцип малых отклонений и свести задачу оптимизации к линейному математическому программированию. В этом случае расчёт изменения выходных параметров проводится по следующей линейной формуле:

$$\Delta y_{ji} = \left(x_{ji}^{\text{пр}} - x_{ji}^{\text{б}}\right) k_{x_{ji}}^{\text{б}},$$

где Δy_{ji} — изменение i-го расчётного параметра y на j-й печи; $x_{ji}^{\text{пр}}$ — значение параметра x_i на j-й печи в проектном периоде; $x_{ji}^{\text{б}}$ — значение параметра x_i на j-й печи в базовом периоде; $k_{x_{ji}}^{\text{б}}$ — коэффициент передачи (корректировочный коэффициент) на j-й печи по i-му каналу воздействия, определяемый с помощью модели доменной плавки по результатам работы соответствующей доменной печи в базовом периоде [2, 5].

В общем виде значения параметров доменной плавки в проектном периоде определяется по правилу аддитивности:

$$y_j^{\text{пр}} = \sum \Delta y_{ji} + y_j^{\text{б}},$$

где $\Sigma\Delta y_{ji}$ — сумма изменений параметра y, вызванных изменениями различных параметров x на i-й печи; $y_j^{\text{б}}$ — значение j-го параметра y в базовом периоде.

Математическая модель оптимального распределения топливно-энергетических ресурсов в доменном цехе в общем виде содержит линейную целевую функцию и ограничения.

Целевая функция сводит к максимуму эффективность использования природного газа в цехе:

$$Z = \sum_{j=1}^{n} \left\{ \alpha \left(e_j C_{\text{к}} - C_{\text{ПГ}} \right) + \right.$$
$$\left. + (1-\alpha) C_{\text{п}} \left[\Delta\Pi_j^{\text{ПГ}} - e_j \Delta\Pi_j^{\text{к}} \right] \right\} V_j^{\text{ПГ}} \to \max, \quad (1)$$

где Z — эффективность использования природного газа в цехе, руб./ч; n — число печей в цехе; α — весовой коэффициент, который определяет, что предпочтительнее — выигрыш в денежном выражении или в производительности, $0 \leqslant \alpha \leqslant 1$; e_j — эквивалент замены кокса (кг) на природный газ (м^3), кг/м^3; $C_{\text{к}}$ — стоимость кокса, руб./кг; $C_{\text{ПГ}}$ — стоимость природного газа (ПГ), руб./м^3; $C_{\text{п}}$ — условно постоянный коэффициент, который показывает на сколько увеличиваются затраты при увеличении производительности (выплавки чугуна), руб./т; $\Delta\Pi_j^{\text{ПГ}}$ — изменение производительности j-й печи при увеличении расхода ПГ на 1 м^3, т/м^3; $\Delta\Pi_j^{\text{к}}$ — изменение производительности j-й печи при увеличении расхода кокса на 1 кг, т/кг; $V_j^{\text{ПГ}}$ — расход ПГ j-й печи, м^3/ч.

Ограничения математической модели разделяются на ограничения в целом по цеху и технологические ограничения на каждую из печей. Ограничения в целом по цеху:

суммарный объём выделенного цеху природного газа;

плановое (требуемое) производство чугуна;

имеющиеся в распоряжении цеха ресурсы кокса.

Технологические ограничения предусматривают учёт и математическое описание ограничений на тепловой, газодинамический и шлаковый режимы плавки. К этим ограничениям относятся следующие фактические и расчётные параметры:

теоретическая температура горения на фурмах, °С;

обобщённый показатель теплового состояния низа печи — характеризует затраты тепла на физический нагрев жидких продуктов плавки и восстановление в чугун оксидов трудновосстановимых элементов (кремния, марганца, фосфора, титана) по реакциям прямого восстановления, МДж/т;

отношение теплоёмкостей потоков (под теплоёмкостью потока понимается произведение расхода потока (шихты, газа) на удельную теплоёмкость вещества потока) шихты и газа в шахте, доли ед.;

степень уравновешивания шихты газовым потоком — критерий устойчивости слоя шихты в печи при воздействии на него газового потока, определяемый как отношение подъёмной силы газового потока к весу шихты, доли ед.;

свойства шлака: вязкость при заданной температуре на выпуске, при 1400 и 1500 °С, Па·с; градиенты вязкости шлака, Па·с/°С;

содержание серы и кремния в чугуне, %;

расход ПГ по печам, $м^3$/ч.

Ограничения предусматривают задание нижнего и верхнего допустимых значений параметров, которые определяются методом математического моделирования, а при отсутствии такой возможности — методом экспертных оценок, что позволяет осуществлять настройку модели на реальный процесс, в том числе и путём формализации опыта инженерно-технического и технологического персонала [2, 4—6].

Разработка алгоритмического обеспечения системы. На рис. 1 представлен алгоритм решения задачи оптимального распределения топливно-энергетических ресурсов в доменном цехе. Начальный блок предполагает ввод показателей работы, корректировочных коэффициентов модели и блока нормативно-справочной информации (НСИ). Подпрограмма "Выбор проектного режима и ввод проектных показателей" предполагает выбор типа изменяемых параметров (дутьевых или шихты) и ввод новых параметров.

В процессе решения могут возникать ситуации, когда ограничения, наложенные на работу цеха в целом, или технологические ограничения на работу отдельных доменных печей противоречивы, т.е. отсутствует область допустимых решений. В связи с этим в алгоритме решения предусмотрен блок анализа решения задачи. В случае отсутствия области решения задачи срабатывает подпрограмма "Коррекция", которая предлагает изменить либо параметры в проектном периоде, либо технологические ограничения на доменные печи.

Алгоритм решения задачи для базового периода аналогичен, за исключением выполнения подпрограммы "Выбор проектного режима и ввод проектных показателей".

Приведённый алгоритм представляет собой решение задачи линейного программирования. Рассмотрим реализованные методы решения задачи оптимального распределения топливно-энергетических ресурсов в доменном цехе.

Алгоритм решения задачи оптимизации был реализован в пакете Microsoft Office Excel. На листах книги задаются исходные данные и расчётные формулы, а получение оптимальных расходов природного газа по печам осуществляется с использованием встроенной надстройки "Поиск решения". Данная надстройка позволяет решать задачи линейного программирования, используя симплекс-метод.

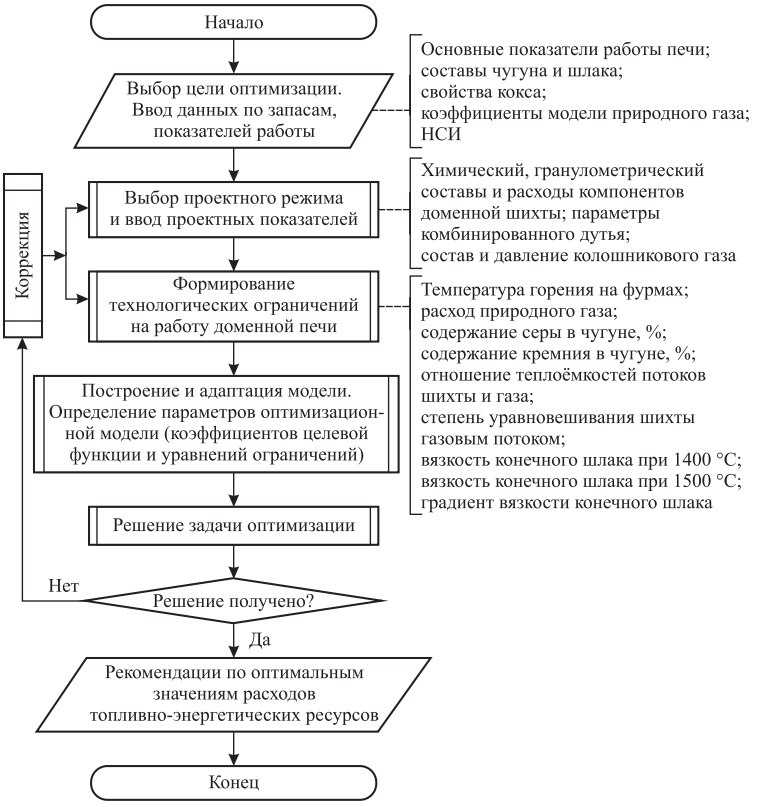


Рис. 1. Блок-схема алгоритма решения задачи оптимального распределения топливно-энергетических ресурсов в доменном цехе

Преимуществами метода решения задачи с использованием электронных таблиц являются возможности быстрого создания расчётной программы благодаря отсутствию необходимости разработки баз данных и пользовательских форм, а также быстрого тестирования и отладки за счёт полной визуализации данных и доступа к ним. Однако этот метод имеет недостатки. Основными из них являются отсутствие автоматической загрузки актуальных исходных данных, неудобство сравнения и анализа нескольких вариантов расчёта, недостаточная гибкость модели.

Реализация программного обеспечения системы. Нами разработано программное обеспечение (ПО) для оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на отдельных доменных печах, а также расчёта их оптимального распределения при заданном на доменный цех общем объёме этих ресурсов (ПО "Оптимизация топливно-энергетических ресурсов"). ПО написано на языке программирования Visual C#, хранение данных обеспечивается системой управления базами данных (СУБД) Microsoft SQL Server. Архитектура ПО представлена на рис. 2.

В соответствии с архитектурой ПО разделяется на три уровня: представления, логики и данных. Уровни взаимодействуют только между собой. Это позволяет вести независимую разработку несвязанных уровней, а при доработке снижает издержки.

Нижний уровень данных представляет собой базу данных, включающую таблицы данных, хранимые процедуры и задачи (Jobs). В таблицах хранятся нормативно-справочная информация; показатели работы доменных печей; коэффициенты влияния; ограничения на показатели работы отдельных печей, запасы ресурсов на цех и производительность цеха; результаты расчётов. Показатели работы доменного цеха поступают из базы данных доменного цеха при запуске периодической задачи, выполняемой агентом SQL Server. Коэффициенты влияния определяются с помощью балансовой модели доменной плавки.

Средний уровень логики представляет собой математическую библиотеку и разделяется на два модуля: подготовки данных и решения задачи линейного программирования. Модуль подготовки данных отвечает за взаимодействие с базой данных и уровнем представления. Взаимодействие с уровнем представления осуществляется с помощью объектов, структура которых определена на этом уровне. Взаимодействие с базой данных осуществляется с помощью хранимых процедур и SQL-запросов.

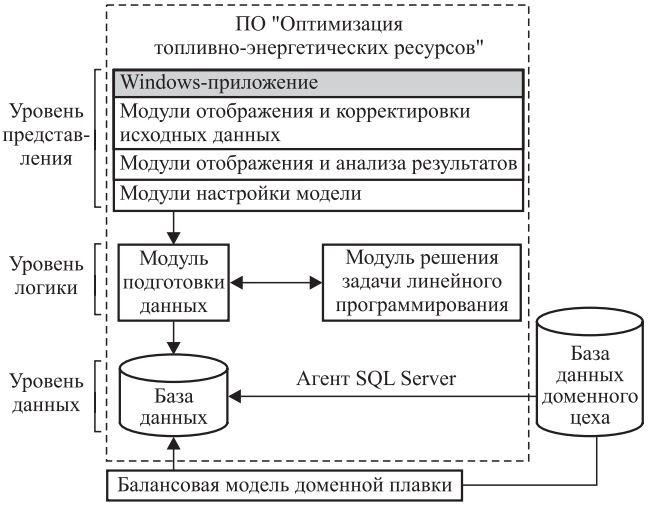


Рис. 2. Архитектура программного обеспечения

Модуль решения задачи линейного программирования представляет собой скомпилированную в математическом пакете MATLAB динамически подключаемую библиотеку DLL для платформы .NET. Стоит отметить, что использование DLL не требует установки экземпляра математического пакета на конечный компьютер, а средой исполнения компонентов MATLAB является свободно распространяемый продукт MATLAB Runtime. Решение задачи оптимизации в MATLAB осуществляется с помощью вызова функции linprog [7]. Функция linprog решает задачу линейного программирования в форме

$$\begin{aligned} &f^{\mathrm{T}}x \to \inf; \\ &Ax \leqslant b; \\ &Aeqx \to beq; \\ &lb \leqslant x \leqslant ub. \end{aligned} \qquad (2)$$

Основными входными данными linprog являются вектор коэффициентов целевой функции f; матрица ограничений-неравенств A; вектор правых частей ограничений-неравенств b; матрица ограничений-равенств Aeq; вектор правых частей ограничений-равенств beq; вектор lb, ограничивающий план x снизу; вектор ub, ограничивающий план x сверху. На выходе функция linprog даёт оптимальный план x задачи (2) и экстремальное значение целевой функции $fval$.

Для приведения входных параметров к форме (2) модуль подготовки данных выполняет следующие операции.

Как видно из выражения (1), часть, расположенная в фигурных скобках, имеет постоянное значение при данном расчёте и пред-

ставляет собой коэффициент эффективности использования природного газа на j-й печи. Поэтому упрощённо значение целевой функции Z можно найти по формуле

$$Z = \sum_{j=1}^{n} k_j V_j^{\text{ПГ}} \to \max,$$

где k_j — коэффициент эффективности использования ПГ, руб./м^3.

Значения коэффициентов эффективности использования ПГ представляют собой вектор коэффициентов целевой функции. Так как функция linprog предназначена для нахождения минимума, то для нахождения максимума целевой функции коэффициенты учитываются со знаком "минус".

Ограничениями на расход ПГ снизу и сверху являются соответствующие значения расхода природного газа при лимитирующих параметрах. Лимитирующим параметром называется такой технологический показатель работы доменной печи, который ограничивает снижение и увеличение расхода ПГ при выполнении расчёта оптимизации.

Матрица ограничений-неравенств содержит прямое ограничение на расход ПГ по цеху, ограничения по расходу кокса и производительности чугуна. Ограничений-равенств в задаче нет.

Верхний уровень представления содержит пользовательский графический интерфейс, включающий Windows-формы с элементами управления и обработчиками событий. Графический интерфейс пользователя имеет следующие функциональные особенности:

авторизацию для работы с программой по логину и паролю;

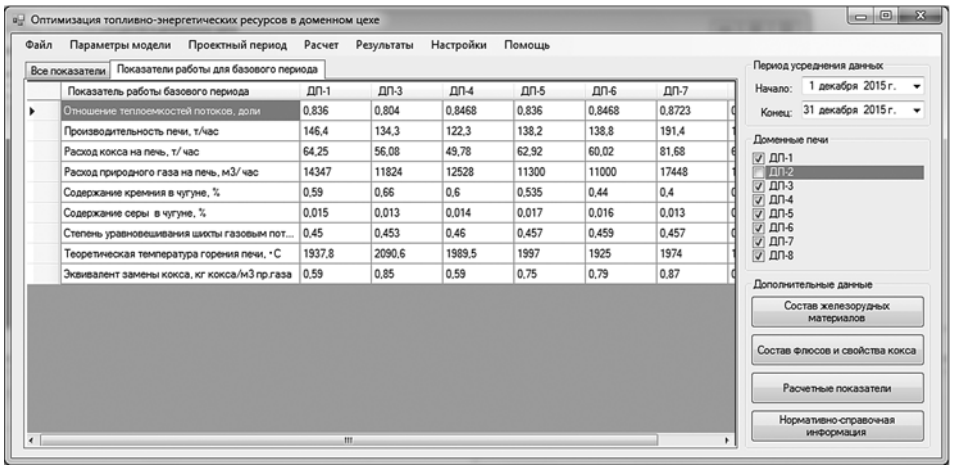
возможность редактирования всех исходных данных, в том числе получаемых извне (показателей работы доменных печей, коэффициентов модели);

возможность включения и отключения отдельных ограничений и доменных печей;

сохранение и открытие вариантов расчёта.

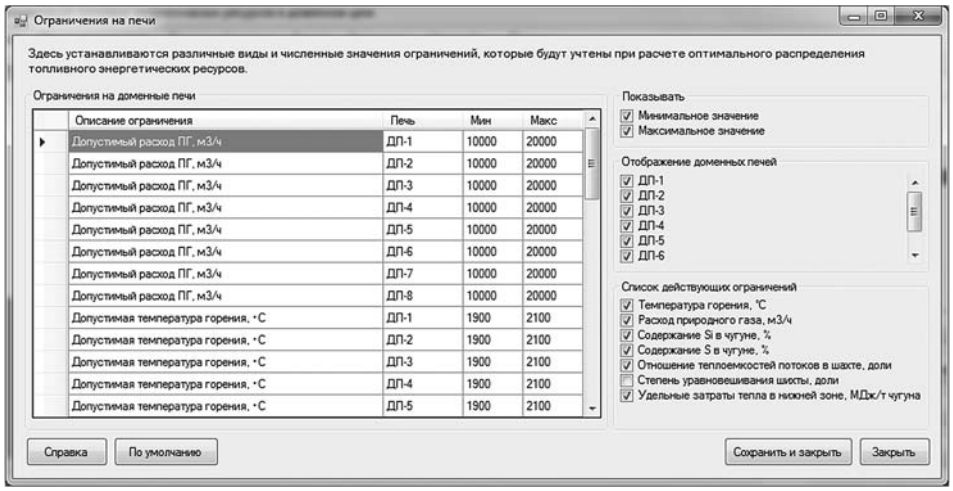
На рис. 3 и 4 представлены главное окно программы, открывающееся после авторизации, и окно настройки верхнего и нижнего ограничений на показатели работы отдельных печей.

В главном окне отображаются усреднённые показатели работы доменных печей на двух вкладках. Вкладка "Показатели работы для базового периода" содержит показатели, участвующие в оценке эффективности использования ресурсов за прошедшие периоды. Вкладка "Все показатели" также включает составы и расходы железорудных материалов, флюсов, характеристики дутья и т.д., необходимые при расчёте оптимального распределения топливно-энергетических ресурсов в группе доменных печей в будущих периодах. С главного окна осуществляется переход на окна редактирования химических составов компонентов железорудных материалов и флюсов, свойств кокса и т.д.



Показатель работы базового периода	ДП-1	ДП-3	ДП-4	ДП-5	ДП-6	ДП-7
Отношение теплоемкостей потоков, доли	0,836	0,804	0,8468	0,836	0,8468	0,8723
Производительность печи, т/час	146,4	134,3	122,3	138,2	138,8	191,4
Расход кокса на печь, т/ час	64,25	56,08	49,78	62,92	60,02	81,68
Расход природного газа на печь, м3/ час	14347	11824	12528	11300	11000	17448
Содержание кремния в чугуне, %	0,59	0,66	0,6	0,535	0,44	0,4
Содержание серы в чугуне, %	0,015	0,013	0,014	0,017	0,016	0,013
Степень уравновешивания шихты газовым пот...	0,45	0,453	0,46	0,457	0,459	0,457
Теоретическая температура горения печи, °С	1937,8	2090,6	1989,5	1997	1925	1974
Эквивалент замены кокса, кг кокса/м3 пр.газа	0,59	0,85	0,59	0,75	0,79	0,87

Рис. 3. Главное окно программы



Описание ограничения	Печь	Мин	Макс
Допустимый расход ПГ, м3/ч	ДП-1	10000	20000
Допустимый расход ПГ, м3/ч	ДП-2	10000	20000
Допустимый расход ПГ, м3/ч	ДП-3	10000	20000
Допустимый расход ПГ, м3/ч	ДП-4	10000	20000
Допустимый расход ПГ, м3/ч	ДП-5	10000	20000
Допустимый расход ПГ, м3/ч	ДП-6	10000	20000
Допустимый расход ПГ, м3/ч	ДП-7	10000	20000
Допустимый расход ПГ, м3/ч	ДП-8	10000	20000
Допустимая температура горения, °С	ДП-1	1900	2100
Допустимая температура горения, °С	ДП-2	1900	2100
Допустимая температура горения, °С	ДП-3	1900	2100
Допустимая температура горения, °С	ДП-4	1900	2100
Допустимая температура горения, °С	ДП-5	1900	2100

Рис. 4. Окно настройки ограничений на показатели работы печей

Окно настройки ограничений на показатели работы печей предоставляет доступ к просмотру и редактированию ограничений. В этом окне задаётся список действующих ограничений, учитываемых при решении задачи оптимизации.

Заключение. Использование разработанного модуля в автоматизированной системе управления доменной плавкой позволяет решать оперативные задачи управления её технологией, обеспечивает повышение эффективности принятия решений инженерно-техническим персоналом в условиях изменения объёма топливно-энергетических ресурсов, нестабильности состава и качества проплавляемого железорудного сырья и конъюнктуры рынка.

Библиографические ссылки

1. **Рейклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К.** Оптимизация в технике. М.: Мир, 1986. 350 с.

2. **Компьютерные** методы моделирования доменного процесса: учеб. пособие для студентов вузов / О.П. Онорин, Н.А. Спирин, В.Л. Терентьев и др.; под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2005. 301 с.

3. **Теория** и практика прогнозирования в системах управления / С.В. Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев и др. М.: Изд. объединение "Российские университеты", 2008. 487 с.

4. **Оптимизация** и идентификация технологических процессов в металлургии / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, С.И. Паршаков и др.; под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2006. 307 с.

5. **Модельные** системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев и др.; под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург, УрФУ, 2011. 456 с.

6. **Спирин Н.А., Гилёва Л.Ю., Лавров В.В.** и др. Оптимизация распределения природного газа в доменном цехе при изменении параметров плавки // Изв. вузов. Черная металлургия. 2014. № 6. С. 45—49.

7. **Кетков Ю.Л.** MATLAB 7: программирование, численные методы. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 752 с.

УДК 62-52 + 004.056

М.С. Подусов
(Новосибирский национальный исследовательский государственный университет),
В.Г. Поляков, канд. техн. наук
(Модульные Системы Торнадо, г. Новосибирск),
О.В. Сердюков, канд. техн. наук
(Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения
Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН), г. Новосибирск),
Р.А. Пермяков
(Центр компетенций по Смарт технологиям Новосибирского национального
исследовательского государственного университета)

podusov.maxim@gmail.com

СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ ДЛЯ АСУТП НА БАЗЕ ПТК "ТОРНАДО-N"

Описаны расширенная архитектура системы обнаружения вторжений и эвристический алгоритм выявления аномалий трафика в промышленной сети в реальном времени, адаптированные для АСУТП на базе программно-технического комплекса (ПТК) "Торнадо-N" компании "Модульные Системы Торнадо".

Ключевые слова: АСУТП; система обнаружения вторжений; поиск аномалий; сетевой трафик; информационная безопасность.

The extended architecture of the invasion detection system and heuristic algorithm for traffic anomalies detection in the industrial network in real time, adapted for APCS on the grounds of program-technical complex (PTC) "Tornado N" from "Tornado Modular Systems" are described.

Keywords: APCS; invasion detection system; anomalies searching; network traffic; information security.

Введение. Значительная часть АСУТП была разработана в 80-е и 90-е гг. прошлого столетия. Это типичные закрытые системы: они работают обособленно, не имея выходов в глобальные сети передачи данных, их программные и технические средства узко специали-

зированы, в них применяются специфичные протоколы. Особенности организации каждой такой системы известны только ограниченному кругу специалистов. Всё перечисленное выше способствовало тому, что не принимались меры для обеспечения информационной безопасности АСУТП этого поколения.

Разработчики АСУТП по ряду причин отказываются от применения специализированных решений в пользу широко распространённых информационных технологий, протоколов, технических и программных средств.

Приведём пример, как можно существенно снизить стоимость организации распределённого взаимодействия контроллеров и устройств сопряжения с оборудованием по протоколу ModBus, реализовав передачу пакетов этого протокола поверх протокола UDP через сеть Ethernet, вместо широко применявшейся ранее специализированной сети RS-485.

Уязвимости распространённых программных средств современных информационных технологий в АСУТП широко используются [1, 2], создавая угрозу информационной безопасности.

Эта существенно возросшая опасность не осталась без внимания российских государственных контролирующих организаций. Основным общедоступным документом по защите АСУТП в России является приказ № 31 ФСТЭК России [3]. В нём регламентированы требования к организации защиты критической информации, порядок разработки и внедрения систем защиты информации, порядок обеспечения защиты информации в ходе эксплуатации.

Одним из требований к организации защиты критической информации является мониторинг уровня защищённости АСУТП, что, в частности, подразумевает выявление аномальных ситуаций при её эксплуатации.

Как правило, для оказания вредоносного информационного воздействия используется промышленная сеть АСУТП. Поэтому в состав средств защиты информационных систем должны входить средства выявления аномальных ситуаций на основе анализа сетевого трафика.

Рассмотрим существующие решения для выявления аномалий сетевого трафика и предложенное решение, адаптированное для АСУ технологическими процессами.

Для практической проверки предлагаемого подхода был выбран программно-технический комплекс компании "Модульные Системы Торнадо" (ПТК "Торнадо-N") [4], на базе которого созданы современные АСУТП для ряда крупных объектов энергетики в России и за рубежом.

Алгоритмы выявления аномалий в сетевом трафике. Для мониторинга и анализа сетевого трафика в режиме реального времени на предмет наличия несанкционированной активности применяют системы обнаружения вторжений (СОВ) [5].

СОВ — программное или аппаратное средство, предназначенное для выявления фактов неавторизованного доступа в компьютерную систему или сеть, либо несанкционированного управления ими. СОВ с классической организацией (рис. 1) состоит из трёх компонентов: модуля анализа сетевого обмена, модуля обнаружения вторжений и модели сетевого взаимодействия. При обучении СОВ модуль анализа сетевого обмена анализирует трафик в локальной вычислительной сети (ЛВС) и определяет правила для модели сетевого взаимодействия. Модуль обнаружения вторжений анализирует трафик в ЛВС, используя модель сетевого взаимодействия.

В современных средствах обнаружения вторжений используют два метода: сигнатурный и эвристический. В сигнатурном методе для каждой известной атаки определяется отдельная формальная модель трафика или сигнатура. При эвристических подходах к обнаружению аномалий используются не модели информационных атак, а модели штатного функционирования защищаемой информационной системы.

Предложен подход к выявлению аномальных событий в потоке сетевого трафика на основе гибридной корреляции событий (ГКС) [6]. Основная идея ГКС состоит в том, чтобы аномальные события искать как нарушения нормального течения событий.

Исследованы возможности создания СОВ с применением динамической байесовской сети (ДБС) [7].

Изучены возможности применения методов кластерного анализа для решения задачи

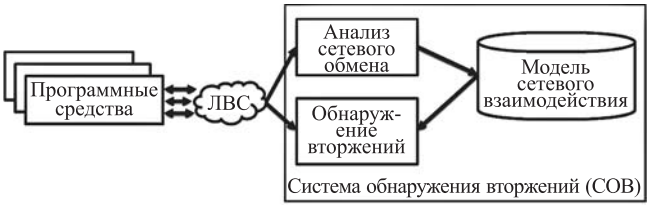


Рис. 1. Классическая архитектура системы обнаружения вторжений

обнаружения аномального трафика в сети [8]. Предложен алгоритм Anomaly Detection Using Expectation Maximization (ADEM) функционирования сетевой системы обнаружения вторжений на основе метода кластеризации Expectation Maximization, а также разработана система SPADE, в которой реализованы эвристики частотных характеристик.

Предложенные решения имеют общую особенность — они разрабатывались для обнаружения аномального трафика в сети общего назначения, где нет постоянной структуры трафика и возможности заранее определить, какой трафик является штатным, а какой — аномальным. Как следствие, возникают неизбежные ошибки ложного срабатывания, а процент обнаружения аномальных пакетов низкий, не попадающих под классификацию стандартных атак.

Следует подчеркнуть, что эти недостатки присущи любой СОВ с классической организацией, что делает весьма проблематичным применение систем такой архитектуры для защиты АСУТП в целом и АСУТП критически важных объектов (КВО) в особенности.

Возможности защиты промышленных сетей АСУТП. Предлагается адаптировать существующие подходы к реализации средств обнаружения вторжений к особенностям организации и функционирования систем управления технологическими процессами, что позволит создавать СОВ, отвечающие современным требованиям по защите АСУТП.

В существующих СОВ модель сетевого взаимодействия строится только на основе результатов анализа сетевого трафика, без учёта особенностей программного обеспечения, которое создаёт этот трафик. Обусловлено это тем, что СОВ с классической архитектурой предназначены для сетей общего назначения, где невозможно достоверно определить состав генерирующих трафик программных средств.

Состав программных средств АСУТП и их применение строго регламентированы, а характер генерируемого сетевого трафика детерминируется архитектурой и функционалом системы. Поэтому применительно к АСУТП предлагается так расширить классическую архитектуру СОВ, чтобы при построении модели информационного взаимодействия можно было использовать не только результаты анализа сетевого трафика, но и, по возможности, максимум информации о программных

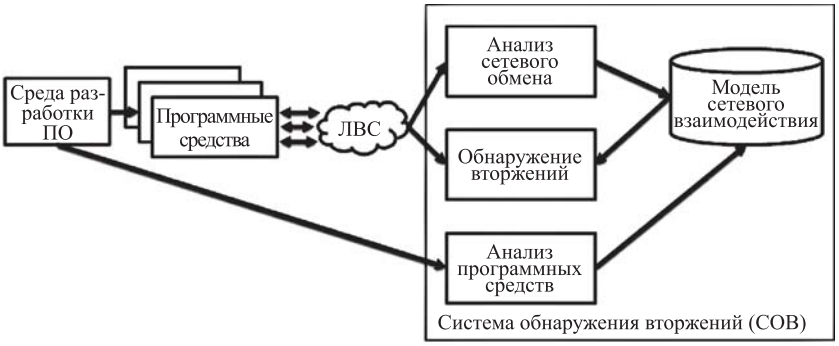


Рис. 2. Расширенная архитектура системы обнаружения вторжений

средствах АСУТП (рис. 2), которая имеется в средах разработки в виде файлов с исходным кодом, конфигурационных файлов и т.п.

Для практической проверки этого подхода ведётся разработка прототипа СОВ расширенной архитектуры для АСУТП на базе ПТК "Торнадо-N" российской компании "Модульные Системы Торнадо" (г. Новосибирск) [9].

Организация ПТК "Торнадо-N". ПТК "Торнадо-N" имеет архитектуру одноранговой распределённой отказоустойчивой высокопроизводительной среды управления (рис. 3).

Рабочие станции или автоматизированные рабочие места (АРМ) — это персональные компьютеры с операционной системой Windows и специализированным набором прикладного программного обеспечения. АРМ подразделяются на несколько типов: оператора-технолога, инженера по обслуживанию АСУТП, метролога и др. На АРМ оператора установлено программное обеспечение InTouch Viewer для отображения мнемосхем, содержащих информацию о технологическом процессе. На станции инженера по обслуживанию установлен комплект ПО для диагностики системы и её настройки.

В состав ПТК "Торнадо-N" входят дублированные серверы баз данных с СУБД Microsoft SQL Server и серверы приложений AIST собственной разработки. На сервере баз данных формируется база данных истории изменения

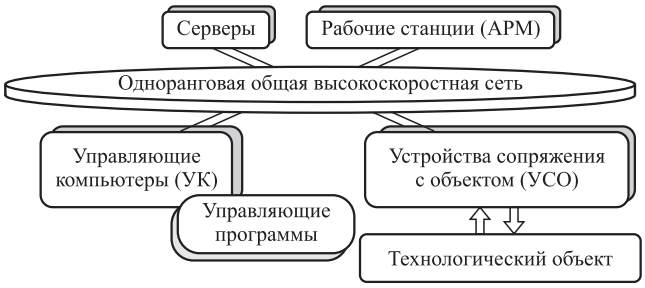


Рис. 3. Архитектура одноранговой распределённой среды управления

сигналов, а также хранится база данных конфигурации с настройками системы. На сервере приложений поддерживается мгновенная база данных сигналов, которая обновляется в реальном времени.

Управляющие компьютеры (УК) представлены процессорными блоками промышленного исполнения ARK-3360F компании Advantech или IPC Gridex компании "Модульные Системы Торнадо". Установленное на УК технологическое программное обеспечение разрабатывается и исполняется в среде ISaGRAF. Управляющие (технологические) программы осуществляют опрос устройств сопряжения с оборудованием, обрабатывают сигналы и формируют команды управления. Процессорные блоки дублируются: один блок является рабочим, второй — резервным. Работа установленного на обоих блоках технологического программного обеспечения синхронизована, что обеспечивает автоматическое включение в работу резервного процессорного блока.

Для сопряжения с технологическими объектами управления в ПТК "Торнадо-N" используют устройства сопряжения с объектом (УСО) собственной разработки — модули серии MIRage-N. Взаимодействие процессорных блоков с модулями MIRage-N осуществляется через дублированную сеть Fast Ethernet по протоколу ModBus поверх протокола UDP (ModBus UDP).

Предлагаемое решение. При создании прототипа СОВ расширенной архитектуры решено не анализировать весь сетевой трафик в пределах ПТК, а ограничиться только мониторингом сетевого трафика нижнего уровня, возникающего в ходе взаимодействия УК и модулей УСО.

Поскольку модули УСО работают с небольшим набором сетевых пакетов, предложено построить набор разрешённых сетевых пакетов — "белый" список.

Для каждого типа сетевого пакета нижнего уровня (управляющий компьютер — модуль УСО) можно выделить константную часть, которую назовём сигнатурой для данного типа сетевого пакета.

Данные сигнатуры можно генерировать в полуавтоматическом режиме, используя информацию из конфигурационных файлов управляющих программ ISaGRAF, результаты анализа сетевого трафика и при необходимости — информацию от оператора.

Используя набор разрешённых сигнатур, можно обнаруживать аномальные сетевые взаимодействия нижнего уровня. Для обеспечения поиска в режиме реального времени на управляющем компьютере предложено использовать фильтр Блума [10].

Фильтр Блума позволяет компактно хранить множество элементов и с помощью хэш-функции проверять принадлежность заданного элемента к этому множеству. При этом вероятность ложноположительного срабатывания:

$$P = (1 - e^{-kn/m})^k,$$

где m — размер фильтра (бит); k — количество используемых хэш-функций; n — количество хранимых элементов.

Оптимальное число хэш-функций определяется по формуле:

$$k = \frac{m}{n} \ln 2.$$

Поскольку фильтр Блума имеет ложноположительное срабатывание (с заданной вероятностью P вредоносный пакет может быть принят за штатный) и не имеет ложноотрицательного срабатывания, то можно однозначно распознать аномальную сигнатуру: её не должно быть в наборе "белых" сигнатур. Выбрав оптимальные параметры k и m, можно минимизировать количество ложноположительных срабатываний при заданном времени на обработку сетевого пакета.

Таким образом, получаем следующий алгоритм по выявлению аномалий в сетевом трафике для управляющего компьютера.

Подготовительный режим:

создание "белых" сигнатур на основании информации из конфигурационных файлов управляющих программ и результатов анализа сетевого трафика для данного управляющего компьютера с возможностью корректировки сигнатур оператором СОВ;

создание и инициализация фильтра Блума полученными сигнатурами. По заданной вероятности P и числу сигнатур n подбирается оптимальный размер фильтра m и число используемых хэш-функций k.

Рабочий режим:

сбор сетевого трафика в промышленной сети на управляющем компьютере;

для каждого полученного сетевого пакета определяется его сигнатура;

поиск полученной сигнатуры в базе "белых" сигнатур с помощью фильтра Блума. Если данной сигнатуры нет в списке, это оз-

начает, что обнаружен вредоносный сетевой пакет, в противном случае это штатный пакет с вероятностью $1 - P$.

Отметим, что в режиме эксплуатации АСУТП программы управления не должны изменяться, их корректировка возможна только во время остановки технологического объекта управления. Как следствие, после внесения изменений в управляющие программы до начала эксплуатации АСУТП необходимо перенастроить сигнатуры СОВ в ручном или подготовительном режиме.

Поскольку фильтр Блума допускает ложноположительное срабатывание, для повышения надёжности алгоритма предложено использовать побитовое сравнение. В связи с тем, что побитовое сравнение требует значительных вычислительных ресурсов, использование данного подхода на УК может повлиять на исполнение программ управления в режиме реального времени.

Исходя из изложенного, в состав прототипа СОВ может входить выделенный компьютер, задачи которого следующие:

хранить наборы "белых" сигнатур для каждого УК;

через определённые интервалы времени загружать со всех УК сигнатуры, полученные из сетевых пакетов в рабочем режиме;

проводить поиск полученных сигнатур в наборе "белых" сигнатур с использованием побитового сравнения.

В ПТК "Торнадо-N" для информационного обмена между УК и модулем УСО используются два сетевых протокола — ARP и ModBus UDP.

ARP протокол используется для определёния MAC-адреса по известному IP-адресу. Различают ARP запросы и ответы. Поскольку информационный обмен инициирует только УК, на стороне которого известен IP-адрес опрашиваемого модуля УСО, в сети встречаются ARP запросы от УК и ARP ответы от модулей УСО, но не наоборот. Аналогично пакеты с запросами ModBus UDP отправляет только УК, а пакеты с ответами — модули УСО. Таким образом, возможны восемь различных конфигураций сетевых пакетов:

ARP
- запрос (от УК);
- ответ (от модуля УСО);

ModBus UDP
- чтение массива последовательных регистров:
  - запрос (от УК);
  - ответ (от модуля УСО);
- запись в отдельный регистр:
  - запрос (от УК);
  - ответ (от модуля УСО);
- запись массива последовательных регистров:
  - запрос (от УК);
  - ответ (от модуля УСО).

Для каждого типа сетевого пакета в данном сетевом обмене можно описать структуру сигнатуры. Для примера приведём структуру некоторых сигнатур. Значения для сигнатур будут заполняться исходя из анализа программных средств ISaGRAF (данные поля выделены подчёркиванием) и анализа сетевого трафика (поля без подчёркивания).

ARP-запрос:

mac.src (mac-адрес УК)
mac.dst = ff:ff:ff:ff:ff:ff
type_packet = ARP
type_arp_packet = request
sender.ip (ip-адрес УК)
target.ip (ip-адрес модуля УСО)
sender.mac (mac-адрес УК)
target.mac = 00:00:00:00:00:00

ModBus UDP-запрос "Чтение массива последовательных регистров" (код функции 0x03):

mac.src (mac-адрес УК)
mac.dst (mac-адрес модуля УСО)
type_packet = modbus
ip.src (ip-адрес УК)
ip.dst (ip-адрес модуля УСО)
port.src (порт УК)
port.dst = 502 (по умолчанию 502)
type_rtu (NAI, NDO, NDI, NTERM)
type_modbus_packet = request
protocol_id = 0x0000 (по умолчанию 0x0000)
lenght_data = 0x0006 (по умолчанию для данного типа сетевого пакета 0x0006)
f_code = 0x03
starting_address (начальный адрес для запрашиваемых сигналов)
quantity_of_registers (запрашиваемое число сигналов)

Заключение. Разработан алгоритм по выявлению аномалий в сетевом обмене промышленной сети АСУТП, основанный на сигнатурном подходе. Для составления сигнатур используют не только результаты анализа сетевого взаимодействия, но и данные об управляющих программах, полученные из среды разработки Isagraf.

Следующим этапом будет практическая реализация разработанного алгоритма при создании прототипа СОВ с расширенной архитектурой, предназначенного для исследо-

вания возможностей защиты АСУТП на базе ПТК "Торнадо-N" компании "Модульные Системы Торнадо". СОВ с расширенной архитектурой могут эффективно применяться не только для защиты АСУТП.

Библиографические ссылки

1. **Stouffer K., Falco J., Scarfone K.** Guide to Industrial Control // NIST. URL: http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-82/SP800-82-final.pdf (дата обращения: 10.02.2016).

2. **Яблокова Е.** Динамические техники обхода и сети SCADA // Информационная безопасность. 2011. № 4. С. 45—46.

3. **Об утверждении** требований к обеспечению защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами на критически важных объектах, потенциально опасных объектах, а также объектах, представляющих повышенную опасность для жизни и здоровья людей и для окружающей природной среды: приказ ФСТЭК России от 14 марта 2014 г. № 31.

4. **ПТК "Торнадо-N"** // Модульные Системы Торнадо. URL: http://tornado.nsk.ru/zakazchikam/product_zakaz/ptk_n/ (дата обращения: 10.02.2016).

5. **Большев А.К.** Алгоритмы преобразования и классификации трафика для обнаружения вторжений в компьютерной сети: дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург: СПбГЭТУ "ЛЭТИ". 2011. 155 с.

6. **Витяев Е.Е., Ковалерчук Б.Я., Федотов А.М.** Обнаружение закономерностей и распознавание аномальных событий в потоке данных сетевого трафика. //Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2008. Т. 6. Вып. 2. С. 57—68.

7. **Арустамов С.А., Дайнеко В.Ю.** Применение динамической байесовской сети в системах обнаружения вторжений // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 3 (79). С. 128—133.

8. **Большев А.К., Яновский В.В.** Подход к обнаружению аномального трафика в компьютерных сетях с использованием методов кластерного анализа // Известия Санкт-Петербург: СПбГЭТУ "ЛЭТИ" 2006. № 3. С. 38—45.

9. **Нестуля Р.В., Сердюков О.В., Скврoцов А.Н.** Масштабируемая отказоустойчивая среда управления сложными технологическими объектами на основе одноранговой распределенной архитектуры // Автометрия. 2013. Т. 49. № 6. С. 70—79.

10. **Bloom B.H.** Space/time trade-offs in hash coding with allowable errors // Communications of the ACM. 1970. № 13 (7). С. 422—426.

УДК 004.896; 681.518

М.В. Бобырь, д-р техн. наук, доц., **А.А. Нассер, М.А. Абдулджаббар**
(Юго-Западный государственный университет, г. Курск)

maxbobyr@gmail.com

НЕЧЁТКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ С ЧПУ

Представлена принципиальная схема нечётко-логической системы стабилизации скорости резания на токарном оборудовании с ЧПУ. Управляется процесс резания с обеспечением постоянства температуры в зоне резания благодаря использованию в системе принятия решений мягких арифметических операций. Приведены экспериментальные данные, позволяющие оценить быстродействие предложенной системы управления.

Ключевые слова: стабилизация; нечёткая система управления; нечёткая логика; скорость резания; RMSE; мягкие вычисления.

The basic scheme of the cutting speed fuzzy-logic stabilization system on a CNC lathe is introduced. The cutting process is controled with constant temperature ensuring in the cutting area thanks to soft arithmetic operations utilization in the system of decision making. The experimental data allow to evaluate the processing speed of the proposed control system are adduced.

Keywords: stabilization; fuzzy control system; fuzzy logic; cutting speed; the RMSE; soft computing.

Введение. Одной из основных проблем в машино- и приборостроении является повышение производительности процесса обработки изделий на оборудовании с ЧПУ. Решение данной задачи возможно в результате использования управляемого процесса уменьшения температуры в зоне резания. Это позволит увеличить скорость обработки изделий, стойкость режущего инструмента, качество обработанного поверхностного слоя заготовок,

а также понизить вероятность появления температурных деформаций в деталях [1, 2]. Одним из современных способов решения подобных задач является создание систем, основанных на нечёткой логике [3, 4]. Как правило, большинство подобных систем основаны на моделях Мамдани и Такаги-Сугэно [5—9].

В рассматриваемых работах для нечёткого управления элементами оборудования с ЧПУ в структуре нечёткого вывода использовались жёсткие операции нахождения максимума и минимума. Сравнение показывает, что точность таких моделей существенно ниже моделей, использующих в структуре нечёткого вывода мягкие арифметические операции [10—14]. При этом следует заметить, что данная ситуация характерна для всех систем принятия управляющих решений, построенных на основе традиционных моделей нечёткого вывода с жёсткими формулами нахождения минимума и максимума.

Таким образом, повышение стабильности процесса обработки деталей на оборудовании с ЧПУ возможно за счёт использования мягких вычислений в структуре нечётко-логического вывода с нахождением оптимального числа итераций при обучении мягких нечётких систем [15—17].

Нечёткая система стабилизации процесса резания. Предложена структурная схема автоматизированной системы нечёткой стабилизации процесса резания на токарном оборудовании с ЧПУ (рис. 1).

Процесс резания на токарном оборудовании с ЧПУ стабилизируется следующим образом. С момента включения вращения детали в центрах передней *15* и задней пиноли *12* бабок станка с ЧПУ при прохождении резца резцедержательного блока по её поверхности происходит изменение температуры в зоне резания, вызывающее непостоянство силы резания и/или смещение и перекос оси шпинделей передней и задней бабок относительно оси детали. Вследствие этого снижается точность обрабатываемой поверхности и может появиться бочко- и седлообразность или конусность детали [18—20].

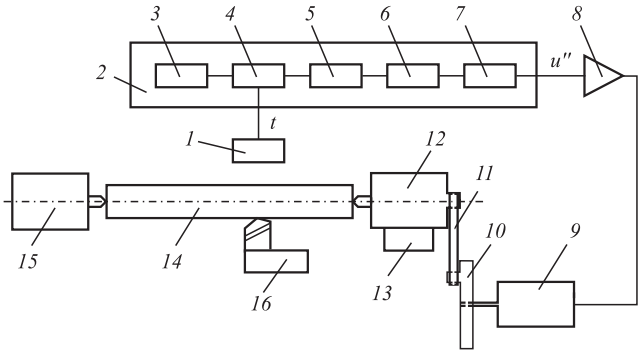


Рис. 1. Структурная схема нечёткой системы стабилизации процесса резания:

1 — тепловизор с цифровым выходом; *2* — нечёткий контроллер, включающий блоки; *3* —формирование функций принадлежностей; *4* — фаззификации; *5* — композиции; *6* — аккумуляции; *7* — дефаззификации; *8* — усиления сигнала; *9* — шаговый электродвигатель; *10* — зубчатое колесо; *11* — кулиса; *12* — пиноль задней бабки; *13* — направляющие пиноли задней бабки; *14* — деталь; *15* — передняя бабка; *16* — резцедержательный блок

Тепловизор с цифровым выходом постоянно контролирует температуру в зоне резания. При этом цифровой сигнал текущего значения температуры t с тепловизора поступает на вход блока фаззификации, входящего в структуру нечёткого контроллера. В нечётком контроллере в зависимости от текущего значения температуры происходит перерасчёт управляющего сигнала — угла поворота шагового электродвигателя, который передаётся на шаговый электродвигатель через блок усиления сигнала. При этом происходит перемещение пиноли задней бабки станка с ЧПУ вдоль оси абсцисс. Поворот шагового электродвигателя на 0° перемещает пиноль задней бабки влево на 0,01 мм, поворот шагового электродвигателя на 180° перемещает пиноль задней бабки вправо также на 0,01 мм. Например, если шаговый электродвигатель повернул зубчатое колесо на 45°, то пиноль задней бабки переместится влево относительно оси ординат y_2 на 0,005 мм. Если текущая температура t меньше расчётной, то пиноль задней бабки должна перемещаться влево и смещать ось детали ближе к резцедержательному блоку. Если текущая температура t больше расчётной, то пиноль задней бабки должна перемещаться вправо и смещать ось детали дальше от резцедержательного блока. Следовательно, в режиме реального времени происходит стабилизация тепловых процессов в зоне резания.

Обучение нечёткой системы стабилизации режима резания с использованием мягких арифметических операций происходит на основе разработанного алгоритма из пяти шагов.

Шаг 1. Формирование функции принадлежности (ФП) входной (температура T) (рис. 2, *а*) и выходной (угол поворота шагового электродвигателя U) (рис. 2, *б*) переменных системы управления. Для более глубоко исследования точности функционирования разработанной системы используем треугольную и сигмоидальную ФП:

Треугольная ФП	Сигмоидальная ФП
$X = \sum_{i=1}^{s} x_i = \left\{ u_{11} \int_a^b \left(\frac{x_i - a}{b - a} \right) / x_1 + u_{12} \int_b^c \left(\frac{c - x_i}{c - b} \right) / x_1 \right\} + \left\{ u_{21} \int_b^c \left(\frac{x_i - b}{c - b} \right) / x_2 + u_{22} \int_c^d \left(\frac{d - x_i}{d - c} \right) / x_2 \right\},$	$\mu_A (a_i;\ q;\ w;\ e) = \left\{ \frac{1}{1 + \left(\frac{a_i - e}{q} \right)^w} \right\}$
где a, b, c, d — параметры треугольной ФП; Σ — знак, согласно Заде, операции объединения предпосылок НП; ∫ — согласно Заде знак суппорта термов ФП; x_i — термы параметризированной ФП, $i = 1, ..., s$ — количество термов; q, w, e — параметры сигмоидальной ФП.	

Треугольная ФП:

входная лингвистическая переменная — температура:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 =$$
$$= \left\{ \int_{630}^{660} \left(\frac{t - 630}{660 - 630} \right) / t + \int_{660}^{690} \left(\frac{660 - t}{690 - 660} \right) / t \right\} +$$
$$+ \left\{ \int_{660}^{690} \left(\frac{t - 660}{690 - 660} \right) / t + \int_{690}^{720} \left(\frac{720 - t}{720 - 690} \right) / t \right\} +$$
$$+ \left\{ \int_{690}^{720} \left(\frac{t - 690}{720 - 690} \right) / t + \int_{720}^{750} \left(\frac{750 - t}{750 - 720} \right) / t \right\} +$$
$$+ \left\{ \int_{720}^{750} \left(\frac{t - 720}{750 - 720} \right) / t + \int_{750}^{780} \left(\frac{780 - t}{780 - 750} \right) / t \right\} +$$
$$+ \left\{ \int_{750}^{780} \left(\frac{t - 750}{780 - 750} \right) / t + \int_{780}^{810} \left(\frac{810 - t}{810 - 780} \right) / t \right\}.$$

выходная лингвистическая переменная — угол поворота шагового электродвигателя U:

$$U = u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5 =$$
$$= \left\{ \int_{0}^{30} \left(\frac{u - 0}{30 - 0} \right) / u + \int_{30}^{60} \left(\frac{60 - u}{60 - 30} \right) / u \right\} +$$
$$+ \left\{ \int_{30}^{60} \left(\frac{u - 30}{60 - 30} \right) / u + \int_{60}^{90} \left(\frac{90 - u}{90 - 60} \right) / u \right\} +$$
$$+ \left\{ \int_{60}^{90} \left(\frac{u - 60}{90 - 60} \right) / u + \int_{90}^{120} \left(\frac{120 - u}{120 - 90} \right) / u \right\} +$$
$$+ \left\{ \int_{90}^{120} \left(\frac{u - 90}{120 - 90} \right) / u + \int_{120}^{150} \left(\frac{150 - u}{150 - 120} \right) / u \right\} +$$
$$+ \left\{ \int_{120}^{150} \left(\frac{u - 120}{150 - 120} \right) / u + \int_{150}^{180} \left(\frac{180 - u}{180 - 150} \right) / u \right\}.$$

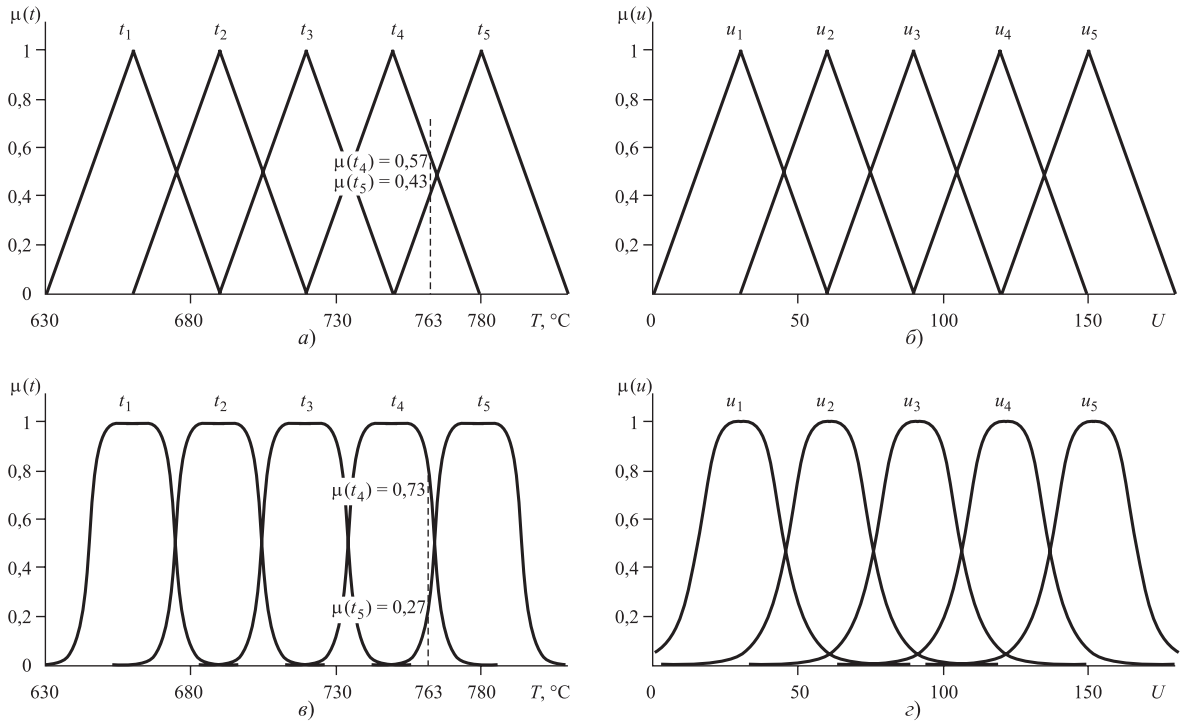


Рис. 2. Графики ФП:

а — треугольная ФП для входной переменной — температура; *б* — треугольная ФП для выходной переменной — угол поворота шагового электродвигателя; *в* — сигмоидальная ФП для входной переменной — температура; *г* — сигмоидальная ФП для выходной переменной — угол поворота шагового электродвигателя

Сигмоидальная ФП:

входная лингвистическая переменная — температура:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = \left\{\frac{1}{1+\left(\frac{a-660}{15}\right)^8}\right\} + \left\{\frac{1}{1+\left(\frac{a-690}{15}\right)^8}\right\} + \left\{\frac{1}{1+\left(\frac{a-720}{15}\right)^8}\right\} + \left\{\frac{1}{1+\left(\frac{a-750}{15}\right)^8}\right\} + \left\{\frac{1}{1+\left(\frac{a-780}{15}\right)^8}\right\};$$

выходная лингвистическая переменная — угол поворота шагового электродвигателя U:

$$U = u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5 = \left\{\frac{1}{1+\left(\frac{a-30}{15}\right)^4}\right\} + \left\{\frac{1}{1+\left(\frac{a-60}{15}\right)^4}\right\} + \left\{\frac{1}{1+\left(\frac{a-90}{15}\right)^4}\right\} + \left\{\frac{1}{1+\left(\frac{a-120}{15}\right)^4}\right\} + \left\{\frac{1}{1+\left(\frac{a-150}{15}\right)^4}\right\}.$$

Метки ФП для входной переменной равны 15 и 8, а для выходной 15 и 4.

Графическая интерпретация ФП входных и выходных лингвистических переменных рассматриваемой системы управления представлена на рис. 2.

Особенностью данных ФП является тот факт, что точка пересечения смежных термов равна 0,5. Данная особенность обеспечивает выполнение для нечёткой системы свойства непрерывности.

Шаг 2. Создание базы знаний, основанной на пяти нечётких правилах:

1. Если $t \leqslant t_1$, то u $\leqslant u_5$.
2. Если $t = t_2$, то $u = u_4$.
3. Если $t = t_3$, то $u = u_3$.
4. Если $t = t_4$, то $u = u_2$.
5. Если $t \geqslant t_5$, то $u \geqslant u_1$.

Шаг 3. Определение уровней отсечений у термов выходной лингвистической переменной на основе жёстких и мягких арифметических операций.

Например, если $T = 763$ °С, то уровни отсечения выходной ФП для треугольной и сигмоидальной ФП определяются согласно рис. 2, *а*, *в*:

Вид ФП	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5
Треугольная	0	0	0	0,57	0,43
Сигмоидальная	0	0	0	0,73	0,27

Шаг 4. В блоке аккумуляции осуществляется логическое объединение уровней отсечения термов выходной лингвистической переменной и формируется новый нечёткий вектор U'. Результат операции показан на рис. 3.

Шаг 5. Дефаззификация результирующей переменной на основе метода центра тяжести определяется по формуле:

$$U_{\text{факт}} = \frac{\sum_{j=1}^{m} U'_j \mu(U_j)}{\sum_{j=1}^{m} \mu(U_j)}. \qquad (1)$$

Результаты дефаззификации, полученные при моделировании нечёткого вывода с использованием треугольных и сигмоидальных функций принадлежности, показаны на рис. 4.

Оценка точности нечётких моделей. Точность нечёткого логического вывода, использующего в своей структуре жёсткие и мягкие арифметические операции, оценивалась на основе расчёта среднеквадратического отклонения (RMSE — root mean square error). Система признаётся наилучшей, у которой значение RMSE минимально:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{I=1}^{n} (U - U_{\text{факт}})^2}{n}}, \qquad (2)$$

где U — эталонное значение; n — число элементов в обучающей выборке; $U_{\text{факт}}$ — значение, полученное при дефаззификации.

Рассмотрим способ нахождения эталонного значения U. Эталонное значение получим с помощью регрессионного анализа. Исходными данными для регрессии являются данные, полученные при дефаззификации (см. рис. 4).

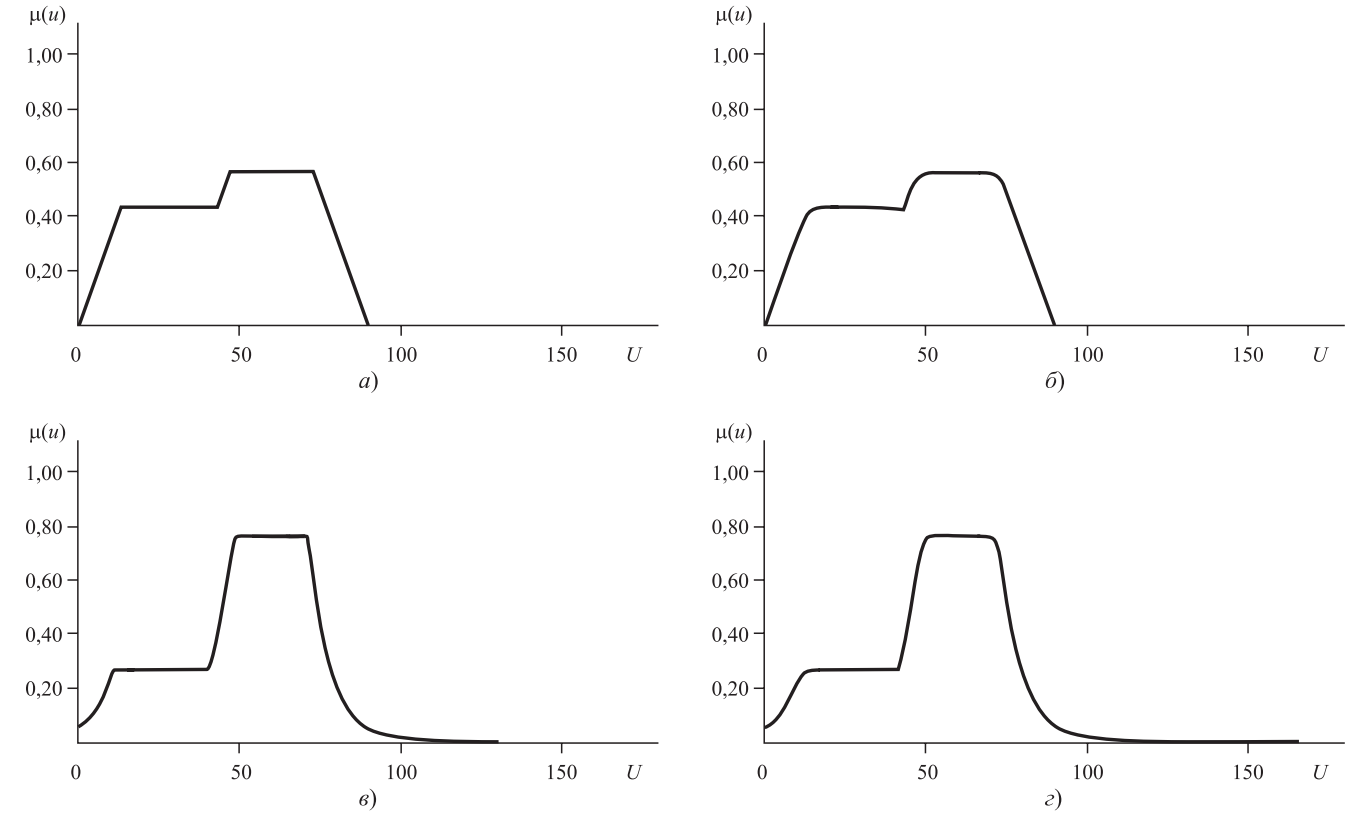


Рис. 3. Аккумуляция:
а — жёсткий вывод с использованием треугольных ФП; *б* — мягкий вывод с использованием треугольных ФП; *в* — жёсткий вывод с использованием сигмоидальных ФП; *г* — мягкий вывод с использованием сигмоидальных ФП

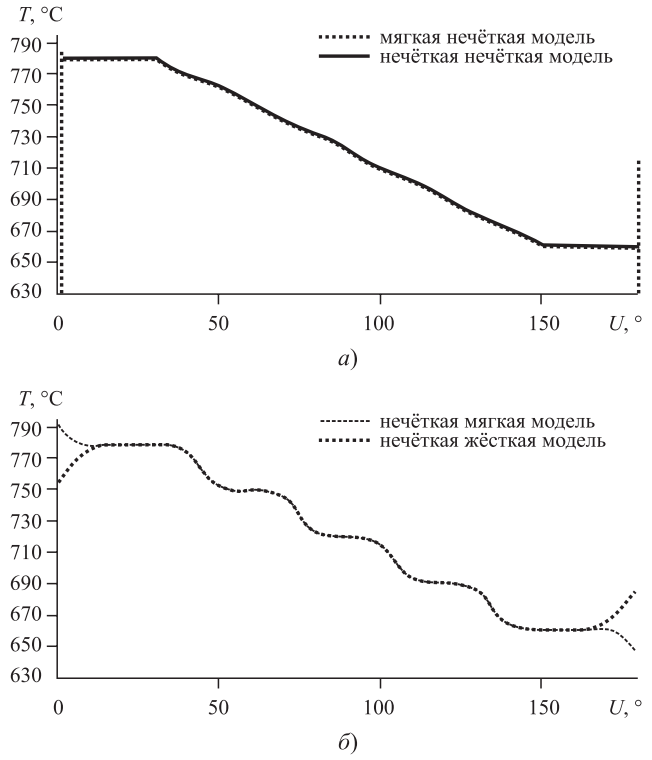


Рис. 4. Дефаззификация:
а — с использованием треугольных ФП; *б* — с использованием сигмоидальных ФП

В ходе регрессионного анализа были получены следующие уравнения:

	уравнение регрессии	
треугольная ФП	$u = e^{11,83}t^{-0,81}$	жёсткий вывод
сигмоидальная ФП	$u = e^{11,83}t^{-0,8}$	
треугольная ФП	$u = e^{12,04}t^{-0,83}$	мягкий вывод
сигмоидальная ФП	$u = e^{12,3}t^{-0,87}$	

Графическая интерпретация полученных данных представлена на рис. 5.

Используя формулу (2), рассчитаем коэффициенты RMSE для четырёх рассмотренных случаев:

$RMSE_{hard\text{-}treug}$	$RMSE_{soft\text{-}treug}$	$RMSE_{hard\text{-}sig}$	$RMSE_{soft\text{-}sig}$
87,73	10,45	11,6	7,7

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при использовании мягких арифметических операций в структуре нечёткого вывода и сигмоидальных функций принадлежности среднеквадратическое отклонение минимально.

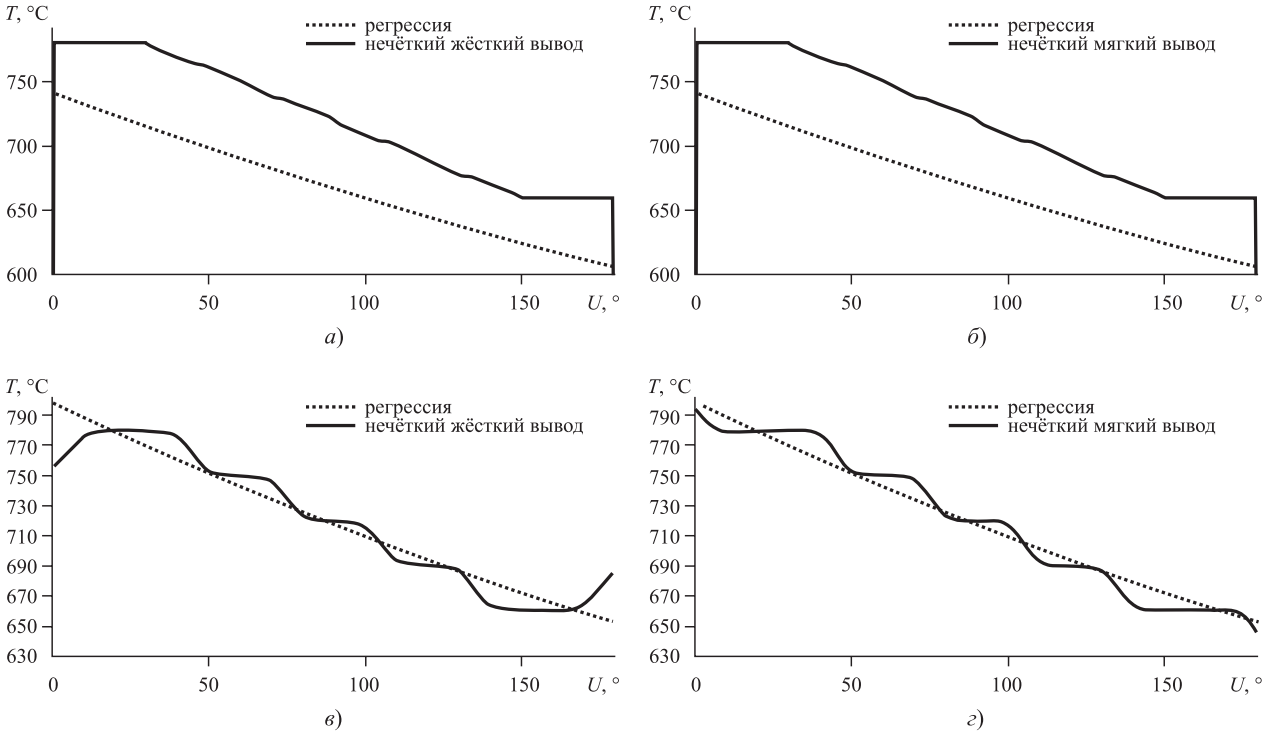


Рис. 5. Регрессия и нечёткий вывод:
а — жёсткий вывод с использованием треугольных ФП; *б* — мягкий вывод с использованием треугольных ФП; *в* — жёсткий вывод с использованием сигмоидальных ФП; *г* — мягкий вывод с использованием сигмоидальных ФП

Расчёт RMSE при использовании сигмоидальных ФП

№ испытания	Метки входной ФП	Метки выходной ФП	$RMSE_{hard\text{-}sig}$	$RMSE_{soft\text{-}sig}$
1	(12, 6)	(15, 4)	12,14	8,07
2	(12, 6)	(12, 2)	18,63	8,35
3	(18, 8)	(12, 2)	12,82	8,08
4	(18, 8)	(16, 6)	7,84	6,98
5	(24, 10)	(16, 6)	7,14	7,18
6	(24, 10)	(20, 8)	7,19	7,26
7	(28, 12)	(20, 8)	7,3	7,4
8	(28, 12)	(24, 10)	7,3	7,39
9	(36, 16)	(24, 10)	5,86	5,9
10	(36, 16)	(36, 16)	5,28	5,29

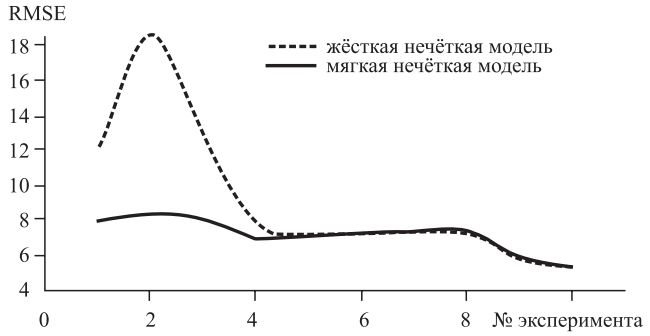


Рис. 6. Расчёт RMSE для нечёткой системы с использованием сигмоидальных ФП

В целях повышения достоверности полученных результатов проведём дополнительное моделирование. Для этого будем изменять параметры сигмоидальной функции принадлежности и рассчитывать значение RMSE. Ограничимся десятью испытаниями. Результаты сведём в таблицу.

На рис. 6 представлена графическая интерпретация результатов, сведённых в таблице.

Представленные графические результаты свидетельствуют о том, что увеличение численного значения меток функций принадлежности уменьшает RMSE.

Заключение. Приведённые экспериментальные исследования для моделирования работы нечёткой системы стабилизации процесса резания показывают, что численное значение параметра RMSE при использовании в структуре нечёткого вывода мягких арифметических операций и сигмоидальных функций принадлежности имеет наименьшее значение. Так, точность нечёткой модели с использованием мягких арифметических операций в нечётком выводе и сигмоидальных функций принадлежности в 1,6 раза выше по сравнению с использованием жёстких арифметических операций в нечётком выводе и сигмоидальных функций принадлежности,

в 1,5 раза выше по сравнению с использованием мягких арифметических операций в нечётком выводе и треугольных функций принадлежности, в 11,4 раза выше по сравнению с использованием жёстких арифметических операций в нечётком выводе и треугольных функций принадлежности.

Также представленное моделирование показывает, что с ростом численного значения меток сигмоидальных функций принадлежности уменьшается коэффициент RMSE. Стоит заметить, что при большом их значении точность мягкой и жёсткой нечёткой модели сопоставима. Однако рост увеличения численного значения меток сигмоидальных функций принадлежности приводит к тому, что сами функции принадлежности трансформируются в П-образную функцию и практически становятся чёткой переменной. Это может привести к тому, что нечёткая система потеряет свои уникальные свойства: масштабированость, аддитивность, продолжительность.

Низкое значение RMSE, полученное при использовании мягких арифметических операций в нечётком выводе с применением сигмоидальных функций принадлежности, позволяет сделать вывод о том, что предложенная нечёткая система стабилизации процесса резания лучше адаптируется к реальным условиям механической обработки изделий на оборудовании с ЧПУ и улучшает качество обработки и повышает стойкость режущего инструмента.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МД-2893.2015.8.

Библиографические ссылки

1. **Affiliated M.Q.Li., Xiong A., Li X.** An adaptive constitutive model of the Ti-6.29Al-2.71Mo-1.42Cr alloy in high-temperature deformation // Journal of Materials Engineering and Performance, 2006. Vol. 15. Issue 1. P. 9—12.

2. **De Backer J., Bolmsjö G., Christiansson A.-K.** Temperature control of robotic friction stir welding using the thermoelectric effect // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2014. Vol. 70. Issue 1. P. 375—383.

3. **Бобырь М.В., Титов В.С.** Интеллектуальная система управления температурными деформациями при резании // Автоматизация и современные технологии. 2011. № 5. С. 3—7.

4. **Антипин А.Ф.** Системы управления технологическими процессами на базе многомерных логических регуляторов // Автоматизация и современные технологии. 2014. № 1. С. 12—18.

5. **Шарапов Р.В., Шарапова Е.В.** Построение поисковых систем на основе теории нечётких множеств // Автоматизация и современные технологии. 2011. № 5. С. 8—10.

6. **Kumanan S., Jesuthanam C.P., Ashok Kumar R.** Application of multiple regression and adaptive neuro fuzzy inference system for the prediction of surface roughness // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2008. Vol. 35. Issue 7. P. 778—788.

7. **Бобырь М.В., Титов В.С., Беломестная А.Л.** Стабилизация теплового режима в процессе резания // Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. № 6. С. 38—41.

8. **Бобырь М.В.** Диагностика оборудования с ЧПУ методами нечёткой логики // Промышленные АСУ и контроллеры. 2010. № 1. С. 18—20.

9. **Бобырь М.В., Титов В.С., Червяков Л.М.** Адаптация сложных систем управления с учётом прогнозирования возможных состояний // Автоматизация и современные технологии. 2012. № 5. С. 3—10.

10. **Буянкин В.М.** Синтез нейро-регуляторов с нечёткой логикой для токового и скоростного контуров электропривода с мягкими вычислениями // Автоматизация и современные технологии. 2007. № 11. С. 19—24.

11. **Zadeh L.A.** Some reflections on soft computing, granular computing and their roles in the conception, design and utilization of information/intelligent systems // Soft Computing. 1998. Vol. 2. Issue 1. P. 23—25.

12. **Емельянов С.Г., Титов В.С., Бобырь М.В.** Интеллектуальные системы на основе нечёткой логики и мягких арифметических операций: учеб. пособ. М.:АРГАМАК-МЕДИА, 2014. 341 с.

13. **Бобырь М.В., Милостная Н.А.** Анализ использования мягких арифметических операций в структуре нечётко-логического вывода // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2015. № 7 (133). С. 7—15.

14. **Бобырь М.В., Титов В.С., Нассер А.А.** Оценка числа итераций при обучении мягких нечётких систем // Известия Юго-Западного гос. ун-та. 2014. № 3 (54). С. 30—37.

15. **Бобырь М.В.** Влияние числа правил на обучение нечётко-логической системы // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 11 (125). С. 28—35.

16. **Бобырь М.В., Емельянов С.Г., Милостная Н.А.** О некоторых свойствах моделирования адаптивных нейро-нечётких систем на основе упрощенного нечётко-логического вывода // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2014. Т. 12. № 5. С. 4—12.

17. **Deng X., Wang X.** Incremental learning of dynamic fuzzy neural networks for accurate system modeling // Fuzzy Sets and Systems. 2009. Vol. 160. Issue 7. P. 972—987.

18. **Титов В.С., Бобырь М.В., Милостная Н.А.** АСУ прогнозированием точности обработки деталей // Автоматизация в промышленности. 2008. № 4. С. 3—4.

19. **Бобырь М.В., Титов В.С., Милостная Н.А., Глобин П.В.** Оценка достоверности при моделировании нечётко-логических систем // Промышленные АСУ и контроллеры. 2012. № 7. С. 32—38.

20. **Титов В.С., Бобырь М.В., Милостная Н.А.** Особенности оценки точности измерений размеров при использовании высокоточных автоматизированных систем // Промышленные АСУ и контроллеры. 2005. № 6. С. 17—19.

УДК 681.3.064

Г.В. Малышаков
(Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)),
В.Д. Малышаков, канд. техн. наук, доц.
(Московский технологический университет информационных технологий, электроники и радиотехники)

malshakov@mail.ru

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СТРУКТУР ЕГО ДАННЫХ

Предложен новый подход оценки интероперабельности прикладного программного обеспечения на основе структур его данных, заключающийся в представлении информации о сущностях предметной области в виде объектно-ориентированного полихроматического множества для расчёта интероперабельности как коэффициента совместимости, равного отношению объёма согласованных между системами сущностей к общему объёму однотипных сущностей.

Ключевые слова: интероперабельность; прикладное программное обеспечение; полихроматические множества; сущность; коэффициент совместимости.

A new approach for the engineering software interoperability evaluation on the grounds of its data structures is proposed. The approach is information representation about subject area essence in the form of object-oriented polychromatic multitude for calculation of interoperability as a compatibility factor equal to the ratio between the volume of the agreed essences systems and the total volume of the single essences.

Keywords: interoperability; engineering software; polychromatic multitude; the essence; compatibility factor.

Интероперабельность — способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и использованию информации, полученной в результате обмена [1]. Интероперабельность приобретает всё большее значение в первую очередь потому, что на сегодняшний день практически во всех сферах жизнеобеспечения (государственное управление, здравоохранение, образование, наука, бизнес и т.д.) используют информационно-коммуникационные технологии. Можно констатировать, что интероперабельность является одной из основ формирования и развития информационного общества, при этом возникает необходимость в её количественной оценке.

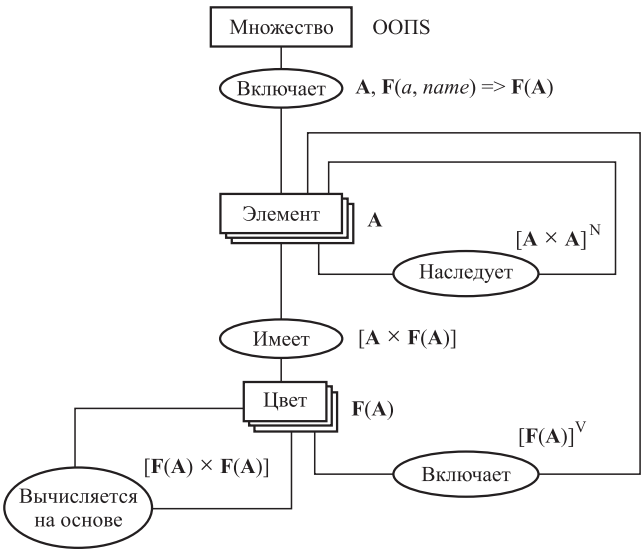
Существующая многокритериальная методика [2, 3] строится на основе показателей, влияющих на интероперабельность системы, которые должен выявить и определить их значимость исследователь, что негативно влияет на точность и зависит от человеческого фактора.

Чтобы избежать этих недостатков, необходимо перейти к структурному описанию объектов предметной области программного обеспечения (ПО) для возможности вычисления количества согласованных однотипных данных, определяющих уровень интероперабельности ПО.

Для структурного описания объектов предметной области в проектировании и производстве высокотехнологической и наукоёмкой продукции используют полихроматические множества (ПS) [4], которые создавались для технологических процессов, поэтому с их помощью возможно описать системы, имеющие не более двух иерархических уровней, что делает невозможным их использование при описании многоиерархической автоматизированной системы. Для поддержки многоуровневости в исходное ПS-множество были введены матрицы наследования и включения, вследствие чего получено объктно-ориентированное полихроматическое множество (ООПS-множество):

$$\mathbf{ООПS_A = (A,\ F(A),\ [A\times F(A)],\ [F(A)\times F(A)],\ [A\times A]^N,\ [F(A)]^V).} \qquad (1)$$

ООПS-множество описывает состав и свойства предметной области и предназначе-



Онтологическая модель базовых понятий ООПS-множества

но для их идентификации. Оно не содержит информацию о состоянии и поведении объектов управления, а также форму представления данных о них. ООПS-множество включает в себя множество **A** элементов, множество **F(A)** цветов (свойств) и четыре булевых матрицы: матрицу **[A×F(A)]** цветов элементов множества **A**, матрицу **[F(A)×F(A)]** вычисления цветов, матрицу $\mathbf{[A{\times}A]^N}$ наследования элементов, матрицу $\mathbf{[F(A)]^V}$ включения элементов. Онтологическая модель базовых понятий ООПS-множества представлена на рисунке.

Множество **A** определяет состав элементов (сущностей предметной области):

$$\mathbf{A} = \{a_1, a_2, ..., a_n\}. \qquad (2)$$

Каждый элемент $a_i \in \mathbf{A}$ обладает набором цветов (свойств):

$$F(a_i) = \{F_1(a_i), F_2(a_i), \ldots, F_m(a_i)\} = \\ = \bigcup_{j=1}^{m} F_j(a_i). \qquad (3)$$

Булева матрица **[A×F(A)]** описывает составы цветов элементов множества **A**, в которой $S_{i(j)}$ отражает бинарное отношение между элементом a_i и цветом F_j:

$$\mathbf{[A{\times}F(A)]} = \left\| S_{i(j)} \right\|_{A,F(A)} = \\ = \begin{bmatrix} S_{1(1)} & S_{1(2)} & \ldots & S_{1(m)} \\ S_{2(1)} & S_{2(2)} & \ldots & S_{2(m)} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ S_{n(1)} & S_{n(2)} & \ldots & S_{n(m)} \end{bmatrix}.$$

Если элемент a_i множества **A** имеет цвет F_j, то $S_{i(j)} = 1$, в противном случае $S_{i(j)} = 0$:

$$S_{i(j)} = \begin{cases} 1, \text{ если } F_j \in F(a_i); \\ 0, \text{ если } F_j \notin F(a_i). \end{cases}$$

Цвета элементов можно вычислять на основе значений уже существующих цветов. Матрица **[F(A)×F(A)]** описывает использование одних цветов (F_j) при вычислении других цветов (F_i):

$$\mathbf{[F(A){\times}F(A)]} = \left\| c_{i(j)} \right\|_{F(A),F(A)} = \\ = \begin{bmatrix} c_{1(1)} & c_{1(2)} & \ldots & c_{1(n)} \\ c_{2(1)} & c_{2(2)} & \ldots & c_{2(n)} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ c_{n(1)} & c_{n(2)} & \ldots & c_{n(n)} \end{bmatrix}.$$

Если цвет F_i вычисляют на основе цвета F_j, то $c_{i(j)} = 1$, в противном случае $c_{i(j)} = 0$:

$$c_{i(j)} = \\ = \begin{cases} 1, \text{ если } F_i \text{ вычисляется на основе } F_j; \\ 0, \text{ если } F_i \text{ не вычисляется на основе } F_j. \end{cases}$$

Выражения для вычисления значений вычислимых цветов при необходимости указываются дополнительно.

При создании элемента на основе существующего между ними в ООПS-множестве устанавливается отношение наследования, фиксируемое в матрице $\mathbf{[A{\times}A]^N}$. В этом случае цвета родительского элемента заимствуются производными:

$$\mathbf{[A{\times}A]^N} = \left\| n_{i(j)} \right\|_{A,(A)} = \\ = \begin{bmatrix} n_{1(1)} & n_{1(2)} & \ldots & n_{1(n)} \\ n_{2(1)} & n_{2(2)} & \ldots & n_{2(n)} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ n_{n(1)} & n_{n(2)} & \ldots & n_{n(n)} \end{bmatrix}.$$

Если элемент a_i множества **A** наследует цвета от a_j, то $n_{i(j)} = 1$, в противном случае $n_{i(j)} = 0$:

$$n_{i(j)} = \begin{cases} 1, \text{ если } a_i \to a_j; \\ 0, \text{ если } a_i \neg\to a_j. \end{cases}$$

Если в состав элемента входят другие элементы, то между ними возникает отношение включения. Включаемые элементы входят в единый элемент в качестве цвета. Соответствие включаемых объектов и цветов-псевдонимов в ООПС задаётся вектором:

$$\mathbf{[F(A)]^V} = \|v_i\|_{F(A),i_a} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_m \end{bmatrix}.$$

Если через цвет F_i происходит включение элемента a_j, то $v_i = j_a$, в противном случае $v_i = 0$:

$$v_i = \begin{cases} i_a, \text{ если } \exists a_x[F_i] = a_j; \\ 0, \text{ если } \exists a_x[F_i] \neq a_j. \end{cases}$$

Для оценки интероперабельности между i-м и j-м приложениями формируются их ООПС$_i$- и ООПС$_j$-множества в соответствии с (1). Наборы их элементов ($A = A_i \vee A_j$) и цветов ($F(a) = F(a_i) \vee F(a_j)$) объединяются. При этом сходным по смыслу элементам и цветам из i-й и j-й подсистем дают одинаковые имена. Соотношения (2) для каждой из подсистем заменяют на логические векторы, отражающие наличие либо отсутствие в каждой из них соответствующих элементов:

$$\mathrm{A}_i = \|b_j\|_{A_i} = [b_1, b_2, \dots, b_n].$$

Если элемент a_j имеется во множестве A_i, то $b_j = 1$, в противном случае $b_j = 0$:

$$b_j = \begin{cases} 1, \text{ если } a_j \in \mathrm{A}_i; \\ 0, \text{ если } a_j \notin \mathrm{A}_i. \end{cases}$$

Корректируются множество **F(A)** и матрицы **[A×F(A)]**, **[F(A)×F(A)]**, **[A×A]$^{\mathbf{N}}$**, **[F(A)]$^{\mathbf{V}}$**.

Для числовой оценки интероперабельности i-го и j-го множеств вычисляют:

количество сходных элементов:

$$NS_A^{ij} = \sum(A_{\hat{ij}}) = \sum(A_i \wedge A_j);$$

количество сходных цветов:

$$NS_F^{ij} = \sum[A_{\hat{ij}} \times F_{\hat{ij}}) = \\ = \sum([A_i \times F(A_i)] \wedge [A_j \times F(A_j)];$$

количество сходных классификаторов как пересечение элементов двух множеств ООПС$_i$ и ООПС$_j$, вступающих в отношение включения:

$$NS_{\text{кл}}^{ij} = \sum(A_i \wedge A_j \wedge (F(A_{\hat{ij}})^V)^T);$$

степень сопряжённости систем как отношение количества сходных элементов к общему количеству элементов:

$$S_A^{ij} = NS_A^{ij}/n = \sum(A_i \wedge A_j)/n;$$

уровень интероперабельности систем как коэффициент совместимости, равный отношению объёма согласованных между системами данных к общему объёму однотипных данных:

$$K_{\text{совм}} = \Sigma\text{Д}_{\text{согл}} / \left(\Sigma\text{Д}_{\text{согл}} + \Sigma\text{Д}_{\text{несогл}}\right) = \\ = NS_{A\text{согл}}^{ij} / \left(NS_{A\text{согл}}^{ij} + NS_{A\text{несогл}}^{ij}\right).$$

Метод оценки интероперабельности прикладного ПО на основе объектно-ориентированных полихроматических множеств их данных позволяет количественно оценить уровень интероперабельности при помощи коэффициента совместимости как отношение объёма согласованных между системами данных к общему объёму однотипных данных. При этом отсутствует процедура экспертной оценки свойств системы, влияющих на их интероперабельность.

Оценка интероперабельности программ и программных систем на основе их информационных моделей позволяет уменьшить влияние человеческого фактора.

Библиографический список

1. **ГОСТ** Р 55062—2012. Информационные технологии. Системы промышленной автоматизации и интеграция. Интероперабельность. Основные положения.

2. **Петров А.Б., Стариковская Н.А.** Методика сравнительной оценки интероперабельности информационных систем // Информационные технологии и вычислительные системы. 2009. № 5. С. 82—90.

3. **Батоврин В.К., Королёв А.С.** Способ количественной оценки интероперабельности // Информационные технологии и вычислительные системы. 2009. № 5. С. 91—96.

4. **Павлов В.В.** Структурное моделирование в CALS-технологиях. М.: Наука, 2006. 307 с.

УДК 621.391.175

В.Е. Болнокин, д-р техн. наук, **Е.Н. Ивашов,** д-р техн. наук, проф.,
Нгуен Динь Чунг, канд. техн. наук, **М.Ю. Корпачёв, К.Д. Федотов**
(Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики")

mkorpachev@gmail.com

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

Рассмотрена стратегия восстановления системы после появления отказа. Характеристики качества функционирования литографической системы выражены статистически.

Ключевые слова: восстановление системы после отказа; регенерирующий процесс; литографическая система.

The system recovery strategy after the failure occurrence is considered. The quality characteristics of the lithographic system functioning are statistically expressed.

Keywords: system recovery after a failure; regenerating process; lithographic system.

Восстановление литографической системы после отказа необходимо для сокращения экономических издержек и ликвидации срывов сроков запуска продукции в условиях серийного и массового производства.

Рассмотрим стратегию восстановления системы после появления отказа.

Пусть при $t = 0$ система работает до отказа в течение времени ξ, распределённого по закону $F(x)$. Далее от момента $t = \xi$ до момента появления отказа $t = \xi + \zeta$ в течение случайного времени ζ, распределённого по закону $\Phi(x)$, система простаивает в неработоспособном состоянии (скрытый отказ). В случайный момент проявления отказа начинается внеплановый аварийно-профилактический ремонт, который длится случайное время $\gamma(M_\gamma = T_{\text{ап}})$, после которого работоспособность системы полностью возобновляется. После окончания ремонта весь процесс функционирования и обслуживания системы повторяется [1].

Определим случайный процесс $x(t)$, характеризующий состояние системы.

Пусть $z \geqslant 0$, тогда

$$x(t) = \begin{cases} E_0, \text{ если в момент } t \text{ система работоспособна и до отказа проработает время большее или равное } z; \\ E_1, \text{ если в момент } t \text{ система работоспособна и до отказа проработает время меньшее } z; \\ E_2, \text{ если в момент } t \text{ в системе имеется скрытый отказ;} \\ E_3, \text{ если в момент } t \text{ система ремонтируется (внеплановый аварийно-профилактический ремонт).} \end{cases}$$

Диаграмма переходов случайного процесса $x(t)$ показана на рис. 1.

Введённый процесс — регенерирующий (например, моментами регенерации будут моменты перехода в состояние E_3) и в предположении, что хотя бы одна из случайных величин ξ, ζ и γ непрерывна — апериодический [2].

Поэтому при длительной эксплуатации литографической системы характеристики качества функционирования выражаются дробно-линейным функционалом

$$I(\Phi, F) = \frac{\int_0^\infty \int_0^\infty A(v, y)\, d\Phi(v)\, dF(y)}{\int_0^\infty \int_0^\infty B(v, y)\, d\Phi(v)\, dF(y)}, \qquad (1)$$

где $\Phi(v)$ и $F(y)$ — меры, определяющие полумарковское ядро.

Пусть функция $A(v, y)$ — время пребывания процесса $x(t)$ в состоянии работоспособности ($E_0 \cup E_1$) на периоде регенерации, для которого отказ системы происходит через время $\xi = y$, а длительность проявления отказа равна $v(\zeta = v)$, $B(v, y)$ определяется как длительность периода регенерации при условии $\xi = y$, $\zeta = v$.

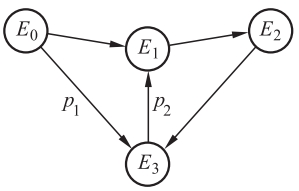


Рис. 1. Диаграмма переходов случайного процесса *x*(*t*)

Заметим, что в рассматриваемой стратегии не проводятся плановые восстановительные работы, поэтому в выражении функционала отсутствует функция распределения $G(x)$, определяющая периодичность плановых восстановительных работ.

Теперь предположим, что функции распределения

$$F(y) \in \Omega(n, y, \pi) \text{ и } \Phi(v) \in \Omega(m, v, p) \qquad (2)$$

известны лишь в отдельных точках.

Задача заключается в определении гарантированного среднего "выигрыша" функций $F^*(y)$ и $\Phi^*(v)$ из рассматриваемых множеств (2), при которых он достигается, т.е. следует определить

$$\max_{\Phi \in \Omega(m, v, p)} \min_{F \in \Omega(n, y, \pi)} I(\Phi, F) = I(\Phi^*, F^*), \qquad (3)$$

что соответствует "выигрышу", получаемому при наихудших характеристиках [2].

Если функционал (1) выражает потери, то необходимо брать его максимумы по $F(y)$ и $\Phi(v)$.

Очевидно, что в этом случае

$$A(v, y) = y. \qquad (4)$$

Аналогично функция $B(v, y)$ из описания стратегии:

$$B(v, y) = y + v + T_{\text{ап}}. \qquad (5)$$

В свою очередь $A(v, y)$, $B(v, y)$ и $D(v, y) = B(v, y) - A(v, y) = v + T_{\text{ап}}$ (рис. 2).

В соответствии с этим коэффициент готовности $K_\Gamma(\Phi, F)$:

$$K_\Gamma(\Phi, F) = \frac{\int_0^\infty \int_0^\infty y d\Phi(v) dF(y)}{\int_0^\infty \int_0^\infty (y + v + T_{\text{ап}}) d\Phi(v) dF(y)} = \frac{1}{1 + \dfrac{\int_0^\infty \int_0^\infty (v + T_{\text{ап}}) d\Phi(v) dF(y)}{\int_0^\infty \int_0^\infty y d\Phi(v) dF(y)}}. \qquad (6)$$

При определении минимума функционала (6) по $F(y) \in \Omega(n, y, \pi)$ заметим, что этот функционал — дробно-линейный и, следовательно, при любом фиксированном $\Phi(y)$ его минимум достигается на множестве ступенчатых функций $\Omega^*(n, y, \pi)$, имеющих на полуинтервале $[y_i, y_{i+1})$ один скачок величины $\Delta\pi_i = \Delta\pi_{i+1} - \Delta\pi_i$, т.е.

$$\min_{F \in \Omega(n, y, \pi)} K_\Gamma(\Phi, F) = \min_{F \in \Omega^*(n, y, \pi)} K_\Gamma(\Phi, F) = \min_{\substack{\tau_i \in [y_i y_{i+1}) \\ i=\overline{0,n}}} \frac{1}{\left(1 + \int_0^\infty (v + T_{\text{ап}}) d\Phi(v)\right) / \sum_0^n \tau_i \Delta\pi_i}. \qquad (7)$$

Функция $v + T_{\text{ап}}$ является невозрастающей по переменному y при фиксированном v, а функция y — неубывающая по y при фиксированном v. Поэтому можно утверждать, что максимум по τ функции, стоящей в знаменателе выражения (или минимум функции (7)) достигается при $\tau_i = y_i + 0$, т. е.

$$\min_{F \in \Omega(n, y, \pi)} K_\Gamma(\Phi, F) = \frac{\sum_0^n y_i \Delta\pi_i}{\sum_0^n y_i \Delta\pi_i + T_{\text{ап}} + \int_0^\infty v d\Phi(v)}. \qquad (8)$$

Заметим, что экстремальная функция

$$F^*(y) = \begin{cases} 0 \text{ при } y \leqslant 0; \\ \Delta\pi_{i+1} \text{ при } y_i < y \leqslant y_{i+1}, i = 0, 1, \ldots, n-1; \\ 1 \text{ при } y > y_n \end{cases} \qquad (9)$$

не зависит от функции $\Phi(v)$, что упрощает поиск минимума функционала (8) по функциям распределения $\Phi \in \Omega(m, v, p)$ [1]. Так как функционал (8) дробно-линейный, то минимум достигается на ступенчатых функциях $\Phi \in \Omega(m, v, p)$, имеющих в полуинтервале $[v_i, v_{i+1})$ один скачок величины $\Delta p_i = \Delta p_{i+1} - \Delta p_i$.

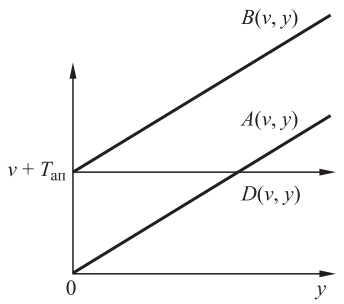


Рис. 2. Графики функций *A*, *B* и *D*

Кроме того, этот скачок должен иметь место в точке $v_{i+1} - 0$, так как в числителе (8) — постоянная величина, а в знаменателе — монотонно возрастающая функция

$$\Phi^*(y) = \\ = \begin{cases} 0 \text{ при } v \leqslant v_1; \\ p_i \text{ при } v_i \leqslant v < v_{i+1}, i = 0, 1, \ldots, m-1; \\ 1 \text{ при } v \geqslant v_m \end{cases} \quad (10)$$

не является функцией распределения, так как она непрерывна справа, а для коэффициента готовности $K_\Gamma(\Phi, F)$ определяется нижняя грань по $\Phi \in \Omega(m, v, p)$, т. е.

$$\inf_{\Phi \in \Omega(m, v, p)} \min_{F \in \Omega(n, y, \pi)} K_\Gamma(\Phi, F) = \\ = \frac{\sum_0^n y_i \Delta\pi_i}{\sum_0^n y_i \Delta\pi_i + \sum_0^{m-1} v_{i+1} \Delta p_i + T_{\text{ап}}}. \quad (11)$$

При определении минимума функционала по Φ необходимо условие $\Phi(v) = 1$ при $v \geqslant v_m$ ($v_m < \infty$), так как в противном случае нижняя грань исследуемого функционала равна нулю, т.е. получается тривиальная оценка [2].

Следует отметить, что каждая управляющая система (C_i) соответствует определённой операции (работе) P_i, которая является первичным элементом системы и неделима в рамках данного метода исследования. Каждой работе функционально поставлена в соответствие управляющая система C_i, $i = 1, \ldots, N$. Основной функцией систем P_i является функция производства

$$P_i{:}X \times M_i \times \Omega \to Y. \quad (12)$$

Поскольку выходной параметр Y для операции P_i может оказаться входным для следующего процесса, то эту функцию можно представить в виде:

$$P_i{:}Y \times X \times M_i \times \Omega \to Y, \quad (13)$$

где X — множество управляемых входных величин, поступающих в систему управления извне (например, сырье и материалы); Y — множество реальной продукции (услуг), производимой проектом [3].

Каждая операция P_i характеризуется скоростью выполнения $d(y_i)|dt$, которая имеет некоторое оптимальное значение и зависит от объёма ресурсов $u_i(t)$, поступающих к операции. Функцию интенсивности операции можно представить в виде:

$$\frac{dy_i(t)}{dt} = v_i\left(u_i(t)\right). \quad (14)$$

Очевидно, что в этом случае текущее производство составит величину

$$y_i(t) = \int_0^t v_i\left(u_i(\tau)\right) d\tau. \quad (15)$$

Тогда, если T_{0i} — плановое значение времени завершения операции P_i, а Y_{0i} — плановый объём продукта, производимого на этой операции, то задача оптимального управления состоит в определении необходимого количества ресурсов $u_i(t)$ для выполнения равенства:

$$\int_0^{Y_{0i}} v_i\left(u_i(t)\right) dt = Y_{0i}. \quad (16)$$

Для эффективного управления сроками завершения подпроектов знания функций v_i недостаточно. Важным является определение операций, лежащих на критическом пути. При выявлении отклонения от сроков выполнения работ координатор определяет, какие из них нужно интенсифицировать.

Без применения теории нечётких множеств многие задачи, связанные с неопределённостью, решались с применением методов теории вероятности. Однако вследствие нетождественности понятий вероятностного и нечёткого события, применение вероятностных методов не оправдано, так как методы теории расплывчатых множеств проще вероятностных, потому что понятию вероятностной меры соответствует более простое понятие функции принадлежности, а вместо операций $a + b$, ab используются более простые операции $\max(a, b)$, $\min(a, b)$ и так далее [3].

Из всех работ, нуждающихся в координации, необходимо выбрать те, эффективность координации которых при ограниченных дополнительных затратах ресурсов будет максимальна. В данный показатель должны входить следующие нечёткие характеристики работ:

степень заменяемости работы;

степень критичности работы;

наличие риска увеличения её продолжительности;

интенсифицируемость работы.

Расплывчатое множество З, определяющее степень заменяемости работ, представим в виде множества пар З = $\{\xi_i, \mu_З(\xi_i)\}$, где функция $\mu_З(\xi_i)$ определяет степень принадлежности работы к заменяемым [4].

Следующей задачей определения координируемости работы является расчёт нечёткого показателя её критичности (принадлежности к критическому пути). Примем следующее утверждение: работа относится к критической со степенью принадлежности, равной 1, если её резерв времени равен 0; работа не является критической (степень принадлежности равна 0), если она может быть выполнена в любое время, т.е. её резерв времени может быть равен $T_0 - t_{0i}$, где t_{0i} — время выполнения i-й работы с некоторой установленной плановой интенсивностью T_0.

Тогда эту функцию можно представить в виде:

$$\mu_k = 1 - \frac{R_i}{T_0 - t_{0i}}, \tag{17}$$

где $R_i \in [0;\ T_0 - t_{0i}]$.

Важно оценить и наличие риска увеличения продолжительности работы. Функцию принадлежности к некоторому расплывчатому множеству рисковых работ удобно представить как вероятности того, что её продолжительность превысит максимально допустимую, за которую примем резерв времени этой работы. Тогда множество рисковых работ P можно записать в виде:

$$\begin{aligned} &P(\cdot) = (\xi_i, \mu_p(\xi_i)), \\ &\mu_p(\xi_i) = P(\Delta t_i > R_i), \end{aligned} \tag{18}$$

где $P(\cdot)$ — знак вероятности.

Наконец, следует установить, насколько управляема данная работа. В этом случае при построении функции принадлежности необходимо воспользоваться коэффициентом интенсифицируемости $k_i \in (1;\ \infty)$, а точнее его обратной величиной $1|k_i \in (1;\ 0)$.

Для построения множества координированных работ необходимо провести композицию множеств З, K, P, I. При управлении внимание прежде всего должно уделяться тем работам, которыми трудно оперативно управлять, т.е. принадлежащим множествам K и P и дополнениям множеств З и I, определяемым как $(1 - \mu_З)$ и $(1 - \mu_i)$, соответствующих незаменяемым и неидентенсифицируемым работам [5].

Также необходимо установить веса, определяющие значимость данного критерия для принадлежности работы нечёткому множеству координируемых работ. Тогда функция принадлежности $\mu_Г(\xi_i)$ имеет вид:

$$\begin{aligned} \mu_Г(\xi_i) = \min\Big(&\left[1 - \mu_З(\xi_i)\right]^{L_1}, \left[\mu_K(\xi_i)\right]^{L_2}, \\ &\left[\mu_P(\xi_i)\right]^{L_3}, \left[1 - \mu_I(\xi_i)\right]^{L_4}\Big). \end{aligned} \tag{19}$$

Таким образом, полученное нечёткое множество координируемых работ Г = $(\xi_i, \mu_Г(\xi_i))$ позволяет руководителям всех уровней направлять ресурсы на координацию всех работ, срыв или задержка выполнения которых может существенно снизить эффективность.

Библиографические ссылки

1. **Барзилович Е.Ю. Каштанов В.А.** Организация обслуживания при ограниченной информации о надёжности системы. М.: Сов. радио, 1975. С. 35—40.

2. **Балан Н.Н., Васин В.А., Ивашов Е.Н., Корпачев М.Ю., Степанчиков С.В.** Критерий качества в автоматизированном проектировании элементов формирования топологии в ультрафиолетовой литографии//Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2012. № 3. С. 46—51.

3. **Болнокин В.Е.** Адаптивное управление на базе нечётких регуляторов и нейросетевой технологии: Монография / В.Е. Болнокин, Хо Д. Лок. Воронеж: Научная книга, 2012. 280 с.

4. **Денисов В.И., Левицкий С.И., Федченко В.В.** Новые информационные технологии в процессе контроля реализации проекта // Модели управления в рыночной экономике. Донецк: ДонГУ, 1999. С. 70—80.

5. **Руденская В.В.** Моделирование координируемости работ на основании теории нечётких множеств: сб. науч. тр. "Модели управления в рыночной экономике". Донецк, ДонГУ, 2002. Вып. 5. С. 27—33.

УДК 377.031

М.С. Тимофеева, канд. экон. наук, доц., **Д.В. Глазунов,** канд. техн. наук,
А.В. Симонцева, Г.С. Мизюков
(Ростовский государственный университет путей сообщения)

mara1512@yandex.ru

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ АБИТУРИЕНТОВ

Разработана и апробирована технология подготовки абитуриентов, включающая три основных вида контроля: входной, текущий и итоговый. Данная технология позволяет эффективно отслеживать изменение уровня подготовленности абитуриентов по дисциплинам Единого государственного экзамена в период их обучения на курсах и при необходимости своевременно корректировать процедуру подготовки. Использование предлагаемой технологии подготовки абитуриентов на 7-месячных курсах в 2015 г. позволило повысить средний уровень подготовленности абитуриентов по физике на 24,3 %, математике — на 18,3 % и русскому языку — на 19,5 %.

Ключевые слова: Центр мониторинга качества образования; абитуриент, подсистема "Тестирование"; Единый государственный экзамен; технология довузовской подготовки; уровень подготовленности.

The technology of the applicants training, including the three main types of monitoring: incoming, current and final is developed and tested. This technology allows to effectively monitor changes in the applicants preparatin level in the disciplines of the Unified State Exam during their training courses and, if necessary, to opportunely correct the preparation process. Utilization the proposed training technology on 7-month courses in 2015 permit to increase the average level of applicants preparedness in physics by 24.3 %, mathematics - by 18.3 % and Russian language by - 19.5 %.

Keywords: Monitoring center of education quality; applicant, subsystem "Testing"; Unified State Exam; prevocational training technology; level of preparedness.

Проблема модернизации российского высшего образования неразрывно связана с процессом вхождения в мировую и, прежде всего, европейскую образовательную систему на принципах социальной ответственности, непрерывности обучения. В этот процесс включено и высшее техническое образование. В России сложилась традиция довузовской подготовки как в школах, так и на подготовительных курсах и в отделениях образовательных учреждений. Смена образовательных парадигм, обострение конкуренции в образовательной среде выдвигают в качестве одной из целей профессионального образования повышение конкурентоспособности специалиста на рынке труда. Поэтому формирование его профессионально-личностных качеств, обеспечивающих успешное усвоение знаний, приобретение умений и навыков в образовательных учреждениях, является весьма актуальным.

В Ростовском государственном университете путей сообщения сформирован Центр мониторинга качества образования (ЦМКО), который разрабатывает и использует методики, средства и технологии контроля уровня подготовленности обучающихся в форме компьютерного тестирования. Компьютерное тестирование позволяет обучаемому быть участником информационной системы с помощью созданного в университете программного продукта — подсистемы "Тестирование" в составе "Автоматизированной системы управления ФГБОУ ВО РГУПС" — ядра системы менеджмента качества образовательного учреждения [1].

Для повышения уровня подготовленности абитуриентов к сдаче Единого государственного экзамена (ЕГЭ) в РГУПС организованы подготовительные курсы по пяти предметам: Математике, Истории, Обществознанию, Физике, Русскому языку с периодами обучения: 7 мес. — 100 уч. ч по одному предмету; 6 мес. — 84 уч. ч по одному предмету; 6 мес. (субботние) — 48 уч. ч по одному предмету; 3 мес. — 48 уч. ч по одному предмету; 3 мес. (субботние) — 24 уч. ч по одному предмету.

Для подготовки абитуриентов по дисциплинам ЕГЭ и её мониторинга в ФГБОУ ВО РГУПС в 2012 г. разработана и активно реализуется на базе ЦМКО технология довузовской подготовки абитуриентов с использованием компьютерного тестирования.

Рассмотрим процедуру подготовки абитуриентов к ЕГЭ с использованием разработанной технологии на примере 7-месячных курсов. Подготовка абитуриентов к ЕГЭ ведётся в течение 30 недель. Для оценки уровня подготовленности абитуриентов на различных этапах в процессе их обучения предусмотрены входной, текущий и итоговый контроль. Входной контроль проводится на первой неделе подготовки и позволяет оценить уровень знаний абитуриентов, полученных в рамках школьной программы. Текущий контроль проводится, как правило, на шестнадцатой неделе обучения на подготовительных курсах и позволяет оценить достигнутый к этому времени уровень знаний и эффективность подготовки абитуриентов по изучаемым дисциплинам ЕГЭ и на основании полученных результатов внести при необходимости коррекцию в процесс подготовки. Итоговый контроль проводится на тридцатой, заключительной, неделе обучения и позволяет оценить уровень подготовленности абитуриентов к сдаче экзаменов по изученным дисциплинам. Данный контроль является своего рода "репетицией" экзаменов, сдаваемых при поступлении в вуз. Результаты этого контроля позволяют также оценить итоговую эффективности подготовки.

Для подготовки абитуриентов и контроля полученных ими знаний на подготовительных курсах в 2015 г. в подсистеме "Тестирование" построены количественные конфигурации формирования теста по дисциплинам Физика, Математика и Русский язык, представленные в таблице.

Для тестирования по дисциплинам Физика, Математика и Русский язык абитуриентам предлагалось пройти тест, состоящий из вопросов только блока "А", ответить на которые необходимо за 60 мин. Из каждого раздела дисциплины в опросный лист абитуриентов в случайном порядке подсистема "Тестирование" включает по два вопроса. Порог при аттестации абитуриента — 50 % правильных ответов на вопросы по каждому разделу дисциплины. То есть отвечающий хотя бы на один вопрос раздела правильно абитуриент считается аттестованным по данному разделу. Ответы на вопросы блоков "В" и "С" проверялись на подготовительных занятиях преподавателями ведущих дисциплин самостоятельно. По окончании тестирования каждый абитуриент имел возможность ознакомиться с протоколом своих ответов и обсудить их с преподавателем ведущей дисциплины.

Преподавателю представляется информационно-аналитический отчёт в виде ведомости результатов компьютерного тестирования абитуриентов по разделам (такая ведомость приведена на рис. 1). Она включает в себя наименование дисциплины, группу, описание теста, пройденную абитуриентом попытку (*6*), ФИО обучающихся (*1*), перечень разделов по дисциплине (*5*), дату проведения тестирования и время, затраченное абитуриентами на тест (*3*), и формирует результаты компьютерного тестирования обучающихся по двум критериям:

доля, %, правильных ответов на вопросы конкретных разделов дисциплины у каждого абитуриента (*4*);

доля, %, правильных ответов на вопросы в целом по дисциплине у каждого абитуриента (*2*).

На основании полученных результатов преподаватель может провести корректирующие действия по дальнейшей подготовке абитуриентов по дисциплинам ЕГЭ и сформировать траекторию обучения. Траекторию обучения можно рассматривать с позиций индивидуального и группового подходов. Под индивидуальным подходом понимается определение слабейшего абитуриента в группе на данном

Количественные конфигурации формирования теста по дисциплинам Физика, Математика и Русский язык

Дисциплина ЕГЭ	Число разделов в тесте	Число вопросов в разделе	Время на тест, мин	Пороговое число правильных ответов на раздел, %
Физика	13	2	60	50
Математика	14			
Русский язык	30			
Итого	57			

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС)
Центр мониторинга качества образования
Ведомость результатов компьютерного тестирования по разделам

6 Дисциплина: Физика
Группа: ИАС-ЦМКО-1
Попытка: 1
Описание теста: ЕГЭ Физика 2015

1 2 3 4

№ п/п	ФИО	Доля правильных ответов, %	Доля правильных ответов по разделу, %	Время, мин	Дата тестирования	Результаты по контрольно-измерительным материалам												
						Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.7	Гр.8	Гр.9	Гр.10	Гр.11	Гр.12	Гр.13
1	User101 U.U.	69	92	60	07.04.2015	100	50	100	100	50	0	100	50	100	50	50	100	50
2	User102 U.U.	54	85	60	07.04.2015	50	100	50	50	50	50	50	50	0	100	50	0	100
3	User103 U.U.	50	77	60	07.04.2015	0	50	50	100	0	50	100	50	50	100	50	0	50
4	User104 U.U.	31	46	58	07.04.2015	50	0	0	0	50	0	0	50	0	50	100	0	100
5	User105 U.U.	54	85	23	07.04.2015	50	50	100	50	100	50	50	0	0	50	50	50	100
6	User106 U.U.	46	69	54	07.04.2015	0	50	50	0	50	100	0	50	100	50	50	100	0
7	User107 U.U.	65	92	57	07.04.2015	100	50	100	50	100	100	100	50	50	50	50	0	50
8	User108 U.U.	50	77	53	07.04.2015	100	50	100	0	50	50	50	50	0	50	0	50	100
9	User109 U.U.	42	62	33	07.04.2015	50	100	50	0	0	0	50	100	0	0	50	50	100
Среднее		**51**	**76**	**51**	**—**	**56**	**56**	**67**	**39**	**50**	**45**	**56**	**50**	**34**	**56**	**50**	**39**	**73**

5
Гр. 1 ЕГЭ_01 Равномерное и равноускоренное движение. Относительность движения, движение по окружности, работа, мощность, простые механизмы.
Гр. 2 ЕГЭ_02 Законы Ньютона. Силы в механике.
Гр. 3 ЕГЭ_03 Статика и гидростатика.
Гр. 4 ЕГЭ_04 Импульс, закон сохранения импульса, кинетическая энергия, потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.
Гр. 5 ЕГЭ_05 Механические колебания и волны.
Гр. 6 ЕГЭ_06 Связь между давлением и средней кинетической энергией, внутренняя энергия, тепловое равновесие. Изопроцессы, абсолютная температура. Насыщенные и ненасыщенные пары, первый закон термодинамики, КПД тепловой машины.
Гр. 7 ЕГЭ_07 Количество теплоты, изменения агрегатного состояния вещества.
Гр. 8 ЕГЭ_08 Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики.
Гр. 9 ЕГЭ_09 Взаимодействие зарядов, электрическое поле, проводники и диэлектрики в электрическом поле. Закон Кулона, характеристики электрического поля.
Гр. 10 ЕГЭ_11 Магнитное поле. Электромагнитная индукция. Электромагнитные колебания.
Гр. 11 ЕГЭ_13 Геометрическая оптика.
Гр. 12 ЕГЭ_10 Законы постоянного тока. Соединение проводников. Работа и мощность электрического тока. Электрический ток в разных средах.
Гр. 13 ЕГЭ_12 Электромагнитные волны, волновая оптика.

Рис. 1. Ведомость результатов компьютерного тестирования абитуриентов

этапе, выявление и устранение причины данного результата (например, User 104 UU набрал 31 % правильных ответов на вопросы). Под групповым подходом понимается определение минимального количества, %, правильных ответов на вопросы группой абитуриентов по разделу дисциплины (например, минимальное количество, %, правильных ответов на вопросы получено в разделе "Взаимодействие зарядов, электрическое поле, проводники и диэлектрики в электрическом поле. Закон Кулона, характеристики электрического поля").

Для улучшения ситуации преподавателю необходимо уделить больше внимания изучению данного раздела или проверить тестовые задания этого раздела на корректность и валидность.

На заключительном этапе подготовки абитуриентов к сдаче ЕГЭ 2015 г. были сформированы сводные диаграммы, отображающие сравнительные результаты освоения дисциплин Физика, Математика и Русский язык при поступлении на подготовительные курсы и по их окончании (рис. 2).

При сравнении результатов прохождения абитуриентами входного и итогового контролей по дисциплине Физика установлено, что средний уровень подготовленности к ЕГЭ группы абитуриентов по дисциплине Физика увеличился на 24,3 %; по дисциплине Математика — на 18,3 %; по дисциплине Русский язык — на 19,5 %.

Использую данные, приведённые на рис. 2, можно также определить среднюю эффектив-

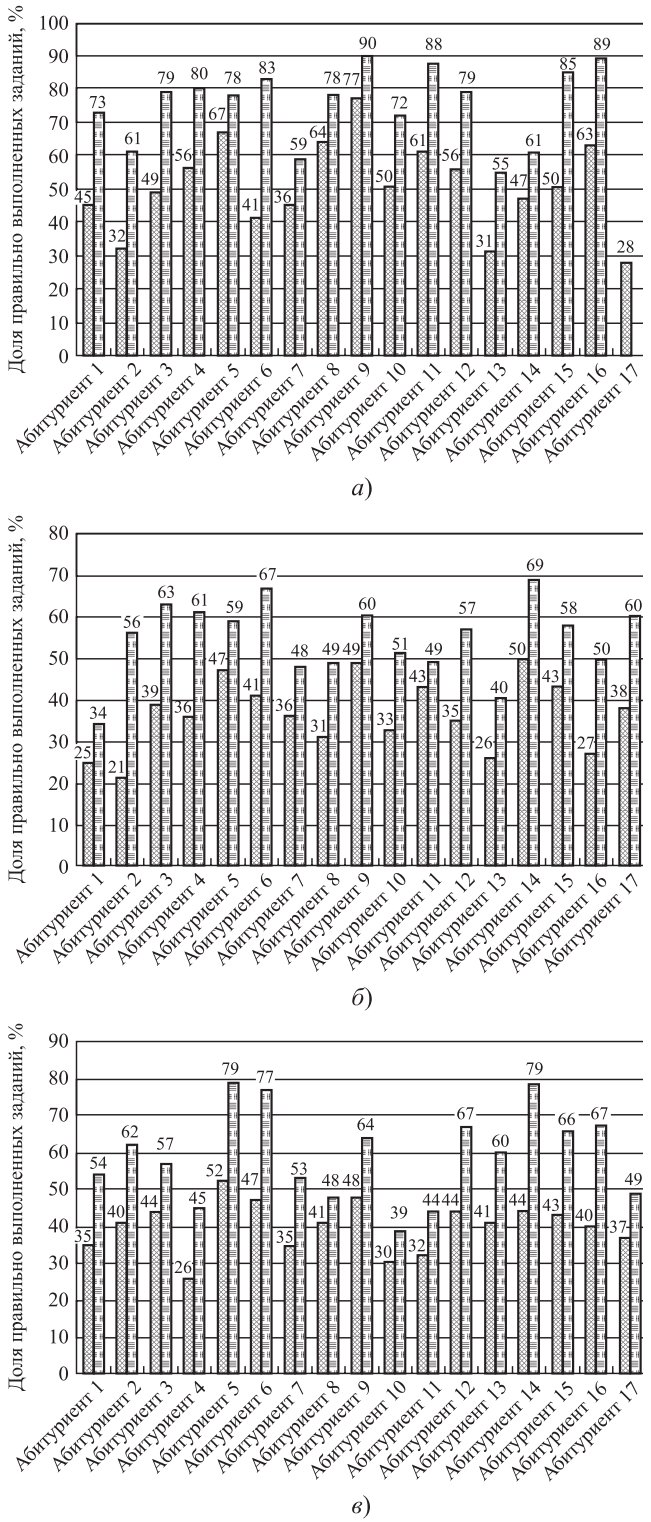


Рис. 2. Результаты освоения дисциплин ЕГЭ абитуриентами:

а — Физика; *б* — Математика; *в* — Русский язык;
▫ — входной контроль; ▫ — итоговый контроль

ность подготовки группы абитуриентов по дисциплине по формуле

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)}{n},$$

где x_i, y_i — результаты (доля правильных ответов на вопросы по дисциплине при проведении входного и итогового контролей знаний соответственно; n — число абитуриентов, участвующих в тестировании.

При составлении тестовых заданий были использованы материалы [3—5].

Ежегодно около 70 % слушателей подготовительных курсов отдают приоритет поступлению в ФГБОУ ВО РГУПС.

Выводы. Разработана и апробирована технология довузовской подготовки абитуриентов, включающая три основных вида контроля: входной, текущий и итоговый. Технология подготовки абитуриентов позволяет эффективно отслеживать изменение уровня их подготовленности по дисциплинам ЕГЭ в период обучения на курсах и при необходимости своевременно вносить коррекцию в процесс подготовки. Результаты подготовки абитуриентов на 7-месячных курсах в 2015 г. показывают, что за время обучения средний уровень их подготовки по дисциплинам Физика повышен на 24,3 %, Математика — на 18,3 % и Русский язык — на 19,5 %.

Библиографические ссылки

1. **Соловьев А.Н**. Моделирование процесса подготовки абитуриентов в условиях модернизации инженерного образования: Автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота. Калининград, 2012. 38 с.

2. **Тимофеева М.С., Глазунов Д.В.** Объективная процедура оценки компетенций выпускников // Инновации в образовании. 2016. № 5. С. 53—66; № 6. С. 93—102.

3. **Физика:** решебник: подготовка к ЕГЭ-2014 / Л.М. Монастырский, А.С. Богатин, В.Н. Богатина и др. / под ред. Л.М. Монастырского. Кн. 1: Учеб.-метод. пособие. 2014. 238 с.

4. **ЕГЭ 2014.** Математика. Типовые тестовые задания / под ред. А.Л. Семенова, И.В. Ященко. М.: Изд-во "Экзамен". 2014. 96 с.

5. **Цыбулько И.П., Зверева Е.Н.** Тренировочные задания ГИА 2014 по русскому языку. 9-й класс. М.: Эксмо. 2013. 80 с.

УДК 336.767

В.И. Костюк, К.А. Неусыпин, д-р техн. наук, проф.
(Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)

rosalyx@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНВЕСТИРОВАНИЯ НА РЫНКЕ ЦЕННЫХ БУМАГ

Рассмотрены критерии, модели и методики принятия инвестиционных решений на рынке ценных бумаг. Представлен суммарный критерий оценки инвестиционных проектов, в котором используются прогнозные значения параметров, характеризующих инвестиции. Вычисление прогноза параметров проведено с помощью линейных трендов, модифицированного тренда, алгоритмов самоорганизации, генетического алгоритма и нейронной сети. Исследованы риски, связанные с процессом инвестирования, типы рисков и методы управления рисками.

Ключевые слова: инвестиционный проект; ценные бумаги; критерии оценки инвестиций; прогноз характеристик инвестиционных проектов; модели; риски; управление рисками.

Criteria, models and methodologies of making investment decisions on the securities market are considered. The summary index for investment project valuation, which uses the predicted values of parameters characterizing the investment is introduced. The calculation of the parameters prognosis is performed by using linear trends, modified trend, of self-organizing algorithms, genetic algorithms and neural networks. Risks associated with the investment process, the types of risks and risk management methods are researched.

Keywords: investment project; securities; criteria for investment evaluation; prognosis of investment projects characteristics; models; risks; management of risks.

Введение. Рынок ценных бумаг является ключевым звеном финансового рынка, от которого зависит не только функционирование финансовой системы отдельного государства, но и мировой системы в целом [1].

Основным фондовым инструментом данного рынка являются ценные бумаги — документы, удостоверяющие имущественные права владельца относительно эмитента. Обращение ценных бумаг осуществляется заключением гражданско-правовых сделок, влекущих за собой переход права собственности на ценные бумаги [2]. Ценные бумаги как экономическая категория являются особой формой существования капитала, движение которого способствует последующему распределению материальных ценностей [3], т.е. они служат источником регулярного или разового дохода.

В начале 90-х гг. биржа ценных бумаг начала активно развиваться благодаря возникновению акций трудовых коллективов и закреплению в правовых документах общих законов фондовых рынков в России [4].

В 1992 г. большая часть государственных организаций стали частными. В результате финансового кризиса 1998 г. цены акций снизились в несколько десятков раз по сравнению с предыдущими годами.

В начале двухтысячных доверие иностранных инвесторов к стране многократно возросло. Начался период стабилизации российской экономики, снизился уровень инфляции, стабилизировался курс рубля, вырос золотовалютный фонд. Началось формирование механизмов рыночного регулирования рынка ценных бумаг, которое заключалось в построение нормативно-правовой базы, а также в обеспечении информационной прозрачности операций и экономических субъектов. Сформировалась федеральная служба по финансовым рынкам (ФСФР). Деятельность, связанная с ценными бумагами, преимущественно проходит в виде торгов. Крупнейшей в России универсальной биржей является Московская биржа.

Согласно исследованиям рынка ценных бумаг к 2015 г. обладателем ценных бумаг в РФ является только каждый тысячный житель страны. Для сравнения, в Южной Корее каждый двенадцатый, а в США практически каждый второй. Несмотря на это, Россия остаётся перспективной для иностранных инвестиций, обладая достаточно высокими прогнозными показателями.

Принятие решения об инвестировании средств в ценные бумаги представляет собой сложную задачу и для её решения целесообразно использовать известные критерии, модели и методики [5]. Выбор инвестиционного проекта, предполагающего покупку и/или продажу ценных бумаг, т.е формирование портфеля инвесто-

ра предполагает предварительную оценку каждого рассматриваемого инвестиционного проекта.

Критерии оценки инвестиционных проектов. Для проведения оценки инвестиционного проекта применяются разнообразные критерии [6—8]. Критерий чистой приведённой стоимости (NPV) широко используется в инвестиционном анализе. Другими критериями являются дисконтированный период окупаемости (DPP) и индекс доходности (PI), который является соотношением общих дисконтированных доходов и суммы первоначальных инвестиций, а также норма рентабельности инвестиций (IRR).

Методы оценки инвестиционных проектов предполагают использование статистической информации. На основании предыстории и информации о текущей ситуации оценивается целесообразность принятия того или иного инвестиционного проекта. Однако оценка, проведённая на основе априорной информации, предшествовавшей моменту принятия решения, часто оказывается несостоятельной.

Поэтому для оценки инвестиционных проектов целесообразно использовать не априорную информации о параметрах, характеризующих исследуемый проект, предприятие и экономическую среду в целом, а их прогноз.

Для построения прогноза обычно используются априорные математические модели. Однако несмотря на широкую распространённость этого подхода, его несомненную простоту, в условиях стохастической неопределённости, которой характеризуется современная среда функционирования организаций, необходимо использовать другой подход.

Среди многообразия математических методов построения прогнозирующих моделей можно выделить наиболее перспективные, а именно метод самоорганизации, нейронные сети и прогнозирующие линейные тренды [8].

Возможность прогнозирования без учёта некоторых определяющих факторов объясняется тем, что в сложных системах факторы коррелированы между собой, следовательно, измерение одного фактора содержит информацию о других факторах, связанных с измеряемым.

Самоорганизующиеся модели позволяют получить более точный прогноз по сравнению с линейными трендами. Хотя при резких изменениях прогнозируемого процесса или скудной измерительной выборке тренды оказываются эффективнее. Исходя из этого, целесообразно использовать комбинированный способ построения прогнозирующих моделей. Например, если исследуемый процесс имеет резкоменяющийся характер, то прогноз осуществляется с помощью линейных трендов. Если же динамика исследуемого процесса имеет более плавный характер, то для построения прогнозирующих моделей используется модифицированный тренд, а при наличии богатой измерительной выборки — метод самоорганизации, генетический алгоритм или нейронная сеть. Принимать решение об использовании того или иного метода построения модели можно в зависимости от величины измерительной выборки.

Структура модифицированных трендов имеет вид:

$$x_k = x_{k-1} + p_{k-1}, \qquad (1)$$

где x_k — параметр, характеризующий инвестиционный проект; p_{k-1} — коэффициент или функция, характеризующая крутизну тренда.

Посредством коэффициента крутизны тренда определяется тенденция происходящих изменений переменной состояния инвестиционного проекта. Использование вместо коэффициента функции позволяет уточнить характер происходящих изменений. Функции выбираются из стандартного набора базисных функций [9].

Тренд, построенный по экстремальным точкам выборки, выражается в виде:

$$\hat{z}_{0i} = k_{0i}t_i + d_{0i}, \qquad (2)$$

где $\hat{z}_0$ — прогнозируемая величина; k_0, d_0 — параметры тренда, являющиеся крутизной и константой тренда соответственно; t_i — момент времени, в который используется данная модель для получения прогнозируемой величины.

Если имеется более богатая измерительная выборка, то для получения прогноза исследуемых параметров инвестиционного процесса можно использовать алгоритм самоорганизации. В этом случае прогнозирующая модель имеет вид:

$$\Phi(x) = \sum_{i=1}^{N} a_i \mu_{ni}(f_i x), \qquad (3)$$

где n — число базисных функций в модели; μ_n — базисные функции из параметризованного множества F_p; $F_p = \{a_i\mu_i(f_i x) | i = 1, L\}$ — набор базисных функций.

Каждой базисной функции ставится в соответствие двухмерный вектор параметров $(a, f)^{\mathrm{T}}$, где a — амплитуда; f — частота.

Методика оценки инвестиционных проектов включает следующие этапы: анализ длины измерительной выборки; выбор алгоритма построения прогнозирующих моделей; построение прогнозирующих моделей; осуществление прогноза параметров инвестиционного проекта; оценка параметров инвестиционного проекта и принятие решения об использовании инвестиционного проекта.

При анализе инвестиционных проектов последовательно применяются критерии, соответствующие существующей ситуации, в которой предполагается реализация исследуемого проекта. Учитывая противоречивость критериев, обычно устанавливают какую-либо иерархическую последовательность применения критериев оценки инвестиционных проектов.

Более точную оценку можно получить при использовании суммарного критерия оценки инвестиционного проекта [8]. Значимость каждого конкретного критерия при оценке инвестиционного проекта определяется его весовым коэффициентом:

$$I = a_1\mathrm{NPV} + a_2\mathrm{IRR} + a_3\mathrm{DPP} + a_4\mathrm{PI} + ...,$$

где I — суммарный критерий оценки инвестиционного проекта; a_1, a_2, a_3, a_4 — весовые коэффициенты, которые определяются из практических соображений.

Подобная взвешенная оценка инвестиционных проектов позволяет анализировать инвестиционные проекты и получить их численную оценку. В критериях целесообразно использовать прогнозные значения параметров, характеризующих инвестиционные проекты на интервалах времени реализации.

Модели принятия инвестиционных решений. Рассмотрим три основных способа получения выгоды от ценных бумаг:

операции, связанные с эмиссией и первичным размещением ценных бумаг. Обычно эмитентами являются юридические лица, органы исполнительной власти или местного самоуправления. В случае эмиссионных операций у эмитента формируется и увеличивается собственный капитал, привлекается заёмный капитал или финансовые ресурсы;

инвестиционные операции подразумевают долгосрочные вложения собственных или привлечённых финансовых ресурсов в ценные бумаги. Инвестором может выступать как физическое лицо, так и различные организации и предприятия. Вложив средства, инвестор получает прибыль в виде процентов, которые выплачиваются эмитентом. Кроме финансовой выгоды инвестор получает возможность участвовать в управлении акционерным обществом;

клиентские операции — это посреднические действия, реализуемые профессионалами в процессе купли-продаже ценных бумаг. Специалисты обеспечивают нужной информацией инвесторов, проверяют надёжность эмитента, позволяя каждой из сторон осуществлять финансовые действия на фондовом рынке.

Процесс принятия инвестиционных решений состоит в выборе альтернативы и действий, направленных на решение какой-либо инвестиционной задачи, что позволяет найти наиболее эффективный способ вложения капитала в ценные бумаги. Инвестиционный портфель формируется согласно принципам надёжности и доходности вложений с учётом ожидаемого стабильного роста и высокой ликвидности ценных бумаг. Принятие инвестиционных решений напрямую зависит от экономического положения в стране, от имеющейся у инвестора априорной информации и объективных причин неопределённости будущего.

Различные методы инвестиционного анализа позволяют определить характер ценных бумаг, их динамику и ликвидность. Развитие исследований характеристик ценных бумаг привело к формированию нескольких моделей принятия решений (модели Марковица, Шарпа, Тобина и другие [6]).

Портфельная теория Марковица представляет собой совокупность методов обучения и практического выполнения инвестиционных действий, формирования инвестиционного портфеля. Таким образом, оптимизируется процесс выбора активов. Данная модель учитывает соотношение доходность — риск.

Для построения пространства возможных портфелей Марковиц предложил использовать класс активов, вектор их средних ожидаемых доходностей и матрицу ковариации. Исходя из полученных результатов формируется множество возможных портфелей с различными соотношениями доходность — риск [5].

Данная модель основана на том, что показатели доходности различных ценных бумаг коррелируют между собой. Рост доходности одних ценных бумаг прямо пропорционален либо обратно пропорционален росту доходности других бумаг. Однако в некоторых случаях повышение их стоимости может быть несущественным [6].

Альтернативой модели Марковица является модель Шарпа, в которой представлена зависимость между ожидаемой доходностью актива и ожидаемой доходностью рынка. Предполагается, что доходность обыкновенной акции за определённый период связана с доходностью рыночного индекса за аналогичный период. В этом случае с ростом рыночного индекса, вероятно, будет расти цена акции и наоборот.

Выбор модели принятия инвестиционных решений является неотъемлемой частью биржевой торговли, обеспечивая доходность вложений.

Риски. В процессе функционирования любого предприятия приходится решать задачу определения размера и сферы приложения инвестиций. Принятие инвестиционных решений является достаточно трудным делом. Любая инвестиция подразумевает риски, т.е. возможность полного или частичного неисполнения целей,

которые поставил инвестор. Финансовая операция называется рискованной, если её доходность неизвестна в момент заключения сделки.

Инвестиционный риск на фондовом рынке связан с возможным обесцениванием портфеля ценных бумаг. Чем больше ожидается доходность, тем больше риск и меньше надёжность вложений. Эффективность управления рисками во многом определяется их классификацией. GARP (Global Association of Risk Professionals) — организация, которая объединяет более 5000 специалистов по управлению рисками из 80 стран мира, классифицирует риски следующим образом: стратегический риск и риск несоблюдения нормативно-правовых требований; кредитный риск — риск потери вложенных средств в результате невыполнения обязательств перед кредитной организацией третьей стороной [10, 11]; рыночный риск (валютный, риск процентной ставки, изменения стоимости ценных бумаг/товаров) — риск, связанный с возможным изменением рыночных котировок активов и изменением процентных ставок, потерей платёжеспособности из-за возможности обеспечить наличными средствами неликвидные активы; операционный риск (операционный транзакционный риск).

Одним из обязательных управленческих направлений является минимизация рисков. Проблема инвестиционных рисков в России требует логического решения в связи с тем, что рациональное управление предприятия связано с развитием бизнес-процессов. При оценке риска выделяют такие факторы как объективная и субъективная вероятность, позволяющие описывать и сравнивать выбор степени риска.

Риском можно и нужно управлять, т.е. использовать различные меры, позволяющие в определённой степени прогнозировать наступление рискового события и принимать меры к снижению степени риска.

Управление риском — это процесс подготовки и реализации мероприятий, снижающих опасность ошибочного решения и, следовательно, уменьшения возможных негативных последствий нежелательного развития событий в ходе реализации принятых решений.

Современные зарубежные информационные технологии проведения анализа рисков включают в себя идентификацию и вычисление уровней рисков на основе оценок, присвоенных ресурсам, угрозам и уязвимостям ресурсов. Контроль рисков состоит в идентификации и выборе контрмер, позволяющих снизить риски до приемлемого уровня. Процесс анализа рисков делится на несколько этапов: идентификация информационных ресурсов; выбор критериев оценки и определение потенциального, негативного воздействия на ресурсы и приложения; оценка угроз; оценка уязвимостей; оценка рисков; оценка эффективности существующих и предполагаемых средств обеспечения информационной безопасности.

Современные информационные технологии анализа рисков в России используются сравнительно редко, что влияет на инвестиционные возможности.

Существуют несколько методов снижения инвестиционных рисков: отказ от ценных бумаг с высокой рисковой составляющей, тем самым выбирая надёжных партнеров и пассивный способ управления портфелем; диверсифицирование инвестиционного портфеля; страхование рисков.

Доходность ценных бумаг непосредственно связана с уровнем их риска, т.е. более рисковые ценные бумаги имеют более высокую ожидаемую доходность. Поэтому эффективность инвестиций в ценные бумаги необходимо оценивать и в плане возможного риска вложений. Уровень доходности ценных бумаг возрастает по мере повышения степени их риска, т.е. риск и доходность ценных бумаг неразрывно связаны.

Для прогнозирования рисков применяются различные модели: простые однородные марковские цепи с дискретным временем, например уравнение Колмогорова—Чепмена; поток Пуассона; закон надёжности Вейбулла — Гнеденко [12].

Обычно подобные априорные модели возникновения рисков используются для предварительного анализа в программных комплексах для обработки статистических данных появления рисков. Для управления рисками в процессе функционирования предприятия и их прогнозирования целесообразно строить модели, учитывающие конкретное состояние предприятия и инвестиционный проект, например с помощью метода линейных трендов (1), алгоритма самоорганизации (3), метода Тайла—Вейджа, генетического алгоритма, нейронных сетей и др. [12].

Заключение. Инвестиционную привлекательность организации можно оценить стандартными аналитическими показателями: коэффициентом обеспеченности запасов собственными оборотными средствами, коэффициентом соотношения заёмных и собственных средств, нормальным коэффициентом соотношения заёмных и собственных средств, коэффициентом маневренности собственных средств и индексом постоянного актива.

Представлена методика оценки инвестиционных проектов, предполагающая использование прогноза параметров, характеризующих инвестиционные проекты. В зависимости от величины измерительной выборки для построения прогноза используются линейные тренды,

модифицированные тренды, генетические алгоритмы, самоорганизация и нейронные сети.

Рассмотрены наиболее распространённые модели принятия инвестиционных решений. Исследованы риски принятия инвестиционных решений, представлена современная классификация рисков и методы снижения инвестиционных рисков.

Таким образом, представлена технология работы с ценными бумагами, исследованы наиболее важные особенности оценки инвестиционных проектов.

Библиографические ссылки

1. **Горюнова Е.Ю**. Российский рынок ценных бумаг в структуре мирового финансового рынка // Науковедение. 2013. № 6(19). С. 22—24.

2. **Чалдаева Л.А.** Обращение ценных бумаг, операции с ценными бумагами // Дайджест-финансы. 2006. № 11. С. 6—10.

3. **Зенькович Е.В.** Рынок ценных бумаг: административно-правовое регулирование / под ред. Л.Л. Попова. М.: Волтерс Клувер. 2007. 312 с.

4. **Никутина Е.А., Матвеев Ю.В.** Эволюция и тенденции развития российского рынка ценных бумаг // Международный журнал экспериментального образования. 2011. № 8. С. 257—260.

5. **Касимов Ю.Ф.** Основы теории оптимального портфеля ценных бумаг. М.: Информационно-издательский дом "Филинъ", 1998. 144 с.

6. **Семенчин Е.А., Денисенко А.О.** Многокритериальные математические модели принятия решений на рынке ценных бумаг в условиях неопределенности // Научный журнал КубГАУ. 2010. № 64. С. 126—134.

7. **Бирман Г., Шмидт С.** Экономический анализ инвестиционных проектов / под ред. Л.П. Белых. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. 235 с.

8. **Дюжин А.Т., Яременко Н.Н.** Оценка инвестиционных проектов с использованием прогнозирующих моделей: учеб. пособие. М.: РГСУ, 2007. 98 с.

9. **Неусыпин К.А., Пролетарский А.В., Вайс Ю.Л., Шолохов Д.О.** Формирование ансамбля критериев селекции компактного алгоритма самоорганизации / Автоматизация и современные технологии. 2012. № 11. С. 14—16.

10. **Жариков В.В., Жарикова М.В., Евсейчев А.И.** Управление кредитными рисками: учеб. пособие / Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. 244 с.

11. **Шпортова Т.В., Терюкова Ю.В.** Инвестиционные риски на рынке ценных бумаг // Научные записки ОрелГИЭТ. 2012. № 2 (6). С. 98—101.

12. **Пищулин В.И.** Информационные технологии управления рисками. М.: МГОУ. 2011. 230 с.

УДК 65.9

А.П. Иванов, д-р экон. наук, проф.
(Московский государственный университет путей сообщения),
О.С. Пыченкова
(Бузулукский гуманитарно-технологический институт)

korotych.olga@mail.ru

УСЛОВИЯ И ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОВЕДЕНИЯ РЕЙТИНГОВЫХ ОЦЕНОК

Рассмотрены рейтинговая история России, результаты анализа международных рейтинговых агентств для оценки отечественных хозяйствующих субъектов, преимущества и недостатки рейтинговых оценок.

Ключевые слова: рейтинг; рейтинговое агентство; рейтинговая оценка; стандарты финансовой отчётности.

The Russian rating history, the analysis results of the international rating agencies for evaluation of the domestic economic subjects, the advantages and disadvantages of rating valuations are considered.

Keywords: rate; rating agency; rating valuation; financial reporting standards.

В условиях рыночной экономики возрос интерес участников экономической деятельности к объективной и достоверной информации о финансовом состоянии и деловой активности контрагентов. Все субъекты рыночных отношений — собственники (акционеры), инвесторы, банки, биржи, поставщики, покупатели, заказчики, страховые компании, рекламные агентства — заинтересованы в однозначной оценке конкурентоспособности, надёжности и деловой репутации своих партнёров. Такую оценку можно получить разными методами и с использованием различных критериев, в частности, международных и российских рейтинговых агентств.

Рейтинг — это оценка независимой специализированной организации, которая определяет степень общественного доверия к хозяйствующему субъекту, региону, государству и органам самоуправления. В качестве хозяйствующих субъектов выступают финансовые организации: банки, страховые компании, инвестиционные фонды, предприятия различных форм собственности и т.д. Оценка может быть общей, выражающей способность субъекта рассчитываться по своим обязательствам (займам, кредитам, выпуску ценных бумаг и др.), и целевой, отражающей результаты выполнения конкретных обязательств, инвестиционных или финансовых программ. Оценка может быть краткосрочной или долгосрочной в зависимости от вида и сроков обязательств или финансовых инструментов, к которым она относится [1].

Рейтинг выставляется в двух классах: инвестиционном и спекулятивном, граница между которыми проводится в каждом конкретном случае. Такой подход относится к хозяйствующим субъектам. В отношении государства и его органов оценка обычно носит инвестиционный характер. Рейтинги свидетельствуют об уровне развития или результатах деятельности хозяйствующих субъектов в рамках принятой оценочной шкалы. Существуют два подхода к построению оценочной шкалы:

рэнкинг — ранжирование однородных субъектов, входящих в выборку от "лучших" к "худшим" или наоборот;

рейтинг — сопоставление разнотипных субъектов, входящих в выборку на основании единого для них признака или установленного критерия.

Рейтинги составляются специализированными агентствами на основе ряда параметров: общего государственного долга, баланса бюджета, рисков. Рейтингование — проверенное средство превращения "размытого" общественного мнения в реальную экономическую силу, задающую направления совершенствования управления, улучшения качества производимой продукции, используемых технологий и т.д.

Признание рейтинга является длительным процессом, который складывается из поручения выполнения оценки; предварительной встречи сторон для обсуждения процедуры рейтинга; комплектации предварительных финансовых, хозяйственных и производственных данных; анализа полученных данных; ознакомления аналитиками рейтинговых агентств с представленной информацией; разработки рапорта рейтинговым агентством; заседания рейтинговой комиссии; публикации выставленного рейтинга; надзора за выставленной оценкой.

С конца 80-х гг. началось бурное развитие рейтинговой деятельности во всех странах. Если 20 лет назад в мире существовало не более тридцати рейтинговых агентств, а рейтинговая деятельность была развита фактически только в США, то сейчас существует уже более 100 рейтинговых агентств.

"Бум рейтингования" — следствие глобализации финансовых рынков, формирования крупного единого экономического и валютного пространства, развития информационных и коммуникационных технологий. Кроме того, все активнее рейтинги используются для регулирования рынка капитала.

Градации рейтинговой оценки фиксируются в специальной шкале состояний, состоящей из комбинации одной или нескольких букв от A (Aaa) до C (Ccc), реже D, одной цифры от 1 до 3 и дополнительных знаков "плюс" или "минус", повышающих или понижающих конкретную оценку. Эта комбинация символов выражает синтетический показатель, определяющий степень доверия (кредитоспособность, инвестиционную привлекательность, деловую репутацию и др.) к хозяйствующему субъекту или государству. Показатель может быть дополнен оценкой прогноза его изменения на ближайшую перспективу позитивным (знак "+") — может возрастать, негативным (знак "–") — снижаться, быть стабильным (без изменения).

Суверенный кредитный рейтинг — инструмент оценки готовности государства своевременно и в полном объёме выполнять свои финансовые обязательства, которые представляют собой оценку вероятности дефолта.

Макроэкономические показатели, свидетельствовавшие о постепенном восстановлении российской экономики после кризиса (экономический рост, снижение инфляции, государственного долга, уменьшение бюджетного дефицита и др.), способствовали повышению суверенных кредитных рейтингов с конца 2000 г. Максимальный докризисный уровень оценки был восстановлен в июле (агентством "S&P", США) и декабре 2002 г. (агентством "Moody's", США). Начиная с этого момента предметом дискуссий, ожиданий и прогнозов становится возможность присвоения РФ рейтинга инвестиционной категории, отражающей высокую степень платёжеспособности заёмщика.

Неожиданностью для многих стало присвоение такого рейтинга (Baa3) агентством "Moody's" в октябре 2003 г. В ноябре 2004 г. аналогичное решение обнародовало агентство "Fitch" (США). Известно, что наиболее консервативным инвесторам (пенсионным фондам, страховым компаниям) необходимо наличие рейтингов инвестиционного

уровня ведущих агентств ("Moody's" и "Standard & Poor's"). Последнее агентство, самое осторожное в своих оценках, 31 января 2005 г. присвоило РФ инвестиционный рейтинг BBB-. Таким образом, РФ стала государством, перешагнувшим из спекулятивной категории в инвестиционную.

Динамика оценок суверенного рейтинга РФ

Дата	Агентства			
	"Moody's"		"Standard & Poor's"	
	Оценка	Прогноз	Оценка	Прогноз
07 октябрь, 1996			BB−	Стабильный
22 ноябрь, 1996	Ba2			
19 декабрь, 1997			BB−	Негативный
11 март, 1998	Ba3			
13 август, 1998	B2		B−	Негативный
16 сентябрь, 1998			CCC−	Негативный
27 январь, 1999			SD	Не существенный
05 январь, 2000		Стабильный		
13 ноябрь, 2000	B2	Стабильный		
29 ноябрь, 2001	Ba3	Стабильный		
14 апрель, 2002	Ba3	Позитивный		
17 декабрь, 2002	Ba2	Стабильный		
08 октябрь, 2003	Baa3	Стабильный		
27 январь, 2004			BB+	Стабильный
31 январь, 2005			BBB−	Стабильный
26 октябрь, 2005	Ba2	Стабильный		
15 декабрь, 2005			BBB+	Стабильный
04 сентябрь, 2006			A−	Стабильный
21 август, 2007			A−	Стабильный
11 март, 2008			A−	Позитивный
16 июль, 2008	Baa1	Позитивный		
19 сентябрь, 2008			A−	Стабильный
08 декабрь, 2008			BBB+	Негативный
03 сентябрь, 2009			BBB+	Негативный
21 декабрь, 2009			BBB+	Стабильный
27 июля, 2011	Baa1	Стабильный	BBB+	Стабильный
25 апреля, 2014			BBB−	Негативный
17 октября, 2014	Baa2	Негативный		
17 января, 2015	Baa3	Негативный		
17 апреля, 2015			BB+	Стабильный

*Источник:*www.standardandpoors.ru, www.moodys.com

Понижение суверенного рейтинга РФ агентством "Standard & Poor's" было определённой мерой ожидания негативного эффекта введённых санкций на дальнейший экономический рост и отток капитала. Это привело к расширению разницы между оценками различных агентств суверенного рейтинга РФ до двух ступеней — максимального значения за последние 10 лет.

Создание национальных рейтинговых агентств связано с тем, что международные агентства не могут оценивать российские компании выше, чем суверенный рейтинг Российской Федерации (летом 2011 г. РФ имела следующие рейтинги: по версии "S&P" — BBB (прогноз "стабильный"); по версии "Fitch" — BBB ("позитивный"); по "Moody's" — Baa1 ("стабильный")).

Согласно государственной программе "Управление государственными финансами и регулирование финансовых рынков" (утверждена правительством РФ 15 апреля 2014 г.) РФ рассчитывает получить к 2020г. рейтинги A ("S&P и Fitch") и A2 ("Moody's").

В настоящее время международные рейтинговые агентства сохранили оценки российских суверенных кредитных рейтингов на прежних позициях по причине стабилизации в экономике РФ (таблица).

Важной проблемой является достоверность представляемой рейтинговым агентствам информации в достаточной степени детализированной и специальным образом структурированной. Без этого получение и использование рейтинговых оценок, апробированных за рубежом, в РФ могут быть только в общих чертах. Попытки точного их копирования преждевременны и могут привести к определённым заблуждениям. Это показал результат рейтинговых оценок крупных российских банков, входивших до финансового кризиса в число устойчивых и занимавших престижные позиции в публикуемых рейтингах. Некорректные рейтинги опасны для банков, получающих неадекватное представление о деловых партнёрах, и корпоративных клиентов, не имеющих возможности

собственными силами оценить надёжность банка, особенно для частных вкладчиков.

Как правило, рейтинговые агентства используют отчёты по установленной форме. Это связано с тем, что существующие отчётные формы не удобны для обработки, которая в значительной степени компьютеризована. Но данное требование к российским компаниям обычно не предъявляется. Это обусловлено тем, что МСФО 1 "Представление финансовой отчетности" не предписывает порядок или формат, в котором статьи должны быть указаны в бухгалтерском балансе, а приводит лишь перечень статей, различных по своему характеру или функциям и раздельно представленных в балансе. Также отмечается, что статьи, перечисленные в стандартах, являются объёмными и не ограничиваются сведениями, попадающими в сферу действия других стандартов. Необходимость представления дополнительных отчётных статей определяется руководством компании на основании субъективных оценок, основанных на положениях МСФО. Например, в отчёте о прибылях и убытках говорится, что дополнительные статьи, заголовки и промежуточные суммы должны представляться, когда этого требуется по МСФО или необходимо достоверно отразить финансовые результаты деятельности компании.

Также следует отметить, что в соответствии с МСФО допустимо представление отчёта о прибылях и убытках в двух вариантах: по характеру доходов и расходов или по их функции в рамках компании. На практике отчёты о прибылях и убытках — сочетание первого и второго вариантов, что делает отчётность более информативной, но затрудняет сопоставимость отчётности различных компаний.

Если к этому добавить, что отчёты о движении денежных средств можно составлять в двух альтернативных вариантах, т.е. прямым или косвенным методами, то возникающее разнообразие отчётных форм делает проблематичным их прямое сопоставление. Действительно, практика изучения отчётов компаний, зарегистрированных в различных странах Европы, показывает, что при общем соответствии требованиям МСФО отчёты различаются [2].

Финансовая отчётность в странах Европы основывается, в первую очередь, на национальных нормативных актах в области управленческого учёта, во вторую — на национальных стандартах финансовой отчётности и в третью — на международных стандартах. Следовательно, любая отчётность должна подвергаться дополнительной предварительной обработке для приведения её данных в вид, сопоставимый с отчётами других компаний.

Действующая в РФ бухгалтерская отчётность имеет фиксированную структуру и требования, применяемые к средствам автоматизации обработки отчётности. В результате применения организациями показателей (кодов) годовой бухгалтерской отчётности создаются условия для использования данных российской бухгалтерской отчётности при автоматизированной обработке, в том числе при выполнении аналитических процедур оценки рейтинга.

Росстатом и ФНС РФ в настоящее время накоплены массивы бухгалтерской отчётной информации, которая используется преимущественно для внутриведомственных целей. В связи с этим можно использовать полученные Росстатом или ФНС РФ данные бухгалтерской отчётности для проведения финансового анализа с использованием соответствующих коэффициентов последующей группировки полученных результатов по отраслевому признаку, финансовому положению, величине активов, прибыльности организаций, с тем, чтобы каждая компания могла найти для себя базу сравнения и определить насколько её результаты отличаются от средних (лучших, худших) как в масштабах отрасли, так и в регионе [2].

Вопросов, связанных с нарушением коммерческой тайны, при этом возникнуть не может, так как конкретная отчётная информация по тем или иным юридическим лицам для широкого пользования предоставляться не должна, а анонимно обобщённо будут использованы только результаты её аналитической обработки.

Обязательным условием выхода российских компаний на зарубежные рынки является наличие рейтинга, имеющего вес в международном сообществе. Сейчас трудно представить, как можно начать работу с иностранным банком или организацией, получить кредитную линию, синдицированный заём, не имея рейтинга хотя бы одного из известных рейтинговых агентств. В этой связи необходимо дать краткую характеристику отечественных рейтинговых агентств.

Одно из первых российских рейтинговых агентств "Эксперт РА" было создано в 1997 г. деловым журналом "Эксперт". Цель создания агентства — оказание всесторонней информационно-аналитической поддержки компаний, работающих на российском рынке. Информационно-аналитические продукты отечественного агентства — это рейтинги, используемые в работе российских банков, производственных, финансовых и торговых компаний, федеральных и региональных органов управления, а также бизнес-справочники, базы данных, тематические обзоры рейтингов, исследование по индивидуальному заказу.

Известное рейтинговое агентство "Moody's Interfax Rating Agency" предоставляет широкий спектр услуг для всех секторов национальной экономики. Рейтинговое агентство, созданное в 1997г. ("Интерфакс"), в октябре 2001г. заключило соглашение о стратегическом сотрудничестве с мировым лидером рейтингового бизнеса "Moody's Investors Service". В ноябре 2003 г. "Moody's" вошло в число акционеров российского агентства, купив около 20 % акций. Это позволило составлять как национальные, так и международные кредитные рейтинги с использованием технологий и международного авторитета "Moody's Investors Service".

К направлениям деятельности "Moody's Interfax Rating Agency" относится присвоение кредитных рейтингов, работа с финансовыми инструментами (банками, страховыми компаниями, предприятиями нефинансового сектора, региональными и муниципальными администрациями), индикация кредитных рейтингов, оценка качества корпоративного управления, аналитические исследования. Методика определения кредитного рейтинга этим агентством основана на проверенных временем подходах, используемых агентством "Moody's" и адаптированных для российских правовых, экономических условий и традиций ведения бизнеса.

Однако оценка российскими рейтинговыми агентствами обходится компаниям дешевле, выполняется быстрее и с учётом национальной специфики ведения бизнеса. Услуги агентств могут быть востребованы компаниями, которые не планируют выход на международный рынок.

Кроме того, российские рейтинговые агентства, конкурируя с международными, как правило, предоставляют ряд дополнительных сервисов, таких как рэнкинги (оценка по объёму средств, проводимых операций и проч.) компаний в различных отраслях.

Российские рейтинговые агентства, созданные в РФ и получившие аккредитацию в Министерстве финансов РФ, функционируют наравне с международными рейтинговыми агентствами: "Эксперт РА", "Национальное Рейтинговое Агентство (НРА)", "АК&М", "РусРейтинг".

Кроме того, в РФ действует рейтинговое агентство, созданное в форме совместного предприятия. Оно не было аккредитовано в Министерстве финансов, но его материнская компания "Moody's", как и остальные участники "большой тройки", такую аккредитацию имеет. Это "Moody's Interfax Rating Agency", созданное на базе организованного в 1997 г. РА "Интерфакс", которое заключило в 2001 г. соглашение о стратегическом сотрудничестве с международным агентством "Moody's Investors Service".

На российском рынке информационно-рейтинговых услуг присутствует ещё одно крупное международное рейтинговое агентство "Dun & Bradstreet" (США), которое было основано в 1841г. и сейчас является абсолютным мировым лидером в области сбора и обработки информации о юридических лицах. "Dun & Bradstreet" владеет рейтинговым агентством "Moody's", имеет доступ к глобальной базе данных. Специалисты по всему миру могут получить приведённую к единому стандарту информацию о практически любой компании, где бы она ни была зарегистрирована. На протяжении многих лет эксперты в области оценки рисков, маркетинга, финансов доверяют данным "D&B" при принятии важнейших бизнес-решений [3].

Международные организации ООН и Европейская Комиссия признали "D&B" официальным поставщиком информации. В США присвоение DUNS-номера, уникального идентификатора бизнес-структур, разработанного "D&B" и ставшего стандартом ISO, является обязательным условием при регистрации юридического лица. Во многих странах данные "D&B" официально используются для мониторинга текущего состояния различных показателей экономики, оценки последствий кризисов и стихийных бедствий.

В настоящее время рейтинг в РФ начинает приобретать классические черты как в присвоении оценок, так и в их использовании. До недавнего времени основной функцией рейтинга в РФ был исключительно PR. Рейтинги практически не использовались при принятии инвестиционных решений, для анализа контрагента при заключении сделок, для оценки кредитных рисков при финансировании. Кроме того, далеко не каждый финансист отличал рейтинг (оценку надёжности и вероятности исполнения обязательств) от рэнкинга (ранжирования по количественному признаку).

Российские рейтинговые агентства (как и международные) можно разделить на два основных типа: универсальные и специализированные. Универсальные рейтинговые агентства выставляют рейтинги различным компаниям как финансового сектора, так и других отраслей, и помимо этого выпускают ряд других продуктов информационно-аналитического содержания. К числу таких агентств относятся "Эксперт РА", "Moody's-Интерфакс", российские подразделения международных агентств. Специализированные агентства анализируют определённый сегмент (например, банковский рынок) и выставляют рейтинги участникам данного рынка ("НАУФОР", "РусРейтинг", "АК&М"). Специфика рейтингов агентства "РусРейтинг" заключается в том, что они основаны на анализе пуб-

личной информации, и поэтому их трудно отнести к классическим кредитным рейтингам. С другой стороны, в мировой практике нередки случаи именно такого подхода к оценке финансовой устойчивости.

Каковы основные критерии рейтинговых оценок указанных выше агентств и в чём причина их взаимной неадекватности? Фундаментальный принцип, лежащий в основе присвоения рейтинга агентствами (оценка платёжеспособности и деловой репутации хозяйствующего субъекта), подразумевает анализ политических и экономических факторов. Основанием для признания рейтинга инвестиционным является средне- и долгосрочный характер политической стабильности и экономических достижений. При этом политическая составляющая оценки имеет больший удельный вес для "S&P", чем для "Moody's".

Очевидно, что основным недостатком информации, подготовленной рейтинговыми компаниями, является сравнительно невысокая репрезентативность данных, связанная с ограниченным объёмом выборки и достоверностью представленных данных. Это объясняется тем, что рейтинговые агентства работают только с теми компаниями, которые добровольно представляют свои отчёты.

С точки зрения рейтинговых агентств недостаток репрезентативности является относительным, так как перед агентством не ставится задача охватить исследованиями все предприятия или их большую часть. Выполняемые рейтинговыми агентствами функции являются чисто информационными и в значительной степени имеют рекламный характер, что вполне устраивает рейтинговые агентства и их клиентов.

Рейтинговые компании, как правило, подчёркивают уникальность своих информационных продуктов и технологий. Это означает, что эти наработки являются ноу-хау агентства и ни при каких обстоятельствах не будут раскрыты третьим лицам, в том числе и пользователям информации, подготовленной агентством.

Работа с отчётом, представленным в рейтинговое агентство, включает проведение предварительной обработки отчётных данных, их анализ и подготовку рейтинга. Вследствие использования собственного ноу-хау существенная часть этого процесса закрыта для постороннего наблюдения. Это означает, что для получения того или иного продукта рейтингового агентства нужно постоянно обращаться к агентству, так как вся технологическая цепочка его получения полностью неизвестна. Это вынуждает клиента целиком и полностью полагаться на авторитет рейтингового агентства, так как он не в состоянии перепроверить полученные данные.

Финансовый кризис обнаружил интересную тенденцию — неприятия различными властными и финансовыми структурами рейтинговых оценок ведущих мировых агентств [4]. Это явление характерно и для отечественных хозяйствующих субъектов.

В РФ в последнее время также наметилась тенденция непризнания рейтинговых агентств [5]. Например, Росгосстрах отказался от рейтинга компании "Moody's", Банк "ТРАСТ" заявил о несогласии с оценками агентства "Fitch" и разорвал с ним контракт [6].

Мотивы подобных действий очевидны: банки, получившие заниженную оценку, теряют прибыль, от них отворачиваются действующие и потенциальные клиенты. Но говорить об устойчивости тенденции непризнания оценок рейтинговых агентств преждевременно. Дело в том, что эти оценки, в первую очередь, нужны непосредственно коммерческим структурам, а не заинтересованным лицам. Подобные оценки ориентируют менеджмент и инвесторов компаний на слабые стороны деятельности и позволяют предотвратить дальнейшее ухудшение развития событий.

Кроме того, в РФ не сложилась традиция долгосрочных взаимоотношений финансовых структур и независимых оценочных компаний. Ещё много нерешённых проблем, одна из которых — определение критериев, по которым та или иная компания может именоваться рейтинговым агентством. Нужен соответствующий закон, регламентирующий работу подобного агентства, качество и объективность его оценки [7].

Качество рейтингового анализа — следующая важная проблема признания результатов работы агентства с хозяйствующим субъектом. Известно, что рейтинг определяет аналитическую оценку вероятности невыполнения платёжных обязательств или дефолта, т.е. ситуация пропуска или задержки выплат процентных платежей или номинальной суммы долга, банкротства, введения внешнего управления. Особенно часто возникает проблема неэквивалентного обмена, при котором эмитент предлагает инвесторам новые ценные бумаги с уменьшением величины его финансовых обязательств или со снижением их статуса (долговые обязательства с меньшим купоном, номиналом), либо когда явной целью такого обмена является помощь заёмщику в избежании дефолта. Речь идёт не только о возможности, но и о желании эмитента платить по своим долгам. При этом агентства подчёркивают, что их рейтинги не являются рекомендацией для совершения тех или иных операций с ценными бумагами и не свидетельствуют о приемлемости различных вариантов инвестиций.

Рейтинг суверенного государства (см. таблицу) является потолком для всех рейтингов резидентов данного государства, хотя бывают исключения. Рейтинг присваивается компании, её ценным бумагам и обязательствам с учётом их вида, статуса и т.д. Например, рейтинг обеспеченных корпоративных бумаг может отличаться от рейтинга деловой репутации организации, но не может превосходить её, также как и рейтинг государства.

Оценки положения хозяйствующего субъекта с помощью рейтинга имеют свои достоинства и недостатки. К достоинствам относятся:

для инвестора рейтинги во многом позволяют снять фактор неопределённости в отношении компании и свидетельствуют об открытости её политики;

для регулирующих и надзорных органов язык рейтингов прост и удобен с точки зрения установления ограничений для профессиональных участников рынка.

Подобные внутренние ограничения могут быть установлены и самими инвесторами. В частности, к первым относятся прямые запреты в некоторых странах для страховых компаний и пенсионных фондов приобретать долговые обязательства эмитентов, имеющих спекулятивный рейтинг, а ко вторым — установление нормативов резервирования средств по возможным потерям от инвестиций в обязательства таких эмитентов. При этом спекулятивный рейтинг — это оценка, значения которой ниже BBB- по шкале "S&P" и "Fitch", и ниже Baa3 по шкале "Moody's". Все остальные значения рейтинга считаются инвестиционными (см. таблицу).

К недостаткам рейтинговой оценки относятся:

относительная негибкость рейтинга в сторону понижения в связи с тем, что услуги агентства обычно оплачивает заказчик — организация, качества которой оцениваются;

опасность возникновения порочного круга: снижение рейтинга усугубляет положение компании за счёт повышения издержек привлечения нового финансирования, что влечёт дальнейшее снижение рейтинга и т.д.;

стабильность присвоенного рейтинга может быть объяснена излишней консервативностью и опасением "переоценить" нового заказчика, особенно в условиях финансового кризиса;

фактическая безответственность агентств за вынесенное решение о присвоении рейтинга (типовые контракты не предусматривают никаких санкций и обязательств агентств);

отсутствие чётких критериев разделения рейтингов на инвестиционный и спекулятивный категории;

проблема единой методологии формирования рейтинга для разнообразных структур: государства, корпораций, банков, деловой репутации и др.

Опасность неправильного использования рейтинга признана международными организациями. Разрабатываются новые стандарты регулирования деятельности рейтинговых агентств. Однако эти стандарты находятся в стадии разработки. К тому же рейтинги глобальных агентств стали приобретать всё более яркую политическую окраску и представляют собой мощный инструмент влияния на финансовую систему. Конечно, ни одно российское рейтинговое агентство не может похвастаться столь долгой историей работы как "S&P" или "Moody's", но для работы с партнёрами на внутреннем рынке рейтинги национальных рейтинговых агентств представляются более адекватными и удобными.

При использовании рейтингов в РФ необходимо решить две первоочередные задачи: увеличение количества присвоенных рейтингов (на каждом рынке компании, имеющие рейтинги, должны доминировать) и отбор эффективных и добросовестных агентств.

Для рейтинговой оценки особенно важно учитывать современную гипотезу эффективных рынков, согласно которой любая информация об организации (общедоступная или неизвестная ограниченному кругу лиц) немедленно отражается на котировках финансовых инструментов ещё до присвоения рейтинга, поэтому его значения влияют только на непрофессиональных инвесторов.

Библиографические ссылки

1. **Iwanow A., Janowicz E., Ziolkowski Z.** Inwestycyjny rating przedsiebiorstwa. Wyzsza Hanzeatychka Szkola Zaradzania. Slupsk. 2008. 165 с.

2. **Иванов А.П., Быкова Ю.Н.** Рейтинговый анализ в исследовании деловой репутации организаций // Вестник Российского гуманитарного научного фонда. 2009. № 4. С. 88—97.

3. **http:**//www.dnb.com (дата обращения: 28.06.2016)

4. **Оценщикам** бой! Страны PIGS выступают против рейтинговых агентств // Известия. 17 марта 2011. С. 8.

5. **За рейтинги** придется ответить // Известия. 6 февраля 2009. С. 11.

6. **Прокрустово** ложе Фитча // Известия. 16 июля 2010. С. 4.

7. **Федеральный** закон от 13.07.2015 N 222-ФЗ "О деятельности кредитных рейтинговых агентств в Российской Федерации, о внесении изменения в статью 76.1 Федерального закона "О Центральном банке Российской Федерации (Банке России)" и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации".