Министерство Образования и Науки Российской Федерации

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

МОДЕЛИРОВАНИЕ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№2(18)
2008

© Иркутский Государственный Университет Путей Сообщения

Министерство Образования и Науки Российской Федерации

Министерство Транспорта
Федеральное агентство железнодорожного транспорта

Иркутский государственный университет путей сообщения
Российская инженерная академия

Предисловие издателя

Уважаемые читатели!

Редколлегия обращается к своим читателям с просьбой принять во внимание, что научный журнал «Современные технологии. Системный анализ. Моделирование» с апреля 2008 года включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых могут быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Публикации результатов работ на соискание ученой степени доктора наук экспертным советом ВАКа рекомендованы по направлениям: машиностроение, электроника, измерительная техника, радиотехника и связь; управление вычислительной техникой и информатика.

На страницах журнала, как и в прошлых выпусках, будут публиковаться результаты научных исследований, ориентированных на актуальные проблемы современной техники в ее междисциплинарных взаимодействиях: мехатроника и нанотехнологии, безопасность и надежность технических объектов, динамика и управление техническим состоянием систем, вибрационная диагностика, прогнозирование безопасной работы систем и др.

Развитие международных связей, и в прежних выпусках, находило отражение в участии зарубежных авторов из Кореи, Китая, Германии. Начиная с настоящего выпуска, редколлегия будет поддерживать научные публикации на английском языке и сопровождать издание всех статей аннотациями на английском языке, о чем просит авторов позаботиться соответствующим образом.
Наш подписной индекс в общероссийском каталоге 73693.

Редколлегия

Предисловие издателя

Журнал издается с 2004 г.

Журнал зарегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ №13-0547 от 24 декабря 2003 г.
Учредитель: Иркутский государственный университет путей сообщения

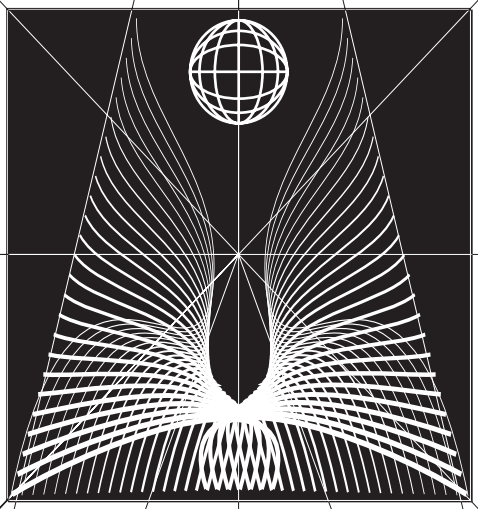
© Издательство Иркутского Государственного Университета Путей Сообщения

Министерство Образования и Науки Российской Федерации

Министерство Транспорта
Федеральное агентство железнодорожного транспорта

Иркутский государственный университет путей сообщения
Российская инженерная академия

Современные технологии
Системный анализ
Моделирование



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№2(18)
2008

Редакционная коллегия

А.П. Хоменко - Профессор,
главный редактор, ИрГУПС

С.В. Елисеев - профессор,
зам.главного редактора, ИрГУПС

С.В. Белокобыльский, профессор, ректор БрГТУ
А.В. Баденников, профессор, ректор АГТА
Ю.Н. Резник, профессор, ректор ЧГУ
И.В. Бычков, директор Института динамики систем и
теории управления СО РАН, член-корр. АН СССР
Б.Ю. Виноградов, ректор СИПЭУ
Н.И. Воропай, директор Института систем
энергетики-СО РАН, член-корр. АН СССР
Н.П. Сигачев, профессор, директор ЗабИЖТ (ИрГУПС)

Журнал издается с 2004 г.

Ответственный за выпуск С.В.Елисеев
Дизайн и макет издания Е.В.Хохрин
Компьютерная верстка А.В. Димов

© Издательство Иркутского Государственного Университета Путей Сообщения

Министерство Образования и Науки Российской Федерации
Министерство Транспорта
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Иркутский государственный университет путей сообщения
Российская инженерная академия

Современные технологии

Системный анализ

Моделирование

СОДЕРЖАНИЕ

■ Юбилейные даты 7

Раздел 1. Механика. Транспорт. Машиностроение.

Елисеев С.В., Хоменко А.П., Засядко А.А. От динамики управляемых систем к мехатронике 10

Резник Ю.Н., Шумилова Л. В. Способ подготовки упорных сульфидных золотосодержащих руд к выщелачиванию 15

Кузнецов Н.К., Кузнецова О.С. Динамическое гашение упругих колебаний исполнительных механизмов роботов 21

Тюпин В.Н. Влияние вибродинамического воздействия движущегося поезда на устойчивость опор контактной сети и безопасность перевозочного процесса 26

Соболев В. И., Черниговская Т.Н. Алгоритм формирования гармонического элемента в моделировании колебаний тонкой пластины 29

Xu Xianfeng, Xiao Peng, Xiong Xiang,Huang Boyun. Effects of surface coats on the mechanical and physical properties of carbon fibers 36

Gao Jianping, Yin Hongyan. Shaking table test of a 1/5 scaled integrated masonry-in-frame system model 39

Liu Hong, Xiong Liping, Zhou Xiang, He Zhongyi, Zhang Shaoming. Tribochemical study of two triazine derivatives as additives in rapeseed oil 44

Lu Xiuguo, Liu Xuemei, Liu Yan. Magnetic-assisted micro-ozone applied to oxidize methylene blue dye simulated wastewater 49

Yang Feng-ping, Zhang Bi-wu, Feng Chun-hua. Mechanical properties measurement and software design of vacuum circuit breaker 54

He Zhongyi, Xiong Liping, Lu Jinliang, Ren Tianhui, Zhang Shaoming. Tribological study of a triazine derivative as lubricant in rapeseed oil 59

Шумилова Л.В. Классификация золотосодержащих руд с дисперсным золотом по технологической упорности 62

Засядко А.А., Насников Д.Н. Наблюдаемость и управляемость в задачах активной виброзащиты 69

Упырь Р.Ю., Логунов А.С. Специфические режимы в динамике базовых моделей механических колебательных системах 76

Jiang Xian-gang. The Technology Research on Image Smooth and Medical Organ's 3D-Reconstruction Based on Anisotropic Diffusion 82

Капустин А.Н., Гарифулин В.Ю., Перелыгин В.Н., Лукьянов А.В. Эффективное сопоставление изображений в инфракрасном и оптическом спектральных диапазонах с использованием стереопары «тепловизор видеокамера»

Суржик В.В. Системный анализ динамики экранопланов 87

Дементьев В.П., Корнева Л.В., Серпиянов А.И., Черняк С.С., Поздеев В.Н., Тужилина Л.В., Фалько Н.В. Рельсы повышенной эксплуатационной стойкости для Сибири 99

Дьяченко А.А., Московских А.О., Пермяков М.А. Некоторые задачи вибрационной надежности технических объектов 102

Раздел 2. Управление в технических системах. Моделирование.

Аршинский Л.В., Демидов С.М., Зиневич С. В., Кубарев А.С., Удилов В. П., Усолов Е.В. Методика векторного оценивания системы пожарной безопасности предприятия 110

Дойников А.Н., Сальникова М.К., Калинин М.П. Методика прогнозирования нестационарных процессов в структурно неустойчивых системах 119

Министерство Образования и Науки Российской Федерации
Министерство Транспорта
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Иркутский государственный университет путей сообщения
Российская инженерная академия

Современные технологии

Системный анализ

Моделирование

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 2. Управление в технических системах. Моделирование (продолжение).

Wang Sen. A Comparison of specifications between several formal methods 124

Закарюкин В.П., Крюков А.В., Абрамов Н.А. Выделение сенсорных элементов в системах тягового электроснабжения 128

Соломянный С.В., Корольков Б.П. Построение систематики железнодорожного подвижного состава на примере грузовых вагонов-платформ с помощью методов кластерного анализа и самоорганизующихся карт Кохонена 131

Сальникова М.К., Герасименко К.В., Макаренко Я.Н. Анализ эффективности методов спектрального и сингулярного разложения в задачах прогнозирования сигналов с переменной структурой 137

Шаманов В.И., Суров В.П., Трофимов Ю.А., Алешечкин Ю.А. Параметры тяговой рельсовой цепи и устойчивость работы приборов безопасности 140

Елисеев С.В., Соболев В.И., Градобоев А.В. К выбору численных алгоритмов определения достаточности армирования железобетонных композитов в условиях дискретных моделей 145

Пашкова А.С., Иванков А.Н., Гозбенко В.Е. Прогноз спроса на пассажирские перевозки с сегментированием по типам автотранспорта 150

Финогенко И.А., Финогенко В.И., Дьякович М.П. Метод вложенных линейных сверток для оценки качества здоровья населения 154

Раздел 3. Системный анализ и междисциплинарные подходы в исследованиях.

Летников Ф.А. Государство - открытая неравновесная динамическая система. Синергетический аспект 162

Осипов В.Е., Куценко Н.Ю. Гуманитарная культура в системе технического образования 167

Степаненко А.С. Философско-методологические проблемы соотношения естественного и искусственного интеллекта 171

Резник Ю.Н., Колодин В.С., Гутгарц Р.Д. Резервы и механизмы повышения качества продукции. виртуальное производство и cals- технологии 178

Zhao Xiaojing. Develop a sense of ownership, and innovation disseminates 181

Liu Xian. The basic conception of railway credit transportation and its evolutive varieties 187

Лонцих П.А., Елисеев С.В., Гутгарц Р.Д. Конкурентоспособность и рентабельность предприятий при внедрении систем менеджмента качества 192

Дмитренко А. В., Зяблова И. В. Принципы развития мировой транспортной сети на перспективу 195

Zhou Liping. An action research on helping students of special majors become autonomous learners through formative assessment 199

Baogen Xu, Li Deng. On Reciprocal Signed Domination in Graphs 204

Fan Yong, Zhang Xuan. An empirical study on concentration ratio in china's securities traders 207

Кородюк И.С., Колодин В.С., Слинкова О.К. Мониторинг и диагностика Систем качества предприятия 211

Hu Junnan, Xu Xiaoyang. Dividend policy of listed companies in China 215

Tong Zhengong, Li Liling. Optimal booster disinfection in water distribution systems 223

- **Конференции и семинары** 227
- **Аннотации опубликованных статей** 228
- **Сведения об авторах** 246

Министерство Образования и Науки Российской Федерации
Министерство Транспорта
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Иркутский государственный университет путей сообщения
Российская инженерная академия

Modern Technologies
System Analysis
Modelling

CONTENTS

Anniversaries 7

Part 1. Mechanics. Transport. Machine Engineering.

Khomenko A. P., Eliseev S. V., Zasyadko A. A. From the dynamics of controlled systems to mechatronics 10

Reznik Yu. N., Shumilova L.V. The way of preparation of refraction sulphidic gold ores to leaching 15

Kuznetsov N.K., Kuznetsova O.S. Dynamic damping of elastic vibrations of the robots' process execution modules 21

Tyupin V. N. Influence of vibrodynamic impact of a moving train on the contact net support and transit process safety 26

Sobolev V.I., Chernigovskaya T.N. Algorithm of harmonic element forming in design of thin plates vibrations 29

Xu Xianfeng, Xiao Peng, Xiong Xiang,Huang Boyun. Effects of surface coats on the mechanical and physical properties of carbon fibers 36

Gao Jianping, Yin Hongyan. Shaking table test of a 1/5 scaled integrated masonry-in-frame system model 39

Liu Hong, Xiong Liping, Zhou Xiang, He Zhongyi, Zhang Shaoming Tribochemical study of two triazine derivatives as additives in rapeseed oil 44

Lu Xiuguo, Liu Xuemei, Liu Yan. Magnetic-assisted micro-ozone applied to oxidize methylene blue dye simulated wastewater 49

Yang Feng-ping, Zhang Bi-wu, Feng Chun-hua. Mechanical properties measurement and software design of vacuum circuit breaker 54

He Zhongyi, Xiong Liping, Lu Jinliang, Ren Tianhui, Zhang Shaoming. Tribological study of a triazine derivative as lubricant in rapeseed oil 59

Shumilova L.V. Classification of gold ores with disperse gold on technological refraction 62

Zasyadko A.A., Nasnikov D.N. Observability and controllability in problems of active vibroprotection 69

Upyr' R.Yu., Logunov A.S., Permyakov M.A. Specific regimes in dynamics of base models mechanical vibratory systems 76

Jiang Xian-gang. The Technology Research on Image Smooth and Medical Organ's 3D-Reconstruction Based on Anisotropic Diffusion 82

Kapustin A.N., Garifulin V.Yu., Perelygin V.N., Luk'yanov A.V. Effective comparison of images in infrared and optical spectral ranges using the stereomate "warmvisor - videocamera" 87

Surzhik V. V. System analysis of ekranoplans' dynamics 99

Dementyev V.P., Korneva L.V., Serpiyanov A.I., Chernyak S.S., Pozdeev V. N., Tuzhilina L.V., Fal'ko N.V. Rails of increased operation durability in Siberia 102

Dyachenko A.A., Moskovskikh A.O., Permyakov M.A. Some problems of vibration safety of technical objects 105

Part 2. Control in technical systems. Modelling

Arshinsky L.V., Kubarev A.S., Udilov V.P., Usolov E.V., Zinevich S.V. The methodics of fire-safety system vector evaluation at the enterprise 110

Dojnikov A.N., Salnikova M.K., Kalinin M.P. Technique of forecasting of non-stationary processes in structurally unstable systems 119

Министерство Образования и Науки Российской Федерации
Министерство Транспорта
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Иркутский государственный университет путей сообщения
Российская инженерная академия

Modern Technologies
System Analysis
Modelling

CONTENTS

Part 2. Control in technical systems. Modelling (continue).

Wang Sen A Comparison of specifications between several formal methodst 124

Zakaryukin V.P., Kryukov A.V., Abramov N.A. Distinguishing the sensor elements in traction power supply systems 128

Solomyannyi S.V., Korol'kov B.P. The construction of systematization of a railway rolling stock by the example of cargo cars-platforms using methods of clustered analysis and Kohonen's self-organizing cards 131

Salnikova M.K., Gerasimenko K.V., Makarenko J.N. The analysis of efficiency spectral and singular decomposition in problems of forecasting of signals with variable structure 137

Shamanov V.P., Surov V.P., Trofimov Yu.A., Aleshechkin Yu.A. Parameters of a traction rail network and stability of work of devices of safety 140

Eliseev S.V., Sobolev V.I., Gradoboev A.V. To the choice of numerical algorithms of definition of sufficiency of reinforcing of ferro-concrete composites in the conditions of discrete models 145

Pashkova A.S., Ivankov A.N., Gozbenko V.E. The forecast of demand for passenger transportations with segmentation on types of motor transport 150

Finogenko I.A., Finogenko V.I., Djakovich M.P. Method of nested linear convolutions for estimating the population's health 154

Part 3. System analysis and intersubject approaches in researches.

Letnikov E.A. State as an open non-equilibrium dynamic system. Synergy aspect 162

Osipov V. E., Kutsenko N.Yu. Humanitarian culture in the system of technical education 167

Stepanenko A.S. Philosophy and methodological problem of a correlation of natural and artificial intellect 171

Reznik Yu.N., Kolodin V.S., Gutgarts R.D. Reserves and mechanisms of quality production improvement. Virtual manufacturing and CALS-technologies 178

Zhao Xiaojing Develop a sense of ownership, and innovation disseminates 181

Liu Xian The basic conception of railway credit transportation and its evolutive varieties 187

Lontsikh P.A. , Eliseev S.V., Gutgarts R.D. Competitiveness and profitability of the enterprises at introduction of quality management systems 192

Dmitrenko A.V., Zyablova I.V. The prospective principles of the development of world transport network 195

Zhou Liping An action research on helping students of special majors become autonomous learners through formative assessment 199

Baogen Xu, Li Deng On Reciprocal Signed Domination in Graphs 204

Fan Yong, Zhang Xuan An empirical study on concentration ratio in china's securities traders 207

Korodjuk I. S., Kolodin V. S., Slinkova O.K. Monitoring and diagnostics of the enterprise quality systems 211

Hu Junnan, Xu Xiaoyang Dividend policy of listed companies in China 215

Tong Zhengong, Li Liling Optimal booster disinfection in water distribution systems 223

Conferences and seminars 227

The abstracts of published articles 228

Information about the authors 246

Уважаемые коллеги!
Мы приглашаем Вас к участию в нашем журнале в качестве авторов, рекламодателей и читателей и сообщаем требования к статьям, принимаемым к публикации

Статья представляется на дискете и в распечатанном виде. Рекомендуемый объем статьи до 8 стр.

К статье прилагаются:

!1) акт экспертизы; две внешние рецензии ведущих специалистов;

!2) индексы УДК или ББК;

!3) сведения об авторах: название учреждения (кафедры), **фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание и должность**, контактный телефон и E-mail;

!4) реферат по образцу(на русском и английском языках):

УДК 621.879

Иванов А.Л., Петров Б.Б. Совершенствование систем разработки угольных месторождений //Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2004. - №1. - с. 8-15

Рассмотрены способы разведки залежей скважинами и горными выработками, задаваемыми в пространстве через равные расстояния.

Ил. 2. Табл. 2. Библ. 7 наим.

Количество знаков в реферате - не более 400.

Индексы УДК или ББК, сведения об авторах и реферат предоставляются на дискете в виде файла с расширением *.DOC.

5) **Текст статьи** должен быть представлен **на дискете 3.5,** проверенной на отсутствие вирусов, в **виде файла с расширением *.DOC** - документа, построенного средствами Microsoft Word 97 или последующих версий, **и распечаткой** на стандартных листах формата А4 (210х297 мм) в одну колонку.

При наборе статьи в Microsoft Word с учетом формата издания рекомендуются следующие установки:

- параметры **страницы** и абзаца: отступы сверху и снизу - 2.5 **см;** слева и справа - **2 см; табуляция - 2 см;** ориентация - книжная;
- шрифт - **Times New Roman,** размер - 12, межстрочный интервал - одинарный, перенос слов - автоматический;
- При вставке формул использовать **Microsoft Equation 3** при установках: элементы формулы выполняются ***курсивом;*** для греческих букв и символов назначать фонт (шрифт) Symbol, для остальных элементов - фонт **Times New Roman** (использование букв русского алфавита в формуле нежелательно). Размер символов: обычный - 12 пт, крупный индекс - 7 пт, мелкий индекс - 5 пт, крупный символ - 18 пт, мелкий символ - 12 пт. Все экспликации элементов формул в тексте также необходимо выполнять в виде формул.

6) **Рисунки,** вставленные в текст статьи, должны быть выполнены с разрешением 300 dpi, B&W - для черно-белых иллюстраций, Grayscale - для полутонов, максимальный размер рисунка с надписью: ширина 150 мм, высота 245 мм, представлены **на дискете** в виде файла с расширением *.BMP, TIFF **и распечаткой** на стандартных листах формата А4, должны допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров. Схемы, графики выполняются во встроенной программе MS Word или в MS Exsel, с приложением файлов.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не отвечающие указанным требованиям.

По вопросам публикации статей обращаться:

г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15. Офис А-101.

Иркутский государственный университет путей сообщения.

телефоны: **(8-3952)59-84-28**

Факс: **(8-3952) 59-84-28**

Елисеев Сергей Викторович, Богатов Максим Юрьевич

Email: eliseev_s@inbox.ru

ПОЗДРАВЛЯЕМ АКАДЕМИКА КУЗЬМИНА МИХАИЛА ИВАНОВИЧА С 70-ЛЕТИЕМ!

Михаил Иванович Кузьмин родился 20 июня 1938 года в городе Москве. Трудовая деятельность М.И.Кузьмина началась в 1960 году после окончания геологического факультета Московского государственного университета в Институте геохимии СО АН СССР (г. Иркутск) в должности старшего лаборанта-исследователя. В 1966 году он защитил кандидатскую диссертацию, а в 1982 году получил диплом доктора геолого-минералогических наук. В 1977 году был избран заведующим лабораторией региональной геохимии, в 1988 году - директором Института геохимии имени А.П.Виноградова СО РАН. В 1991 году М.И.Кузьмин становится членом-корреспондентом РАН по специальности «Геология твердых полезных ископаемых». Начав свой путь со старшего лаборанта-исследователя и младшего научного сотрудника, Михаил Иванович в настоящее время является доктором геолого-минералогических наук с 1982г., профессором по кафедре геоэкологии и прикладной геохимии с 2000г., академиком Российской академии наук с 2003г., с 1988 года директором Института. С 2002 г. Кузьмин М.И. возглавляет Иркутский научный центр СО РАН.

Одним из основных направлений исследований М.И. Кузьмина является типизация магматических пород и связь их геохимических особенностей с формированием в определенных геодинамических обстановках. Изучение магматизма в различных складчатых поясах, а также современных активных зонах Земли позволили установить, что каждой геодинамической обстановке свойственен строго определенный набор типов пород, а их геохимический облик не зависит от возраста. Источниками вещества магматических пород и сопровождающих их рудных образований являются литосфера, включая континентальную и океаническую кору, астеносфера и более глубинное вещество неистощенной мантии. Именно геодинамические условия определяют соотношение этих источников и характер вещества, вовлекаемого в формирование первичных магм. Данное положение составляет основу палеотектонических реконструкций, металлогенического анализа и определяет возможность широкого применения геохимии в геологических исследованиях. Эти исследования М.И. Кузьмина позволили обосновать новое направление в геологии «Химическая геодинамика», которое поддерживается программой научных школ России.

М.И.Кузьмин - один из ведущих специалистов в области геохимии, геодинамики и петрологии, автор 350 печатных работ, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях, в том числе 16 монографий. Более 70 работ опубликованы за последние 5 лет. Ряд монографий, получивших широкую известность, отражают основные научные направления исследований М.И. Кузьмина. Это работа «Глобальная тектоника, магматизм и металлогения», М., «Недра», 1976г., опубликованная совместно с Л.П. Зоненшайном и В.П.Моралевым; монография «Геохимия магматических пород фанерозойских подвижных поясов», Новосибирск: Наука, СО, 1985г.. М.И.Кузьминым совместно с Л.П. Зоненшайном и Л.М. Натаповым проведена большая работа по анализу геологического строения СССР с позиций тектоники плит, представленная в двухтомной монографии «Тектоника литосферных плит территории СССР», М., «Недра», 1990г. Исследования по глубинной геодинамике с использованием геохимических данных по внутриплитному магматизму привели М.И. Кузьмина и Л.П. Зоненшайна к выводам о связи этих магматических событий с горячими полями Земли, проявление которых обусловлено процессами, происходящими на границе «ядро-мантия» («Палеогеодинамика», М., Наука, 1992). За исследовательскую работу по глубинной геодинамике

М.И. Кузьмину в составе коллектива ученых в 1997 году была присуждена Государственная премия РФ в области науки и техники.

М.И. Кузьмин принимал участие в экспедиции по изучению Уральского палеооксана, проводил исследования в Мугаджарах, где им были исследованы подушечные лавы и дайка и доказано их формирование в междуговом бассейне; участвовал в Международной офиолитовой экспедиции по Уралу в 1968 году; совместно с Л.П. Зоненшайном является автором книги «Тектоника плит территории СССР», в которой есть раздел «Уральский пояс», посвященный развитию Урала с позиции тектоники литосферных плит.

М.И.Кузьмин в настоящее время руководил работами по программе «Глобальные изменения природной среды и климата на основе комплексного изучения осадков оз.Байкал» и возглавляет координационный комитет Международной программы «Байкал-бурение». Под его руководством на оз.Байкал было проведено несколько зимних экспедиций, что позволило пробурить пять кустов скважин при глубине водной толщи 200-1400 м, достигнув максимальной глубины при бурении донных осадков озера в 600 м. Интерпретация данных бурения позволила получить непрерывную палеоклиматическую запись для Центральной Азии за период 8 млн. лет и связать изменения климата как с вариациями орбитальных параметров Земли, так и с кайнозойскими геологическими процессами, происходившими в пределах всего Азиатского континента. Кроме того, анализ осадочного керна позволил уточнить ряд вопросов, связанных с развитием Байкальского рифта за последние 8 млн. лет.

Научные результаты проекта были освещены в специальном выпуске журнала «Геология и геофизика», 2001, том 42, № 1-2. Представленные статьи данного выпуска охватывают широкий круг проблем программы «Байкал-бурение». 60 работ, по результатам исследований по программе «Байкал-бурение» с его участием, опубликованы в международных и отечественных журналах и широко известны геологическому сообществу. Многолетние работы по Международному проекту «Байкал-бурение» были подробно освещены М.И.Кузьминым в научно-популярном издании «Во льдах Байкала» (2001г.).

В 2000 году М.И.Кузьмин возглавил коллектив авторов, опубликовавших учебно-методическое пособие, предназначенное для студентов геологических факультетов государственных университетов по специальностям «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых». Оно, безусловно, полезно и для аспирантов, изучающих историческую геологию, геотектонику, геологию дна морей и океанов, металлогению. Пособие стало обобщающей работой по тектонике литосферных плит, геохимии и геодинамике для студентов.

М.И.Кузьмин проводит большую научно-организационную работу, являясь Председателем Президиума Иркутского Научного центра с 2002г., членом Президиума Сибирского отделения РАН с 1997 г., председателем Специализированного Ученого совета при Институте геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН с 1990 г. и членом Специализированного Ученого совета при Объединенном институте геологии, геофизики и минералогии СО РАН (г.Новосибирск) с 1989 г., председателем секции «Минеральные ресурсы и геологические катастрофы» в Совете при губернаторе Иркутской области с 1990 г., членом Совета и редколлегии журнала «Геохимия» с 1989 г., член Совета редколлегии журнала «Геология и геофизика» - с 1993 г., а член редколлегии - с 2000 г.

М.И. Кузьмин имеет стаж педагогической работы в высших учебных заведениях: в Иркутском государственном университете - с 1988 г. по 1996 г.; в Иркутском государственном техническом университете - с 1993 г. по настоящее время (читает курс лекций по «Истории геологии и геопроблемам» на факультете геологии, геоэкологии и геоинформатики).

М.И.Кузьмин награжден государственными наградами и наградами Иркутской области: медалью «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И.Ленина », 06.04.1970 г.; медалью «Ветеран труда», - 28.09.1987 г.; Государственной премией РФ в области науки и техники 1997г., - 10.06.1997 г.; Почетной грамотой Губернатора Иркутской области, - 11.01.1999 г.; орденом Почета, - 05.04.1999 г.; знак отличия «За заслуги перед Иркутской областью», - 07.10.2003г.

За выдающиеся заслуги в области науки, образования и подготовки высококвалифицированных научных кадров, охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности и международного сотрудничества, способствующие развитию города Иркутска, повышению его роли и авторитета в Иркутской области, Российской Федерации Михаилу Ивановичу Кузьмину в 2007 году присвоено почетное звание «Почетный гражданин города Иркутска».

Редколлегия

Министерство Образования и Науки Российской Федерации
Министерство Транспорта
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Иркутский государственный университет путей сообщения
Российская инженерная академия

Современные технологии

Системный анализ

Моделирование

Раздел 1.

Механика. Транспорт.
Машиностроение.

Содержание научного журнала:

Инженерная механика
Транспортные средства
Энергетика и электромеханика
Строительство, материалы и конструкции
Охрана окружающей среды
Автоматизация технологических процессов
Современные технологии
Системный анализ
Моделирование технических систем
Транспортные системы
Энергоснабжение и электромеханика
Управление техническими системами
Информационные технологии
Экономика безопасности и качества

Хоменко А.П., Елисеев С.В., Засядко А.А. УДК 656.001

ОТ ДИНАМИКИ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ К МЕХАТРОНИКЕ

Достаточно широкий класс технических объектов — манипуляционные системы, виброзащитные устройства, вспомогательные технические средства в гибких производственных системах (вибраторы, питатели, накопители и др.) — может быть отнесен к управляемым механическим системам. Изучение их динамических свойств необходимо для оценки целесообразности построения пли выбора нужных параметров. При этом часто объектом исследования становятся особенности в спектре динамических свойств, связанных с введением различных дополнительных связей, реализуемых на основе различных механизмов, элементов гидро-, пневмо- и электроавтоматики. В качестве основной модели динамических процессов естественным образом выступает структурная схема объекта с соответствующими задачам методами анализа и синтеза [1—3].

Основой структурных методов является возможность отображения (в силу ряда правил) механических упругих систем эквивалентными в динамическом отношении системами автоматического управления. Систематическое развитие такого подхода позволило разработать достаточно гибкий аппарат для задач защиты объектов от вибраций и ударов и, в конечном итоге, реализовать идеи автоматизированного исследования и проектирования виброзащитных систем [4].

I. Для синтеза виброзащитных систем развиты методы аналитического конструирования оптимальных регуляторов, получены результаты, обобщающие решение задач на случай постоянно действующих возмущений, разработаны методы синтеза управлений, использование которых позволяет выбирать рациональные параметры систем.

В общем случае виброзащитная система представляет собой твердое тело, соединенное с основанием упругодемпфирующими подвесами; источником возмущений являются объемные колебания основания. Уравнения движения объекта имеют вид

$$A\ddot{q} + B\dot{q} + Cq = -A\ddot{\sigma}(t) + U,$$

где q — 6-мерный вектор обобщенных координат (относительных смещений); $\ddot{\sigma}$ *(t)* — 0-мерный вектор возмущений; A — 6×6-диагональная матрица моментов инерции; C — 6×6-матрица коэффициентов жесткости; U — 6-мерный вектор управляющих сил.

Под задачей конструирования виброзащитной системы (ВЗС) от детерминированных возмущений понимается определение $U(\dot{q}, q, t)$, B и C, минимизирующих критерий качества

$$J = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \int_0^T \left(q^1 \overline{Q} q + u^1 \overline{R} u \right) dt.$$

Здесь $\overline{Q}, \overline{R}$ — постоянные положительно-определенные 6×6 матрицы. Первая часть функционала соответствует уменьшению габаритных размеров ВЗС, вторая — снижению динамических воздействий со стороны основания. Для случайных возмущений предполагается, что *a*, входящее в управление *(U)*, определяется

$$\ddot{\sigma} = -Pz,$$

где P — постоянная, $6 \times p$— матрица; z —p-мерный случайный стационарный ограниченный процесс, описываемый дробно-рациональными спектральными плотностями.

Разработаны алгоритмы решения задач синтеза ВЗС твердого тела в случае, если заданы координаты точек крепления подвесов, в том числе для оценки предельного качества виброзащиты, если воздействие носит гармонический или ударный характер. Это позволило сформировать подход к построению программных; средств для решения так называемых типовых задач [5].

Введение в колебательные системы дополнительных связей в виде механизмов для преобразования движения позволяет существенно изменять свойства систем, что открывает возможности построения новых динамических гасителей колебаний [6].

Разработаны методы динамического синтеза систем с дополнительными связями. По-

казана возможность построения механических фильтров полигармонических вибраций на основе упругих и дополнительных инерционных элементов, рабочие частоты которых не зависят от инерционных характеристик защищаемых объектов.

Выявлены особенности многомерных систем при детерминированных и случайных воздействиях. Так, инерционные и параллельно соединенные упругие элементы позволяют получать инвариантные динамические системы относительно полигармонических возмущений; изменять связанность между парциальными подсистемами и в определенном диапазоне частот улучшать виброзащитные характеристики систем.

Простейший фильтр вибраций образуется, например, при установке объекта на основание посредством параллельных упругих и инерционных элементов. В случае цепной системы можно получить фильтр полигармонических вибраций. При кинематическом возмущении для простейшего фильтра вибраций амплитудно-частотная характеристика определяется

$$A(\omega)=\left|\left\{\frac{\left(c-L\omega^2\right)^2+k^2\omega^2}{\left[c-\left(L+m\right)\omega^2\right]^2+k^2\omega^2}\right\}^{1/2}\right|,$$

где m — масса объекта защиты; L — приведенная масса инерционного элемента; c,k— коэффициенты жесткости и демпфирования.

Частота динамического гашения при этом не зависит прямым образом, если не учитывать силы трения, от массы объекта. Однако при изменении частоты возмущения эффективность фильтра снижается. В связи с этим разработана принципиальная схема поднастройки режима динамического гашения в определенном диапазона частот, численные исследования которого при переменных возмущениях на заданном интервале времени по линейному и квадратичным законам подтвердили, целесообразность введения элементов управления [7]. Поведение фильтра гармонических вибраций изучено при наличии ударных, а также стационарных возмущений. Как показали исследования фильтров полигармонических вибраций, имеется возможность создания ВЗС при переменных инерционных характеристиках объектов.

Использование фильтров вибраций в технических приложениях предполагает рассмотрение многомерных расчетных схем. Изучены, в частности, возможности многоопорной платформы, где дополнительные инерционные элементы включаются в механическую систему для образования связей в относительном движении не только между объектом и основанием, но и между опорами; наряду с режимами динамического гашения определены особенности взаимовлияния парциальных подсистем; получены более полные условия развязки колебаний. В обобщение такой модели рассмотрена n -опорная платформа на жестком и упругом основании при детерминированных и случайных возмущениях; определены условия инвариантности для колебательных систем с дополнительными инерционными элементами.

Нелинейности в системе определенным образом изменяют виброзащитные свойства и динамические эффекты. Более подробные сведения о свойствах ВЗС с нелинейностями при ударных-периодических воздействиях приведены в работе [7] преобразования движения.

Пространственные системы виброизоляции требуют более сложных подходов, сочетающих математические модели в виде обыкновенных дифференциальных уравнений с методом конечных элементов, когда речь идет о более детальных свойствах систем защиты от вибраций.

II. Задачи построения ВЗС с предельным качеством связаны с разработкой систем адаптивного управления функциями активного элемента. В этом смысле определенный интерес представляют концепции построения беспоисковых самонастраивающихся систем с настраиваемой моделью замкнутого контура системы; в них, как правило, используется принцип управления по отклонению (Рис. 1). Для этих целей надо предварительно определить необходимое значение показателя качества $J_1(t)$, которое затем сравнивается с его текущим значением $J(t)$ с последующим расчетом рассогласования $\Delta J(t)=J_1(t)-J(t)$. Полученное рассогласование используется для воздействия на вектор управления или вектор параметров управляющего устройства в предположении, что влияние возмущений может быть компенсировано перестройкой параметров активного элемента.

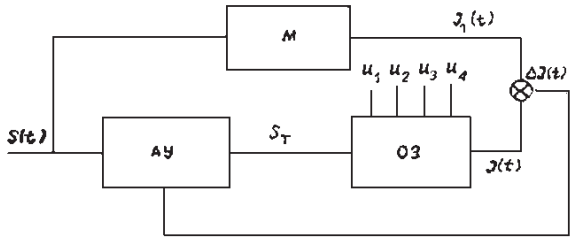


Рис. 1. Обобщенная функциональная схема адаптивной ВЗС с эталонной моделью.

Как видим, процесс адаптации является, по существу, автоматической подналадкой процесса регулирования активного элемента или дополнительного устройства, а управление организуется таким образом, чтобы свести величину $\Delta J(t)$ к минимуму.

Для расчета адаптивной ВЗС можно воспользоваться прямым методом Ляпунова [9], позволяющим описывать структуру системы, заведомо удовлетворяющую достаточному условию устойчивости. Расчет в данном случае состоит из двух процедур.

1. Получение дифференциального уравнения, описывающего ошибку между эталонной моделью и системой управления, включающей в себя объект защиты.

2. Расчет таких уравнений настройки параметров активного устройства, которые гарантируют устойчивость полученного дифференциального уравнения.

Для этого необходимо записать определенно-положительную функцию Ляпунова, уравнивающую ошибку, и выбрать уравнение механизма настройки так, чтобы производная по времени функции Ляпунова была определенно-отрицательной, что гарантирует асимптотическую устойчивость функции ошибки.

Обозначим линейные дифференциальные операторы левых частей дифференциальных уравнений, описывающих привода активных устройств ВЗС и датчики, соответственно через L_1, L_2 и L_4, а правых частей через F_1, F_2 и F_4; примем также $x_1 = s, x_2 = s_T, x_3 = f, y = f_n$. Тогда можно записать систему уравнений, описывающих нестационарный объект защиты, в общем виде

$$L_1 x_2 = F_1 x_1;\ L_2 x_3 = F_2 x_2; L_4 y = F x_3. \qquad (1)$$

Исключим из (1) промежуточные координаты x_2 и x_3, используя [10] уравнивающие операторы U_1 и U_2:

$$U_1 * L_2 x_3 = U * F_2 x_3;\ U_2 * L_1 x_2 = U_2 * F_1 x_1. \qquad (2)$$

Если выбрать операторы U_1 и U_2 так, чтобы

$$U_2 * L_1 = U_1 * F_2, \qquad (3)$$

тогда

$$U_1 * L_2 x_3 = U_2 * F_1 x_1. \qquad (4)$$

Введем обозначения:

$L_3 x_3 = U_1 * L_2, F_3 = U_2 * F_1$; перепишем (4) в виде

$$L_3 x_3 = F_3 x_1 \qquad (5)$$

и после подстановки в (1) найдем

$$L_4 y = F_4 x_3;\ L_3 x_3 = F_3 x_1; \qquad (6)$$

исключим из этой системы переменную x_3:

$$U_3 * L_4 y = U_3 * F_4 x_3;\ U_4 * L_3 x_3 + U_4 * F_3 x_1. \qquad (7)$$

Операторы U_3 и U_4 выбираем при этом из условия

$$U_4 * L_3 = U_3 * F_4,$$

тогда

$$U_3 * L_4 y = U_4 * F_3 x_1 \qquad (8)$$

или

$$L_0 y = F_0 x_1, \qquad (9)$$

где $L_0 = U_3 * L_4$, $F_0 = U_4 * F_3$.

Пусть линейные дифференциальные операторы в системе уравнений (1) имеют вид

$$L_1 = a_n p^n + \ldots + a_1 p + a_0;\ F_1 = b_m p^m + \ldots + b_1 p + b_0; \qquad (10)$$

$$L_2 = c_l p^l + \ldots + c_1 p + c_0;\ F_2 = d_k p^k + \ldots + d_1 p + d_0.$$

Выразим коэффициенты операторов L_3, F_3 через коэффициенты операторов L_1, L_2, F_1, F_2. Для равенства операторов в выражении (3) необходимо соблюдение равенства их порядков и коэффициентов. Полагая порядок оператора U_1, равным v, а оператора U_2=μ, получим

$$\mu + n = v + k, \qquad (11)$$

что возможно при $v = n, \mu = k$. Обозначим порядок через $r = v + k = \mu + n$. Приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях в операторах (3), получим $r+1$ алгебраических уравнений.

Обозначим

$$U_1 = \alpha_{1n} p^n + \ldots + \alpha_{11} p + d_{10}; U_2 = \beta_{2k} p^k + \ldots + \beta_{21} p + \beta_{20}$$

и положим $\alpha_{1n} = 1$, тогда систему алгебраических уравнений можно записать в виде

$$\alpha_{10} N^{\alpha}_{0q} - \beta_{20} N^{\beta}_{0q} + \ldots + \alpha_{1(n-1)} N^{\alpha}_{(n-1)q} - \beta_{2\kappa} N^{\beta}_{kq} = -N^{\alpha}_{nq}, \qquad (12)$$

где $q = 0,1,2\ldots$;

$$N^{\alpha}_{iq} = \sum_{\lambda=0}^{i} c_i^{i-\lambda} p^{i-\lambda} d_q - \lambda;\quad N^{\beta}_{jq} = \sum_{\lambda=0}^{j} c_j^{j-\lambda} p^{j-\lambda} a_{q-\lambda}.$$

Решение системы уравнений (12) позволяет определить коэффициенты и β уравнивающих операторов и U_3, а затем найти выражения для L_3 и F_3. Если принять, что привод активного элемента описывается уравнением второго порядка, а процесс формирования

усилия на объект соответствует уравнению первого порядка, то

$$L_1 = a_2 p^2 + a_1 p + a_0; F_1 = b_1 p + b_0; \quad (13)$$
$$L_2 = c_1 p + c_0(t); F_2 = d_0.$$

В соответствии с изложенным выше выражением для уравнивающих операторов примут вид

$$U_1 = \alpha_{12} p^2 + \alpha_{11} p + \alpha_{10}; U_2 = \beta_{20}. \quad (14)$$

Найдем выражения для N_{iq}^{α} и N_{jq}^{β}, составляющие систему алгебраических уравнений:

$$N_{0q}^{\alpha} = d_q; N_{1q}^{\alpha} = d_q p + d_{q-1};$$
$$N_{2q}^{\alpha} = d_q p^2 + 2d_{q-1} p + d_{q-2}; N_{0q}^{\beta} = a_q.$$

Составим систему алгебраических уравнений:

$$d_0\alpha_{10} - a_0\beta_{20} + d_0\alpha_{11} p = -d_0 p^2,$$
$$d_1\alpha_{10} - a_1\beta_{20} + (d_1 p + d_0)\alpha_{11} = -d_1 p^2 - 2d_0 p,$$
$$d_2\alpha_{10} - a_2\beta_{20} + (d_2 p + d_1)\alpha_{11} = -d_2 p^2 - 2d_1 p + d_0. \quad (15)$$

С учетом того, что при всех значениях $i > 0$ имеем $d_i = 0$ и $d_0 p^j = 0$ при $j = 1,2...$, так как $d_0 = const$, система уравнений (15) примет вид

$$d_0\alpha_{10} - a_0\beta_{20} = 0, \quad (16)$$
$$d_0\alpha_{11} - a_1\beta_{20} = 0,$$
$$a_2\beta_{20} = d_0,$$

откуда

$$\alpha_{10} = a_0 / a_2, \alpha_{11} = a_1 / \alpha_2, \alpha_{12} = 1, \quad (17)$$
$$\beta = d_0 / a_2.$$

Найдем теперь выражения для операторов L_3 и F_3, пользуясь правилами действий над линейными дифференциальными операторами и учитывая, что $c_1 = const$:

$$L_3 = L_{12} c_1 p^3 + (\alpha_{11} c_1 + \alpha_{12} c_0) p^2 +$$
$$+ (\alpha_{10} c_1 + \alpha_{11} c_0 + 2\alpha_{12} c_0 p) p + \quad (18)$$
$$+ \alpha_{10} c_0 + \alpha_{11} c_0 p + \alpha_{12} c_0 p^2;$$
$$F_3 = \beta_{20}(b_1 p + b_0). \quad (19)$$

Подставляя значения α и β из (17) в (18) и (19), получим

$$L_3 = a_2 c_1 p^3 + (a_1 c_1 + a_2 c_0) p^2 + (a_0 c_1 + a_1 c_0 + 2a_2 c_0 p) p +$$
$$+ a_0 c_0 + a_1 c_0 p + a_2 c_0 p^2; \quad (20)$$
$$F_3 = d_0(b_1 p + b_0). \quad (21)$$

Вернемся теперь к рассмотрению системы уравнений (6); будем считать, что датчик для измерения усилия описывается уравнением первого порядка $L_4 y = F_4 x_3$, где $L_4 = e_1 p + e_0$; $F_4 = l_0$. Выразим коэффициенты операторов L_3, F_3, L_4, F_4, вводя предварительно обозначения:

$$h_0 = a_0 c_0 + a_1 c_0 p + a_2 c_0 p^2; \quad (22)$$
$$h_1 = a_0 c_1 + a_1 c_0 + 2a_2 c_0 p;$$
$$h_2 = a_1 c_1 + a_2 c_0; h_3 = a_2 c_1.$$

С учетом обозначений:

$L_3 = h_3 p^3 + h_2 p^2 + h_1 p + h_0$ и $F_3 = d_0 + (b_1 p + b_0)$ уравнивающие операторы для системы примут вид

$$U_4 = \beta_{40}, U_3 = \alpha_{33} p^3 + \alpha_{32} p^2 + \alpha_{31} p + \alpha_{30}, \quad (23)$$

а коэффициенты при неизвестных α и β:

$$N_{0q}^{\alpha} = l_q, N_{1q}^{\alpha} = l_q p + l_{q-1},$$
$$N_{2q}^{\alpha} = l_q p^2 + 2l_{q-1} p + l_{q-2},$$
$$N_{3q}^{\alpha} = l_q p^3 + 3l_{q-1} p^2 + 3l_{q-2} p + l_{q-3},$$
$$N_{0q}^{\beta} = h_q.$$

С учетом того, что $l_i = 0$ при всех значениях $i = 1,2,...$ и $p^{il_0} = 0$ при $i = 1,2,...$, так как $l_0 = const$, система алгебраических уравнений запишется

$$l_0\alpha_{30} - h_0\beta_{40} = 0, l_0\alpha_{31} - h_0\beta_{40} = 0, \quad (24)$$
$$l_0\alpha_{32} - h_0\beta_{40} = 0, l_0 = h_0\beta_{40}.$$

с соответствующими решениями:

$$\alpha_{30} = h_0 / h_3, \alpha_{31} = h_1 / h_3,$$
$$\alpha_{32} = h_2 / h_3, \beta_{40} = l_0 / h_3, \alpha_{33} = 1.$$

Найдем L_0 и F_0 в соответствии с уравнением (9). Для L_0 имеем

$$L_0 = U_3 * L_4 = U_3 L_4 + \frac{dU_3}{dp} L_4 p + \quad (25)$$
$$+ \frac{1}{2}\frac{d^2 U_3}{dp^2} L_4 p^2 + \frac{1}{6}\frac{d^3 U_3}{dp^3} L_4 p^3.$$

Так как коэффициенты e оператора $L_4 = e_1 p + e_0$ постоянны, то $p^i e_1 = p^i e_0 = 0$ при всех $i = 1,2,3...$ и выражения для L_0 и F_0 примут вид

$$L_0 = h_3 e_1 p^4 + (h_2 e_1 + h_3 e_0) p^3 +$$
$$+ (h_1 e_1 + h_2 e_0) p^2 + (h_0 e_1 + h_1 e_0) p + h_0 e_0; \quad (26)$$
$$F_0 = l_0(b_1 p + b_0) d_0.$$

Найдем теперь уравнение ошибки между эталонной моделью и системой управления. Пусть эталонная модель реализована и виде безынерционного звена с коэффициентом передачи $K_м$; обозначим его через оператор F_M. Тогда уравнение, описывающее выходную координату модели, будет

$$y_M = F_M S, \quad (27)$$

а системы управления —

$$L_u y = F_u S, \quad (28)$$

где L_u и F_u - линейные дифференциальные операторы, описывающие систему с нестаци-

онарным объектом защиты, а также устройства оптимизации и обработки информации.

Уравнение ошибки в общем виде запишется как

$$\varepsilon = y_M - y. \qquad (29)$$

Умножая на L_u левую и правую его части, и подставляя значения y_M и y из (27), (28), получим

$$L_u\varepsilon = L_u * F_M S - F_u S$$

или

$$L_\varepsilon\varepsilon = F_\varepsilon S, \qquad (30)$$

где $L_\varepsilon = L_u, F_\varepsilon = L_u * F_M - F_u, F_u = \eta_1 p + \eta_0$.

В конечном итоге уравнение (30) с учетом того, что $pF_M = 0$, примет вид

$$z_4\frac{d^4\varepsilon}{dt^4} + z_3\frac{d^3\varepsilon}{dt^3} + z_2\frac{d^2\varepsilon}{dt^2} + z_1\frac{d\varepsilon}{dt} + z_0\varepsilon =$$
$$= K_M\left(z_4\frac{d^4S}{dt^4} + z_3\frac{d^3S}{dt^3} + z_2\frac{d^2S}{dt^2}\right) + \qquad (31)$$
$$+(K_M z_1 - \eta_1)\frac{dS}{dt} + (K_M z_0 - \eta_0)S.$$

где

$$z_4 = h_3e_1, z_3 = h_2e_1 + h_3e_0, z_2 =$$
$$+h_1e_1 + h_2e_0, z_1 = h_0e_0 + h_1e_0, z_0 = h_0e_0.$$

Дальнейшая задача сводится к определению закона настройки активного устройства, который обеспечит устойчивость системы управления при ошибке между моделью и системой, описываемой уравнением (31). При $S =$ const (31) упростится к виду

$$\varepsilon(t) = A(t)\varepsilon(t) + U(t),$$

где

$$A(t) = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{z_0}{z_4} & -\frac{z_1}{z_4} & -\frac{z_2}{z_4} & -\frac{z_3}{z_4} \end{vmatrix},$$

$$\varepsilon(t) = \begin{vmatrix} \varepsilon_1(t) \\ \varepsilon_2(t) \\ \varepsilon_3(t) \\ \varepsilon_4(t) \end{vmatrix}, \quad u(t) = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{K_M z_0 - \eta_0}{z_4}S \end{vmatrix}.$$

Для дальнейшего поиска алгоритма изменения управляющего воздействия можно построить нестационарную функцию Ляпунова и найти соответствующие выражения для коэффициентов; при настройке они зависят от времени, что технически трудно реализуемо. Более приемлемы такие подходы, когда имеется возможность выбрать стационарную функцию Ляпунова, например, в виде

$$V(\varepsilon) = \varepsilon^T B\varepsilon + \chi\gamma^2,$$

где ε^T – транспонированная матрицаε ; B — симметричная матрица; χ - положительная постоянная; $\gamma = (K_M Z_0 - \eta_0) / z_4$.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Елисеев С.В. Структурная теория виброзащитных систем.- Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1978.-224 с.
2. Елисеев С.В., Нерубенко Г.П. Динамические гасители колебаний.- Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1982.-144 с.
3. Елисеев С.В., Кухаренко В.П. Виброзащитные системы с инерционными связями // Межведомственный сб. Динамика и прочность тяжёлых машин. Днепропетровск. 1984. С. 115-124.
4. Елисеев С.В., Засядко А.А., Карпухин Е.Л., Метугер П.К. Проблема интеграции программного обеспечения для задач автоматизированного проектирования виброзащитных систем // Труды «IV Всесоюзного совещания по автоматизации проектно конструкторских работ в машиностроении». Минск. ИТК АН БССР. 1989. С. 72-80.
5. Елисеев С.В., Мижидон А.Д. Аналитическое конструирование виброзащитных систем // Динамика и колебания механических систем.-Иваново. 1986. С. 33-38
6. Eliseev S.V., Lukyanov A.V., Reznik Yu.N, Khomenko A.P Dynamics of mechanical systems with additional ties. Publishing of Irkutsk state university. 2006. 316 p.
7. Елисеев С.В., Засядко А.А. Виброзащита и виброизоляция как управление колебаниями объектов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — Иркутск: ИрГУПС. №1, 2004. С. 24-36.
8. Елисеев С.В., Хоменко А.П. Проблемы виброзащиты и виброизоляции технических объектов в работах иркутской школы механики // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — Иркутск: ИрГУПС. № 1 (5). 2005. С. 6-26.
9. Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения - М.: Л.: Изд-во АН СССР. 1956.-473 с.
10. Бенджнор М.Л. Критерии устойчивости линейных систем с переменными во времени параметрами, выраженные через характеристики в области действительных частот // Тр. Ин-та инженеров по электротехнике и радиоэлектронике. — 1964.-№ 7.-С. 886-896.

Резник Ю.Н., Шумилова Л. В.

УДК 622.342.(575.1)

СПОСОБ ПОДГОТОВКИ УПОРНЫХ СУЛЬФИДНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД К ВЫЩЕЛАЧИВАНИЮ

Важная задача золотодобычи на современном этапе — рациональное использование бедных и упорных руд золота.

Основная масса золота в мире (80 % запасов) представлена собственно золотыми рудами коренных месторождений, 18 % приходится на золотосодержащие руды цветных металлов (золото в которых играет роль попутного ценного компонента) и 2 % - на руды россыпных месторождений (пески).

Главными направлениями развития фундаментальных знаний в области обогащения полезных ископаемых являются: изучение взаимосвязи структурного, вещественного и фазового состава природного и техногенного сырья с физическими, физико-химическими и технологическими свойствами минералов; сочетание методов физико-химического моделирования с экспериментальными исследованиями основных процессов разделения минералов, создание условий интергранулярного разрушения минеральных комплексов и механизма интенсивного вскрытия упорных руд. Одно из приоритетных направлений — создание новых экологически безопасных процессов комплексной переработки и вскрытия труднообогатимых руд и продуктов обогащения на основе комбинированных современных методов обогащения, пиро- и гидрометаллургии, использующих дополнительные энергетические воздействия.

Геохимико-технологические исследования, как научно-прикладное направление в обогащении и переработке полезных ископаемых, позволяет разрабатывать наиболее эффективные технологические схемы извлечения золота из упорных руд.

В технологическом отношении важнейшими признаками, определяющими характер золотосодержащих руд, являются:

- наличие в рудах наряду с золотом других полезных компонентов, имеющих промышленное содержание;
- содержание в рудах окисленных минералов по сравнению с сульфидными, т.е. степень окисления руд;
- наличие в рудах компонентов, существенно осложняющих технологию переработки;
- характер золота в рудах, в первую очередь, крупность частиц.

С технологических позиций для полного высвобождения ценного элемента или компонента из породы или руды необходимо выявление не только всех форм их нахождения, но и возможностей их извлечения, что определяется силой их связи с другими элементами и компонентами. Например, в пирит-арсенопиритовых рудах золото столь тесно связано с мышьяком в арсенопирите, что для их разделения требуется полное разложение этих минералов с последующим извлечением золота. В связи с тем, что устойчивость халькофильных соединений золота в арсенопирите значительно слабее, чем их минералов-носителей, после получения коллективного сульфидного концентрата необходимо подвергать его прогреву при температуре не более 250-300^{0}С. В результате основное количество соединений золота распадется с высвобождением металлов в самородные (атомарные, тонкодисперсные и др.) формы, которые должны укрупниться за счет объединения разрозненных частиц. Подобные эксперименты нередко проводят минералоги при изучении в шлифах тонкодисперсного золота. Таким простейшим способом можно резко увеличить в золотосодержащих упорных рудах количество свободного золота, для извлечения которого существует несколько методов, в частности, цианирование, хлорирование и др. В случае обжига золотоносных концентратов (обычно при температуре до 600-700^{0}С) значительная часть золота переходит в газовую фазу вместе с теллуром, мышьяком, серой и селеном.

В ближайшие годы будут происходить изменения в структуре добычи золота — повышение доли рудного и сокращение доли россыпного. Ускоренное освоение наиболее перспективных, с экономической точки зрения коренных месторождений определено как стратегическое направление развития золотодобывающей отрасли.

Однако вовлечение в переработку крупных коренных золотосодержащих месторождений сопряжено с преодолением технологических трудностей. Первичные коренные руды являются упорными, и к основным факторам, характеризующим «упорность» золотосодержащих руд и продуктов их обогащения, следует отнести наличие:

- дисперсного золота с относительно широким диапазоном дискретности распределения в минералах-носителях — от отдельных атомов в составе микроминералов, природных сплавов, органических соединений до моноэлементных кластеров размерами порядка нанометров;
- антимонита и теллуридов, растворимых в цианиде минералов, сорбционно—активного органического углерода и глинистых компонентов;
- первичных пленок гидротированных оксидов железа на золотинах;
- повышенного содержания мышьяка (>2 %) в концентратах, что делает их непригодными к переработке плавкой на заводах цветной металлургии.

В конечном итоге, технологическая упорность золотых руд или продуктов обогащения указывает на слабую способность их к цианированию, результатом чего является очень низкое извлечение золота в продуктивный раствор.

В зарубежной практике подобные руды перерабатывают по гравитационно-флотационным схемам с последующим извлечением золота и серебра одним из трех методов:

- окислительный обжиг-цианирование;
- автоклавное выщелачивание-цианирование;
- бактериальное окисление-цианирование.

Однако все описанные раннее технологии энергоемки и требуют больших затрат на дезинтеграцию и вскрытие руд. Назрела необходимость изыскания новых экологически безопасных и энергосберегающих методов вскрытия золотосодержащих сульфидов.

Извлечение дисперсных форм золота требует предварительного изменения микроструктуры их минералов-носителей (в первую очередь, повышения пористости и формирования сети микротрещин) и микроагрегации атомов элементов-примесей.

Для этого используются различные методы физического воздействия на кристаллическую решетку минералов, наиболее эффективными из которых являются электроразрядные и электроимпульсный (разработка ИПКОН и ИРЭ РАН).

Значительный прогресс в гидрометаллургии, повышение ее эффективности достигнут в последние десятилетия, главным образом, за счет разработки и внедрения новых методов выделения металлов из растворов и пульп, основанных на применение ионообменной сорбции и жидкостной экстракции. В то же время, в целом, экономика гидрометаллургического производства определяется прежде всего наиболее высокими затратами, приходящимися на выполнение по существу подготовленных операций извлечения металловскрытия и выщелачивания ценного компонента. В конечном счете, именно они и определяют извлечение последних в товарную продукцию.

Относительная доля затрат на эти операции еще более увеличилась с внедрением новых эффективных методов сорбции металлов из растворов. Поэтому для дальнейшего повышения экономической эффективности гидрометаллургической переработки руд и концентратов, необходимо, в первую очередь, повышать эффективность головных операций. Путь решения этих задач — интенсификация процессов вскрытия и выщелачивания. И задача эта становится одной из главных для последующего развития гидрометаллургических процессов. В большинстве случаев пути интенсификации выщелачивания исходного сырья определяются характером кинетики процесса скорости выщелачивания, которая может контролироваться внешней, внутренней диффузией или скоростью химического взаимодействия растворителя с реагирующей поверхностью. Поэтому в каждом конкретном случае направления интенсификации выщелачивания определяются контролирующей стадией процесса.

Развитие исследований по интенсификации гидрометаллургических процессов в на-

стоящее время идет в нескольких направлениях. В области интенсификации выщелачивания наиболее широкое распространение в последние годы получили следующие методы: выщелачивание в кипящем слое; вибрационное воздействие; пульсационное воздействие; ультразвуковое воздействие; воздействие упругих колебаний звукового диапазона; воздействие импульсами электрической энергии; электрохимическое воздействие; сорбционное выщелачивание; механохимическое воздействие; бактериальное выщелачивание и др.

Подавляющее большинство методов, касающихся области преодоления внутри- и внешнедиффузионных осложнений процесса выщелачивания золота, относится к числу новых методов. Быстрейшее внедрение их в практику цианирования способствовало бы значительному росту интенсификации этого процесса.

Одним из главных путей повышения эффективности процесса выщелачивания золота — интенсификация собственно химического воздействия золота с цианистыми растворами представлен всего лишь двумя методами. К тому же автоклавный способ до настоящего времени не нашел еще применения в данной области интенсификации процесса. Причина — необходимость применения сложной, дорогостоящей аппаратуры, трудность осуществления процесса в непрерывных условиях и высокая стоимость использования известного способа. Заметные преимущества перед ним имеет, в этом плане, электрохимический метод: незначительные капитальные затраты, высокая управляемость процессом, относительно невысокие эксплуатационные затраты.

Применение электрохимического способа цианирования, также как и использование сорбционного метода, способствует более быстрому отводу продуктов химической реакции растворения золота, интенсифицирует и эту лимитирующую область процесса выщелачивания.

Таким образом, в области интенсификации собственно химической реакции растворения золота в цианистых растворах электрохимическим способом цианирования является наиболее перспективным, требует дальнейшего изучения и совершенствования.

Преимущества электрохимического метода цианирования заложены и в самой сущности его осуществления: совмещение в одном аппарате получения окислителей и самой операции растворения золота. Получаемые этим способом окислители обладают к тому же повышенной реакционной способностью. Несомненно, что эффективность этого метода может быть повышена совмещением его применения с другими интенсифицирующими методами самой гидрометаллургической стадии процесса. В первую очередь это касается его совместного применения с новыми методами интенсификации перемешивания, направленными на значительное снижение внешнедиффузионных сопротивлений протеканию процесса растворения золота.

Также широкие возможности и преимущества применения электрохимического метода заложены в основу использования его в области подготовки процессов для вскрытия золота в сульфидах путем электрохимического окисления их в щелочных растворах. Исследования этого направления является самостоятельной областью изучения развиваемой в Читинском филиале ИГД СО РАН.

В последние годы в ИПКОН РАН проводят исследования по использованию энергетических воздействий для интенсификации вскрытия золотосодержащих сульфидных руд (электрохимические, энергия ускоренных электронов и СВЧ-нагрев).

Если ранее эти методы казались экзотическими, то в настоящее время в связи с промышленным выпуском электрохимических кондиционеров, линейных ускорителей и СВЧ-плазмотронов появилась возможность реализации новых технологий в промышленности. Упомянутые методы могут успешно сочетаться с кучным выщелачиванием благородных металлов, вследствие этого повышается экономическая эффективность КВ.

Физические и химические методы электроактивационного выщелачивания, в частности электроразрядного и электроимпульсного, проводились во ВНИИХТ под руководством акад. А.Н. СССР Б.Н. Ласкорина, работы, выполненные Л.И. Юткиным, в бывшем Средназгипроцветмете в лаборатории Г.П. Федотова, в ИГД Казахстана.

Хорошие результаты в данном направлении получены при проведении исследований в ИПКОН РАН совместно с институтом радиоэлектроники (В.А. Чантурия, И.Ж. Бунин, В.Д. Лунин) и компании в Санкт-Петербурге (Н.И.

Глинин и др.), а также несколькими частыми компаниями в США.

Бактериально-химическое вскрытие упорных золотосодержащих руд и концентратов, как метод подготовки их к цианированию, относится к числу наиболее «молодых» технологических разработок в золотодобывающей промышленности. Метод основан на использовании давно установленного факта, что в присутствии микроорганизмов, в частности, автотрофных бактерий типа «Тиобациллус феррооксиденс» [Thibacillus ferrooxidans, T.f.] золотосодержащие сульфиды железа окисляются до конечных химических соединений (сульфат или арсенат железа, серная кислота) без применения высоких давлений и температур. Освобождающееся при этом золото становится доступным для выщелачивания цианистыми растворами. Основным разработчиком биогидрометаллургической технологии переработки пиритных и мышьякопиритных руд (концентратов) за рубежом является корпорация «Дженкор», ЮАР.

В 1986-1992 гг. построены и введены в эксплуатацию первые промышленные и опытно-промышленные биогидрометаллургические установки по переработке мышьяксодержащих золотых концентратов и руд в шести странах (ЮАР, США, Канада, Австралия, Бразилия, Зимбабве), относящихся к числу основных производителей золота в мире.

Основные результаты исследований Иргиредмета по биогидрометаллургическому вскрытию и выщелачиванию упорных золотосодержащих минералов, концентратов и руд, выполнены институтом в рамках проекта «Биогеотехнология золота и серебра» государственной научно-технической программы «Новейшие методы биоинженерии» в период 1988-1993 г.г. Биохимическое вскрытие золотосодержащих сульфидов (пирит, арсенопирит и др.) с использованием автотрофных серу- и железоокисляющих бактерий типа Thibacillus ferrooxidans (Th. ferr.) в настоящее время рассматривается в качестве одного из наиболее эффективных способов подготовки упорных золотых руд и концентратов к последующей гидрометаллургической переработке цианированием. Эффективность данного процесса подтверждена опытом работы некоторых предприятий ЮАР, США, Бразилии и других стран. Безусловный интерес технология бактериальное выщелачивание (БВ) — цианирование представляет и для отечественной золотодобывающей промышленности в связи с большим объемом переработки упорного золоторудного сырья. В этом плане выполненные в Иргиредмете и Читинском филиале ИГД СО РАН работы по проблеме биогидрометаллургического извлечения золота и серебра из упорных руд имеют определенное научное и практическое значение.

Для обеспечения активной деятельности бактерий, особенно в начальный период биоокислительного процесса, в выщелачивающую среду вводят серную кислоту, питательные добавки и кислород (воздух). Пионером в части использования барботирования воздуха при осуществлении процесса БВ золотосодержащих концентратов является рудник Фейрвью, применяющий данную технологию уже более 10 лет.

В последние годы исследования по биохимическому вскрытию упорных золото- и серебросодержащих руд (концентратов) интенсивно проводятся кроме «Иргиредмета» в институтах ЦНИГРИ и других научно-исследовательских центрах России и стран СНГ.

Обобщая выше сказанное, можно сделать общее заключение, что бактериальное и физико-химическое окисление золотосодержащих минералов, руд и концентратов должно в целом оказывать благоприятное воздействие на упорные золоторудные материалы.

Основными проблемами извлечения дисперсного золота из руд и техногенных отходов при использовании химических способов обогащения являются: обеспечение к нему доступа выщелачивающего раствора за счет формирования в кристаллах минералов-носителей достаточно развитой системы подводящих микротрещин и пор; выбор эффективной системы окислителей и комплексообразователей, нарушающих первичные химические связи между атомами золота и минералообразующими атомами, а также формирующих с ним более устойчивые связи в сравнении с теми элементами, с которыми оно связано изначально в минеральной матрице; решение вопросов с последовательным и продолжительным выходом золота в жидкую фазу, обусловленным различными формами его нахождения, а соответственно различными условиями его растворения и переосаждением части растворенного в первые минуты металла на минералы- сорбенты.

Для повышения эффективности извлечения дисперсного золота необходимо обеспе-

чить реализацию комплекса взаимосвязанных процессов, направленных на решение отмеченных выше проблем, а именно: процессов окислительной подготовки пульпы, локального (пленочнофазного) цианирования, предварительной сорбции примесей золота и основной сорбции золота.

Для решения поставленных задач творческая группа ученых Читинского филиала ИГД СО РАН объединила технологии кюветного и кучного выщелачивания с использованием различных процессов активации. На основании проведенных исследований авторами: Секисовым А.Г., Резником Ю.Н., Шумиловой Л.В., Королевым В.С., Коноревой Т.Г., была разработана аппаратурно-технологическая схема опытно-промышленной установки кюветно-кучного выщелачивания металла с комбинированными методами окисления сульфидных золотосодержащих руд с дисперсными формами золота.

Фрагмент технологической схемы кюветно-кучного выщелачивания руд с дисперсными формами золота представлен на рис. 1.

Переработка различных типов сульфидных золотосодержащих руд со сменными блоками двойного окисления осуществляется по следующим вариантам: сложносульфидных пирит-халькопиритовых и сульфидно-солевых руд с непродуктивными включениями углистого вещества — фотоэлектрохимическое и биоокисление; сульфидно-сульфосолевых (блеклые руды) — физико-химическое и биоокисление и сульфидно-сульфосолевых с включениями золотосодержащего углистого вещества — фотохимическое и электрохимическое окисление (рис. 2).

В зависимости от вещественного состава руды кюветно-активационное выщелачивание с двойным окислением и сорбцией осуществляется с применением различных полиреагентных комплексов.

Одним из путей повышения извлечения дисперсного золота является использование сочетания поэтапной активационной обработки пульп, сущность которой заключается в следующем.

На первом этапе за счет использования электрохимической обработки с малым значением напряжения на электродах (в интервале 5-20 В, в зависимости от вида применяемых исходных реагентов) и облучения прианодной зоны ультрафиолетовым светом формируют комплексы активных ион-радикальных соединений кислорода и водорода.

При этом в прианодной части, естественно, будут преобладать протолизированные (кислотные) комплексы, а в прикатодной части - гидроксильные (щелочные).На втором этапе осуществляется объединение порций пульпы, прошедших анодную и катодную обработку или сформированную на базе соответственно анолита и католита.

В зоне объединения пульпы подвергаются мягкому, тлеющему электроразряду, который интенсифицирует реакции между протолизированными и гидроксильными комплексами.

Интенсификация этих реакций в основном объеме пульпы обеспечивается световым и ультрафиолетовым излучением, исходящим от разрядных каналов.

Поскольку протоны (ионы водорода) являются носителями положительных электрических зарядов, а гидроксил-ионы - отрица-

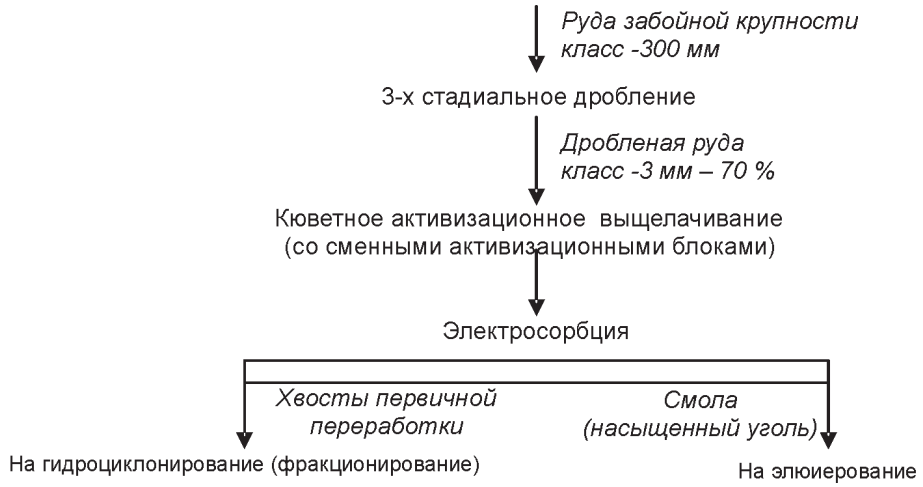


Рис. 1. Фрагмент технологической схемы кюветно-кучного выщелачивания руд с дисперсными формами золота.

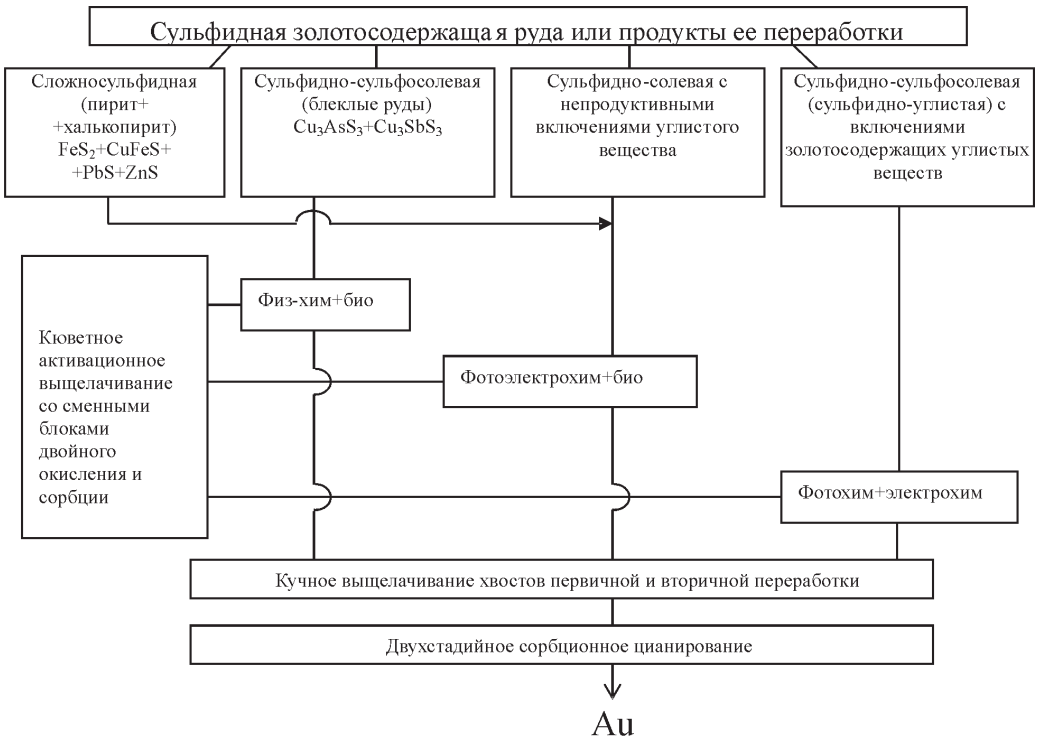


Рис. 2. Модель переработки различных типов сульфидных золотосодержащих руд с комбинированными методами окисления.

тельных, то при химическом взаимодействии содержащих их комплексов будут возникать локальные двухзарядные микротоки, а соответственно сложные по структуре силовых линий переменные магнитные микрополя. Находящиеся в жидкой фазе гидратированные реагентные комплексы по существу являются модуляторами для таких полей, а, следовательно, оказывают воздействие на атомы элементов-примесей в кристаллической решетке, аналогичное по своей природе ядерно-магнитному резонансу. В результате атомы благородных металлов, находящиеся в кристаллической решетке, будут изменять частоту колебаний, соответственно повышается вероятность разрыва их связей с атомами кристаллической решетки и твердофазной диффузии. При наличии достаточно развитой системы пор и микротрещин, а также соотношения площади и объема самого минерального зерна, обеспечивается возможность накопления атомов примесей у внешних и внутренних поверхностей раздела фаз (структура Шоттки). Следовательно, в итоге повышается и вероятность взаимодействия атомов благородных металлов с реагентным комплексом и их переход в жидкую фазу. При этом существенно снижается эффект переосаждения растворенного золота на сорбционно-активные мелкие частицы глин, слюд, углистого вещества.

Таким образом, технология кюветно-кучного выщелачивания золота со сменными активационными блоками адаптирована к типу руды и её технологической упорности и позволяет повысить эффективность и извлечение золота при переработке различных типов судьфидных руд более чем на 20 %.

Разработанная технология кюветно-кучного выщелачивания имеет большие перспективы при переработке упорных золотосодержащих руд.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Description of biotechnology expertise used in the treatment of refractory gold ores //Gencor metallurgical engineering department. — 1988, Febr.- 33 p.
2. Van Aswegen P.S.; Marais M.J., Haines A. K. Design and operation of a commercial bacterial oxidation plant at Fairview.- 12 p.
3. Natarajan K.A, Biotechnology in gold processing// Bull. Mater. Sci. .-1993.-16, №6.-P.501-508.
4. Меретуков М.А., Орлов А.М. Металлургия благородных металлов (зарубежный опыт). — М.: Металлургия, 1990.-416 с.

Кузнецов Н.К., Кузнецова О.С.

УДК 621.01:534

ДИНАМИЧЕСКОЕ ГАШЕНИЕ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ РОБОТОВ

Одной из актуальных проблем создания промышленных роботов является проблема ограничения упругих колебаний исполнительных механизмов в переходных режимах работы [1]. Перспективным путем ее решения является использование динамической взаимосвязанности движений по отдельным степеням подвижности исполнительного механизма в процессе реализации управляемого движения. При этом возможна реализация режимов динамического гашения упругих колебаний за счет, например, кориолисовых сил, вибрационного регулирования путем организации высокочастотных воздействий на параметры колебательных систем по отдельным степеням подвижности со стороны других степеней, управляемого, в том числе скачкообразного, изменения упругих, инерционных и диссипативных характеристик исполнительных механизмов. В настоящей статье исследуются возможности этого способа активной компенсации упругих колебаний исполнительных механизмов роботов.

Как было показано в работе [1], колебательные движения по отдельным степеням подвижности исполнительных механизмов роботов оказываются сильно связанными между собой даже в режиме позиционирования. Связанность этих движений вызывается инерционными и упругими силами. Например, в роботах с тремя поступательными парами или двумя поступательными и одной вращательной парой изменения координаты вылета исполнительного механизма приводят к изменениям приведенной массы, коэффициентов жесткости и демпфирования. В роботах с одной поступательной и двумя вращательными парами указанные коэффициенты оказываются зависимыми не только от координаты вылета, но и от координаты поворота руки вокруг горизонтальной оси. Еще большая взаимосвязанность между колебательными движениями наблюдается в исполнительном механизме робота с тремя вращательными парами.

Исследуем возможности динамического гашения упругих колебаний по координате поворота исполнительного механизма робота. Уравнения управляемого движения по этой координате имеют вид

$$\begin{cases} m_3 q_{\cdot 3}^2 \Delta\ddot{q}_1 + 2m_3 q_{\cdot 3}\dot{q}_{\cdot 3}\Delta q_1 + \left(3EJ_1 / q_{\cdot 3}\right)\Delta q_1 = \\ \qquad = -m_3 q_{\cdot 3}^2 \ddot{q}_{\cdot 1} - 2m_3 q_{\cdot 3}\dot{q}_{\cdot 3}\dot{q}_{\cdot 1}; \qquad (1) \\ \left(J_z + J_{n1} + m_3 q_{\cdot 3}^2\right)\ddot{q}_{\cdot 1} + m_3 q_{\cdot 3}^2 \Delta\ddot{q}_1 + \\ \qquad + 2m_3 q_{\cdot 3}\ddot{q}_{\cdot 3}\left(\dot{q}_{\cdot 1} + \Delta\dot{q}_1\right) = 0, \qquad (2) \end{cases}$$

где $q_{\cdot 1}$ - координата программного движения в направлении поворота исполнительного механизма робота;

$q_{\cdot 3}$ - координата горизонтального перемещения исполнительного механизма;

Δq_1 — упругая деформация исполнительного механизма в направлении поворота;

m_3 — приведенная масса звена 3 исполнительного механизма;

E — модуль упругости материала руки;

J_1 - осевой момент инерции сечения руки относительно горизонтальной оси;

J_z — момент инерции вертикальной колонны;

J_{n1} — момент инерции привода поворота исполнительного механизма [1].

В начале рассмотрим свободные колебания исполнительного механизма без учета их взаимосвязи с программным движением и кориолисовой силы инерции.

С этой целью приведем уравнение (1) к виду уравнений Матье [3], предполагая, что координата вылета $q_{\cdot 3}$ изменяется по гармоническому закону около среднего положения

$$q_{\cdot 3} = q_{30} + a\cos pt, \qquad (3)$$

где q_{30} - постоянное значение координаты; a, p - амплитуда и частота колебаний.

С учетом (3) уравнение (1) примет вид

$$\Delta\ddot{q}_1 + \frac{3EJ_1}{m_3(q_{30} + a\cos pt)^3}\Delta q_1 = 0. \qquad (4)$$

Полагая амплитуду a колебаний весьма малой по сравнению с величиной q_{30}, преобразуем сомножитель координаты Δq_1 к следующему виду

$$\frac{3EJ_1}{m_3(q_{30} + a\cos pt)^3} \approx \approx \frac{3EJ_1}{m_3(q_{30}^3 + 3aq_{30}^2\cos pt)} \approx \approx \frac{3EJ_1}{m_3 q_{30}^3}\left(1 - \frac{3a\cos pt}{q_{30}}\right). \qquad (5)$$

Подставляя выражение (5) в (4), будем иметь

$$\Delta\ddot{q}_1 + \frac{3EJ_1}{m_3 q_{30}^3}\left(1 - \frac{3a\cos pt}{q_{30}}\right)\Delta q_1 = 0. \qquad (6)$$

Переходя к безразмерному времени τ ($2\tau = pt$) с учетом того, что

$$\frac{d^2\Delta q_1}{dt^2} = \frac{p^2}{4}\frac{d^2\Delta q_1}{d\tau^2},$$

вместо (6) получим уравнение Матье в стандартной форме

$$\frac{d^2\Delta q_1}{d\tau^2} + (\eta - 2\varepsilon\cos 2\tau)\Delta q_1 = 0, \qquad (7)$$

где $\eta = \dfrac{12EJ_1}{m_3 p^2 q_{30}^3}$; $\varepsilon = \dfrac{18aEJ_1}{m_3 p^2 q_{30}^4}$.

Коэффициенты η и ε, входящие в уравнение (7) и характеризующие соответственно отношение собственной частоты колебательной системы при среднем значении параметра к частоте изменения параметра и степень изменения этого параметра, полностью определяют устойчивость движения. Значения этих параметров могут быть выбраны с помощью таблиц Айнса-Стретта, приведенных, например в [4].

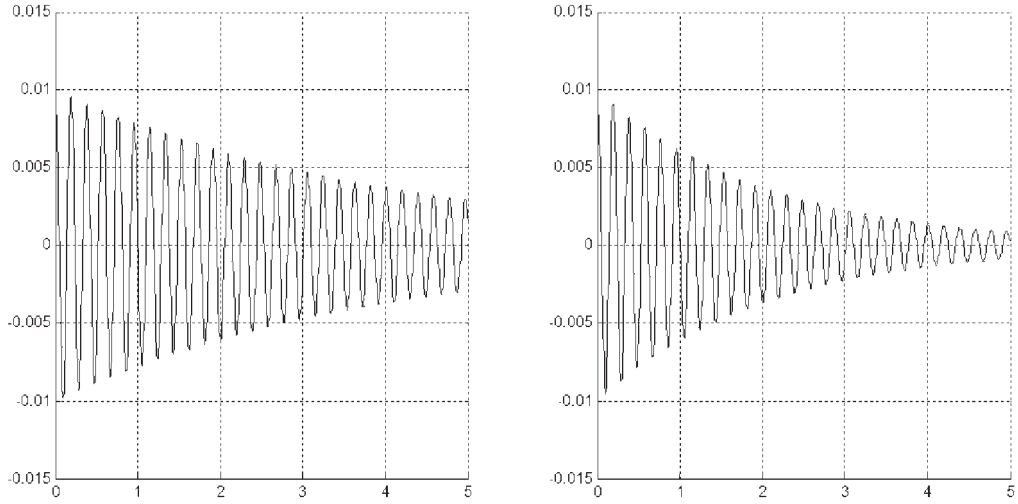
Покажем, что путем вибрационного изменения координаты $q_{\cdot 3}$ вылета руки по закону (3) можно осуществить гашение упругих колебаний Δq_1 по координате ее поворота в режиме позиционирования.

Примем следующие значения параметров: $m_3 = 35$кг; $E = 2{,}1\cdot 10^{11}$ Н/м^2; $J_1 = 0{,}6\cdot 10^{-7}$ м^4; $q_{30} = 1{,}0$м.

При этих параметрах собственная частота упругих колебаний составит

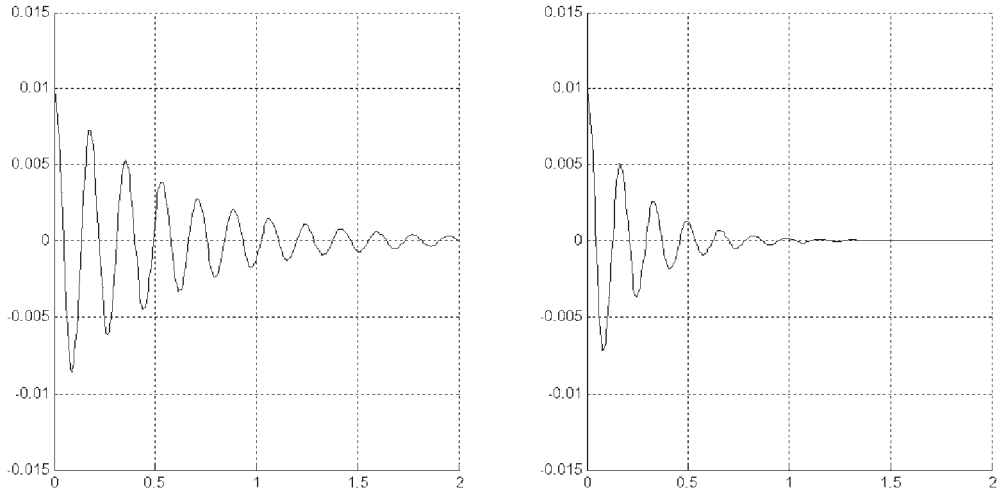
$$\omega_0 = \sqrt{3EJ_1 \,/\, m_3 q_{30}^3} = 32{,}86c^{-1}.$$

Свободные колебания исходной системы без правой части, будут определяться начальными условиями и иметь незатухающий характер. Изменение же координаты $q_{\cdot 3}$, согласно (3), позволяет снизить амплитуды и продолжительность упругих колебаний. В качестве иллюстрации, на рис.1 приведены графики упругих колебаний по координате поворота руки Δq_1, полученные при начальных условиях $\Delta q_1(0) = 0{,}01$м; $\Delta\dot{q}_1(0) = 0$, значении частоты $p = 2\omega_0$ и амплитудах $a = 0{,}001$м (рис.1,а) и $a = 0{,}002$м (рис. 1,б).



а) б)

Рис.1. Графики свободных колебаний при высокочастотном изменении вылета руки.



а) б)

Рис. 2. Графики свободных колебаний при мгновенном изменении вылета руки.

Рассмотрим возможность гашения упругих колебаний по координате поворота руки с помощью скачкообразного изменения координаты $q_{\cdot 3}$ вылета. Движение по этой координате подчиним следующим законам:

$$q_{\cdot 3} = 0{,}9 \text{ если } sign(\Delta q_1 \cdot \Delta\dot{q}_1) > 0; \quad q_{\cdot 3} = 1{,}0 \text{ если } sign(\Delta q_1 \cdot \Delta\dot{q}_1) \le 0; \tag{8}$$

и

$$q_{\cdot 3} = 0{,}8 \text{ если } sign(\Delta q_1 \cdot \Delta\dot{q}_1) > 0; \quad q_{\cdot 3} = 1{,}0 \text{ если } sign(\Delta q_1 \cdot \Delta\dot{q}_1) \le 0. \tag{9}$$

Графики упругих колебаний руки при тех же начальных условиях и изменениях координаты $q_{\cdot 3}$, согласно выражений (8) и (9), приведены соответственно на рис.2,а и рис.2,б.

Из графиков следует, что мгновенное изменение координаты $q_{\cdot 3}$ вылета руки приводит к затуханию упругих колебаний Δq_1 по координате ее поворота. Причем, это затухание тем интенсивнее, чем больше величина изменения вылета (рис.2,б).

Кориолисова сила инерции способствует демпфированию упругих колебаний руки в направлении ее поворота. Графики упругих колебаний , полученные на основе уравнения (1) при тех же начальных условиях и скоростях, соответственно равных $\dot{q}_{\cdot 3} = 0{,}5$ *м/с* и $\dot{q}_{\cdot 3} = 1{,}0$ *м/с*, показаны на рисунке 3,а и 3,б соответственно.

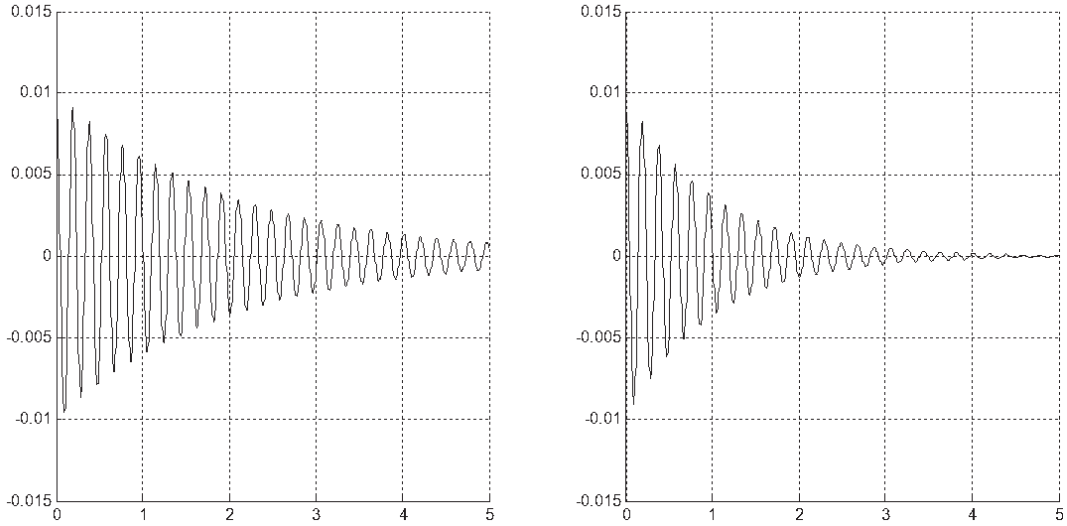
Как следует из графиков, увеличение скорости выдвижения руки $\dot{q}_{\cdot 3}$ способствует затуханию упругих колебаний (рис. 3,б). Таким образом, управление величиной скорости $\dot{q}_{\cdot 3}$ выдвижения руки позволяет получить эффект, аналогичный эффекту динамического гашения, реализуемого путем перемещения дополнительной массы вдоль руки [5].

Исследуем влияние взаимосвязанности программного и колебательного движений на интенсивность гашения колебаний. При этом уравнения (1), (2) без учета влияния кориолисовой силы инерции примут вид

$$\begin{cases} m_3 q_{\cdot 3}^2 \Delta\ddot{q}_1 + \left(3EJ_1 \,/\, q_{\cdot 3}\right)\Delta q_1 = -m_3 q_{\cdot 3}^2 \ddot{q}_{\cdot 1}; & (10) \\ \left(J_z + J_{n1} + m_3 q_{\cdot 3}^2\right)\ddot{q}_{\cdot 1} + m_3 q_{\cdot 3}^2 \Delta\ddot{q}_1 = 0. & (11) \end{cases}$$

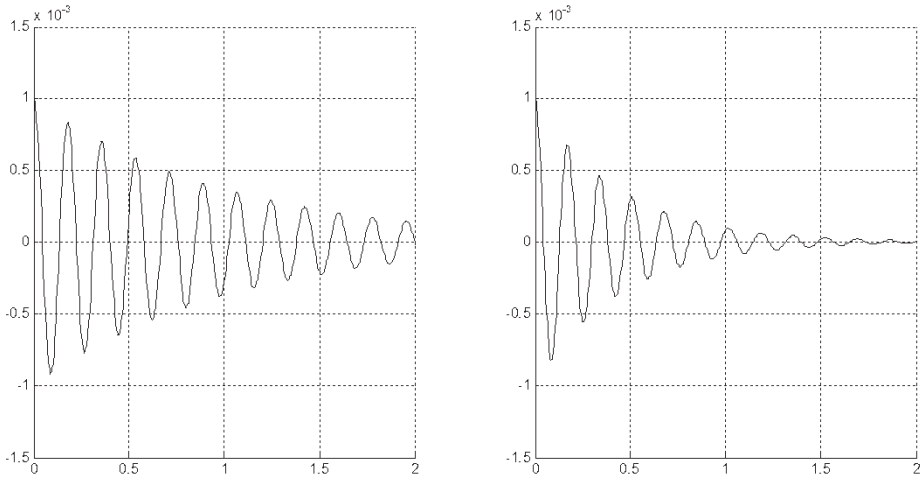
Соответствующие графики при скачкообразном изменении вылета руки, согласно законам (8) и(9), при $J_z = 6$ *кг·м*^{2}, J_{n1}=*10 кг·м*^{2} и начальных условиях: $q_{\cdot 1}(0) = 0$, $\Delta q_1(0) = 0{,}001$ *м*, приведены на рис.4,а и 4,б. Сравнение этих графиков с графиками, приведенными на рис.2, показывает некоторое ухудшение эффективности гашения колебаний при учете взаимосвязанности программного и колебательного движений по координате поворота исполнительного механизма.

Одновременный учет взаимосвязанности программного и колебательного движений по координате поворота руки и кориолисовой силы инерции, согласно уравнениям (1) и (2), приводит к еще большему снижению эффективности гашения колебаний за счет скачкообразного изменения вылета руки. Соответствующие графики при скачкообразном изменении вылета по законам (8) и (9) при тех же



а) б)

Рис. 3. Графики свободных колебаний при учете кориолисовой силы инерции.



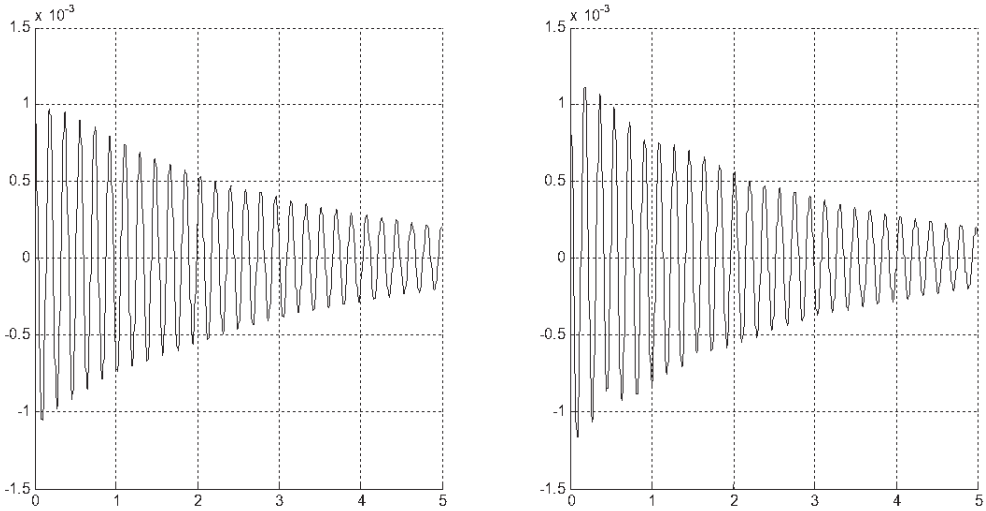
а) б)

Рис. 4. Графики упругих колебаний при мгновенном изменении вылета руки и учете взаимосвязанности движений.

начальных условиях приведены на рис.5,а и 5,б.

В то же время по сравнению со свободными колебаниями исходной системы колебательные движения исполнительного механизма имеют затухающий характер.

На основе динамического взаимовлияния движений исполнительных механизмов роботов могут быть реализованы и другие приемы активной компенсации упругих колебаний. Например, за счет сильной связанности движений плоского двухзвенного манипулятора даже в режиме позиционирования имеется возможность подавления упругих колебаний одного из звеньев путем соответствующих движений другого звена [1]. Кроме того, в манипуляционных роботах, располагающих соответствующими ориентирующими степенями подвижности, имеется возможность использования целенаправленных движений рабочих органов (схватов с грузом или рабочего инструмента) для обеспечения, например, активного динамического гашения упругих колебаний исполнительных механизмов в нужном направлении. Очевидно, что при достаточном быстродействии приводов программных движений существует принципиальная возможность реализации за счет взаимосвязанности отдельных движений исполнительных механизмов роботов.



а) б)

Рис. 5. Графики упругих колебаний при мгновенном изменении вылета руки и учете кориолисовой силы инерции.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Елисеев, С. В. Управление колебаниями роботов / С. В. Елисеев, Н. К. Кузнецов, А. В. Лукьянов. — Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1990. — 320 с.
2. Кузнецов, Н. К. Управление колебаниями упругих мехатронных систем на основе интеллектуальных дополнитедьных связей / Н. К. Кузнецов // Информационные и математические технологии в науке, технике и образовании : тр. XIII Всерос. Байк. конф. , Северобайкальск, 13-19 июля 2005. — Иркутск, 2005. — С. 45-53.
3. Боголюбов, Н. Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / Н. Н. Боголюбов, Ю. А. Митропольский. — М. : Физматгиз, 1963. — 408 с.
4. Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний / В. Л. Бидерман. — М. : Высшая школа, 1980. — 408 с.
5. А. с. 1227848 СССР, МКИ$_3$ F 16 F 7/00. Способ гашения колебаний / Н. А. Архипенко [и др.] (СССР). — № 3596402/25-28 ; заявл. 25.03.85 ; опубл. 30.04.86, Бюл. № 16. — 2с.
6. Кузнецов, Н. К. Управление движением двухмассовой электромеханической системы на основе скользящего режима / Н. К. Кузнецов, С. В. Соломин // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 1996. — № 5. — С. 108-115.

Тюпин В.Н.

УДК 624.13.54

ВЛИЯНИЕ ВИБРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДВИЖУЩЕГОСЯ ПОЕЗДА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

Содержание опорного хозяйства железных дорог сопряжено со значительными трудностями и экономическими затратами. Кроме того, своевременное решение проблемы обеспечения устойчивости опор контактной сети и воздушных линий электроснабжения обеспечивает необходимый уровень безопасности при движении поездов.

В работах [1,2] указано, что основной причиной неустойчивости опор контактной сети является пучинистость сезонно-мерзлых грунтов. Авторы считают, что именно сезонные процессы пучения и осадки грунтов, повторяющиеся из года в год, выпучивают (постепенно выдавливают из грунта) опоры контактной сети с потерей их устойчивости, что приводит к их падению. Здесь же авторы говорят о том, что эксплуатационные нагрузки ускоряют потерю устойчивости опор.

Однако, в плане выпучивания опор контактной сети имеются некоторые возражения. Наблюдения за столбами и опорами находящимися в Читинской области (глубина сезонного промерзания грунтов достигает 4 м) вдали от железных дорог показали, что они как правило не выпучиваются и из года в год находятся в стабильном, устойчивом состоянии. Вместе с тем на Забайкальской железной дороге только в 2004 г. выправлено и закреплено 2415, а заменено 335 опор контактной сети, на что потребовалось 1196 окон в движении поездов общей продолжительностью 2631 час — 30% от продолжительности года. В 2005 г. количество неустойчивых опор увеличилось [2].

Приведенный анализ показал, что на устойчивость опор контактной сети существенное влияние оказывают эксплуатационные нагрузки — вибродинамическое воздействие движущихся поездов.

Целью настоящей статьи является определение степени влияния вибродинамических нагрузок на устойчивость опор контактной сети, установление зон действия поездных нагрузок вблизи опор, а также критерия устойчивости опор.

Натурные наблюдения и физико-технический анализ взаимодействия подвижного состава позволил разработать механизм воздействия подвижного состава на балласт, земляное полотно и основание, который заключается в распространении волн деформаций от движущихся колес. Это сопровождается трением между частицами щебня в балласте, уплотнением земляного полотна вертикально вниз и смещением земляного полотна горизонтально вбок. Процесс смещения земляного полотна вбок, при наличии опоры контактной сети, создает между шпалой и опорой зону уплотнения (рис.1). За опорой создается зона «кавитации» с разуплотнением в этой зоне земляного полотна. Зона уплотнения выдавливает верхнюю заглубленную часть опоры, обеспечивая ее наклон от железнодорожного пути. Зона «кавитации» образуется за счет горизонтального смещения земляного полотна от железнодорожного пути вне опоры (рис.1).

Вначале определим величину напряжения создаваемого волной деформаций в балласте, земляном полотне и основании под действием движущегося колеса по рельсу. Согласно [3] инженерная формула расчета величины сжимающего напряжения имеет вид

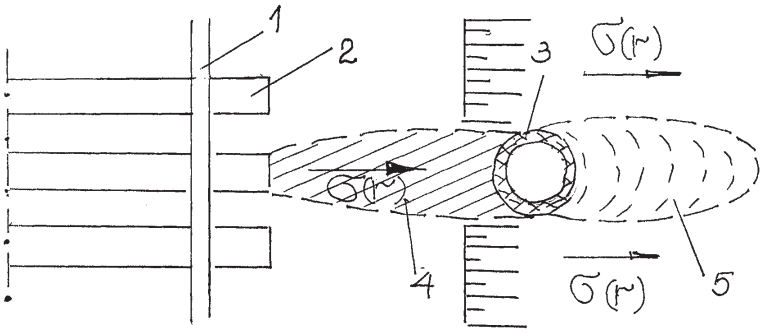


Рис.1. Схема к образованию зон деформаций земляного полотна вокруг опоры контактной сети. 1-рельс, 2 – шпалы, 3- опора контактной сети, 4- зона уплотнения, 5 – зона «кавитации».

$$\sigma(r)=\left[\frac{\frac{m\upsilon^2}{\pi R}b_ш+4mg\left[\left(R^2+b_ш^2\right)^{0.5}-R\right]}{\left(\frac{\Phi_б\kappa_{Тб}}{E_б}+\frac{\Phi_3\kappa_{Т3}}{E_3}+\frac{\Phi_0}{E_0}\right)r^3}\right]^{0.5}, \quad (1)$$

где m - масса части железнодорожного вагона, действующей на данное колесо; υ - скорость поступательного движения колеса; $\pi=3{,}14$; R — радиус колеса; $b_ш$ — ширина шпалы; $\Phi_б$ - показатель деформируемости балласта; $E_б$ - модуль упругости горной породы балласта; Φ_3- показатель деформируемости земляного полотна; Φ_3 - модуль деформации земляного полотна; r —расстояние от контакта колесо-рельс до рассматриваемой точки; Φ_0 - показатель деформируемости основания; E_0 - модуль упругости основания; $\kappa_{Тб}$ - относительные затраты энергии на трение в балласте; $\kappa_{Т3}$ - относительные затраты энергии на трение в земляном полотне, g- ускорение свободного падения.

Упрощенная формула расчета величины сжимающих напряжений с учетом средних величин параметров и констант ($\pi=3{,}14$, R=0,5м, $b_ш=0{,}25$м, $g=$ 9,8 м/с^2, $E_б=5\cdot10$ $Па$, $E_3=3\cdot10^7$ $Па$, $\kappa_{Тб}=7$, $\kappa_{Т3}=2$, $\Phi_б=300$, $\Phi_3=1$) имеет вид

$$\sigma(r)=\left[\frac{0{,}16m\upsilon^2+2{,}3m}{\left(10{,}8\cdot10^{-8}+\frac{\Phi_0}{E_0}\right)r^3}\right]^{0.5}. \quad (2)$$

Определим численно величину $\sigma(r)$ в верхнем и нижнем участках заглубленной части опоры (рис.2). Расстояние от рельса до верхней заглубленной части опоры равно $r=3{,}5$м, до нижней $r=7{,}0$м. Расчеты по формуле (1) или (2) при $m=10^4$ кг, $\upsilon=20$ м/с, $\Phi_0=1$, $E_0=10^{10}$ Па (мерзлый суглинок) показывают, что для верхней заглубленной части опоры сжимающее напряжение составляет $\sigma(r)=3{,}8\cdot10^5$ $Па$. Для нижней части опоры - $\sigma_н(r)=1{,}3\cdot10^5$ $Па$, что в 3 раза меньше, чем для верхней.

Очевидно, что это и является одной из причин наклона опоры в сторону от железнодорожного пути. Следует также отметить, что сопротивление земляного полотна в верхней заглубленной части опоры со стороны откоса будет существенно меньше чем нижней. Это связано с углом естественного откоса земляного полотна (рис.2) . Натурные наблюдения вдоль железнодорожного пути расположенного на берегу озера Кенон в г. Чита, в районе

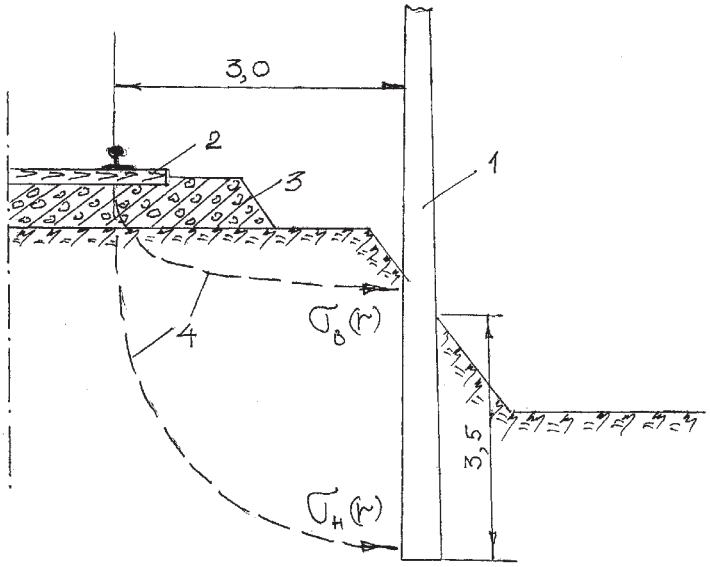


Рис.2. Схема к расчету величины сжимающих напряжений в верхнем и нижнем участках заглубленной части опоры. 1-опора, 2- шпала, 3- балласт, 4- направление действия волн деформаций.

6190 км показали следующее. Из 20 опор со стороны берега 13 (65%) наклонены в сторону озера. Более удаленный от берега ряд опор имеет наклонными 6 опор (30%) из 20. Это указывает на существенное влияние вибродинамического воздействия и расположения откоса земляного полотна на устойчивость опор контактной сети.

Важно определить критерий устойчивости опор контактной сети. Очевидно, что если центр тяжести опоры при ее наклоне выйдет за плоскость основания, то опора будет неустойчивой, так как в процессе дальнейшего ее наклона принимает участие потенциальная энергия гравитации опоры (рис.3).

Опора будет устойчивой в том случае, если величина относительных деформаций определяется из выражения

$$\varepsilon \le \frac{\Delta}{h}, \qquad (3)$$

где Δ- величина перемещения опоры в бок, h-ширина зоны «кавитации».

С другой стороны величину относительных деформаций можно определить по известной формуле

$$\varepsilon = \frac{\sigma(r)}{E_{зп}}. \qquad (4)$$

Помимо этого, из геометрических соображений (рис. 3) можно составить пропорцию

$$\frac{\Delta}{H_3} = \frac{R_0}{0.5L_0}, \qquad (5)$$

где H_3 - глубина установки опоры, R_0- диаметр опоры в нижней части, L_o - высота опоры.

Сопоставляя (3), (4) и (5) получим критерий устойчивости опоры контактной сети

$$[\sigma(r)] \le \frac{2E_{зп}H_3R_o}{hL_o}. \qquad (6)$$

То есть, величина сжимающего напряжения от вибродинамического воздействия движущегося поезда не должна превышать величины в правой части (6). С увеличением модуля деформаций земляного полотна, глубины установки опоры и ее радиуса поездные нагрузки можно увеличивать без потери устойчивости опоры. Численные расчеты показывают, что устойчивой опора будет при сжимающем напряжении создаваемым подвижным составом равном не более $6{\cdot}10^6$ *Па*. Это на порядок больше, чем расчетная величина $\sigma(r)$ от действия подвижного состава, то есть опора устойчива. Величина $\sigma(r)$ получена при $E_{зп} = 3{\cdot}10^7$ *Па*, $H_3 =$ 4м, $R_0 =$ 0,25м, $h = 2{,}0$м,

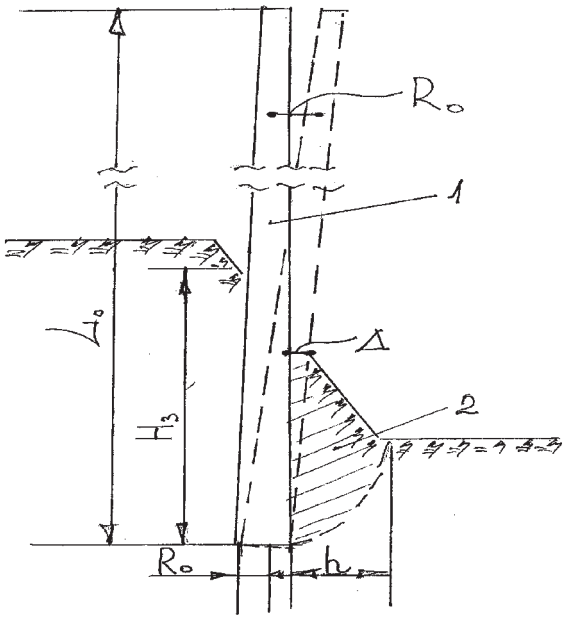


Рис.3. Схема к определению критерия устойчивости опоры контактной сети.1 – опора, 2- зона «кавитации».

$L_{оп} = 10$м. Однако многократность воздействия колес подвижного состава увеличивает $\sigma(r)$ за счет суммирования напряжений и, как правило, приводит к постепенному наклону опор контактной сети.

Анализ полученных результатов позволяет предложить ряд технических решений по повышению устойчивости опор контактной сети. Сюда относится глубина установки опоры в зависимости от упругих свойств основания, изменение физико-технических свойств земляного полотна зоны «кавитации», установка между шпалой и опорой материалов с особыми физико-техническими и геометрическими параметрами.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Достовалов Б.Н., Кудрявцев В.А. Общее мерзлотоведение. — М.: МГУ.- 1967. — 315с.
2. Кондратьев В.Г. Стабилизация земляного полотна и опор контактной сети. — Чита: ЧитГУ. — 2005. — С.32-37.
3. Тюпин В.Н. Оценка вибродинамического воздействия движущегося поезда на физико-технические свойства многолетней мерзлоты. — Труды научно-технической конференции в связи с 75-летием ПТКБ ЦП ОАО РЖД. — «Путь и путевое хозяйство». — М.: 2007. - С.65-69.

Соболев В. И., Черниговская Т.Н.

УДК 621.06

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА В МОДЕЛИРОВАНИИ КОЛЕБАНИЙ ТОНКОЙ ПЛАСТИНЫ

Для расчета на стационарные гармонические воздействия стержневых конструкций известен метод динамических податливостей, основанный на аналитическом выражении амплитуд динамических реакций в узловых связях в зависимостях от величин амплитуд узловых перемещений по возможным направлениям. На основе определения таких зависимостей осуществляется формирование уравнений динамического равновесия в соединительных узлах элементов по направлениям возможных перемещений узлов [1].

В работе [2] на основе развития методов динамической податливости разработаны дискретно-континуальные модели, включающие бесконечномерные изгибаемые элементы (балки), материальные точки, твердые тела и пружины. Создан программный комплекс, реализующий метод расчета систем, включающих произвольные комбинации таких элементов на стационарные гармонические воздействия.

Ансамбль балочных гармонических элементов (**ГаЭ**) формируется путем декомпозиции исходной динамической системы на изгибаемые одномерные конструктивы, ограниченные краевыми узлами. Для таких элементов осуществляется разрешение узловых динамических реакций и колебательных форм в процессе так называемого гармонического сканирования связей при различных допустимых вариантах краевых условий, задаваемых в граничных соединительных узлах элементов. Метод построения балочного **ГаЭ** в соответствии с принципами динамической податливости основан на аналитическом выражении величин динамических реакций в зависимости от узловых гармонических перемещений по возможным степеням свободы узловых точек элементов конструкции, в которых осуществляется «сшивка» решений ансамбля гармонических элементов.

На основе применения принципа динамической податливости в сочетании с методом гармонического сканирования связей возможно также построение бесконечномерных изгибаемых гармонических элементов в виде тонких пластин, пригодных для включения в дискретно- континуальные динамические модели. Общая методика данного подхода была приведена в работе [5] , в которой было показано, что в отличие от балочных гармонических элементов [2], динамические реакции в узлах плоских элементов не удаётся определить в аналитическом виде. Для этих целей приходиться использовать приёмы аппроксимации, схожие с конечноэлементными. Однако, в отличие от классических конечноэлементных моделей, **при таком подходе удается избежать процедур дискретизации инерционных параметров пластины.**

Для построения **ГаЭ** прямоугольной пластины рассмотрим вариант параметрической сшивки решения в узлах, расположенных в вершинах углов некоторой конечной прямоугольной области тонкой пластины. Используем принцип сканирования связей [2]. Для этого наложим на возможные перемещения узлов связи, обеспечивающие кинематическую узловую неподвижность изгибаемого пластинчатого элемента (рис. 1).

В каждом узле необходимы три связи; одна линейная — по направлению оси Z и две угловых — в плоскостях ZoX и ZoY. Таким образом, степень кинематической подвижности элемента, которая определяет размерность параметрического пространства функции, интерполирующей поверхность перемещений $g(x, y)$, равна двенадцати [3,4].

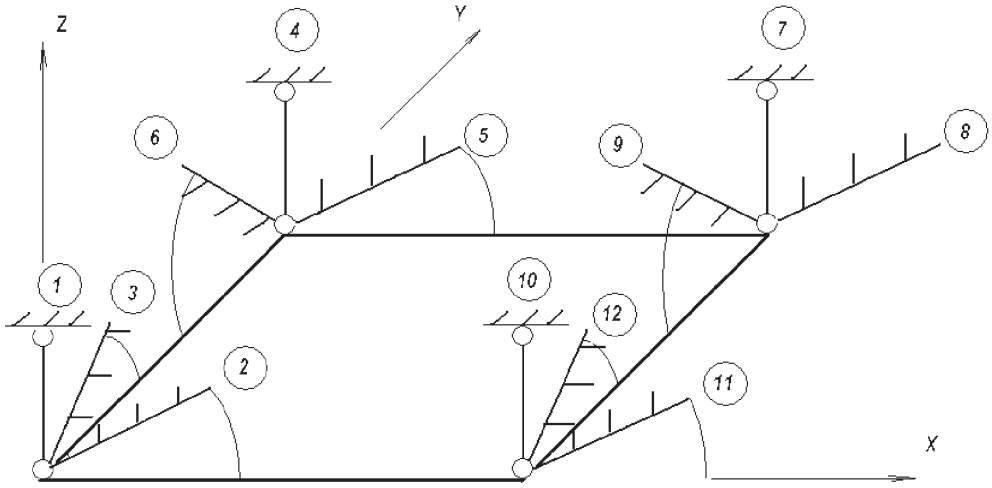


Рис. 1. Расчетная схема тонкостенной пластины. 1,4,7,10 – номера линейных связей, 2,5,8,11 – номера угловых связей в плоскостях параллельных ZoX**, 3,6,9,12 – номера угловых связей в плоскостях параллельных** ZoY**.**

Изложим алгоритм построения гармонического элемента прямоугольных пластин с жестким закреплением. Для этого сформируем интерполирующие полиномы для базиса граничных условий, определенного возможными вариантами поочередных единичных перемещений узловых связей.

Для варианта возбуждения первой связи имеем:

$$g(x,y) \approx \Delta(x,y)\cdot A_1, \qquad (1)$$

где

$$\Delta(x,y) = (1, x, y, x^2, xy, y^2, x^3, x^2y, xy^2, y^3, x^3y, xy^2). \qquad (2)$$

$$A_1 = (a_1,\ a_2,\ a_3,\ a_4,\ a_5,\ a_6,\ a_7,\ a_8,\ a_9,\ a_{10},\ a_{11},\ a_{12})^T,$$

где индекс вектора коэффициентов определяется номером перемещаемой связи.

Перемещая первую связь на единичную величину и фиксируя все остальные в нулевом положении, определяем элементы вектора A_1 путем решения системы уравнений:

$$\nabla\cdot A_1 = (1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)^T, \qquad (3)$$

где ∇- матрица узловых условий поля перемещений [5].

Здесь b, c - размеры прямоугольного элемента по осям x и y соответственно. Вычисляя значения функции $\Delta(x,y)$ и её производных в узловых точках, имеем развернутую запись матрицы ∇:

$$\nabla = \begin{bmatrix} \nabla_{11} & \nabla_{12} \\ \nabla_{21} & \nabla_{22} \end{bmatrix}, \qquad (4)$$

где

$$\nabla_{11} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & c & 0 & 0 & c^2 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & -c & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -2c \end{bmatrix},$$

$$\nabla_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c^3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -c^2 & 0 & 0 & -c^3 \\ 0 & 0 & 0 & -3c^2 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$\nabla_{21} = \begin{bmatrix} 1 & b & c & b^2 & bc & c^2 \\ 0 & -1 & 0 & -2b & -c & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & -b & -2c \\ 1 & b & 0 & b^2 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -2b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & -b & 0 \end{bmatrix},$$

$$\nabla_{22}=\begin{bmatrix} b^3 & b^2c & bc^2 & c^3 & b^3c & bc^3 \\ 3b^2 & -2bc & -c^2 & 0 & -3b^2c & -c^3 \\ 0 & -b^2 & -2bc & -3c^2 & -b^3 & -3bc^2 \\ b^3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3b^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -b^2 & 0 & 0 & -b^3 & 0 \end{bmatrix}.$$

Выполняя операцию обращения матрицы ∇, имеем матрицу:

$$\nabla^{-1}=\begin{bmatrix} \overline{\nabla}_{11} & \overline{\nabla}_{12} \\ \overline{\nabla}_{21} & \overline{\nabla}_{22} \end{bmatrix}, \qquad (5)$$

где

$$\overline{\nabla}_{11}=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{3}{b^2} & \frac{2}{b} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{bc} & \frac{1}{c} & \frac{1}{b} & \frac{1}{bc} & -\frac{1}{c} & 0 \\ -\frac{3}{c^2} & 0 & \frac{2}{c} & \frac{3}{c^2} & 0 & \frac{1}{c} \end{bmatrix},$$

$$\overline{\nabla}_{12}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{bc} & -\frac{1}{c} & 0 & -\frac{1}{bc} & 0 & 0 \\ \frac{3}{c^2} & 0 & \frac{1}{c} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$\overline{\nabla}_{21}=\begin{bmatrix} \frac{2}{b^3} & -\frac{1}{b^2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{3}{b^2c} & -\frac{2}{bc} & 0 & -\frac{3}{b^2c} & \frac{2}{bc} & 0 \\ \frac{3}{bc^2} & 0 & -\frac{2}{bc} & -\frac{3}{bc^2} & 0 & -\frac{1}{bc} \\ \frac{2}{c^3} & 0 & -\frac{1}{c^2} & -\frac{2}{c^3} & 0 & -\frac{1}{c^2} \\ -\frac{2}{b^3c} & \frac{1}{b^2c} & 0 & \frac{2}{b^3c} & -\frac{1}{b^2c} & 0 \\ -\frac{2}{bc^3} & 0 & \frac{1}{bc^2} & \frac{2}{bc^3} & 0 & \frac{1}{bc^2} \end{bmatrix},$$

$$\overline{\nabla}_{22}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \frac{-2}{b^3} & \frac{-1}{b^2} & 0 \\ \frac{3}{b^2c} & \frac{1}{bc} & 0 & \frac{-3}{b^2c} & \frac{-1}{bc} & 0 \\ \frac{3}{bc^2} & 0 & \frac{1}{bc} & \frac{-3}{bc^2} & 0 & \frac{2}{b} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{-2}{b^3c} & \frac{-1}{b^2c} & 0 & \frac{2}{b^3c} & \frac{1}{b^2c} & 0 \\ \frac{-2}{bc^3} & 0 & \frac{-1}{bc^2} & \frac{2}{bc^3} & 0 & \frac{-1}{bc^2} \end{bmatrix}.$$

Столбцы матрицы (5) являются коэффициентами полиномов $g(x,y)$, интерполирующих функции перемещений поверхности пластины при соответствующих вариантах задания граничных условий (вариантах перемещения узловых связей).

Например, при перемещении первой связи вектор коэффициентов полинома имеет вид:

$$A_1=\left[1\ 0\ 0\ \frac{-3}{b^2}\ \frac{-1}{bc}\ \frac{-3}{c^2}\ \frac{2}{b^3}\ \frac{3}{b^2c}\ \frac{3}{bc^2}\ \frac{2}{c^3}\ \frac{-2}{b^3c}\ \frac{-2}{bc^3}\right]^T.$$

Соответствующий интерполирующий полином представлен в виде:

$$g(x,y)=1+\frac{-3}{b^2}x^2+\frac{-1}{bc}xy+\frac{-3}{c^2}y^2+\frac{2}{b^3}x^3+ \\ +\frac{3}{b^2c}x^2y+\frac{3}{bc^2}x^2y+\frac{2}{c^3}xy^2+\frac{-2}{b^3c}x^3y+\frac{-2}{bc^3}xy^3. \qquad (6)$$

Имея равенство *(6)*, можно для сформированных граничных условий определить аналитические выражения реакций в узловых связях. Скомпонуем для этого вектор деформаций изгиба пластины в виде:

$$\{\chi\}=\left(\chi_x\ \chi_y\ \chi_{xy}\right)^T, \qquad (7)$$

где $\chi_x=-\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}$, $\chi_y=-\frac{\partial^2 g}{\partial y^2}$, $\chi_{xy}=-2\frac{\partial^2 g}{\partial x\,\partial y}$ - величины кривизны изгиба и скручивания пластины.

В данном случае вектор деформаций изгиба примет вид:

$$\{\chi\}=\begin{bmatrix}\dfrac{6(b-2x)(c-y)}{b^3c}\\ \dfrac{6(c-2y)(b-x)}{bc^3}\\ \dfrac{2}{bc}\left(1-\dfrac{6y(c-y)}{c^2}-\dfrac{6x(b-x)}{b^2}\right)\end{bmatrix}. \quad (8)$$

Для определения вектора моментов $\{M\}=\left(M_x \quad M_y \quad M_{xy}\right)^T$ используем равенство:

$$\{M\}=G\{\chi\}, \quad (9)$$

где для изотропного материала пластины

$$G=D\cdot\begin{bmatrix}1 & \mu & 0\\ \mu & c & 0\\ 0 & 0 & \dfrac{1-\mu}{2}\end{bmatrix},$$ μ - коэффициент Пуассона,

$$D=\frac{Eh^3}{12\left(1-\mu^2\right)}.$$

Выполняя преобразование (9) с использованием (8), получим

$$\{M\}=\frac{Eh^3}{12\left(1-\mu^2\right)}\begin{bmatrix}\dfrac{6(c-y)(b-2x)}{b^3c}+\dfrac{6\mu(b-x)(c-2y)}{bc^3}\\ \dfrac{6(b-x)(c-2y)}{bc^3}+\dfrac{6\mu(c-y)(b-2x)}{b^3c}\\ \dfrac{(\mu-1)}{bc}\left(\dfrac{6x(b-x)}{b^2}+\dfrac{6y(c-y)}{c^2}-1\right)\end{bmatrix}. \quad (10)$$

Для определения реакций в связях воспользуемся условиями равновесия элементарного участка пластины [5,7]:

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x}+\frac{\partial Q_y}{\partial y}+g(x,y)=0, \quad (11)$$

$$\frac{\partial M_x}{\partial x}+\frac{\partial M_{xy}}{\partial y}-Q_x=0, \quad (12)$$

$$\frac{\partial M_x}{\partial x}+\frac{\partial M_{xy}}{\partial y}-Q_y=0. \quad (13)$$

Подстановка найденных выражений компонент вектора $\{M\}$в (12) и (13) позволяет определить величины перерезывающих сил Q_x, Q_y:

$$Q_x=-\frac{Eh^3}{2\left(1-\mu^2\right)}\left(\frac{2(c-y)}{b^3c}+\frac{(c-2y)(2\mu-1)}{bc^3}\right),$$

$$Q_y=-\frac{Eh^3}{2\left(1-\mu^2\right)}\left(\frac{(b-2x)}{b^3c}+\frac{2(b-x)}{bc^3}\right).$$

Условие равновесия (10) выполняется на расчетной области почти всюду за исключением узловых точек, в которых величины Q_x, Q_y имеют разрыв в силу того, что в этих точках возникают реакции в линейных связях. Для узловых точек справедливы условия равновесия в виде:

$$Q_x+Q_y+r_{i1}=0, \quad (14)$$

где i - номер линейной связи, в которой формируется реакция от единичного перемещения первой связи,

$$r_{i1}=\frac{Eh^3}{12\left(1-\mu^2\right)}\times \times\left(\frac{6(b-2x)+12(c-y)}{b^3c}+\frac{12(b-x)+6(c-2y)(2\mu-1)}{bc^3}\right). \quad (15)$$

Величины линейных реакций $r_{1,1}$, $r_{4,1}$, $r_{7,1}$, $r_{10,1}$ определяются из равенства (15) при подстановке соответствующих координат узловых точек.

Выражения реакций в угловых связях определяются аналогичным образом из условий равновесия моментов в узловых точках:

$$M_x+M_{xy}+r_{xi,1}=0, \quad (16)$$
$$M_y+M_{xy}+r_{yi,1}=0. \quad (17)$$

То есть из (16) находим величину реакций в угловых связях 2,5,7,11 в плоскости ZoX, а из (17) — в связях 3,6,9,12 плоскости ZoY.

Полученные величины r_{i1}, $r_{xi,1}$, $r_{yi,1}$ формируют первый столбец матрицы R единичных реакций, определенных при помощи параметров вектора A_1, выраженных в свою очередь через: геометрические параметры h, b, c; механические параметры m, E, μ пластины.

Сформированные компоненты матрицы R не учитывают влияния распределенной инерционной нагрузки $\omega^2 mhg(x,y)$. Для ее учета воспользуемся теоремой о взаимности работ [6], согласно которой работа по преодолению внешних сил при перемещении связи

равна работе, совершенной поверхностной нагрузкой при прогибах пластины.

Исходя из того, что при перемещении используются связи с номером *i*, получим:

$$\frac{r_{ii}^{m}}{2}1=\int_{0}^{b}dx\int_{0}^{c}\frac{\omega^{2}mhg^{2}(x,y)}{2}dy. \qquad (18)$$

Таким образом, окончательно диагональный элемент формируется в виде суммы

$$r_{ii}^{\Sigma}=r_{ii}+r_{ii}^{m}. \qquad (19)$$

Формирование второго столбца матрицы *R* осуществляется аналогично при единичном перемещении второй связи. Система уравнений (3) при этом имеет вид:

$$\nabla\cdot A_{2}=(0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)^{T}, \qquad (20)$$

Последовательное решение систем уравнений вида (3) с бегущей единицей в правой части равносильно обращению матрицы узловых условий ∇, поэтому справедливо:

$$\nabla^{-1}=A, \qquad (21)$$

где $A=(A_{1},A_{2},\ldots A_{12})^{T}$.

Выполнение операций (7) — (19) с последовательной подстановкой столбцов матрицы *A* в выражение (1) формирует матрицу динамических жесткостей (амплитуд единичных динамических реакций) *R*, что позволяет аппроксимировать амплитудные состояния стационарных колебаний изгиба посредством узловых соотношений вида:

$$R\cdot U=F, \qquad (18)$$

где *U* - вектор амплитуд обобщенных узловых перемещений, а *F* - вектор амплитуд узловых сил.

Матрица амплитуд единичных динамических реакций *R*, стационарных моногармонических колебаний прямоугольного изгибаемого элемента с жесткими закреплениями (матрица гармонического прямоугольного элемента пластины) получена в аналитическом виде и представлена в таблице 1.

Таким образом, предложенный алгоритм реализации гармонического элемента обеспечивает устранение процедур дискретизации инерционных параметров пластины и связанных с ними погрешностей расчета. В алгоритме существование погрешностей обусловлено лишь наличием процедур аппроксимации жесткостных свойств пластины, также неизбежных в дискретных методах. Параметры модели остаются распределенными, а исходное уравнение в частных производных не заменяется системой обыкновенных дифференциальных уравнений динамики, описывающих колебания материальных точек дискретизированных в узлах ансамбля элементов.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Колоушек В. Динамика строительных конструкций. - М.: Издательство литературы по строительству, 1965.- 632 с.
2. Соболев В. И. Дискретно-континуальные динамические системы и виброизоляция промышленных грохотов. — Иркутск: Изд. ИрГТУ, 2002.-202 с.
3. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. — М.: Мир, 1984.-428 с.
4. Бате К., Вильсон Е. Численные методы анализа и метод конечного элемента. — М: Стройиздат, 1982. — 447 с.
5. Соболев В. И., Черниговская Т.Н. Построение прямоугольного гармонического элемента для моделирования колебаний тонкой пластины // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Вып. №4(16). ИрГУПС. Иркутск.2007. С.28-32.

Табл. 1

Матрица гармонического прямоугольного элемента пластины.

$$R = \frac{Eh^3}{12\left(1-\mu^2\right)}*$$

r1	*r2*	*r3*	*r4*	*r5*	*r6*
$\frac{12}{b^3}+\frac{12}{c^3}+\frac{6}{b^2c}+\frac{6}{bc^2}+\alpha$	***C***				
$\frac{\mu-1}{bc}-\frac{6}{b^2}-\frac{6\mu}{c^2}$	$\frac{4}{b}-\frac{\mu-1}{c}+\beta$	***И***			
$\frac{\mu-1}{bc}+\frac{6\mu}{b^2}+\frac{6}{c^2}$	$-\frac{4\mu}{b}-\frac{\mu-1}{c}$	$\frac{4}{c}-\frac{\mu-1}{b}+\gamma$	***M***		
$-\frac{12}{c^3}-\frac{6}{b^2c}-\frac{6}{bc^2}$	$-\frac{4}{bc}$	$\frac{6}{c^2}+\frac{2}{bc}$	$\frac{12}{c^3}+\frac{12}{b^3}+\frac{6}{b^2c}+\frac{6}{bc^2}+\alpha$	***M***	
$-\frac{\mu-1}{bc}+\frac{6\mu}{c^2}$	$\frac{1-\mu}{c}$	$-\frac{2\mu}{c}$	$\frac{\mu-1}{bc}-\frac{6\mu}{c^2}-\frac{6}{b^2}$	$\frac{4}{b}-\frac{\mu-1}{c}+\beta$	***E***
$\frac{\mu-1}{bc}+\frac{6}{c^2}$	$\frac{1-\mu}{c}$	$-\frac{2}{c}$	$\frac{1-\mu}{bc}-\frac{6}{c^2}-\frac{6\mu}{b^2}$	$\frac{1-\mu}{c}-\frac{4\mu}{b}$	$\frac{4}{b}-\frac{\mu-1}{c}+\beta$
$\frac{6}{b^2c}+\frac{6}{bc^2}$	$\frac{2}{bc}$	$-\frac{2}{bc}$	$-\frac{12}{b^3}-\frac{6}{b^2c}-\frac{6}{bc^2}$	$-\frac{6}{b^2}-\frac{2}{bc}$	$-\frac{4}{bc}$
$\frac{1-\mu}{bc}$	0	0	$\frac{\mu-1}{bc}-\frac{6}{b^2}$	$-\frac{2}{b}$	$\frac{\mu-1}{b}$
$\frac{1-\mu}{bc}$	0	0	$\frac{\mu-1}{bc}+\frac{6\mu}{b^2}$	$\frac{2\mu}{b}$	$\frac{\mu-1}{b}$
$-\frac{12}{b^3}-\frac{6}{b^2c}-\frac{6}{bc^2}$	$-\frac{6}{b^2}-\frac{2}{bc}$	$\frac{4}{bc}$	$\frac{6}{b^2c}+\frac{6}{bc^2}$	$\frac{2}{bc}$	$\frac{2}{bc}$
$\frac{\mu-1}{bc}-\frac{6}{b^2}$	$-\frac{2}{b}$	$\frac{1-\mu}{b}$	$\frac{1-\mu}{bc}$	0	0
$-\frac{\mu-1}{bc}-\frac{6\mu}{b^2}$	$\frac{2\mu}{b}$	$\frac{\mu-1}{b}$	$\frac{\mu-1}{bc}$	0	0

Табл. 1. (продолжение)

r7	*r8*	*r9*	*r10*	*r11*	*r12*
Т					
$-\frac{12}{b^3}+\frac{12}{c^3}-\frac{6}{b^2c}+\frac{6(2\mu-1)}{bc^2}+\alpha$	***Р***				
$\frac{\mu-1}{bc}-\frac{6}{b^2}+\frac{6\mu}{c^2}$	$\frac{\mu-1}{c}-\frac{4}{b}+\beta$	***И***			
$\frac{\mu-1}{bc}-\frac{6\mu}{b^2}+\frac{6}{c^2}$	$\frac{\mu-1}{c}-\frac{4\mu}{b}$	$\frac{1-\mu}{b}-\frac{4}{c}+\gamma$	***Ч***		
$\frac{12}{c^3}-\frac{6}{b^2c}-\frac{6(2\mu-1)}{bc^2}$	$-\frac{4}{bc}$	$-\frac{6}{c^2}+\frac{4-2\mu}{bc}$	$-\frac{12}{b^3}+\frac{12}{c^3}+\frac{6}{b^2c}-\frac{6}{bc^2}+\alpha$	***Н***	
$\frac{\mu-1}{bc}-\frac{6\mu}{c^2}$	$\frac{\mu-1}{c}$	$\frac{2\mu}{c}$	$\frac{1-\mu}{bc}-\frac{6}{b^2}-\frac{6\mu}{c^2}$	$\frac{1-\mu}{c}-\frac{4}{b}+\beta$	***О***
$\frac{\mu-1}{bc}-\frac{6}{c^2}$	$\frac{\mu-1}{c}$	$\frac{2}{c}$	$\frac{1-\mu}{bc}-\frac{6\mu}{b^2}-\frac{6}{c^2}$	$\frac{1-\mu}{c}-\frac{4\mu}{b}$	$\frac{\mu-1}{b}+4+\gamma(84c^2-175c+92)$

где $\alpha = 0.137\omega^2 hmbc$, $\beta = 3{,}175\cdot 10^{-3}\omega^2 hmb^3c$, $\gamma = 3{,}175\cdot 10^{-3}\omega^2 hmbc^3$.

Xu Xianfeng, Xiao Peng,
Xiong Xiang,Huang Boyun

УДК 620.22

EFFECTS OF SURFACE COATS ON THE MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF CARBON FIBERS

Introduction.

Carbon fiber has excellent mechanical and thermal-physical properties. It is widely used to reinforce composites, such as carbon fiber reinforced carbon composites (C/C composites) and carbon fiber reinforced silicon carbide composites (C/SiC composites) [1]. Chemical vapor deposition (CVD) is a versatile deposition technique; it has become one of the main processing methods for the deposition of amorphous, single-crystalline, polycrystalline thin films and coatings for a wide range of applications [2]. For raising the properties of such composites, it needs to improve the combine condition of interface between fibers and matrix. In order to get steps degree layers between the carbon fiber and the matrix, the classical way is to deposit a thin layer carbon or silicon carbide in the fiber surface in advance [3]. The structure and texture of C/C or C/SiC composites were observed to study the effect of fibers on the fiber/matrix interfacial bond. However, research about these changes has been scarcely reported. Here, surface structure observation, isotherm absorption and tensile test of carbon fibers were carried out before and after CVD. The effects of CVD on the properties of the carbon fibers are also discussed in this paper.

1. Experiment.

Carbon fibers were produced by Toho Chemical Industry Co., Ltd. (High Tension Annealing (HTA), 3K). After removal of the resin, the carbon fibers were washed and dried for preparation (sample A). Carbon was then chemical vapor deposited on the fibers (sample B) in a CVD furnace at 1173K for 6h, using propylene as the carbon source, Ar as the dilute gas and H2 as the carrier gas. While SiC depositions (sample D) were carried out at 1273K for 2h with SiH3-CCl3 as the SiC source gas, Ar as the dilute gas and H2 as the carrier gas. The fibers before and after CVD were observed by SEM using a JSM-6360LA. In addition, the N2 isotherm absorption was carried on at 77.35 K with Static State Volume Absorption Instrument (Aut-osorb-1, QUANTACHROME Company, America). The tensile strength and Young's modulus of the fibers were tested with a Filament Mightiness Instrument (YG001A-1, Taicang Textile Equipment Company, Jiangsu Province, China).

2. Results and Discussion.

2.1 The morphology of carbon fibers coated and uncoated.

Fig.1 shows the micro-morphology of high tension annealing (HTA) fibers observed by SEM before and after CVD. As shown in Fig.1, the surface of the HTA fibers after CVD becomes smooth, which shows that CVD C or SiC essentially repairs certain surface defects of the carbon fibers, such as micro-pores and cracks.

2.2 *Isotherm absorption properties of the carbon fibers coated and uncoated.*

Fig.2 shows the N2 isotherm absorption curves of coated and uncoated CFs at 77.35 K. With the increasing of the absorption pressure, the absorption quantity of each sample increases.

By analyzing the isotherm absorption curves of different carbon fibers, it has got the

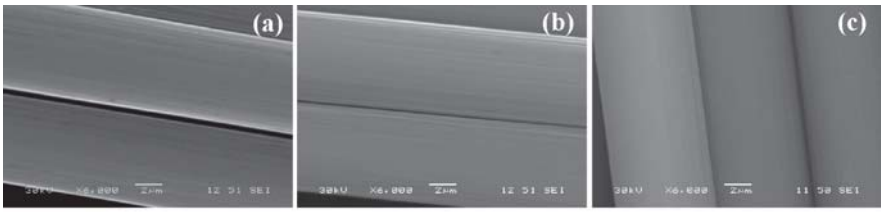


Fig. 1. The SEM morphology of HTA fibers before and after deposition(a) Removed resin CF, (b) CF after Coated C and (c) CF after Coated SiC.

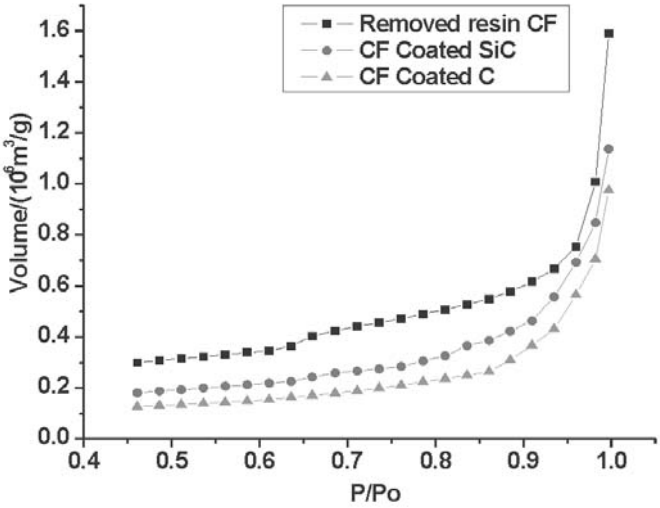


Fig. 2 Isotherm absorption curve of the coated and uncoated carbon fibers.

relationship curve of BET surface area (TSA) and the BJH accumulate pore volume (BPV) with the time, as shown in Fig.3. The values of TSA and BPV of removed resin CF are the largest for the processing of CVD can make the number of big pores reduce and the micro-pores disappear, as shown in Fig.1

2.3 The mechanical properties of carbon fibers coated and uncoated

The results of the mechanical properties of the HTA fibers before and after CVD were obtained using a Filament Mightiness Instrument, as shown in Table 1. According to these results, Fig.4 can be obtained by taking the treatment methods as the abscissa and the tensile strength and Young's modulus as the ordinate.

As shown in Fig.4, the tensile strengths are affected greatly by CVD, especially after CVD SiC. The tensile strengths of the fibers after CVD C and SiC are reduced by 2.5% and 14.9%, respectively, while the Young's modulus are decreased slightly by only 0.4% and 3.0%, respectively. The repair the surface defects of the carbon fibers by CVD would increase the tensile strength of the fibers [4]. However, the results obtained here show the reverse effect due to the thermal expansion coefficients of the carbon fibers and the mismatch between CVD C and SiC. Moreover, the difference in the thermal

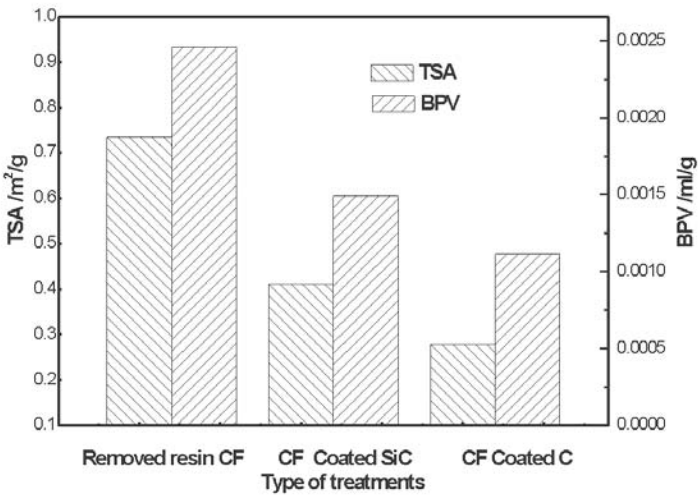


Fig. 3 BET surface area and total pore volume of the coated and uncoated carbon fibers.

Table 1

Mechanical properties of carbon fibers before and after coating treatment.

Mechanical properties	Samples of different treatment methods				
	A	B	C	D	E
Tensile strength/GPa	3.329	3.244	2.893	2.834	2.644

expansion coefficients between CVD SiC and the carbon fibers is larger than that between CVD C and carbon fibers. As a result, tensile stress occurs in the direction of the fibers when cooling. Indeed, the tensile strength of the fibers is more reduced after CVD SiC. In addition, corrosion of the fibers by micro-content impurity elements such as O, S, Ca and Cl in the CVD atmosphere, also contribute to the reduction of the tensile strength [5]. For uncovering the real reason, the carbon fibers as contrast samples (sample C and sample E) were placed in the Graphite crucible with a cover in the process of CVD C or SiC, which ensure the contrast samples, have no chemistry deposition while immersed in the eclipse atmosphere. It shows that the deposition atmosphere really has influence on the fibers; the atmosphere of depositing SiC makes the tensile strength and Young's modulus descend 19.2% and 5.3%, respectively. While that of deposition C only 13.1% and 5.1%, respectively. That is to say, the former atmosphere eclipses the CF more seriously. So if the corrosion of deposition atmosphere is considered, the mechanical properties of CF are improved by the repair process of CVD. The tensile strength and Young's modulus are increasing with different degree. The repair of CVD C can make the tensile strength of the fibers rise 12.1%, the Young's modulus rise 5.0%, respectively, while the repair of CVD SiC is 7.2%and 9.0%, respectively.

3. Conclusions.

(1) CVD C or SiC can be used to "repair" defects such as micro-pores and cracks on the surface of carbon fibers, resulting in a smoother morphology.

(2) The CVD coatings can change the surface pore structure of CF, make the number of big pores reduce, the micro-pores disappear, the TSA decrease and the BPV reduce.

(3)Atmosphere inside the CVD stove would damage the carbon fiber, but because of the repair function of SiC or the C coats, the tensile strength and Young's modulus can raise with different degree.

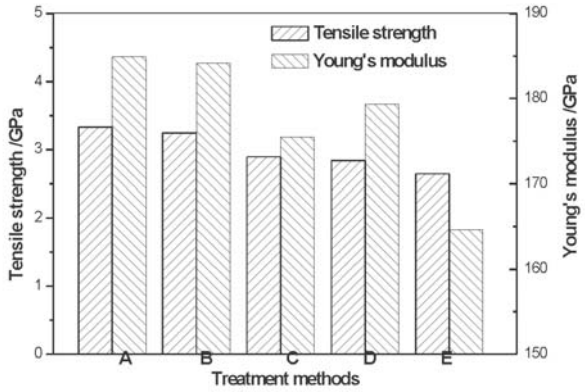


Fig. 4 Effect of Coat treatment on the mechanical properties of carbon fibers (CF).

BIBLIOGRAPHY

1. HE Fu. Carbon Fiber and Composites [M]. Beijing: Science Press, 2004:202-219.
2. K.L. Choy. Chemical vapour deposition of coating [J]. Progress in Materials Science. Vol.48 (2003):64.
3. Kawai and Chihiro. European Patent EP0435039 (1994).
4. X.M. Chen. Chinese Patent ZL1461829(2006).
5. Y.D. Xu, L.F. Cheng, L.T. Zhang, et al.: J. Eur. Ceram. Soc. Vol.21 (2001) :809-816.

Gao Jianping, Yin Hongyan

УДК 693.15

SHAKING TABLE TEST OF A 1/5 SCALED INTEGRATED MASONRY-IN-FRAME SYSTEM MODEL

1. INTRODUCTION.

In recent years, it becomes increasingly popular nationwide to add more stories to the existing buildings due to its particular techno-economy advantages such as investing little, occupying no more land, beautifying the cities' appearance, shortening the construction duration, sharing the infrastructure and extending the service life of existing buildings, etc. Especially, story-adding suits the China's situations because of excessively more people, relatively less land and the underdeveloped economy, which plays an important role in mitigating the pressure of needing for more building sites, improving the residential conditionJ¬expediting the upgrade and modernization of the cities' shabby zones. The integrated masonry-in-frame system is often used in practice, but its seismic performance and seismic design methods are not clear for lack of experimental and theoretical research. This sort of structural systems, therefore, are not encouraged to be employed currently in the Chinese Code: Technical Specifications for the Story-adding of Existing Masonry Structures (CECS78Jє96). Consequently, underlying problems maybe endanger the safety of those buildings of their type constructed or to be constructed in the seismic regions, since no relevant building codes to follow in the design and construction, which in turn affects its wide application to the practice. Based on the above background, model test was carried out for the first time, to investigate into its seismic behavior and calculating model.

2. SEISMIC DESIGN CONCEPT PROPOSED.

The innovative design concept to be presented originated from the upgrading of the Teaching Building of a college (Gao Jianping et al. 2003). That is, the new and old structure are separated from each other in elevation, whereas in the horizontal direction, they are connected by junctions to resist lateral force together, simultaneous with the seismic retrofitting of the masonry building. A new-style junction designed plays a key role in realizing the design concept. As shown in figure1, the external columns on either side of the masonry building, erected closely against walls, are connected to the two rows of internal columns that break through slabs at the center corridor. Two thin beams that sandwich the internal wall panel are linked by shear keys, which will help transfer horizontal forces between the two structural systems. The holes are designed to be 50mm deeper than the height of thin beam and shear key to permit the free settlement of the frame structure. In the mean time, both sides of some transverse walls

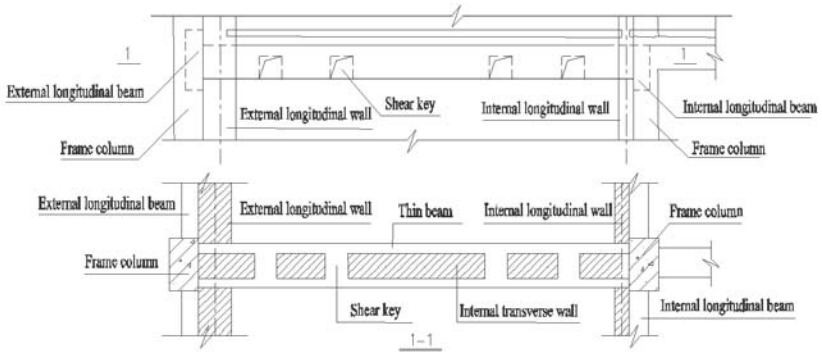


Fig. 1. Junction between new frame column/beam and existing masonry at floor level.

are thickened by 100mm-thick concrete with steel meshes bolted to the walls.

3. OUTLINE OF THE TEST

3.1 Design of the Model.

Considering the capacity of the shaking table to be used, a 1:5 scale 2-bay 2-story RC frame that spanned the 2-story brick masonry built earlier was constructed according to the similitude requirements. The plan and elevation of the model were shown in Figure 2. The story height of the masonry and frame was 580mm, 620mm, respectively, and the total height of the model was 2.72m. The dimension of the model brick was 48x38x24mm, its compressive strength was 7.5 MPa. The compressive strength of the cement mortar was 7.5 MPa. The floor slab was 40mm thick, with concrete strength of 20 MPa. Similar to the prototype, the model was transverse wall load-bearing, and continuity beams were cast at the second story. The reinforcement of the columns and beams were constructed according to the Chinese practice of seismic detailing. A reinforced concrete slab of 80mm thick was cast, on which the 2-story masonry was anchored. The elevation of column root was the same as that of the base slab of the masonry. To prevent the masonry from overturning or sliding, a bottom beam of 300 x150mm was cast around the original masonry building model, and 8 bars of 20mm in diameter were anchored into the bottom beams (2 bars each side). The physical parameters derived from similitude requirements were showed in Table 1.

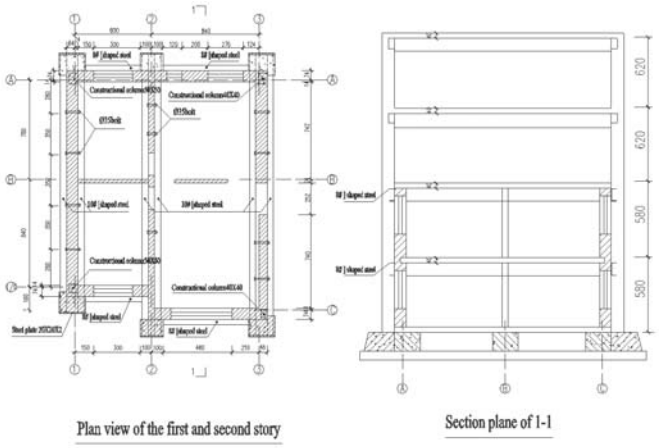


Fig. 2 Plan and elevation (Unit: mm).

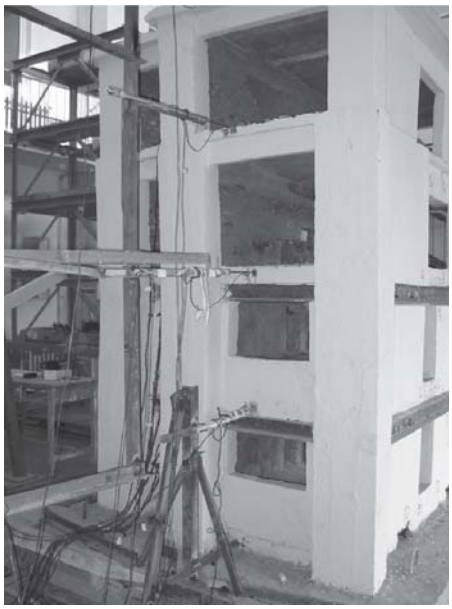


Fig. 3. The test model on the shaking table.

3.2 Instrumentation and Experimental Setup.

The test was carried out at the Structural Testing Laboratory of the Harbin Institute of Technology, Harbin, China. Displacement transducers and accelerometers were used to measure the lateral displacement and acceleration at each story. Figure 3 shows the experimental setup and instrumentations for the shaking table test. The instrumentation was confined to only Axis-2 due to the limitation in the number of available channels. The experimental results were interpreted, assuming that the behavior of Axis-2 represented that of the whole model structure in earthquake simulation test. This model was then subjected to the shaking table motions simulating Taft N69W, El-Centro N21E and Tianjin, respectively. The earthquake motions were input along the

Table 1

Physical parameters according to the similitude requirements

Dimension	Modulus	Stress	Frequency	Acceleration	Time and Period
0.2	1	1	2.236	5	0.447

transverse direction. The three time-history records were adjusted by adjusting the PGA and compressing the time scale by the factor of $\sqrt{5}$ according to similitude law. Therefore, compensation for the difference in the mass was artificially made by adding iron blocks. The effective weight of the model with iron blocks was estimated to be 130.6 kN while the weight ideally required by the similitude law was 140.1 kN. The error was approximately 7%.

4. RESULTS OF EARTHQUAKE SIMULATION TESTS AND INTERPRETATION.

4.1 Global Responses.

From these tests, the natural frequencies and damping ratios of the model were obtained by using the Fourier transform method. Table 2 showed that natural frequency tended to decrease and damping ratio tended to increase as the model experienced higher levels of ground motions. The fact that damping ratios were about 5JI accorded with the actual condition of RC structures and masonry buildings.

As shown in figure 4, the first modal shape of the upper two stories was of typical shear mode at elastic stage. The modal shape of the lower two story was a little steep. Obviously, it was the brick panels that contributed to the greater stiffness. At the transition floor, the lateral curve of the first modal form still assumed continuity, indicating that the modal shape could be considered as a shear mode as a whole.

4.2. Crack Development and Failure Mode.

As the excitation increased from 0.15g to 0.4g (El-Centro), four diagonal cracks at the walls were observed to extend to the column edge from the first to the second story at 1-axis and 3-axis (Figure 5). During this stage, only a slight change of dynamic characteristic (natural frequency) was found, which indicated that the model performed from elastic state to a slightly cracked state. No cracks were visible at the internal walls of 2-axis and other external longitudinal walls. As the amplitude of the excitation increased to 0.4g (Taft), the shaking table system was motivated by itself, which caused the stretching and widening of the original cracks. Except for few minor cracks noticed, no other big cracks occurred. Diagonal cracks developed at the walls under the lateral force and vertical load, which could be attributed to the deficient shear resistant capacity of brick masonry. While the typical shear failure mode indicated that the vibration model was inter-story drift model. During the whole run of the excitations, there were no horizontal cracks observed at the walls, the frame columns did not show any apparent cracks, too. The model did not show serious damage even after the excitation increased and reached the target PGA at the run of EL-Centro (0.6g), Taft (0.76g) , Tianjin (0.88g).

4.3. Displacement and Acceleration Response.

Typical measured time history of absolute displacement and acceleration of each story was shown in figure 6. The acceleration response increased as the excitation increased, each story shifted along the same direction at the same time. The maximum acceleration amplification factors increased with the floor as shown in figure 7, however, which decreased after the model cracked, owing to the degradation of stiffness and increase of damping ratios resulting from the occurring of cracks. The acceleration amplification factors of the top story ranged from 1.3 to 2.5. Figure 8 showed that the distribution of shear forces was of a ladder shape, indicating the behavior of the model was governed mostly by the first frequency. The time history of the floor displacement of each

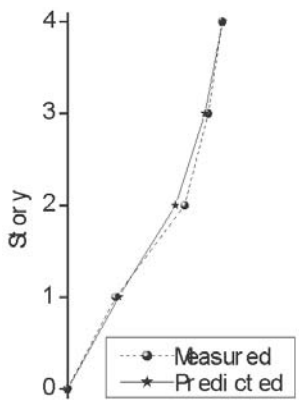


Fig. 4. Measured vs calculated 1st modal form.

Table 2

Natural frequency and damping ratio

Identification of test	Natural frequency	Damping ratio(%)
After El-centro_0.3g	7.5415	0.46
After El-centro_0.6g	7.2482	0.50
After Tianjin_0.45 g	7.8168	0.47
After Tianjin_0.6 g	7.7800	0.55

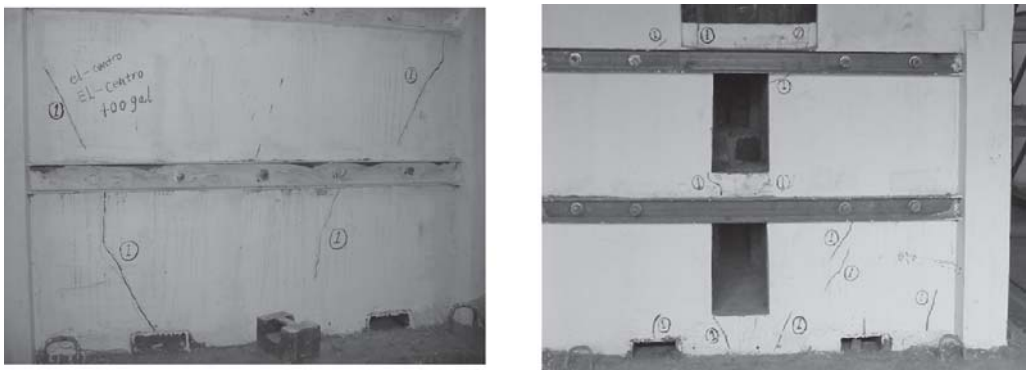


Fig. 5. Crack pattern of the brick panels at Axis-2 and Axis-3.

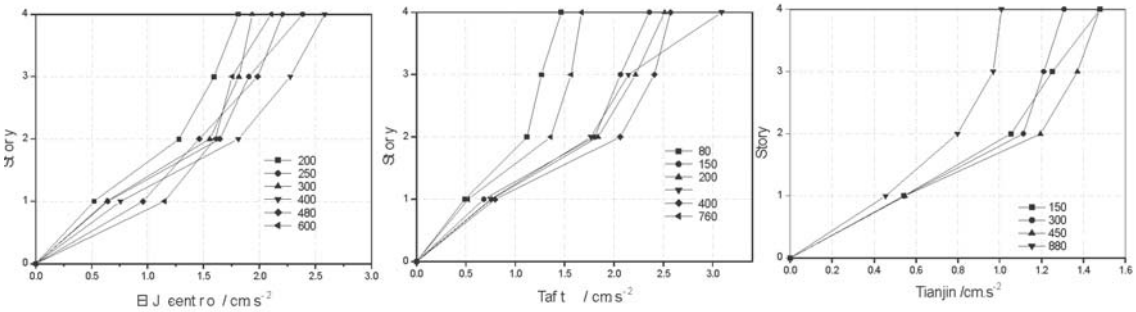


Fig. 6. Time histories of absolute displacement and acceleration for TAFT (PGA=0.4g).

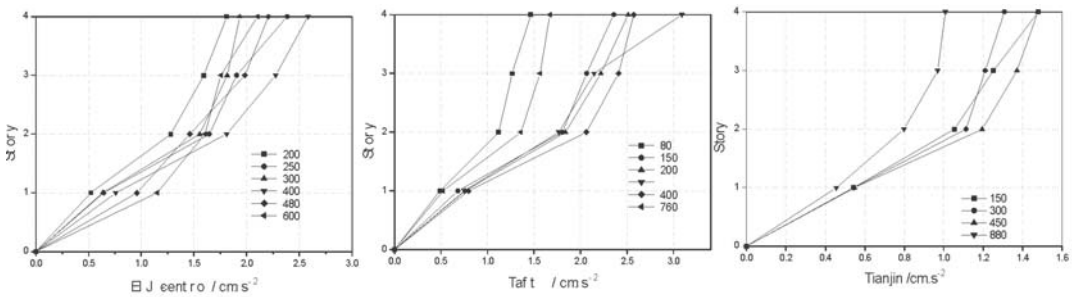


Fig. 7. Maximum acceleration amplification factors.

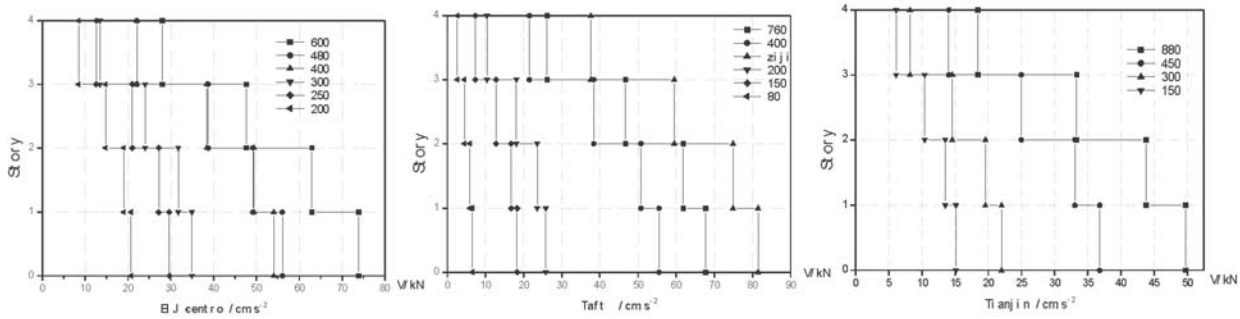


Fig. 8. Measured story shear envelopes.

story was of typical inter-story mode, and acceleration response was maintained in the shape of an inverted triangle approximately. From the profiles of measured inter-story drift indices in Figure 9, it could be noted that the inter-story drift changed abruptly at the transition floor (the third story) as well as the adjacent floor (the second story). The relationship between the top displacement and the base shear was shown in Figure 10, in general, the model behaved linear-elastically under the design ground motion.

A time-history analysis program was developed using the inter-story drift model, the MATLAB language, and the Higher-order Single Step B-Method (Wang Huanding et al 1999), a numerical integration method with higher accuracy. The calculated time history of

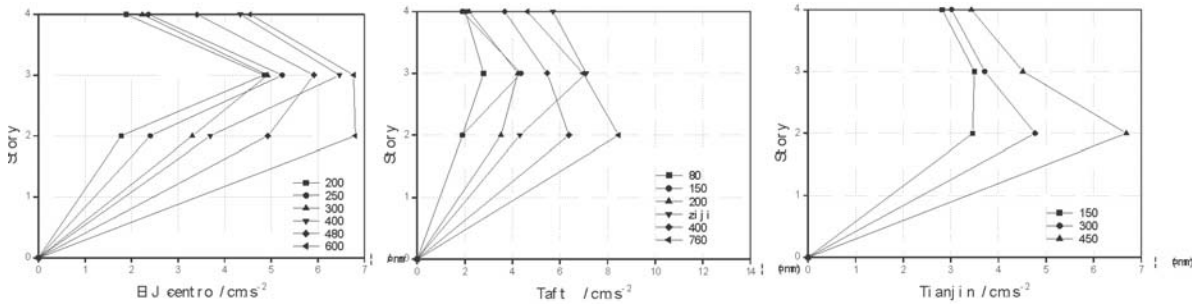


Fig. 9. Story-drift displacement.

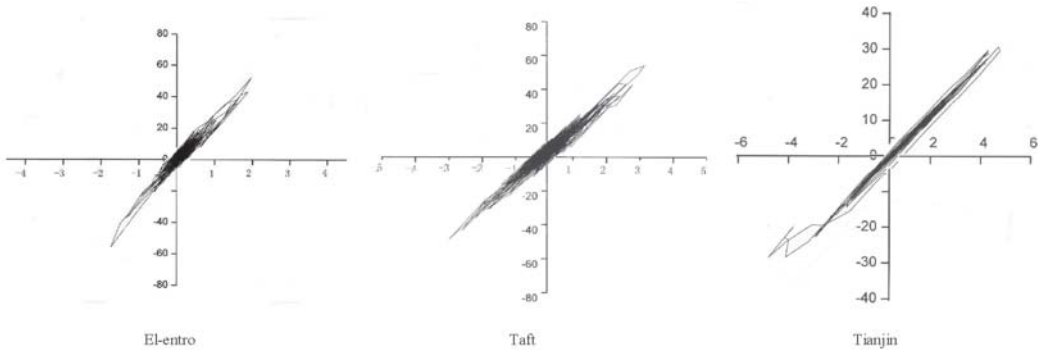


Fig. 10. Top displacement vs base shear.

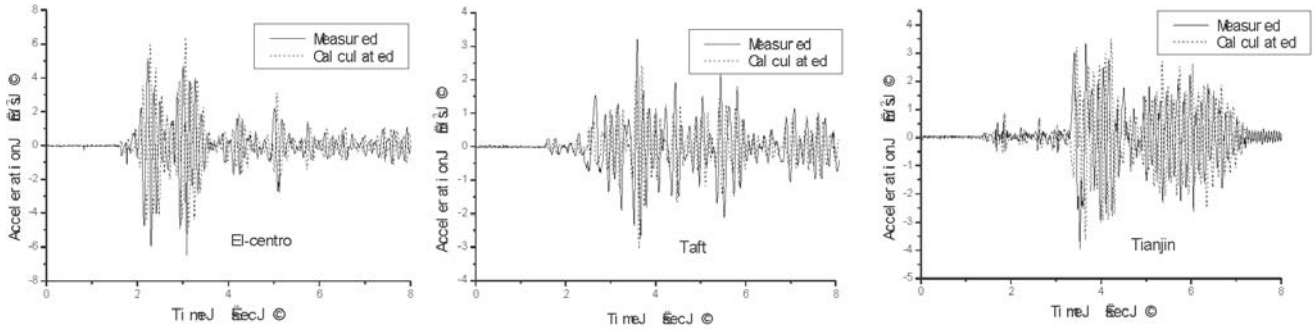


Fig. 11. Measured vs Calculated Time History of Acceleration For the Top Floor Level.

acceleration for the top floor agreed well with the test results, as shown in Fig.11, which proved it appropriate to adopt the inter-story drift model as calculating model.

5. SUMMARY AND CONCLUSIONS.

1.The seismic response recorded, modal shape identified and crack pattern observed all come to the conclusion that the vibration model and failure pattern is inter-story drift model.

2. The transition floor as well as the floors adjacent to it may be the weakest story. Therefore, attention should be paid to control the rigidness of inter-story within a reasonable range when designing this type of building.

3.Test and analysis results show that the brick masonry building of brittle failure can be remodeled into ductile frame-structural-wall system, using the upgrading and story-adding method proposed herein, while the seismic potential of existing building can be better utilized and the seismic performance of the complex structural system can be improved accordingly.

BIBLIOGRAPHY

1. Gao jianping et al.(2003). The Structural Design for adding two more stories to an existing masonry structure. *Structure in low temperature region*, 95: P.26-27.
2. Wang Huanding et al. (2003). A high order single step-в method for nonlinear structural dynamic analysis. *Journal of Harbin Institute of Technology*. 10: P.113-119.

Liu Hong, Xiong Liping, Zhou Xiang,
He Zhongyi, Zhang Shaoming

УДК 621.89

TRIBOCHEMICAL STUDY OF TWO TRIAZINE DERIVATIVES AS ADDITIVES IN RAPESEED OIL

1. Introduction.

Rapeseed oil(RSO) is traditional environmental friendly lubricants and posses good lubricating property, high-biodegradability and well-recycled performance. And it's extreme pressure and tribological behaviors can be increasing by adding lubricants. The N-containing heterocyclic compounds, such as benzotriazole, imidazole, triazine, etal, have been reported as excellent multifunctional lubricating oil and grease additives.

In the lubrication area, it is well-known that zinc diallkyldithiophosphates (ZDDP) are very commonly used excellent multifunctional lubricating additives, but use of these additives has been brought into question on account of problems of toxicity, waste disposal, filter clogging, pollution, etc . The recent AW and EP additives technology for both automotives and industrial applications is based on ashless sulphur-phosphorus chemistry. It will increase the extreme presuure and antiwear property by introducing the thiophosphate group into N-containing heterocyclic compounds. Amino takes on some extent alkalinity, it can control the corrosion wear by S and P in tribological process.

In the paper, we synthesized two novel ashless S-P-N type lubricating oil additives, 2,4-bis-dibuthylamino-6-(*O,O'*-dibuthyldithiophosphate)-*s*-1,3,5-triazine (code as BuBT), 2,4-bis-morpholinyl-6-(*O,O'*-dibuthyldithiophosphate)-*s*-1,3,5-triazine (code as MoBT). The tribological behavior of synthetic triazine derivatives and a commercial ZDDP as additives in rapeseed oil were evaluated with a four-ball machine. The tribological mechanism was discussed by analysis of Solid film structure of rubbed surface using Xray Photoelectron Spectroscopy (XPS) and Scanning Electron Microscopy (SEM).

2. Experimental details.

2.1 Lubricating oil and additives.

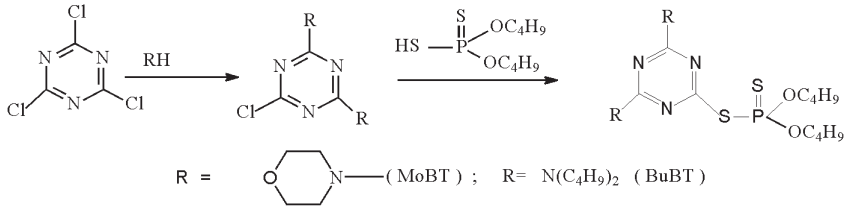
A commercial RSO product, made by Xi'an Jiali Oil and Grease Factory of China, was used as the lubricating oil without any further treatment.

The triazine derivatives were synthesized according to the pathway outlined in Scheme 1.

These products were characterized by IR, ^1HNMR and elementals analysis. The results of elemental analysis listed in table 1 are in good agreement with the required values within the limits and experimental error of lubricating oil additives.

2.2 Specimens and testing apparatus .

The wear properties of these novel triazine derivatives in rapeseed oil were evaluated with a four-ball machine at a rotating speed 1450 rpm, test duration of 30 min, loads of 98, 196, 294, 392, 490, 588 N, and room temperature about 20°C. The balls used in the tests were made of GCr15 bearing steel (AISI52100) with an HRC of 59—61. The load-carrying capacity of the additive was obtained according to GB3142-82, similar to ASTM D-2783. An optical microscope was used to determine the wear scar diameters of the three lower balls with an accurate reading to 0.01 mm. Then, the average of the three wear scar diameters was calculated and cited as the wear scar diameter reported in this paper. The friction coefficients were recorded automatically with a self-recording apparatus with the four-ball tester.



Scheme 1. Reaction pathway of novel compounds.

Table 1

The elemental analysis result of the synthesized compounds.

Compounds	Elemental analysis [Found / Calcd]				
	C	H	N	S	P
MoBT	46.88/46.44	7.09/6.92	13.09/14.26	13.88/13.03	6.65/6.31
BuBT	55.97/56.35	9.61/9.39	11.89/12.17	11.59/11.13	5.71/5.57

Table 2

The maximum non-seizure load (P_B value) of the RSO and RSO containing 1.0wt% additives.

Additives	BuBT	MoBT	ZDDP	RSO
P_B value(N)	1490	1127	980	686

For comparison, the lubricating performance of a commercial ZDDP, which was produced by Lanzhou refinery, was evaluated at the same time. Before each test, the specimens were cleaned in petroleum ether, then dried.

2.3 Worn surface analysis.

X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) was conducted with a PHI-5702 X-ray photoelectron spectrometer. The upper ball used for XPS analysis was washed ultrasonically with petroleum ether and dried after testing at additive concentration of 1.0 wt.% under load of 294 N for test duration of 30 min. The MgKα radiation was used as the excitation source at pass energy of 29.35eV, and the binding energy of C1s (284.6eV) was used as the reference. The wear scar morphology was visualized with JEM-1200EX Scanning electron microscopy at voltage 20 kV, to study the rubbed surface morphology and the S, P and N elements distribution in the rubbed surface film.

3. Results and discussion.

*3.1. The maximum non-seizure load (PB value)***.**

The maximum non-seizure load (P_B value) of the base oil (RSO), and 1.0 wt% additives/RSO were shown on table2. The results show that the P_B values of the two compounds are much higher than that of base oil and ZDDP. This indicated that these synthesized compounds have excellent load-carrying capacity. The P_B value of BuBT is higher than that of MoBT, and it indicates that the containing alkylamine triazine derivative possesses excellent load-carrying capacities than that of containing cycloamine triazine derivative in RSO at same weight concentration.

3.2 Friction-reducing Performance.

The friction coefficient of synthesized compounds and ZDDP in seven different concentrations and different applied load at the additives concentrations 3.0 wt% are shown in Fig1. The friction coefficient decreased with the applied load increasing, and BuBT is lower than that of ZDDP and that of MoBT is higher than that of ZDDP at same condition. It means that the alkylamino-containing triazine additives possess excellent friction-reducing behavior than cycloamino-containing triazine additive at long range applied load.

The friction coefficient of the RSO was 0.12 under the applied load 392N, but it was reduced 24.1 to 0.091of BuBT and 11.7% to 0.106 of MoBT by the addition of 0.5 additive to the base stock. As the adding BuBT amount reached 2.0%, a 39.1% reduction of friction coefficient was observed, and 29.6% for ZDDP. With the higher of additives concentration, the friction coefficient increased when additive concentration is more than 2.0 wt%. The decrease of friction coefficient can be attributed to the formation of adsorption film and/or reaction film by the additive on the rubbing surface[5]. The more novel additive is added, the more molecular layers within the adsorption film and more reaction products are generated to prevent the asperities on the rubbing surfaces from direct contact, and the lower the friction coefficients become. When the concentration arrives at some degree, the adsorption process tends to be saturated, it will not add the adsorption of additive. According to

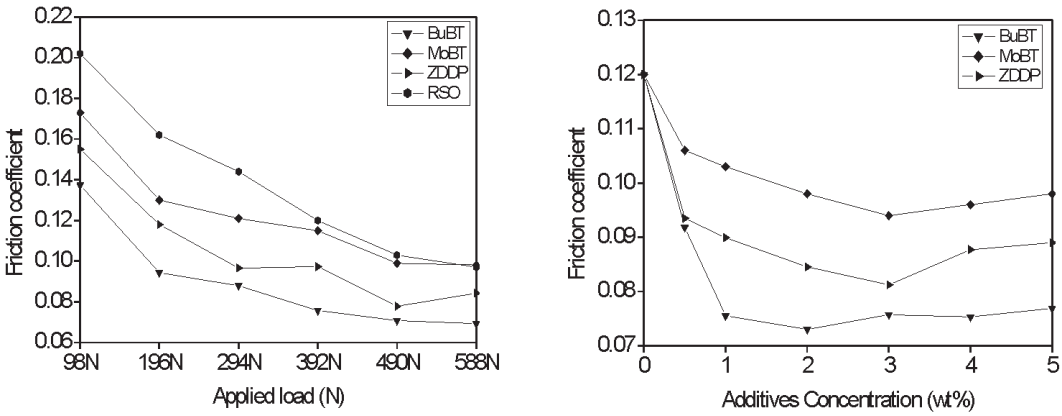


Fig. 1. The Friction coefficient of various applied load and additive concentration.

the lone electron part of amino, morpholine and triazine of MoBT can form a big p bind, it effect the additive adsorption to the metal surface. The alkylamino is easy contact to metal surface than cycloamino, and the reaction film tends to completely separate the asperities, therefore, the reduction tendency of friction coefficients decrease.

3.3 Antiwear performance.

Fig.2 gives the wear scar diameter (WSD) as the function of the additives concentration at the applied load at 392N and applied load at the additives concentration 3.0% in rapeseed oil. The results indicate that the additives exhibit good antiwear properties in a wide range of applied load. The wear scar diameter increases slightly at an applied load from 196N to 588N, it is similar to that of ZDDP. The MoBT possesses excellent antiwear behavior than others additives at lower applied load.

It can be seen that the addition additives in base stock significantly reduce the wear scar diameter, this results indicates that the novel S, P-containing triazine additives have excellent antiwear properties. The low WSD is reached at an additives concentration 2.0 wt%. When the additives concentration are more than 3.0wt%, the wear scar diameter heighten with the increasing of additives concentration. With the increasing of additives concentration, the S and P content are increased, the corrosive worn are increased. For BuBT, the performance is most outstanding in these additives. However the antiwear property of ZDDP is slightly better than that of those synthesized additives at lower concentration. It is due to the protective film formed by the additives and its decomposers on the sliding surface under the boundary tribological conditions.

3.4 A discussion of tribology mechanism of novel additives.

The enlarged SEM photographs is shown in Fig.3. It indicate that severe scuffing occurs with lubrication of rapeseed oil alone, taking on grain abrasion characteristic, for MoBT, it takes on grain abrasion pattern, but it is slighter than that of RSO, while only slight frictional tracks appear with lubrication of BuBT, assuming the characteristics of corrosive worn. It maybe the novel S and P elements had reacted with the metal surface during the friction process, generating chemisorption. And it is generally accepted that the tribological behaviors of the additives are closely related to the performance of the protective film formed by physisorption, chemisorption and tribochemical reaction during the process.

In order to explore the lubricating mechanism of these additives in RSO, XPS analysis of the worn surface was carried out, and the analysis results are shown in Fig.4.

For the N element of MoBT, the binding energy of N_{1s} is 400.5eV, existing in a organic nitrogen chemical state, which means that there is a just absorbed organic nitrogen on the steel ball surface and does not take part in tribochemical reactions.

The spectrum of S_{2p} of MoBT illustrates the existence of peak at 168.8eV, which corresponds to sulfate on the worn scar, showing the tribochemical reaction that occurred between the additive with the metal surface during the sliding processes. The Fe_{2p} peak appearing at binding energy 710.6 eV corresponds to iron oxide and/or

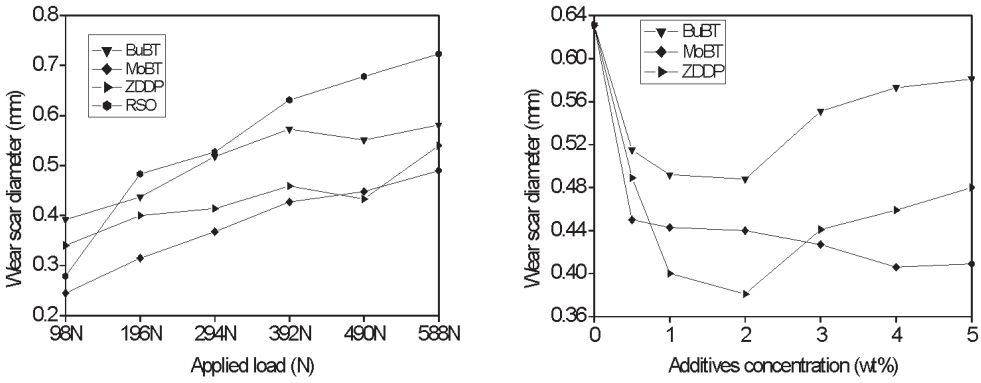


Fig .2. Variations in the wear scar diameter with concentration and applied load (N).

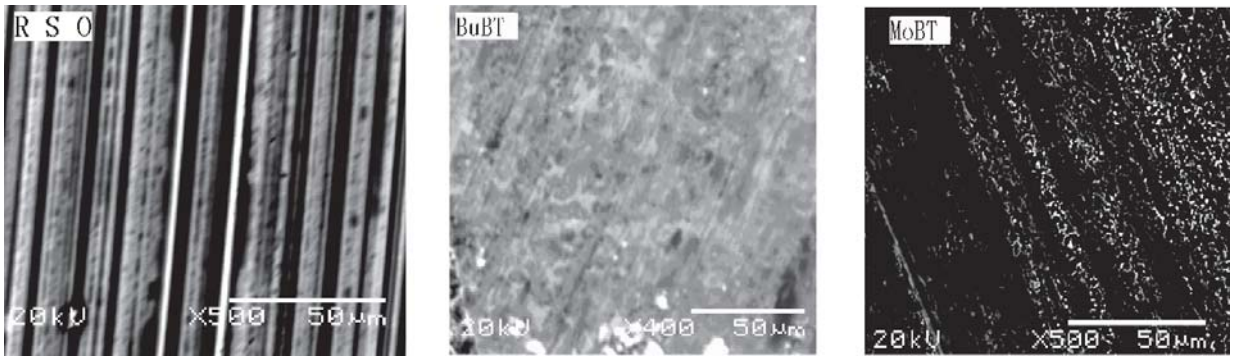


Fig. 3. The SEM morphologies of worn surface lubricated with RSO and 1.0wt% additive under294N.

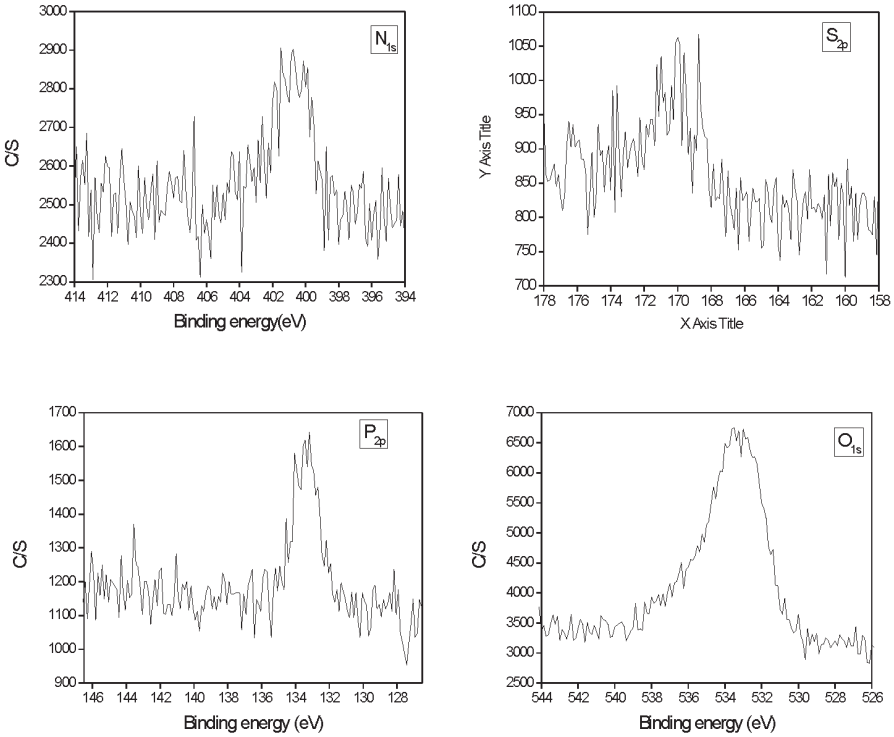


Fig. 4. The XPS spectra of N_{1s}, S_{2p}, P_{2p}, O_{1s} (1.0wt% MoBT/RSO).

sulfide, indicating that the lubricated steel surface is liable to oxidize or sulfurize in the friction process. The O_{1s} peak corresponding to iron oxide appears at 530.2 eV. The binding energies of P_{2p} is 133.9eV, which correspond to PO_4^{3-}, and means that it had occurred tribochemical reaction between the additives and steel ball surface during the lubricating process.

Surface analysis results demonstrate that the synthesized additives molecules maybe decomposed to produce $(RO)_2PS(S)H$ (or other SH compound), and amino-containing triazine group, so a stable lubricating film can be formed on the rubbed surface. This lubricating film is complex and consists of reaction layer and adsorption layer. The reaction layer originates from the tribochemical reaction of S, P elements contained in the dibutylthiophosphate group, which can easily interact with the freshly metal surface to form extreme pressure and antiwear surface film[8] which containing $FeSO_4$,(and / or FeS) and PO_4^{3J}. Products of tribochemical reactions between additives and metal surface can be transformed to an adherent antiwear surface film, which can prevent the direct contact of metal and metal, to reduce the metal stock abrasion. With such stable reaction and adsorption layers, the novel additive can effectively decrease the friction and wear, and possesses excellent tribological performances.

4. Conclusions.

From the above results, the following conclusions can be drawn:

1. Three synthesized triazine derivatives as additives in RSO show excellent load-carrying capacity and improve the antiwear and friction-reducing behavior at appropriate concentrations. The BuBT has excellent friction-reducing performance and load-carrying capacity than that of ZDDP and MoBT. The MoBT has better antiwear property than that of BuBT.

2. The friction-reducing and antiwear behavior of these additives are sensitive to weight concentration and applied load.

3. Through the SEM and XPS analysis results, the synthetic additives function to reduce friction and wear of steel-steel sliding system by chemical adsorption on and tribochemical reaction with the steel surface. The protective film formed during sliding processes contributed to the increase in the wear resistance and friction reduction

Acknowledgements.

The work reported here were supported financially by Jiangxi Natural Science Foundation of China (Grant No 2007GZH0838) and Jiangxi Education Department Foundation of China (Grant No 2007184) and Science Foundation of East China Jiaotong University(Grant No 04ZKJC11, 05ZKJC15) and Doctor Foundation of East China Jiaotong University.

BIBLIOGRAPHY

1. Liu Hong, Xiong Li-ping. Shi Qiu-jie, Tribological Synergy Study of a Benzotrizole ester Derivative and Tributhyl Phosphate,Materials for Mechanical Engineering. 2006;6:80-82.
2. Jiusheng Li, Hong Liu, Dapu Wang, Weimin Liu. The tribological study of a tetrazole derivative as additive in liquid paraffin, Wear, 2000, 246, 130-133.
3. He,Zhongyi,Rao,Wenqi, Ren,Tianhui, Liu,Weimin, Xue,Qunji, The Tribochemical Study of Some N-Containing Heterocyclic Compounds as Lubricating Oil Additives, Tribology Letters. 2002;13:87-93.

Lu Xiuguo, Liu Xuemei, Liu Yan

УДК 541.18.041.2

MAGNETIC-ASSISTED MICRO-OZONE APPLIED TO OXIDIZE METHYLENE BLUE DYE SIMULATED WASTEWATER

1. INTRODUCTION.

The aromatic hydrocarbon and the heterocyclic compound are mainly taken as a matrix in the dying and printing wastewater. It has the colored groups and bases (for example -N=N-, -N=O) and the polar groups and bases (for example $-SO_3Na$, -OH, $-NH_2$). If the dye molecules contain many groups and bases ($-SO_3H$, -COOH, –OH) which can form the hydrogen bond with water molecule like dyes and so on, then dye molecules can absolutely dissolve in the wastewater; If the dye molecules contain no or little hydrophilic groups and bases ($-SO_3H$, -COOH, –OH), then dye molecules exist in the wastewater in the form of suspended particulate. If dye molecules contain few hydrophilic groups and bases but the molecular weight is very large or does not contain the hydrophilic groups and bases, the dye molecules usually exist in water as colloid form. Presently, the hydrophobic or water-fast dye wastewater decoloration has basically been solved, but many hydrophilic or water-soluble dye wastewater is difficultly decolored[1].

At present, the chroma and COD_{Cr} of dyeing wastewater is usually removed by physical method, chemical method, or physical chemical method, and biological method, but above methods have their insurmountable shortcomings. This article takes methylene blue dye solution which is commonly used but difficultly biodegraded as the breakdown products, micro-ozone is the oxidant and magnetic field is the sur-field. The effect and efficiency which magnetic-assisted micro-ozone oxidation system degrades methylene blue dye is explored, the coordinated oxidizing mechanism is preliminary researched.

2. EXPERIMENTAL.

2.1 Instruments and Reagent.

Micro-ozone generator (Shanghai,China), KC-70C permanent magnetizer (Shanghai, China), SXG-1B teslameter (Shanghai, China), UV-265 spectrophotometer (Japan).

Methylene blue dye solution, the soluble starch is the analytical purity, the other are chemical purity.

2.2 Experimental procedures.

2.2.1 Ascertain the dosage of ozone production.

Appropriate amount of O_3 was aerated into 500mL KI solution in a graduated cylinder under normal temperature, for a certain time, the ration of oxidized solution (V_{KI}) was taken to titrate with the $Na_2S_2O_3$, then the productive quantity of ozone was calculated [2]

$$\textit{The ozone productiv equantity} = \frac{C_{Na2S2O3} \times V_{Na2S2O3} \times 48 \times 500}{6 \times V_{KI} \times Q \times t}.$$

In the formula: Q and t respectively expresses the ozone current capacity ($L \cdot min^{-1}$) and reaction time (min).

2.2.2 Ascertain the factors of the removal rate chroma of methylene blue dye simulative wastewater.

500mL simulative wastewater, regulates solution pH value, aerates the ration O_3 under the normal temperature, reacts for a certain time, the absorbency of simulative wastewater is determined, computes the decolorization rate.

$$\textit{Decolorization rate} = \left(1 - \frac{A}{A_0}\right) \times 100\% .$$

In the formula: A_0A respectively expressed absorbency of methylene blue dye simulative wastewater in the highest absorption peak place before and after treatment. Magnetic-assisted micro-ozone oxidation experiment as the same to normal oxidation experiment, the difference lies in which the methylene blue dye simulative wastewater in the graduated cylinder is put in the magnetic field in the magnetic-assisted micro-ozone oxidation experiment.

The factors which affect the removal rate of chroma are studied. These factors include the time of aerating O_3, pH value, intensity of magnetic field, magnetization time.

Table 1

The quality of raw wastewater.

Concentration $mg \cdot L^{-1}$	Chroma times	pH value
50	600	6

2.2.3 The quality of raw wastewater and chromophore of methylene blue dye.

The chromophore of methylene blue dye is C=N- group.

3. RESULTS AND DISCUSSION.

3.1 The factors of the removal rate of chroma of methylene blue dye.

3.1.1 The aeration time of ozone choice.

The pH value is 10, 500mL simulative wastewater, the density of aerated ozone is $1.167 mg \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$, at room temperature. The effect of ozone aeration time on the removal rate about chroma of the simulative dyeing wastewater has been investigated.

From Figure1, it can be seen that the chroma of simulative methylene blue dye is removed in a certain degree when ozone is aerated into this reaction system, and the removal rate of chroma increase with the aeration time of ozone increasing. The removal rate of chroma reached 97.8% when the aeration time of ozone is 30min. The removal rate of chroma reached 99% when the aeration time of ozone is 35min. According to the practical application, the best aeration time of ozone is 30min.

3.1.2 Reaction pH value choice.

500mL simulative wastewater, the density of aerated ozone is $1.167 mg \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$, the aeration time of ozone is 30min, at room temperature. The effect of pH value of the solution (use thin vitriol or sodium hydroxide to regulate) on the removal rate of chroma of the simulative dye wastewater has been investigated.

From Figure 2, it can be seen that the oxidization effect is best under the alkalinity condition (namely pH 10). The methylene blue dye wastewater is a kind of industrial wastewater which is difficultly degraded by biochemistry method. The general chemistry method very difficultly oxidized it. Ozone directly attacks organic matter by molecular form under acidity or neutral condition, moreover the molecular ozone response has the greatly strengthened selectivity. It only reacts with the unsaturated aromatic compound either the aliphatic compound or certain special groups and bases response. But the reason which the removal rate of chroma enhanced under the alkalinity condition is that ozone produces ·OH. It has stronger oxidation ability and is only inferior in

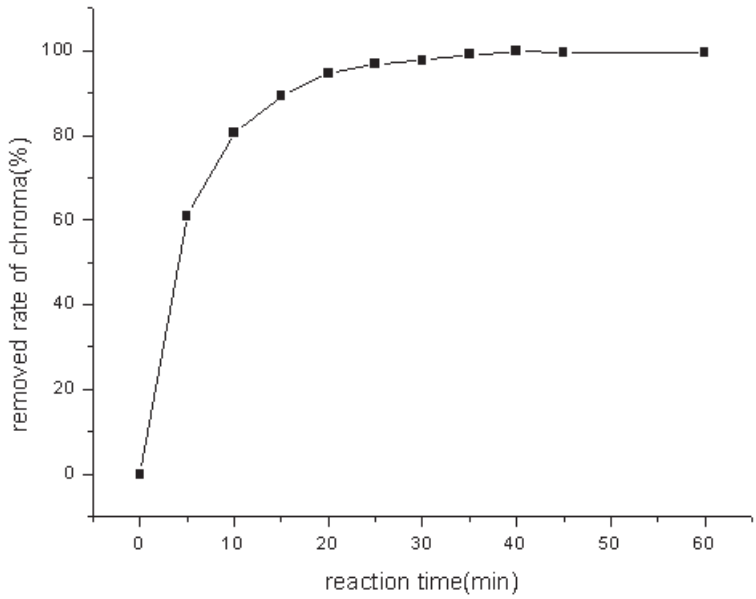


Fig. 1. Effect of the aeration time of O_3 on colority removal.

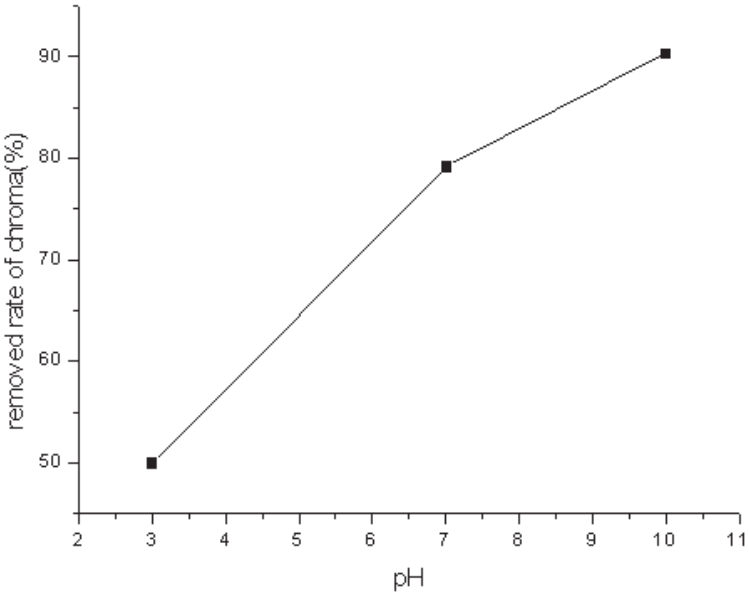


Fig 2. Effect of pH value on colority removal.

fluorin . Thus those difficultly biodegraded organic matter can be effectively degraded. First, the passive groups $-NO_2$,$-SO_3^-$of dye molecules were substituted by ·OH, it made aromatic rings active. Then the aromatic rings were decomposed and generated low fatty acid compounds. At last they were turned into CO_2 and H_2O.

3.1.3 Sur-magnetic fields magnetizations time choice.

pH value is 10, 500mL simulative wastewater, the density of aerated ozone is 1.167mg·L^{-1}·h^{-1}, at room temperature. The effect of aeration time of ozone on the removal rate of chroma under 374.1mT magnetic intensity is investigated.

The removal rate of chroma reached 97.8% needs 24min when the intensity of sur-magnetic field is 374.1mT. It is 6min shorter than without magnetic field. But with the magnetizations reaction time increasing, removal rate of chroma in intensity of magnetic field being 374.1mT was close to which without magnetic field. The result showed that the productive rate of hydroxyl radical was improved, but the productivity of hydroxyl radical was not improved.

3.1.4 Intensity of sur-magnetic field choice.

The pH value is 10, 500mL simulative wastewater, the density of aerated ozone is 1.167mg·L^{-1}·h^{-1}, at room temperature, with the aeration time of ozone 30min. The effect of intensity of sur-magnetic field on the removal rate of chroma is investigated.

From Figure 4, it also can be seen that the removal rate of chroma by different intensity of sur-magnetic field at the same reaction time was different. The greater intensity of sur-magnetic field was, the more removal rate of chroma was. But with the magnetizations reaction time increasing, the removal rates of chroma in different intensity of magnetic field were close to each other. The result showed that the sur-magnetic field enhanced productive rate of ·OH from micro-O_3/OH^- system truly, but has not enhanced its productivity.

3.2 In magnetic field ozone oxidize active blue dye response dynamics.

When pH value is 10, 500mL simulative wastewater, the density of aerated ozone is 1.167mg·L^{-1}·h^{-1}, at room temperature, every two minutes take a sample until 40 minutes. Determine absorbency in the 600nm, the results are listed on Table 2.

According to data in the table, the relation between γ and A is simulated in first-order kinetics equation under the magnetic field condition, the obtained correlation coefficient of linear equation above 0.99. It shows that the decolority response which micro-ozone oxidizes methylene blue dye simulative wastewater conforms to first-order reaction kinetics in the magnetic field [3].

3.3 Preliminarily reaction mechanisms research.

It has been very early discovered that the magnetic field has the obvious response to the free radical, free radical response is main response in the micro-O_3/OH^- oxidation system,

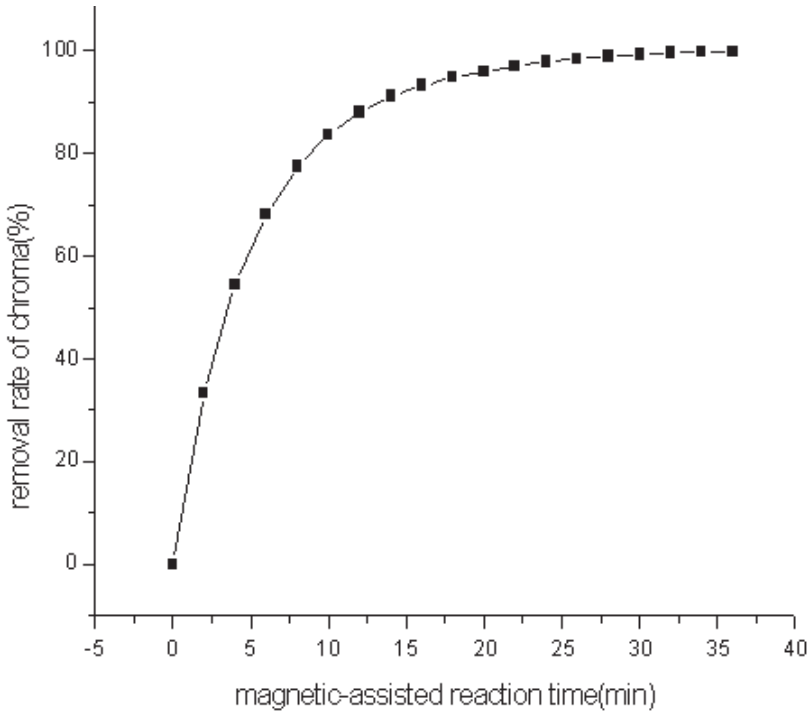


Fig. 3. Effect of magnetic-assisted reaction time on colority removal.

Table 2

The relation between A and reaction velocity.

t/min	A	γ/min^{-1}
2	0.797	0.159
4	0.544	0.092
6	0.380	0.071
8	0.270	0.042
10	0.195	0.026
12	0.143	0.021
14	0.105	0.017
16	0.081	0.009
18	0.062	0.007
20	0.048	0.006
22	0.036	0.005
24	0.026	0.004
26	0.019	0.003
28	0.013	0.003
30	0.009	0.002

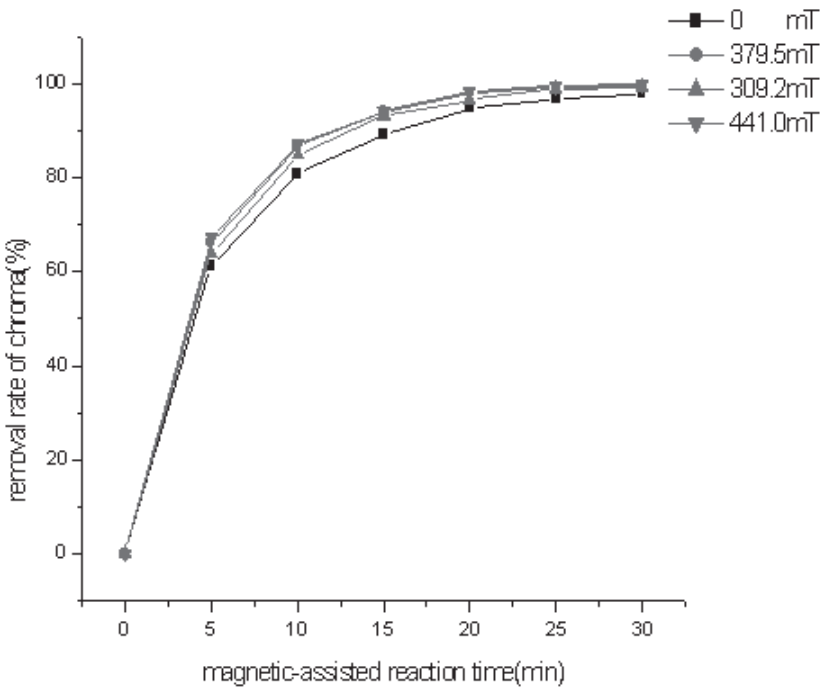


Fig. 4. Effect of intensity of magnetic field on colority removal.

therefore extrapolates the magnetic field/micro-O_3/OH^- oxidation system associated technology enhance the oxidation decomposed velocity of pollutant. It does not consume extra electrical energy like the supersonic and ultraviolet ray (may produce magnetic field by permanent magnet), is advantageous for application.

Under not sur-magnetic field condition, a magnetic field which being from the molecular interior (is called partial magnetic field) could provide the magnetic moment for the change of the spinning condition of the free radical. Under sur-magnetic field condition, the Larmor spinning velocity of the spinning vector of the free radical can be changed. The difference of the spinning velocity of two spinning vectors ($\Delta\omega$) can be expressed by the formula

$$\Delta\omega = \left(\frac{\Delta g \mu B H_0}{h}\right) \pm \left(a_1 - a_2\right) I .$$

In the formula, $\Delta g = |g_1 - g_2|$, g_1 g_2 respectively notes the g value of two free radicals alone electron, g value is related with the system nature, μ_B is a Bohr's magneton, h is the Planck constant, H_0 is the intensity of sur-magnetic field, a_1, a_2 are ultra fine coupling constants of two free radicals, I is the nuclear spin quantum number. The transformation speed which the two spinning vectors of free radicals from S state to T_0 state is decided by $\Delta\omega$ value. According to above formula, the above transformation speed can increase with Δg or Ho enhancing[4]. Speaking of the methylene blue dye simulative wastewater, Δg is a definite value in the microscopic structure, therefore the difference of the Larmor spinning velocity ($\Delta\omega$) is only decided by the intensity of macroscopic sur-magnetic field. According to Δg mechanism, the bigger H_0, the shorter transformation time and the quicker transformation speed from S state to T_0 state will be. Namely the more little-singlet state total, the smaller possibility of re-combination and the quicker rate of chemical reaction will be. This is the degeneration process mechanism of magnetic-assisted micro-O_3/OH^- system.

4. CONCLUSIONS.

4.1 Ultraviolet visible spectrum of the sample before and after treatment respectively.

Before treatment, the sample has the obvious absorption peaks in the ultraviolet visible range. After magnetic-assisted oxidation treatment, there are not absorption peaks in the visible light area. It shows that the color groups and bases are completely destroyed. At the same time the 300nm scan line also obviously reduced. It shows that the benzene ring is partially oxidized by the hydroxyl free radical and produced chain framework. Curve 2 (reaction time was 24min) dashed lines denotes the ultraviolet visible spectrum of sample which is oxidized by

magnetic-assisted oxidation system. Curve 3 (reaction time was 30min) solid line denotes the ultraviolet visible spectrum of sample which is oxidized by only oxidation system. The two ultraviolet visible spectrums are extremely approximate (reaction time is obviously different, dashed line is add-on shows difference). From Fig5 we can see that the productivity of ·OH under sur-magnetic field was the same to no sur-magnetic field. It shows that the sur-magnetic field did not enhance the productivity of ·OH.

4.2. Conclusions.

1. When 500mL simulative wastewater, pH value is 10, the density of aerated ozone is $1.167 mg \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$, the intensity of magnetic field is 374.1mT, the removal rate of chromaticity achieved 97.8% after oxidizing 30min without magnetic field. Comparatively, the removed rate of chromaticity achieved 97.8% after oxidizing 24min under the presence of magnetic field.

2. According to first-order reaction kinetics, the relation between γ and A is fit in first-order kinetics equation under the magnetic field condition, the obtained correlation coefficient of linear equation above 0.99. It shows that the response fits in first-order kinetics, the kinetics equation is $\gamma = 0.19246A$.

3. The sur-magnetic field enhanced ·OH productive rate of micro-O_3/OH^- system, but has not enhanced its productivity.

BIBLIOGRAPHY

1. Zheng Jilu, Fan Juan, Ruan Fuchang. Techniques and equipment for environmental pollution control, 2000, 1 (5): PP.29-35.
2. Zheng Yunzhong. the measurement of the ozone density, synthesize the material aging and applied 1990,000 (002): PP.37-41
3. Jiang Huanwei, Wang Yu , Li Fengkai et al. Journal of East China University of Science and Technology (natural science version), 2003, 29 (2): PP.166-169.
4. WangGuoquan, WuZhongyun, magnetic chemistry and medicine. BeiJing: Weapon Industry Press1997, PP.21-23.

Yang Feng-ping , Zhang Bi-wu,
Feng Chun-hua

УДК 621.311

MECHANICAL PROPERTIES MEASUREMENT AND SOFTWARE DESIGN OF VACUUM CIRCUIT BREAKER

1. Introduction.

With the rapid development of railway electrification transformation the vacuum circuit breaker which possess a lot of advantages such as high current interrupting capabilities, long life, safety, reliability, small noise, working under bad environment and operating frequently, has been used widely in the railway system[1]. As the main switch of electric locomotive, the reliability of vacuum circuit breaker is directly related to the reliable movement of electric locomotive. It needs inspecting, adjusting and maintaining frequently in the operation. So it has the extremely vital practical significance to strengthen the examination and diagnosis of vacuum circuit breaker.

But existing measuring devices have many defects. The measuring devices in China have many problems such as small applicable scope, inaccurate test data and inferior antijamming ability, bad human-computer interaction, and poor ability to storage, inquiry the result. The imported measuring device (PROGRAMMA Company TM1600/MA61) has good performance, but it has high price and it is inconvenient for Chinese to use English operation surface. Furthermore, the software function of measuring device is simple, it is extremely inconvenient to query and search the mass data, and it can not meet the needs of the circuit breaker measuring nowdays. So in order to solve these problems, a high precision,

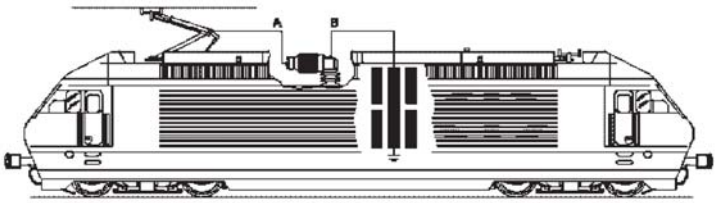


Fig. 1. Appearance of vacuum circuit breaker.

intellectualized, networked vacuum circuit breaker tester for vacuum circuit breaker should be designed and realized to meet the requirements of increasing reliability and safety in railway. The device provides the intelligent terminal for the railway informational management and can meet the needs of circuit breaker measuring.

Fig.1 is Vacuum Circuit Breaker's appearance and its position on electric locomotive(between A and B).

2. The Device Hardware Design.

Using Embedded technical grade mainboard EC3J-1547CLDNA(B) as the system core, combined with storage device DiskOnChip 2000, touch screen, sensor and micro-printer, the hardware platform of microcomputer system for test and control is constructed. Platform control and process ability enhances largely compared to which has taken the Single-Chip Microcomputer as the system core. Touch screen and miniature printer enables this instrument to have the excellent human-computer interaction.

The embedded mainboard which integrates CPU, SDRAM and so on is the core of Hardware platform, responsible for the control of the test and data processing. As storage device, DOC 2000 stores embedded Linux operating system which is reduced according to the system actual demands, operation control interface programme and examination data. As input device, the touch screen with operation control interface is responsible for receiving the user instructions. Simultaneously as output device, the touch screen is also responsible for the displaying of human-machine interface during the entire examination process. The miniature printer will print the examination parameters and results. The network function realizes uploading the examination result to the upper data center. The IDE equipment may be the host hard disk or the DOM equipment, which is mainly used to copy the entire software system from the host to the target machine in the developing period. The mouse and keyboard is also used in the debugging period.

Fig.2 is the device's hardware sketch .

3. The Device Software Design and Realization.

The device's software functions mainly depend on embedded Linux system, MiniGUI and MySQL database. The software realizes as follows: Regarded the PC which has installed Red Hat Linux 9.0 as the host machine, Embedded Linux operation system is constructed by cutting down from standard Linux-2.4.18 kernel, constructing subminiature root file system and seting GRUB etc. Then MiniGUI running environment is disposed and MiniGUI software package is installed in host machine. Then MiniGUI is used to write the graceful control interface which has a good performance in human-computer interaction. After that MySQL database is installed in host machine, MySQL is used to write program which realizes test result's storage and inquiry. The test result can be transferred to data center by program. It is

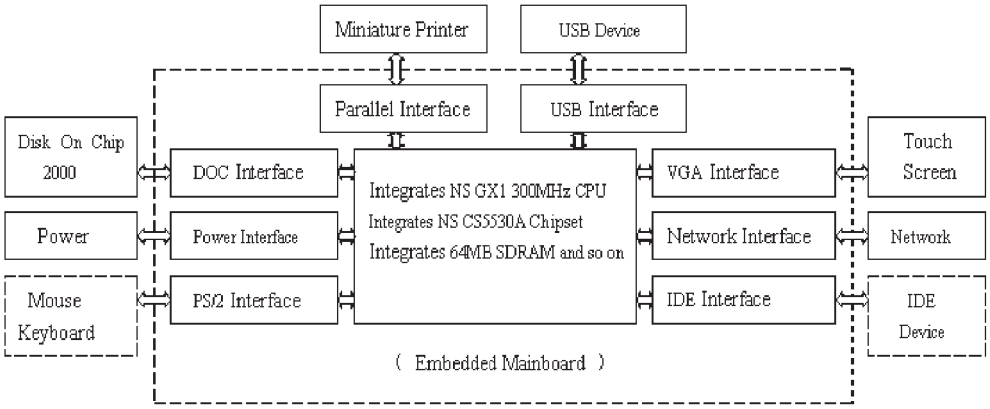


Fig. 2. Sketch map of the measuring device's hardware.

convenient to inquire and analyse data in the future. The designing process will be introduced in details in the following.

3.1 Construct Embedded Linux OS.

This device's operating system is constructed with embedded Linux. Constructing a miniature embedded Linux operating system can be divided into three parts approximately: cutting down Linux kernel, constructing subminiature root file system and seting GRUB[2].

According to the system actual demands, some unnecessary function modules have been deleted. Thus it not only reduces the system kernel length, but also reduces system resources which these modules occupy. Simultaneously some function modules are created to support to the storage device DOC 2000 and graphics engine FrameBuffer and so on.

GRUB is chosen as system bootloader for this device. The GRUB decides which kernel should be started according to the configuration files .The configuration files menu.lst can be read by GRUB in the root file system directory /boot/grub/ when the syetem is starting[3]. This system equips the corresponding configuration files according to the system hardware.

3.2. Graphics User Interface.

3.2.1. MiniGUI Introduction.

MiniGUI, developed by Beijing Feynman Software Technology Co. Ltd.,originates from a world famous free software project which is initiated by WeiYongming. MiniGUI aims to provide a fast, stable and lightweight graphics user interface (GUI) support system for real-time embedded systems.MiniGUI has been widely used in handheld terminals (mobile phones and PDAs), set top boxes, industry control systems, industry instruments, portable media players, and so on. Nine years have passed since MiniGUI was launched at the end of 1998, MiniGUI has become the de-facto standard in the field of embedded graphics middleware [4~6].

3.2.2. Design of the Device Function Based on MiniGUI.

Adopting the event triggering mechanism, this device's application software is mainly composed of following modules: system administration module, system entry module, user administration module, parameter load module, record inquiry module, record print module, graphical display module, network transmission module, movement test module and so on. The device's function structure is showed in Figure 3.

Fig. 4 is the corresponding main interface of vacuum circuit breaker.

On the main operating interface of measuring device, users can realize the module function by clicking corresponding buttons on the control panel. The user management module may manage the system user names and passwords, setting normal value of the circuit breaker's parameters. By clicking corresponding buttons in the user administration module, user

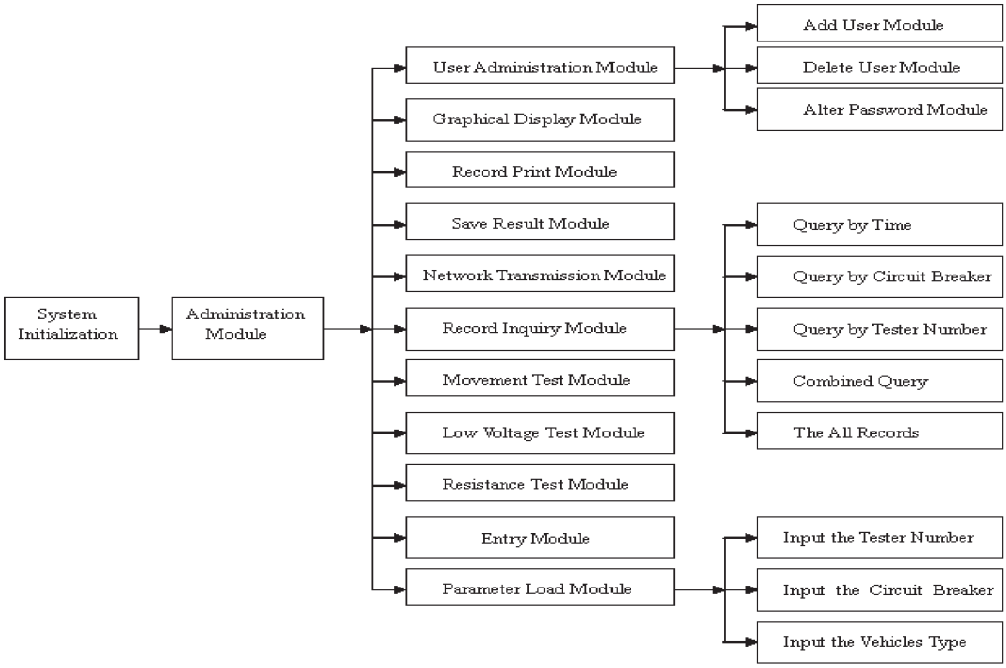


Fig. 3. Frame of the measuring device's function.

Fig. 4. Main interface of vacuum circuit breaker.

can be increased and decreased, and user passwords can also be changed or set. In order to manage safely, this module has the user authentication function. Only the administrator has the manage privilege. The parameter load module is mainly responsible for inputting the tester name, the vehicles type and the circuit breaker number and so on. After the setting finished, the user can click the save button, the system receives various parameters and displaying on screen immediately.

The historic record module is mainly responsible for inquiring the record in the database. The system provides five inquiry ways including inquiry by the start-end time, the tester number and the circuit breaker number and so on. The system searches the MySQL database according to the inquiry way. It creates the list of the records satisfying the inquiry condition.The user can query and delete the selected record. Figure 5 is the record inquiry module flow chart.

Fig. 6 is the corresponding record inquiry interface.

The system can display the data by graph in the graphical display module. It is convenient for user to analyze and process the data. It can upload the record result to the data center through the network transmission module. This device can also preserve and print the result freely. These functions are not only convenient for user to understand circuit breaker active status, but also useful for maintenance man to repair the vacuum circuit breaker.

3.3 Realization of Data Process Module Based on MySQL.

The MySQL database is a client/server system that consists of a multi-threaded SQL server that supports different backends, several different client programs and libraries, administrative tools, and a wide range of application programming interfaces(APIs)[7].It has become the world's most popular open source database because of its consistent fast performance, high reliability and ease of use. This system manages the device's data with MySQL database. The device manages MySQL database

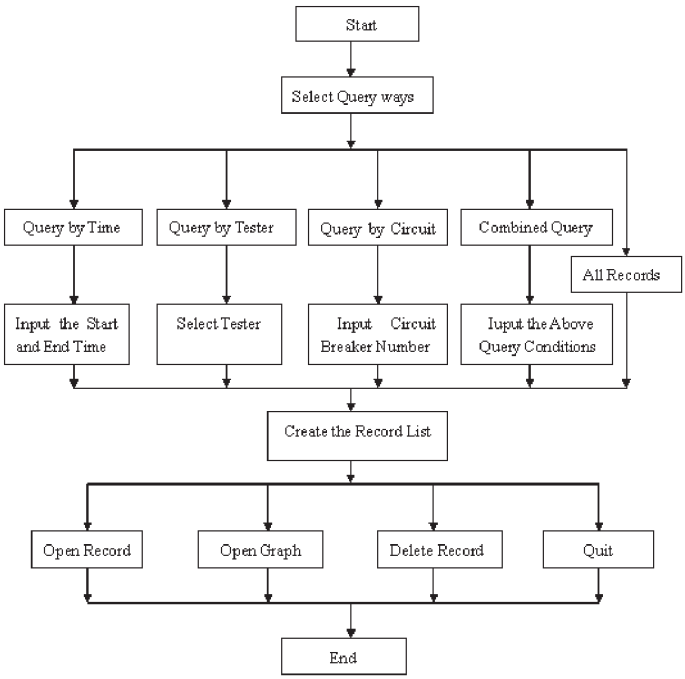


Fig. 5. Flow chart of record inquiry module.

Fig. 6. Record inquiry interface.

in graph through MySQL C API based on MiniGUI[8]. This method which primely meets the system needs is convenient for user to manage and maintain the MySQL database.

There are six steps to realize the database function using the MySQL API

(1) Using mysql_init(&mysql) function to establish the MySQL object and its initialization

(2) Using mysql_real_connect() function connect server.The mysql_real_connect() function prototype isJєmysql_real_connect (MYSQL *mysql, const char *host, const char *user, const char *passwd, const char *db, unsigned int port, const char *unix_socket, unsigned long client_flag), it include host name, user name, password, database name and so on.

(3) lock the database

(4) request to the MySQL database server by mysql_query()

(5) unlock the database

(6) Using mysql_close() function to close the database

Fig. 7 is the UML activity graph of operating MySQL by MySQL C API.

4. Conclusion.

The tendency of embedded development is using the latest embedded technical in the industry product which has outstanding man-machine interface. This system combines MySQL with MiniGUI under Linux operating system, realizing a high precision, intellectualized, networked vacuum circuit breaker tester. The device has lots of advantages such as small volume, high reliability, low cost of hardware resources, free of software, good human-machine interface, simple operation. So it has high practical value.

BIBLIOGRAPHY

1. YANG Xiao-jun; QU Xing-hua; CHEN Yong . Natural Parameter Measurement of Circuit Breaker and Software Design [J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators,2006(3)
2. Karim Yagbmour [M]. Building Embedded Linux Systems , O'Reilly , 2004(12).
3. WANG Xue-long.The Design and Application of Embedded Linux System[M] Tsinghua University Press,2001(8).
4. Beijing Feynman Software Technology Co., Ltd. MiniGUI Tech White Paper[M]. 2003(10).
5. Beijing Feynman Software Technology Co., Ltd. MiniGUI Programming Guide [M]. 2003(10).
6. Jaclik A, Kolenko T, Zupancic B. A graphical user interface of a 3D simulation Model for a steel-billet reheating process in a walking-beam furnace. IEEE.2003,1:469-473.
7. George Reese,Randy Jay Yarger Tim King,HugbE.Williams. Managing & Using MySQL second edition [M]. O'Reilly, 2003(5).
8. QIU Shui. Convenient to Manage MySQL in Graph. Open Source World.2004(3).

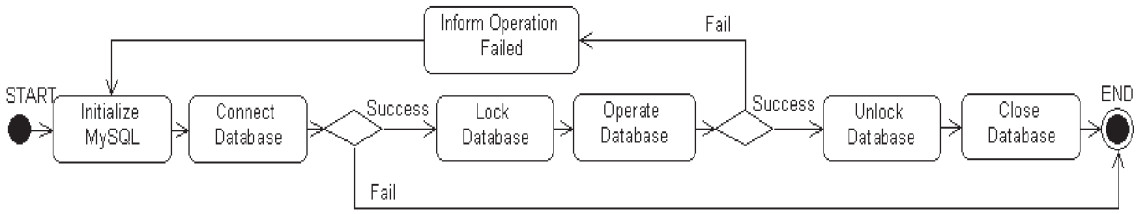


Fig. 7. Activity graph of operating MySQL based on MiniGUI.

He Zhongyi, Xiong Liping, Lu Jinliang,
Ren Tianhui, Zhang Shaoming

УДК 621.89

TRIBOLOGICAL STUDY OF A TRIAZINE DERIVATIVE AS LUBRICANT IN RAPESEED OIL

1. Introduction.

During the past 20 years, there has been an increasing interest in "environmentally acceptable" lubricants in Europe and North America. Vegetable oil are potential replacements for mineral oil as base stocks for environment friendly lubricants because they have high biodegradability, low toxicity and their residues can be recycled. Meanwhile extensive effort is being made to find suitable additives that can be used in biodegradable lubricants . Zinc dialkyldithiophosphate (ZDDP) as a traditional EP and AW additive contains Zn, S and P elements which can erode the metal and result to the deposition. The research also indicates that N-containing heterocyclic compound can absorb on the surface of metal and reduce the erosion. Now we design a sort of ashless additives containing S, P, and N elements, which may have good EP, AW capacity and low erosiveness.

In this paper, a triazine derivative which containing active elements such as S, P and N was synthesized, and the tribological behavior as additive in rapeseed oil (RSO) was determined using a four-ball tester.

2. Experimental details.

2.1. base oil and additive.

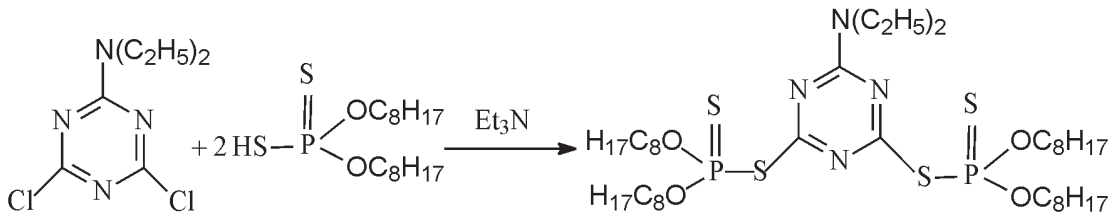
The base oil in the experiment was the RSO made in Jiali Lipa Co. Ltd.Xi'an, P. R. China. The novel S-P-N type additive were synthesized by the following chemical reaction equation (see the scheme 1). The compound was further confirmed by IR and elemental analysis. The tribological capability of ZDDP as additives in RSO was also determined as comparison.

2.2. The evaluation of their tribological properties.

The load carrying capacity of the compound in RSO was determined according to Chinese GB3142-82, similar to ASTM D2783. was used to evaluate the maximum non-seizure load, conducted at a rotation speed of 1450 rpm for a test duration of 10sec at room temperature. The friction and wear tests at ambient temperature were examined on a four-ball test machine made in Ji nan Testing Machine Factory of China, conducted at a rotation speed of 1450rpm and different loads for a test duration of 30min. All test balls (∅12.7mm) used in the test were made of GCr15 bearing steel (%C 0.95-1.05, %Si 0.15-0.35, %Mn 0.20-0.40, %P <0.027, %S <0.020, %Cr 1.30-1.65, %Ni <0.30, %Cu <0.25) with a hardness HRc of 59-61. A microscope was used to determine the wear scar diameters (WSD) of the three lower balls with an accuracy ±0.01mm.

2.3. The surface analysis of worn surface.

-At the end of the four-ball test, the upper ball were cleaned in petroleum ether (60-90 and then the worn scar was analyzed by XPS while the lower one was analyzed by SEM. XPS was conducted using a PHI-5702 electrometer. The radiation source was Mg Kα line with pass energy of 29.35eV and the binding energy of C_{1s} (284.6eV) was used as a standard value. SEM was conducted by a JEM-1200EX electrometer.



Scheme 1. Chemical reaction equation of the compound DEOP.

3. Results and discussion.

3.1 Load carrying capacity.

The maximum non-seizure load values (P_B value) of the additive in RSO are shown in table 1. It can be seen that DEOP possesses good load carrying capacities in RSO. The P_B value of the sample containing 1.0 wt% DEOP is 95.5% higher than that of RSO, and about 48.6% higher than that of ZDDP.

Table 1
Maximum non-seizure load (P_B value) of RSO and RSO containing 1.0wt% additives.

Samples	DEOP	ZDDP	RSO
P_B / N	1456.4	980	744.8

3.2. Wear and friction properties.

Fig.1 presents the relationship between the wear scar diameter (WSD) and the additive concentration. It can be found that DEOP have better antiwear property than RSO, and the WSD of oil only containing 0.5wt% additive is about 75% of that of RSO, while the effects don't change much when the concentration changes from 0.5wt% to 5.0wt%.

The relationship between WSD and friction coefficient as a function of load are shown in Fig.2.

The antiwear performance of DEOP are similar to that of ZDDP, and much better than that of the RSO. Under load 98N, all WSD is similar, but that of the oil containing 2.0wt% A is worse than others. Despite this, the WSD of lubricating oil containing additive is only about 2/3 of that of the base oil.

The friction coefficient of RSO is much higher than that of oil containing additives, but it becomes lower when the load is more than 490N,

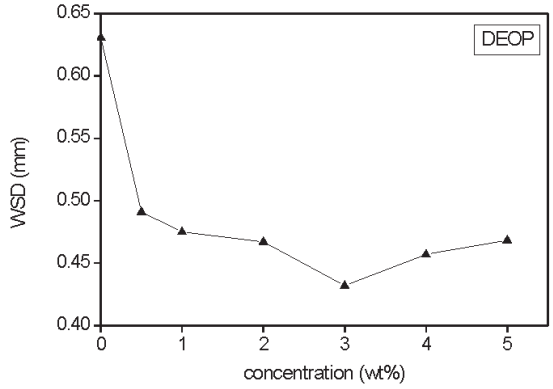


Fig.1. Wear scar diameter (WSD) as a function of additive concentration (Load: 392N).

while that of oil containing additive is more stable, and waves in a range, and it means that the novel S-P-N type triazine derivative has reducing friction property.

3.3. The analysis results of the worn surface.

Fig.3 is the electron micrograph of the wear scar. It shows that there are many furrows in the wear scar only with RSO, while it becomes smoother when lubrication with RSO containing 1.0wt% additive DEOP. The elemental distribution on the wear scar of steel ball in the later experiment was detected using SEM. From these figures, it also can be seen that the surface film contains S and P, and the abundance of S is higher than that of P.

Table 2 is the XPS spectra determining the chemical valence of the typical elements on the worn scar of the upper ball with 2.0wt% DEOP in RSO under 392N applied load for 30min. It is seen that the binding energy of S2p is 168.8eV which corresponds to SO_4^{2-}, the binding energy of N1s is 407.5eV which corresponds to NO_3^-, and the binding energy of P2p is 134.4eV which corresponds to PO_4^{3-}. This is also supported by the

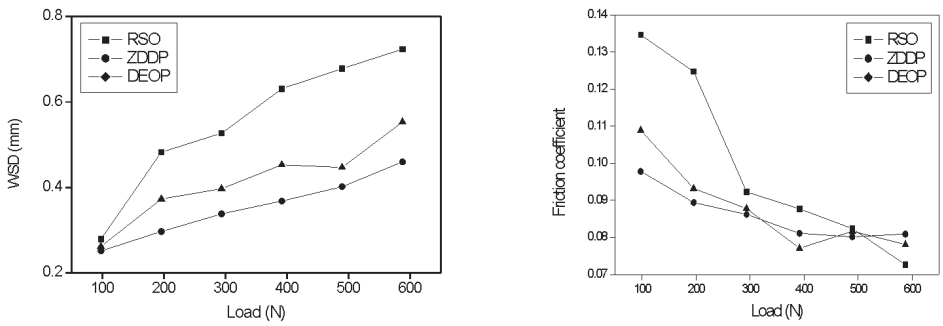


Fig.2. Wear scar diameter (WSD) and friction coefficient as a function of load (concentration: 2.0wt%).

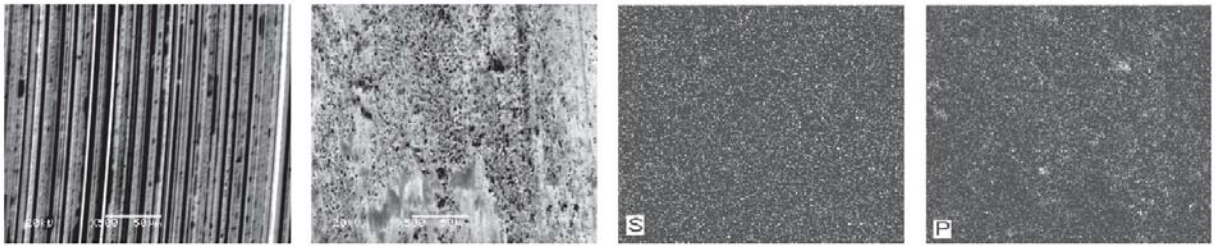


Fig.3. The micrograph and S, P distribution of the wear scar (294N, 30min, 1450rpm) (Left: RSO; right: RSO with 1.0wt% additive DEOP).

Table 2

Binding energy (eV) of S2p, P2p, N1s and Fe2p elements obtained from worn scar.

Binding energy (eV)					
C1s	S2p	P2p	N1s	Fe2p	O1s
284.7, 286.4, 288.8	168.4, 161.6	134.4	407.5	710.2	533.0

binding energies of O1s being around 533.0eV. It was also found that there is FeS according that the binding energy of Fe2p is 710.2eV while the binding energy of S2p is 161.6eV. The binding energy of C1s is 284.7eV, 286.4eV and 288.8eV, which correspond to C-H, CO-, COO- existing in the additive and RSO.

According to XPS data, tribochemical reactions occur between the additives and metal surfaces during the sliding process. The mainly binding energy of N1s is about 400eV, which correspond to C-N bonds and Fe-N bond[10], which indicates that the N element in the additive structure also reacted with the metal face when it was chemisorpted and/or physisorpted in the metal surface. All of these FeS, sulfate, organosulphur compound, phosphate and N-containing compounds contribute to the formation of the complex boundary lubrication film which improves the tribological behavior of the base oil. It is also supposed that the formation of the compounds containing active elements in the boundary film on the rubbed surface is one of the reasons that DEOP as additives in RSO exhibit good load carrying capacity, good antiwar and friction-reducing properties.

4. Conclusions.

(1). DEOP possess excellent load carrying capacity even much more than traditional lubricating oil additive ZDDP at some condition in RSO.

(2) Under boundary lubrication condition, DEOP possesses excellent antiwear property similar to ZDDP. In addition, DEOP has reducing friction property when load is lower 490N.

(3) DEOP as oil additive could form a boundary film, in which the main states of active elements are SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, to provide excellent antiwear function and load carrying capacity.

Acknowledgement.

The work reported here were supported financially by Jiangxi Natural Science Foundation of China (Grant No 2007GZH0838) and Jiangxi Education Department Foundation of China (Grant No 2007184) and Science Foundation of East China Jiaotong University(Grant No 04ZKJC11, 05ZKJC15) and Doctor Foundation of East China Jiaotong University

BIBLIOGRAPHY

1. He Zhongyi, Lu Jinliang, etal, Study of the tribological behaviors of S,P-containing triazine derivatives as additives in rapeseed oil Wear 2004, 257, 389-394.
2. He Zhongyi, Xiong Liping, etal, Synthesis and tribology study of bi-alkoxy mono-thiophosphate triazine derivatives as additives in rapeseed oil Chinese Science Bulletin, 2005 50-12, 1174-1179.
3. L. Jiusheng, Z. Yanyan, R. Tianhui, Tribological evaluation of S-(1H-benzotriazole-1-yl) methyl N,N-dialkyldithiocarbamates as additives in rapeseed oil, Wear, 2002;25(3):720-724.

Шумилова Л.В.

УДК 622.342.(575.1)

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД С ДИСПЕРСНЫМ ЗОЛОТОМ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УПОРНОСТИ

Масштабы промышленного использования и научных исследований в области обогащения полезных ископаемых непрерывно возрастают. В настоящее время потери ценных компонентов на стадии обогащения полезных ископаемых составляют 50-80% общих потерь в горно-металлургическом производстве. Комплекс процессов обогащения становится ключевым в решении важнейших горнотехнических проблем рационального использования минеральных ресурсов, создания малоотходных производств, разработки энергосберегающих технологий и др. Всё это приводит к необходимости искать новые пути интенсификации процессов извлечения ценных компонентов, в том числе золота из руд.

Развитие минерально-сырьевой базы золотодобывающей промышленности на современном этапе связано, главным образом, с масштабным вовлечением в разработку руд с рассеянными (дисперсными) формами нахождения золота в кристаллической решетке минералов-носителей.

Понятие «дисперсное золото» является одним из самых неопределенных в геологической и технологической теории и практике. Автор данной работы придерживается мнения большинства отечественных и зарубежных геологов и под «дисперсным золотом» понимает только его рассеянную в кристаллах минералов или в углистом (органическом) веществе форму выделения, не обнаруживаемую современными электронно - микроскопическими методами исследования (в связи с этим понятие «дисперсное золото» может быть определено как выделения золота с относительно широким диапазоном дискретности распределения в минералах-носителях - от отдельных атомов в составе микроминералов, природных сплавов, органических соединений до моноэлементных кластеров размерами порядка нанометров).

Из нанообъектов следует выделить кластеры — образования, содержащие до сотен тысяч атомов. Кластеры металлов занимают промежуточное положение между атомами и массивным металлом и представляют его особое состояние с измененными физико-химическими параметрами. Поэтому при геолого - технологическом исследовании руд необходимо учитывать в комплексе общий минеральный состав руд, определяющий связь дисперсного золота с конкретным носителем и проявление сорбционных свойств, влияющих на переосаждение растворенного при цианировании золота, содержание элементов-примесей, ассоциирующих с золотом, содержание элементов - потенциальных фиксаторов золота в матрице (мышьяк, теллур, селен, сурьма, углерод, железо, водород).

Чрезвычайное разнообразие вещественного состава сложных золотосодержащих руд, их широкая распространенность в природе, а также существующие требования максимально эффективного использования минеральных ресурсов вызывают необходимость выделения таких руд в отдельную категорию упорного золотосодержащего сырья.

Частицы тонкодисперсного золота распространены значительно более широко, чем видимые золотины. Они присутствуют во всех рудных месторождениях не только золота, но и многих других металлов, где видимое золото не встречается, а также рассеяны в больших массах гидротермально измененных пород. Вероятно, не будет преувеличением утверждать, что эта форма нахождения самородного золота в эндогенных месторождениях является универсально распространенной. Соответственно велики общие количества «распылённого» золота.

На основе проведенного анализа форм нахождения дисперсного золота в минеральном и органическом веществах творческой группой учёных Читинского филиала ИГД СО РАН Резником Ю.Н., Секисовым А.Г., Шумиловой Л.В., Конорёвой Т.Г., можно сделать вывод о том, что оно встречается в трех принципиально различных по характеру связей с минералообразующими элементами: в форме простых и комбинированных соединений; комплексных соединений с несколькими элементами, образующими своеобразные лиганды.

Классификационная схема форм дисперсного золота в минеральном и органическом веществах (рис.1), основанная на этом признаке выделения, следующая:

1. Дисперсное золото в форме простых соединений с одним из элементов непосредственно, в том числе металлами: металлами-аналогами и металлами, имеющими более сложную структуру ядра атома, чем у золота; неметаллами; металлоидом - стибниты.

2. Дисперсное золото в форме комбинированных соединений, в том числе: селениды; теллуриды; сурьмяные соединения; сурьмяно-теллуридные соединения.

3. Дисперсное золото в форме комплексных соединений: на основе железа; на основе алюминия; с органическими лигандами; с серой и металлами - металлосернистые; с кремнием и кислородом — кремнекислородные соединения; сурьмяно-теллуридно-сернистые соединения.

На протяжении более семидесяти лет учёные стремятся создать единую классификацию золотосодержащих руд, которая бы увязывала вещественный состав руд с их технологическими свойствами.

Учитывая авторитетное мнение отечественных ученых - докторов технических наук В.В. Лодейщикова (Иргиредмет), Г.В. Седельниковой (ЦНИГРИ) и В.И. Зеленова, по вопросу классификации золотосодержащих руд по упорности, следует отметить, что эти работы имеют большое практическое значение при определенных условиях.

Так В.В. Лодейщиковым, в качестве главного разделительного критерия при технологической классификации золотых и серебряных руд по упорности, принимается коэффициент извлечения Au и Ag на стадии цианистого выщелачивания , выражаемый через коэффициенты физической (ФД), химической депрессии (ХД) и сорбционной активности руды (СА).

Указанные коэффициенты в совокупности характеризуют степень технологической упорности руды в цианистом процессе, а каждый из них в отдельности — причину упорности руды, связанную с особенностями вещественного состава исходного сырья и определяющую в конечном итоге выбор рациональной схемы извлечения золота.

Основываясь на данном принципе и опираясь в известной мере на имеющиеся результаты исследований других авторов, а также на существующую практику переработки рудного сырья, все золотые и серебряные руды В.В. Лодейщиковым рекомендуется подразделить на простые, т. е легкоцианируемые руды (технологический тип «А») и упорные (трудноцианируемые) руды, которые в свою очередь включают три технологических типа:

Б — руды с тонковкрапленным золотом и серебром (физическая депрессия золота в цианистом процессе);

В — руды, цианирование которых сопровождается химической депрессией золота минеральными компонентами — примесями, проявляющими восстановительные или «цианисидные» свойства;

Г — руды, характеризующиеся повышенной сорбционной активностью по отношению к растворенным в цианиде благородным металлам.

Легкоцианируемые руды (технологический тип «А») рекомендуется разделитель на три основные технологические разновидности: кварцевые (A_{Si}), сульфидные $A_{Si(Fe)}$ и окисленные ($A_{ok(Fe)}$) в зависимости от преобладания в них соответствующих минералов — носителей рудного золота: кварца (силикатных пород), сульфидов (пирит, арсенопирит) и оксидов железа (лимонит и др.).

Выделение технологических разновидностей из упорных руд («Б-Г») произведено исходя из того, какие компоненты являются конкретной причиной упорности этих руд в цианистом процессе.

Однако опыт отечественной и зарубежной золотодобывающей промышленности показывает, что в обработку часто вовлекаются руды, сочетающие в себе два или несколько признаков технологической упорности руд: ФД+ХД, ФД+СА, ФД+ХД+СА и т.д. В этом случае отнесение руды к определённой категории (тип, разновидность) производится, ис-

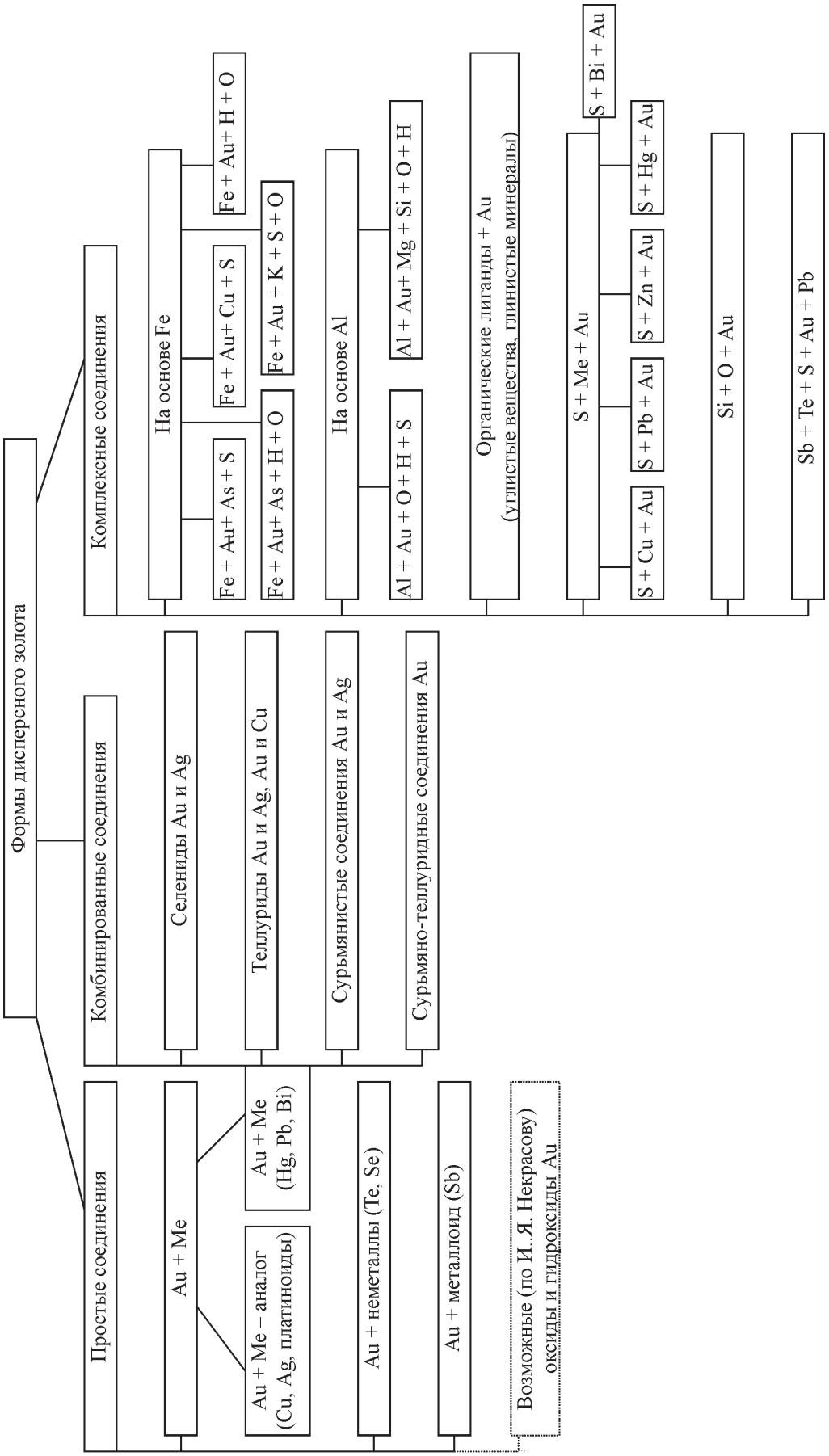


Рис.1. Классификационная схема форм дисперсного золота в минеральном и органическом веществах.

ходя из преобладающей формы технологической упорности в цианистом процессе, определяемой абсолютными значениями коэффициентов физической и химической депрессии, а также сорбционной активности.

Весьма дифференцированная технологическая типизация золотосодержащих руд предложена В.И.Зеленовым. Выделение основных типов руд в данном случае рекомендуется производить исходя из наличия в них, кроме золота, других ценных компонентов, необходимость извлечения которых, по мнению автора этой системы, является главным фактором, определяющим выбор технологической схемы обработки руды.

В соответствии с указанным принципом, все золотосодержащие руды подразделены на восемь основных типов: I - золотые; II - золото-пиритные; III - золото-медные; IV - золото-мышьяковые; V - золото-сурьмяные; VI - золото-урановые; VII - золото-ураново-пиритные; VIII - золото-полиметаллические. Каждый тип руды включает подтипы, различающиеся по степени окисленности минералов; в каждом подтипе, в свою очередь, выделены технологические разновидности руд, характеризующиеся различной крупностью золота и наличием компонентов-примесей, осложняющих технологию извлечения золота.

Разработанная В.И.Зеленовым классификация является своего рода обобщением ранее выполненных в этом направлении исследований других авторов и представляет собой попытку объединить в единую систему все характерные признаки золотосодержащих руд, определяющие возможности их обогащения, независимо от того, какие процессы и схемы должны лечь при этом в основу технологии переработки указанных руд. Следствием такого подхода явилась громоздкость предлагаемой системы технологической типизации золотосодержащих руд. В общей сложности В.И. Зеленовым выделено 25 технологических разновидностей руд,. Эта цифра может возрасти по крайней мере вдвое за счет других типов золотосодержащих руд, не нашедших отражения в рекомендуемой классификации (например, золото-серебряные, золото-висмутовые, золото-вольфрамовые и др.), а также выделения внутри каждого типа дополнительных подтипов и технологических разновидностей руд в зависимости от степени их окисления и крупности золота.

В научных публикациях Г.В. Седельникой, технология переработки руд рассматривается применительно к их технологическим типам. Приводятся шесть основных технологических типов золотосодержащих руд, которые выделены с учетом промышленной значимости полезных компонентов, форм нахождения и крупности золота, степени окисленности минералов, наличия осложняющих примесей и отличаются различными технологиями переработки руд.

К этим технологическим типам руд относятся: золотой (золото-кварцевый, золото-сульфидный) со свободным и цианируемым золотом; золотой (золото-мышьяковый) с тонковкрапленным золотом в сульфиды и другие минералы; золотосеребряный; золотополиметаллический (золото-медный, золото-свинцовоцинковый и др.); золото-сурьмяный; золотоносные коры химического выветривания, окисленные руды.

По отношению к основному способу извлечения золота из руд - цианированию золотосодержащие руды подразделяются на легкообогатимые (со свободным золотом и в сростках - цианируются хорошо), среднеобогатимые (со сложными минеральными формами металлов - цианируются не полностью) и труднообогатимые или упорные (с тонковкрапленными металлами и вредными примесями - цианируются плохо).

Детальные исследования «упорности» карлинских руд (США), проведенные Hausen, Robinson, Bucknam, Casparini и др., позволили установить, что существует две группы причин низкого извлечения дисперсного золота при цианировании — условно «физическая» и «химическая».

Проблемы низкого извлечения золота из упорных руд обусловлены следующими природными факторами:

Первая группа «причин физической упорности» включает следующие случаи:

а) золото покрыто оболочкой, состоящей из непроницаемых для циановых растворов минералов;

б) золото находится в виде сплавов;

в) золото покрыто (изначально или в процессе обработки) пленками, блокирующими доступ к нему цианидов;

г) руда содержит сорбционноактивный для золота компонент - глинистые минералы или углистое вещество, поглощающие его из раствора, быстрее, чем технологические со-

рбенты (активированный уголь или ионообменные смолы).

Вторая «химическая» группа причин упорности:

а) руда содержит нерастворимые в циановых растворах теллуриды;

б) руда включает минералы и органические соединения, активно взаимодействующие с компонентами технологического раствора и золото-циановым комплексом - сульфидные минералы, продуцирующие роданиды и поглощающие растворенный кислород, гуминовые кислоты, функциональные группы которых взаимодействуют с золотосодержащими соединениями.

Рассмотренная классификация причин упорности руд с дисперсным золотом, предложенная американскими геологами, безусловно, является научно обоснованной и практически применимой. Вместе с тем учитывая все многообразие генетических типов месторождений руд, содержащих дисперсное золото в различных формах, использование многоступенчатых технологических схем их переработки, необходимо ориентируясь на выделенные причины упорности, проводить геолого-технологическую оценку руд исходя из конкретных условий.

Приведенные выше примеры наглядно показывает, что разработка единой (универсальной) классификации золотосодержащих руд, в одинаковой степени удовлетворяющей специалистов различного профиля, является весьма сложной задачей, к решению которой можно подходить с самых различных позиций.

Следует отметить, что при разработке систем классификации золотосодержащих руд, есть причины упорности, которые часто не учитываются:

1) в процессе цианирования при кучном выщелачивании идут конкурирующие процессы сорбции кислорода каплями реагента при эммитерном (капельном) орошении и его дегазации при фильтрации раствора в материале кучи;

2) наличие покровных плёнок («рубашек», «наклёпок» и т.п., которые сорбируют реагент и останавливают процесс диффузии его в минеральной матрице).

Анализ результатов, проведенных исследований, сопоставление их с промышленным опытом извлечения золота из руд сложного вещественного состава, практически всех известных в мире разновидностей золоторудного сырья, привели автора к выводу о целесообразности выделения упорных золотосодержащих руд с дисперсным золотом в отдельную категорию минерального сырья и выработки научно-обоснованных критериев для выбора рациональной технологии их переработки.

В соответствии с целевой направленностью научной работы автора, основными объектами рассмотрения в разработанной классификации, являются сульфидные золотосодержащие руды или продукты их переработки. Технология обработки указанных минеральных объектов характеризуется рядом общих признаков. Главным из них является использование цианистого способа извлечения золота. Исходя из этого, разработан вариант технологической классификации золотосодержащих руд с дисперсным золотом по технологической упорности руд, основанный на отношении этих руд к процессу цианирования.

В классификации технологические типы выделяются по уровню извлечения при использовании стандартных схем сорбционного цианирования, а подтипы — по химической активности и концентрации, используемых при технологическом тестировании окислителей перед цианированием (от гипохлорита натрия до перекисно-щелочной сети) — Рис.2.

Все золотосодержащие и комплексные руды с дисперсным золотом в зависимости от показателя извлечения в них металла при стандартном цианировании более или менее 80% делятся соответственно на простые (П) — легкоцианируемые (не упорные или легко- и среднеобогатимые) и упорные (У) — трудноцианируемые (труднообогатимые).

В соответствии с разработанной классификацией руды, у которых извлечение золота в жидкую фазу при использовании атомно-абсорбционного метода анализа составило менее 80%, отнесены к упорным рудам. В свою очередь упорные руды в зависимости от химической активности и концентрации, используемых при технологическом тестировании окислителей перед цианировании, делятся на три группы: руды с физическими причинами упорности, руды с физико-химическими причинами упорности и руды с химическими причинами упорности. Каждая из выше указанных групп подразделяется на ряд типов.

Руды с физическими причинами упорности (ФУ) классифицируются на четыре технологических типа:

– технологический тип *1ФУ* — золото покрыто оболочкой, состоящей из непроницаемых для цианистых растворов минералов;

– технологический тип *2ФУ*— золото находится в виде сплавов;

– технологический тип *3ФУ* — золото покрыто (изначительно или в процессе обработки) пленками, блокирующими доступ к нему цианидов;

– технологический тип *4ФУ* — золото находится в минеральной матрице в форме наночастиц ($n \cdot 10^{-9}$м-$m \cdot 10^{-8}$м) и окточастиц

К рудам с физико-химическими причинами упорности (ФХУ) относится технологический тип *1ФХУ,* т.е. руды, которые содержат флотоактивные и сорбционно-активные компоненты - глинистые минералы или углистые вещества, усложняющие получение флотоконцентрата золотосодержащих минералов и/или поглощающие золото из раствора, быстрее, чем технологические сорбенты (активированный уголь или ионообменные смолы).

Руды с химическими причинами упорности (ХУ) подразделяются на два технологических типа:

– технологический тип $1ХУ_{Te}$— руды содержат нерастворимые в цианистом растворе теллуриды;

– технологический тип *2ХУ* — руды включают минералы и органические соединения, активно взаимодействующие с компонентами технологического раствора и золото-циановым комплексом-сульфидные минералы, продуцирующие роданиды и поглощающие растворенный кислород, гуминовые кислоты, функциональные группы которых взаимодействуют с золотосодержащими соединениями.

Для выбора оптимального варианта переработки золотосодержащего минерального сырья внутри каждого технологического типа выделяются промышленные сорта руды по упорности в зависимости от содержания золота — богатые, рядовые, бедные и по уровню дисперсности ценного компонента.

В настоящее время в России 80 % коренного золота добывается из месторождений с легкообогатимыми рудами (не упорными - легкоцианируемыми), к которым относятся руды зоны окисления и золото-кварцевой формации (см. Рис.2).

На их долю приходится более половины запасов золота. Месторождения с богатыми рудами (среднее содержание золота 10-40 г/т) и запасами 10-50 т, которые эффективно обогащаются по простой технологии (гравитация или гравитация + цианирование) с извлечением золота 92-98 %, представляют наибольший интерес для инвестирования.

К среднеобогатимым рудам, в соответствии с разработанной классификацией, относятся смешанные (окислено-сульфидные) и сульфидные. Наличие в золотосодержащих рудах сложных минеральных форм серебра, примесей, а также комплексный характер руд усложняют технологию их переработки. Для обогащения золототеллуридных руд применяют комбинированные схемы, основанные на сочетании процессов гравитации, флотации и цианирования. Концентраты плавят или обжигают, а затем цианируют.

Многокомпонентность золотосодержащих руд обусловливает необходимость применения довольно сложных технологических схем обогащения и переработки концентратов, включающих процессы тонкого измельчения и многостадиальной классификации, гравитации, флотации, иногда цианирования хвостов флотации, плавки полученных концентратов. Это удорожает стоимость переработки руд и ставит задачу создания новых эффективных технологий на основе использования фотометрической и рентгенорадиометрической сортировки, колонной флотации, биохимического, автоклавного и электрохимического окислений, новых селективных флотореагентов и растворителей.

Второе место по запасам и третье по прогнозным ресурсам после легкообогатимых занимают упорные руды (трудноцианируемые - труднообогатимые): сульфидно-сульфосолевые, сульфидно-углистые, сульфидно-солевые с углистыми и органическими веществами. Эти руды в настоящее время практически не вовлекаются в переработку и являются основным резервом увеличения добычи золота в России.

Месторождения упорных руд представлены объектами среднего и крупного масштаба. Почти все они расположены в районах с неблагоприятными географо-экономическими условиями: Нежданинское, Кючюсское в Республике Саха (Якутия), Майское на Чукотке, Олимпиадинское в Красноярском крае, Итакинское, Дельмачик, Быстринско-Ширин-

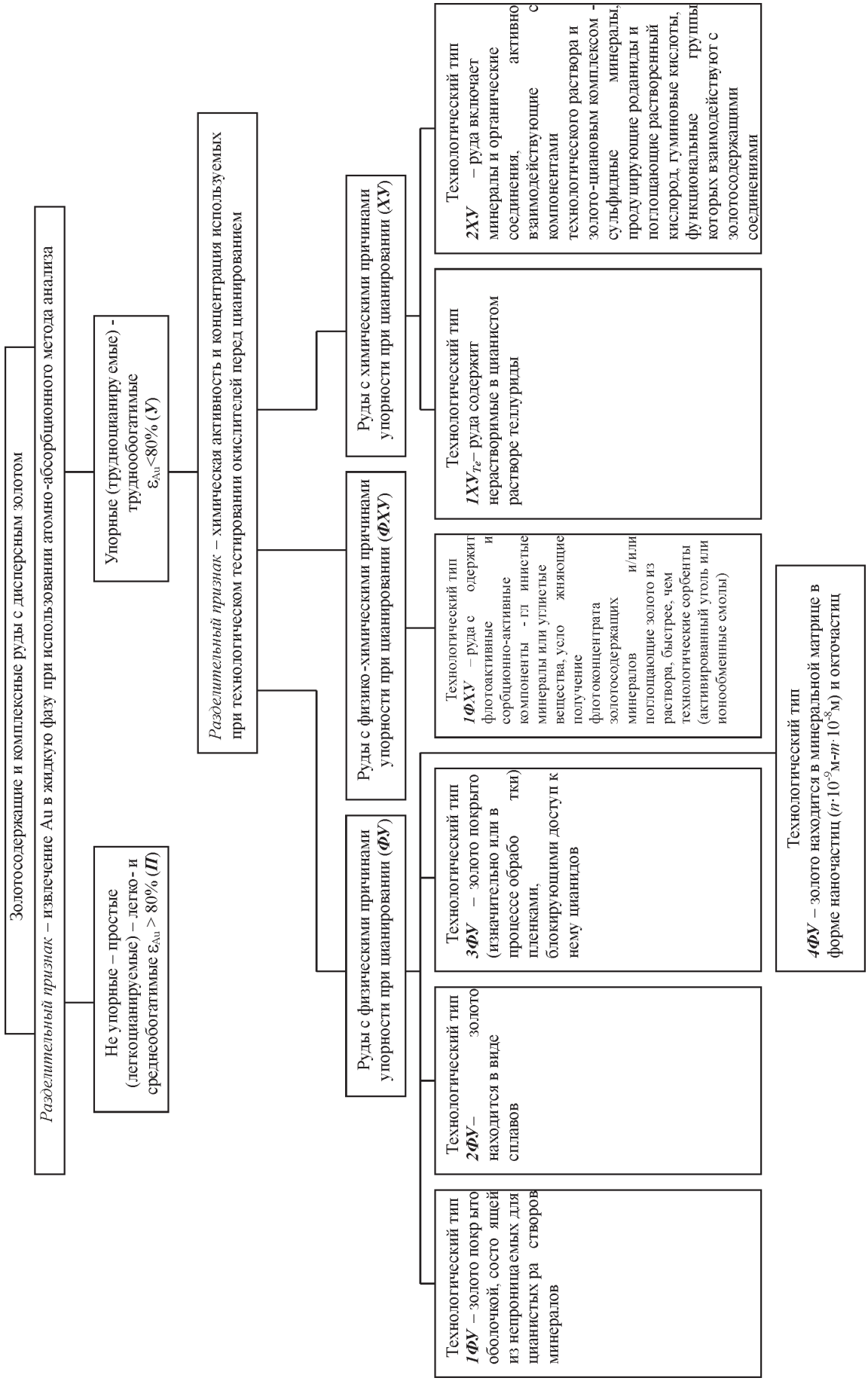


Рис.2. Классификация золотосодержащих руд с дисперсным золотом по технологической упорности.

ское, Культуминское, Дыбыксинское, Талатуйское, Ниже-Ключевское и др. в Забайкальском крае.

Одной из главных причин, по которым сдерживается освоение этих месторождений, называют отсутствие эффективной и экологически безопасной технологии переработки.

Однако за рубежом месторождения упорных золотосодержащих руд успешно эксплуатируются. Для "вскрытия" и извлечения тонкодисперсного золота применяют в основном три способа: обжиг, автоклавное и биохимическое окисление с последующим цианированием в присутствии активированного угля (процесс "уголь в пульпе").

С целью ускорения вовлечения в эксплуатацию крупных месторождений упорных золотомышьяковых руд с дисперсным золотом, необходимо довести до промышленного внедрения наиболее экономически рентабельный и экологически безопасный способ переработки. Такой способ - кюветно-кучное выщелачивание золотосодержащего минерального сырья, который разработан в Читинском филиале ИГД СО РАН совместно с РГГРУ.

Технология кюветно-кучного выщелачивания золота со сменными активационными блоками адаптирован к типу руды и её технологической упорности, и позволяет увеличивать извлечение дисперсного золота более, чем на 20% и повысить эффективность и интенсивность процесса выщелачивания, что в свою очередь решает важную задачу золотодобычи на современном этапе — рациональное использование бедных и упорных руд.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Лодейщиков В. В. Основы технологии извлечения золота и серебра из упорных руд: Дис. д-ра техн.наук Иркутск. 1987.- 457 с.
2. Седельникова Г.В. Опыт применения кучного выщелачивания золота // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1996, № 5. — С.21-25.
3. Секисов А.Г. Дисперсное золото. Геологические и технологические аспекты. /А.Г.Секисов. Н.В.Зыков. В.С.Королёв.-Чита:ЧитГУ,2007.-С. 104.

Засядко А.А., Насников Д.Н.

УДК 621.317

НАБЛЮДАЕМОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ В ЗАДАЧАХ АКТИВНОЙ ВИБРОЗАЩИТЫ

При создании мехатронных систем различного назначения, в том числе и для задач виброзащиты и виброизоляции, можно отметить, что действие любого из элементов системы (гасителя или амортизатора, к примеру) чаще всего сводится к формированию дополнительных динамических воздействий, обеспечивающих необходимое изменение вибрационного состояния [1]. В этом смысле, задача виброзащиты может рассматриваться как задача управления движением защищаемого объекта (или системы), а динамическое воздействие, вызывающее соответствующее изменение параметров — как «управление».

Динамические воздействия, формируемые виброзащитными устройствами и рассматриваемые как силовые или кинематические, в свою очередь, приводятся к общей схеме внешнего возмущения, что рассмотрено, в частности, в работе [2].

В задачах оценки динамического состояния обычных систем защиты от вибраций и ударов, используются n-мерные цепные (или приводимые к ним) линеаризованные модели, которые описываются матрично-векторными уравнениями второго порядка вида

$$\theta\ddot{\varphi} + B\dot{\varphi} + G\varphi = F(t), \qquad (1)$$

где φ — n-мерный вектор обобщенных координат; θ, B, G — симметрические $(n \times n)$ матрицы, соответственно инерционная, диссипативная и упругая; $F(t)$ — n-мерная вектор-функция внешних воздействий.

Динамические системы многих машин и агрегатов, например, силовые передачи, могут рассматриваться как системы с малой диссипацией [3,4].

Во многих случаях матрица θ является диагональной, а в тех случаях когда θ имеет структуру, отличную от диагональной, всегда можно посредством невырожденного, модального по отношению к исходной инерционной матрице преобразования, трансформировать систему (1) к виду с диагональной инерционной матрицей.

Если в задачах активной виброзащиты, виброизоляции или управление динамическим состоянием объекта вводятся активные элементы, связанные с внешним источником энергии, то линеаризованная n-мерная модель со связями направленного действия [5] описывается матрично-векторным дифференциальным уравнением первого порядка в нормальной форме

$$\dot{x} = Ax + F(t), \qquad (2)$$

где x — n-мерный вектор состояния (фазовых координат) модели;

A — вещественная или комплексная $(n \times n)$ матрица произвольной структуры;

$F(t)$ — n-мерная вектор-функция внешних воздействий.

Безусловные, в вычислительном плане, принципиальное отличие моделей (1) и (2) заключается в структурном характере их параметрических матриц: у цепных моделей матрицы θ, B, G — симметрические, а у моделей с направленными (активными) связями матрица A характеризуется произвольной, в общем случае несимметрической и не приводимой к симметрической структуре. В тех случаях, когда система носит более сложный характер, то есть система не является цепочной, матрицы B и G могут становиться абсолютно плотными.

I. При разработке активных виброзащитных систем (АВЗС), относимых к управляемым динамическим системам, предполагается, как правило, представление этих моделей в пространстве состояний. Рассмотрим в качестве примера механическую колебательную систему с активным электромеханическим преобразователем типа электромеханического вибратора.

Расчетная схема одноосного управляемого виброизолятора, представленная на рис. 1, имеет объект защиты (ОЗ), связанный с вибрирующим основанием по закону $y(t)$ через демпфирующий подвес и сервосвязь в виде подвижной катушки (ПК), помещенной в постоянное магнитное поле.

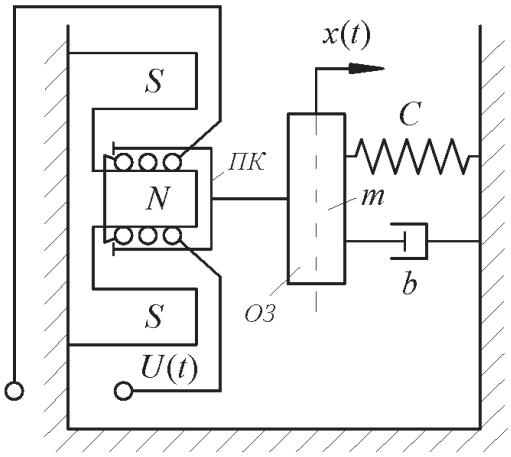


Рис. 1. Расчетная схема одномерной виброзащитной системы с электродинамическим сервоприводом.

Управление сервосвязью осуществляется путем изменения напряжения $U(t)$, поступающего на ПК. В соответствии с расчетной схемой малые колебания объекта защиты, как твердого тела, могут быть описаны системой уравнений

$$\begin{aligned} &m\ddot{x} + b\dot{x} + cx = k_0 i + b\dot{y} + cy, \\ &L\frac{di}{dt} + Ri = U - k_1(\dot{x} - \dot{y}), \end{aligned} \qquad (3)$$

где $x(t)$ — координата, характеризующая абсолютное перемещение ОЗ; i — ток в цепи ПК, $y(t)$ — координата перемещения основания (в данном случае — это кинематическое возмущение); $U(t)$ — напряжение на зажимах ПК; m — приведенная масса ОЗ; b — коэффициент сопротивления (вязкого трения); c — коэффициент приведенной жесткости упругих элементов; $k_0 = Bl$: B — магнитная индукция в зазоре, l — длина провода в ПК; R — активное сопротивление в цепи ПК; L — индуктивность ПК, k_1 — коэффициент магнитной индукции $(k_1 = k_0)$.

Уравнение (3) в дальнейшем используется для синтеза управляемого виброизолятора; что сводится к построению динамического регулятора, обеспечивающего необходимое значение напряжения U в зажимах ПК при определенных параметрах m, b, c, L, B, l. Первичной информацией, на основе которой динамический регулятор формирует управляющее напряжение $U(t)$, может служить сигнал об относительном перемещении ОЗ $x_{отн} = k'(x - y)$, где k' — крутизна статической характеристики датчика первичной информации.

Структурная схема управляемого виброизолятора показана на рис. 2, откуда следует,

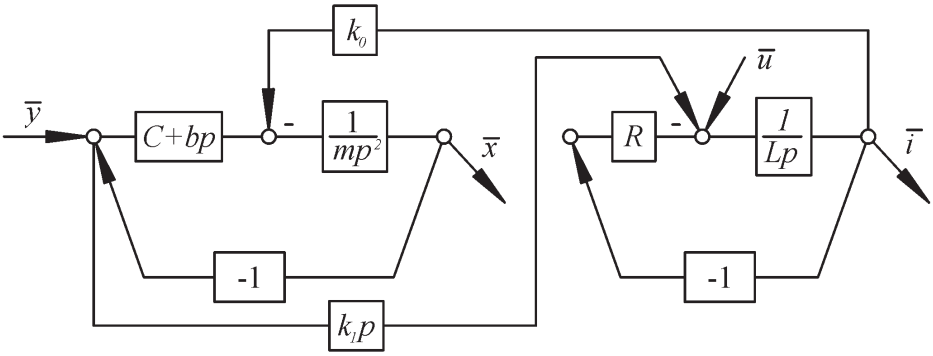


Рис. 2. Структурная схема одномерного управляемого виброизолятора.

что виброизолятор состоит из двух парциальных подсистем, имеющих между собой несимметричные связи взаимодействия.

Если предполагать, что $U=0$, то структурная схема на рис. 2 преобразуется к виду, показанному на рис. 3. В этом случае электромеханические связи образуют дополнительное звено, включаемое параллельно в упруго-демпфирующей связке элементов C и bp, что отражает существующие в системе так называемые внутренние или «конструктивные» дополнительные связи, вызванные специфическими особенностями конструктивной реализации сервопривода.

Передаточная функция системы на рис. 3 имеет вид

$$\overline{W}=\frac{\bar{x}}{\bar{y}}=\frac{(C+bp)(Lp+R)}{p^3Lm+p^2(Rm+Lb)+p(CL+bR-k_0k_1)+CR}, \quad (4)$$

что позволяет определить частотные свойства системы при заданном внешнем воздействии.

Информацией, для формирования регулятором управляющего напряжения U может служить сигнал об относительном перемещении ОЗ, например, $U=k'(x-y)$, где k' — имеет смысл крутизны статической характеристики датчика первичной информации.

Если принять, что $U=k'(x-y)$, то обратная связь со звеном, имеющим передаточную функцию $W=k_1p$, изменится и передаточная функция звена примет вид $W=k_1p+k'$ с соответствующими изменениями в структурных схемах на рис. 2,3 и выражении (4).

II. Процесс проектирования управляемых динамических систем предполагает представление этих систем в пространстве состояний. В связи с этим рассмотрим особенности типовых моделей кинематических возмущений, принимаемых чаще всего как детерминированные гармонические и узкополосные стационарные случайные колебания. Можно полагать [5], что кинематические возмущения y, $\dot{y}$ в уравнении (3) имеют физический смысл фазовых координат вибрирующего основания, простой механической моделью которого рассматривается осциллятор. Поэтому гармоническое колебание

$$y=y_0\cos(\omega_f t+\alpha) \quad (5)$$

можно представить как реакцию некоторого осциллятора, описываемого уравнением

$$\ddot{y}+\omega_f^2 y=0 \quad (6)$$

при начальных условиях $y(t=0)=y_0$, $\dot{y}(t=0)=\dot{y}(0)$.

Решение уравнения (6) принимает форму

$$y(t)=y(0)\cos\omega_f t+\frac{\dot{y}(0)}{\omega_f}\sin\omega_f t \quad (7)$$

или преобразуется к виду (5), где

$$y_0=\sqrt{y(0)^2+\frac{\dot{y}(0)^2}{\omega_f^2}},\ tg\alpha=-\frac{\dot{y}(0)}{\omega_f y_0}. \quad (8)$$

Таким образом движение $y(t)$ с частотой ω можно сформировать с помощью осциллятора (6), если для последнего в момент времени $t=0$ обеспечить соответствующие начальные условия $y(0)$ и $\dot{y}(0)$. При этом выбор численных значений начальных условий определяется

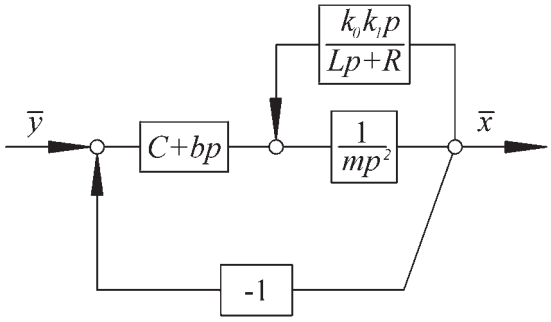


Рис. 3. Расчетная схема управляемого виброизолятора при отсутствии управляющего напряжения.

соотношениями (8). При фиксированной частоте ω эти соотношения устанавливают связь между амплитудой y_0 и фазой α моделируемого колебания (5), с одной стороны, и значениями начальных условий (начального состояния) $y(0)$ и $\dot{y}(0)$, с другой стороны. Представим модель осциллятора (6) в пространстве состояний. Для этого введем новые переменные

$$z_1 = y,\ z_2 = \dot{y}. \qquad (9)$$

Используя переменные (9), вместо скалярного уравнения (6) можно ввести векторное уравнение вида

$$\dot{z} = Az,\quad z(t=0) = z(0), \qquad (10)$$

где

$$z = \begin{vmatrix} y_1 \\ y_2 \end{vmatrix},\ A = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ -\omega_f^2 & 0 \end{vmatrix}. \qquad (10')$$

Уравнение (9), как и уравнение (6), описывает свободные колебания гармонического осциллятора, возникшие в момент времени $t=0$ из-за начальных условий $z_1(0) = y(0)$, $z_2(0) = \dot{y}(0)$. Таким образом, вектор $z(t)$ описывает поведение осциллятора в области $t > 0$.

Принимая во внимание, что начальное условие $z(0)$ удобно ввести в само уравнение (9) отдельным членом (по физическому смыслу эквивалентной внешней силой), получим

$$z = Az + z(0)\delta, \qquad (11)$$

где вектор z и матрица A определяется соотношениями (10), а $\delta(t)$ — импульсная функция.

Выражение (11), таким образом, вводится и является уравнением состояния гармонического осциллятора как фильтра, формирующего кинематическое возмущение вида (5). При этом параметр ω формирующего фильтра определяет частоту сигнала (5), а поданные на вход фильтра импульсы размера $z_1(0) = y(0)$ и $z_2(0) = \dot{y}(0)$ обеспечивают, в соответствии с (8) амплитуду и фазу этого колебания.

III. Достаточно часто общей моделью узкополосного стационарного случайного процесса является его представление, связанное с корреляционной функцией, аппроксимируемой выражением

$$k_\tau = \sigma^2 e^{-\mu|\tau|}(\cos\lambda\pi + \frac{\mu}{\lambda}\sin|\tau|), \qquad (12)$$

числовые значения σ^2, μ и λ обычно определяются путем статистической обработки реальных записей колебаний виброзащитной системы. При этом σ^2 имеет смысл дисперсии процесса, μ и λ — параметры, определяющие свойства случайного процесса. Коэффициент μ характеризует быстроту убывания корреляционной зависимости между ординатами случайного процесса: чем больше μ, тем быстрее убывает корреляционная связь. Значение отношения $\frac{\mu}{\lambda}$ характеризует «степень нерегулярности процесса»: при малых $\frac{\mu}{\lambda}$ ординаты процесса, взятые через промежутки времени $\frac{2\pi}{\lambda}$, оказываются сильно коррелированными, и реализация процесса становится похожей на синусоиду; при больших значениях $\frac{\mu}{\lambda}$ периодичность с частотой λ становится малозаметной.

Случайный процесс $y(t)$, удовлетворяющий корреляционной функции (12), можно задать в виде выходного сигнала динамической системы, второго порядка, на вход которой поступает белый шум:

$$\ddot{y} + 2hy + \omega_f^2 y = k_f\sigma, \qquad (13)$$

где h, ω_f, k_f — постоянные величины ($h>0$, $k_f > 0$, $\omega_f > h$), а $\sigma(t)$ — белый шум со спектральной плотностью $S_\sigma(\omega) \approx S = const$. Действительно, спектральная плотность выходного сигнала системы (13) определяется выражением

$$S_y(\omega) = \frac{k_f^2}{\left|(j\omega)^2 + 2hj\omega + \omega_f^2\right|^2} S_\sigma(\omega) = \\ = \frac{k_f^2 S}{(\omega^2 - \omega_f^2) + 4h^2\omega^2}. \qquad (14)$$

Умножая числитель и знаменатель (14) на $2\pi h\omega_f^2$ и вводя обозначения

$$\sigma^2 = \frac{\pi k_f^2 S}{2h\omega_f^2},\ \mu = h,\ \lambda = \sqrt{\omega_f^2 - h^2}, \qquad (15)$$

получим

$$S_y(\omega) = \frac{2\sigma^2\mu}{\pi} \cdot \frac{\mu^2 + \lambda^2}{(\omega^2 - \lambda^2 - \mu^2)^2 + 4\mu^2\omega^2}. \qquad (16)$$

Отметим, что выражение (16) для спектральной плотности $S_y(\omega)$ совпадает с преобразованием Фурье корреляционной функции (12).

Таким образом, можно полагать, что динамическая система (13) является фильтром, формирующим случайное колебание, удовлетворяющее корреляционной функции (12). В этом случае при заданных параметрах σ^2, μ,

λ корреляционной функции и заданной интенсивности S входного белого шума, параметры h, ω_f, k_f формирующего фильтра (13) подбираются в соответствии с выражением (15).

Представим модель формирующего фильтра (15) в пространстве состояний, вводя переменные $z_1 = y$, $z_2 = \dot{y}$, тогда вместо скалярного уравнения (13) второго порядка можно записать соответствующее векторное уравнение первого порядка

$$\dot{z} = A_1 z + F\sigma, \qquad (17)$$

где

$$z = \begin{vmatrix} z_1 \\ z_2 \end{vmatrix}, \quad A_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ -\omega_f^2 & -2h \end{vmatrix}, \quad F = \begin{vmatrix} 0 \\ k_f \end{vmatrix}.$$

Уравнение (17) характеризует состояние динамической системы второго порядка (13) как фильтра, формирующего случайное кинематическое воздействие $y(t)$, корреляционная функция которого удовлетворяет выражению (12). При этом параметры формирующего фильтра и параметры, характеризующие корреляционную функцию, удовлетворяют соотношениям (15).

IV. Перейдем к рассмотрению пространства состояний с использованием динамической модели (3), вводя новые переменные

$$X_1 = x,\ Y_1 = y,\ \eta = i,$$
$$X_2 = \dot{x},\ Y_2 = \dot{y}$$

и обозначения

$$h = \frac{b}{2m},\ k_i = \frac{k_0}{m},\ k_0' = \frac{1}{L},$$
$$\omega_1^2 = \frac{C}{m},\ \tau_1 = \frac{L}{R},\ k_2 = \frac{k_0}{L}.$$

С учетом обозначений вместо (5) можно записать

$$\begin{aligned} \dot{X} &= A_1 X + A_2 \eta + F_1 Y, \\ \dot{\eta} &= A_3 X + A_4 \eta + k_3 U + F_2 Y, \end{aligned} \qquad (18)$$

где

$$X = \left[X_1, X_2\right]^T,\ Y = \left[Y_1, Y_2\right]^T$$

$$A_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ -\omega_1^2 & -2h \end{vmatrix};\ A_2 = \begin{vmatrix} 0 \\ k_i \end{vmatrix};\ F_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ \omega_1^2 & 2h \end{vmatrix}; \qquad (19)$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} 0 & -k_2 \end{bmatrix};\ A_4 = -\frac{1}{\tau_1};\ F_2 = \begin{bmatrix} 0 & k_2 \end{bmatrix}.$$

Уравнение (18) описывает состояние управляемой виброзащитной системы с учетом процессов, протекающих в ПК при известной модели возмущения $y(t)$. Система уравнений (18) может рассматриваться замкнутой, если к ней присоединить уравнение фильтра, формирующего $y(t)$, т.е. уравнение (11) или (17). Таким образом, замкнутая система уравнений, описывающая состояние управляемой системы (Рис. 1,2), в произвольный момент времени имеет вид

$$\begin{aligned} &\dot{X} = A_1' X + A_2 \eta + F_1 Y; && X(t=0) = X(0) \neq 0; \\ &\dot{\eta} = A_3 X + A_4 \eta + k_3 U + F_2 Y; && \eta(t=0) = \eta(0) \neq 0; \\ &\dot{Y} = AY + \sigma; && \sigma = Y(0)\delta(t). \end{aligned} \qquad (20)$$

Система уравнений (20) характеризует состояние расширенной системы «виброизолятор + исполнительный механизм + формирующий фильтр». Такую модель управляемого виброизолятора целесообразно использовать в том случае когда возникает необходимость учета влияния электродинамической постоянной времени τ_1 вибратора на процессы, происходящие в виброзащитной системе.

В ряде случаев τ_1 бывает достаточно мала и ее влиянием можно пренебречь, тогда вводя обозначения

$$h_1 = k_0 / mR,\ 2h' - 2h + h_1,\ k' = k_0 / mR, \qquad (21)$$

вместо (20) запишем

$$\begin{aligned} \dot{X} &= A'X + Bu + FY, \\ \dot{Y} &= AY + \sigma, \end{aligned} \qquad (22)$$

где

$$A' = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ -\omega_1^2 & -2h' \end{vmatrix},\ B = \begin{vmatrix} 0 \\ k' \end{vmatrix},\ F = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ \omega_1^2 & 2h' \end{vmatrix}.$$

Отметим, что уравнение (21) описывает расширенную систему, состояние которой характеризуется расширенным вектором $\left[XY\right]^T = \left[x, \dot{x}, y, \dot{y}\right]^T$.

При решении задач проектирования динамических регуляторов в управляемых виброзащитных системах необходимо располагать некоторой изначальной информацией о состоянии расширенной системы (20) или (22). Хотя такая информация, как правило, бывает ограничена, сигнал об относительном перемещении может быть получен без особых усилий

$$u' = k'(x - y). \qquad (23)$$

В пространстве состояний можно полагать, доступный измерению сигнал z представляет собой линейную комбинацию координат x и y, характеризующих состояние собственно виброизолятора и состояние фильтра, формирующего кинематическое возмущение, поэтому (23) принимает вид

$$z = C_1 X + C_2 Y, \qquad (24)$$

где

$$z = u', C_1 = \begin{vmatrix} k' & 0 \end{vmatrix}, \; C_2 = \begin{vmatrix} -k' & 0 \end{vmatrix}. \qquad (25)$$

Уравнение (24) может быть названо уравнением наблюдения для расширенной модели управляемой системы, а матрицы (25) — матрицами наблюдения. В общем случае сигнал измерения z, кроме полезной информации, может содержать и помеху. При этом вместо (24) получим

$$z = C_1 X + C_2 Y + \vartheta, \qquad (26)$$

где ϑ — скалярная помеха, являющаяся, как правило, случайной функцией времени.

V. Управляемость и наблюдаемость АВЗС. Рассматриваемые здесь АВЗС представляют собой управляемые динамические системы, расширенная модель состояния которых в общем случае представляется уравнением

$$\dot{X} = AX + Bu + Gw, \qquad (27)$$

где X — вектор состояния; u — вектор управления; w — вектор белых шумов; A — матрица состояния; B — матрица передачи управления; G — матрица передачи белых шумов.

Информация о состоянии расширенной АВЗС определяется при помощи датчиков первичной информации. На основе этой информации может быть сформировано уравнение наблюдения вида

$$z = CX + \vartheta, \qquad (28)$$

где вектор измерения z имеет размерность, меньшую размерности вектора состояния X, а структура матрицы наблюдения C определяется составом первичных измерителей.

Рассматриваемые АВЗС являются управляемыми динамическими системами с обратной связью. При проектировании таких динамических систем важное значение имеют свойства управляемости и наблюдаемости, которые могут быть изучены на начальном этапе проектирования, например, с помощью критериев Р.Калмана: линейная n-мерная система вида (27) полностью управляема тогда и только тогда, когда матрица

$$P = \begin{bmatrix} B & AB & A^2B & \dots & A^{n-1}B \end{bmatrix}, \qquad (29)$$

называемая матрицей управляемости, имеет ранг, равный n: для того, чтобы линейная n-мерная система вида (27), (28) была полностью наблюдаема, необходимо и достаточно, чтобы матрица

$$Q = \begin{bmatrix} C^T A^T C^T (A^T)^2 C^T \dots (A^T)^{n-1} C^T \end{bmatrix}, \qquad (30)$$

называемая матрицей наблюдаемости, имела ранг, равный n [5] . Поскольку вопросы управляемости и наблюдаемости связаны со свойствами пар матриц (A, B) и (A, C), соответственно, то в случае полной управляемости или полной наблюдаемости говорят об управляемой паре (A, B) или наблюдаемой паре (A, C).

При использовании моделей состояния и задачах синтеза алгоритмов управления АВЗС анализ структуры взаимодействия ВЗС с внешней средой (кинематическими возмущениями), определяемой свойствами управляемости и наблюдаемости, позволяет избежать некорректности постановки решаемых задач. Так, если относительно измеряемого выхода z (28) АВЗС не является полностью наблюдаемой, то это означает, что результат функционирования ненаблюдаемой подсистемы является неконтролируемым. Управление такой подсистемой возможно лишь по разомкнутому контуру. Если АВЗС не является полностью управляемой, то это означает, что система содержит подсистему, изменение состояния которой не зависит от управления.

Управляемость и наблюдаемость являются структурными свойствами моделей в пространстве состояний. В общем случае при заданных парах (A, B), (A, C) эти свойства идентифицируются с помощью ранга матрицы управляемости P (29) и матрицы наблюдаемости Q (30). Если задана матрица системы A, размерность управляемого подпространства зависит от матрицы входов B, а размерность наблюдаемого подпространства — от матрицы выходов (наблюдения) C.

Рассматриваемая нами АВЗС такова, что управляемый виброизолятор является динамической системой с одним управляющим входом, хотя в более сложных виброзащитных системах управляющих входов может быть несколько.

Решение задачи проектирования АВЗС требует изучения как свойства управляемости, так и свойства наблюдаемости. Эти свойства могут быть проверены непосредственным вычислением матрицы управляемости P и матрицы наблюдаемости Q. Вместе с тем, при синтезе алгоритмов управления удобно пользоваться каноническим представлением структуры, в которой система полагается полностью управляемой с помощью одного вхо-

да. Напомним, что каноническая структура матриц A и B для полностью управляемой n-мерной линейной системы (27) имеет вид

$$A=\begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \\ -\alpha_0 & -\alpha_1 & -\alpha_2 & \cdots & -\alpha_{n-1} \end{vmatrix};\ B=\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{vmatrix},$$

где $\alpha_\nu\,(\nu=\overline{0,n-1})$ — коэффициенты характеристического многочлена матрицы A:

$$\det(SI-A)=S^n+\sum_{\nu=o}^{n-1}\alpha_\nu S^\nu .$$

Для оценки управляемости и наблюдаемости управляемого виброизолятора, воспользуемся уравнением состояния (22) и уравнением наблюдения (24).

Сначала оценим свойство управляемости. Согласно выражениям (22), (8) и (23) состояние виброизолятора описывается уравнением

$$\dot{X}=AX+Bu+\sigma, \qquad (31)$$

где

$$X=\begin{vmatrix} x \\ \dot{x} \\ y \\ \dot{y} \end{vmatrix};\ A=\begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\omega_{\cap}^2 & -2h' & \omega_{\cap}^2 & 2h' \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -\omega_f^2 & 0 \end{vmatrix};\ B=\begin{vmatrix} 0 \\ k_i \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix};\ \sigma=\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ y(0) \\ \dot{y}(0) \end{vmatrix}\delta .$$

Заметим, что оценивается управляемость собственно виброизолятора, а не всей расширенной системы. Свойство управляемости здесь будет определяться верхним левым блоком матрицы A и верхним блоком матрицы B. При этом верхний левый блок матрицы имеет каноническую структуру и, следовательно, виброизолятор является управляемым по своим переменным состояния x и $\dot{x}$. Кроме того, верхний правый блок матрицы A, характеризующий передачу возмущений y и $\dot{y}$ на виброизолятор, также имеет каноническую структуру. Это значит, что при наличии информации об этих возмущениях они могут быть скомпенсированы за счет формирования соответствующего управляющего воздействия u. Таким образом, при оценке свойства управляемости управляемого виброизолятора нет необходимости вычислять ранг матрицы управляемости P (29).

При изучении свойства наблюдаемости управляемого виброизолятора вместо уравнения (31) достаточно рассматривать однородное уравнение

$$\dot{X}=AX, \qquad (32)$$

где матрица A имеет ту же структуру, что и в уравнении (32). К уравнению (32) добавим уравнение наблюдения

$$z=CX, \qquad (33)$$

где

$$C=\left[k'0-k'0\right]. \qquad (34)$$

Здесь отметим, что для обеспечения желаемой эффективности гашения кинематических возмущений рассматриваемым виброизолятором необходимо располагать информацией, о полном расширенном векторе состояния X. Поэтому необходимо изучать наблюдаемость расширенной системы (32) по измерению (33).

Чтобы система (32), (33) была полностью наблюдаема, необходимо и достаточно, чтобы

$$rankQ=rank\left[C^TA^TC^T(A^T)^2C^T(A^T)^3C^T\right]=4. \qquad (35)$$

Непосредственным вычислением проверяется, что условие (34) выполняется. Это значит, что измеряя сигнал, пропорциональный относительному перемещению $x_{отн}=x-y$, можно восстановить [5] (при помощи асимптотического идентификатора) весь расширенный вектор состояния и определиться с параметрами динамического регулятора.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Елисеев С.В., Засядко А.А. Виброзащита и виброизоляция как управление колебаниями объектов. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Вып. №1. ИрГУПС . Иркутск. 2004. С.36-42.
2. Димов А.В., Елисеев С.В., Хоменко А.П. Обобщение задач виброзащиты и виброизоляции на основе структурных методов математического моделирования. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Вып. №2(10). ИрГУПС . Иркутск. 2006. С.72-84.
3. Коловский М.З. Автоматическое управление виброзащитными системами. Изд-во Наука. Москва. 1976. 318с.
4. Фролов К.В. Нелинейные задачи динамики машин. М.: Машиностроение. 1992. 376с.
5. Кузовков Н.Т. Модельное управление и наблюдающие устройства. М.: Машиностроение. 1976. 184с.

Упырь Р.Ю., Логунов А.С., Пермяков М.А.

УДК 665.01

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ В ДИНАМИКЕ БАЗОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Использование главных координат в ряде случаев позволяет сделать доступным изучение особенностей свойств механических колебательных систем при введении дополнительных связей. Некоторые особенности дополнительных связей рассмотрены в работах [1,2]. Пусть исходная механическая система описывается свободные движения уравнениями вида:

$$\begin{aligned} a_{11}\ddot{y}_1 + a_{12}\ddot{y}_2 + c_{11}y_1 + c_{12}y_2 = 0, \\ a_{21}\ddot{y}_1 + a_{22}\ddot{y}_2 + c_{21}y_1 + c_{22}y_2 = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

что соответствует кинетической и потенциальной энергиям

$$\begin{aligned} T = \frac{1}{2}\left(a_{11}\dot{y}_1^2 + 2a_{12}\dot{y}_1\dot{y}_2 + a_{22}\dot{y}_2^2\right), \\ \Pi = \frac{1}{2}\left(c_{11}y_1^2 + 2c_{12}y_1y_2 + c_{22}y_2\right)^2, \end{aligned} \quad (2)$$

где $a_{12} = a_{21}, c_{12} = c_{21}$.

Из свойств определенности и положительности квадратичных форм (2) следует ряд условий

$$\begin{aligned} a_{11} > 0, a_{22} > 0, a_{11}a_{22} - a_{12}^2 > 0, \\ c_{11} > 0, c_{22} > 0, c_{11}c_{22} - c_{12}^2 > 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Уравнение частот, получаемое из (1) имеет вид

$$\left(c_{11} - a_{11}k^2\right)\left(c_{22} - a_{22}k^2\right) - \left(c_{12} - a_{12}k^2\right)^2 = 0. \quad (4)$$

Корни уравнений (4) k_1^2 и k_2^2 $\left(k_1 < k_2\right)$определяют частоты свободных колебаний [3], k_1 и k_2 должны быть положительны, в противном случае они будут мнимыми или комплексными и положенное в основу представление о свободных колебаниях в виде

$$y_1 = A_1 \sin\left(kt + \beta\right), y_2 = A_2 \sin\left(kt + \beta\right), \quad (5)$$

выраженное через тригонометрические функции мнимого или комплексного аргумента, показало бы неограниченное возрастание обобщенных координат.

Частоты k_1 и k_2 являются частотами свободных колебаний системы; соответствующие этим частотам колебания называются главными колебаниями системы. Меньшую из частот называют основой, а первое главное колебание, имеющее эту частоту — основным колебанием.

Из частотного уравнения (4) можно найти k_1 и k_2 и определить

$$\begin{aligned} \mu_1 = -\frac{c_{11} - a_{11}k_1^2}{c_{12} - a_{12}k_1^2} = -\frac{c_{12} - a_{12}k_1^2}{c_{22} - a_{22}k_1^2}, \\ \mu_2 = -\frac{c_{11} - a_{11}k_2^2}{c_{12} - a_{12}k_2^2} = -\frac{c_{12} - a_{12}k_2^2}{c_{22} - a_{22}k_2^2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Величины μ_1 и μ_2, представляющие собой отношение обобщенных координат или амплитуд колебаний в каждом из главных колебаний, характеризуют формы главных колебаний и называются коэффициентами распределения [3]. Из выражения (6) видно, что формы главных колебаний не зависят от начальных условий, также как и частоты колебаний.

Общее решение системы уравнений (1) имеет вид

$$\begin{aligned} y_1 = y_1^{(1)} + y_2^{(2)} = A_1^{(1)} \sin\left(k_1 t + \beta_1\right) + \\ + A_2^{(2)} \sin\left(k_2 t + \beta_2\right); \\ y_2 = y_1^{(1)} + y_2^{(2)} = \mu_1 A_1^{(1)} \sin\left(k_1 t + \beta_1\right) + \\ + \mu_2 A_2^{(2)} \sin\left(k_2 t + \beta_2\right), \end{aligned} \quad (7)$$

где $A_1^{(1)}, A_2^{(1)}, \beta_1, \beta_2$ определяются из следующих начальных условий:

при $t = 0$

$$y_1 = y_{10}, y_2 = y_{20}, \dot{y}_1 = \dot{y}_{10}, \dot{y}_2 = \dot{y}_{20}. \quad (8)$$

Рассмотрение общего решения (7) показывает, что каждое из колебаний в отдельности является простым гармоническим колебанием, а результирующее движение представ-

ляет собой сложное движение, которое является результатом наложения друг на друга главных колебаний различных частот, поэтому результирующее движение не является простым гармоническим колебанием, однако, существует ряд частных случаев при таком подходе.

II. Как уже было отмечено главными координатами механической системы называются обобщенные координаты, выбранные таким образом, чтобы выражения кинетической и потенциальной энергии содержали лишь квадраты обобщенных скоростей и координат. Обозначим главные координаты через z_1 и z_{20}, тогда

$$T=\frac{1}{2}\left(a_1\dot{z}_1^2+a_2\dot{z}_2^2\right),\qquad \Pi=\frac{1}{2}\left(c_1z_1^2+c_2z_2^2\right), \tag{9}$$

где a_1, a_2, c_1, c_2 - новые коэффициенты инерции и жесткости, отличающиеся от введенных в (1) a_{11}, a_{22}, c_{11}, c_{22}.

Зависимость между обобщенными координатами y_1 и y_2, выбранными произвольно, и главными координатами z_1 и z_2 можно записать в форме

$$y_1=z_1+z_2,\ y_2=\mu_1z_1+\mu_2z_2. \tag{10}$$

Делая соответствующие подстановки, получим

$$\begin{aligned}T&=\frac{1}{2}\Big(\left(a_{11}+2a_{12}\mu_1+a_{22}\mu_1^2\right)\dot{z}_1^2+\\&+2\left(a_{11}+a_{12}\left(\mu_1+\mu_2\right)+a_{22}\mu_1\mu_2\right)\dot{z}_1\dot{z}_2+\\&+\left(a_{11}+2a_{12}\mu_2+a_{22}\mu_2^2\right)\dot{z}_2^2\Big),\\\Pi&=\frac{1}{2}\Big(\left(c_{11}+2c_{12}\mu_1+c_{22}\mu_1^2\right)\dot{z}_1^2+\\&+2\left(c_{11}+c_{12}\left(\mu_1+\mu_2\right)+c_{22}\mu_1\mu_2\right)\dot{z}_1\dot{z}_2+\\&+\left(c_{11}+2c_{12}\mu_2+c_{22}\mu_2^2\right)\dot{z}_2^2\Big).\end{aligned} \tag{11}$$

Учитывая структуру выражения (9), найдем

$$a_{11}+a_{12}\left(\mu_1+\mu_2\right)+a_{22}\mu_1\mu_2=0,\qquad c_{11}+c_{12}\left(\mu_1+\mu_2\right)+c_{22}\mu_1\mu_2=0, \tag{12}$$

что соответствует определению μ_1 и μ_2 из квадратичного уравнения

$$\mu^2+\frac{c_{11}a_{22}-a_{11}c_{22}}{a_{12}c_{22}-a_{22}c_{12}}\mu-\frac{a_{11}c_{12}-a_{12}c_{11}}{a_{12}c_{22}-a_{22}c_{12}}=0. \tag{13}$$

Таким образом, для определения приведенных параметров в выражении (9) можно использовать соотношения

$$a_1=a_{11}+2a_{12}\mu_1+a_{22}\mu_1^2;$$
$$a_2=a_{11}+2a_{12}\mu_2+a_{22}\mu_2^2;$$
$$c_1=c_{11}+2c_{12}\mu_1+c_{22}\mu_1^2;$$
$$c_2=c_{11}+2c_{12}\mu_2+c_{22}\mu_2^2.$$

В главных координатах движение исходной системы описывается уравнениями

$$a_1\ddot{z}_1+c_1z_1=0,\qquad a_2\ddot{z}_2+c_2z_2=0, \tag{15}$$

Общее решение которых при $k_1\neq k_2\neq 0$ имеет вид

$$z_1=C_1\sin\left(k_1t+\alpha_1\right),\qquad z_2=C_2\sin\left(k_2t+\alpha_2\right), \tag{16}$$

где C_1, C_2, α_1, α_2 - определяются из начальных условий:

при $t=0$

$$z_1=z_{10},\ z_2=z_{20},\ \dot{z}_1=\dot{z}_{10},\ \dot{z}_2=\dot{z}_{20}. \tag{17}$$

Собственные частоты k_1 и k_2 колебаний системы в главных координатах определяются по формулам

$$k_1=\sqrt{\frac{c_1}{a_1}},\ k_2=\sqrt{\frac{c_2}{a_2}}. \tag{18}$$

Таким образом, каждая главная координата z_1 и z_2 изменяется по гармоническому закону с частотой, соответствующей одной из частот главных колебаний рассматриваемой системы. Если при $t=0$: $z_{20}=0$ и $\dot{z}_{20}=0$, то $z_2=0$ во все время движения, то есть система совершает первое главное колебание

$$z_1=C_1\sin\left(k_1t+\alpha_1\right). \tag{19}$$

Если при $t=0$: $z_{10}=0$ и $\dot{z}_{10}=0$, то $z_1=0$ во все время движения. В этом случае система совершает второе главное колебание

$$z_2=C_2\sin\left(k_2t+\alpha_2\right). \tag{20}$$

При решении конкретных задач, часто бывает затруднительным определить параметры, являющиеся главными координатами системы. Поэтому, выбрав за обобщенные координаты величины, определяющие положение системы, достаточно просто вычисляют частоты главных колебаний k_1 и k_2 при помощи уравнения частот (4), а затем по формулам (6) находят коэффициенты распределения μ_1 и μ_2. Если принять, что

$$y_1=z_1+z_2,\quad y_2=\mu_1z_1+\mu_2z_2,$$

то

$$z_1 = \frac{y_2 - \mu_2 y_1}{\mu_1 - \mu_2}, \quad z_2 = \frac{\mu_1 y_1 - y_2}{\mu_1 - \mu_2}. \qquad (21)$$

Отметим, что введение главных координат не упрощает вычисления, однако, понятие о главных координатах имеет важное теоретическое значение при изучении вынужденных колебаний системы и оценке тех возможностей изменения динамических свойств, которые привносятся введением дополнительных связей [1,2].

III. Рассмотрим систему с двумя степенями свободы, имеющую дополнительную связь [1], как показано на рис.1.

Примем за обобщенные координаты этой системы горизонтальные отклонения объектов от из равновесных положений y_1 и y_2, тогда

$$T = \frac{1}{2} m\dot{y}_1^2 + \frac{1}{2} m\dot{y}_2^2 + \frac{1}{2} L\left(\dot{y}_1 - \dot{y}_2\right)^2,$$

$$\Pi = \frac{1}{2}\left[r y_1^2 + r_1\left(y_1 - y_2\right)^2 + r y_2^2\right], \qquad (22)$$

$$\Phi = -\frac{1}{2} b\left(\dot{y}_1 - \dot{y}_2\right)^2,$$

где Φ - функция рассеивания Релея.

Используя уравнение Лагранжа 2-го рода, найдем уравнения движения при отсутствии внешних возмущений:

$$m\ddot{y}_1 + L\ddot{y}_1 - L\ddot{y}_2 + r y_1 + r_1 y_1 - r_1 y_2 + b\dot{y}_1 - b\dot{y}_2 = 0, \qquad (23)$$

$$m\ddot{y}_2 + L\ddot{y}_2 - L\ddot{y}_1 + r y_2 + r_1 y_2 - r_1 y_1 + b\dot{y}_2 - b\dot{y}_1 = 0. \qquad (23')$$

Складывая и вычитая (23) и (23′), получим

$$m\ddot{z}_1 + r z_1 = 0, \qquad (24)$$

$$\left(m + 2L\right)\ddot{z}_2 + 2b\dot{z}_2 + \left(r + 2r_1\right) z_2 = 0, \qquad (25)$$

где $z_1 = y_1 + y_2$, $z_2 = y_1 - y_2$.

Из уравнения (24) следует, что при $b = 0$ первое главное колебание определяется частотой

$$k_1 = \sqrt{\frac{r}{m}}. \qquad (26)$$

Что касается второго главного колебания, то при его изучении появляется ряд особенностей. Если $b = 0$, то собственная частота главного колебания имеет вид

$$k_2 = \sqrt{\frac{r + 2r_1}{m + 2L}}. \qquad (27)$$

При $L = 0$, выражение (27) совпадает с известными результатами [3]. Однако, если $L \neq 0$, то при определенных условиях частоты главных колебаний могут стать равными, что, к примеру, мы получим при соотношениях жесткостей

$$r = \frac{m r_1}{L}, \qquad (28)$$

тогда

$$k_1 = k_2 = \sqrt{\frac{r_1}{L}}. \qquad (29)$$

Примем, что $k_2^2 = \alpha k_1^2$, тогда из (29) следует

$$\alpha \frac{r}{m} = \frac{r + 2r_1}{m + 2L}. \qquad (30)$$

Введем коэффициент γ и перепишем (30) в виде

$$\alpha = \frac{1 + 2\frac{r_1}{r}}{1 + 2\gamma}. \qquad (31)$$

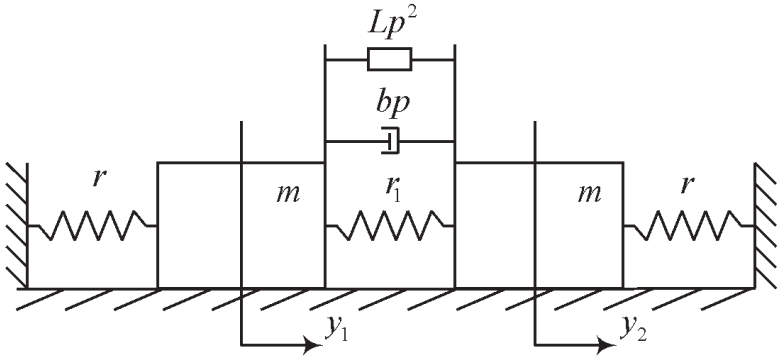


Рис.1. Расчетная схема механической колебательной системы с двумя степенями свободы, где приняты следующие обозначения: r, r_1 **- жесткости пружин,** m **- массы объектов,** b **- коэффициент сопротивления (**bp **- демпфер,** $p = \frac{d}{dt}$**),** L **- приведенная масса устройства с преобразованием движения [1] (**$p^2 = \frac{d^2}{dt^2}$**).**

Если $\alpha = 1$, то $\gamma = \frac{r_1}{r}$ или $\frac{r_1}{r} = \frac{L}{m}$. То есть равенство частот главных колебаний может быть достигнуто при выполнении соотношения между инерционными параметрами и жесткостями в виде

$$r_1 m = rL. \qquad (32)$$

В общем случае зависимость α при заданном r_1 / r, которую можно обозначить через λ, изменяющееся от 0 до ∞ определится

$$\alpha = \frac{1+2\lambda}{1+2\gamma}. \qquad (33)$$

График зависимости α от γ при фиксированных λ приведен на рис.2.

Из анализа зависимостей, приведенных на рис.2 следует, что введение дополнительных связей при $b = 0$ ($L \neq 0$) система приобретает любопытные свойства: при определенном выборе L (то есть значения приведенных инерционных свойств устройства для преобразования движении) возможно, в дополнение к известным свойствам [3], добиваться равенства собственных частот главных колебаний, а также возможна «рокировка» частот. В отличие от известных условий $k_2 > k_1$, можно получить и $k_2 < k_1$, что показано на рис.2.

Точки пересечений прямой а = 1 с кривыми 1,2,3,4,5 определяют зоны: верхняя - а >1 при соотношениях жескостей l = 1,2,3,4,5 соответственно, нижняя а < 1 при соотношениях жескостей l = 1,2,3,4,5 соответственно происходит рокировка частот.

Таким образом, введение дополнительной связи типа Lp^2 [1,2] позволяет управлять динамическими свойствами исходной системы (рис.1), в частности режимами биения, когда необходимо добиваться сближения значений частот главных колебаний.

IV. Если $L = 0$, а $b \neq 0$, то мы получим систему уравнений

$$m\ddot{z}_1 + rz_1 = 0, \qquad (34)$$

$$m\ddot{z}_2 + 2b\dot{z}_2 + \left(r + 2r_1\right)z_2 = 0. \qquad (35)$$

Второе уравнение (35) приведем к виду

$$\ddot{z}_2 + 2n_2\dot{z}_2 + k_2^2 z_2 = 0. \qquad (36)$$

1. При $n_2 < k_2$, то есть в случае малого сопротивления, движение по главной координате представляет собой затухающие колебания.

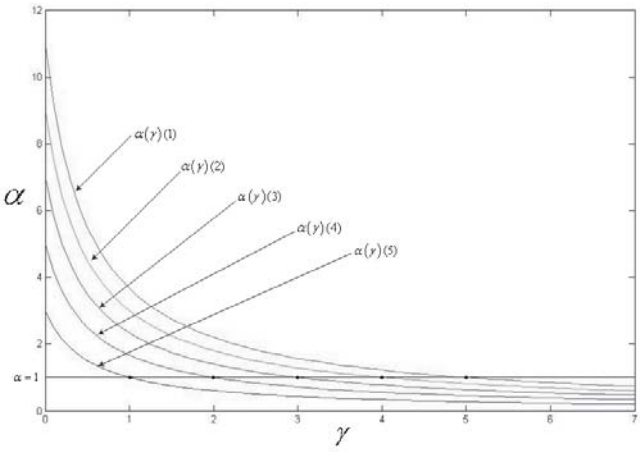


Рис.2. Графики зависимости α от инерционных параметров γ при различных соотношениях жесткостей пружин λ, где кривые 1,2,3,4,5 соответствуют значениям l = 1,2,3,4,5 соответственно.

2. При $n_2 > k_2$, то есть в случае большого сопротивления, система будет совершать апериодические движения.
3. При $n_2 = k_2$ - реализуется предельный случай апериодического движения.

<u>Затухающие колебания.</u> При $n_2 < k_2$ общее решение (36) имеет вид

$$z_2 = Ae^{-nt}\sin\left(\sqrt{k_2^2 - n_2^2}\cdot t + \beta_2\right). \qquad (37)$$

Здесь A и β определяются по начальным условиям

$$A_2 = \sqrt{z_{20}^2 + \frac{\dot{z}_{20} + nz_{20}}{k_2^2 - n_2^2}};\ ctg\beta_2 = \frac{zDt_{20} + n_2 z_{20}}{z_{20}\sqrt{k_2^2 - n_2^2}}. \qquad (38)$$

Движение по главной координате z_2 имеет колебательный характер, так как z_2 является периодической функцией времени t. Множитель e^{-nt} с течением времени уменьшается. Период затухающих колебаний определяется по формуле

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{k_2^2 - n_2^2}} = \frac{2\pi}{k\sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{k_2}\right)^2}}. \qquad (39)$$

Абсолютная величина δ - отношение двух последовательных наибольших отклонений системы от положения равновесия, остается неизменной во все время колебательного движения

$$\delta = e^{-n\frac{T}{2}}, \qquad (40)$$

а натуральный логарифм этого отклонения называется логарифмическим декрементом затухания.

Если $L \neq 0$, то для оценки влияния сопротивления, можно использовать уравнение (25). В этом случае

$$k_2^2 = \frac{r+2r_1}{m+2L}, \qquad (41)$$

$$n_2 = \frac{b}{m+2L}. \qquad (42)$$

По сравнению с уравнением (35), где

$$n = \frac{b}{m}, \text{ а } k_2^2 = \frac{r+2r_1}{m}, \qquad (43)$$

Условия по п.п.1 ($n_2 < k_2$) от введения L не изменяются, но значения k_2 и n_2 будут меньше. Введение дополнительной связи Lp^2 изменяет соотношение между собственной частотой первого главного колебания k_1 и частотой второго главного колебания k_2.

<u>Апериодическое движение.</u> При $n_2 > k_2$ общее решение имеет вид

$$z_2 = Ae^{-n_2 t} sh\left(\sqrt{n_2^2 - k_2^2} \cdot t + \beta_2\right), \qquad (44)$$

что соответствует апериодическому движению системы.

<u>Предельное апериодическое движение.</u> При $n_2 = k_2$ общее решение уравнения (35) имеет вид

$$z_2 = e^{-n_2 t}\left(C_1 t + C_2\right), \qquad (45)$$

что также соответствует апериодическому движению. Общий характер этого движения по второй главной координате определяется тем, что при возрастании главная координата z_2 стремится к нулю.

Полученные уравнения движения при $L \neq 0$, $b \neq 0$ показывают, что в этом случае движение механической системы (рис.1) можно рассматривать, как наложение друг на друга гармонического и затухающего колебаний. Эти колебания имеют главные частоты k_1 и k_2, которые могут соотносится при определенных условиях также, как и в рассмотренном выше случае $L \neq 0$, $b = 0$.

V. В случае ($L \neq 0$, $b = 0$) свободных колебаний было показано, что при определенных условиях частоты главных колебаний k_1 и k_2 могут совпадать ($k_1 = k_2 = k$), поэтому

$$z_1 = C_1 \sin\left(kt + \alpha_1\right), \quad z_2 = C_2 \sin\left(kt + \alpha_2\right). \qquad (46)$$

Особенность этого случая заключается в том, что произвольно выбранные обобщенные координаты y_1 и y_2 изменяются по такому же закону. Действительно, из уравнения частот (4) видно, что в случае, когда

$$\frac{c_{11}}{a_{11}} = \frac{c_{22}}{a_{22}} = \frac{c_{12}}{a_{12}} = k^2 \qquad (47)$$

дифференциальные уравнения системы (1) принимают следующий вид

$$a_{11}\left(\ddot{y}_1 + k^2 y_1\right) + a_{12}\left(\ddot{y}_2 + k^2 y_2\right) = 0, \quad a_{12}\left(\ddot{y}_1 + k^2 y_1\right) + a_{22}\left(\ddot{y}_2 + k^2 y_2\right) = 0, \qquad (48)$$

откуда

$$\left(a_{11}a_{22} - a_{12}^2\right)\left(\ddot{y}_1 + k^2 y_1\right) = 0, \quad \left(a_{12}^2 - a_{11}a_{22}\right)\left(\ddot{y}_2 + k^2 y_2\right) = 0. \qquad (49)$$

Так как $a_{11}a_{22} - a_{12}^2 \neq 0$, то из этих уравнений найдем

$$\ddot{y}_1 + k^2 y_1 = 0, \quad \ddot{y}_2 + k^2 y_2 = 0. \qquad (50)$$

Таким образом, обобщенные координаты, выбранные произвольно, также изменяются по гармоническому закону с одной частотой k

$$y_1 = A_1 \sin\left(kt + \alpha_1\right), \quad y_2 = A_2 \sin\left(kt + \alpha_2\right). \qquad (51)$$

В этом случае, амплитуды и фазы колебаний определяются независимо для каждой из координат по начальным условиям.

VI. В том случае, когда одна из частот главных колебаний системы равна нулю, имеем

$$k_1 = \sqrt{\frac{c_1}{a_1}}; \; k_2^2 = \frac{c_2}{a_2} = 0\left(L \to \infty\right).$$

Так как $a_2 \neq 0$, то $c_2 = 0$ и выражения для вычисления кинетической и потенциальной энергии в главных координатах имеют вид

$$T = \frac{1}{2}\left(a_1 \dot{z}_1^2 + a_2 \dot{z}_2^2\right), \qquad (52)$$

$$\Pi = \frac{1}{2} c_1 z_1^2, \qquad (53)$$

то такому случаю соответствует расчетная схема на рис.1. Если принять $b = 0$, $r_1 = 0$ и убрать пружину с жесткостью r (сделать $r = 0$), ограничивающую движение по координате y_2, то главная координата z_2 в этом случае не входит в выражение (53), а, следовательно, и в выражение кинетического потенциала

$L_0 = T - \Pi$, то есть является циклической координатой. Дифференциальные уравнения движения в этом случае принимают вид

$$z_1 = C_1 \sin\left(k_1 t + \alpha_1\right); \quad z_2 = C_2 t + C_3. \tag{54}$$

Таким образом, главная координата z_1 будет определять гармонические колебания с частотой k_1, а другая главная координата z_2 или будет оставаться постоянной (при $c_2 = 0$), или будет неограниченно увеличиваться по абсолютной величине пропорционально времени. Тот или иной из рассматриваемых случаев возможен в зависимости от начальных условий. При произвольно выбранных обобщенных координатах y_1 и y_2 при $k_2 = 0$ имеем

$$\mu_2 = -\frac{c_{11}}{c_{12}} = -\frac{c_{12}}{c_{22}} \tag{55}$$

или

$$c_{12} = \pm\sqrt{c_{11} c_{22}}. \tag{56}$$

В качестве примера рассмотрим механическую систему, удовлетворяющую этому условию, для которой

$$c_{11} \neq 0, c_{22} \neq 0, c_{12} = 0.$$

Кинетическая и потенциальная энергия этой системы определится следующими выражениями

$$T = \frac{1}{2}\left(a_{11}\dot{y}_1 + 2a_{12}\dot{y}_1\dot{y}_2 + a_{22}\dot{y}_2\right); \quad \Pi = \frac{1}{2}c_{11}y_1^2. \tag{57}$$

Дифференциальные уравнения движения этой системы имеют вид

$$a_{11}\ddot{y}_1 + a_{12}\ddot{y}_2 + c_{11}y_1 = 0; \quad a_{12}\ddot{y}_1 + a_{12}\ddot{y}_2 = 0 \tag{58}$$

или после преобразования —

$$\ddot{y}_2 = -\frac{a_{12}}{a_{22}}\ddot{y}_1; \quad \left(a_{11} - \frac{a_{12}^2}{a_{22}}\right)\ddot{y}_1 + c_{11}y_1 = 0, \tag{59}$$

откуда следует решение

$$y_1 = C_1 \sin\left(k_1 t + \beta_1\right); \quad y_2 = -\frac{a_{12}}{a_{22}}y_1 + C_2 t + C_3, \tag{60}$$

преобразуемое к виду

$$y_1 = C_1 \sin\left(k_1 t + \beta\right); \quad y_2 = -\frac{a_{12}}{a_{22}}C_1 \sin\left(k_1 t + \beta_1\right) + C_2 t + C_3. \tag{61}$$

Таким образом, при $c_2 \neq 0$ обобщенная координата y_2 по абсолютной величине с течением времени непрерывно возрастает. Но это обстоятельство не нарушает условия малости колебаний около положения равновесия, так как обобщенная координата y_2 является циклической координатой, а состояние устойчивого равновесия системы безразлично по отношению к циклической координате.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Насников Д.Н., Логунов А.С. Типовые звенья в структурных интерпретациях механических колебательных систем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - №4(12) 2006. — Иркутск. ИрГУПС. С. 78-93.
2. Eliseev S.V., Lukyanov A.V., Reznik Yu.N, Khomenko A.P. Dynamics of mechanical systems with additional ties. Publishing of Irkutsk State University of Railway Engineering. Irkutsk.- 2006. pp.316.
3. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний. М.: Высшая школа. 1961.- 207с.

Jiang Xian-gang

УДК 614.8

THE TECHNOLOGY RESEARCH ON IMAGE SMOOTH AND MEDICAL ORGAN'S 3D-RECONSTRUCTION BASED ON ANISOTROPIC DIFFUSION

1. Introduction.

The noises existed in the digital image should been eliminated through image mean filtering, median filtering, Gaussian filtering, open operations ,closing operation and so on, but the main effect of these methods are to remove the high-frequency components of the image. Some details of the image existed in the high-frequency part ,which keep the edge characteristics information have been filtered in the same time. So we need a processing method of smoothing homogeneous neighborhood without destroying the image edges .

In recent years ,the application of partial differential equations model in the image processing technology get a significant developments .And the application of the theory actually develop steps of uniformity linear diffusion, non-uniformity linear diffusion, nonlinear diffusion ,anisotropic diffusion and so on.

The filtering method which based on the diffusion equation is a new medical image filtering technology. It is arising from the diffuse phenomena of physics. That is to solve the equation of nonlinear thermal diffusion in which the initial value is the input image. In the diffusion equation ,by introduction of image features, design of appropriate diffusion coefficient ,it control the action of the diffusion equation. It is not only to smooth image but also to preserve and even enhance the image edge feature, It can be used for the coarse image segmentation practically.

In 1990, Perona and Malik put forward the anisotropic diffusion equation which based on the partial differential equations. In the nonlinear scale space, the different diffusion coefficients of images determined by the direction of the gradient.the smooth noise and retaining details of the performance was advanced, its equation is as following :

$$\frac{\partial u}{\partial t} = div[c(|\nabla u|^2)\cdot\nabla u].$$

Here, 'div' is the divergence operator, 'u' is the gray scale of a image's pixel, '∇u'is the gradient, 't' is the time which expending on process of diffusion caloric in physics ,which is expressed by the iterative steps in designing program ,c is the diffusion coefficient ,which is the non-negative and monotonic decreasing function of the'∇u'. Perona and Malik recommends two forms, as follows :

$$c(|\nabla u|^2) = \frac{1}{1+{|\nabla u|^2}/{k^2}},$$

$$c(|\nabla u|^2) = \exp[-{|\nabla u|^2}/{k^2}].$$

Through the experiment, taking the fast and stability into account ,the test adopting the diffusion coefficient to this:

$$c(|\nabla u|^2) = \frac{1}{1+k\cdot|\nabla u|^2}.$$

Among them, $k$is a parameter of the diffusion coefficient, which controls the intensity of the diffusion.

Adopting different diffusion coefficient in different direction, so it is named anisotropic diffusion equation. Because the anisotropic diffusion equation apply the gradient of the monotone decreasing function in different directions of the image,in homogeneous (the same organ) region, where the change of value of the gray scale is little ,also is the gradient, it can smooth the noise in homogeneity region effectivly as its diffusion coefficient is big .But in edge of the image, the value of gray scale changes rapidly, and the gradient is larger ,and the diffusion coefficient is smaller, so that the edge of

the image information can been retained, in the whole, it can autocontrol its diffusion action.

2. Designing the image smoothing algorithm in anisotropic diffusion.

Considering diffusion algorithm of the gradient in four directions of top, bottom ,left and right, the steps as following :

The first step: Calculating the gradient in the step n iterations of four points ,supposing a point as$f_n(i,j)$,so calculating the gradient as following:

$$G_n(i,j)=sgrt\left\{\begin{array}{l}\left[\ f_n(i,j)-f_n(i,j-1)\ \right]\cdot\\ \cdot\left[f_n(i,j)-f_n(i,j-1)\right]+\begin{bmatrix}f_n(i,j)-\\ -f_n(i-1,j)\end{bmatrix}\cdot\\ \cdot\left[f_n(i,j)-f_n(i-1,j\right]\end{array}\right\}$$

The second step : Calculating the diffusion coefficient in the step n iterations of four neighbor points.

$$c_n(i,j)=\frac{1}{1+k\cdot\left|G_n(i,j)\right|^2}.$$

The third step : Calculating the value of gray scale after the step n iterations.

$$u_{n+1}(i,j)=u_n(i,j)+\Delta t\left\{\begin{array}{l}\frac{\left[\ c_n(i,j)+c_n(i-1,j)\ \right]}{2}\cdot u_n(i-1,j)+\\ +\frac{\left[c_n(i,j)+c_n(i+1,j)\right]}{2}\cdot u_n(i+1,j)+\\ +\frac{\left[c_n(i,j)+c_n(i,j-1)\right]}{2}\cdot u_n(i,j-1)+\\ +\frac{\left[c_n(i,j)+c_n(i,j+1)\right]}{2}\cdot u_n(i,j+1)-\\ -\frac{\begin{bmatrix}4c_n(i,j)+c_n(i-1,j)+\\ +c_n(i+1,j)+c_n(i,j-1)+\\ +c_n(i,j+1)\end{bmatrix}}{2}\cdot\\ \cdot u_n(i,j)\end{array}\right\}$$

Here, Δt is the size of step, $u_n(i,j)$ is the value of gray scale in the step n iteration of point (i,j).

The fourth step :Judging the iterative process ,if it was finished ,the process would exit ;If not, it will continue to the first step in next loop.

With the number of iterations increasing, anisotropic diffusion's smoothing effect will be better in the homogeneous region. Although the more the number of iterations and the better the results, the processing time for images will extend longer . The number of iterative should be 25 as the best one after a lot of experiments testing. With the increasing of diffusion coefficient$c$'s parameters k , anisotropic diffusion's smoothing effect will be worse in the homogeneous region. Generally, k is 0.08. With the increasing of step Δt's size, anisotropic diffusion's smoothing effect will be better in the homogeneous region. Generally, Δt is 0.16.

3. Designing the improved image smoothing algorithm in anisotropic diffusion.

On above ,we introduced the gradient of anisotropic diffusion in four directions, but in practice, We will involves 45 degrees, 135 degrees, 225 degrees and 315 degree's brink during the processing dealing with images. Therefore, we adopt the gradient in eight directions to calculate the intensity of a point's transformed valve. Fig. 1 shown the eight directions' anisotropic diffusion .

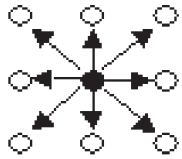


Fig.1 Image smoothing sketch in 8 directions anisotropic diffusion.

Correspondingly, the same third step in the process of iterative formula should be changed to:

$$u_{n+1}(i,j)=u_n(i,j)+\Delta t\cdot$$
$$\cdot\left\{\begin{array}{l}\frac{\left[\ c_n(i,j)+c_n(i-1,j)\ \right]}{2}\cdot u_n(i-1,j)+\frac{\left[c_n(i,j)+c_n(i+1,j)\right]}{2}\cdot\\ \cdot u_n(i+1,j)+\frac{\left[c_n(i,j)+c_n(i,j-1)\right]}{2}\cdot u_n(i,j-1)+\\ +\frac{\left[c_n(i,j)+c_n(i,j+1)\right]}{2}\cdot u_n(i,j+1)+\\ +\frac{\left[c_n(i,j)+c_n(i-1,j+1)\right]}{2}\cdot u_n(i-1,j+1)+\\ +\frac{\left[c_n(i,j)+c_n(i+1,j+1)\right]}{2}\cdot u_n(i+1,j+1)+\\ +\frac{\left[c_n(i,j)+c_n(i-1,j-1)\right]}{2}\cdot u_n(i-1,j-1)+\\ +\frac{\left[c_n(i,j)+c_n(i+1,j+1)\right]}{2}\cdot u_n(i+1,j-1)-\\ -\begin{bmatrix}8c_n(i,j)+c_n(i-1,j)+c_n(i+1,j)+\\ +c_n(i,j-1)+c_n(i,j+1)+c_n(i+1,j+1)+\\ +c_n(i-1,j+1)+c_n(i-1,j-1)+\\ +c_n(i+1,j-1)\end{bmatrix}/2\cdot u_n(i,j)\end{array}\right\}.$$

Under the conditions of $n=25, k=0.08, \Delta t=0.16$,the smoothing effect as Fig. 2 showed ,its smoothing effect is better than the four directions anisotropic diffusion which

shows in figure 2 in the same conditions of parameters.

4. Designing the image edge enhancement algorithm in anisotropic diffusion.

Anisotropic diffusion smooth the noise effectively while it retain the edge. Under some conditions, we hope that anisotropic diffusion at the same time ,the edge can been enhanced, also the details been focused on. In this paper we choice different edge-enhanced according to the different of the gradient values ,edge will be enhanced in the bigger gradient ,and will have little change in the smaller gradient areas.

Using the following iteration format to get the result of enhanced edge:

$$u'(i,j)=\min(255,\max(0,round(u(i,j)+power\cdot[4\cdot u(i,j)-u(i-1,j)-u(i+1,j)-u(i,j-1)-u(i,j+1)]))).$$

Here, $u'(i,j)$ is the value of gray scale after being changed, $u(i,j)$ is the value of gray scale before being changed.

With the enhancement coefficient '*power*' increasing ,both edge and noise are enhanced .In this way, while the edge is enhanced ,at the same time the noise was enhanced. Noise gradient becomes much greater and the effect of smoothing becomes worse. Considered all of these ,we can improve the image quality by taking improved eight direction anisotropic diffusion at first, then applying edge enhancement ,only by this procedure we can solve the conflict effectively .With the enhancement coefficient '*power*' increasing ,the edge was enhanced but the noise not, smoothing effect is the best in homogeneous region. Fig. 2 (i) show the image processing effect by improved

Now the results of all kinds of image preprocessing results are compared as followings:

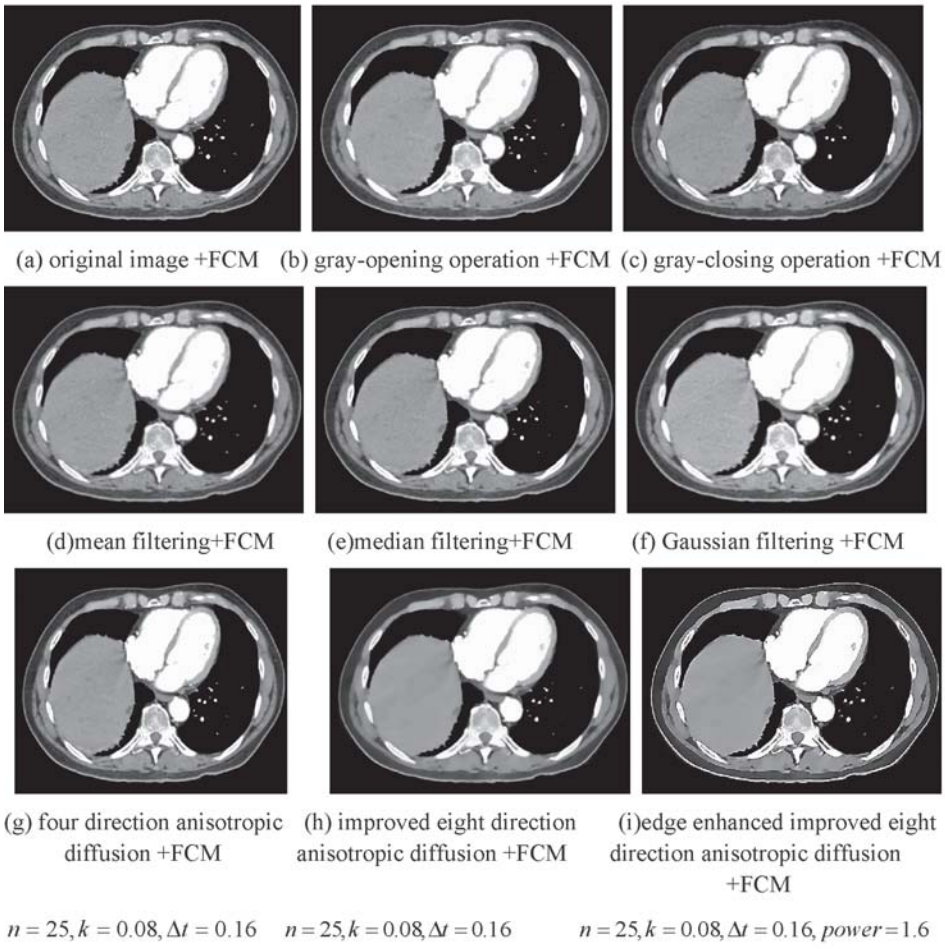


Fig.2. Compared image effect in different processing methods.

eight direction edge enhancement anisotropic diffusion.

5. Compared results in different image Pretreatment methods.

The above results show that the gray-opening operations eliminate the some small bright details, retain the holistic gray-level and big size bright region unchanged , eliminate the small objects,and smooth the edge of the larger objects at the same time; gray-closing operations eliminate the dark details of the image, retain bright region do not be affected relatively, filled the objects' small hollow and smooth its borders at the same time .It does not significantly change their area; Mean and median filtering for noise filtering and edge information without distinction, eliminated a certain level of noise and made the edge become blurred; Gaussian filter is the proliferation of the isotropy, use the templates to the original image convolution operation, noise eliminated, edge blurring, and the overall image is gray; anisotropic diffusion smooth the noise efficiently and maintain the edge's information; eight direction anisotropic diffusion is better than four direction anisotropic diffusion; Eight direction anisotropic diffusion with Edge enhancement not only eliminated the noise in homogeneous region but also strengthened the edge. Edge enhancement of anisotropic diffusion's effect is better, it can adjust the edge enhancement factor to strengthen the edge largely, when the edge enhancement factor is taken as a small negative absolute value , edge will become fuzzy.

After image was smoothed, following process is to separate the different parts of the organs, the aim of taking gray image segmentation is to separate the image's regions into several parts which have some uniform properties by analysis ,extracting and identification. In this paper, K-means clustering and fuzzy-means clustering (FCM) algorithm can gain more accurate and reasonable classification.

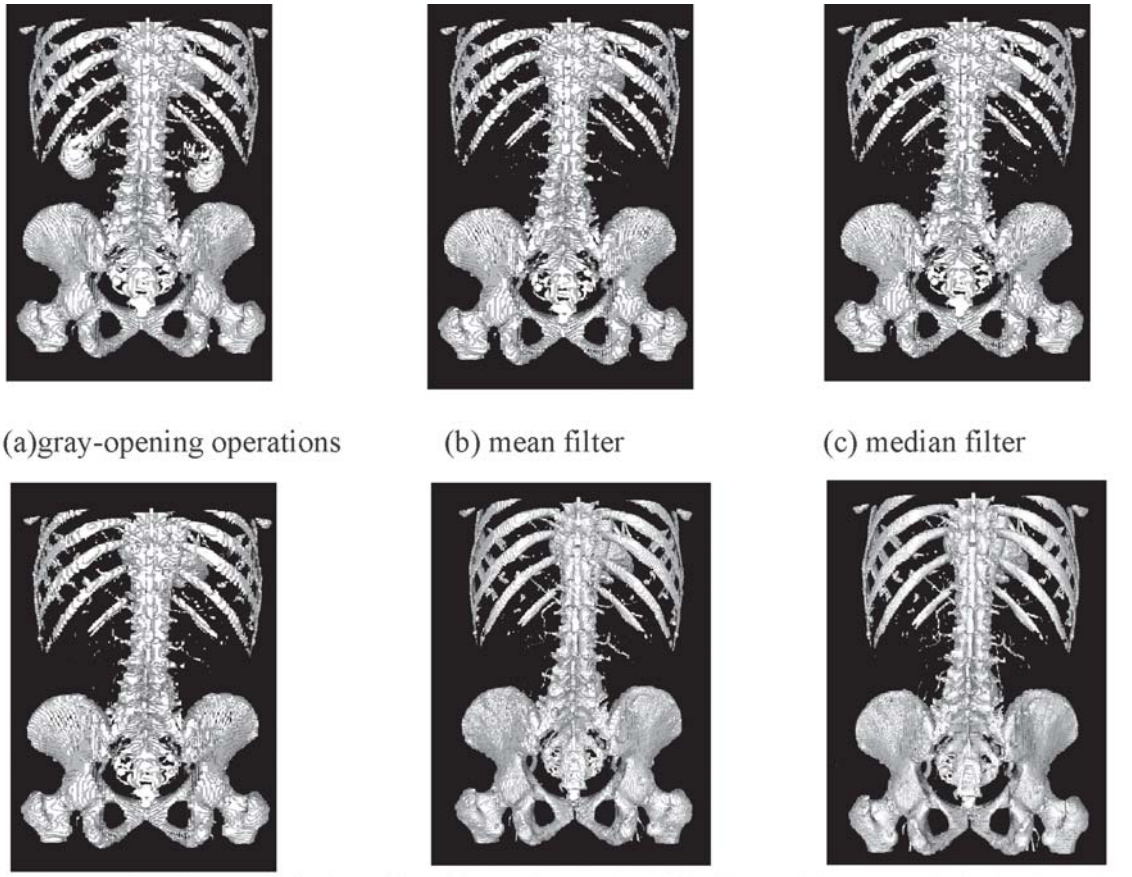
By analysis of the experiments of the medical images processing ,we concluded that under normal circumstances, organ and tissue are separated into four categories for bone, muscle, subcutaneous tissues and background preferably. The initial cluster center of gray values would be taken approximately 230,130,50 and 0 as a better choice. Different image preprocessing will produce different effects of 3D reconstruction. Fig.3 is the reconstruction effects of the slice images which was preprocessed in different way then further processed in 3D reconstruction.

Item (e) and (f) are results of reconstruction after preprocessed every slice in the parameters of$n = 25, k = 0.08, \Delta t = 0.20$. Comprehensive analysis, gray-opening operations, mean filter, median filter, Gaussian filter, anisotropic diffusion and improved anisotropic diffusion filter the noise in varying degrees ,but improved anisotropic diffusion in eight direction is the best one. Edge enhancement of anisotropic diffusion filter eliminate a part of noise, but also bring into other noises, this is because the part of edge was strengthened through edge enhancement ,which make the gray value of edge leaping promotion and the boundary of edge become clearer , but perhaps some parts of edge were easily separated into other organs, which will be conducive to the goal of two-dimensional image segmentation and recognition.

The hardware and software environment of the operation of procedures are: Windows 2000 operating system, Delphi 7 development platform, mainframe is PIV 1.81GHz,512MB memory. The following table is time (milliseconds) compared about the consumption of all kinds of image reconstruction after pretreatment.

6. Conclusion.

Experiments show that the 8 direction anisotropic diffusion method takes diffusion effects in 8 directions into account , which is a better one to get the image smoothing effect than the way of 4 direction anisotropic diffusion. The anisotropic diffusion technology should be used flexibly according to special requirements and situations in image smoothing and three-dimension reconstruction. The parameter k of diffusion coefficient C and edge enhancement factor can be adjusted to achieve better reconstruction results than that of the generally used image preprocessing methods. The impurities suspended in spatial objects have been reduced ,reconstructed objects become smoother . The better filtering method is the pre-condition of significant reduction in the number of triangles of a 3D model. It enable procedures to reduce the demands on hardware configuration, reduce costs, improve the accuracy of reconstruction. It is worth noting that all the existing image filtering and the anisotropic diffusion image smoothing technology focus on 2D planar images. If we consider spatial 26 directions in anisotropic diffusion equation in the image



(a)gray-opening operations (b) mean filter (c) median filter

(d)Gaussian filter （e） four direction anisotropic diffusion (f) improved eight direction anisotropic diffusion

Fig.3 Compared reconstruction effects with different processing methods.

Table 1

Reconstruction consumption time of all kinds of image pretreatments.

Pretreat - ment	O/I	G/O/O	Mean filter	Median filter	Gaussian filter	4D/A/D	I/8D/A/D
N/G	29938	20047	33156	25562	18391	19812	16453
K/G	26484	33078	26891	37547	35453	23438	21641
F/G	34359	32406	25625	22171	16859	29313	27719

O/I for original image.
4D/A/D for four direction anisotropic diffusion.
I/8D/A/D for improved eight direction anisotropic diffusion.
G/O/O for gray-opening operations.
N/G for not grouped by classification.
K/G for grouped by the K-means clustering.
F/G for grouped by Fuzzy-means clustering.

processing technology. Spatial objects will be smoother in homogeneous materials without borders undermining in the 3D segmentation, We are conducting further researches in this regarding.

BIBLIOGRAPHY

1. Jiang Xiangang. The Technology Research on Image Smooth and Segmentation Based on Anisotropic Diffusion And K-means [J] Computer Application, 2007,1:190- 193.

Капустин А.Н., Гарифулин В.Ю.,
Перелыгин В.Н., Лукьянов А.В.

УДК 681.518.54+620.19

ЭФФЕКТИВНОЕ СОПОСТАВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ИНФРАКРАСНОМ И ОПТИЧЕСКОМ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДИАПАЗОНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕРЕОПАРЫ «ТЕПЛОВИЗОР – ВИДЕОКАМЕРА»

Введение.

Инфракрасная (ИК) термография играет все более важную роль в техническом обслуживании энергетического, теплового технологического оборудования предприятий на этапе определения их технического состояния. Этот метод получения изображений (термограмм) в невоспринимаемом глазом тепловом излучении, испускаемом объектами, позволяет также без соприкосновения с оборудованием выявлять ее чрезмерно разогретые механические и электрические узлы, что нередко предшествует отказам. Изменение картины тепловых излучений свидетельствует об изменении режима работы или технического состояния деталей и узлов машин. Их перегрев может быть следствием развивающихся дефектов.

Современные термографические системы на базе портативных камер обладают функциями записи изображений, сбора и хранения данных и калибровки. Программы анализа термоизображений позволяют сравнивать результаты текущих съемок с ранее накопленными данными, обеспечивая поддержку анализа трендов. Кроме того, термокамеры, используемые для фиксации изображений и сбора данных, обеспечивают мгновенный пересчет всех наблюдаемых термоуровней с целью компенсации таких факторов, как колебания температуры окружающей среды, изменение расстояния от камеры до объекта, изменение излучательной способности поверхностей машин.

Термография уже применяется для эффективного контроля электрооборудования работающих машинных агрегатов, и в этом она удачно дополняет виброконтроль, позволяя определять не охваченные последним электрические дефекты, а также дефекты смазки и передач. Классификация термопризнаков в сочетании с классификацией вибропризнаков дефектов оборудования позволят выявить цепочку причинно-следственных связей дефектов, что способствует раннему обнаружению дефектов. Ввиду сложности распознавания нетермоконтрастных деталей на электрических сборках с большой плотностью монтажа, для повышения достоверности и производительности тепловизионного контроля предлагается синхронная фото- терморегистрация с последующей совместной обработкой фото- термоизображений.

В общем случае, задача сопоставления изображений решается классическим способом - на обоих изображениях достоверно определяются соответствующие друг другу элементы, после чего по какому-либо алгоритму осуществляется преобразование одного изображения к другому таким образом, чтобы достоверно сопоставленные элементы совпали, а участки между ними были преобразованы для достижения максимального качества сопоставления [1,2]. В этой трактовке, сопоставление изображений, полученных с использованием стереопары, в известном смысле, решается проще — поскольку взаимное положение камер известно точно, вероятное положение искомого объекта на сравнивае-

мом с эталонным изображении ограничено некоторой достаточно небольшой областью. Неопределенность в определении положения объекта остается, ввиду присутствия глубины сцены. Далее, в статье будет предложен эффективный алгоритм сопоставления изображений, исходя из ограничений стереопары.

1.Используемая терминология и основные соглашения.

Предварительно необходимо дать следующие определения, которые затем будут использованы в тексте. Исходное изображение, которое мы будем считать эталонным при сравнении, назовем *базовым*. Сравниваемое с ним изображение со второй камеры стереопары будем называть *контрольным*. Двумерные преобразования, выполняемые над изображениями как целыми объектами, будем обозначать общим термином *гомография*. Очевидно, что как частный случай, гомографией можно считать афинные, проективные и т.д. преобразования.

Для сопоставления изображений полезно пользоваться соотношениями *эпиполярной геометрии*. Пусть C и C' - пара камер с точечной апертурой. Тогда m и m′ - проекции на плоскости изображений I и I' камер C и C' точки в трехмерном пространстве M см. рис.1.

Тогда основное соотношение эпиполярной геометрии представлено в виде

$$m'^T Fm = 0 \qquad (1)$$

для всех пар соответствующих точек. Матрица F называется *фундаментальной матрицей* [3].

Фундаментальная матрица — это матрица 3*3, имеющая ранг = 2, проецирующая точки на плоскости I в линии на плоскости I' и наоборот. Так, если m - точка на I, то $Fm = l'$ - *эпиполярная прямая* на I'. Тогда из уравнения (1.1) $m'^T l' = 0$. То есть, любая точка m′, соответствующая m, должна лежать на эпиполярной прямой Fm.

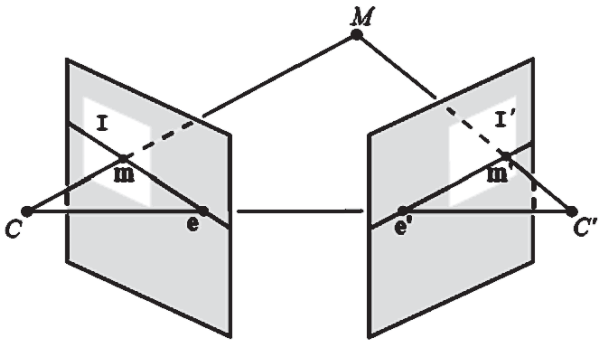


Рис. 1. Основные соотношения эпиполярной геометрии.

Также для фундаментальной матрицы существует пара точек e и e′, принадлежащих I и I', для которых выполняется соотношение

$$Fe = 0 = F^T e', \qquad (2)$$

где 0 — нулевой вектор. Эти точки называются *эпиполюсами*. Главное свойство эпиполюса — принадлежность всем эпиполярным прямым плоскости изображения.

Здесь и далее предполагаем, способ вычисления фундаментальной матрицы и эпиполюсов нам известен. Подробнее, см. [4].

2. Методика покоординатного выравнивания эпиполярных прямых.

Сопоставление изображений можно представить как процесс преобразования эпиполярной геометрии сопоставляемых изображений в некоторую каноническую форму. То есть, применив проективные преобразования (преобразования гомографии) для каждого из сопоставляемых изображений, мы поместим их эпиполюсы в заранее определенные нами точки. Пусть такой точкой будет точка $i = [100]^T$, лежащая в бесконечности, соответственно фундаментальная матрица для таких изображений будет определена следующим соотношением [5]

$$\overline{F} = [i]_x = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Обозначение $[i]_x$ означает антисимметричную матрицу, полученную векторным произведением i.

Соответственно, можно определить основные правила, которые будут выполняться для полученных изображений:

1)Все эпиполярные линии параллельны оси OY;

2)Соответствующие точки имеют идентичные по оси OY координаты.

Пусть H и H′ - гомографии, преобразующие изображения I и I' к канонической форме, постулированной выше. Пусть $m \in I$ и $m' \in I'$ - пара соответствующих точек, удовлетворяющих основным закономерностям эпиполярной геометрии. Тогда этим точкам

соответствуют точки $\overline{m}$ и $\overline{m}'$ на изображениях в канонической форме таких, что

$$\overline{m} = Hm \text{ и } \overline{m}' = H'm'.$$

Очевидно, что, поскольку полученные точки также удовлетворяют соотношениям гомографии, то

$$\overline{m}'^T \overline{F}\,\overline{m} = 0,$$

$$m'^T \underbrace{H'^T \overline{F} H}_{F} \overline{m} = 0.$$

Окончательно, фундаментальная матрица может быть получена из выражения

$$F = H'^T [i]_x H. \quad (3)$$

Фактически, таких матриц гомографии H и H′ можно определить множество, нас интересуют лишь те, которые будут удовлетворять определенным заданным критериям.

Определим u, v и w как прямые линии, заданные коэффициентами в строках матрицы гомографии H так, что

$$H = \begin{bmatrix} u^T \\ v^T \\ w^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_a & u_b & u_c \\ v_a & v_b & v_c \\ w_a & w_b & w_c \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Аналогично, определим прямые u′, v′ и w′ как строки матрицы H′. По определению, для полученных прямых верно соотношение

$$He = \begin{bmatrix} u^T e & v^T e & w^T e \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T.$$

Это означает, что прямые **v** и **w** должны проходить через эпиполюс **e** (согласно основным соотношениям гомографии). Аналогично, v′ и w′ должны проходить через другой эпиполюс e′. Кроме того, **v** и v′, а также **w** и w′ являются соответствующими эпиполярными прямыми. Обозначенные закономерности легко представить в графическом виде (рис.2).

Для того, чтобы определить искомые матрицы гомографии, используем метод их декомпозиции на более простые матрицы. Каждый компонент будет получен отдельно, после чего итоговая матрица будет исчислена перемножением последних.

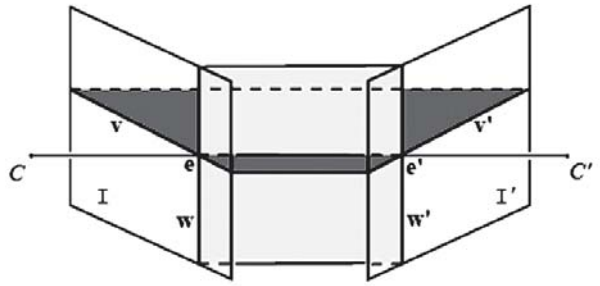


Рис.2. Графическое отображение элементов матриц гомографии.

Прежде всего очевидно, что инвариантная к масштабированию матрица гомографии может быть представлена в форме

$$H = \begin{bmatrix} u_a & u_b & u_c \\ v_a & v_b & v_c \\ w_a & w_b & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

делением на постоянную w_c. Аналогично, разделим H' на w'_c. Эти действия не могут вызвать затруднений, поскольку w_c, w'_c не равны 0, в силу положения начала координат.

Определим декомпозицию **H** как

$$H = H_a H_p,$$

где H_p - матрица проективного преобразования, H_a - матрица аффинного преобразования. Таким образом найдем, что

$$H_p = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ w_a & w_b & 1 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Из уравнений (1.5) и (1.6) следует, что

$$H_a = HH_p^{-1} = \begin{bmatrix} u_a - u_c w_a & u_b - u_c w_b & u_c \\ v_a - v_c w_a & v_b - v_c w_b & v_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Определение для H'_a и H'_p осуществляется аналогично.

Далее, получим выражения для вычисления каждого компонента матрицы гомографии.

3.Проективная компонента.

Матрицы H_p и H'_p полностью характеризуют проективные компоненты матриц гомографии. Эти преобразования проецируют эпиполюсы **e** и e′ в точки, расположенные в бесконечности (w-координата равна 0. По определению, H_p и H'_p определяются прямыми w и w′ - соответственно.

Линии w и w′ не являются независимыми. Пусть существует некоторая прямая на плоскости изображения $z = [\lambda \quad \mu \quad 0]^T$, тогда можно определить, что некоторые прямые w и w′ связаны выражением

$$w = [e]_x z \text{ и } w' = Fz. \quad (8)$$

Это соотношение следует из того, что прямые соответственны и являются эпиполярными. Таким образом, любое **z** определяет пару эпиполярных прямых. Необходимо выбрать **z**

таким, чтобы минимизировать условия, сформулированные ниже.

Пусть $\mathrm{p}_i = \begin{bmatrix} \mathrm{p}_{i,u} & p_{i,v} & 1 \end{bmatrix}^T$ - точка на исходном изображении. Тогда эта точка будет трансформирована преобразованием H_p в точку с координатами $\begin{bmatrix} \frac{p_{i,u}}{w_i} & \frac{p_{i,v}}{w_i} & 1 \end{bmatrix}$ с весом $w_i = \mathrm{w}^T \mathrm{p}_i$. Если веса для всех точек изображения будут идентичны, то преобразование вырождется в аффинное. Это возможно, если полюс действительно окажется в бесконечности. Зададимся целью максимально приблизить искомое проективное преобразование к аффинному, понимая, конечно, что предельный результат недостижим.

4. Постановка задачи минимизации контрольного соотношения.

Рассмотрим множество всех весов для каждой точки изображения. Определим соотношение минимизации различия значений весов относительно веса центрального пикселя, как

$$\sum_{i-1}^{n} \left[\frac{w_i - w_c}{w_c} \right]^2, \tag{9}$$

где $w_c = \mathrm{w}^T \mathrm{p}_c$, где $p_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \mathrm{p}_i$ - центральный пиксель. Минимизируя соотношение (9), найдем искомую матрицу H_p.

Очевидно, что можно представить выражение (9) в виде

$$\sum_{i=1}^{n} \left[\frac{\mathrm{w}^T \left(\mathrm{p}_i - \mathrm{p}_c \right)}{\mathrm{w}^T \mathrm{p}_c} \right]^2$$

или в матричной форме -

$$\frac{\mathrm{w}^T \mathrm{P}\mathrm{P}^T \mathrm{w}}{\mathrm{w}^T \mathrm{p}_c \mathrm{p}_c^T \mathrm{w}}, \tag{10}$$

где **P** является матрицей

$$P = \begin{bmatrix} p_{1,u} - p_{c,u} & p_{2,u} - p_{c,u} & \cdots & p_{n,u} - p_{c,u} \\ p_{1,v} - p_{c,v} & p_{2,v} - p_{c,v} & \cdots & p_{n,v} - p_{c,v} \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}.$$

Аналогично определяются p'_c и P' для другого изображения.

Из соотношения (8) для обоих изображений можно представить (10) как

$$\frac{\mathrm{z}^T \overbrace{\left[\mathrm{e}\right]_x^T \mathrm{P}\mathrm{P}^T \left[\mathrm{e}\right]_x}^{\mathrm{A}} \mathrm{z}}{\mathrm{z}^T \underbrace{\left[\mathrm{e}\right]_x^T \mathrm{p}_c \mathrm{p}_c^T \left[\mathrm{e}\right]_x}_{\mathrm{B}} \mathrm{z}} + \frac{\mathrm{z}^T \overbrace{\mathrm{F}^T \mathrm{P}\mathrm{P}^T \mathrm{F}}^{\mathrm{A}'} \mathrm{z}}{\mathrm{z}^T \underbrace{\mathrm{F}^T \mathrm{p}_c \mathrm{p}_c^T \mathrm{F}}_{\mathrm{B}'} \mathrm{z}}$$

или, упрощая -

$$\frac{\mathrm{z}^T \mathrm{A}\mathrm{z}}{\mathrm{z}^T \mathrm{B}\mathrm{z}} + \frac{\mathrm{z}^T \mathrm{A}' \mathrm{z}}{\mathrm{z}^T \mathrm{B}' \mathrm{z}}, \tag{11}$$

где $\mathrm{A}, \mathrm{B}, \mathrm{A}'$ и B' - матрицы 3*3, значения которых зависят от набора точек p_i и p'_j. Поскольку *w*-координата для **z** равна 0, значимым является только верхний левый блок 2*2 для каждой из матриц. Следовательно, можно представить $\mathrm{z} = \begin{bmatrix} \lambda & \mu \end{bmatrix}^T$.

Поскольку ранее было предположено, что рассматривается весь набор точек

$$\mathrm{p}_{i,j} = \begin{bmatrix} i & j & 1 \end{bmatrix}^T,$$

где $i = 0, \cdots, \omega - 1$ и $j = 0, \cdots, h - 1$, здесь ω и h — ширина и высота изображения *I*, центр которого расположен в точке с координатами

$$\mathrm{p}_c = \begin{bmatrix} \frac{\omega - 1}{2} & \frac{h-1}{2} & 1 \end{bmatrix}^T.$$

Соответственно, нетрудно получить следующие соотношения

$$\mathrm{P}\mathrm{P}^T = \frac{\omega h}{12} \begin{bmatrix} \omega^2 - 1 & 0 & 0 \\ 0 & h^2 - 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

и

$$\mathrm{p}_c \mathrm{p}_c^T = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} (\omega - 1)^2 & (\omega - 1)(h-1) & 2(\omega - 1) \\ (\omega - 1)(h-1) & (h-1)^2 & 2(h-1) \\ 2(\omega - 1) & 2(h-1) & 4 \end{bmatrix}.$$

Используя эти результаты, вычислим $\mathrm{A}, \mathrm{B}, \mathrm{A}'$ и B' в формате 2*2.

5. Решение задачи минимизации.

Поскольку $\mathrm{z} = [\lambda \quad \mu]^T$ определена с точностью до постоянной масштабирования, можно установить, что $\mu = 1$. Минимизация выражения достигается, если первая производная по λ равна 0. Для эффективной минимизации (11) необходимо определить начальное значение.

Найдем его следующим образом: минимизируются отдельно оба рациональных выражения $\mathrm{z}^T \mathrm{A}\mathrm{z} / \mathrm{z}^T \mathrm{B}\mathrm{z}$ и $\mathrm{z}^T \mathrm{A}'\mathrm{z} / \mathrm{z}^T \mathrm{B}'\mathrm{z}$. Это позволяет определить два различных значения **z**, которые можно обозначить $\tilde{z}_1$ и $\tilde{z}_2$. Их среднее значение $\left(\tilde{z}_1 / \|\tilde{z}_1\| + \tilde{z}_2 / \|\tilde{z}_2\| \right) / 2$ используется как начальное значение для минимизации всей суммы.

Минимизация $\mathrm{z}^T \mathrm{A}\mathrm{z} / \mathrm{z}^T \mathrm{B}\mathrm{z}$ эквивалентна максимизации выражения $\mathrm{z}^T \mathrm{B}\mathrm{z} / \mathrm{z}^T \mathrm{A}\mathrm{z}$; обозначим его f_z. Поскольку **A** является симметричной и

положительно-определенной, можно использовать факторизацию Холетского, $A = D^T D$. Введем новую переменную $y = Dz$, тогда $f(z)$ можно преобразовать

$$\tilde{f}(y) = \frac{y^T D^{-T} B D^{-1} y}{y^T y}.$$

Поскольку **y** определен с точностью до коэффициента масштабирования, $\tilde{f}(y)$ может быть максимизирована, когда **y** равен собственному вектору матрицы $D^{-T} B D^{-1}$, соответствующего максимальному собственному значению. Окончательно, $z = D^{-1} y$. Аналогичная процедура может быть использована для минимизации $z^T A' z / z^T B' z$.

6. Аффинные преобразования.

В выражении (7) была определена матрица афинного преобразования. Рассмотрим вариант ее дельнейшей декомпозиции с целью интерпретации ее элементов через известные величины.

Пусть выражение (7) может быть преобразовано так, чтобы являться произведением двух матриц — преобразования подобия и растяжения по оси OX:

$$H_a = H_s H_r,$$

где

$$H_r = \begin{bmatrix} v_b - u_c w_b & v_c w_a - v_a & 0 \\ v_a - v_c w_a & v_b - v_c w_b & v_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (12)$$

и

$$H_s = \begin{bmatrix} S_a & S_b & S_c \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Поскольку матрица H_s используется только для трансформации вдоль оси OX, она может быть отброшена с тем, чтобы далее воспользоваться иными методами сопоставления изображений.

Выше получено, что матрицы H_p и H'_p выполняют сдвиг эпиполюсов в точки в бесконечности. С использованием матриц H_r и H'_r необходимо осуществить вращение с тем, чтобы точки соответствовали вектору направления $i = [100]^T$. Таким образом, будет получено соответствие линий направленных параллельно оси OX для каждой точки оси OY для обоих изображений.

Поскольку уравнения прямых w и w′ получены выше, выразим коэффициенты v_a и v_b из выражения (12)

$$F = H'^T [i]_x H =$$

$$= \begin{bmatrix} v_a w'_a - v'_a w_a & v_b w'_a - v'_a w_b & v_c w'_a - v'_a \\ v_a w'_b - v'_b w_a & v_b w'_b - v'_b w_b & v_c w'_b - v'_b \\ v_a - v'_c w_a & v_b - v'_c w_b & v_c - v'_c \end{bmatrix}. \qquad (13)$$

Используя последнюю строку этого матричного уравнения, получим, что

$$v_a = F_{31} + v'_c w_a, \qquad (14)$$

$$v_b = F_{32} + v'_c w_b, \qquad (15)$$

$$v_a = F_{33} + v'_c. \qquad (16)$$

Подставляя (14- 16) в (12), получим окончательно

$$H_r = \begin{bmatrix} F_{32} - w_b F_{33} & w_a F_{33} - F_{31} & 0 \\ F_{31} - w_a F_{33} & F_{32} - w_b F_{33} & F_{33} - v'_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \qquad (17)$$

Аналогично, для v'_a и v'_b получено

$$H'_r = \begin{bmatrix} w'_b F_{33} - F_{23} & F_{13} - w'_a F_{33} & 0 \\ w'_a F_{33} - F_{13} & w'_b F_{33} - F_{23} & v'_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \qquad (18)$$

Окончательно, для преобразования изображений необходимо использовать произведение матриц $H_r H_p$ и $H'_r H'_p$.

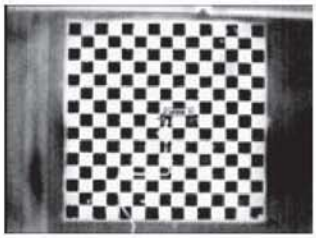
Результат применения данной методики представлен на рис.3.

7. Методика сопоставления точек контрольного и базового изображений.

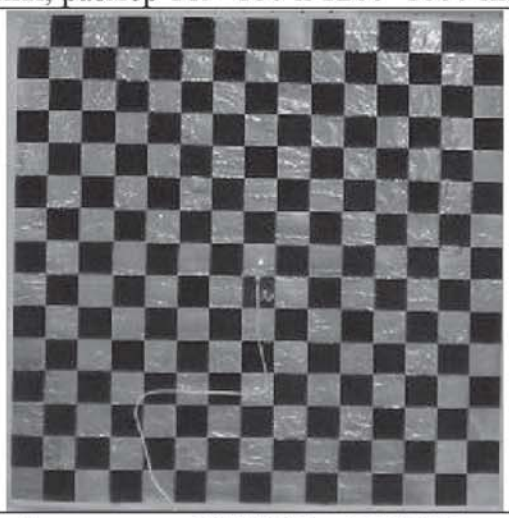
После получения матриц гомографии, преобразующих изображения таким образом, что любые точки в сопоставимых областях изображений имеют одинаковые координаты по оси OY (с точностью до постоянной сдвига), необходимо определить координаты соответствующих точек по оси OX.

Для этого предложен следующий алгоритм:

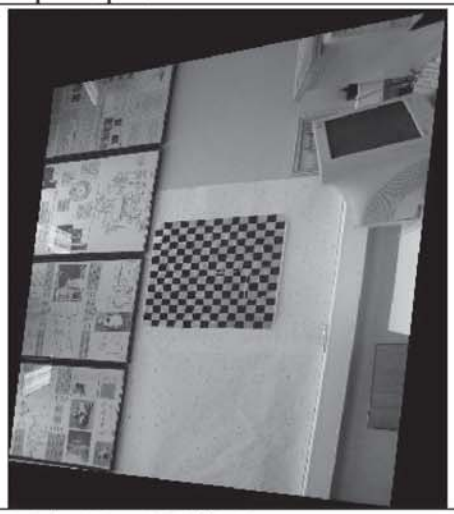
- предварительная обработка изображений с целью их максимальной адаптации для автоматизированных алгоритмов анализа и вычислений;
- определение величины постоянной сдвига одного изображения относительно другого;
- поиск опорных точек на базовом изображении;



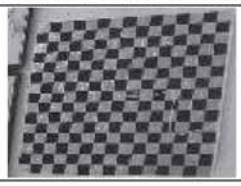
а) Оригинальные изображения до преобразования, размер 119*160 и 1200*1600 пикс.



б) Фактический размер сопоставляемых областей примерно 105*105 и 272*276 пикс.



в) Изображения после трансформации, размеры 135*107 и 379*330 пикс.



г) Размер сопоставляемых областей после трансформации 90*93 и 90*107 пикс.

Рис. 3. Применение методики покоординатного выравнивания эпиполярных прямых.

•формирование структуры связей между опорными точками путем построения триангуляции Делоне;

•поиск точек-кандидатов на контрольном изображении;

•выбор наиболее подходящих кандидатов с точки зрения минимизации энергии трансформации структуры связей по сравнению с базовым изображением.

Рассмотрим методику более подробно.

7.1. Предварительная обработка изображений.

Необходимость предварительной обработки изображений объясняется, прежде всего, существенным различием между типами сенсоров, которые получают тепловизионное изображение и фотографию в оптическом диапазоне.

Тепловизионное изображение формируется с использованием микроболометрической матрицы и представляет собой двумерное поле, каждая точка которого обладает яркостью глубиной 8 бит. Автоматически адаптируемый диапазон яркостей динамически меняется в зависимости от температуры самого теплого и самого холодного объекта в кадре. Таким образом, на изображении в простейшем случае самые холодные участки являются черными, а самые горячие — белыми. Между ними производитель предусмотрел несколько видов температурных шкал, отличающихся синтезированными промежуточными цветами, предназначенными только для улучшения восприятия. Фактически, наиболее функционально использовать изображение в градациях серого цвета.

Оптическое изображение получено с использованием фотометрических датчиков и байеровской схемы получения цветов. Каждый итоговый пиксель изображения, в результате, имеет одинаковую глубину цвета для каждого из трех основных цветов. Кроме того, цветовое пространство адаптировано под то, которое воспринимает среднестатистический человек.

Таким образом, наиболее корректно использовать такую характеристику, как яркость отдельных участков изображения, а также контрастность этих участков.

Еще одним существенным отличием является излучательная и отражательная способность наблюдаемых поверхностей, которая существенно зависит от длины волны фиксируемого электромагнитного излучения. Это значит, что в общем случае предметы выглядят отлично друг от друга в обоих диапазонах, с точки зрения градиентов яркости и величины контраста. Это значительно снижает эффективность сопоставления изображений и требует некоторых подготовительных преобразований перед запуском алгоритма сопоставления изображений.

Предложено использовать следующие алгоритмы.

1) Метод контрастно ограниченной адаптивной эквализации (выравнивания) гистограммы (CLAHE).

Данный метод основан на исследовании для каждого пикселя гистограммы его окрестности и коррекции его яркостной характеристики путем изменения контраста таким образом, как определено в характеристиках функции. Тестовое изображение до и после применения метода приведено на рис.4,5.

2) Локальный диапазон изображения.

Метод используется для выделения локальных границ на изображении и состоит в вычислении локального диапазона яркости (максимальное минус минимальное значение яркости) на участке вокруг исследуемого пикселя. Участок можно задавать, используя маску, минимальный размер участка, очевидно, 3*3 пикселя. Изображение на рис.5, обработанное с использованием такой функции, представлено на рис.6.

В результате, обработанные таким образом изображения, имеют большую вероятность корректного сопоставления точек, чем оригинальные.

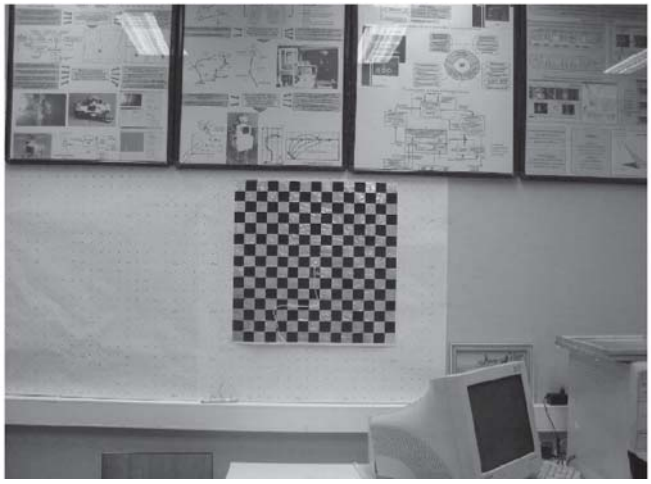


Рис. 4. Исходное тестовое изображение.

Рис. 5. Тестовое изображение после эквализации гистограммы.

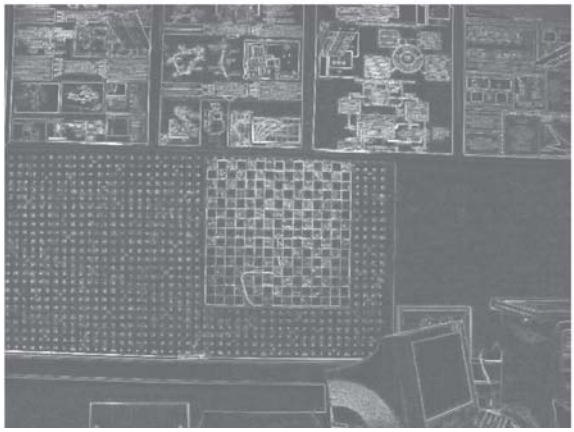


Рис. 6. Вычисление локального диапазона для тестового изображения.

7.2. Определение величины постоянной сдвига.

Как видно из рис.3 у изображений, для которых покоординатно для оси OY выровнены эпиполярные прямые, совпадает разрешение по этой оси, то есть любые сопоставляемые точки имеют одинаковую ординату. Однако существует сдвиг по оси OY, который необходимо выявить, поскольку сопоставляемые изображения получены устройствами, имеющими значительную разницу, как по углу зрения, так и по разрешению регистрирующей матрицы.

Этот этап предполагает вмешательство оператора в процесс определения постоянной. Далее, полученное значение будет использоваться во всех вычислениях автоматически.

Для определения постоянной сдвига предложен следующий алгоритм.

1.Использовать как позитовное, так и негативное изображение термограммы.

2.Для каждого варианта рассчитать величину нормированной кросс-корреляции.

3.Использовать сглаживание полученной поверхности методом скользящего среднего.

4.Сравнить 2 полученные поверхности, по результатам визуально определить, какой вариант (прямой или негативный) термограммы более всего соответствует оптическому изображению.

5.Определить постоянную сдвига.

Формула для вычисления нормированной кросс-корреляции имеет вид

$$\gamma(u,v) = \frac{\sum_{x,y}\left[f(x,y)-\bar{f}_{u,v}\right]\left[t(x-u,y-v)-\bar{t}\right]}{\left\{\sum_{x,y}\left[f(x,y)-\bar{f}_{u,v}\right]^2\sum_{x,y}\left[t(x-u,y-v)-\bar{t}\right]^2\right\}^{0,5}},$$

здесь f — изображение, x, y — соответствующие измерения, содержит искомый участок t с координатами u, v. $\bar{t}$ - среднее по искомой области, $\bar{f}_{u,v}$ - среднее от $f(x,y)$ по области, соответствующей искомому участку.

Результат сопоставления двух обоюдно инверсных графика, отображающих величину корреляции, приведен на рис.7.

Полученные результаты демонстрируют необходимость использования негатива термограммы в дальнейших вычислениях. В соответствии с координатами пика корреляции определяется постоянная сдвига y_offset = 137 пикс. Сопоставление изображений с выбранным сдвигом дает результат, изображенный на рис.8.

Полученная величина сдвига используется, чтобы из исходного контрольного изображения выделить участок шириной, соответствующей ширине базового изображения.

7.3. Поиск опорных точек на базовом изображении. Формирование структуры связей.

Операция поиска опорных точек является весьма важной для работы алгоритма в целом, поскольку правильный выбор позволяет с большей вероятностью обнаружить данные точки на контрольном изображении. Поэтому поиск контрольных точек выполняется для ба-

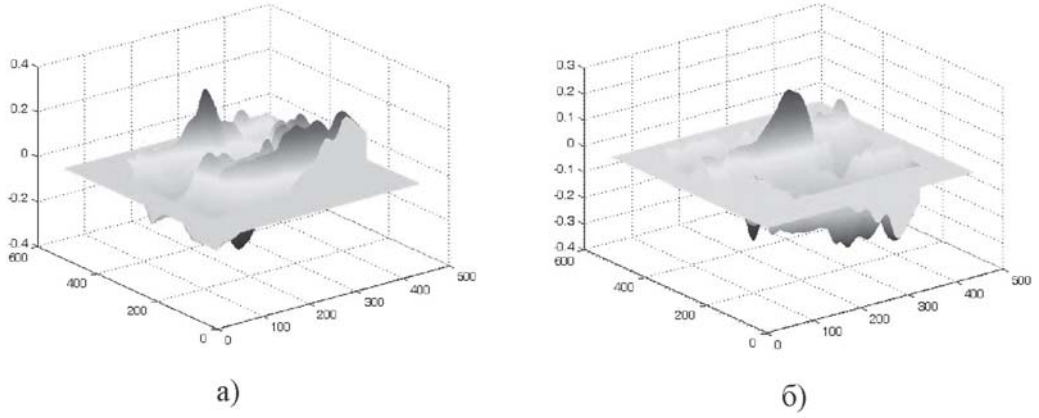


Рис. 7. Сглаженные гистограммы для позитива (а) и негатива (б) термограммы.

зового изображения, обработанного методом CLAHE и локального диапазона. Результат — точки с наибольшим контрастом, становятся максимально удаленными друг от друга в пределах изображения.

Для полученного набора опорных точек структура связей формируется с использованием триангуляции Делоне. Триангуляция Делоне позволяет найти ближайших соседей каждой точки таким образом, что описанная вокруг любого треугольника окружность не содержит других опорных точек.

В результате, базовому изображению соответствует массив необходимого количества контрольных точек и топографические данные, позволяющие построить триангуляцию Делоне, как показано на рис.9.

На рисунке опорные точки выделены красными звездами, связи — желтыми прямыми.

Рис. 8. Сопоставление снимков по результатам вычисления нормированной кросс-корреляции.

7.4. Поиск точек-кандидатов на контрольном изображении.

Поскольку выше было показано, что все соответствующие точки сопоставляемых изображений имеют одинаковую ординату (с точностью до искажения, вызванного несовершенством оптической схемы объектива и отличием его от pinhole-камеры), необходимо максимально ограничить также значение абсциссы. Поскольку оптическая схема используемой системы пары сенсоров не меняется, также не меняется и соотношение эпиполюсов и направление эпиполярных прямых. Следовательно, полученное для ординаты соотношение будет выполняться всегда, вне зависимости от фиксируемой сцены (за исключением варианта, когда точка, присутствующая на одном снимке будет закрыта другим предметом сцены ввиду параллакса съемки на втором снимке).

Для абсциссы, в общем случае, это не верно. Наиболее простой вариант — преобразование изображений абсолютно плоских сцен — в этом случае

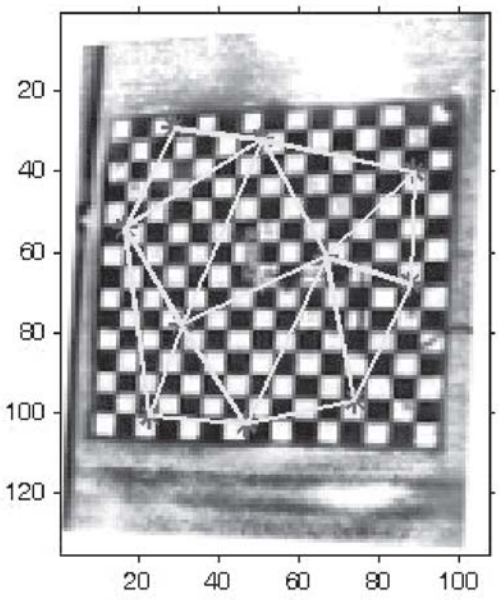


Рис. 9. Структура связей опорных точек базового изображения.

базовое изображение можно преобразовать в контрольное, применив преобразование гомографии. Для сцен с выраженной трехмерностью предметов такой способ не подходит, следовательно, универсального соотношения между абсциссами базового и контрольного изображений установить нельзя.

Рассматривая этот наиболее общий случай, предложим алгоритм, который бы позволил решить проблему сопоставления изображений.

Для каждой опорной точки на базовом изображении необходимо определить массив точек-кандидатов (рис. 10). Для этого используем метод поиска нормированной кросс-корреляции. Яркость изображения нормируется с использованием метода CLAHE. Вокруг каждой опорной точки выбирается область размером (*height_b/10, 10*) пикселей, где *height_b* — вертикальный размер базового изображения в пикселях.

С использованием предвычисленной константы сдвига *y_offset* поиск осуществляется в контрольном изображении в области размером (*height_b/10 + 10, 80*) в случае, если определяется постоянная *x_offset* - сдвиг по оси абсцисс, характеризующий общий сдвиг базового изображения относительно контрольного. Параметр *x_offset* может быть также определен с использованием нормированной кросс-корреляции. Выполняется вычисление двумерного поля, характеризующего критерий схожести базовой области и участка контрольной с использованием нормированной кросс-корреляции. Значения полученного массива сглаживаются с использованием метода двумерного скользящего среднего

$$corr_sred(i,j) = \frac{\sum_{u=i-\frac{n}{2}}^{i+\frac{n}{2}} \sum_{v=j-\frac{m}{2}}^{j+\frac{m}{2}} corr(u,v)}{m \cdot n}.$$

При этом значения, относящиеся к краю поля значений корреляции, приравниваются 0 в диапазоне

$$corr_sred(1, width_b/2) = 0,$$

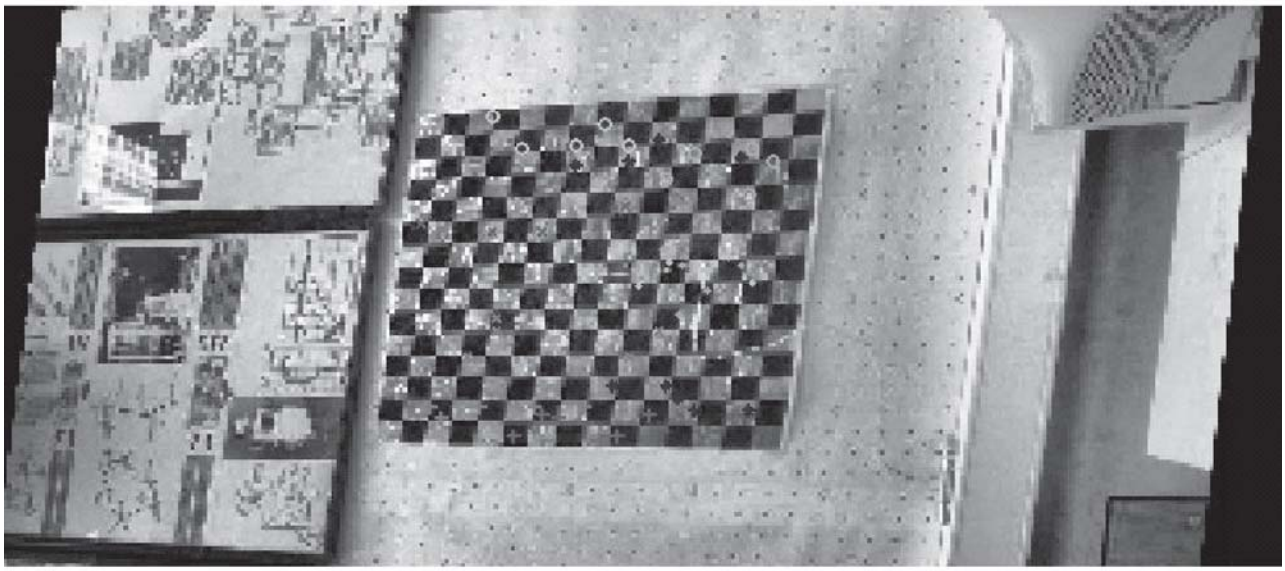


Рис. 10. Выбранные точки-кандидаты на контрольном изображении.

$$corr_sred(width_c + width_b/2, width_c + \\ + width_b) = 0,$$

$$corr_sred(1, height_b/2) = 0,$$

$$corr_sred(height_c + height_b/2, \\ height_c + height_b) = 0.$$

где *height_b*, *height_c*, *width_b*, *width_c* соответственно высоты и ширины базового и контрольного изображений. Исключение крайних точек поля происходит из вероятности некорректного сопоставления базового и краев контрольного изображений; в этой ситуации при определенных параметрах корреляция может быть значительной, свидетельствуя о заведомо ложных совпадениях.

Устанавливается величина массива точек-кандидатов. Далее, из поля значений функции корреляции выбирается 5 первых точек и определяются соответствующие им координаты точек.

Данная процедура выполняется для каждой опорной точки базового изображения. Если точек определено N, а кандидатов M для каждой, то всего в расчетах используется N*M точек.

Алгоритм выбора оптимальной конфигурации состоит в переборе всех возможных конфигураций точек-кандидатов с тем, чтобы выбрать тот, для которого структура связей будет максимально совпадать со структурой базового изображения. Блок-схема алгоритма представлена на рис.11.

Далее, выполняется кусочно-линейное преобразование контрольного изображения, узлами преобразования служат распознанные точки. Структура связей базового изображения для контрольного представлена на рис.12. Полученный результат после применения кусочно-линейного преобразования в сравнении с оригинальным изображением, представлен на рис.13.

8. Выводы.

Алгоритм совмещения в целом показывает удовлетворительный результат. Небольшой сдвиг левого нижнего угла происходит вследствие отсутствия в его окрестности точек для коррекции. В целом также заметно искажение геометрии изображения, характерное для дисторсии - явления искажения изображения в объективе.

Получен алгоритм, позволяющий эффективно сопоставлять изображения различных длин волн путем использования методики проективной трансформации с целью оптимизации геометрических параметров, а также сопоставления контрольных точек путем мини-

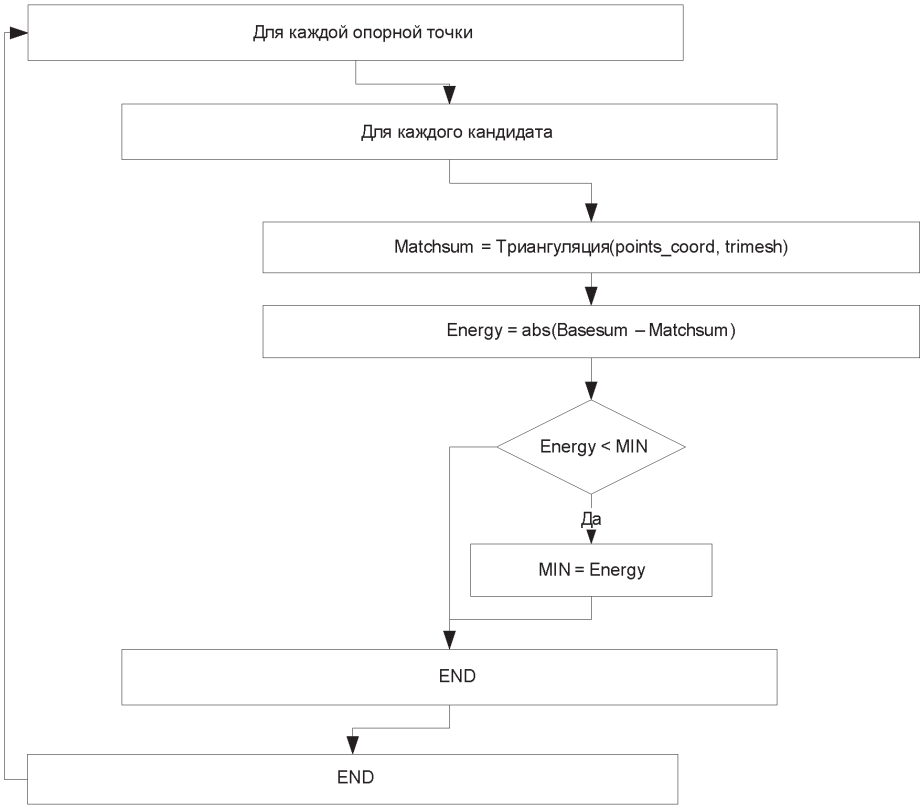


Рис. 11. Блок-схема алгоритма поиска оптимальной конфигурации точек-кандидатов.

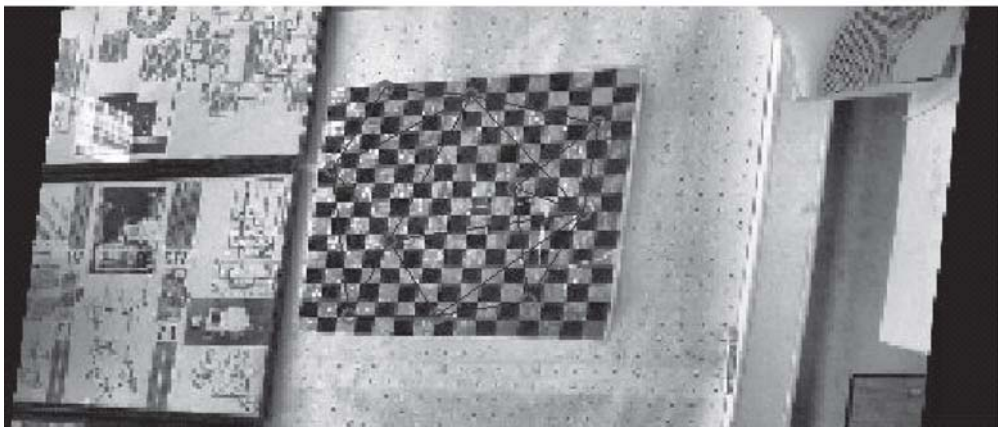


Рис. 12. Структура связей базового на контрольном изображении.

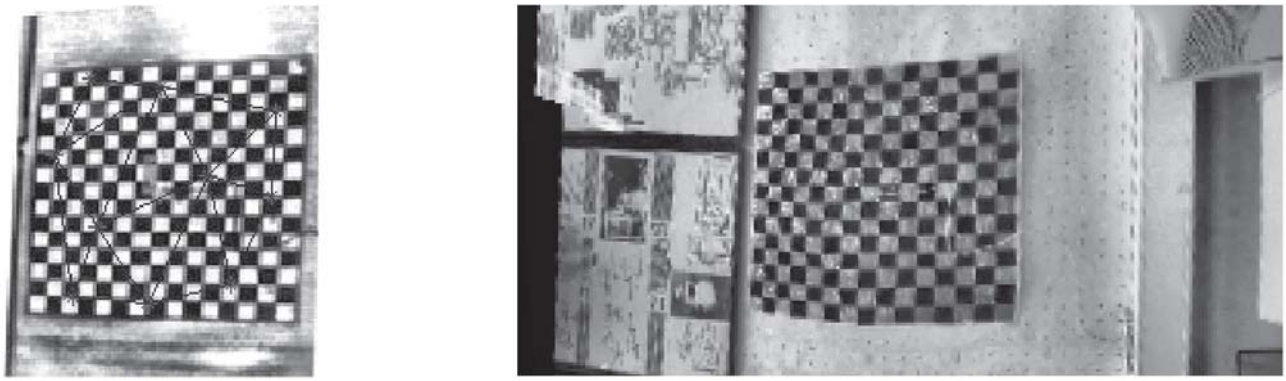


Рис. 13. Результат после кусочно-линейного преобразования.

мизации энергии связей точек, сформированных триангуляцией Делоне.

Дальнейшими шагами по развитию методики являются устранение искажений дисторсии в объективах камер, более равномерное распределение опорных точек по кадру, оптимизация списка точек-кандидатов с целью повышения скорости вычислений и использование алгоритмов более плавной (например, сплайновой) аппроксимации для более эффективного совмещения базового и контрольного изображений.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Лукьянов А.В., Капустин А.Н., Лукьянов А.А. Алгоритмическое и программное обеспечение автоматизированного термомониторинга и диагностики оборудования. - Контроль. Диагностика.- 2005, №9, С.45-54.
2. Лукьянов А.А. Интеллектуальные задачи мобильной робототехники. - Иркутск: Изд-во Иркутского гос. университета, 2005 г., 312 с.
3. O. Faugeras. *Three-Dimensional Computer Vision: A Geometric Viewpoint*. MIT Press, 1993. PP. 33-35.
4. Z. Zhang. *Determining the epipolar geometry and its uncertainty: A review. International Journal of Computer Vision*, 27(2):161 – 1195, 1998. PP. 12-14.
5. C. Loop, Z. Zhang. *Computing Rectifying Homographies for Stereo Vision, Technical Report MSR-TR-99-21*, April 8, 1999. 118 p.

Суржик В.В.

УДК 62-501.12; 533.6.013; 629.7.022

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЭКРАНОПЛАНОВ

Идею модернизации водного транспорта и повышения скорости судов при минимальной энерговооруженности пропагандировал великий русский ученый и инженер Ростислав Евгеньевич Алексеев. Под его руководством в 60-е годы прошлого столетия были созданы первые в мире суда на подводных крыльях. Водоизмещающий корпус у этих судов поднимался над водной поверхностью и сопротивление движению в воде создавали только подводные крылья, площадь которых была значительно меньше омывающей поверхности водоизмещающего корпуса. Таким образом, сопротивление судна уменьшалось в несколько раз. Но главной особенностью судов на подводных крыльях было то, что они создавали систему, обладающую свойством самостабилизации. То есть, управлять крыльями при изменении скорости движения судна не было необходимости, так как крылья находились на небольшой глубине от поверхности воды, и за счет изменения этой глубины погружения создавали переменные демпфирующие силы и моменты, балансирующие всю систему вместе с судном.

Однако суда с малопогруженными подводными крыльями имели ограничение по максимальной скорости движения из-за возникающего кавитационного режима на крыльях при определенной скорости и, как следствие этого, резкое падение подъемной силы и торможение судна.

Следовательно, для увеличения скорости необходимо было исключить любой контакт с водой. Так появился новый класс судов — экранопланы, которые не имеют контакта с водой, не имеют ограничений по скорости и обладают рядом замечательных преимуществ по сравнению с существующими видами транспорта. Идея поднятия корпуса судна над водой нашла свою реализацию также в скеговых судах и судах на воздушной подушке, которые, как и СПК (суда на подводных крыльях), имеют ограничения по максимальной скорости.

Первыми экранопланами промышленного производства были экранопланы Ростислава Алексеева. Это экранопланы «Орленок» — 140 т. а затем экраноплан «Лунь» — 450 т. взлетного веса. В дальнейшем в России были построены и испытаны экранопланы «Аквaглайд», «Иволга», «Волга—2» и другие. В мировой практике известны экранопланы А. Липпиша Х—112, Х—113, Х—114. Все экранопланы были выполнены по «самолетной» схеме. Известный двухместный экраноплан Г. Йорга был выполнен по схеме «тандем», но он летал на сверхмалых расстояниях над водой (меньше одной десятой хорды крыла).

В 1990-е годы специалисты фирмы «Боинг», проанализировав перспективность использования экранопланов, пришли к выводу о значительном отставании США от России в области экранопланостроения, и конгресс США создал специальную комиссию, призванную разработать план действий по ликвидации «русского прорыва». Компания «Боинг» начала работы над гигантским экранолетом «Ультра» 152 м. в длину и 106 м. в ширину.

В 1964 г. швейцарский инженер Х.Вейланд построил самоходную пилотируемую модель экраноплана «Малый Вейланд» по схеме «тандем». В первом же полете на озере Солтон в Калифорнии модель довольно долго летела на высоте одного метра, затем неожиданно взмыла вверх и упала на воду. Причина аварии в то время окончательно не была установлена. Такая же участь постигла и первый экраноплан Р.Алексеева СМ-1 выполненный по «тандемной» схеме в 1962 году. Аппарат самопроизвольно взмыл вверх и упал на лед. Это явление «уход на кабрирование» объясняется потерей экранопланом схемы «тандем» статической устойчивости.

Поэтому в общем случае, в задачах изучения свободной динамики экранопланов речь может идти о создании такой компоновочной схемы и выборе таких параметров, которые обеспечили бы экраноплану заданные динамические характеристики. Основное отличие такой задачи от обычной задачи оптимального управления состоит в том, что в этом случае в

качестве управляющего вектора $\vec{U}$ выступает вектор геометрических размеров той или иной компоновочной схемы — величина, явно не зависящая от времени t и вектора состояния $\vec{x}$. Решение подобных задач возможно или стохастическими методами [3] (то есть искать оптимальное решение на ансамбле реализаций случайного вектора $\vec{x} \subset \vec{X}$), или, в случае линейного векторного дифференциального уравнения, эту задачу можно интерпретировать как задачу максимизации по модулю действительной части корня характеристического полинома.

По мнению зарубежных исследователей проблема обеспечения необходимой эксплуатационной устойчивости полета экраноплана посредством подбора геометрических размерений компоновочной схемы является почти неразрешимой. Это мнение, по-видимому, объясняется, с одной стороны, необычайной сложностью проблемы, а с другой - теми неудачами, с которыми встречались зарубежные экранопланостроители, например, Д.Уорнер, И. Троенг, Ч. Вейланд, Ш. Эндо, Г. Йорг и другие.

Существующие экранопланы и экранолеты, например, экранолеты А. Липпиша, экранопланы и экранолеты ЦКБ по СПК Нижнего Новгорода и экранолеты В. Колганова, все выполнены по «самолетной» схеме и не обладают свойством самостабилизации. Эти экранопланы необходимо постоянно балансировать, а ручное управление на малых высотах обладает определенными трудностями, так как требует большой концентрации внимания при пилотировании. Проблема частично решается установкой на них систем автоматического управления.

На ранней стадии проектирования экранопланов разработчик должен иметь математические модели, позволяющие определять его динамические характеристики. Несомненно, окончательные характеристики экраноплана можно будет определить только в процессе испытаний, но в предэскизном проектировании знание общих динамических параметров проектируемого экраноплана крайне необходимо.

В работе [1] А.Н.Панченков исследовал задачу оптимального проектирования путем набора параметров компоновочной схемы ЛА, обеспечивающих ему устойчивый полет на заданной высоте от поверхности земли. Эта задача решалась введением в рассмотрение локальных функционалов, из условия минимума которых определялся оптимальный вектор проектных параметров. Но при этом невозможно было определить границу зоны устойчивости конкретной компоновочной схемы экраноплана.

Другой метод исследования продольной устойчивости основан на традиционном в динамике самолета методе изучения устойчивости стационарного движения ЛА на базе характеристического уравнения однородной линеаризованной системы дифференциальных уравнений продольного движения с постоянными коэффициентами.

Для экранопланов аэродинамические силы и моменты, возникающие на крыльях, зависят не только от угла атаки α_i относительно вектора набегающего потока, но и от параметра отстояния задней кромки крыла от экранирующей поверхности $\overline{h}_i$. В общем случае кинематические параметры крыла $\overline{h_i}$ и α_i могут меняться во времени по любым законам. При изменении этих параметров центр тяжести (ЦТ) экраноплана совершает поступательное движение $\overline{V} = \overline{V}(t)$ и $\overline{H} = \overline{H}(t)$. Все остальные агрегаты экраноплана, находясь в таком же, как и ЦТ поступательном движении, кроме того, совершают вращение вокруг ЦТ с угловой скоростью $\omega_{z_c} = \dfrac{d\theta}{dt}$. Вертикальная скорость, с которой движется крыло, изменит угол атаки этого крыла на величину $\Delta\alpha = \pm(\overline{X}_{Ti} \pm \overline{X}_{F\alpha_i})\dfrac{1}{\mu}\overline{b}_{Ai}\dfrac{d\theta}{d\overline{t}}$, где $\overline{X}_{Ti}$ - относительная координата носика средней аэродинамиеской хорды крыла от ЦТ, $\overline{X}_{F\alpha_i}$ — относительная координата фокуса крыла для средней зародинамической хорды, $\mu = \dfrac{2m}{\rho S_1 b_{A_i}}$ — относительная плотность экраноплана, $\overline{b}_{Ai}$ — средняя аэродинамическая хорда какого-либо крыла отнесенная к хорде основного. Вертикальное перемещение ЦТ экраноплана со скоростью $\dfrac{dH}{dt}$ также вызовет изменение угла атаки крыла. Это изменение угла атаки для всех крыльев будет одно и то же, и равно $\Delta\alpha = \dfrac{1}{\mu}\dfrac{d\Delta\overline{H}}{d\overline{t}}$. В общем случае нестационарное изменение угла атаки для крыла запишется в виде

$$\Delta\alpha(\bar{t})_i = \Delta\alpha \pm (\overline{X}_{Ti} \pm \overline{X}_{F\alpha_i}) \frac{\overline{b}_{Ai}}{\mu} \frac{d\Delta\vartheta}{d\bar{t}} - \frac{1}{\mu} \frac{d\Delta\overline{H}}{d\bar{t}},$$

а нестационарное возмущение отстояния крыла $\Delta\bar{h}(\bar{t})_i = \Delta\overline{Hb}_{Ai}(\overline{X_{Ti}} \pm 1)\Delta\vartheta_1$. Введение этих нестационарных значений для $\Delta\alpha(\bar{t})$ и $\Delta\bar{h}(\bar{t})$ в исходную систему уравнений продольного движения не меняет размерности исходной системы (изменяются только коэффициенты матрицы), что является положительным фактором и позволяет исследовать новую систему уравнений на устойчивость по критериям Рауса-Гурвица. Кроме того, в уравнениях появляются демпфирующие моменты, обусловленные вращением экраноплана относительно поперечной оси OZ_c, и отпадает необходимость искусственного введения его, как это делается в динамике ЛА.

Для экранопланаов характерным режимом движения является полет на заданной высоте с жесткими ограничениями на заброс параметров движения $\delta(\Delta\vartheta)$ и $\delta(\Delta\overline{H})$. Реализация такого режима возможна или путем оснащения экранопланов системами автоматической стабилизации или путем создания экранопланов самостабилизирующихся схем.

Под самостабилизацией подразумевается способность экраноплана сохранять балансировочные режимы и устойчивость движения без вмешательства органов управления во всем диапазоне полетных скоростей при действии широкого спектра эксплуатационных возмущений.

Задача определения геометрических размерений самостабилизирующегося экраноплана компоновочной схемы «утка», обладающего устойчивыми режимами на всех высотах полета над экраном, приведена в патенте на изобретение [4]. Приведенный в патенте полином

$$\overline{S}_2 = (0{,}598417 + 0{,}59237 \times \overline{L}_2 + 0{,}138457 \times \overline{L}_2^2)^{-1}$$

связывает соотношение площадей крыльев $\overline{S}_2 = \frac{S_2}{S_1}$ с плечами центров давления крыльев до ЦТ $\overline{L}_2 = \frac{L_2}{L_1}$ и делит область $\overline{S_2} \sim \overline{L}_2$ на две части: область устойчивых значений $\overline{S}_2$ и $\overline{L}_2$ для экраноплана — слева от кривой и область неустойчивых значений — справа.

В заключение можно сделать следующие выводы:

— предложенная методика учета нестационарности изменения кинематических параметров $\Delta\alpha(\bar{t})$ и $\Delta\bar{h}(\bar{t})$ не усложняет, а уточняет исходную систему уравнений движения;

— результаты исследований патента [4] дают разработчикам экранопланов схемы «утка» механизм, позволяющий выбрать размерения устойчивого экраноплана на ранней стадии проектирования.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Панченков А.Н. Некоторые вопросы оптимального проектирования гидро-динамических несущих комплексов. // Н.: Наука. 1982. — С.3—29.
2. Суржик В.В. Некоторые подходы к решению задач оптимальной стабилизации летательных аппаратов, использующих влияние близости экрана. // Труды ИПИ № 2. — Иркутск 1974. — С.173—144.
3. Суржик В.В. Ружников Г.М. Стохастическая устойчивость быстроходных транспортных аппаратов, движущихся вблизи опорной поверхности. // Тезисы докладов 24-ой Всесоюзной научно-технической конференции по теории корабля. — Л. 1975. С. 32-33.
4. Патент на изобретение №2224671 (РФ). Самостабилизирующийся экраноплан. / Закрытое акционерное общество «Технологии СДП»; авторы изобретения Суржик В.В и др. — Приоритет от 09.01.2003, № 2003100793.

Дементьев В.П., Корнева Л.В., Серпиянов А.И., Черняк С.С., Поздеев В.Н., Тужилина Л.В., Фалько Н.В.

УДК 621.7.93.001.5

РЕЛЬСЫ ПОВЫШЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ДЛЯ СИБИРИ

Одной из важнейших задач повышения эксплуатационной стойкости рельсов в условиях Сибири и Крайнего Севера, является разработка оптимальной технологии изготовления рельсов, обеспечивающих надежность и долговечность в экстремальных условиях Сибири и Севера. ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат» совместно с Иркутским государственным университетом путей сообщения и Восточно-Сибирской железной дорогой (ВСЖД), проводят работы по изысканию оптимального химического состава и корректировке технологического процесса. В ходе работы были изготовлены и опробованы рельсы с дополнительным модифицированием рельсовой стали хромом, ванадием, ниобием, бором, щелочноземельными и редкоземельными металлами (ЩЗМ и РЗМ).

Полигонные испытания рельсов на износостойкость проводились в условиях ВСЖД, на перевальном участке Иркутск-Слюдянка, который, характеризуется затяжными подъемами и спусками (от 4 ‰ до 25 ‰) с большим количеством кривых малого радиуса (менее 300 м - 12%, более 300 м - 38,5%).

Изменение технологического процесса производства стали, заключающееся в переходе на электродуговые печи, в комплексе с непрерывной разливкой стали, значительно улучшает структуру, комплекс механических (средние показатели: $\sigma_в$ = 1310 МПа, $\sigma_{0,2}$=980 МПа, 5-12%, ψ=35%, KCU=0,43 МДж/м^2 (+20°С), KCU = 0,30 МДж/м^2 до 60°С) и эксплуатационных свойств.

За последние 10 лет ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат» на ВСЖД отгрузил более 40 тонн опытных рельсов различной модификации: СВ-термоупрочненные из мартеновской стали повышенной чистоты по неметаллическим включениям, кальцийсодержащие, легированные ванадием; НМ рельсы низкотемпературной надежности из мартеновской стали, микролегированной ванадием и ниобием; НЭ рельсы низкотемпературной надежности из электростали, микролегированной ванадием и ниобием; К - 14 (Э) - рельсы из электростали, раскисленной силикокальцием и силикомарганцем, микролегированной ванадием с непрерывной разливной стали.

Проведены наблюдения на дороге по определению низкотемпературной надежности и уменьшению удельного бокового износа опытных рельсов шифров НЭ, М, СВ, Э и Р65-к, что по сравнению с другими рельсами удельный боковой износ в кривых радиусом менее 350 м, рельсов Р65-к на 1 млн. т км брутто составляет 0,058 мм, рельсах шифра НЭ - 0,088 мм на 1 млн. т км/бр., в рельсах шифра СВ, М, Э, ЭЛ, $М_{оп}$ - 0,118 мм на 1 млн. т км/бр. Проведенные наблюдения показали, что рельсы шифра Р65-к более износостойкие, чем рельсы других шифров М, МЭ, Л, ЭЛ, поэтому дальнейшее исследование проводятся по рельсам шифра НЭ и Р65-к.

Согласно ТУ Р65-к, рельсы из электростали, повышенной износостойкости и контактной выносливости, термоупрочненные по всей длине, предназначены для укладки в наружные нити кривых радиусом 650 м и менее. Всего поступило на дорогу в 2003-2006 годах 193 рельса.

Выход рельсов Р65-к по дефектам не наблюдался. В пути лежат 81 рельс. Рельсы сняты со средним боковым износом 13,3 мм и средним пропущенным тоннажем 196,3 млн. т км брутто, данные обмеров приведены в табл.1.

Рельсы Р65-к, в настоящее время лежат в кривых по дистанции пути на участке Иркутск-Слюдянка и по Чунской дистанции на участке Таргиз-Кешево. С 2003 года на дорогу поступают новые рельсы из электро-

Табл.1

Износостойкость опытных железнодорожных рельсов.

ПЧ	Перегон	Грузонапряженность млн т км бр в год	Путь	Кривая, км ПК	Радиус	Количество уложенных рельсов Р65-к	Дата укладки	Сняты Рельсы	
								С боковым износом, мм	С пропущен. тоннажем, млн. т км бр.
8	Глубокая-Андриановская	107,5	2	5263пк3+22- пк8+26	307	20	2.11.04г	12	171,3
				5272пк3+47-пк8+16	394	13	1.08.03г	10,2	172,4
9	Ангасолка-Слюдянка	107,5	2	5299пк5+70-пк7+90	319	9	4.07.03г	13,6	194,4
				5300пк6+68-5301пк1+83	310	18	4.07.03г	13,2	194,4
10	Слюдянка-Утулик	104,1		5315пк9+46-5316пк3+48	314	19	4.07.03г	14.6	224,6
				5316пк3+65 5316пк6+91	300	12	15.07.03г	15	211,3
				5316пк9-5317пк2+31	304	21	1.07.03	14,4	205,7

стали шифра НЭ. Сравнение качественных характеристик рельсов Р-65к с рельсами шифра НЭ представлено в табл. 2.

Средний удельный боковой износ в кривых с рельсами Р65-к составил -0,058 мм/млн. т км бр., а в рельсах НЭ- 0,088 мм/млн. т км бр.

Для расчетов был принят участок Иркутск - Слюдянка: по 2 пути средняя грузонапряженность составляет -106,8 млн. т. брутто. За год прирост бокового износа составляет в рельсах:

Р65-к - 0,058×106,8-6,19 мм; НЭ - 0,088х65,3=9,57 мм; срок службы рельсов, т.е. до достижения ими бокового износа 18 мм, составит: Р65-к - 18/6,19=2,9 года; НЭ - 18/9,57 =1,9 года.

Таким образом, срок службы рельсов Р65-к увеличивается по сравнению с рельсами НЭ на (2,9-1,9) = 1 год или 12 месяцев; затраты на смену рельсов НЭ — 5,534,8/1,9=2913,05 тыс. руб.; затраты на смену рельсов Р65-к — 5,534,8/2,9=1908,55 тыс. руб.

Экономический эффект от внедрения опытных рельсов Р65-к на 1 км в год составил 1005 тыс. рублей, всего 191 рельс или 4 км 775м. Экономический эффект от внедрения опытных рельсов Р65-к составил 4 млн. 798 тыс. рублей.

Ремонт пути выполняется в основном по главному ходу новыми рельсами, а по Северному направлению — старогодными рельсами. Средняя грузонапряженность по главному ходу (1 и 2 пути) составляет - 65,3 млн. т. км брутто. За год прирост бокового износа составит в рельсах: Р65-к -0,058×65,3=3,8 мм; НЭ - 0,088×65,3=5,7мм; срок службы рельсов, т.е. до достижения ими бокового износа 18 мм - определяется для Р65-К - 18/3,8=4,7 года; НЭ -18/5,7=3,2 года. Следовательно, срок службы рельсов Р65-к увеличивается по сравнению с рельсами НЭ на 4,7-3,2=1,5 года или на 18 месяцев; затраты на смену рельсов НЭ - 5,534,8/3,2=1729,6 тыс. руб.; затраты на смену рельсов Р65-к - 5,534,8/4,7=1177,6 тыс. руб. В целом экономический эффект от внедрения опытных рельсов Р65-к на 1 км в год составляет 552 тыс. руб.

Учитывая ежегодную смену на дороге новыми рельсами от 250 до 300 км, укладку в кривые по дороге 45% или 150 км, экономический эффект от внедрения опытных рельсов Р-65к в год на дороге составит 83 млн. рублей.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Дементьев В.П., Авдеев А.Н., Черняк С.С., Тужилина Л.В., Фалько Н.В. «Корреляционный анализ износостойкости опытных рельсов производства ОАО «НКМК» в условиях ВСЖД» // Научный журнал «Современные технологии» №4(12) ИрГУПС. 2006г. С.68-72.
2. Тужилина Л.В., Дементьев В.П., Поздеев В.Н., Фалько Н.В., Черняк С.С., Серпиянов А.И. «Опытные рельсы КМК на ВСЖД» // Труды V международного симпозиума по трибофатике. ИрГУПС. Иркутск. 2005. Том.1. С.138-142.

Табл. 2.

Сравнительная ведомость наблюдаемых опытных кривых, на которых уложены опытные рельсы по шифрам Р65-к и НЭ.

Перегон, км, ПК	Путь	радиус	Спуск -, подъем +	Дата укладки	Тип рельса	Дата промера	Грузонапряженность участка млн. т бр. в год	Пропущенный тоннаж, млн. т км бр.	Боковой износ, мм	Удельный боковой износ, мм/млн.т км бр.
Иркутск-Пассажирский - Кая										
5188пк2+76-5189пк 0+86 (13-35 зв)	1	338	-6,7	15.06.06 Лежат в пути	Р65к	23.11.2006	49,7	23	1,41	0,061
Б-Луг - Расссха										
523 пк5+65-5231пк2+34	2	229	+9,8 8,6	27.09.05	НЭ	24.11.2006	107,5	129,2	12,63	0,098
Глубокая - Андреановская										
5267 пк5+46-пк8+55	2	308	-7	11.01.05	НЭ	29.08.2006	107,5	175,2	15,1 1	0,087
Андреановская - Ангасолка										
5274 пк6-пк9+22	1	294	12,5/ 15,9	7.08.03 Лежат в пути	Р65к	08.12.2006	49,7	168,1	11,8	0,07
5281 пк4+60 7+00(30-21 зв)	2	307	-15,9	22.10.04 Лежат в пути	Р65к	28.11.2006	107,5	215 18	9,92	0,049
5283пк1+27- пк5+19	1	305	11,7	15.09.05	НЭ	28.11.2006	49,7	56,7	4,49	0,08
5283пк5+42- пк9+74		303	-10,2	13.09.04	НЭ	28.11.2006	49,7	108,1	9,19	0,085
Таргиз - Кешево										
83,71	2	349	1	19.06.03 Лежат в пути	Р65к	23.11.2006	23,5		4,52	0,054

Московских А.О., Дьяченко А.А., Пермяков М.А. УДК 62.031

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ВИБРАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Важнейшей проблемой для обеспечения надежности работы машин в условиях интенсивного вибрационного нагружения становится поиск и оценка возможностей управления их динамическим состоянием и обеспечение доведения показателей состояния до уровня, определенного нормативами. Процесс создания машин различной технологической направленности должен содержать, если иметь в виду стадии предпроектных исследований и выбора конструктивных решений, соответствующие разделы, связанные с оценкой уровня возможных внешних воздействий, что достигается путем предварительного сбора информации об условии работы технологических систем. Важным вопросом становится и возможность проверки эффективности принятых конструктивно-технических решений, связанных с выбором той или иной схемы проверок или тестов, требующих разработки в случае необходимости, и специальных технологий испытания и воспроизведения внешних воздействий с той или иной степенью приближения [1].

Системы управления динамическим состоянием сложных технических объектов в последние годы стали обычным проявлением понимания необходимости контролировать и нормировать степень внешнего воздействия на узлы и агрегаты машин, содержащих, так или иначе, элементы защиты, настраиваемые на возможность эффективной работы.

Развитие технологии численного эксперимента стимулировало развитие направлений исследований, ориентированных на методы математического моделирования, формализацию процессов составления математических моделей и автоматизацию исследования. Последнее нашло отражение в разработке и использовании различных пакетов прикладных программ. В числе первых крупных программных разработок, завершенных в середине 80-х годов, хотелось бы упомянуть работы, выполненные в Иркутском ВЦ СО РАН [2,3,4].

В достаточно многочисленных исследованиях рассматривались различные аспекты упомянутых выше проблем, связанных с уточнением математических моделей, введением в колебательные системы дополнительных связей, в том числе, на основе использования внешних источников энергии и применения элементов автоматики. Существенное развитие в динамике машин получили методы и подходы, опирающиеся на аналитический аппарат теории систем и теории автоматического управления, включая и методы прямого управления динамикой процессов с использованием средств вычислительной техники [5].

Современные технические объекты, в силу различных причин подвергаются действию источников вибраций и ударов, находящихся вне объекта защиты, а с другой стороны, сами технические объекты защиты являются источником возмущений. В первую очередь, это связано с работой входящих в состав машин агрегатов и взаимодействием последних между собой, основанием и рабочей средой. Характерным примером может служить динамическое взаимодействие движущегося локомотива и железнодорожного пути или работа вибрационного оборудования (грохоты, транспортеры), использующегося для погрузки и разгрузки сыпучих грузов.

От рассмотрения отдельных динамических явлений и процессов наметилась вполне определенная тенденция перехода к изучению вибрационных состояний объектов, формированию и исследованию вибрационных полей, способам управления динамическим состоянием машин, точнее, взаимодействием между элементами машин.

Оценка надежности технических систем различной сложности, испытывающих динамические нагрузки в виде вибраций, в значительной степени, основана на анализе случай-

ных выбросов колебательных процессов, и связанных процессами накопления повреждений. Значительная часть воздействий техногенного плана может носить достаточно упорядоченный во времени характер, например, на железнодорожных мостах или в железнодорожных тоннелях [6], поскольку это связано с графиками движения поездов. Однако, такие сложные технические объекты время от времени попадают в условия, определяемые природными процессами, уровень динамических воздействий которых практически не предсказуем [7]. Во всех рассматриваемых случаях внешние воздействия на техническую систему могут быть обозначены как совокупное воздействие ударных и колебательных воздействий, в которых вибрационная составляющая может быть зафиксирована в системе мониторинга и ее последствия отнесены к соответствующим факторам влияния, определяющим ресурс надежности работы технической системы и возможность появления определенных случайных событий, в том числе отказов.

Полную или частичную утрату технической системой способности выполнять возложенные на нее функции называют отказом [8], что можно рассматривать и как результат развития дефектов, имеющихся в системе к началу эксплуатации, так и результатом накопления повреждений и необратимых изменений в процессе эксплуатации. Начальное распределение дефектов, условия эксплуатации и взаимодействия с окружающей средой носят случайный характер, поэтому отказы следует рассматривать как случайные события [9,10]. В теории надежности различают внезапные и потенциальные отказы, связанные с пониманием того, что прежде, чем чему-то случиться, развиваются определенные процессы, параметры, которые, в конечном итоге, обязательно проявляются.

Поэтому в пространстве надежности может быть рассмотрено поведение некоторой системы при внешних воздействиях с использованием управления

$$Lu = f, \qquad (1)$$

где f - элемент из пространства входных параметров F; u - элемент из пространства входных параметров U, L - оператор системы.

Пространство U позволяет охарактеризовать любое нужное для рассмотрения состояние и называется пространством состояния. Его эволюция во времени описывается функциями $u(t)$, чему в пространстве состоянию U будет соответствовать определенная система траекторий. Качество системы можно описать введением специального пространства. Пусть каждому качеству системы соответствует элемент $v \in V$, а время t играет роль параметра. Тогда каждой траектории $u(t)$ в пространстве U будет соответствовать траектория $v(t)$ в пространстве качества V. Элементы этих пространств и траектории в них можно представить в виде операторного соотношения

$$V = MU, \qquad (2)$$

где оператор M может оказаться, в частности, тождественным оператором, а в некоторых случаях пространство V оказывается подпространством от U.

В общем случае, множество состояний, соотносимых с оценкой качества, образует в пространстве V область допустимых состояний Ω, границы которой соответствуют предельным состояниям. Эту границу можно назвать предельной поверхностью Γ. Если $V \in \Omega$, то параметры качества системы сохраняются в установленных допусках, а первое пересечение траекторией $V(t)$ предельной поверхности Γ в направлении внешней нормали соответствует отказу системы.

Еще одним пространством теории надежности [11] может быть выбрано диагностическое (пространство признаков) W, что требует наблюдения и фиксации ряда параметров $W(t)$, косвенно характеризующих качество системы. Вектор признаков $\overline{w}(t)$ связан с вектором качества $\overline{v}(t)$ операторным соотношением

$$\overline{w} = N\overline{v}, \qquad (3)$$

где N- оператор, отражающий неполноту информации, наличие шумов в системе измерения и т.д.

Вводимые понятия приобретают определенную наглядность, если система является конечномерной. В этом случае $F, U, V, u\, W$ можно рассматривать как евклидовы пространства. На рис. 1 схематически показаны соответствующие траектории $\bar{f}(t)$, $\overline{u}(t), \overline{v}(t)$ u $\overline{w}(t)$, где Ω' u Γ' - представляют со-

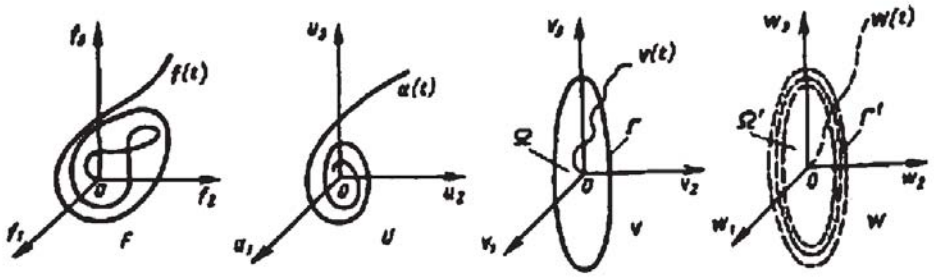


Рис. 1 Пространства теории надежности.

бой образы допустимой области Ω и предельной поверхности Γ в пространстве W.

В теории вибрационной надежности большая роль отводится функции надежности. Эта функция служит основной характеристикой надежности, определяющей способность системы к безотказной работе на заданном отрезке времени. Пусть внешнее воздействие $f(t)$ и (или) оператор системы L являются стохастическими. Тогда траектории $v(t)$ в пространстве качества V будут также стохастическими, а отказ — случайным событием. Функция надежности определяется [11] как вероятность пребывания элемента $v(r)$ в допустимой области Ω на отрезке времени $[0,t]$:

$$P(t)=P\{v(\tau)\in\Omega;\tau\in[0,t]\}. \qquad (4)$$

Определение функции надежности в форме (4) легко обобщается на случай, когда допускаются повторные отказы, предусматриваются ремонт, восстановление и т.п.

В работах [7,12] рассмотрена сложная система взаимодействия различных уровней обеспечения безопасности сложных систем, надежность эксплуатации которых должна поддерживаться для обеспечения непрерывности исполнения основных функций транспортной системы.

Роль параметра (t) может играть не только физическое время, но и наработка, число циклов или другие подходящие для данного типа систем параметры. Область допустимых состояний может быть стохастической, например, может случайно меняться при переходе от одного элемента ансамбля систем к другому. Если стохастические свойства системы и внешнего воздействия характеризуются конечным числом случайных параметров, то задачу определения функции надежности целесообразно решать в два этапа. На первом этапе, рассматривают систему с фиксированными параметрами, для которой строится функция надежности. Эта функция представляет собой вероятность пребывания системы в допустимой области при условии, что параметры системы r и воздействия s фиксированы:

$$P(t|r,s)=P\{v(\tau|r,s)\in\Omega(r);\ \tau\in[0,t]\}.$$

По аналогии с условной вероятностью будем называть функцию $P(t|s,r)$ условной функцией надежности. На втором этапе при помощи формулы полной вероятности может быть вычислена функция надежности для выбранной наугад системы, принадлежащей данному ансамблю, и воздействия:

$$P(t)=\int\int P(t|r,s)p(r,s)dr\,ds.$$

Здесь $p(r,s)$ - совместная плотность вероятности для параметров r и s.

К характеристикам надежности относятся также вероятность отказа системы на отрезке $[0,t]$, вычисляемая как $Q(t)=1-P(t)$; плотность распределения (частота) отказов $f(t)=-P'(t)$; интенсивность отказов — плотность вероятности отказов на множестве систем, не отказавших до момента времени t: $\lambda(t)=-P'(t)/P(t)$. Функция надежности и интенсивность отказов связаны формулой

$$P(t)=P(0)\exp\left[-\int_0^t\lambda(\tau)d\tau\right]. \qquad (5)$$

Оценка долговечности надежной работы технической системы связана также с учетом временных факторов. Для оценки времени до первого отказа (срок службы) T часто рассматривается как случайная величина с функцией распределения

$$F(T)=1-P(t)\big/_{t=T},$$

при этом средний срок службы определяется как:

$$<T>=\int_0^\infty TF'(T)dT=\int_0^\infty P(t)dt. \qquad (6)$$

Таким образом, характеристики долговечности содержатся в функции надежности

$P(t)$. Учет ремонта, восстановления, промежуточного контроля и т.п. требует введения специальных показателей долговечности [13,14].

В этом случае для сложного технического объекта, находящегося под действием динамических факторов, условие надежности системы имеет вид

$$P(t) \geq P_{\cdot}(t),\ t \in [0, T_{\cdot}], \qquad (7)$$

где $P_{\cdot}(t)$ - нормативная надежность (вообще говоря, функция времени); $T_{\cdot}$ - нормативный срок службы. Обычно условие (7) ставится при $t = T_{\cdot}$. Обозначая $P_{\cdot}(T_{\cdot}) = P_{\cdot}$, перепишем (7) в виде $P(T_{\cdot}) > P_{\cdot}$.

Во многих практических случаях функция надежности допускает статистическое истолкование, а статистические значения устанавливаются путем статистического анализа на основе данных эксплуатации.

Другой путь может быть основан на получении нормативных значений, получаемых с использованием вероятностно-оптимизационных подходов, в которых нормативные значения определяются из условия минимума математического ожидания некоторой функции потерь, связанной с отказом.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Хоменко А.П., Елисеев С.В., Засядко А.А. Формирование концепции вибродиагностических методов неразрушающего контроля. Современные представления // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - № 1(17) — ИрГУПС. Иркутск. - 2008. С. 123 — 130.
2. Засядко А.А., Карпухин Е.Л., Кухаренко В.П. Пакет прикладных программ ВИЗА // Пакеты прикладных программ. Итоги и применения. — Новосибирск. Наука. 1986. С. 83 — 103.
3. Елисеев С.В., Свинин М.М. и др. Пакет программ по моделированию и исследованию кинематики и динамики манипуляционных роботов (Памир) // Инф. бюлл. «Алгоритмы и программы» 1986. №3(72). — С. 43-45.
4. Елисеев С.В., Свинин М.М. Математическое и программное обеспечение в задачах динамики многоманипуляционных систем. — Новосибирск: Наука, 1992. - 298 с.
5. Eliseev S.V., Lukyanov A.V., Reznik I.N., Khomenko A.P. Dynamics of mechanical systems with additional ties. Publishing of Irkutsk state university. Irkutsk, 2006. -320 p.
6. Измерение вибрации внутри железнодорожных тоннелей при прохождении поездов. ГОСТ Р51399-99. ИПК. Изд-во стандартов. 2000.
7. Быкова Н.М., Дьяченко А.А. Диагностический прогнозно-профилактический мониторинг Северо-Муйского железнодорожного тоннеля // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. Вып. №4 (12) 2006. Иркутск. С. 48-56.
8. Вибрации в технике. Колебания линейных систем //Том 1. Под ред. В.В. Болотина. М.: Машиностроение. 1978 г. 353 с.
9. Гапанович В.А., Махутов Н.А. Решение проблем конструкционной прочности и техногенной безопасности на железнодорожном транспорте // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. Вып. №2 (14). Иркутск. 2007. С. 9-16.
10. Манов Н.А. Смысловое поле понятия в энергетике и его отражение на терминологическом пространстве // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 54. Институт систем энергетики. СО РАН. Иркутск. 2005. С. 7-28.
11. Болотин В.В. Применение теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений // М.: Стройиздат. 1971. 256 с.
12. Елисеев С.В., Быкова Н.М., Дьяченко А.А. и др. Методология оценки и прогнозирования безопасности сложных технических систем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. Вып. №3 (15). Иркутск. 2007. С. 96-101.
13. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.А. Математические методы в теории надежности // М. Наука. 1965. 524 с.
14. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее приложения к задачам автоматического управления // М.: Физматгиз. 1962 г. 884 с.

Министерство Образования и Науки Российской Федерации
Иргупс
Министерство Транспорта
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Иркутский государственный университет путей сообщения
Российская инженерная академия

Современные технологии

Системный анализ

Моделирование

Раздел 2.

Управление в технических системах.
Моделирование.

Содержание научного журнала:

Инженерная механика
Транспортные средства
Энергетика и электромеханика
Строительство, материалы и конструкции
Охрана окружающей среды
Автоматизация технологических процессов
Современные технологии
Системный анализ
Моделирование технических систем
Транспортные системы
Энергоснабжение и электромеханика
Управление техническими системами
Информационные технологии
Экономика безопасности и качества

Аршинский Л.В., Демидов С.М., Зиневич С. В.,
Кубарев А.С., Удилов В. П., Усолов Е.В.

УДК 614.842.83

МЕТОДИКА ВЕКТОРНОГО ОЦЕНИВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Оценка системы обеспечения пожарной безопасности предприятия — одна из важнейших и актуальнейших проблем профилактики чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами. В настоящее время проверку противопожарного состояния предприятий и организаций в России осуществляют около 15 тыс. сотрудников государственного пожарного надзора. При этом специалистами МЧС России отмечается невозможность имеющимися силами обеспечить необходимый уровень надзора. Следует признать необходимость развития системы экономических стимулов, вынуждающих предприятия к самостоятельному совершенствованию собственной системы пожарной безопасности. Одним из таких стимулов должно стать противопожарное страхование, нормы отчислений по которому будут определяться страховыми компаниями на основе аудиторских оценок состояния противопожарной безопасности предприятий и рисков возникновения пожаров на них. В настоящее время утверждено Временное положение о системе независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [1].

По мнению экспертов МЧС России, повысить эффективность системы безопасности позволит создание института независимых организаций, которые будут осуществлять оценку уровня безопасности объектов наряду с использованием и совершенствованием форм и методов работы надзорных органов. В рамках создания системы независимой оценки рисков на государственном уровне предлагается установить критерии для идентификации объектов, включаемых в сферу ее функционирования; установить процедуры ее проведения, включая требования к уровню безопасности объектов, обязанности и ответственность сторон; а также содействовать формированию рынка независимой оценки рисков путем совершенствования процедур лицензирования и создания информационных баз данных [2].

Вполне очевидно, что для объективной оценки рисков необходимо уметь количественно определять значения критериев текущего состояния безопасности объектов. Для этих целей можно использовать экспертные технологии [3 - 5] и системный подход. Опыт применения системного подхода для решения организационно-управленческих проблем пожарной безопасности административно-территориальных единиц и объектов различного назначения показал положительные результаты [5, 7].

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» пожарная безопасность предприятий должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты отдельных объектов, в том числе организационно-техническими мероприятиями [6]. Системный анализ содержания пожарной безопасности объектов различного назначения, входящих в предприятия (главный уровень иерархии) показал, что каждая система включает подсистемы, целевые и функциональные элементы, способы и совокупность мероприятий (нижний уровень иерархии). Системы пожарной безопасности должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также экономическими критериями эффективности этих систем с учетом всех стадий жизненного цикла предприятия и выполнять одну из следующих задач: исключать возникновение пожара; обеспечивать пожарную безопасность людей; обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей; обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценнос-

тей одновременно. В настоящей работе эти системы, рассматриваются как главные при обеспечении пожарной безопасности предприятий. Рассмотрим их содержание последовательно, используя методы системного анализа в основных деталях, включая входящие в них подсистемы более низких уровней, целевые и функциональные элементы и способы их реализации.

Система предотвращения пожара включает подсистему способов обеспечивающих предотвращение образования горючей среды и подсистему способов предотвращающих образование в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания. Содержание системы предотвращения пожара по уровням иерархии, целевые и функциональные элементы, входящие в них, и соответствующие способы их реализации представлены в табл. 1.

Система противопожарной защиты включает подсистемы защиты персонала и подсистемы защиты технологий, зданий и сооружений. Соответствующие целевые и функциональные элементы и совокупность способов их реализации представлены в табл. 2.

Система организационно-технических мероприятий включает подсистемы деятельности администрации предприятия, подсистемы деятельности рабочих и служащих, подсистемы деятельности пожарной охраны предприятия. Содержание подсистем представлено в табл. 3.

В нормативном документе [6] отмечается, что перечень и требования к эффективности элементов конкретных систем пожарной безопасности должны устанавливаться нормативными и нормативно-техническими документами на соответствующие виды объектов.

Легко заметить, что пожарная безопасность предприятий рассматривается как иерархическая система. Причем исследования, проведенные с привлечением экспертов, показали, что вклад каждой из образующих ее подсистем, а также целевых и функциональных элементов и способов их реализации в обеспечение пожарной безопасности предприятия различен. Это означает, что при разработке методик количественной оценки уровня пожарной безопасности предприятия следует вводить соответствующие числовые индикаторы, отражающие их вклад в общее состояние системы. Это относится ко всем уровням иерархии. В данной работе веса установлены таким образом, чтобы их сумма в соответствующих группах подсистем была равна единице.

Будем считать, что основной целью независимой оценки пожарной безопасности предприятия является выставление (определение) интегрального критерия. Традиционные методики такого оценивания основаны на получении линейных сверток, результатом которых является единственное число — искомый показатель. Это число далее может интерпретироваться как степень соответствия предприятия нормам пожарной безопасности. Свертку можно получить как сумму произведений показателей готовности каждой подсистемы на соответствующий весовой коэффициент. Показатель готовности подсистемы верхнего уровня иерархии определяется свертками по подсистемам нижнего уровня вплоть до функциональных или целевых элементов. Задача аудиторов оценить только способы реализации элементов нижнего уровня иерархии.

Оценив состояние по каждому из функциональных или целевых элементов, и зная весовые коэффициенты всех подсистем, легко получаем итоговую свертку — оценку показателя пожарной безопасности предприятия. Это первый наиболее простой способ оценки пожарной безопасности предприятия. Недостатком данного подхода служит низкая информативность получаемой оценки. На ее основе можно сказать только о том, насколько реализованы все необходимые мероприятия.

В работе предлагается методика, позволяющая более информативно характеризовать степень пожарной безопасности (второй способ — способ векторной оценки). В основу методики положено представление о том, что любое явление может оцениваться с двух сторон: положительной и отрицательной, причем эти оценки считаем не зависящими друг от друга. Иначе говоря, выставляемые оценки являются векторными. Например, в случае оценивания способов реализации функциональных элементов положительная оценка показывает полноту реализации каждого способа (чем полнее он реализован, тем положительная оценка выше), а отрицательная – качество его реализации (чем больше замечаний к качеству, тем отрицательная оценка выше). Шкала значений для каждого компонента – [0, 1]. Такой (двухаспектный) подход позволяет более полноценно отразить состояние дел. Кроме того, он позволяет воздержаться от вынесения оценки, если необходимая информация отсу-

Табл. 1

Система предотвращения пожара.

Уровни иерархии	Уровни системы				
0	Главный уровень	Пожарная безопасность предприятия			
1	Система	Предотвращения пожара			
2	Подсистема	Предотвращения образования горючей среды			
3	Целевые элементы	Исключение горючего вещества	Исключение окислителя	Ограничение массы горючих веществ и материалов	
	Функциональные элементы			При штатном режиме работы	При аварийном режиме работы
4	Способы	– максимально возможное применение негорючих и трудногорючих веществ и материалов; – максимальная механизация и автоматизация технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ; – установка пожароопасного оборудования по возможности в изолированных помещениях или на открытых площадках; – применение устройств защиты производственного оборудования с горючими веществами от повреждений и аварий, установка отключающих, отсекающих и других устройств.	– изоляция горючей среды, путём применения изолированных отсеков, камер, кабин и т. п.; – поддержание безопасной концентрации среды в соответствии с нормами и правилами и другими нормативно-техническими, нормативными документами и правилами безопасности; – поддержание температуры и давления среды, при которых распространение пламени исключается.	– уменьшение массы горючих веществ и материалов, находящихся одновременно в помещении или на открытых площадках; – периодическая очистка территории, на которой располагается объект, помещений, коммуникаций, аппаратуры от горючих отходов, отложений угольной пыли и т. п.; – удаление пожароопасных отходов производства.	– устройство аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры; - устройство на технологическом оборудовании систем противовзрывной защиты.
5	Мероприятия	Комплекс пожарно-профилактических мероприятий			

Табл. 1(продолжение)

Система предотвращения пожара.

Уровни иерархии	Уровни системы				
0	Главный уровень	Пожарная безопасность предприятия			
1	Система	Предотвращения пожара			
2	Подсистема	Предотвращения образования в горючей среде источников зажигания			
3	Целевые элементы	Исключение теплового проявления энергии			Применение средств, исключающих источники зажигания
	Функциональные элементы	Механической	Электрической	Химической	
4	Способы	– поддержание температуры нагрева поверхности машин, механизмов, оборудования, устройств, веществ и материалов, которые могут войти в контакт с горючей средой, ниже предельно допустимой, составляющей 80 % наименьшей температуры самовоспламенения горючего; – исключение возможности появления искрового разряда в горючей среде с энергией, равной и выше минимальной энергии зажигания; – применение неискрящего инструмента при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами.	– применение электрооборудования, соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам, группе и категории взрывоопасной смеси; – применение технологического процесса и оборудования, удовлетворяющего требованиям электростатической искробезопасности; – устройство молниезащиты зданий, сооружений и оборудования.	– ликвидация условий для самовозгорания обращающихся веществ, материалов, изделий и конструкций; – устранение контакта с воздухом пирофорных веществ; – уменьшение определяющего размера горючей среды ниже предельно допустимого по горючести.	– применение в конструкции быстродействующих средств защитного отключения возможных источников зажигания; – применение машин, механизмов, оборудования, устройств, при эксплуатации которых не образуются источники зажигания.
5	Мероприятия	Комплекс пожарно-профилактических мероприятий			

Табл. 2

Система противопожарной защиты.

0	Главный уровень	Пожарная безопасность предприятия						
1	Система	Противопожарной защиты						
2	Подсистема	Защиты персонала		Защиты технологий, зданий и сооружений				
3	Целевые элементы	Организация с помощью технических средств, включая автоматические, своевременного оповещения и эвакуации людей		Применение устройств, обеспечивающих ограничение распространения пожара			Применение средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники	
	Функцио-нальные элементы	Обеспечение эвакуации людей	Обеспече-ние безопас-ности людей	Объемно-планировочные решения	Технологич еские решения	Ограничение свободного развития пожара	Огнетушащие вещества	Силы и средства
4	Способы	– обеспечение числа, размеров, и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов; – обеспечение возможности беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям; - организация при необходимости управления движением людей по эвакуационным	-применение средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара; - применение средств противодымной защиты.	– устройство противопожарных преград; – установление предельно допустимых по технико-экономичес-ким расчетам площадей противопожарных отсеков и секций, а также этажности зданий и сооружений; – применение средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и	- устройство аварийного отключения и переключения установок и коммуникаций; - применение огнепреграждающих устройств в оборудовании.	– применение автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения; - применение основных строительных конструкций и материалов, в том числе используемых для облицовок конструкций, с нормированными показателями пожарной опасности; - нанесение на поверхности	– обеспечение быстродействия и интенсивности подачи огнетушащих веществ; – применение допустимых огнетушащих веществ, особенно с позиции совместимости с горящими веществами и материалами; – обеспечение нормативного (расчетного) запаса специальных	– наличие источников и средств подачи огнетушащих веществ для пожаротушения; – обеспечение необходимых скорости наращивания, подачи огнетушащих веществ с помощью транспортных средств оперативных пожарных служб; – обеспечение требований к устойчивости от воздействия

Табл. 2 (продолжение)

Система противопожарной защиты.

0	Главный уровень	Пожарная безопасность предприятия						
1	Система	Противопожарной защиты						
2	Подсистема	Защиты персонала		Защиты технологий, зданий и сооружений				
3	Целевые элементы	Организация с помощью технических средств, включая автоматические, своевременного оповещения и эвакуации людей		Применение устройств, обеспечивающих ограничение распространения пожара			Применение средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники	
	Функцио-нальные элементы	Обеспечение эвакуации людей	Обеспече-ние безопас-ности людей	Объемно-планировочные решения	Технологич еские решения	Ограничение свободного развития пожара	Огнетушащие вещества	Силы и средства
		путям (световые указатели, звуковое и речевое оповещение и т. п.).		растекание жидкостей при пожаре.		конструкций объектов огнезащитных красок (составов).	огнетушащих веществ (порошковых, газовых, пенных, комбинированны х).	опасных факторов пожара и их вторичных проявлений; – обеспечение требований техники безопасности.
5	Мероприятия	Комплекс мероприятий по противопожарной защите предприятия						

Табл. 3

Система организационно-технических мероприятий.

0	Главный уровень	Пожарная безопасность предприятия					
1	Система	Организационно-технических мероприятий					
2	Подсистема	Деятельность администрации предприятия		Деятельность рабочих и служащих предприятия		Деятельность пожарной охраны предприятия	
3	Целевые элементы					Организационное проектирование	Норм.-правов обеспечение
	Функциональные элементы	По обеспечению системы предотвращения пожаров	По обеспечению системы противопожарной защиты	По обеспечению системы предотвращения пожаров	По обеспечению системы противопож.защ.	Применяемая пожарная техника должна обеспечивать эффективное тушение пожара, быть безопасной для природы и людей.	
4	Способы	– паспортизация веществ, материалов, изделий, технологических процессов, зданий и сооружений объектов в части обеспечения пожарной безопасности; - разработка инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами; - разработка инструкций о мерах пожарной безопасности; – изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности.	– установление порядка хранения веществ и материалов, тушение которых недопустимо одними и теми же средствами, в зависимости от их физико-химических и пожароопасных свойств; – разработка мероприятий по действиям администрации, рабочих и служащих на случай возникновения пожара и организации эвакуации людей.	– привлечение общественности к вопросам обеспечения пожарной безопасности; – организация обучения работающих правилам пожарной безопасности на производстве; - соблюдение противопожарного режима.	- организация обучения работающих действиям людей при возникновении пожара.	– организация одного из видов пожарной охраны; – установление видов, количества, размещения и обслуживания пожарной техники.	– нормирование численности людей на объекте по условиям безопасности их при пожаре; - разработка и реализация норм и правил пожарной безопасности.
5	Мероприятия	Комплекс организационно-технических мероприятий по повышению пожарной безопасности предприятия					

тствует (вектор ⟨0; 0⟩; скалярный подход этого не допускает). Для облегчения практического использования методики предлагаются два множества значений положительных и отрицательных оценок: {«полностью реализовано» – 1, «частично реализовано» – 1/2, «не реализовано или нет данных» – 0} и {«не реализовано или есть серьезные замечания» – 1, «есть отдельные замечания» – 1/2, «нет замечаний или нет данных» – 0}. Например, вектор ⟨1; 1/2⟩ означает, что способ реализован полностью, но к качеству его реализации есть отдельные замечания. Вектор ⟨1;0⟩, – что способ реализован полностью и без замечаний. Вектор ⟨0;1⟩, что способ не реализован. Вектор ⟨1;1⟩, что способ реализован полностью, но с серьезными замечаниями. Вектор ⟨0;0⟩ означает отказ от оценивания (нет сведений или отсутствует мнение). И так далее. Оценка выставляется знаком («крест», «галочка» и т.п.) на аудиторской карте. Зачерненные ячейки не заполняются т.к. оценка ⟨0;1/2⟩ – «способ не реализован и имеются отдельные замечания» лишена смысла, а оценка ⟨0;0⟩ подразумевается «автоматически» в случае не проставления знака на карте.

Примеры заполнения аудиторских карт приведены ниже. Например, оценка «способ не реализован» выглядит так (1):

X		
■		
■		

Оценка «способ полностью реализован, но есть серьезные замечания» (2):

		X
■		
■		

Оценка «способ частично реализован и есть серьезные замечания» (3):

	X	
■		
■		

Оценка «способ частично реализован без замечаний» (4):

■		
■	X	

Оценка «способ полностью реализован без замечаний» (5):

■		
■		X

И так далее. Как уже говорилось, не заполнение карты означает отсутствие информации или отказ от оценивания.

На основе карт формируются вектора оценок для каждого способа. Например, для первой карты это ⟨0;1⟩, для второй ⟨1;1⟩, для третьей ⟨1/2;1⟩, для четвертой ⟨1/2;0⟩, для пятой ⟨1;0⟩ и т.д. После этого, для получения итоговой (интегральной) оценки всей системы в целом выполняется описанная ранее свертка по подсистемам, но отдельно для позитивных и негативных составляющих. То есть, получаемая интегральная оценка также имеет векторный характер: $\langle a^+; a^- \rangle$. Значения компонентов a^+ и a^- получившегося вектора принадлежат отрезку [0, 1].

Дальнейшие управленческие решения могут приниматься в зависимости от положения

значения вектора в квадрате [0, 1]×[0, 1] (линии разбиения здесь выбраны в точках 0.33 и 0.66 по позитивному и негативному аспектам вектора).

– (негативная оценка)	1	4	7
	2	5	8
	3	6	9
		+ (позитивная оценка)	

Здесь:

- позиция 1 – система противопожарной безопасности на предприятии отсутствует;

- позиции 2 и 3 – сведения отсутствуют или малодостоверны;

- позиция 4 – система не завершена и есть серьезные замечания;

- позиция 5 – система не завершена и есть отдельные замечания;

- позиция 6 – система не завершена, замечаний нет или они не существенны;

- позиция 7 – система завершена, но есть серьезные замечания;

- позиция 8 – система завершена и есть отдельные замечания;

- позиция 9 – система целиком завершена, замечаний нет.

Здесь приведено достаточно простое разбиение. Его можно усложнить, дополнив новыми областями, а также сделать сетку разбиения неравномерной.

Для более углубленного анализа системы пожарной безопасности могут использоваться следующие числовые показатели:

• $m_1(a) = a^+ - a^-$ – показатель реализации системы; он принимает значения от – 1 до + 1, где –1 означает, что система не реализована, а + 1, что реализована целиком; значение близкое к 0 означает неопределенность, когда нет позитивные и негативные факторы уравновешивают друг друга;

• $\mu_2(a) = \min(a^+, a^-)$ – показатель противоречивости реализации; он принимает значения от 0 до 1, где 0 означает непротиворечивую оценку, когда система реализована качественно и целиком, либо не реализовано вообще, а 1 означает, что система реализована в полном объеме, но с серьезными замечаниями;

• $\mu_3(a) = \max(a^+, a^-)$ – показатель полноты оценивания; он принимает значения от 0 до 1, где 0 означает отсутствие информации для оценивания, а 1 – ее исчерпывающую полноту

• $\mu_3(a) = \max(a^+, a^-) - \min(a^+, a^-)$ – показатель категоричности оценки; он принимает значение от 0 до 1, где 0 означает неопределенную ситуацию, а 1, что система исчерпывающе реализована, или исчерпывающе не реализована (для расчета $\mu_3(a)$ можно использовать также выражение $|a^+ - a^-|$, результат будет идентичным).

Поскольку общая оценка готовности системы определяется готовностью функциональных элементов (свертка по подсистемам следующих уровней иерархии выполняется достаточно просто), для примера рассмотрим оценивание состояния функционального элемента «Исключение горючего вещества». Как следует из таблицы 1, состояние данного элемента определяется выполнением следующих мероприятий:

1) «максимально возможное применение негорючих и трудногорючих веществ и материалов»;

2) «максимальная механизация и автоматизация технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ»

3) «установка пожароопасного оборудования по возможности в изолированных помещениях или на открытых площадках»

4) «применение устройств защиты производственного оборудования с горючими веществами от повреждений и аварий, установка отключающих, отсекающих и других устройств»

Пусть, далее, аудиторы выставили оценки:

- «максимально возможное применение негорючих и трудногорючих веществ и материалов» – ⟨1; 0⟩ (способ реализован полностью и без замечаний), весовой коэффициент 0.63;

- «максимальная механизация и автоматизация технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ» – ⟨0; 1⟩ (способ не реализован) , весовой коэффициент 0.16;

- «установка пожароопасного оборудования по возможности в изолированных помещениях или на открытых площадках» – ⟨1/2;

1/2⟩ (способ реализован частично с небольшими замечаниями), весовой коэффициент 0.05;

- «применение устройств защиты производственного оборудования с горючими веществами от повреждений и аварий, установка отключающих, отсекающих и других устройств» – ⟨0; 0⟩ (обследование не проводилось) , весовой коэффициент 0.16.

Формируя взвешенные суммы отдельно для позитивного и негативного компонентов, получаем:

$$\langle 0.63\cdot 1+0.16\cdot 0+0.05\cdot 1/2+0.16\cdot 0;\ 0.63\cdot 0+0.16\cdot 1+0.05\cdot 1/2+0.16\cdot 0\rangle = \langle 0.655;\ 0.185\rangle.$$

Получившийся результат попадает в область 6 – «функциональный элемент не завершен, замечания не существенны». Показатели для этого значения вектора равны:

$\mu_1(a) = a^+ - a^- = 0.665 - 0.185 = 0.48;$

$\mu_2(a) = \min(0.665, 0.185) = 0.185;$

$\mu_3(a) = \max(0.665, 0.185) = 0.665.$

Используя эти и аналогичные значения векторов для каждого из функциональных элементов, несложно получить общую оценку готовности всей системы пожарной безопасности в целом. Таким образом, предлагаемая методика векторной оценки текущего состояния пожарной безопасности показывает не только полноту реализации каждого способа (чем полнее он реализован, тем положительная оценка выше), но и качество его реализации (чем больше замечаний к качеству, тем отрицательная оценка выше). Причем методика допускает расширение множества факторов, влияющих на позитивный и негативный аспекты оценивания. Это повышает объективность оценивания пожарной безопасности объектов.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Временное положение о системе независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации. Утверждено МЧС России 16 августа 2007 г
2. http://www.mchs.gov.ru
3. Аршинский Л.В. Векторные логики: основания, концепции, модели.- Иркутск: ИГУ, 2007.- 228 с.
4. Шарапов В.М., Шарапова Е.В. Универсальные технологии управления. — М.: Техносфера, 2006. — 496 с.
5. Удилов В. П. Система обеспечения пожарной безопасности: региональный аспект. — Иркутск: ВСИ МВД России. 2002. — 192 с.
6. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».
7. Исторические и современные аспекты решения проблем горения, тушения и обеспечения безопасности людей при пожарах: Материалы XX науч-прак. конф. Секция 3. М.: ВНИИПО, 2007.- 185 с.

Дойников А.Н., Сальникова М.К., Калинин М.П. УДК 519.714

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ В СТРУКТУРНО НЕУСТОЙЧИВЫХ СИСТЕМАХ

Современные большие системы необозримы из-за сложности внутренних взаимосвязей и взаимодействия большого числа факторов, предусмотреть и учесть влияние которых не всегда представляется возможным. При этом системы могут менять режим (планово или случайным образом), структуру элементов, что определяет их новые состояния, качественно отличающиеся от предыдущих, и при-

водит к нестабильному и нестационарному развитию всех внутренних процессов.

Известно, что свойство нестационарности в таких системах проявляется в двух аспектах [1]:

- возникновение трендов, характеризующихся фундаментальными зависимостями в системе;

- появление некоторых скачков, нестабильных по знаку и амплитуде, источниками которых являются случайные во времени события.

Наиболее наглядно эти аспекты отражаются в графиках макроэкономических процессов. На рис.1 показано изменение цены валютного курса EUR/USD во времени.

Проведенный анализ показал, что движение макроэкономической системы в общем случае включает три составляющие: трендовую (Y_T), характеризующую направление развития макроэкономической величины; внутреннюю периодическую составляющую ($Y_П$), определяемую публикацией периодических новостей, главных индикаторов мировой экономики и определяющую колебание цены на рынке в силу существующих противоположных моментов спроса и предложения, и случайную составляющую процесса (Y_C), возникающую из-за различных непредвиденных ситуаций на рынке:

$$Y_{МП} = Y_T + Y_П + Y_C, \qquad (1)$$

где $Y_{МП}$ - исходные значения переменного ряда макроэкономического показателя.

При этом каждая из трех составляющих в силу структурной неустойчивости макроэкономической системы содержит в себе совокупность различных компонент, имеющих переменный состав, которые, накладываясь друг на друга, дают в целом сложную картину изменения исследуемого показателя.

Задача повышения адекватности моделирования и эффективности прогнозирования таких процессов приобретает все большую практическую актуальность. В тоже время существующий математический аппарат имеет ограниченные возможности для ее решения.

В связи с этим важное значение приобретают методы анализа и моделирования процессов в структурно неустойчивых системах.

Для исследования таких систем необходимо использовать методы, которые работают на переменных временных интервалах, позволяющих характеризовать систему, как квазистационарную и соответствующую некоторому вектору текущих собственных динамических свойств. Эти методы должны обладать малой инерционностью, чтобы не пропустить «смену тенденций», и способностью к разложению исследуемого объекта на отдельные структурные составляющие для возможного решения задач прогнозирования с использованием принципа аддитивности.

Одним из перспективных методов исследования динамики процессов, обладающих сложной переменной структурой, является метод, основанный на сингулярном разложении исходной выборки.

Суть метода заключается в преобразовании одномерной выборки нестационарного процесса в матрицу развертки с помощью однопараметрической сдвиговой процедуры элементов временного ряда и сингулярного разложения этой матрицы. Из полученного набора главных сингулярных чисел по условию значимости (по убыванию модуля) выбираются такие компоненты, по каждой из которых с допустимой ошибкой может быть восстановлена одна из составляющих исходного ряда.

Таким образом, с помощью метода сингулярного разложения исходную выборку нестационарного временного ряда можно разделить на произвольное число аддитивных компонент, количество которых определяется длиной матрицы развертки A (параметром M) [2].

В работе предложена методика прогнозирования нестационарных процессов с использованием модифицированного сингулярного разложения с применением критериев качества разделения исходного сигнала на квазистационарные составляющие. Для пояснения сути модификации рассмотрим результаты сингулярного разложения выборки (рис.1), выполненного традиционным образом.

Эти результаты применительно к выборке процесса изменения валютного курса EUR/USD (рис.1), история которого содержит 100 недельных значений, представлены на рис.2.

Суммарный ряд, восстановленный с использованием предложенного метода, по всем сингулярным компонентам дал погрешность, определенную по МНК относительно исходной выборки в 0,07%.

Из представленных графиков следует, что первое сингулярное число характеризует трендовую составляющую ряда (рис. 2а). Второе сингулярное число определяет нерегулярную гармоническую составляющую (рис. 2б).

Рис. 1. Процесс изменения валютного курса EUR/USD.

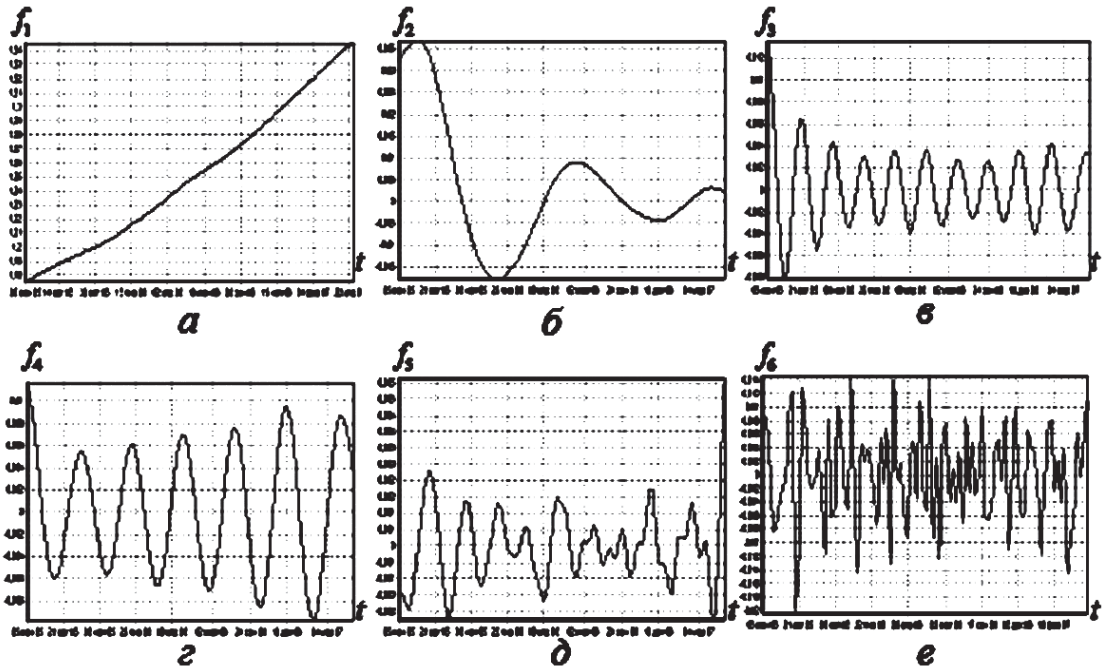


Рис. 2. Ряд, разложенный по 6 сингулярным компонентам.

Третье и четвертое сингулярные числа характеризуют одно-, двухчастотные гармонические составляющими исходного ряда (рис. 2в и 2г). На рис.2е совокупность оставшихся сингулярных чисел в большой степени отражает описание случайной составляющей.

Однако, полученные компоненты не характеризуются идеально простейшими типовыми функциями (например, рис.2д), экспоненциальные тренды не окончательно разделяются с низкочастотными гармоническими составляющими ряда (рис.2б) и гармонические составляющие имеют меняющуюся амплитуду. Поэтому необходимо дополнительно исследовать особенности применения метода сингулярного разложения с целью повышения качества разделения на компоненты и устранения составляющих движения, не отвечающих требованиям квазистационарности.

На основе анализа фигур, образуемых в пространстве собственных векторов сингулярной матрицы развертки (рис.3), формализован графический критерий для определения соответствия выделяемых сингулярных компонент идеальному гармоническому сигналу. При этом степень близости этих фигур к кругу (рис.3а), определяемая по отношению сторон ограничивающего прямоугольника, характе-

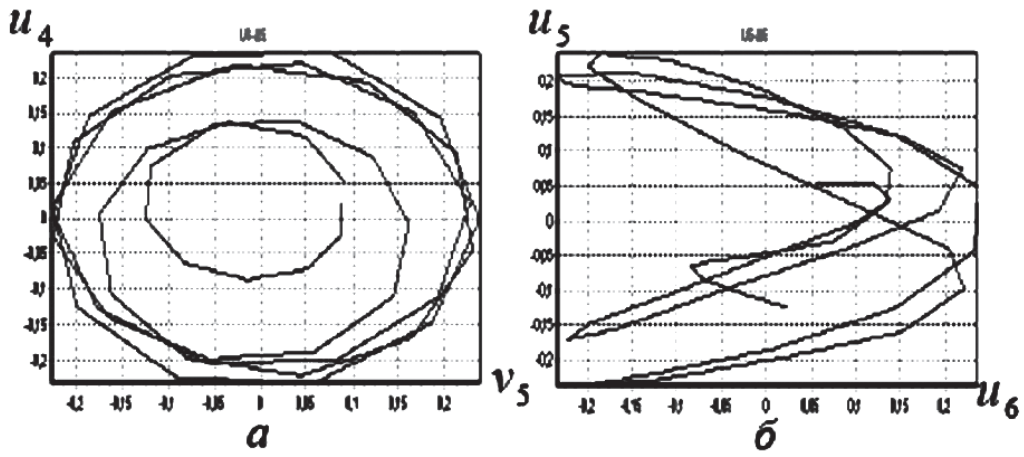


Рис. 3. Графики, образованные парами собственных векторов: а) высокое качество разложения; б) низкое качество разложения.

ризует уровень соответствия компонент идеальному гармоническому сигналу (рис.2г).

Выявлено, что качество выделяемых композиций разложения определяется вариативным параметром M (длина строки матрицы развертки), который задает пространство исследования траектории многомерной ломаной линии.

Для оценки выделяемых трендовых и гармонических составляющих предложены следующие критерии:

- критерий уровня гладкости H:

$$H = \max(\beta_i) : i = \overline{1, n-1}, \qquad (2)$$

где β - угол приращения, характеризующий изменение значения производной в i-ой точке нестационарной выборки (рис.4а) временного ряда, содержащего n значений;

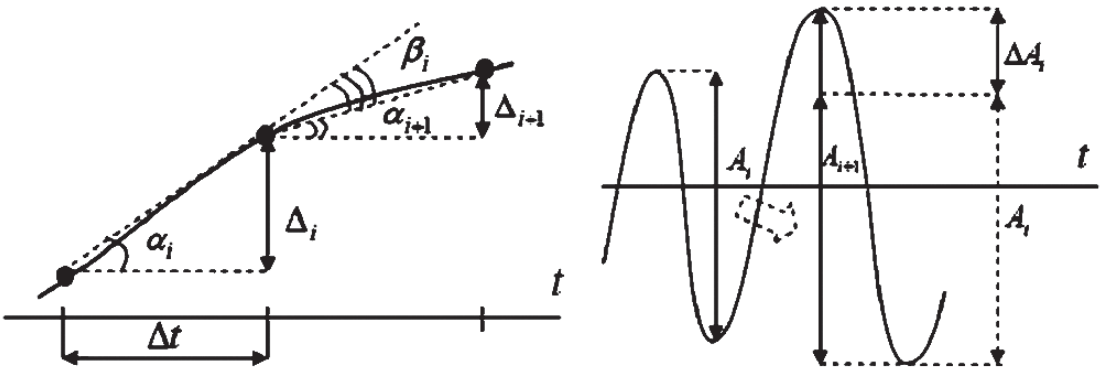
- критерий уровня соответствия колебаниям C:

$$C = \max(\Delta A_i) : i = \overline{1, l-1}, \qquad (3)$$

где ΔA - приращение амплитуды для двух соседних колебаний (рис.4б), l - количество колебаний.

Предложенные графические критерии (рис. 3 и 4) позволяют контролировать качество выделяемых сингулярных составляющих (рис.5). Это обстоятельство положено в основу модифицированной методики сингулярного разложения, позволяющего разделять исходный процесс оптимальным образом (до заданного уровня амплитуды остаточной случайной составляющей, рис.2е) и избегать получения негармонических компонент движения (рис.2д).

Предложенная методика модифицированного сингулярного анализа (рис.6) позволяет выполнять разложение временного ряда на



а) б)

Рис. 4. Определение базовых параметров: а) для критерия уровня гладкости; б) для критерия уровня соответствия колебаниям.

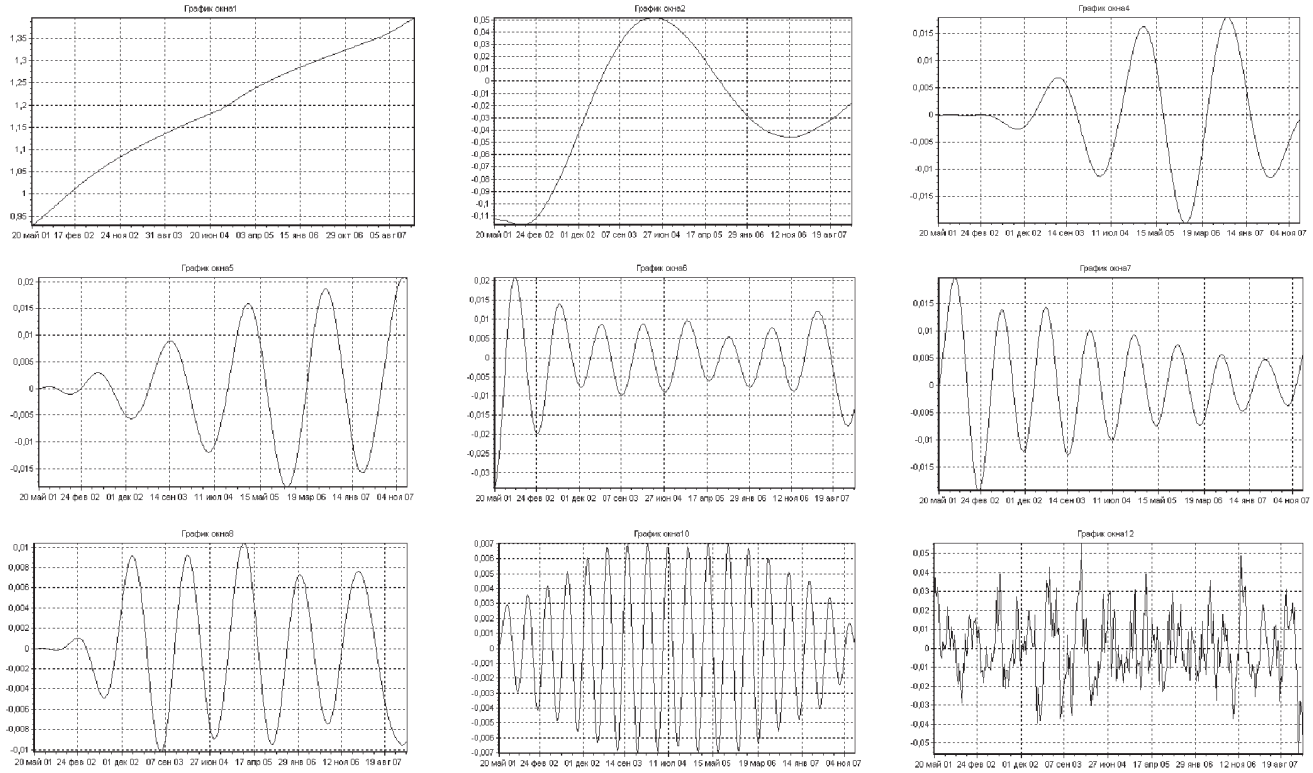


Рис. 5. Ряд, полученный по модифицированной методике с использованием предложенных критериев качества разложения.

Рис. 6. Блок схема методики модифицированного сингулярного разложения исходной выборки с использованием графических критериев качества.

компоненты, характеризующиеся группами движений, определяющихся трендовыми, гармоническими и случайными составляющими.

Применение графических критериев качества позволяет получать оптимальный состав компонент, имеющий простое математическое описание и предсказуемый характер, что повышает эффективность прогнозирования нестационарных процессов, протекающих в сложных системах.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Светуньков С.Г. Количественные методы прогнозирования эволюционных составляющих экономической динамики. — Ульяновск: Изд-во УлГУ, 1999. 216с.
2. Дойников А.Н., Кедрин В.С., Сальникова М.К. Концепция синтеза нестационарных процессов с использованием алгоритмов их сингулярного разложения на базе систем искусственного интеллекта./Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - Иркутск: Научный журнал №4(12), 2006.С. 72-79.

Wang Sen

УДК 004. 82: 510: 65: 510. 662

A COMPARISON OF SPECIFICATIONS BETWEEN SEVERAL FORMAL METHODS

1 Introduction. Formal method is a software development method on a strict teaching basis. In the entire process of software development, from the demand Analysis, specification explanation, designing, the programming, system integration, testing, the document generation to its maintenance stage, only if it adopts strict mathematics language, it has accurate mathematic semantics, to be called formalized method.

One of the most important research content of Formalized method is formal specification explanation - - - - detailed program functional description written with accurate semantic formal language - - - - evidence to show program true or false as well. Formalized method needs support of formal specification language. Formalized specification language provides a so-called symbol system of programmed domain and target collection of semantic domain, and a series of rules defining which target system satisfies the clarification rules. The following are three Specification Languages:

Model oriented method.

Fundamental principles of model-oriented: to construct state characteristics and behavior characteristics for target software system with Abstract Algebra. Such as VDM, Z notation, B, are model oriented method.

Algebra' method. It provides a set of special mechanics for specification of target software system, structuring target software system description, and supports the reuse of public element in the target software system. CLEAR, OBJ ,OBJ-2 are most ordinary algebra' method.

Process Algebra

Process Algebra provides description of abstract conception, method of inter-process connection and inference as well .

Based on the fundamental principles and content of model-oriented method, we conduct an analysis of its drawbacks and advantages on three formal language and methods. At last, a comparison between the formal language is done.

2. Three formal language and methods

2 .1 VDM. In 1969, VDM and Z. VDM arose from work done in formalizing the semantics for the PL/1 compiler in the IBM laboratory in Vienna. VDM is a functional structure of the technical specifications; it adopted an order predicate logic and the established abstract data types to describe the computing function or functions. In the early 1990s, this method has been widely applied in Europe and the United States many universities or research institutes.

VDM technology is the basic idea of using abstract data types, mathematical concepts and symbols to provide computing function or functions, and such a provision is the process of the structure and its aim is to signify its main function of the software system briefly and clearly before completion of the system. This formal specification used in the mathematical symbols and abstract data type, which allows the software described in the function of the system on the level of abstraction and also free from the full realization of the details, provides a lot of flexibility to software compilers. In addition, the formal specification provides the basis for accuracy to procedures. Application of VDM technology systems development includes a formal specifications, procedures and processes to achieve accuracy in the following three parts.

Three distinct advantages of using VDM to provide formal specification: only tell the computer what to do; provide proof of correctness of the procedure; concise description of the specification precisely.

Apart from these three obvious advantages, the use of VDM trains designers to establish the gradual decomposition of the development of top-down thinking, using strict system developed by the method in the whole process of development, which guarantees the correctness of the procedure. However, for VDM, there are also some limitations:

Because of the abstract data type definition of the computing in advance, and some user-defined types in the specifications

description doesn't need so many operations, resulting redundant computing.

VDM is still unable to establish a set of description mechanisms, unable to describe the relationship between these computing by dividing a large computing systems.

The use mathematical symbols and abstract data types, VDM formal specifications are not too formalized to be understood, but this may realize its software by misunderstanding forms to the wrong specifications.

2.2 Z notation. Z notation, on the basis of classical set theory and first-order predicate logic, provides a model structure, as a description to the state space and operation of specification. Z specification is made up of a series of models; each model defines of an abstract object or operation, and gives operation of the semantic constraint to a new object by using predicate description. Z mode can be combined into a new Z mode, which inherits all attributes and constraints of its components. Thus, the Z mode software system specifications can be given a certain level of the structure. For the use of model specification provides a calculus to compose large the system specifications by mini-units.

Based on the first order predicate and the formal set theory specification, language Z use patterns and model calculations to describe the structure of the target software system and behavior characteristics, including descriptions of state mode and target mode operation on the target system characteristics of the structure. This is a kind of the characteristics of effective formal methods, but there are still shortcomings of Z languages are as follows:

Z language of large modular system capacity is insufficient. In the Z language, the target software system structure and features are described by the model, with the increase of system, modes will become more and more, and Z language have no more effective mechanisms to manage these models, which eventually led to Z specification difficult to read.

It is difficult to identify a particular impact on the state of all the operating modes. Z notation, as a computing language, a mode of operation could involve more than one state model, in order to identify the specific impact of the state of all the operating modes, it is necessary to inspect each mode of operation from all part of the statement, which is not practical for large-scale software system specification.

Z notation can not support the reuse of specification. Z language did not provide reuse mechanisms.

Z language cannot be dealt with directly the computer. Because in the design of Z language, considering the Z language as a means of strict description and does not take into account the application of computer-assisted language to Z, so many Z language symbols in the computer language do not have corresponding button, it is difficult to input specifications and to conduct automated processing.

In order to overcome these deficiencies of Z language, the late 1980s and early 1990s have seen some Z language expansion programme, but also carry out some standardization work, in the early 1990s, the international community combined formal methods and object-oriented method. Although there are some development, but the lack of tools to support commercialization and many other related reasons, it can't be put into practical applications, which needed further refinement.

2.3 B. Outline. B is acronym of B technology, methods and tools set in the computer-aided software engineering, B (including B, B tools, tool box B) is a sound practice-oriented software process based on the mathematical theory of technology; method B and the symbol used to support most of the software process: demands analysis, specification, software design, implementation and maintenance, software layered structure accompanied by the gradual step-by-step validation and verification, method B is the guiding principle; B Tool Box includes a large number of tools, all the tools are in a window-based integrated software development environment, these tools can be integrated to run automatically, and supported use of B means during the entire software development process; B software tools support the progressive structure, which validation process can be static analyzed, using simulation techniques to conduct dynamic analysis, using the integrated theorem to prove its correctness.

B Method. With a simple method of pseudo-programming language to describe demand model, the interface, and intermediate design and implementation, this language is B LANGUAGE (abstract machine symbols), B LANGUAGE support the specification of the type of dynamic verification, Mathematical proof to ensure that the design process is correct. Step-by-step development of large-scale software

development can reduce the complexity of the multilayered approach that can achieve a high level realization to the lower standards, the development is a complete implementation of the norms - gradually realizing the process of standardizing the implementation process — Implementation of the lowest rank can be achieved from pre-reusable component library to be, the High multiplexing can also be continued expansion of new components to support the entire development process, each layer is the realization of the process will standardize the translation which could safeguard the independence of source code and compiled executable instruction process. B language, in the structure of the mechanism, like other object-oriented methods, enhanced information hiding and data package, the tight control interface components to ensure that a large-scale development of the independent development of various components .

B Software Process. B gives a strict control of the entire software process management, in the early software development of specification stage, the developers will control the user needs to verify the model test system demand consistency. In every phase of the development, each design will be described and consistent to its specification document. The lowest level design components can be assembled from pre-defined and reliable components, and translated into executable code, reliable pre-defined component reuse through tests or production (many components have now Collection of tools for the application B), the new low-level components can be further added, these components can be added through the existence of reliable components development, and to be tested to get their attributes.

Characteristics of B method. Simple and familiar symbolic representation. The symbolic representation use broad replacement to show the state switching from specification to compiling. The uniformed form reduced the learning difficulties. "Mathematics program designing language" makes us use a very specific specification form, and also benefits software engineers.

Modular structure. Support of substantial practical tools. Substantial practical tools support all phases of B method software development, including animation and document complement, while other formal methods do not have similar tools.

Successful tool application. B language and method has been successful applied to many industrial fields, including real-time, information processing and engineering.

3. Comparison between B, Z and VDM. In comparison to former language (such as Larch, OBJ), B, Z, VDM are formal specifications based on model methods.

VDM is one of the oldest computing languages, it is not only a language, but also development method. Mathematic symbols do not build on public collection theory instead of predicate logic, it also uses three-valued logic (true, false, undefined), but VDM do not present assembling/decoding specification and specific mechanisms.

Z is the main explanation method in description specifications, and constructed on collection theory without clear defined public theory description. Although Z provides a so called model structure, layer structure of model forms a systematic specification according to creator's aim, inter-model connections must be explained with certain informal text.

Like Z, VDM use pre/post conditions defines dynamic switching of specifications, under those circumstances, we must point out the unchanged parts.

B is the latest language, covering all development method from specifications to compiling. On the basis of Zermelo-Frankel collection theory, B contains a "abstract machine" structured mechanism which builds on mathematics theory, including broad replacement, specifying, layer system structure theory. Dynamic definition of system constructed on switching of predicate logic basis, not on pre/post conditions.

Comparison the B-Method, Z and VDM. We have chosen the following points of comparison:

(1) Underlying Logic. Z and B are based in the same underlying set theory. VDM has its own 3-valued logic, which allows treatment of undefinedness not explicitly treated in Z or B.

In addition, the semantics of B is based on Abrial's Generalized Substitution Language (GSL) and an associated calculus, an extension of Dijkstra's guarded commands.

(2) Syntax. The semi-graphical schema notation of Z is not used in B; it is keyword-based as is VDM. Also like VDM, there are two definitions of the notation, one in ASCII, the other in mathematical style.

(3) Specification Style. B is based on a predicate-transformer style of specification, which means that whereas in VDM you would write a pre and post condition, in B you write the state change as a substitution.

e.g. VDM: insert(elem:TYPE) = wr var:set(TYPE) pre~(elem : var) post var = var' \/ {elem}

B: insert(elem) = PRE elem:TYPE & elem /: var THEN var := var \/ {elem} END

The post condition in B looks like an assignment, giving the specification a pseudo-programming look. In fact its semantics is as a substitution on the state, and Abrial has proved that it is exactly equivalent to the PRE/POST condition style of VDM.

In B, non-determinism is always explicit. e.g.

VDM: sort =wr list:seq(TYPE) pre true post is_sorted(list) & is_permutation(list,list`)

B: sort =ANY newlist WHERE is_sorted(newlist) & newlist : perm(rng(list)) THEN list := newlis END

You are not usually in any doubt as to when you are using non-determinism in B.

(4) Preconditions, Invariants and Proof Obligations

Z, VDM and B each have a different treatment of preconditions and invariants. In Z, the precondition is not explicitly stated; it has to be calculated from the delta schema definitions.

In VDM and B the preconditions are explicit. The redundant act of explicitly stating a precondition allows consistency checking: is the real precondition of the operation covered by the stated one?

Where B and VDM differ is in their treatment of the invariant. In VDM it is assumed also to be an implicit part of every pre and post condition. The effect of this that the only proof obligation you have to discharge with respect to an operation is one of feasibility - usually a large existentially quantified expression which is rather intractable.

In B, the statement of the invariant is also redundant; its presence or absence does not change the meaning of the operations; it is not assumed to be part of the post condition of operations.

This means that operations have to be defined in such a way that they preserve the invariant. Now, because of this redundancy, it becomes necessary to prove that every operation preserves the invariant, whereas in VDM it must be so by definition.

However, the nature of this (typically large) number of additional proof obligations is very different from the feasibility proofs. Most of them are small and universally quantified, and much easier to discharge.

(5) Notation Coverage. Z remains rather strictly a specification notation.

VDM and B are "wide-spectrum", in that they have imperative programming constructs as part of the notation.

B has a small imperative language as a subset, consisting of 6 constructs, and in which all data-types are encapsulated in Abstract Machines. This allows refinement down to code within the same semantic framework.

(6) Structuring Specifications and Implementations. B has much stronger structuring constructs than VDM, and very different from the schema calculus of Z. B is object-based; information hiding of various kinds is enforced, so that encapsulation of state by operations is the order of the day. There is no proper concept of inheritance or polymorphism, so it stops short of being object-oriented.

Particularly strong is the B-Method's notion of layered development, which allows a complex development to be decomposed in a rich variety of ways using a small number of basic constructs. This makes the refinement of industrial-scale systems practical.

(7) Tool Support. B/B seems to have a considerable advantage at present in terms of the tool support available. Commercial quality tools such as the B-Toolkit exist in a unified framework for type-checking, animation, proof-obligation generation, automatic and interactive proof, code translators, document mark-up facilities and a comprehensive development environment supported by method-sensitive configuration manager.

3. Concluding. We briefly introduced the three language, its methods, and its drawbacks, advantages, making comparisons and analysis. As a conclusion, table 1 will make further comparisons:

From table 1, in comparison to language Z and VDM, B is much superior, with the support of business tool, it has been implied in British, America, and France. But it's still insufficient. We will conduct further research on B language expansions, hoping B language and its method can be explored in our country.

Table 1

Comparison between language B, VDM and Z.

Attributes	VDM	Z	B
Basis	Partial functions, collection theory	Predicate computing, collection theory, model	Weak Preconditions, collection theory
Expresses	Key word	Form	Language
Development phase	Specifications, design	Specifications	Specifications, design, impletion
style	Pre/post conditions, functions	Model symbolic implications, relations	Strict programming design language
Tool support	Specification phase	Specification phase	All development phase
Training support	Books, curriculum	Books, curriculum	Practical research, curriculum

REFERENCES

1. Yuan Xiaodong, Zhenguoliang. *COOZ: COMPLETE OBJECT-ORIENTED EXTENSION TO Z*. Journal of Software, 1997(9): 694~700
2. Yuan Xiaodong, Xu Hao, *Comparison of COMPLETE OBJECT-ORIENTED EXTENSION TO Z.* Computer Science, 1997(3): 58~61
3. Lano K. The B Language and method. Springer- Verlag London Limited, 1996. 511p.

Закарюкин В.П., Крюков А.В., Абрамов Н.А. УДК 621.311

ВЫДЕЛЕНИЕ СЕНСОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМАХ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Введение. На электроэнергетическую систему (ЭСС) в процессе функционирования действуют различные возмущения [1]. К ним можно отнести изменения активных и реактивных мощностей генераторов и нагрузок[1], включения и отключения линий и трансформаторов, управляющие воздействия регулирующих устройств, например, устройств управления установками продольной и поперечной компенсации. Кроме перечисленных возмущений, которые можно отнести к разряду малых, в ЭЭС возможны воздействия значительной интенсивности. Наиболее мощными из них являются короткие замыкания в высоковольтных сетях.

Реакция ЭЭС на перечисленные возмущения проявляется в виде изменение параметров режима: модулей и фаз напряжений в узловых точках сети и перетоков мощности по ветвям системы (рис. 1).

Для обеспечения эффективного функционирования ЭЭС необходима объективная информация о чувствительности параметров режима ЭЭС к внешним возмущениям [1...3]. Такая информация может быть получена на основе выявления *сенсорных* элементов ЭЭС. Согласно определению работы [1] сенсорными называются такие элементы ЭЭС, параметры которых в наибольшей степени варьируются при изменениях нагрузок и топологии сети.

[1] Особой нестационарностью отличаются электротяговые нагрузки магистральных железных дорог.

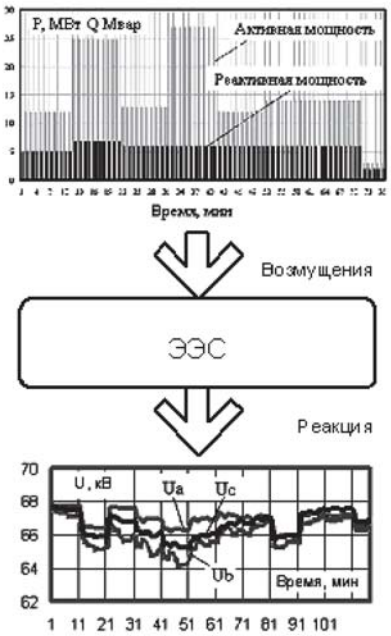


Рис. 1. Возмущения и реакции в ЭЭС.

Постановка задачи и методы ее решения. Для систем тягового электроснабжения (СТЭ) проблема выделения сенсоров до настоящего времени не ставилась, хотя ее решение позволит более обоснованно подходить к вопросам усиления электротяговых сетей, размещению устройств компенсации реактивной мощности и FACTS[2]. Специфические особенности электротяговых сетей состоят в распределенности нагрузок, перемещении их в пространстве и наличии участков с наибольшим электропотреблением на значительных уклонах профиля пути. Размещение устройств компенсации и FACTS наиболее эффективно в сенсорных узлах, поэтому простое имитационное моделирование работы СТЭ не дает ответа на вопрос оптимального размещения усиливающих устройств.

Из-за перемещения электротяговых нагрузок в пространстве выделение сенсоров в системах тягового электроснабжения требует несколько иных подходов по сравнению с ЭЭС общего назначения, так как и в строгой постановке требуется рассмотрение задач значительной размерности. Кроме того, электротяговые сети переменного тока являются трехфазно-однофазными, что требует перехода к фазным координатам.

На основе методологии, предложенной в работе [5], и алгоритмов спектрального и сингулярного разложений, разработанных в работах [1, 2], возможно решение проблемы сенсорных узлов СТЭ. Упрощенная методика выделения сенсоров может быть сформулирована следующим образом.

1. Для рассматриваемой системы тягового электроснабжения с учетом внешней сети задается условный (идеальный) профиль пути с нулевым уклоном.

2. Предполагается, что по рассматриваемому участку движется один поезд (или пакет поездов) с постоянной скоростью при неизменном на всем участке потребляемом токе I = const.

3. Осуществляется имитационное моделирование режима СТЭ, на основе которого строится график изменения напряжения на токоприемнике электроподвижного состава (ЭПС) $U_{ЭПС} = U_{ЭПС}(s)$; наибольшие отклонения $U_{ЭПС}$ от номинальных значений будут отвечать сенсорным узлам.

4. Производится совместный анализ реального токового профиля $I = I(S) = var$ и полученной зависимости. Проверяется условие наличия в тяговой сети точек, отвечающие пикетам S_i, для которых минимумы напряжения $U_{ЭПС}$ совпадают с максимумами потребляемого тока (мощности):

$$\exists S_i,\ I(S_i) = I_{\max},\ U_{ЭПС}(S_i) = U_{\min}. \qquad (1)$$

Элементы тяговой сети, отвечающие условию (1), требуют первоочередного усиления.

Результаты моделирования. Для проверки эффективности предлагаемой методики выявления сенсорных элементов в системах тягового электроснабжения проведено компьютерное моделирование режимов СТЭ простой структуры, схема которой показана на рис. 2. Схема включает четыре тяговых подстанции, питающихся от линии электропере-

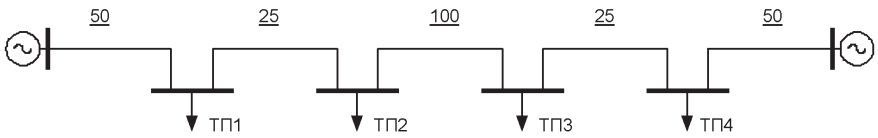


Рис. 2. Исходная схема сети.

[2] FACTS — гибкие системы передачи энергии переменного тока [4].

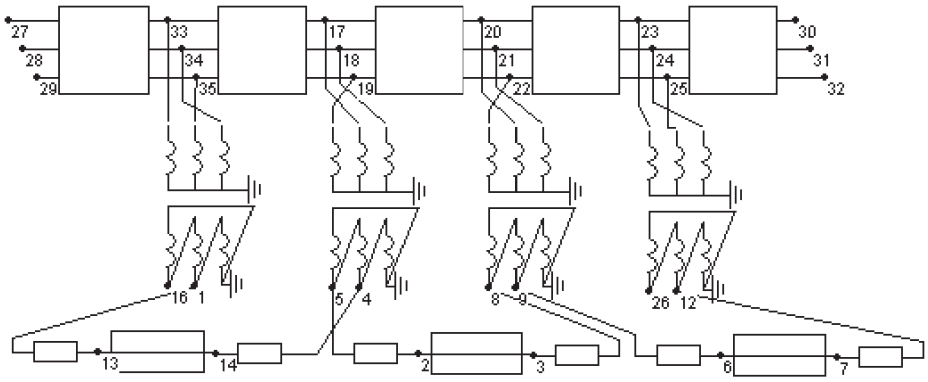


Рис. 3. Расчетная схема.

дачи напряжением 110 кВ. Анализ структуры СТЭ позволяет сделать вывод о том, что в схеме имеется сенсорный узел (слабое звено), который располагается в середине межподстанционной зоны между ТП2 и ТП3. Моделирование осуществлялось на основе программного комплекса FAZONORD, разработанного в ИрГУПСе [6]. Расчетная схема, сформированная средствами программного комплекса, показана на рис. 3.

Условный и реальный токовые профили представлены на рис. 4. Графики изменения активной и реактивной мощностей, потребляемых ЭПС, показаны на рис. 5.

Результаты моделирования для условного и реального токовых профилей представлены на рис. 6. Из анализа полученных результатов можно сделать вывод о том, что на основе предлагаемой методики возможно выявление сенсорных элементов в СТЭ железных дорог переменного тока.

С помощью информации о сенсорных элементах возможно решение следующих актуальных практических задач, возникающих при проектировании и эксплуатации СТЭ:

- разработка методов и средств усиления системы электроснабжения при увеличении размеров движения;
- определение рациональных мест установки устройств продольной и поперечной компенсации;
- выбор законов регулирования для установок FACTS;
- разработка стратегий управления системами тягового электроснабжения.

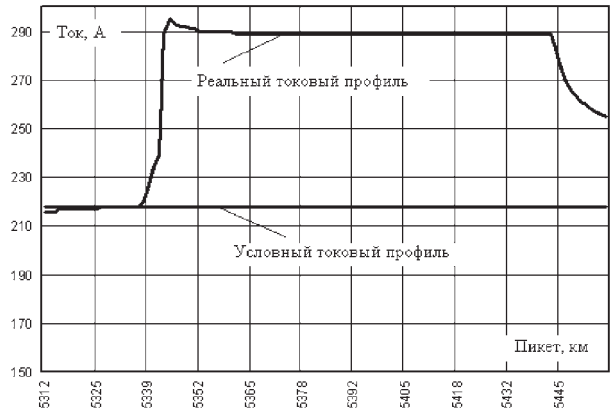


Рис. 4. Токовые профили.

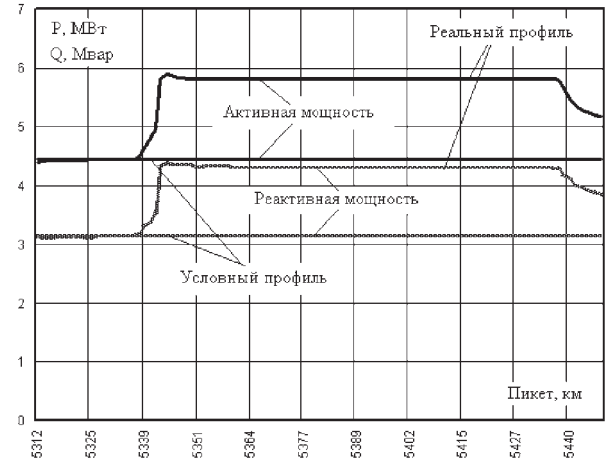


Рис. 5. Графики электропотребления.

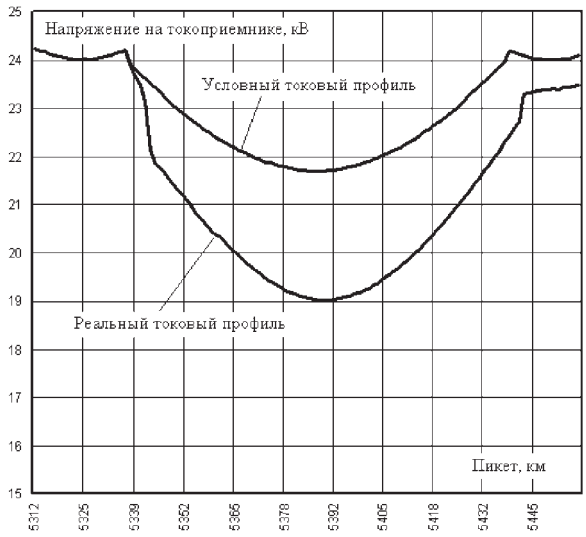


Рис. 6. Изменение напряжения на токоприемнике ЭПС.

Заключение.

1. Предложена методика выявления сенсорных элементов в системах тягового электроснабжения магистральных железных дорог переменного тока. Методика основана на имитационном моделировании режимов систем при реальном и условном (I=const) токовых профилях. Отличительные особенности методики состоят в использовании фазных координат и корректном учете внешней сети.

2. Результаты компьютерного моделирования показали применимость методики для выделения сенсорных элементов в системах тягового электроснабжения.

3. Информация о сенсорных элементах СТЭ позволит обоснованно подходить к решению целого ряда актуальных задач проектирования и эксплуатации систем тягового электроснабжения.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Гамм, А.З. Сенсоры и слабые места в электроэнергетических системах [Текст] / А.З. Гамм, И.И. Голуб. — Иркутск: СЭИ, 1996. — 99 с.
2. Гамм, А.З. Обнаружение слабых мест в электроэнергетической системе [Текст] / А.З. Гамм, И.И. Голуб // Изв. РАН. Энергетика. — № 3. — 1992. С.74-78.
3. Крюков, А.В. К вопросу улучшения качества напряжения в сетях промышленных предприятий [Текст] / А.В. Крюков, В.И. Худугуев, Р.Г. Хулукшинов // Пути экономии и повышения эффективности использования электроэнергии в системах электроснабжения и транспорта. — Казань, 1984. С.43-49.
4. Куро, Ж.. Современные технологии повышения качества электроэнергии при ее передаче и распределении [Электронный ресурс] / Ж. Куро. — Новости электротехники. — 2005. — № 1 (31).— http://news.elteh.ru/arh.
5. Закарюкин, В.П. Сложнонесимметричные режимы электрических систем [Текст] / В.П. Закарюкин, А.В. Крюков. - Иркутск: Иркут. ун-т. — 2005. — 273 с.
6. «Fazonord — Расчеты режимов и нагрузочной способности систем тягового электроснабжения в фазных координатах». Свидет. об офиц. регистр. программы для ЭВМ №2005611179 (РФ) / Закарюкин В.П., Крюков А.В., Литвинов Е.Ю. — Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. — Зарегистр. 19.05.2005.

Соломянный С.В., Корольков Б.П.

УДК 001.18.8

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМАТИКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ПРИМЕРЕ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ-ПЛАТФОРМ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА И САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КАРТ КОХОНЕНА

В последние годы на основе системного подхода и концепции самоорганизации ведётся построение систематики транспорта. Уже имеется ряд результатов этой работы: так на базе теории графов и фрактальной геометрии разработаны методы декомпозиции и агрегирования [1], с использованием которых построена общая систематика транспорта, а с по-

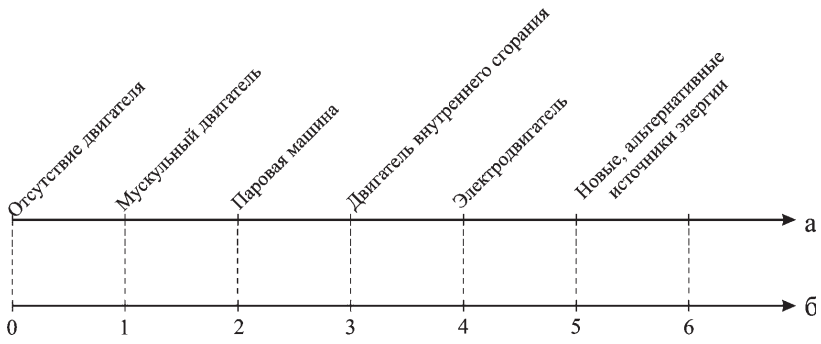


Рис. 1. Координатная ось «двигатель»: а – номинальная шкала; б – порядковая шкала.

мощью фрактальной размерности произведена её оценка [2]; разработана систематика железнодорожного подвижного состава, удовлетворяющая целям кодирования [3,4] и рассмотрены её прикладные аспекты [3-5]. Во всех упомянутых трудах каждый транспортный модуль заносится в объёмно-матричную форму системы вручную, т.е. только на основании теоретических и логических обоснований автора. Поэтому отсутствуют критерии для оценки мер схожести и различия между элементами, согласно которым можно делать выводы о возможности формирования той или иной систематической единицы. Кроме этого, на сегодня, не разработаны компьютерные программы, которые бы автоматически относили объект к тому или иному таксону по правилам декомпозиции и агрегирования. Однако в теории систем имеется множество других механизмов анализа данных. Самыми перспективными считаются алгоритмы на основе нейросетей, а также методы кластерного анализа.

Основным отличием настоящей работы от всех упомянутых выше является то, что здесь совокупность подвижных единиц рассматривается в виде множества точек, расположенных определённым образом в n—мерном фазовом (признаковом) пространстве, причём каждая точка имеет математические координаты. Для ориентации в указанном пространстве введены линии, которые описывают свойства подвижных единиц (тяга, назначение, форма, количество осей, мощность)[1]. Признаки на этих координатных линиях располагаются по принципу «от простого к сложному», например, по оси «тяга» сначала помещено отсутствие тяги, затем мускульный двигатель, паровая машина и т.д. (рис.1). Для преобразования словесного (номинального) описания объекта в математические координаты, произведено нормирование осей, т.е. путём ранжирования свойств сделан переход от номинальной шкалы к порядковой [6].

Теперь, имея подобное математическое описание подвижных единиц (табл. 1), можно осуществлять количественное сравнение на первый взгляд несравнимых объектов. Критерием для оценки мер схожести и различия между транспортными модулями в настоящей работе выбрано евклидово расстояние, для двухмерного пространства, вычисляемое по формуле:

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}\,. \qquad (1)$$

Преобразовав соотношение (1) для шестимерного пространства, получаем:

$$D = \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2 + \rightarrow} \\ \rightarrow \overline{+(d_1 - d_2)^2 + (e_1 - e_2)^2 + (f_1 - f_2)^2}\,. \qquad (2)$$

По формуле (2) рассчитаны и в порядке возрастания, изображены на рис. 2 евклидовы расстояния между 4-осной универсальной платформой (объект 2 из табл. 1) и другими вагонами.

Анализируя данные представленной диаграммы, можно сказать, что ближе всего к объекту 2 расположены объекты 3,4,5, и соответственно из них можно сформировать одну

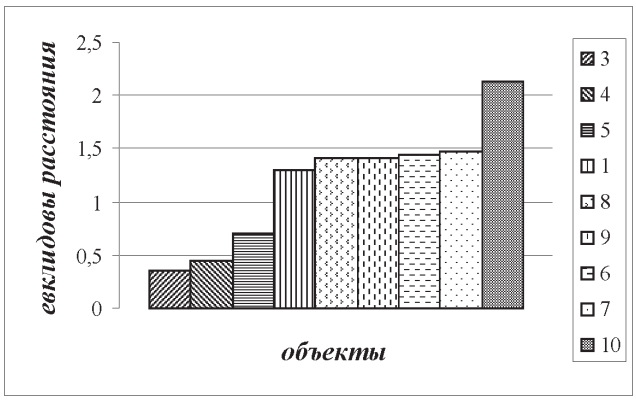


Рис. 2. Диаграмма евклидовых расстояний между универсальной 4-осной платформой и другими вагонами.

[1] Количество линий может меняться в зависимости от постановки задач систематизации

Табл. 1.

Наименования и математические координаты железнодорожных вагонов-платформ.

№ объекта	наименование	двигатель	назначение	форма	разновидность	осность	мощность
1	2-осная платформа универсальная	0	1.2	0.9	0.7	0.5	0.96
2	4-осная платформа универсальная	0	1.2	0.9	0.7	1	2.16
3	4-осная платформа с металлическими бортами	0	1.2	0.9	1.05	1	2.1
4	4-осная платформа с металлическими бортами	0	1.2	0.9	1.05	1	1.89
5	4-осная платформа универсальная с наращенными бортами	0	1.2	0.9	1.4	1	2.16
6	4-осная платформа для лесных грузов	0	1.2	0.9	2.1	1	1.81
7	4-осная платформа для лесоматериалов длиной от 4,5 до 20,5 м	0	1.2	0.9	2.1	1	1.68
8	4-осная платформа для лесоматериалов	0	1.2	0.9	2.1	1	2.04
9	4-осная платформа, оборудованная стойками ВО-118	0	1.2	0.9	2.1	1	2.04
10	4-осная платформа для леса и хлыстов	0	1.2	0.9	2.8	1	1.83
11	4-осная платформа для контейнер-цистерн	0	1.2	0.9	3.5	1	2.16
12	4-осная платформа для крупнотоннажных контейнеров, колесной техники	0	1.2	0.9	3.5	1	2.19
13	4-осная платформа для крупнотоннажных контейнеров	0	1.2	0.9	3.5	1	1.8
14	4-осная платформа для крупнотоннажных контейнеров	0	1.2	0.9	3.5	1	2.13
15	4-осная платформа под контейнеры для ферросплавов	0	1.2	0.9	3.5	1	2.16
16	4-осная платформа для перевозки автомобилей с полуприцепами	0	1.2	0.9	4.2	1	0.96
17	4-осная двухъярусная платформа для легковых автомобилей	0	1.2	0.9	4.2	1	0.6
18	4-осная платформа для колесных пар	0	1.2	0.9	4.9	1	2.1
19	4-осная платформа для слитков и квадратной заготовки	0	1.2	0.9	4.9	1	2.16
20	4-осная платформа для тяжеловесной обрези	0	1.2	0.9	4.9	1	3.24
21	4-осная платформа с несъемным оборудованием для литых слябов	0	1.2	0.9	4.9	1	2.04
22	4-осный вагон для перевозки холоднокатаной стали	0	1.2	0.9	4.9	1	1.95
23	6-осная платформа для трансформаторов	0	1.2	0.9	4.9	1.5	2.79
24	4-осная платформа для технологических перевозок горячей заготовки	0	1.2	0.9	5.6	1	3

систематическую единицу - «платформы с бортами».

Теперь, имея критерий оценки мер близости между элементами системы, можно сделать попытку автоматизации процесса построения систематики. Для этой цели будем использовать нейросетевой алгоритм самоорганизующиеся карты Кохонена.

Нейронные сети уже получили широкое распространение в таких областях как автоматизация процессов распознавания образов, адаптивное управление, аппроксимация функционалов, прогнозирование, создание экспертных систем, организация ассоциативной памяти и во многих других сферах. С их помощью можно прогнозировать показатели биржевого рынка, выполнять распознавание оптических или звуковых сигналов, конструировать самообучающиеся системы, способные анализировать объекты и выявлять закономерности их поведения.

Отличительной чертой нейронных сетей от других инструментов анализа данных является то, что перед их использованием нужно провести обучение, или подстроить внутренние параметры сети под конкретную задачу. Для хорошего обучения нужно выбрать такое множество входов, которое наиболее сильно влияет на выходные (прогнозируемые) значения. Если входы действительно влияют на выходы, то нейросеть будет работать отлично и давать правильные прогнозы. Подобрать оптимальные входы очень сложно. Обычно это делается методом проб и ошибок, т.е. простым перебором различных комбинаций индикаторов и данных [7].

Самоорганизующиеся карты — это одна из разновидностей нейросетевых алгоритмов, основной особенностью которой является самообучаемость, то есть результат обучения такой сети зависит только от структуры входных данных и нет сравнивания выходов нейронов с эталонными значениями. Такая сеть учится понимать структуру данных. Её обучение состоит из последовательности коррекций векторов, представляющих собой нейроны. В процессе поэтапной подачи на вход сети обучающих примеров определяется «нейрон-победитель» (нейрон у которого скалярное произведение весов и поданного на вход вектора мини-

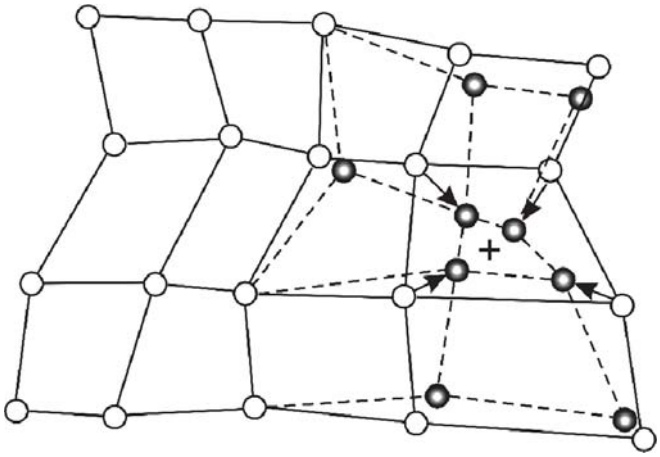


Рис. 3. Корректировка весов нейронной сети на примере двумерного вектора.

мально). Он становится центром при подстройке весов у соседних нейронов. После того, как найден такой нейрон, производится корректировка весов нейросети. При этом вектор, описывающий «нейрон-победитель» и векторы, описывающие его соседей в сетке, перемещаются в направлении входного вектора. Это проиллюстрировано на рис. 3 для двумерного вектора. Такое правило обучения предполагает «соревновательное» обучение с учетом расстояния нейронов от «нейрона-победителя», которое обычно вычисляется в евклидовом пространстве [8,9].

Архитектура карт Кохонена, в отличии от многослойной нейросети, очень проста и представляет собой один единственный слой нейронов, который организован в виде двухмерной матрицы. Пользователю необходимо определить лишь размер этой матрицы, т.е. количество нейронов по ширине и количество нейронов по высоте.

Карты Кохонена дают визуальное отображение многомерных входных данных. По ним анализируются не только выходы нейронов (как в случае обычной нейронной сети), но также веса нейронов и распределения примеров по нейронам. Так как карта Кохонена организована в виде двухмерной решётки, в узлах которой располагаются нейроны, то её очень удобно отображать на плоскости в виде «карты» с раскраской, зависящей от величины анализируемого параметра нейрона. Именно за схожесть изображения нейросети с топографическими картами они получили название карт Кохонена.

Нейронные сети данного типа часто применяются для решения самых различных задач, среди которых моделирование, прогнозирование, поиск закономерностей в больших массивах данных, выявление наборов независимых признаков, сжатие информации и др.

При всех отмеченных достоинствах нейронные сети не работают с номинальной информацией. Поэтому прежде чем использовать карты Кохонена для построения систематики транспорта необходимо представить каждую единицу железнодорожного подвижного состава в виде математического эквивалента, что продемонстрировано в первой части настоящей работы. Имея математическое описание подвижных единиц, можно приступать к созданию и обучению нейронной сети, которое будем производить в аналитическом пакете Deductor.

В качестве входных данных используем таблицу 1, которую, для построения карты Кохонена, копируем в приложение SOMap Analyzer (Self-Organizing Maps в переводе означает самоорганизующиеся карты). Затем в пошаговом режиме производится обучение сети и настройка параметров визуализации.

На начальном этапе нужно сделать выбор полей по которым будет производится обучение, в нашем случае это поля — двигатель, назначение, форма, разновидность, осность, мощность. На следующем шаге выполняется настройка всех параметров обучения карты (рис.4).

Процесс обучения делится на две фазы — грубую и точную подстройки. На этапе грубой подстройки происходит грубая кластеризация. Для этой фазы характерна достаточно

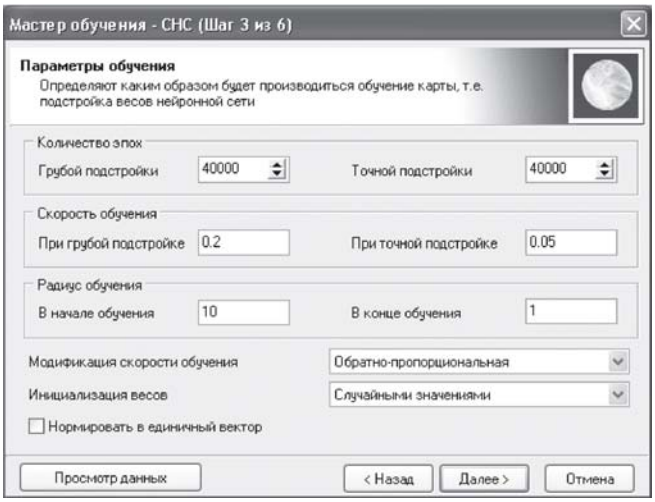


Рис. 4. Выбор параметров обучения нейронной сети.

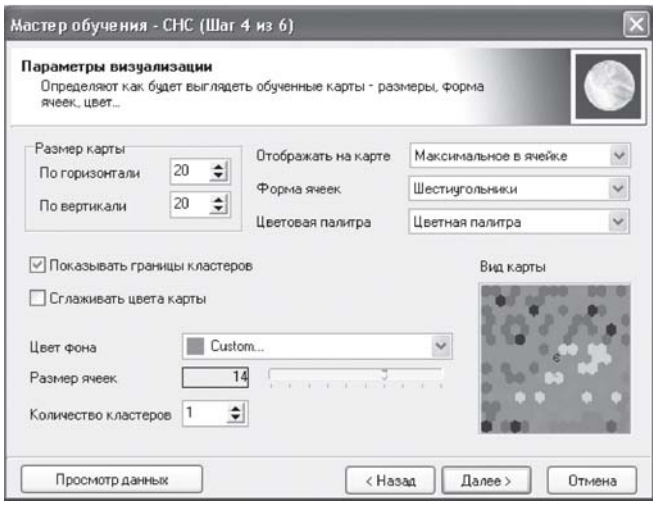


Рис. 5. Выбор параметров визуализации карты Кохонена.

большая коррекция весов нейронов сети по прохождении каждой эпохи. На этапе точной подстройки величина коррекции значительно уменьшается. Это связано с тем, что в начале радиус обучения большой, а к концу обучения он уменьшается. Количество эпох грубой и точной подстройки выберем равной 40000 (рекомендовано, чтобы оно было в 100 раз больше чем количество нейронов на карте).

Радиус обучения определяет, сколько нейронов кроме нейрона-победителя участвуют в обучении. В начале обучения он соизмерим с размерами карты (обычно равен половине меньшего значения размера карты либо этому значению), поэтому приминаем его равным 10, а в конце - достаточно мал (устанавливаем 1).

Скорость обучения контролирует величину шага при итерационной коррекции весов и является управляющим параметром алгоритма обучения нейронной сети. Данная характеристика изменяется в зависимости от размеров карты и количества эпох. Обычно она принимает значения от 0,2 до 0,05. Параметр "Модификация скорости обучения" определяет, по какому правилу эта скорость будет меняться. В настоящей работе рациональнее использовать обратно-пропорциональную зависимость при модификации скорости обучения, поскольку она даёт более плавное изменение весов нейронов, чем линейно-убывающая функция.

Инициализация весов будет производиться случайными значениями.

На следующем этапе выбираются параметры визуализации подготавливаемой карты (рис. 5): размер карты по вертикали и горизонтали — 20; отображать на карте — максимальное в ячейке; форма ячеек — шестиугольники; цветовая палитра — цветная; размер ячеек — 20.

На пятом шаге SOMap Analyzer предлагает проверить правильность настроек перед построением карты, и перейти собственно к её обучению, процесс которого проиллюстрирован на рис. 6, а его результат изображён на рис. 7.

Итак, для оценки мер близости между различными железнодорожными платформами, построена карта Кохонена. На этой карте видно, что объекты 2,3,4,5 расположены достаточно близко друг от друга, и их можно объединить в одну систематическую единицу — «платформы с бортами». Точно такой же ре-

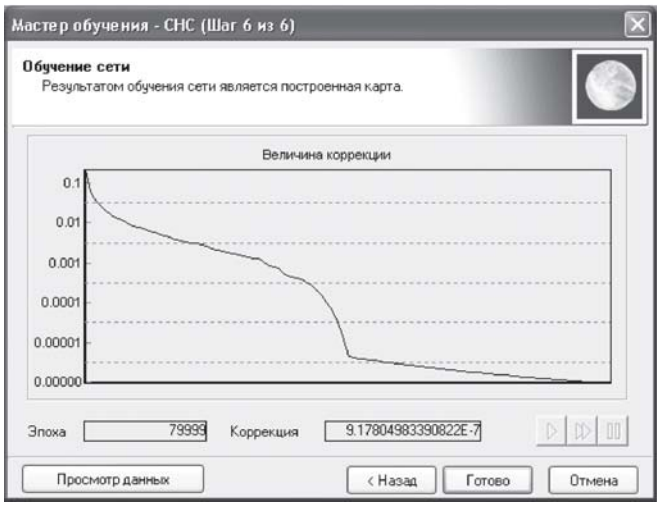


Рис. 6. Процесс обучения нейронной сети.

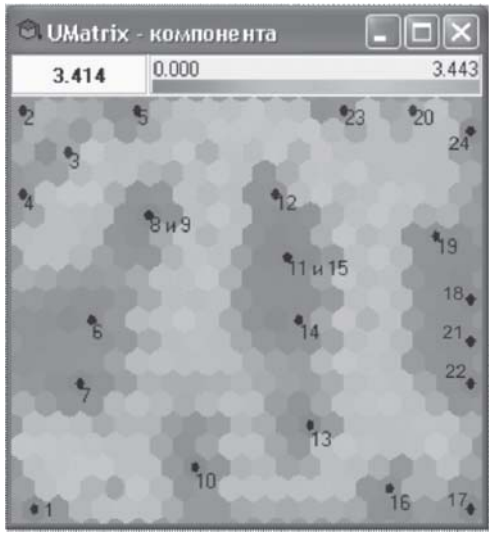


Рис. 7. Карта Кохонена «Матрица расстояний между вагонами-платформами».

зультат был получен в начале настоящей работы при анализе евклидовых расстояний. Это указывает на правильность и объективность выбранных алгоритмов систематизации.

Аналогично можно сгруппировать объекты: 6,7,8,9,10,11,12,13,14,15 как «платформы, оборудованные креплениями»; 16,17 — «платформы для автомобилей»; 18,19,21,22 — «платформы для метизов»; 20,23,24 — «тяжеловозные платформы». Далее, рассчитав центр каждого сформированного таксона, можно продолжать строить новые карты и группировать объекты пока они не объединятся в одну общую систематическую единицу «железнодорожные платформы».

На примере железнодорожных платформ показано, что с помощью нейросетевых алгоритмов можно автоматизировать процесс построения систематики железнодорожного подвижного состава. Самоорганизующиеся карты Кохонена в данном случае, с одной стороны, помогают увидеть проекцию шестимерного пространства на плоскость, а с другой позволяют оценить расположение в нём подвижных единиц относительно друг друга.

Таким образом, представив всю номенклатуру железнодорожного подвижного состава в виде совокупности точек фазового пространства, можно получить возможность сравнивать самые различные элементы и формировать из них систематические единицы на более высоком уровне качества.

Автоматизированный процесс построения систематики способствует достижению более объективных результатов, чем ручная обработка информации.

Кроме этого, систематика, как эффективное средство упорядочения информации по множеству разнородных элементов структурно сложной системы, может применяться в решении многочисленных задач. В каждой конкретной задаче степень важности той или иной координатной оси различна. Поэтому, вводя соответствующие коэффициенты важности, можно корректировать данные и получать действительно полезные результаты систематизации.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Корольков Б.П. О построении универсальной систематики // Транспорт. Наука, техника, управление. Сб. обзорной информации. — 2003. №10. — С. 37-44.
2. Комаров А.В. Разработка синергетического описания структуры транспортных систем на примере железнодорожного транспорта: Автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.13.01 / Иркут. ин-т инжен. ж.д. трансп. — Иркутск, 2002. — 23 с.
3. Корольков Б.П., Комаров А.В., Соломянный С.В. Систематика локомотивов как составляющая универсальной систематики железнодорожного подвижного состава // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. — 2005. №2. — С. 68-75.
4. Корольков П.Б. Разработка единой системы кодирования подвижного состава железнодорожного транспорта: Автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.13.01 / Иркут. гос. ун-т путей сообщения. — Иркутск, 2006. — 24 с.
5. Корольков Б.П., Комаров А.В. О системе кодирования подвижного состава // Железнодорожный транспорт. — 2004. №10. — С. 46-48.
6. Соломянный С.В. Основы математического моделирования систематики железнодорожного подвижного состава // Наука. Технологии. Инновации: Материалы всероссийской научной конференции молодых учёных в 7-ми частях. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. — Часть 1. — С. 98-100.
7. T. Kohonen, «Self-organized formation of topologically correct feature maps», Biological Cybernetics, Vol.43, pp. 59-69, 1982.
8. Панфилов П., Остроухов И. Нейронные сети: Карты Кохонена // Валютный спекулянт. — 2000. №9. С.18-24.
9. Тихонов Д.В., Колесников А.Ю. Анализ и обработка данных с помощью самоорганизующихся карт Кохонена // Наука. Технологии. Инновации: Материалы всероссийской научной конференции молодых учёных в 7-ми частях. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. — Часть 1. — С. 94-97.

Сальникова М.К., Герасименко К.В., Макаренко Я.Н. УДК 519.714

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО И СИНГУЛЯРНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

В работе проводится сравнение подходов к прогнозированию нестационарных процессов, построенных на использовании методов сингулярного разложения и анализа Фурье, в предположении, что итоговый прогнозируемый ряд формируется как сумма прогнозов простейших сигналов, предварительно полученных путем соответствующих разложений.

Спектральный анализ рядов Фурье позволяет увидеть структуру сигналов, определяемую физической природой элементов, составляющих систему. Суть анализа состоит в разложении исходного (случайного) сигнала в ряд по фиксированной системе базисных функций с условиями их частотной избирательности и применимости к колебательным процессам. Для исследования частотной структуры случайного процесса применяют его основной параметр — спектральную плотность мощности, которая интерпретируется как распределение среднего квадрата амплитуды процесса по частотам [1].

Однако область применения анализа Фурье ограничена следующими требованиями:

- исследуемая система должна быть линейной и стационарной;
- аддитивная помеха, действующая на выходной сигнал системы, не зависит от исследуемого сигнала и представляет собой случайный стационарный процесс;
- за счет ограниченности длины выборки реальных временных рядов восстановление происходит с погрешностью, величина которой обратно пропорциональна объему выборки как $\sqrt{N}$.

Исследования в области "динамического спектрального анализа" ("динамический анализ Фурье", "спектрально-временное картирование" [2] и т.п.) частично снимают указанные проблемы. При таком способе рассмотрения задачи, весь интервал наблюдения изучаемой функции $f(t), t \in [0,T]$, разбивается на N равных частей длины $t_N = \frac{T}{N}$ и затем на каждом из полученных интервалов строится спектр Фурье $\varphi_i(\omega)$. Получается квазидвумерное спектрально-временное представление процесса $f(t)$. Однако возникает трудно формализуемая проблема выбора оптимальных длин интервалов разбиения h. Необходимо искусственно прибегать к различным приемам для того, чтобы иметь возможность обрабатывать реальные процессы, длина которых всегда ограничена конечной выборкой статистических данных, в то время как Фурье-анализ подразумевает наличие бесконечной области определения сигнала. Также при исследовании реальных процессов искажается информация о фазовом спектре, за счет чего имеет место неточное формирование корреляционной функции, что ведет к значительному искажению формы и параметров выделяемых гармоник сигнала.

Кроме того, использование для прогнозирования суммарного сигнала бесконечного числа элементарных составляющих, полученных разложением Фурье, затруднено в связи с необходимостью сохранения фазовых сдвигов между этими составляющими в процессе их обратного сложения.

Идея «динамического спектрального анализа» нашла свое продолжение в вейвлет-анализе [3]. В отличие от традиционно применяемого при анализе данных преобразования Фурье, результаты, полученные с помощью вейвлет-анализа, зачастую обладают большей информативностью и способны непосре-

дственно выявлять особенности исследуемого процесса, которые при традиционном подходе анализировать затруднительно.

Вейвлет-преобразование одномерного сигнала состоит в его разложении по базису, сконструированному из обладающей определёнными свойствами солитоно-подобной функции (вейвлета) посредством масштабных изменений и переносов.

При этом для вейвлет-анализа наибольшее значение имеют параметры сдвига и масштаба, нежели частота как в случае анализа Фурье. Таким образом, данный метод ближе к сингулярному анализу. Для того, чтобы масштабный параметр мог интерпретироваться как частота, необходимо, чтобы исходная вейвлет-функция $\psi(t)$ обладала необходимыми спектральными свойствами, т.е. чтобы её преобразование Фурье можно было рассматривать как "спектральную линию".

Результат вейвлет-преобразования есть разложение сигнала по семейству функций вейвлет-базиса, образованному из единственной функции $\psi(t)$ с помощью переносов b во времени и растяжений a также во времени. Вейвлет-преобразование можно представить как непрерывный блок оконных преобразований Фурье с различными окнами для каждой частоты.

Вейвлет-анализ, благодаря подвижным частотно-временным окнам, одинаково хорошо выявляет как низкочастотные, так и высокочастотные характеристики сигналов. Это свойство даёт большое преимущество при анализе процессов, так как быстрые вариации сигналов (высокочастотные характеристики) хорошо локализованы, а для выявления медленно меняющихся характеристик достаточно хорошего низкочастотного разрешения.

Однако вейвлет-анализ не лишен недостатков. В частности реализация всех свойств вейвлетов иногда сдерживается значительным объемом необходимых вычислений и сложностью математического аппарата, который оборачивается низкой скоростью обработки данных.

Сингулярное преобразование можно также представить в двухпараметрической форме, если рассматривать информационную матрицу развертки совместно с парами собственных векторов сингулярных чисел этой матрицы [4]. Роль набора базисных функций выполняет набор собственных векторов (ортонормированный). При этом методика сингулярного разложения разделяет процедуру двумерного разложения на два этапа. На первом этапе сигнал переводится в двумерное представление с практически равноправными координатами, на втором производится сингулярное разложение этого двумерного представления по двум системам ортогональных функций. Интерпретация набора этих функций не является жёстко фиксированной, как в вейвлет-анализе, а определяется параметром разложения и особенностями самого исходного сигнала. Анализ, выполненный авторами, показал, что в случаях отсутствия или исключения медленных трендов, получается разложение, достаточно схожее с вейвлет-преобразованием, а для строго периодических сигналов и при соответствующем выборе параметров сингулярное разложение фактически осуществляет разложение в ряд Фурье.

Таким образом, на основании проведенного сравнения можно отметить следующие преимущества сингулярного разложения перед методами спектрального анализа.

1. Набор функций разложения порождается самой исследуемой функцией процесса $f(t)$ и длиной окна.

2. Длина строки (окна) сингулярной матрицы развертки позволяет легко варьировать качество и состав выделяемых составляющих.

3. Возможность управляемого восстановления исходного процесса по интерпретируемым компонентам, в отличие от практически однозначных компонент Фурье- и Вейвлет-преобразований.

4. Отсутствие для реальных временных рядов граничного эффекта по параметру сдвига, определяемого, например, жесткой фиксацией набора вейвлет-функций.

5. Представление отдельной собственной сингулярной функции в виде линейного фильтра показывает, что он обладает не комплексной, как в случае Фурье, а действительной частотной характеристикой, что снимает проблемы, связанные с моделированием фазовых сдвигов между составляющими.

Одно из существенных отличий метода сингулярного разложения состоит в способности осуществлять многовариантный прогноз (восстановление исходного сигнала на ожидаемом интервале времени), согласованный с одним из вариантов разложения на аддитивные элементарные компоненты. В то же время методы спектрального анализа ориентированы на однозначное выявление составляю-

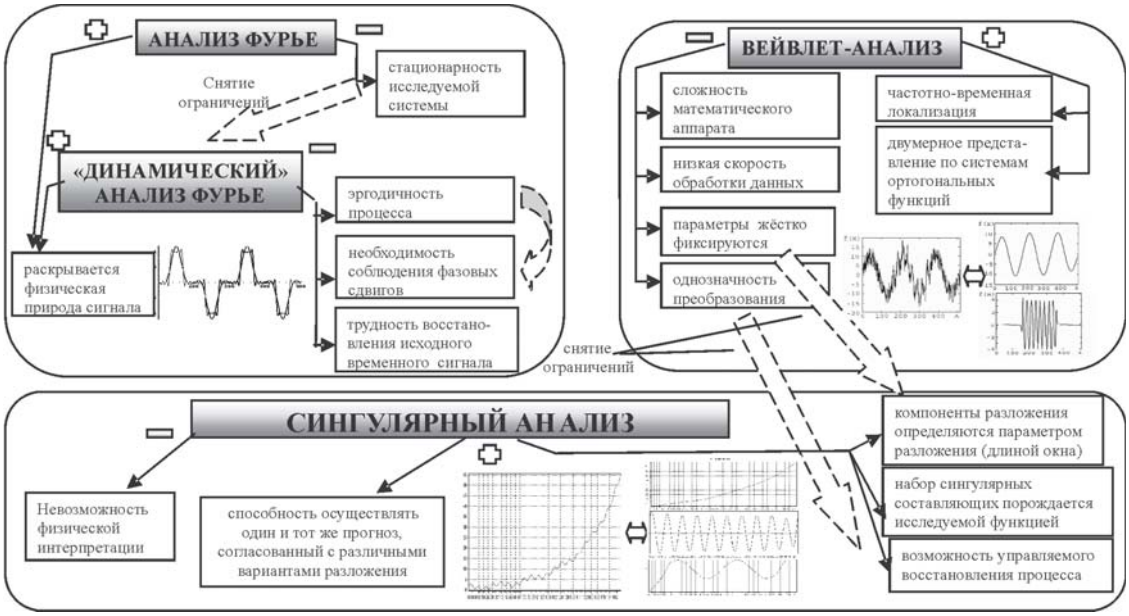


Рис. 1. Сравнение методов сингулярного разложения с методами спектрального анализа применительно к задачам прогнозирования (в блоках плюсом отмечены преимущества метода, минусом – недостатки).

щих, соответствующих физической природе сигнала. Также стоит отметить, что Вейвлет-анализ из-за априорной локальности набора базисных функций практически не приспособлен к построению прогноза (рис. 1.).

Таким образом, из результатов проведенного анализа следует, что при корректном применении аппарата сингулярного разложения конечным его итогом будет набор экспоненциально затухающих синусоидальных сигналов, каждый со своей амплитудой и частотой. При этом предполагается, что исследуемая система линеаризована или процесс квазистационарен в области некоторого квазипостоянного среднего значения и длина окна, определяющего размерность матрицы развертки (косвенно — дифференциальный порядок исследуемой динамической системы), имеет оптимальное значение.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Bernard Widrow, Michael A. Lehr, 30 Years of Adaptive NeuralNetworks: Perceptron, Madaline, and Backpropagation //Artificial Neural Networks: Concepts and Theory, IEEE Computer Society Press, 1992, pp.327 – 354.
2. Smetnev,. A.S., Kulambaev, B.B., Akasheva, D.Y., (1992), Late venricular potentials comparative value of time domain analysis and spectro-temporal mapping. XXIII international congress in electrocardiology // Book of abstracts, 104.
3. Daubechies I. Orthonormal Bases of Compactly Supported Wavelets. — Comm. Pure. Apl. Math., vol. 41 (1998), pp. 909 – 996.
4. Elsner J.B. and Tsonis A.A. Singular Spectrum Analysis. A New Tool in Time Series Analysis. New York and London: Plenum Press, 1996. 463p.

Шаманов В.И., Суров В.П.,
Трофимов Ю.А., Алешечкин Ю.А.

УДК 656.259.21:621.331

ПАРАМЕТРЫ ТЯГОВОЙ РЕЛЬСОВОЙ СЕТИ И УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОТЫ ПРИБОРОВ БЕЗОПАСНОСТИ

Рельсовая сеть на магистральных железных дорогах используется как для пропуска обратных тяговых токов, так и для пропуска сигнальных токов приборов безопасности. Эта сеть является хорошим распределенным заземлителем, поэтому к ней подключаются цепи заземления опор контактной сети и других конструкций. Влияние тяговых токов и их гармоник на слаботочные цепи приборов безопасности является одним из основных факторов, определяющих устойчивость функционирования этих приборов. Например, на сети дорог страны происходит в настоящее время до 1000 сбоев автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН) в сутки, и это количество растет в год на 4 — 5%. Наиболее остро эта проблема стоит на участках железных дорог с электротягой переменного тока.

Степень влияния обратных тяговых токов на приборы безопасности зависит от величины их асимметрии под локомотивными приемными катушками АЛСН, в секциях основных обмоток дроссель-трансформаторов рельсовых цепей, разделенных изолирующими стыками, и в рельсовых нитях в местах подключения к ним аппаратуры тональных рельсовых цепей. Эта асимметрия в свою очередь зависит от величин продольной и поперечной асимметрии сопротивления рельсовых линий.

Продольная асимметрия рельсовой линии появляется при неравенстве сопротивлений ее рельсовых нитей, когда в них неодинаковы суммарные сопротивления токопроводящих стыков и дроссельных перемычек. Поперечная асимметрия рельсовой линии, то есть асимметрия сопротивлений ее рельсовых нитей по отношению к земле, появляется там, где опоры контактной сети и другие конструкции заземляются на одну из рельсовых нитей.

При анализе влияния обратных тяговых токов на приборы безопасности рельсовые нити рельсовых линий удобно представлять в виде двух однопроводных электрических линий рельсы — земля. Эти линии с распределенными параметрами являются нелинейными и неоднородными. Нелинейность определяется тем, что сопротивление рельсов зависит от величины протекающего в них тока. Неоднородными эти линии являются потому, что сопротивление рельсовых нитей со сборными рельсовыми стыками меняется по их длине из-за различия в электрических сопротивлениях этих стыков. Сопротивление рельсовых нитей по отношению к земле тоже изменяется как из-за различия электроизоляционных свойств балласта по их длине, так и из-за различия входных сопротивлений цепей заземления опор контактной сети и других конструкций, подключаемых к рельсам. Собственное сопротивление рельсов и особенно их сопротивление по отношению к земле изменяются наиболее заметно при переходе температуры окружающей среды из плюсовой области в минусовую.

Изменение первичных параметров однопроводных линий рельсы — земля приводит к изменению и их вторичных параметров - коэффициента распространения волны, включающего в себя километрический коэффициент затухания и километрический коэффициент фазы, а также волнового сопротивления. При этом с ростом тягового тока частотой 50 Гц в рельсах от 0 до 300 А вторичные параметры рассматриваемых однопроводных линий растут в 1,24 — 1,27 раз.

При протекании тока по цепи рельс — земля переменное магнитное поле, образуемое вокруг каждой рельсовой нити, наводит в соседней цепи, образованной второй рельсовой нитью, электродвижущую силу взаимоиндукции. Взаимная индуктивность этих цепей является комплексной величиной, мнимая

часть которой отражает потери в земле. В результате удельное сопротивление рельсовых нитей как элементов однопроводных цепей рельс — земля увеличивается по сравнению с их удельным сопротивлением в рельсовой петле [1].

Различие в величине полного удельного сопротивления рельсовой петли с рельсами и тяжелого и легкого типов составляет 20-25% на низких частотах и 10-12% на высоких частотах. Аргумент этого сопротивления изменяется в зависимости от типа рельсов в пределах 2°. Различие в величине этого сопротивления при изменении температуры в диапазоне от +50°С до - 50°С проявляется тоже больше при низких частотах (до 20%) и меньше при высоких частотах (5%). Объясняется это тем, что при более высоких частотах внутренняя индуктивность рельсов, зависящая от частоты тока, составляет меньшую относительную часть во всей индуктивности рельсовой петли.

Активное сопротивление рельсов зависит от относительной магнитной проницаемости рельсовой стали. В зонах малого насыщение относительная магнитная проницаемость увеличивается с ростом тока в рельсах, а после достижения максимума при дальнейшем росте тока уменьшается. Максимум относительной магнитной проницаемости соответствует величине переменного тока частотой 50 Гц от 450 А до 670 А в зависимости от сорта рельсовой стали, т. е. при токе в одной рельсовой линии величиной от 900 до 1340 А [2]. Такие значения токов превышают рабочие токи в рельсовых нитях даже при движении тяжеловесных поездов по горным участкам.

По данным [2] с ростом переменного тягового тока в рельсах от нуля до 300 ампер удельное активное сопротивление рельсов растет в 1,6-1,8 раз. Относительная магнитная проницаемость материала рельса зависит от напряженности поля на его поверхности. У более тяжелых рельсов периметр сечения больше, поэтому увеличение тягового тока в них меньше сказывается на росте активного сопротивления рельсов. Считается, что внутренняя индуктивность сопротивления рельсов составляет 75% от их активного сопротивления. Следовательно, с ростом активного сопротивления рельсов примерно в такой же пропорции растет и полное их сопротивление.

И составляющая удельного сопротивление рельсов, и составляющая удельного сопротивления цепи рельс — земля, определяемая взаимной индуктивностью с другой, параллельной цепью рельс — земля, имеют индуктивный характер. Поэтому с ростом частоты переменного тягового тока или его гармоник удельное сопротивление рельсовых нитей растет.

Сопротивление рельсовых нитей увеличивается за счет сопротивлений токопроводящих стыков. В соответствии с требованиями ГОСТ 9.602-2005 сопротивления токопроводящих стыков не должны увеличивать сопротивление рельсовой нити больше, чем на 20%. Измерения в эксплуатационных условиях показали, что наиболее вероятное увеличение сопротивления рельсовой нити за счет сопротивления токопроводящих стыков составляет 10 % .

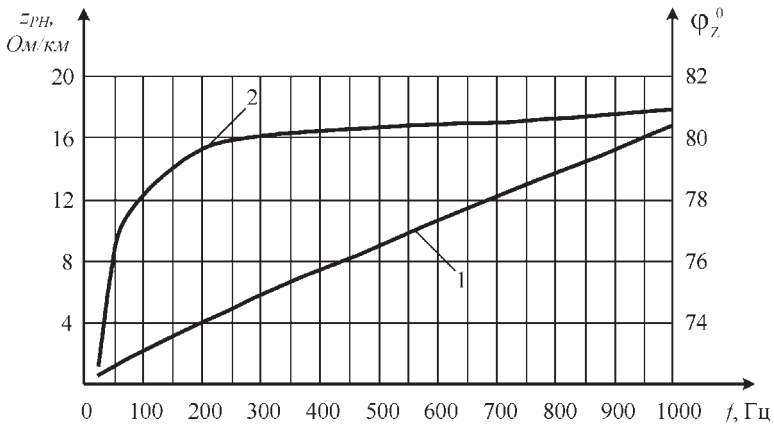


Рис. 1. Зависимость модуля и аргумента сопротивления рельсовой нити от частоты тока в ней.

Характер вычисленных с учетом отмеченного и данных [1, 2] зависимостей от частоты тока значений модуля z_{PH} и аргумента удельного сопротивления рельсовой нити с рельсами типа Р65 при величине тягового тока и его гармоник до 100 А виден из рис. 1.

Удельное сопротивление рельсовых нитей по отношению к земле изменяется от 0,5 до 18,0 Ом • км. Входные сопротивления индивидуальных цепей заземления на рельсы опор контактной сети и других конструкций должны быть не меньше 100 Ом по условиям обес-

печения выполнения шунтового и контрольного режимов рельсовых цепей [3]. При этом удельное сопротивление всех цепей заземления, присоединяемых к рельсам в пределах одного километра пути, должно быть не меньше 6,0 Ом • км, т.е. на 1 км пути допускается подключать наглухо к рельсам не больше 16-17 заземляющих устройств, имеющих сопротивление в цепи заземления для сигнального тока больше 100 Ом [4]. Эту норму можно принять и для тягового тока, и его гармоник.

Следует отметить, что контрольные измерения сопротивления рассматриваемых цепей заземления из-за достаточно большой трудоемкости этих работ проводятся в настоящее время один раз в 9 лет. За такой большой срок величина данных сопротивлений может стать в несколько раз меньше нормы, что отрицательно сказывается на устойчивости работы рельсовых цепей и устройств АЛСН.

Переменный тяговый ток стекает из рельсов в землю. Поэтому его величина в рельсах по мере удаления от электровозов, находящихся в рабочем режиме, уменьшается по экспоненте или по зависимости, близкой к экспоненте. С ростом сопротивления рельсовых нитей интенсивность стекания тягового тока в землю растет. На участках, оборудованных рельсовыми цепями с дроссель-трансформаторами, сопротивления основных обмоток этих дроссель-трансформаторов увеличивают продольное сопротивление рельсовых нитей, отчего стекание тяговых токов и их гармоник из рельсов в землю усиливается.

Характер влияния сопротивления обмоток дроссель-трансформаторов, устанавливаемых возле изолирующих стыков, а также сопротивлений цепей заземления опор контактной сети и других конструкций, подключаемых к рельсам, на интенсивность стекания в землю тягового тока частотой 50 Гц виден из графиков на рис. 2. Графики отношения величины тягового тока в рельсовой нити $I_T(l)$ на расстоянии l от нулевой точки к величине тока в начале рельсовой линии $I_{то}$ с рельсами типа Р65 построены для рельсовых цепей длиной 1,5 км при удельном сопротивлении рельсовых нитей относительно земли, равном 0,5 Ом • км. За нулевую отметку на графиках принято место втекания в рельсы тягового тока электровоза.

Кривая 1 показывает степень уменьшения величины тягового тока по длине рельсовой нити, когда влиянием обмоток дроссель-трансформаторов можно пренебречь. Это справедливо для рельсовых цепей без изолирующих стыков, или когда тяговый ток в выходном для тягового тока конце рельсовой нити настолько мал, что отраженной от несогласованной нагрузки волной тока можно пренебречь.

Увеличение продольного сопротивления рельсовой нити за счет сопротивлений основных обмоток дроссель-трансформаторов вызывает более быстрое стекание тягового тока в землю, что видно из кривой 2, построенной для дроссель-трансформаторов типа ДТ-1-150 или ДТ-1-300. А если при этом уменьшается сопротивление рельсовых нитей относительно земли за счет цепей заземления на рельсы различных конструкций, то тяговый ток стекает в землю еще быстрее. Это видно по кривой 3, полученной при среднем сопротивлении цепей заземления на рельсы опор контактной сети, равном 58 Ом.

Кривые 4 и 5 на рис. 2 построены для третьей и седьмой гармоник тягового тока при условии, что обмотки дроссель-трансформаторов не влияют на условия растекания по рельсовой сети этих гармоник и к рассматриваемой рельсовой нити заземляющие устройства не подключаются. Видно, что рост частоты гармоники тягового тока ускоряет стекание гармонических составляющих из рельсов в землю.

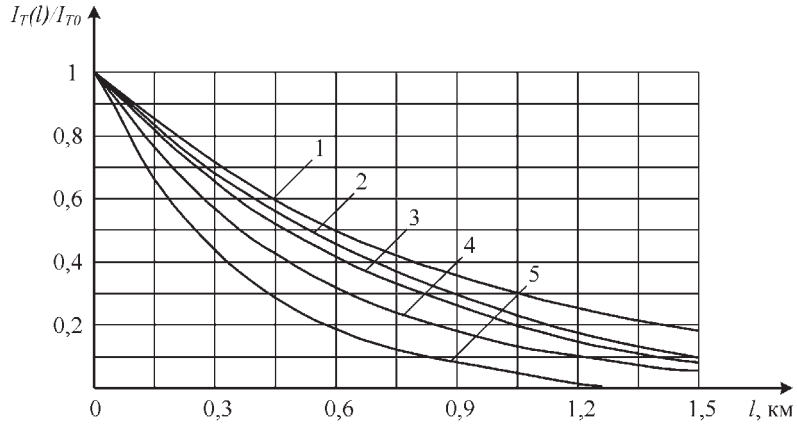


Рис. 2. Зависимость относительной величины тягового тока в рельсовой нити от расстояния до точки его втекания в рельсы.

Расстояние, на котором тяговый ток частотой 50 Гц в рельсовой нити с рельсами типа Р65 при сопротивлении рельсов по отношению к земле 0,5 Ом • км уменьшается в 10 раз, равно:

- 1,98 км для рельсовой нити, если к ней заземляющие устройства не подключаются;
- 1,83 для рельсовой нити, если к ней заземляющие устройства подключены, в результате чего поперечная асимметрия сопротивления рельсовой линии стала равной 4%:
- 1,4 для рельсовой нити, разделенной через 1,5 км изолирующими стыками с дроссель-трансформаторами типов ДТ-1-150 или ДТ-1-300.

Это расстояние в рельсовой нити, когда на условия растекания тягового тока не влияют ни заземляющие устройства, ни дроссель-трансформаторы, равно 1,2 км для третьей гармоники частотой 150 Гц и 0,81 км для седьмой гармоники частотой 350 Гц.

Из рис. 2 видно, что тяговый ток в секциях основной обмотки дроссель-трансформатора на входном конце рельсовой цепи, следующей по ходу за той, по которой движется головной электровоз поезда, растет по мере приближения поезда к входному концу этой рельсовой цепи, т.е. по мере уменьшения расстояния *l*. Это приводит к росту мешающего влияния обратного тягового тока на аппаратуру рельсовой цепи, определяющую показания светофора, к которому движется поезд.

Для количественного анализа особенностей растекания переменного тягового тока по рельсовой сети можно использовать модели на базе теории четырехполюсников или двухполюсников с лестничной (цепной) схемой [5]. По результатам моделирования с использованием теории четырехполюсников найдено, что основная часть тягового тока (до 85% и более) в перегонных рельсовых цепях с дроссель-трансформаторами при удельных сопротивлениях переходов рельсы — земля, близких к его минимальному значению 0,5 Ом • км, стекает в землю по длине той рельсовой цепи, на которую вступает головной электровоз поезда. Следовательно, в летнее время обратный тяговый ток наиболее сильно влияет на аппаратуру АЛСН и аппаратуру первой свободной впереди по ходу поезда рельсовой цепи. В горловинах станций, где длина многих рельсовых цепей обычно не превышает 200 — 350 м, это мешающее влияние может быть существенным в нескольких рельсовых цепях, примыкающих впереди по ходу поезда к той, в рельсовую линию которой втекает тяговый ток электровоза.

Выходом из рельсовой цепи для утекающего вперед по рельсам тягового тока является средняя точка основной обмотки дроссель-трансформатора, установленного на этом конце. Сопротивления секций основной обмотки такого дроссель-трансформатора играют роль балластных сопротивлений, за счет чего токи в рельсовых нитях на выходном конце рельсовой цепи в определенной степени выравниваются. В то же время асимметрия сопротивлений дроссельных перемычек, с помощью которых секции основных обмоток подключаются к рельсам, может увеличивать асимметрию этих входных сопротивлений.

Средняя точка основной обмотки дроссель-трансформатора, установленного на входном конце рельсовой цепи, является начальной точкой растекания по рельсовым нитям обратного тягового тока. Асимметрия тягового тока в секциях этого дроссель-трансформатора оказывает мешающее влияние на аппаратуру рельсовой цепи на этом конце. Сопротивления секций основных обмоток в определенной степени выравнивают входные сопротивления рельсовых нитей для тягового тока, растекающегося из дроссель-трансформатора, до момента вступления на рельсовую цепь электровоза. После вступления электровоза на рельсовую цепь дроссель-трансформатор на входном её конце шунтируется колесными парами. Поэтому сопротивление основной обмотки рассматриваемого дроссель-трансформатора никак не влияет на степень мешающего влияния обратных тяговых токов на локомотивную аппаратуру АЛСН.

Подключение к одной из рельсовых нитей цепей заземляющих устройств вызывает уменьшение сопротивления этой рельсовой нити по отношению к земле и уменьшение входных сопротивлений для тяговых токов, втекающих в нее от электровоза или из секций основных обмоток дроссель-трансформаторов. В результате растет величина тока, втекающего в эту рельсовую нить, и увеличивается асимметрия тяговых токов и в рельсах под катушками АЛСН, и в секциях основных обмо-

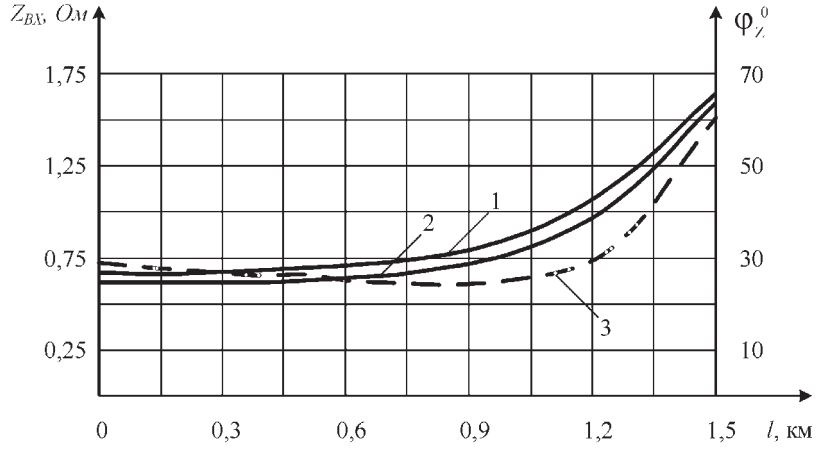


Рис. 3. Характер изменения по длине рельсовой цепи модуля и аргумента входных сопротивлений рельсовых нитей в рельсовых цепях с дроссель-трансформаторами.

ток дроссель-трансформаторов. Как следствие этого растет уровень помех от обратных тяговых токов на локомотивную аппаратуру АЛСН и на аппаратуру рельсовых цепей, подключенных к дополнительным обмоткам дроссель-трансформаторов.

Но тяговый ток и стекает интенсивнее из рельсовой нити, к которой подключены цепи заземления. В результате в секциях основных обмоток дроссель-трансформаторов, установленных на выходных для тягового тока концах рельсовых цепей, асимметрия тягового тока может отсутствовать или тяговый ток может даже преобладать в секции, подключенной к рельсовой нити, не соединяемой с цепями заземления.

Асимметрия тяговых токов в рельсовых нитях под катушками АЛСН равна асимметрии входных сопротивлений для этих токов отрезков рельсовых нитей, лежащих перед головным электровозом поезда. Эти входные сопротивления являются функциями продольных и поперечных сопротивлений рельсовых нитей. В рельсовых цепях, разделяемых изолирующими стыками с дроссель-трансформаторами, данные сопротивления являются также функциями расстояния до средней точки основной обмотки дроссель-трансформатора, подключенного в конце этой рельсовой цепи.

Характер изменения входных сопротивлений по длине рельсовых нитей Z_{BX} в рельсовых цепях, выходным концом которых по тяговому току являются средние точки основных обмоток дроссель-трансформаторов, подключенных в конце рельсовой цепи, имеет вид, показанный на рис. 3. Графики получены для рельсовых цепей длиной 1,5 км при тяговом токе частотой 50 Гц, рельсах типа Р65 и удельном их сопротивлении по отношению к земле 0,5 Ом • км.

Кривая 1 показывает, как изменяется модуль входного сопротивления для тягового тока частотой 50 Гц по длине рельсовой нити, в которой заземляющие устройства к рельсам не подключаются, а по концам рельсовой цепи возле изолирующих стыков стоят дроссель-трансформаторы ДТ-1-150 или ДТ-1-300. Кривая 2 показывает характер изменения модуля входного сопротивления для тягового тока в той же рельсовой цепи, но для второй рельсовой нити, к которой подключены цепи заземления опор контактной сети со средним сопротивлением 58 Ом. Входные сопротивления рельсовых нитей для тягового тока растут по мере приближения головного электровоза к выходному концу рельсовой цепи. Различия в величинах этих входных сопротивлений определяют уровень асимметрии тягового тока в рельсовой линии под катушками АЛСН.

Аргументы входных сопротивлений рельсовых нитей мало зависят от величины их сопротивления по отношению к земле в выбранной точке рельсовой цепи. Характер изменения аргумента входных сопротивлений рельсовых нитей по длине рельсовой цепи для рассматриваемого случая имеет вид кривой 3.

Моделирование показало, что количество лежащих впереди рельсовых цепей при небольших удельных сопротивлениях между рельсовой нитью и землей мало сказывается на величине входных сопротивлений рельсовых нитей в рельсовых цепях с дроссель-трансформаторами.

Таким образом, найдены количественные зависимости между параметрами однопроводных линий рельсы — земля и степенью мешающего влияния тяговых токов в рельсовой сети на приборы безопасности.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Брылеев А.М., Кравцов Ю.А., Шишляков А.В. Теория, устройство и работа рельсовых цепей. — М.: Транспорт, 1978. — 344 с.
2. Марквардт К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. — М.: Транспорт, 1982. — 528 с.
3. Инструкция по заземлению устройств электроснабжения на электрифицированных железных дорогах. — М.: МПС РФ, 1993. — 68 с.
4. Котельников А.В., Наумов А.В., Слободянюк Л.П. Рельсовые цепи в условиях влияния заземляющих устройств. — М.: Транспорт, 1990. — 215 с.
5. Шаманов В.И. Помехи и помехоустойчивость автоматической локомотивной сигнализации. - Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2005. - 236 с.

Елисеев С.В., Соболев В.И., Градобоев А.В. УДК 624.046

К ВЫБОРУ ЧИСЛЕННЫХ АЛГОРИТМОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОСТАТОЧНОСТИ АРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОМПОЗИТОВ В УСЛОВИЯХ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ

При расчете железобетонных конструкций существует необходимость определения количества арматуры и ее расположение, обеспечивающие необходимые условия эксплуатации зданий и сооружений.

В настоящее время принята следующая технология расчета железобетонных конструкций. Изначально материал сооружения считается изотропным, способным работать на сжатие и растяжение. При этом используются как линейные, так и нелинейные модели. В результате расчета сооружения с использованием допущенного предположения определяются усилия напряжений и деформаций в элементах конструкций. Далее по найденным напряжениям и деформациям определяется необходимое количество арматуры и способ ее расположения, обеспечивающий нормативные условия эксплуатации.

Процедура определения параметров арматуры называется конструктивным расчетом и использует в своей основе несколько разделов механики: теорию композиционных материалов, теорию предельного состояния и теорию разрушений [1,2,3,4]. На основе этих теоретических разработок в середине и конце двадцатого столетия разработана теория расчета железобетона, позволяющаяся с некоторой степенью достоверности ответить на вопрос о достаточности арматурного обеспечения для сохранения эксплуатационных свойств и надежности сооружения [3, 4] при заданных параметрах напряженно-деформированного состояния элементов конструкций.

Конструкции сооружения, в подавляющем большинстве, представляют собой чрезвычайно разнородные элементы, отличающиеся размерами, механическими свойствами, способами моделирования и соединения, а рассчитываемая область имеет сложные и разнородные границы областей. Эти обстоятельства определяют способы инженерного анализа и расчетов напряженно-деформированного состояния конструкций сооружений при различных нормативно обусловленных сочетаниях нагрузок; расчеты выполняются при помощи компьютера с использованием специализированных программных средств, реализующих численные методы, основанные на дискретизации конструкций.

Можно назвать немногочисленные программные продукты, применяемые в расчетах строительных сооружений и имеющие отечественную нормативную базу. Все они используют метод конечного элемента, в котором исходные уравнения математической физики сводятся в процессе решения к системе линейных разрешающих уравнений, составленных относительно конечного числа точек, дискретизирующих рассчитываемые области объектов.

Специфика конечноэлементных методов расчета напряженно-деформированного состояния накладывает некоторые условия на алгоритм последующего конструктивного расчета и его программную реализацию, а именно.

1.Методика конструктивного расчета должна быть ориентирована на арматурное обеспечение конечного элемента, минимальным образом используя свойства и специфику ансамбля окружающих его элементов.

2.Методика расчета должна быть в достаточной мере обоснована обширной экспериментальной базой теории железобетона, которая должна быть формализована и адаптирована в условиях конечноэлементной аппроксимации сооружения.

3.Численные процедуры расчета должны включать в себя нормативные требования и допускать возможность простого их редактирования при изменении нормативной базы;

4.Размерность реальных конечноэлементных задач и неизбежность применения итерационных процессов предъявляют повышенные требования к эффективности численных процедур и возможности их применимости к некоторой группе элементов, сформированной по совокупности условий достаточного армирования;

5.Процедуры расчета должны быть достаточно универсальными, позволяющими их применение для разнородных конструктивных элементов, находящихся в условиях произвольного напряженно-деформированного состояния.

Рассмотрим основные условия и ныне существующие теоретические предпосылки, на базе которых возможны такие реализации конструктивных расчетов. Железобетон представляет собой сложный композиционный материал. Сам по себе бетон не способен выдерживать большие нагрузки на сжатие и растяжение. Поэтому для предотвращения появления трещин и дальнейшего разрушения конструкции необходимо применение процедуры армирования. Арматурные стержни соединяют отдельные полосы бетона в единой системе и предотвращают трещинообразование и разрушение конструкции. Механикой таких сложных материалов, состоящих из двух и более компонентов, занимается механика композиционных материалов.

Композит, по определению, представляет собой неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов, среди которых можно выделить армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические характеристики материала, и матрицу, обеспечивающую совместную работу армирующих элементов [1]. Механическое поведение композита определяется соотношением свойств армирующих элементов и матрицы, а также прочностью связи между ними. Важным преимуществом композиционного материала является его высокая прочность на единицу массы. В результате совмещения армирующих элементов и матрицы образуется комплекс свойств композита, не только отражающий исходные характеристики его компонентов, но и включающий свойства, которыми изолированные компоненты не обладают. В частности, наличие границ раздела между армирующими элементами и матрицей существенно повышает трещиностойкость материала.

Достоинства и высокие механические характеристики композитов наиболее полно реализуются в ориентированных материалах, армированных параллельными волокнами, т.е. в так называемых однонаправленных слоях, из которых путем укладки в различных направлениях образуются слоистые композиты (см. рис. 1). Несмотря на большое многообразие структур, которые определяются числом слоев, их толщиной и взаимной ориентацией, свойства таких материалов определяются свойствами однонаправленного слоя. Диаграммы деформирования всех ориентированных композитов при растяжении и сжатии вдоль волокон, в первом приближении, можно считать линейными вплоть до разрушения материала [1]. При поперечном нагружении и, особенно, при сдвиге в плоскости армирования иногда наблюдается нелинейное поведение материала. Однако жесткости при поперечном нагружении и сдвиге значительно меньше продоль-

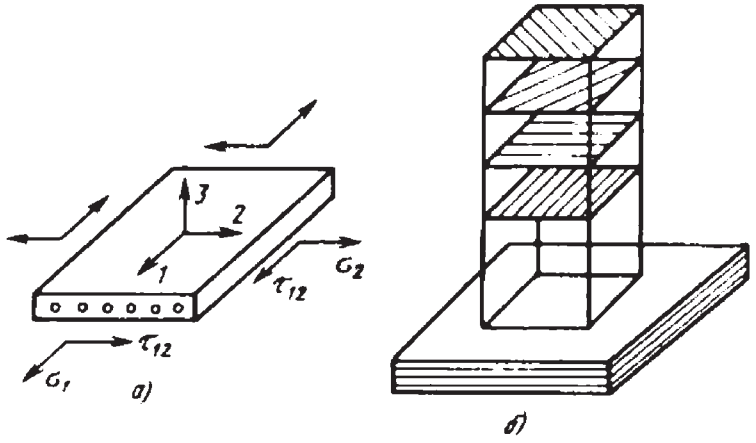


Рис. 1. Элемент однонаправленного слоя (а) и слоистого композита (б).

ной, и в слоистом пакете отмеченная нелинейность, как правило, проявляется слабо.

Исчерпание несущей способности материала при продольном растяжении происходит в результате разрыва волокон, а при сжатии — в результате потери устойчивости волокон или образования трещины, параллельной волокнам. Разрушение при растяжении поперек волокон и при сдвиге связано, как правило, с разрушением матрицы (нарушение когезионной прочности) или с отслоением матрицы от волокон (нарушение адгезионной прочности). Разрушение при сжатии поперек волокон происходит в результате скола материала под углом к направлению нагружения. Разрушение композитов даже при простом нагружении является весьма сложным процессом, теоретическое описание которого связано с большими трудностями.

Однонаправленный слой, работая в составе многослойного материала, как правило, испытывает воздействие нормальных и касательных напряжений. Поэтому необходимо иметь критерий прочности, по которому можно предсказывать разрушение материала на основе имеющихся данных о разрушении и свойствах композита, полученных при простых опытах (растяжении, сжатии, сдвиге). Существующие критерии прочности имеют в основном феноменологический характер, т. е. представляют собой аналитическую аппроксимацию экспериментальных результатов [5]. В связи с тем, что такая аппроксимация может быть осуществлена неоднозначно, а степень ее соответствия экспериментальным результатам, имеющим, как правило, значительный разброс, оценивается субъективно, существует множество таких критериев.

Расчет несущей способности (предельного состояния) железобетонных изделий был разработан советскими учеными. В результате обширных исследований, проведенных советскими учеными (А. Ф. Лолейт, А. А. Гвоздев и др.), в начале 30-х годов был разработан метод, учитывающий упругопластические свойства железобетона, который был включен в нормы проектирования железобетонных конструкции в 1938 г. [2].

Под предельным понимают такое состояние конструкции, после достижения которого дальнейшая эксплуатация конструкции становится невозможной, вследствие потери способности сопротивляться внешним нагрузкам или получения недопустимых перемещений или местных повреждений. Конструкция в методе предельного равновесия рассматривается как система элементов, которые при определенных заранее известных усилиях или сочетаниях усилий достигают предельного состояния, т.е. разрушаются или приобретают способность сильно деформироваться без изменения величины действующих на них сил.

Теория предельного равновесия, сформулированная в терминах строительной механики А. А Гвоздевым, основана на двух теоремах: 1. Тело выдержит внешние нагрузки, если возможно поле усилий, при котором в теле нигде не нарушатся условия равновесия и условия прочности. 2. Тело разрушится, если поле деформаций удовлетворяет условиям совместности, при которых мощность внешних сил больше мощности внутренних сил. Первая теорема позволяет находить нижнюю, а вторая — верхнюю оценки несущей способности конструкций [2].

Теория предельного равновесия не ставит целью определение деформаций конструкции. Они находятся лишь с точностью до неизвестного множителя. Для проверки прогибов железобетонных конструкций оказалось необходимым учесть наличие трещин, которые образуются значительно раньше исчерпания несущей способности. Это привело В.И.Мурашева к созданию теории деформирования изгибаемых железобетонных элементов, основанной на гипотезе о распределении деформа-

ций в трещинах и между ними. Предложенная В.И Мурашевым теория расчета стержневых элементов с учетом трещин была значительно развита Н.И. Карпенко, С.А. Дмитриевым, Я.М. Немировским и др [3].

Бетон представляет собой грубо неоднородное тело. Зерна заполнителя и цементный камень, обладая существенно различными упругими свойствами, действуют друг на друга, как факторы, возмущающие поле напряжений. Кроме того в бетоне имеются поры разной крупности, заполненные водой, водяными парами и воздухом. Если бетон подвергается сжатию в одном или в двух направлениях, то на площадках, где теоретически вовсе нет напряжений, возникают растягивающие, сжимающие и скалывающие напряжения, вызванные неоднородностью материала.

Трещинки отрыва, возникающие при сжатии, вначале распространяются лишь на очень небольшие площадки: ведь поле напряжений, вызванное неоднородностью, очень пестро. Образование этих трещинок повышает неоднородность и придает ей в известной мере ориентированный характер. Возникающие трещинки изменяют силовое поле и под влиянием происходящих изменений напряженного состояния и деформаций ползучести они местами раскрываются, а местами зажимаются, причем соприкасающиеся частицы оказывают друг на друга расклинивающее действие [3]. Это ведет к дальнейшему нарушению структуры, сопровождающемуся кажущимся увеличением объема тела. При одноосном сжатии процесс нарушения структуры довольно быстро заканчивается тем, что микроскопические трещинки соединяются, образуя видимые трещины с шероховатой поверхностью, общее направление которых имеет слабый наклон по отношению к направлению или к направлениям действия сжимающих сил. Наконец, происходит разрушение.

При двухстороннем сжатии наличие сжимающих напряжений не только задерживает возникновение трещинок отрыва, но стремится снова закрыть их, когда они образовались, а при сближении берегов трещины между ними возникают силы, препятствующие их отделению друг от друга. Экспериментальные исследования различных авторов убедительно доказывают, что при двухстороннем сжатии происходит увеличение прочности бетона.

Различают трещины двух типов: трещины сквозные и трещины скольжения [4]. Трещина первого типа представляет собой полость, одно из измерений которой весьма мало по сравнению с двумя другими. Когда такая трещина перерезает тело, оно разделяется на две части. Трещины скольжения не образуют пустот в твердом теле; противоположные берега трещин скольжения сомкнуты, так что при тангенциальном взаимном смещении этих берегов возникают касательные силы трения. Последние трещины часто реализуются в композитах на границе различных сред в виде расслоений.

Сквозные трещины образуются при двух видах напряженных состояний: «растяжение-растяжение» (оба главных напряжения являются растягивающими) и «растяжение-сжатие». В первом случае возможно образование двух схем трещин: непересекающихся и пересекающихся. Во втором случае образуются только непересекающиеся трещины [4]. Линия трещины представляет собой некоторую зигзагообразную кривую, а не является прямой, даже на небольшой длине, и угол наклона трещины к оси — это усредненный угол наклона трещины в пределах характерного элемента (так называемый угол спрямленной в малом трещины).

С образованием непересекающихся трещин бетон разделяется по одному из направлений трещинами на отдельные блоки (полосы бетона между трещинами), пронизанные арматурными стержнями. Арматурные стержни после трещинообразования не терпят разрыва и таким образом соединяют отдельные полосы бетона в единой системе (см. рис. 2).

Совместное деформирование такой системы обеспечивается за счет сцепления (связи по контакту) арматуры с бетоном между тре-

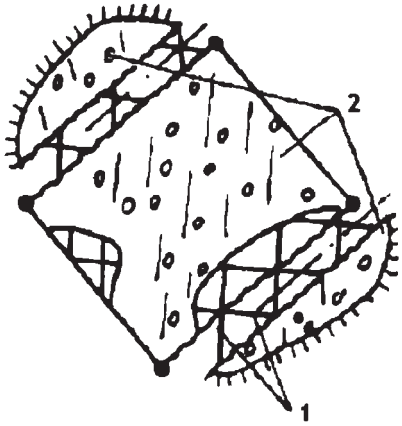


Рис. 2. Образование трещин в железобетоне (1 - арматурные стержни, 2 - полосы бетона между трещинами).

щинами. Касательные напряжения $\tau_{сц}$ приводят к изменению нормальных (осевых) напряжений σ_a арматуры элемента на участках между трещинами [4]. За счет сил сцепления происходит постепенная передача усилий с арматуры на бетон и вовлечение полос бетона в работу конструкции.

В моменты, близкие к началу образования трещин, могут еще сохраняться некоторые бетонные связи между краями трещин (в виде бетонных мостиков). При определенном направлении сдвига берегов трещин бетонные мостики будут работать на внецентренное сжатие и воспринимать некоторые усилия в трещине.

Полосы бетона между трещинами выполняют две важные функции. С одной стороны, из-за сцепления бетона с арматурой они приводят к уменьшению средних напряжений и деформаций арматуры на участках между трещинами; с другой, воспринимают усилия, действующие на площадках, нормальных к трещинам, и определяют при непересекающихся трещинах деформации элемента вдоль трещины; при пересекающихся трещинах последние функции теряются и остаются лишь первые.

Рассмотренные теоретические предпосылки позволяют судить о сложности прочностного и деформационного расчета железобетонных конструкций при различных видах нагружения. Наиболее обоснованной теорией расчета деформирования железобетона с трещинами при плоском напряженном состоянии авторы считают теорию Н.И.Карпенко, наиболее подходящей для применения дискретных методов.

Согласно методу конечных разностей конструкция разбивается разностной сеткой, и дифференциальные уравнения приводятся с помощью конечно-разностных выражений [3].

В частности, физические уравнения, описывающие поведение железобетонных плосконапряженных пластин с трещинами, согласно [4] имеют вид:

$$\begin{vmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} c_{11} c_{12} c_{13} \\ c_{21} c_{22} c_{23} \\ c_{31} c_{32} c_{33} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} N_x \\ N_y \\ N_{xy} \end{vmatrix}, \qquad (1)$$

где $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}$ - относительные деформации и сдвиги; N_x, N_y, N_{xy} - нормальные и касательные силы; c_{ij} - переменные коэффициенты матрицы жесткости, зависящие от усилий в пластинке, углов наклона трещин, модулей деформации арматуры и бетона в других факторов.

Система уравнений решается пошагово-итерационным методом. Полагается, что в процессе пошагового нагружения материал в отдельных точках плоского элемента претерпевает следующие стадии деформирования:

- упругую;
- упругопластическую без трещин (при этом учитывается развитие неупругих деформаций в бетоне);
- упругопластическую с трещинами - хрупкоупругопластическую (последняя связана с развитием пластических деформаций в арматуре в трещинах).

Для распознавания стадий деформирования анализируется специальная система ограничений. Общая система (1) считается справедливой для всех стадий. Изменяются лишь значения коэффициентов c_{ij} матрицы жесткости. Расчет конструкций может производиться вплоть до начала разрушения отдельных ее областей, что позволяет по данным расчета оценивать трещиностойкость, жесткость и прочность.

Для расчетов методом конечных элементов конструкция представляется в виде системы отдельных конечных элементов [4]. Определив по известным напряжениям матрицы упругости и соответственно жесткостные характеристики каждого из конечных элементов, образованная ими статически неопределимая система решается относительно перемещений. При этом образование трещин в железобетоне приводит к значительному уменьшению его жесткости и перераспределению напряжений, что изменяет условия образования последующих трещин.

По этой причине не может существовать однозначной связи напряжений и деформаций, не зависящей от предыстории нагружения, которая определяет расположение и направление трещин а также интенсивность армирования, обеспечивающую эти параметры в нормативных пределах. Система уравнений также решается методом последовательных нагружений (шагово-итерационным), моделирующим поведение конструкций при возрастающем внешнем воздействии.

По предварительным прикидкам производительность и ресурсы современных среднеуровневых вычислительных средств позволяют

за приемлемый промежуток времени реализовать такие алгоритмы при использовании достаточно малого шага итераций, обеспечивающего необходимую точность вычислений.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Васильев В. В. Механика конструкций из композиционных материалов. Библиотека расчетчика /В. В. Семенов. — М. : Машиностроение, 1988. — 270 с.
2. Гвоздев А. А., Расчет несущей способности конструкций по методу предельного равновесия / А. А. Гвоздев. — М. : Стройиздат, 1949. — 280 с.
3. Гвоздев А. А., Новое о прочности железобетона / А. А. Гвоздев, С. А. Дмитриев, С. М. Крылов и др. ; под общ. ред. К. В. Михайлова. — М. : Стройиздат, 1977. — 272 с.
4. Карпенко Н. И. Теория деформирования железобетона с трещинами / Н. И. Карпенко. — М. : Стройиздат, 1976 г. — 208 с.
5. Сендецки Дж. Механика композиционных материалов / Дж. Сендецки (Композиционные материалы Том 2) — М. : Мир, 1978. — 566 с.

Пашкова А.С., Иванков А.Н., Гозбенко В.Е. УДК 656.1:658.5

ПРОГНОЗ СПРОСА НА ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ С СЕГМЕНТИРОВАНИЕМ ПО ТИПАМ АВТОТРАНСПОРТА

Первоначальные прогнозы сводятся обычно к экстраполяции тенденции. При этом могут использоваться разные методы в зависимости от исходной информации. Приемы, основанные на средних показателях динамики, целесообразны при недостаточной информации развития явления. Аналитические методы основаны на применении метода наименьших квадратов к динамическому ряду и представлении закономерности развития явления во времени в виде уравнения тренда, т.е. математической функции уровней динамического ряда от фактора времени $y = f(t)$. Используя соответствующую кривую роста, можно дать краткосрочный прогноз. Адаптивные методы используются в условиях неравномерности уровней динамического ряда и позволяют учитывать степень влияния предыдущих уровней на последующие значения динамического ряда. К таким методам относятся методы скользящих и экспоненциальных средних, метод гармонических весов, методы авторегрессионных преобразований.

Другую группу методов представляют методы статистического моделирования, которые делятся на статические и динамические. Такое деление связано с характером исследуемой информации. Статистические методы включают методы регрессии, с помощью которых моделируемый объект представлен в виде математической функции от ряда факторов: $y = f(x_1, x_2, \ldots, x_p)$. Сложные процессы могут описываться системой взаимосвязанных уравнений:

$$\begin{cases} y_1 = f(y_2, y_3, x_1, x_2), \\ y_2 = f(y_1, y_3, x_3, x_4), \\ y_3 = f(y_1, y_2, x_3, x_4). \end{cases}$$

Применение этой группы методов в прогнозировании предполагает инерционность процессов. Качество прогноза моделируемого объекта зависит от реальности прогноза факторов. Динамические методы основаны на подробном изучении временных рядов. Уровни динамического ряда рассматриваются как функция тенденции, периодических (сезонных) и случайных колебаний. Прогноз строится как аддитивная или мультипликативная модель этих компонентов динамики.

На практике при прогнозировании очень часто методы переплетаются между собой: методы скользящей средней дополняются уравнением тренда, авторегрессионными преобразованиями; экстраполяция тенденций дополняется авторегрессией остатков; уравнение

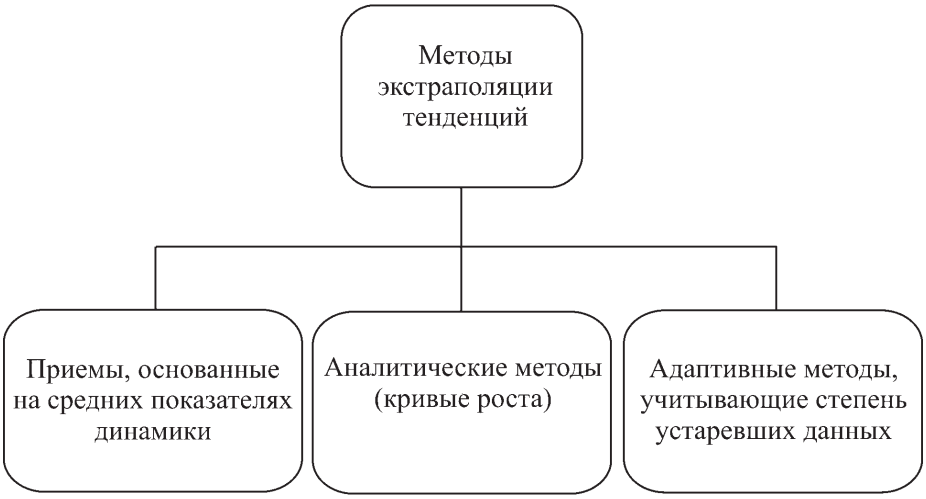


Рис. 1. Группы методов экстраполяции тенденций.

регрессии может включать показатели тенденции развития объекта и т.п.

Рассчитаем среднее линейное, среднее квадратическое отклонение и дисперсию коэффициента наполнения для маршрута № 7 города Ангарска. Данные приведены в табл. 1.

Среднее отклонение составит:

$$d = \frac{\sum |x_i - \bar{x}| f_i}{\sum f_i} = 13{,}97 \text{ чел.}$$

Дисперсия (квадрат среднего квадратического отклонения):

$$\sigma^2 = \frac{\sum |x_i - \bar{x}|^2 f_i}{\sum f_i} = 267{,}5;$$

Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = 16{,}35 \text{ чел.}$$

Среднее линейное и среднее квадратическое отклонения показывают, на сколько опытная величина отличается от расчетной.

Среднее квадратическое отклонение по величине всегда больше среднего линейного отклонения; соотношение σ и d зависит от наличия в совокупности резких отклонений.

Для оценки интенсивности вариации используется коэффициент вариации, который представляет собой относительное квадратическое отклонение:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\,\%.$$

Для нашего случая коэффициент вариации составил $v = 34{,}68\,\%$, что свидетельствует о средней колеблемости признака. При использовании полиномов разных степеней оценка параметров производится по методу наименьших квадратов (МНК). В табл. 3. приведены основные статистические характеристики экспериментальных данных, приведенных в табл. 2.

Табл. 1.

Параметры, характеризующие коэффициент наполнения транспортного маршрута.

Число пассажиров на маршруте	Коэффициент наполнения, % (f_i)	Середина интервала, (x_i)	$\lvert x_i - \bar{x} \rvert$ ($\bar{x} = 47{,}14$)	$\lvert x_i - \bar{x} \rvert f_i$	$\lvert x_i - \bar{x} \rvert^2 f_i$
До 20	0,9	10	37,14	33,43	1241,44
20 – 30	16,5	25	22,14	365,31	8087,96
30 – 40	24,6	35	12,14	298,64	3625,54
40 – 50	18,8	45	2,14	40,23	86,09
50 – 60	15,4	55	7,86	121,04	951,41
70 – 80	12,5	75	17,86	223,25	3987,25
80 и более	11,3	85	27,86	314,82	8770,83
Итого	100	-	-	1396,72	26750,52

Табл. 2

Коэффициент наполнения для маршрутов.

Маршрут	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Коэффициент наполнения, %	100	100	80	85	75	80	80	100	100	100	90	55	65

Табл. 3

Основные характеристики экспериментальных данных.

t	y	t^2	t^3	t^4	yt	yt^2	Δ	Δ′
1	100	1	1	1	100	100	300	20
2	100	4	8	16	200	400	320	320
3	80	9	27	81	240	720	640	-125
4	85	16	64	256	340	1360	515	490
5	75	25	125	625	375	1875	1005	35
6	80	36	216	1296	480	2880	1040	1440
7	80	49	343	2401	560	3920	2480	-780
8	100	64	512	4096	800	6400	1700	200
9	100	81	729	6561	900	8100	1900	-1010
10	100	100	1000	10000	1000	10000	890	-3840
11	90	121	1331	14641	990	10890	-2970	-6035
12	55	144	1728	20736	660	7920	3065	
13	65	169	2197	28561	845	10985		
Σ = 91	**1110**	**820**	**8281**	**89271**	**7490**	**65550**		

Наряду с прогнозированием качественных показателей использования пассажирского автотранспорта:

— коэффициент наполнения;

— коэффициент оборачиваемости

важной задачей является прогнозирование исходных, неагрегированных пассажиропотоков с разделением по категориям требований.

С этой целью на основе обработки данных статистической отчетности о величине пассажиропотока разработана методика прогноза пассажиропотоков по категориям городского транспорта по часам рабочего дня.

Количество отправленных пассажиров в транспорте различных категорий по часам рабочего дня как доля отправленных пассажиров данной категории от общего количества отправленных пассажиров за соответствующий час

$$A_k^i = \psi_k^i A_{\text{пр}}^i, i = \overline{1,8}, \qquad (1)$$

где ψ_k^i — доля отправленных пассажиров в транспорте k-ой категории в i-й расчетный час, $A_{\text{пр}}^i$ — прогнозное количество отравленных пассажиров в i-й расчетный час.

Для определения доли отправленных пассажиров в транспорте k-ой категории в i-й расчетный час при помощи полиномиальной аппроксимации получены уравнения доля пассажиропотока категории «автобусы», например, Asia, Kosmos, с числом мест 36-40

$$\psi_{ав}^i = 0.5888 + 0.011x_i - 0.0021x_i^2; \qquad (2)$$

доля пассажиропотока категории «такси»

$$\psi_m^i = \left(137.136 + 147.533x_i - 42.909x_i^2 + 2.194x_i^3 + 0.434x_i^4 - 0.031x_i^5\right)\cdot 10^4; \qquad (3)$$

доля пассажиропотока категории «городской электрический транспорт» (ГЭТ), например, муниципальные автобусы

$$\psi_{гэт}^i = \left(45.909 + 188.405x_i - 23.616x_i^2 + 0.554x_i^3 + 0.157x_i^4 - 0.006x_i^5\right)\cdot 10^{-4}, \qquad (4)$$

где x_i — номер расчетного часа.

Для определения величины пассажиропотока категории «маршрутное такси» с числом мест до 15 предлагается двухфакторная модель прогнозирования. Одним из влияющих факторов является общее количество отправленных пассажиров по часам в течение рабочего дня A^i, вторым — величина пассажиропотока категории «автобусы» — $A_{ав}^i$.

Величина пассажиропотока категории «маршрутное такси » по часам в течение рабочего дня:

$$A_m^i = 1.886 \cdot 10^4 + 0.299 A^i + 0.045 A_{пл}^i. \quad (5)$$

Одним из важнейших путей повышения качества обслуживания пассажиров на автомобильном транспорте в современных условиях является обеспечение максимального удовлетворение спроса на перевозки, в том числе и спроса на категорию мест в транспорте.

Этот аспект организации пассажирских перевозок имеет и важное экономическое значение, так как решение данной задачи позволит повысить конкурентоспособность автомобильных пассажирских перевозок, привлечет на автотранспорт дополнительный объем пассажиров с других видов транспорта, а тем самым приведет к повышению доходности перевозок.

С целью выявления спроса на места автотранспорта различных категорий на одном из направлений проводилось монографическое натурное обследование.

Анализ полученных результатов позволил произвести сегментирование пассажиропотока по различным категориям автотранспорта в зависимости от расстояния следования. Для удобства расчетов, исследуемое расстояние разделено на отрезки, равные 500 м.

На основе данных результатов произведен расчет спроса на автотранспорт каждой категории как доли от общего объема пассажиров, следующих на определенное расстояние.

Функции спроса на категории автотранспорта в зависимости от дальности следования имеют вид:

«такси» $\xi_m = 0.0071X + 0.0167;$ (6)

«маршрутное такси»

$$\xi_{мт} = 0.2509 \ln(X) + 0.2397; \quad (7)$$

«автобусы»

$$\xi_{ав} = 0.0016X^2 - 0.0594X + 0.5305; \quad (8)$$

«ГЭТ»

$$\xi_{гэт} = 0.5642 e^{-0.6374X}; \quad (9)$$

$X = 0.002L$, где L — расчетное расстояние.

Спрос на автотранспорт повышенной комфортности определяется как доля от общего количества пассажиров данной категории, следующих на определенное расстояние. Функция спроса на автотранспорт повышенной комфортности для пассажиропотока категории:

«такси» $\varphi_m = 0.0957 \ln(x) + 0.7668;$ (10)

«маршрутное такси»

$$\varphi_{мт} = 0.2083 \ln(x) + 0.5188; \quad (11)$$

«автобусы»

$$\varphi_{ав} = 0.2689 \ln(x) + 0.2988. \quad (12)$$

Полученные функции спроса можно использовать при решении задач оптимизации плана формирования пассажирского автотранспорта с учетом спроса по категориям, а также для оценки удовлетворения спроса на перевозку.

Выводы.

1. На основе данных статистической отчетности выбраны методы прогнозирования пассажиропотоков. Результаты проверочных расчетов по выбранным методам близки к реальным данным и наилучшим образом удовлетворяют условиям достоверности и значимости. Так, для решения задач прогнозирования пассажиропотоков с целью расчета размеров движения хорошие результаты дает применение метода корреляционного анализа, на основе которого впервые разработан метод прогнозирования пассажиропотоков по категориям пассажирского автомобильного транспорта.

2. Результаты натурного обследования позволили произвести сегментирование пассажиропотока по категориям пассажирского автотранспорта и по расстоянию следования. Получены функции спроса на места различных категорий в зависимости от дальности поездки. Установлено, что с увеличением расстояния следования повышается спрос на более комфортабельный автомобильный транспорт. Так, функции спроса категории «такси» и «маршрутное такси» в зависимости от дальности поездки принимают значения от 0,0184 до 0,0974 и от 0,2622 до 0,8691 соответственно. По спросу на скорость следования подразделяется пассажиропоток категории «такси», «маршрутное такси», «автобусы», причем с увеличением дальности следования значения функций спроса на скорость данных категорий приближаются к единице.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Статистика. Учебник / Под ред. проф. И.И. Елисеевой — М.: ООО «ВИТРЭМ», 2002. — 448 с.
2. Методологические положения по статистике. — М.: Логос, 1998. 237 с.
3. Грешилов А.А., Стакун А.А. Математические методы построения прогнозов. — М.: Радио и связь, 1997. — 112 с.

Финогенко И.А., Финогенко В.И.,
Дьякович М.П.

УДК681.3-167/168:616-056.22

МЕТОД ВЛОЖЕННЫХ ЛИНЕЙНЫХ СВЕРТОК ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Введение. Работа посвящена проблемам построения интегральных показателей качества здоровья на основе системного анализа и скаляризации векторного показателя качества исследуемого объекта методом вложенной линейной свертки. Декомпозиция основных характеристик объекта и построение его структурной модели проводится в виде некоторой иерархической структуры (графа).

Задача построения комплексной оценки состояния объектов или процессов является актуальной для различных отраслей знаний (экономики, экологии, медицины). Такие оценки должны быть просты в применении, чувствительны к изменению тех или иных характеристик объекта и учитывать их значимость и влияние на состояние объекта, как единого целого.

С математической точки зрения построение интегральных показателей относится к задачам многокритериального анализа иерархий, поэтому первым шагом при построении интегрального показателя является декомпозиция объекта на составляющие его части. Такую декомпозицию удобно представлять в виде графа.

Вторым этапом решения задачи является определение относительной значимости характеристик объекта на различных уровнях иерархии. И, наконец, следует выбрать способ упорядочения или сравнения состояний объекта. Всюду в дальнейшем *состояние* объекта будем называть его *качеством.* Мы исходим из того, что качество объекта должно оцениваться количественным показателем, который зависит как от абсолютных не подлежащих изменению показателей различных характеристик объекта, так и от экспертных оценок значимости этих характеристик. При этом «абсолютные показатели» характеристик суть величины, заданные априори, в то время как качество всего объекта оценивается условным показателем, представляющим собой меру отклонения характеристик объекта от «нормы». *Характеристики объекта* понимаются в широком смысле, как некоторые множества, а их абсолютные показатели интерпретируются, как количества элементов в этих множествах. Тогда качество объекта может быть определено, как вектор абсолютных показателей характеристик объекта.

Отметим, что задача упорядочения и сравнения качества заключается в выборе отношении доминирования на множестве состояний исследуемого объекта. Одна из основных проблем многокритериального анализа состоит в том, что использование бинарных отношений частичного порядка может приводить к появлению несравнимых состояний объекта. Она, как правило, решается методами скаляризации векторного критерия качества. Простейший из них — метод линейной скалярной свертки с использованием весовых коэффициентов значимости характеристик объекта. Но и на этом пути требуется решить ряд задач. Необходимо ввести шкалу весовых коэффициентом, определив при этом степень формализации предлагаемого подхода, и обосновать связь между качественными градациями и соответствующими значениями количественных показателей качества.

В данной работе предлагается метод иерархической декомпозиции основных характеристик исследуемого объекта, построения интегральной оценки качества отдельного объекта, а также проведения сравнительного анализа качества двух и более объектов.

Статья состоит из двух частей и заключения.

В первой части описываются некоторые бинарные отношения частичного порядка и иерархические структуры характеристик исследуемого объекта в общем виде, представляющие собой частный случай общего математи-

ческого понятия — графа (см., например, [1]). Затем приводится правило построения интегрального показателя качества объекта на основе метода вложенных скалярных линейных сверток.

Во второй части развиваемый подход применяется к описанию методики исследования качества здоровья населения. Рассмотрены случаи с двумя видами характеристик: группы лиц с различными уровнями рисков основных общепатологических синдромов (РООС) [2] и сами РООС с соответствующими количественными показателями. Предлагается и обосновывается способ градации качества здоровья населения по шкалам значений интегральных показателей, расположенных между нулем и единицей.

В заключении приводится конкретный пример исследований.

1. Структурная модель качества объекта.

1.1. Бинарные отношения частичного порядка. Для полноты изложения приведем некоторые понятия бинарных отношений частичного порядка (см., например, [3]). Пусть M — произвольное множество. Любое подмножество R из декартова произведения $M \backslash d7 M$ называется *бинарным отношением*. Бинарное отношение R называется *отношением частичного порядка*, если выполняются следующие свойства:

1. $(x, x) \in R$ (рефлексивность);
2. Если $(x, y) \in R$ и $(y, x) \in R$, то $x = y$ (антисимметричность);
3. Если $(x, y) \in R$ и $(y, z) \in R$, то $(x, z) \in R$ (транзитивность).

В этом случае пишут xRy и говорят, что x не превосходит (подчинен) y, а y доминирует над x. Применительно к понятию качества будем употреблять также термины «хуже» и «лучше». Элементы n-мерного векторного пространства будем обозначать $x = (x_1, \ldots, x_n)$, $y = (y_1, \ldots, y_n)$. На множестве всех пар векторов частичный порядок может быть определен следующим образом. Будем говорить, что вектор x подчинен вектору y, если для всех индексов $i = 1, \ldots, n$ выполняется $x_i \le y_i$. Такую упорядоченность будем называть *покоординатной.* Для покоординатной упорядоченности во множестве всех векторов имеются несравнимые элементы, т.е. возникают случаи, когда нельзя сказать, что вектор x доминирует над вектором y или наоборот. Существуют различные методы «скаляризации» задачи сравнения, позволяющие заменить векторный критерий качества на скалярный. Метод *линейной свертки* состоит в следующем. Пусть $\alpha = (\alpha_1, \ldots, \alpha_n)$ — некоторый фиксированный вектор. Символом $<\alpha, x>$ обозначается скалярное произведение векторов a и x:

$$<\alpha, x> = \alpha_1 x_1 + \ldots + \alpha_n x_n .$$

Будем полагать, что векторы x и y находятся в отношении R_p, (вектор x подчинен y), если $<\alpha, x> \le <\alpha, y>$. Функция $f(x) = <\alpha, x>$ называется линейной сверткой. Бинарное отношение R_p не обладает уже свойством антисимметричности, но сохраняет два других свойства и не имеет при этом несравнимых элементов. Такие бинарные отношения называются частичным квазипорядком. Как правило, для определения линейных сверток весовые коэффициенты α_i выбираются неотрицательными и такими, что бы сумма их равнялась единицы. Последнее требование для нас существенным не является.

1.2. Иерархические структуры. Пусть X_1 обозначает основную характеристику качества исследуемого объекта. Она имеет количественный показатель x_1. Предположим, что X_1 распадается на несколько непересекающихся множеств X_{21}, X_{22}, … так, что

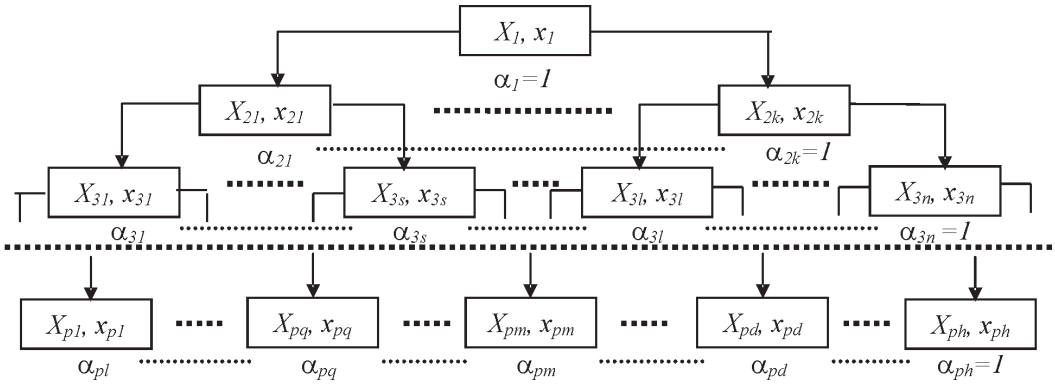


Рис. 1. Структурная модель качества.

$X_1 = X_{21} \cup X_{22} \cup \ldots$. Будем говорить, что эти характеристики образуют второй уровень декомпозиции объекта. Каждое из множеств $X_{21}, X_{22}, \ldots$ в свою очередь могут иметь непересекающиеся составляющие, которые образуют третий уровень декомпозиции и т.д. Полученную таким образом конструкцию будем называть *структурной моделью качества (СМК)*. X_1 декомпозируется на части X_{ij} с показателями состояния x_{ij}, которые распределены *по всем уровням СМК*. Каждый уровень вносит свой «вклад» в качество всего объекта. Схематично СМК объекта представлена на рис. 1.

Вектор показателей характеристик нижнего уровня СМК объекта будем называть его состоянием (качеством), которое и подлежит сравнительному анализу. Можно сказать, что СМК представляет собой взаимосвязанный набор иерархий характеристик объекта, каждая из которых декомпозируется на составляющие ее части до самого нижнего уровня СМК. Отметим следующее:

1. Все характеристики СМК образованы из однородных элементов основной характеристики (множества). Это важно с точки зрения сравнения этих характеристик.

2. Сумма показателей качества характеристик любого уровня равна сумме показателей характеристик любого вышестоящего уровня и, в частности, основному показателю вершины x_1.

3. Характеристики одного и того же уровня СМК попарно не пересекаются. Это означает, что один и тот же абсолютный показатель не будет использоваться дважды в интегральных оценках качества уровней и СМК в целом.

1.3. Весовые коэффициенты. Для получения интегральных показателей качества для каждой характеристики вводятся весовые коэффициенты. Задача выбора весовых коэффициентов не может быть формализована полностью. Роль субъективных факторов в решении многокритериальных задач оценивается по-разному (см., например [3-5]). Весовые коэффициенты определяют относительную значимость отдельных характеристик объекта для оценки его качества. Они определяются экспертным путем, и в значительной мере зависят от опытности и квалификации эксперта, а также от системы его индивидуальных предпочтений и набора приоритетов. Но о некоторых правилах выбора весовых коэффициентов целесообразно договориться.

1. Практика показывает (см. [5]), что эксперту не следует одновременно сравнивать более девяти объектов. Поэтому целесообразно ограничиться значениями весовых коэффициентов, например, в пределах от 0 до 1 с шагом 0,1. Т.е. значения весовых коэффициентов будем выбирать из множества 0, 0,1, 0,2, ..., 0,9, 1.

2. Допускается равенство весового коэффициента нулю. В соответствии с методом вложенных линейных сверток (см. ниже) дальнейшая декомпозиция характеристики с нулевым весовым коэффициентом прекращается.

3. Чем больше влияет характеристика на уменьшение качества объекта, тем больший весовой коэффициент ей приписывается. На каждом уровне СМК самой значимой в указанном смысле характеристике приписывается коэффициент 1.

4. Первый уровень (вершина СМК) имеет весовой коэффициент равный единице. Сравнение характеристик объекта по приведенной выше шкале осуществляется по горизонталям СМК, т.е. в пределах каждого отдельного уровня.

Цель расстановки весовых коэффициентов состоит в определении относительной значимости всех характеристик объекта для его качества. Считаем, что, придерживаясь, правил 1-4 эксперт может руководствоваться какими-то дополнительными соображениями, но и субъективность эксперта должна иметь имеет свои границы. Он должен быть рациональным, учитывать нормативные или иные требования, статистические данные и т.п., для того, чтобы иметь возможность объяснить всем заинтересованным сторонам мотивы своего выбора.

1.4. Метод вложенных линейных сверток. Обычную линейную свертку можно использовать, если число критериев качества объекта (характеристик декомпозиции) элементов не велико. Тогда их легко ранжировать по значимости. Если же критериев много и они распределены по уровням иерархии, то возникает задача расстановки весовых коэффициентов не только по горизонталям СМК с учетом значимости характеристик одного уровня, но и распространение весовых коэффициентов по вертикалям от вышестоящих уровней на нижестоящие по соответствующим иерархиям

декомпозиции характеристик объекта. Иными словами, нужно учитывать «вклад» отдельных иерархий и уровней СМК в целом в качество исследуемого объекта.

Предлагается следующий метод достижения этой цели. Вначале расставляются весовые коэффициенты для всех характеристик СМК с учетом их относительной значимости по уровням СМК. Затем на самом нижнем уровне СМК строятся линейные свертки для декомпозиции каждой характеристики предыдущего уровня. Эти свертки служат компонентами линейных сверток на вышестоящем уровне и т.д. Полученную в итоге свертку на самом верхнем уровне, будем называть вложенной линейной сверткой для векторного критерия качества всего объекта. Очевидно, она имеет вид скалярного произведения вектора показателей $(x_1, x_2, \ldots)$ характеристик нижнего уровня СМК и некоторого вектора весовых коэффициентов $(\alpha_1, \alpha_2, \ldots)$, в которых учитывается значимость (весовой коэффициент) каждой характеристики на вышестоящих уровнях СМК.

$$J(\alpha, x) = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \ldots \qquad (1)$$

Вниз по вертикалям СМК значимость каждой характеристики распространяется посредством умножения ее весового коэффициента на весовые коэффициенты всех составляющих ее частей, а именно: пусть X_{ij} — $j-ая$ характеристика на i–ом уровне СМК с весовым коэффициентом α_{ij}. Предположим, что на $(i+1)$–ом уровне эта характеристика декомпозируется на составляющие ее части $X_{i+1,k}$, $X_{i+1,l}$, … с весовыми коэффициентами $\alpha_{i+1,k}$, $\alpha_{i+1,l}$, …. Они умножаются на α_{ij} и для следующего $(i+2)$–го уровня декомпозиции характеристики $X_{i+1,k}$, $X_{i+1,l}$, … рассматриваются уже с коэффициентами $a_{ij}\alpha_{i+1,k}$, $a_{ij}\alpha_{i+1,l}$…. Последовательное выполнение этой операции по всей СМК, начиная с верхнего уровня, позволяет получить весовые коэффициенты в результирующей вложенной свертке в формуле (1).

Следует отметить, что качество двух любых объектов A и B всегда сравнимо по сверткам J_A и J_B. Качество B хуже качества A, если значение свертки для объекта B больше значения свертки для объекта A.

1.5. Интегральный показатель качества. Обычно требуется, чтобы интегральный показатель $I(\alpha, x)$ качества принимал значения в пределах от 0 до 1, и качество считалось бы тем лучше, чем $I(\alpha, x)$ ближе к единице. Это легко достигается, если пользоваться формулой

$$I(\alpha, x) = 1 - \frac{J(\alpha, x)}{\sum x_i}, \qquad (2)$$

где $J(\alpha, x)$ — вложенная линейная свертка СМК, $x = (x_1, x_2, \ldots)$ — вектор показателей нижнего уровня СМК.

Вопрос о градации качества объекта в зависимости от значений интегрального показателя рассматриваться экспертом с учетом специфики задачи. Отметим, что формула (2) позволяет придать интегральному показателю определенный содержательный смысл и неформально решить этот вопрос применительно к качеству здоровья населения.

2. Интегральный показатель качества здоровья населения. Объектами исследования являются группы людей с различной, вообще говоря, численностью.

2.1. СМК по тяжести заболеваний с учетом кратности РООС. Основной характеристикой X_1 считаются лица с различной степенью РООС.

Второй уровень СМК образуют характеристики X_{21}, X_{22} и X_{23} больных с величинами РООС (R), лежащими в промежутке $0{,}75 \le R \le 0{,}95$ (лица со средним риском), $R < 0{,}75$ (практически здоровые) и величинами $R > 0{,}95$ (условно больные) соответственно. Это второй уровень СМК. Характеристиками третьего и последнего уровня являются лица со средним риском и условно больные с различными кратностями рисков, у которых установлено 1, 2, 3, или 4 и более РООС (многократные риски). Характеристика X_{22} (практически здоровые) не декомпозируется, так как ее весовой коэффициент принимается равным нулю и поэтому ее показатель не изменяет значения вложенной свертки. Но он влияет на интегральный показатель качества всей СМК в целом. СМК и весовые коэффициенты представлены на рис. 2.

Примечание: R — величина РООС, x_{ij} — относительные численности групп, выраженные в процентах, α_{ij} — весовые коэффициенты, КР — кратности РООС;

Вложенная линейная свертка рассчитывается по формуле:

$$J^1(\alpha, x) = \alpha_{21} \sum_{i=1}^{4} \alpha_{3i} x_{3i} + a_{23} \sum_{i=5}^{8} \alpha_{3i} x_{3i}.$$

Интегральный показатель качества имеет вид

$$I^1(\alpha, x) = 1 - J^1(\alpha, x) \big/ x_1. \qquad (3)$$

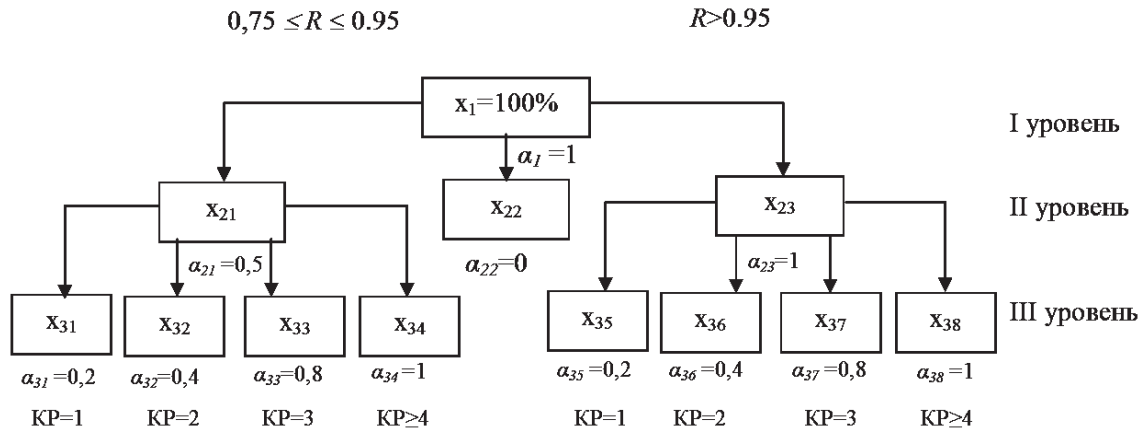


Рис. 2. СМК по тяжести заболеваний с учетом кратности РООС.

2.2. СМК по частоте заболеваний с учетом формы РООС. Основной характеристикой СМК являются РООС, как таковые. Второй уровень СМК образуют РООС с величинами, лежащими в интервале 0,75-0,95 и величинами более 0,95. Третий уровень СМК образуют 11 РООС, принятые в медицине. В данной работе они распределены в 5 групп по классам заболеваний. Все показатели рассчитаны в количествах РООС относительно группы численностью в 100 человек. СМК представлена на рис. 3.

Примечание: R — величина РООС, x_{ij} — количества РООС относительно группы лиц численностью 100 человек, α_{ij} — весовые коэффициенты; ССС — риск заболеваний сердечно сосудистой системы, ПС — риск заболеваний пищеварительной системы, НС — риск заболеваний нервной системы, ОД — риск заболеваний органов дыхания, П — риск прочих заболеваний.

Вложенная свертка:

$$J^2(\alpha,x)=\alpha_{21}\sum_{i=1}^{5}\alpha_{3i}x_{3i}+\alpha_{22}\sum_{i=6}^{10}\alpha_{3i}x_{3i}.$$

Интегральный показатель:

$$I^2(\alpha,x)=1-J^2(\alpha,x)\big/x_1. \qquad (4)$$

2.3. Градация качества здоровья по шкалам значений интегральных показателей. На множестве всех исследуемых групп людей можно ввести бинарное отношение эквивалентности — рефлексивное, симметричное и транзитивное. Две любые группы считаются эквивалентными (равноценными) с точки зрения качества здоровья, если они имеют один и тот же интегральный показатель качества здоровья. Таким образом, значение интегрального показателя определяется одинаково сразу для целого класса эквивалентности. С этих позиций каждый класс полностью определяется любым своим конкретным представителем (группой). Анализируя формулу (3), заключаем, что интегральный показатель I^1 имеет следующий смысл: *он представляет собой часть (в долях от единицы) практически здоровых лиц символической группы, состоящей из двух частей — практически здоровых и условно больных лиц с многократными рисками.* Такие символические группы, рассматриваемые как

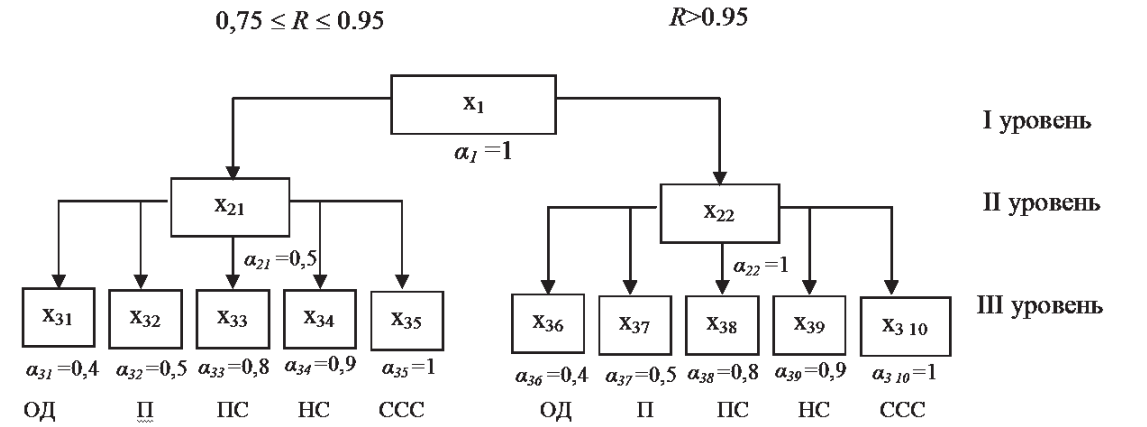


Рис. 3. СМК по частоте заболеваний с учетом формы РООС.

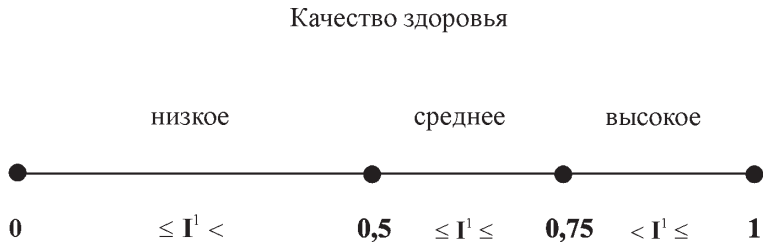


Рис. 4. Шкала качества здоровья по тяжести заболеваний.

представители своих классов, полностью определяют все возможные равноценные между собой группы людей со значениями интегрального показателя от 0 до 1. При этом значению $I^1 = 1$ соответствует класс эквивалентности, состоящий из единственной группы практически здоровых лиц, а значению $I^1 = 0$ — из единственной группы условно больных с РООС кратности не менее 4. Эти рассуждения позволяют ввести шкалу качества здоровья по показателю I^1 с использованием его указанного выше содержательного смысла, а именно: будем считать, что качество здоровья какой-либо группы низкое, если для ее интегрального показателя выполняется неравенство $I^1 < 0{,}5$. Такая группа равноценна некоторой группе людей, в которой не более половины людей практически здоровы, а оставшаяся часть — условно больные с кратностями РООС не менее 4. Среднее качество определим значением показателя $0{,}5 \le I^1 \le 0{,}75$. Группа с таким показателем качества равноценна такой группе людей, в которой от половины до трех четвертей лиц практически здоровы, а оставшаяся часть — условно больные. Высокое качество определим значением $I^1 > 0{,}75$ с аналогичным смыслом. Шкала качества здоровья по тяжести заболеваний представлена на рис. 4.

Анализ формулы (4) позволяет утверждать, что смысл интегрального показателя I^2 состоит в следующем: для условного множества частоты РООС, состоящего из двух частей, одна из которых наиболее благоприятна (средние риски с минимальным весовым коэффициентом во вложенной свертке, равным 0.2), а другая — наиболее неблагоприятна (условно больные с максимальным весовым коэффициентом, равным 1) интегральный показатель представляет собой относительную долю первой части в общем количестве частот РООС. Значению $I^2 = 0{,}8$ соответствует частота РООС в группе лиц, все риски для которых являются средними и представлены рисками болезней органов дыхания. Значению $I^2 = 0$ соответствует частота РООС в группе, полностью состоящей из условно больных лиц с рисками заболеваний сердечно-сосудистой системы. Шкала качества здоровья по частоте заболеваний представлена на рис. 5.

Итак, мы имеем показатели тяжести возможных заболеваний у обследованных лиц и показатели частоты случаев возникновения РООС. В эпидемиологии широко распространенным является использование общих (синтетических) показателей, например при изучении заболеваемости или травматизма работающего населения (форма № 9—т (7-ТВР)). Снижение показателя частоты еще не означает повышения качества здоровья. Для этого надо, чтобы снизился также показатель тяжести. Вследствие этого введем общий показатель качества здоровья. Он представляет собой произведение (мультипликативную свертку) соответствующих показателей качества по первой и второй СМК и позволяет дать более точную оценку возникшей ситуации и получить ответ на вопрос о различии качества здоровья. Используя шкалы для показателей I^1 и I^2, можно представить шкалу общего показателя I из следующих соображений. Произведение значений для $I^1 = 0{,}5$ и $I^2 = 0{,}4$, определяющих низкое качество, даст оценку $I = 0{,}2$, ниже которой качество здоровья считается низким. Произведение средних значений $I^1 = 0{,}75$ и $I^2 = 0{,}6$ определит следующую градацию качества по общему показателю I, как среднюю. Ей соответствует среднее качество по показателям I^1 и I^2. Далее таким же образом определяем качество выше среднего по показателю I. Ему соответствует среднее качество по одному из показателей I^1 или I^2 и высо-

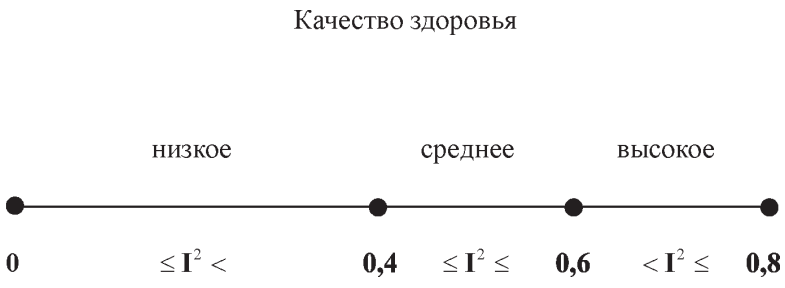


Рис. 5. Шкала качества здоровья по частоте заболеваний.

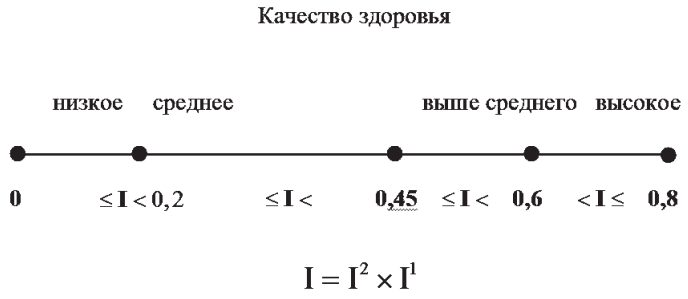


Рис. 6. Шкала общего показателя здоровья.

кое по другому. И, наконец, высокое качество по общему показателю определится одновременно высоким качеством по обоим показателям I^1 и I^2. Шкала общего показателя представлена на рис. 6.

Заключение. Воспользуемся описанной в разделе 2 методикой для анализа качества здоровья реальной группы - населения одного из районов Иркутской области, в котором зарегистрированы низкие уровни антропотехногенного воздействия, социально-экономи-ческого развития и общей заболеваемости. По данным автоматизированной оценки РООС доля практически здоровых лиц среди обследованного населения составила лишь 44,9% [6]. Наличие в обследованной группе такой же доли лиц, отнесенных к группе повышенного риска (с вероятностью более 0,95), может привести исследователя к неверному заключению о благоприятном качестве здоровья населения.

Расчеты интегрального показателя, выполненные на основе первой СМК по тяжести заболеваний с учетом кратности РООС, показали средний уровень здоровья (ближе к низкому) обследованного контингента: $I^1 = 0{,}541$. Расчеты интегрального показателя, выполненные на основе второй СМК по частоте заболеваний с учетом разных форм РООС, показали такую же ситуацию: $I^2 = 0{,}366$ (низкий уровень здоровья, ближе к среднему).Обобщенный показатель качества здоровья населения района составил $I = 0{,}198$. Следовательно, качество здоровья населения в соответствии с введенной шкалой низкое (находится примерно на нижнем уровне среднего). Таким образом, можно сделать обоснованное заключение о том, что необходимо неотложное внедрение медико-профилактических и оздоровительных мероприятий.

В заключении отметим, что предложенный в данной статье подход может являться методологической основой для оценки качества здоровья населения, необходимой для принятия управляющих решений в области здравоохранения. Процедура оценки качества здоровья состоит из следующих шагов: проведение массовых скрининговых обследований населения; получение количественных оценок РООС с использованием автоматизированной системы; построение СМК здоровья населения по тяжести и частоте рисков заболеваний; расстановка весовых коэффициентов; вычисление интегральных показателей качества здоровья; шкалирование уровня качества здоровья по значениям интегральных показателей.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Харари Ф. Теория графов. М.: Мир, 1973, 300 с.
2. Гичев Ю.П. Методологические и методические аспекты разработки медицинских экспертных систем для целей прогнозирования состояния здоровья // Использование АСКОРС в практике диспансеризации и оздоровления трудящихся промышленных предприятий: Материалы 3-го Всесоюзного совещания-семинара. — Черкассы. — 1990. — С. 5-18.
3. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации и принятия решений. С.-Петербург: Лань, 2001, 384 с.
4. Воронин А.Н. Вложенные скалярные свертки // Проблемы управления и информатики. —2003. — № 5. — С. 10-21.
5. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991, 224 с.
6. Дьякович М.П., Ефимова Н.В. Медико-социальные проблемы состояния трудового потенциала населения, проживающего в зоне освоения Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Материалы Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье». — М, — 2005. — С. 360-361.

Министерство Образования и Науки Российской Федерации
Министерство Транспорта
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Иркутский государственный университет путей сообщения
Российская инженерная академия

Современные технологии

Системный анализ

Моделирование

Раздел 3.

Системный анализ и междисциплинарные подходы в исследованиях.

Содержание научного журнала:

- Инженерная механика
- Транспортные средства
- Энергетика и электромеханика
- Строительство, материалы и конструкции
- Охрана окружающей среды
- Автоматизация технологических процессов
- Современные технологии
- Системный анализ
- Моделирование технических систем
- Транспортные системы
- Энергоснабжение и электромеханика
- Управление техническими системами
- Информационные технологии
- Экономика безопасности и качества

Летников Ф.А.

УДК 321.01

ГОСУДАРСТВО - ОТКРЫТАЯ НЕРАВНОВЕСНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА. СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Термин "синергетика" был предложен в 70-х годах немецким физиком Г.Хакеном. Термин "синергетика" проистекает от греческого "sinergeia", совместное действие, сотрудничество, или ученые о взаимодействии [1, 2]. В дальнейшем круг проблем, которые рассматривались в рамках синергетики расширился, но, в первую очередь, изучались общие подходы к изучению универсальных свойств, коллективных, кооперативных эффектов в открытых неравновесных системах и особенно процессы самоорганизации в них.

Ниже речь пойдет об открытых неравновесных системах. Что это такое? Поскольку речь пойдет о государствах, то всякое государство представляет прежде всего систему. Система (греч. — целое) — упорядоченное множество взаимосвязанных элементов, определенная целостность, представляющаяся как нечто единое по отношению к другим объектам или внешним условиям. Очевидно, что в данном случае применение этого термина в контексте рассматриваемой проблемы вполне оправдано.

Открытые системы — системы, которые могут обмениваться веществом, энергией и информацией с окружающей средой. Как видно, всякое государство вполне подходит под определение "открытая система".

Почему неравновесные системы? Потому, что в них процессы необратимо могут протекать только в одном направлении, когда скорости процессов о одном направлении существенно превышают таковые в обратном направлении (или необратимые процессы протекают значительно быстрее, чем обратимые). Именно необратимость является одним из атрибутов развития неравновесных систем, которые могут существовать только при поступлении в них извне вещественно-энергетических потоков, что и обеспечивает в итоге необратимость их развития по " стреле времени".

В некоторых синергетических математических моделях где осуществляется моделирование эволюции социальных и этнических систем, за основу таких моделей принималось равновесное состояние таких систем. Применительно к открытой социальной системе, к которой в нашем случае относим государство, такой подход не правомерен. А именно: система находящаяся в равновесии не обменивается с окружающей средой веществом и энергией, энтропия системы постоянна и максимальна, для поддержания равновесия не требуется затрат свободной энергии и, наконец, самое главное такая система не способна совершать работу против внешних сил, скорость процессов в одном направлении равна скорости их в обратном направлении. Одно это перечисление не позволяет рассматривать государство в качестве равновесной системы. Близкой к реальности является система, находящаяся в стационарном состоянии. Для таких систем характерны следующие признаки: непрерывный обмен веществом и энергией с окружающей средой, для поддержания стационарного состояния необходимы постоянные затраты свободной энергии, система необратима — скорость процессов в одном из направлений больше, чем в другом. Таким образом именно стационарное состояние в полной мере отвечает критериям подобия при квалификации государства как открытой неравновесной системы, находящейся в стационарном состоянии.

Государство и сообщества государств как открытые неравновесные динамические системы.

В исторически обозримое время в массе человеческого сообщества зарождались, функционировали и отмирали открытые неравновесные системы: княжество, ханство, царство, королевство, империи и т.д. и т.п., в которых структуры низших иерархий (роды, племена)

объединялись в структуры, перечисленные выше.

Самым трудным в применении синергетики к анализу процессов в человеческих сообществах, возникших на этнических или иных принципах, является поиск общих черт присущих и микро и макросистемам. Соблюдение принципа подобия при анализе широкого спектра открытых неравновесных систем, отыскания общих черт их развития представляет определенную трудность. Но усилия бывают оправданы, когда удается найти чисто на феноменологическом уровне общие законы и принципы таких разных по своей сути природных и социальных систем.

Возвращаясь к государству как открытой системе и исходя из представлений о режимах длительного сохранения стационарного состояния очевидно, что если свести понятие свободной энергии к финансово-промышленным потокам (да простят нас физики!!!), то мы приходим к старому как мир понятию устойчивого развития любого государства: эквивалентности экспорта и импорта, полагая, что они зависят от внутренней энергии системы. Нарушение этого принципа приводит к нарушению стационарного состояния государства и переходу его в новое стационарное состояние. Трагизм такого перехода заключается в том, что он осуществляется скачком на сравнительно коротком временном интервале, после чего система переходит в новое стационарное состояние. Для любого государства переход из одного стационарного состояния в другое процесс мучительный, а зачастую и трагический. Это революции, смена экономического уклада, распад этносов, гибель одних государств и образование новых. Иллюстрацией этого тезиса может быть распад СССР и так называемая "перестройка", принесшая людям огромные страдания. Наиболее печальна ситуация, когда переход из одного стационарного состояния в другое затягивается на длительный период времени. Судя по эмпирическим данным школ И. Пригожина и Г. Моровица (3), если в стационарных условиях постоянный и интенсивный поток энергии проходит через открытую систему, то он переводит эту систему в состояние, для которого характерны более высокий уровень свободной энергии и более низкий уровень энтропии. Если *соотнести свободную энергию с общим энергетическим потенциалом системы, а энтропию с мерой не рационального рассеяния энергии, которую нельзя затратить на производство работы,* то очевиден и ряд важных следствий, а именно:

• поток энергии, поступающий в государство, обуславливает нарастающее структурирование системы и рост связности между ее компонентами;

• возрастает "емкость" системы (государства) по способности пропускать через себя, использовать и хранить все нарастающий поток свободной энергии. Если отождествить понятие "свободная энергия" с финансово-промышленными потоками поступающими в государство из-за его пределов, то правомерность сопоставления по этому критерию государств с открытыми системами следует признать достаточно правомерным;

• увеличение сложности системы и уровней ее организации повышает ее вариантность в отношении поглощения свободной энергии, тем самым снижая ее потери, выраженные в терминах удельной энтропии, то есть "мертвой" энергии не способной к совершению работы.

Биологические опыты о открытыми системами и анализ динамики открытых систем вообще подтверждает один главнейший вывод синергетики: чем интенсивней поток свободной энергии через открытую систему, тем разнообразнее и сложнее возникающие в ней структуры и, что самое важное — система должна быть многовариантной, чтобы при кризисе какой-то определенной стационарной системы иметь резервную возможность находиться более чем в одном динамическом стационарном состоянии. Иными словами, для сохранения целостности открытой неравновесной динамической системы (государства) она не должна быть строго детерминирована, а иметь возможность без особых энергетических потерь переходить на новые пути развития, или выражаясь языком синергетики такая система должна быть мультистабильной. Именно в таких условиях возможна конкуренция и естественный отбор стационарных состояний таких открытых систем, конечно, при условии, что на первый план не вступает принятие волевых решений главой такого государства. В такой ситуации система может быть направлена по тупиковому пути развития, в плане которого неизбежны бифуркация, деградация и распад системы.

В контексте способности отдельно взятого государства эффективно потреблять потоки свободной энергии отчетливо проявляется главная особенность —- потоки свободной энер-

гии высокой плотности в полной мере могут усваиваться сложно построенными многовариантными структурами, ибо простые динамические системы (примитивно построенные государства) не в состоянии рационально усваивать потоки свободной энергии. Иными словами имеет место принцип соответствия пенсии поглощения свободной энергии государством п степенью сложности его структуры. Если государство не обладаст сложной многовариантной структурой, способной усваивать и перерабатывать свободную энергию, то сколько бы не прокачивалось через него свободной энергии (например финансово-промышленные потоки), эффект будет минимальный или даже отрицательный. Или как говорится в известной пословице — не в копя корм.

Следовательно, любое государство в ранге открытой системы прежде всего должно совершенствовать структурную организацию, создавать своеобразные сети для улавливания свободной энергии. В этом плане особое значение приобретает понимание законов устойчивости государства при дестабилизирующем влиянии окружающей среды (других государств), ибо чем выше структурная организация открытой системы, тем выше ее способность к противостоянию дестабилизирующим факторам.

Оценивая функциональную сущность того или иного государства, или их сообщества, целесообразно применение понятия синергизма. Суть этого термина заключается в том, что в данной системе каждый из отдельно взятых факторов не может привести к ожидаемому результату без воздействия другого или других факторов. Иными словами, в этом случае реализуется синергетический эффект кооперативного взаимодействия во всей системе. Понятие синергизма входит составной компонентой в теорию "управляющих параметров или мод".

Управляющие параметры, гомеостазис, организация и самоорганизация.

Состояние любой открытой самоорганизующейся системы, в том числе и государства, определяется набором параметров, которые обеспечивают его развитие. Одним из достижений синергетики является введенное Г. Хакеном понятие "параметры порядка" или "моды". Суть заключается в том, что исходя из введенного Г. Хакеном принципа подчинения, в рассматриваемых нами системах существует иерархия переменных, определяющая состояние данной системы. Параметры порядка определяют состояние системы, а переменные более низких рангов приспосабливаются к ним и функционируют в зависимости от них. Это обстоятельство позволяет описывать макросистемы оперируя переменными, относимыми к параметрам порядка, что существенно упрощает решение задачи. Поэтому для каждой системы определение параметров порядка закладывает реальную основу для ее рассмотрения с использованием небольшого числа переменных. Например, в социологии индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП), включает всего три показателя: продолжительность жизни, доход на душу населения и уровень образования.

Для любого государства, как и для всякой открытой системы, огромное значение имеют обратные связи. Так, например, если государство в лице правительства и других властных структур стремится улучшить жизнь народа, то адекватно проявляется и обратная связь народ будет поддерживать такое руководство в любых ситуациях. Обратная ситуация со слабыми обратными связями приводит к снижению устойчивости системы и ее деградации.

Проблема обратных связей в теории синергетики занимает особое место. Как известно состояние открытой неравновесной системы можно выразить и через сравнение мощностей потоков на входе и на выходе, а также и степенью взаимодействия потоков в самой системе. В таком случае мера взаимодействия может характеризовать величину обратных связей. Для рассматриваемой нами модели, где в качестве открытой системы выступает государство, в рамках обратной связи можно оценить как система влияет на собственные управляющие параметры. Например, в тех случаях если людские, энергетические или финансово-промышленные потоки внутри государства при кооперативном взаимодействии друг с другом характеризуются высоким уровнем энергетического взаимодействия, тогда обобщенные силы выражаются как функции потоков. Степень взаимодействия потоков в полной мере влияет на управляющие параметры системы. В таком случае для отдельного государства как открытой системы соотношение силовых параметров потоков на входе и на выходе характеризует степень энергетического преобразования потоков внутри системы, а отношение мощностей потоков на входе и выходе начинает выступать в качестве параметра порядка, определяющего состояние всей системы в целом. По сути дела, это своеобразный коэффициент трансформации свободной энергии в неравновесной систе-

ме, питаемой на входе потоками вещества и энергии, и из которой этот поток затем выходит. Иными словами, исходя из синергетических моделей, когда государство рассматривается как открытая неравновесная система, мы приходим к простому выводу: каждое государство как открытая система представляет своеобразный преобразователь энергии — трансформатор. Отсюда следует важный вывод — состояние системы в целом будет определяться степенью трансформации этой энергии, в сторону ее повышения или понижения., что в итоге соотносится с общей эффективностью функционирования государства, способного воспринимать и умножать потоки свободной энергии, или, в худшем варианте, поглощать и омертвлять эту энергию, что будет выражаться в росте энтропии такой системы.

Анализируя состояние государства не следует забывать и о гомеостазисе открытых неравновесных систем. Область гомеостазиса (стабильности) неравновесной системы представляет такое множество сопряженных параметров, которые в целом обеспечивают надежность функционирования неравновесной системы (4). Когда под надежностью понимается ее способность выполнять определенные функции и сохранить свое качество (основные характеристики) в некотором диапазоне условий. В определенной мере такое определение отвечает способности открытой неравновесной системы противостоять внешнему воздействию. Иными словами, по аналогии соотнося открытые системы с отдельными государствами, вполне определенно можно полагать, что стремясь сохранить состояние гомеостазиса государство в целом будет продуцировать внутри себя механизмы процессов, направленных на ослабление процессов, стремящихся привести ее в иное качественное состояние. Обратимся к примерам. Внешняя угроза агрессии мобилизует все структуры государства и включает новые механизмы по организации отпору такой агрессии, цель которой покорить государство и перевести его в иное качественное состояние. Другой пример. Находясь в состоянии упадка при явной уі розе исчезновения, тем не менее в своей основной массе народ и государственные структуры в разной мере противодействуют радикальным революционным преобразованиям, ибо им привычней находиться в состоянии гомеостазиса, где все привычно и знакомо, чем переходить в иное качественное состояние, где все неведомо и пугающе незнакомо. В этом заключается определенный консерватизм открытых неравновесных систем — изо всех сил противостоять выведению их из состояния гомеостазиса, ибо такой переход сопряжен с сильными энергетическими или волевыми воздействиями, что по отношению к человеческим сообществам по сути одно и тоже. Трагизм ситуации заключается в том, что в достаточно консервативных системах стремление сохраниться в состоянии гомеостазиса выливается иногда в формирование ячеек и структур направленных на борьбу с силами, стремящимися вывести систему из состояния гомеостазиса на новый более высокий путь развития. Примером тому служат религиозные и сепаратистские группировки экстремистского толка, противоборствующие новым принципам и методам управления сложными государственными системами на стадии ломки гомеостазиса и перехода в новое стационарное состояние. Вся история человечества яркий пример рассмотренного нами тезиса о стремлении человеческих сообществ к сохранению состояния гомеостазиса на длительном пути восхождения по ступеням совершенствования структур и энергетических параметров человеческих сообществ соотносимых с понятием — "государство".

Г. Хакен акцентирует внимание на отличии двух ситуаций: организация и самоорганизация. Организация системы подразумевает воздействующего организующего начала на систему извне. В случае самоорганизации внешнее упорядочивающее воздействие отсутствует. В любом случае очевидно, что процессы самоорганизации повышают структурированность и вариантность систем, а следовательно и возрастает их устойчивость.

Надежность функционирования открытых систем-государств.

Анализируя синергетические модели мы неизбежно приходим к фундаментальному понятию о надежности элементов, слагающих данную структуру или систему. Действительно, покупая например телевизор, вы прекрасно отдаете себе отчет о том, что надежность его работы определяется прежде всего не только конструкцией телевизора, но главным образом качеством деталей из которых он собран. В равной мере это относится и к государству, ибо его состояние прежде всего определяется качеством населяющих его людей и в первую очередь качеством и надежностью государственных служащих, обеспечивающих функционирование отдельных структур страны. В число государственных служащих входят все, кто работает в

государственных органах, включая военных, полицию, судей, работников прокуратуры и др. Мировой опыт показывает, что именно надежность руководящего, главным образом, среднего и высшего звена управленцев, на базе высоко организованных, дисциплинированных и нравственно богатых народных масс является залогом высокой устойчивости и надежности любой социальной системы. Наиболее наглядным примером в этом отношении является Япония. Действительно, весь мир помнит, когда спустя 3 дня после разрушительного землетрясения мэр одного из японских городов покончил с собой, мотивируя это тем, что не в силах в полной мере помочь своим согражданам. Примерно в это же время мэр сибирского городка Усть-Кут, население которого осталось зимой без тепла и света, вместо того, чтобы наладить быт горожан, уехал отдыхать на курорт в Сочи. Вот здесь то мы и переходим в несколько иную плоскость проблемы понимания высокой нравственности людей, как основы их надежности. Вспоминаю прогулку по Токио с японскими учеными. Обходим императорский дворец, японцы комментируют увиденное. И здесь я воспитанный и выросший в Советском Союзе, где мне с малых лет внушалась мысль, что цари и императоры и прочая аристократия прежде всего угнетатели, кровопийцы и паразиты, задал вопрос, повергший моих коллег в шок. Вопрос звучал довольно бестактно — как вы, передовая страна, гордившаяся своими достижениями во всех сферах человеческой деятельности чтите такой пережиток прошлого, вернее анахронизм, как император и императорская семья? Японцы уставились на меня с удивлением и с некоторым сожалением, в котором сквозило легкое презрение. Ответ был короток и точен. — Император это символ нации. Человек абсолютной честности, который не обманет и не украдет. И здесь целая цепь ассоциации и мыслей пронеслась в моей голове и мне стало стыдно, я извинился и далее к радости японцев поделился с ними своим "открытием". Историки и философы считают, что во все времена носителями нравственности являлись аристократия и крестьянство, у кочевых народов аристократия и кочевой простой люд. В самые трудные времена из рядов аристократии выходили люди высокого духа и являя собой образец высокой нравственности увлекали за собой народ и спасали положение. Примеров тому в истории нет числа. И наоборот, разложение аристократии, падение нравственности в ее среде, приводило к гибели и исчезновению государств. Примеров тоже множество — здесь и Древний Рим, и Китай, и страны Малой Азии, и Византия и многие другие. С другой стороны, именно из среды аристократии выдвигались носители духа, здесь формировались законы рыцарства и благородства, понятие долга и чести. Недаром у монголов в эпоху Чингиз-Хана и позднее самым свирепым образом каралась измена, как высшее проявление безнравственности. Исторический анализ показывает, что несмотря на все издержки абсолютизма, во все времена точно гак же как тонкий озоновый слой предохраняет все живое на Земле от губительного ультрафиолета Солнца, тонкий слой аристократии - носителей высокой нравственности оберегал этносы и государства от одичания и деградации. И это отнюдь не стремление идеализировать власть различных королей, царей, шахов и императоров, а констатация факта.

XX век, приход в России к власти большевиков.

В 1918 г. на 2-м съезде коммунистической молодежи Ленина спросили, что такое нравственность? Последовал ответ — Нравственность то, что идет на пользу пролетарской революции, победы нового общественного строя. И началось физическое уничтожение носителей высокой нравственности — аристократии, интеллигенции, религиозных деятелей, крестьян и вообще всех самостоятельно и критически мыслящих людей. В стране именуемой Советской Союз господствовали страх, ложь, ханжество и лицемерие. И страны Евразии возникшие после распада Союза унаследовали людей родившихся и выросших в этих условиях. Уже не говоря о пассионариях, в наших странах является проблемой найти честного и порядочного человека на государственную службу, и тем более руководителей различного ранга. Поэтому прежде чем говорить о росте экономики, состоянии финансов, улучшении благосостояния людей в первую очередь необходимо говорить о возрождении нравственного потенциала народов государств входящих в состав Евразии. Ибо следуя Л.Н. Гумилеву именно высокий нравственный потенциал этноса позволяет ему преодолевать трудности, возрождаться и противостоять любому вызову извне. Применительно к государственной системе нравственность и надежность являются синонимами. Особую ценность для любого государства представляют высокопорядочные люди, в которых честность и порядочность заложена на генетическом уровне и усилена

воспитанием в семьях, характеризуемых высокой нравственностью. К сожалению конец XX и начало XXI века предпочитает людей с другими качествами: оборотистость, стремление к выгоде любым путем, людей склонных ко лжи, коррумпированных и лицемерных. Такие люди не обременены интересами государства, а думают и действуют только лишь во благо себе. Естественно, что это люди низкого качества и на них в трудную пору не будет надежды ни у народа, ни у государства.

Любые хорошо аргументированные и просчитанные синергетические модели применительно к государственному устройству не могут быть применимы к государствам с низким качеством слагающих его структурных элементов, состоящих из людей.

Все вышесказанное еще раз подтверждает тезис о том, что синергетика учитывает кооперативные взаимодействия в системах, когда в социологических моделях "качество" людей является одним из управляющих параметров.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. *Хакен Г.* Синергетика. М.: Мир, 1980. 326 с.
2. *Хакен Г.* Информация и самоорганизация. М.: Мир, 1991. 460 с.
3. *Князева Е.Н., Курдюмов СП.* Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М.: Наука, 1994. 386 с.
4. *Летников Ф.А.* Синергетика геологических систем. Новосибирск: Наука, 1992. 540 с.

Осипов В.Е., Куценко Н.Ю. УДК 378

ГУМАНИТАРНАЯ КУЛЬТУРА В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Актуальность проблемы обусловлена совокупностью современных социально-экономических причин и условий, имеющих в своей сути системный характер и поэтому влияющих на все стороны жизни человека и общества в целом. Особое значение проблема соотношения гуманитарной, технической и общей культуры личности приобретает в процессе подготовки специалиста высшей квалификации, как элемента общей системы образования. «Школа — вуз — послевузовская подготовка и переподготовка кадров». Эта система представляет собой единое гармоничное и постоянно развивающееся целое, функционирующее в обществе в соответствии с принятыми общекультурными ценностями, идеалами и принципами жизни. Поэтому необходимы постоянный мониторинг и коррекция развития не только данной системы как целого, но и каждого составляющего ее элемента для того, чтобы само это развитие было устойчивым и прогрессивным, наиболее полно отражающим потребности современного общества и его возможное поступательное движение.

В настоящее время в науке существует большое количество определений гуманитарной культуры. При этом практически все ученые придают этому понятию широкий, мировоззренческий смысл. В.И. Шубин отмечает: «Гуманитарная культура есть культивирование таких ценностей, которые ориентированы на развитие и саморазвитие субъекта, т.е. самого человека. Это способность к саморазвитию, самообретению, к самосовершенствованию человека путем формирования гражданских качеств, нравственных оценок, правовых норм, эстетических вкусов, интеллектуальных и познавательных способностей» [1]. Исследование соотношений общей и гуманитарной культуры представлено также в работах Б.С. Гершунского, Л.А. Степашко и других исследователей.

В свою очередь, нам представляется необходимым дать более четкое и сжатое определение понятию «гуманитарная культура» и соотнести это понятие с проблемами современного образования.

Гуманитарная культура — совокупность духовных ценностей, знаний и норм поведения, выработанных личностью или исторически определенным сообществом на основе познания социальных процессов, выступающих

в виде регулятивных форм жизнедеятельности человека.

Иными словами, гуманитарная культура характеризует собой исторически определенные формы отношений человека к окружающему его миру (природному и социальному), выработанные в процессе его познавательной и практической деятельности.

Из данной формулировки понятия гуманитарной культуры следует ряд выводов:

1. Основой, базисным элементом гуманитарной культуры являются духовные ценности, выработанные человеком или данным сообществом и отражающие собой исторически определенные гуманистические идеалы и соответствующие им нормы поведения личности: честь, права и свобода личности, её достоинство и т.д. Гуманитарная культура характеризует не ценности сами по себе, как нечто объективное, а отношение человека и общества в целом к определенной системе ценностей, выработанное в процессе познания социальных процессов.

2. Ядром гуманитарной культуры, определяющим ее специфику, является система знаний человека о своей сущности или, говоря словами первого гуманиста Франческо Петрарки, знаний о том, «кто мы, откуда и куда идем».

3. Нормы поведения человека являются важнейшей составляющей гуманитарной культуры человека, в которой теоретические знания и духовные ценности получают свое практическое завершение и воплощение. Норма поведения человека в самых различных, порой сложнейших и непредвиденных обстоятельствах свидетельствует о том, насколько духовные ценности и гуманитарные знания стали действительно убеждениями и характеризуют собой уровень его гуманитарной культуры.

Формирование мира духовных ценностей человека зависит от образования. При этом под образованием мы понимаем не только накопление определенной суммы знаний, умений и навыков, но, прежде всего, духовное, культурное, интеллектуальное развитие. В этом смысле показательно высказывание И.С. Гершунского: «Именно образование принципиально работает на будущее, предопределяя личностные качества каждого человека, его знания, умения и навыки, мировоззренческие и поведенческие приоритеты, следовательно, в конечном итоге, — экономический, нравственный, духовный потенциал общества, цивилизации в целом» [2].

В связи с этим, взаимоотношение гуманитарной культуры и современного образования представляется нам в необходимом интенсивном процессе гуманитаризации. Следует сказать, что обозначенная проблема в свете естественно-научных и технических знаний рассматривались в трудах В.С. Барулина, В.Н. Димова, А.Н. Кочергина, Я. Попкова, В. Холодного и др. Основные проблемы гуманитаризации образования получили достаточно глубокий исследовательский анализ и систематизированное осмысление. Но, тем не менее, вопросы, связанные с формированием личности специалиста в процессе гуманитаризации, его духовного и нравственного начала — изучены пока недостаточно.

Как известно, образованность не обязательно ведет к росту культуры, интеллигентности, нравственности, а формальное приобщение к знанию не способствует профессионализму и, тем более, духовному возвышению человека. До сих пор доминирование крайнего технократизма порождает и подпитывает целую глыбу проблем, решение которых далее не может откладываться. Ученые не раз обращали внимание на то, что, несмотря на наличие концепций указанной проблемы как естественно-научных, так и технических знаний, они по-прежнему остаются на позициях технократизма. Большинство исследователей гуманитаризации образования утверждают, что этот процесс проходит пока «абстрактно» и вслепую. Действительно, сегодня можно констатировать, что в высших учебных заведениях, особенно в технических, существует иллюзорное представление о нейтральности естественных и технических наук по отношению к ценностям человека и социума.

Гуманитаризация образования способна и должна стать способом преодоления разрыва между естественно-научными, техническими и гуманитарными знаниями, то есть механизмом и способом перехода от технократической модели образования к образованию «культурно-нагруженному», культурно-детерминированному.

При этом следует отметить, что зачастую смысл самого термина трактуется не совсем верно. Чаще всего он понимается в узко предметном отношении, предполагающем только увеличение количества часов на гуманитарные дисциплины. На самом же деле, рассмат-

риваемое понятие предполагает не просто усиленное преподавание гуманитарных дисциплин с их фактологической стороны, но и формирование системы духовных ценностей в индивидуальном и общественном сознании. Эрудиция, как отмечает В.Н. Сагатовский, «не заменит проникновение в дух гуманитарности, то есть органическое принятие ценностей, лежащих в ее основе» [3]. Речь должна идти о «возможности смены с помощью образования качества жизнедеятельности» [4], смены ценностных установок.

Таким образом, гуманитаризацию образования, на наш взгляд, необходимо интерпретировать и анализировать как формирование мировоззренческой и методологической культуры будущих специалистов, ценностных ориентиров, знания сущности человека, значимости самореализации индивида в профессиональной и иных сферах деятельности, в процессе освоения любой отрасли знаний.

Отчасти данная цель в постперестроечный период была достигнута. Но формы, в которых происходят данные преобразования, порой не соответствуют даже доперестроечной эпохе и поэтому в значительной мере тормозят собой общие процессы гуманитаризации. Под видом увеличения времени на изучение философии, социологии, истории до уровня международных стандартов (170 часов на изучение философии) произошло в последние годы фактическое снижение часов в 2,5 раза (72 часа на философию). Исчезли многие формы контроля: промежуточные зачеты, экзамены по некоторым дисциплинам. Можно со всей определенностью заявить, что проводимая модернизация гуманитарного образования в технических вузах ведет к его дефундаментализации.

Произошла утрата определенности в самом гуманитарном знании, что также имеет ряд негативных последствий в его преподавании. Это обусловлено прежде всего тем, что само понятие «гуманитарные дисциплины» неопределенно. Иногда создается впечатление, что в этот класс учебных дисциплин относят все то, что не является профилирующим знанием, в частности — техническим и естественно-научным. Но такой подход очень далек от истины, и его реализация в практике преподавания призвана скрыть отмеченное выше снижение часов на изучение подлинно гуманитарных дисциплин.

Научное знание в целом имеет сложную структуру и не делится только по дихотомическому принципу гуманитарное — естественно-научное (или техническое). Не все знание о человеке является гуманитарным, хотя это знание может и должно быть гуманистичным, как, например, медицина. Гуманитарное — это такое знание, которое, учитывая достижения биологической и психолого-педагогической наук в познании природы человека, акцентирует внимание на его социальной сущности. Такое определение является не совсем точным, но оно может служить некоторым практическим ориентиром для установления истинного времени, отводимого на изучение гуманитарных дисциплин. Нам кажется, что для этой цели хорошо подходит незаслуженно забытое понятие «общественные» (или «социальные») науки.

Частая смена стандартов и подходов к преподаванию гуманитарных дисциплин также ведет к утрате их определенности и нивелирует само понятие стандарта, его предназначение. За каждым специалистом, как известно, тянется шлейф кадрового обеспечения, методических материалов, учебников и учебных пособий, которые создаются и осмысливаются в течение определенного времени существования парадигмы мышления. Опыт реформирования (или модернизации) гуманитарного образования (как и образования в целом) в нашей стране убедительно свидетельствует о том, что существование определенной педагогической парадигмы нецелесообразно делать менее 10-12 лет, то есть цикла школьного образования. Частая смена концепций образования ведет к парадигмальному релятивизму, консерватизм же в концептуальных основах образования связан с догматизмом, особенно в гуманитарных науках. Речь в данном случае идет не о том, чтобы законсервировать содержание образования на длительный период времени, оно должно изменяться, развиваться постоянно, впитывать в себя последние достижения науки. Существование определенной педагогической парадигмы в течение некоторого времени связано, прежде всего, с концептуальными основами образования как общепедагогическим, социально-экономическим и политическим системным качеством. Не следует забывать и субъективную сторону неопределенности, а точнее — неэффективности преподавания гуманитарных дисциплин. Опыт последних лет показал, что мелкие лек-

ционные спецкурсы мало эффективны. К тому же, эти спецкурсы идут по выбору студента, который не всегда руководствуется принципом полезности, да он априори и не может иногда определить истинное значение совершаемого им выбора. Этот выбор более целесообразно делать на основе рекомендаций курирующей или выпускающей кафедры, но и они часто бывают сами далеки от актуальных проблем гуманитарного знания.

Опыт показывает, что существует определенное, пороговое время «вживания» студента в учебную дисциплину. Эмпирически мы полагаем по философии пороговое время не менее семестра. Оптимальное время — два семинара при еженедельной лекции и семинарском занятии с соответствующими семестровыми зачетами и курсовыми экзаменами. Только в конце первого семестра добросовестный студент начинает говорить что-то осмысленное по философии и закрепляет эту осмысленность в последующем. Поэтому, на наш взгляд, элективные спецкурсы нужно проводить не сами по себе, а на базе основного, более значимого по времени курса как его углубленный раздел. Либо сам элективный спецкурс должен быть значимым, чтобы быть эффективным.

Настало также время вернуться к итоговому экзамену (госэкзамену) по гуманитарным дисциплинам, или же включать соответствующий гуманитарный раздел в дипломный проект. Это позволит более полно воплотить принцип гуманизма в системе технического образования. Гуманитарное знание не есть нечто внешнее по отношению к техническому образованию, а является его существенным элементом.

Необходимо также сказать, что при любом профиле образования односторонность, разорванность мышления специалиста снижают уровень, разносторонность его знаний, лишая их минимальной универсальности, умаляя творческий потенциал человека, социума. И «гуманитарии» и «негуманитарии», подготавливаемые таким образом, неизменно оказываются технократами, хотя каждый на свой манер. И те, и другие не могут реализовать себя потому, что гуманитарии не знают основ естественно-научной картины мира, а негуманитарии — человека, «наук о его духе». Дуализм культур выражается и в том, что субъекты каждой из них не только мыслят, но и живут лишь в одном из двух ограниченных полумиров культуры — техническом и гуманитарном, где разъединен исконно целостный мир мысли и культуры.

Д.С. Лихачев считал, что между естественными и гуманитарными науками нет принципиальной разницы: «Нет ни одной глубокой методологической особенности в гуманитарных науках, которой бы в той или иной степени не было в науках негуманитарных» [5]. По утверждению М.М. Бахтина, «гуманитарные науки — науки о человеке, его специфике, а не о безгласной вещи, ее естественном явлении. Человек в его человеческой специфике всегда выражает себя (говорит), то есть создает текст (хотя бы потенциальный). Там, где человек изучается вне текста и независимо от него — это уже не гуманитарные науки» [6]. С этих позиций, по нашему мнению, также следует рассматривать вопросы, связанные с реализацией сущности гуманитаризации образования.

Поставленная в настоящей статье проблема, таким образом, должна быть направлена: 1) на расширение гуманитарной составляющей в плане количества часов или интеграции наук; 2) создание возможностей для творческой работы преподавателя.

В идеале, гуманитаризация образования в техническом вузе — это процесс расширения возможностей для разностороннего развития личности будущего специалиста, его самосознания и самореализации, формирование у него гуманитарного подхода в жизненной самореализации, а, значит, и проектирование форм социальных отношений. Это путь к очеловечиванию всей системы общественных отношений, совершенствованию культурного, духовного облика личности; это воспитание молодежи в духе высших идеалов и ценностей; предоставления им возможностей самостоятельного достижения успеха в новых реалиях.

Таким образом, проблему гуманитаризации образования в техническом вузе необходимо решать комплексно. И, прежде всего, следует осознать, как уже было отмечено выше, что гуманитарное знание и образование не всегда являются гуманистическими по своей сути и по своим целям. «Гуманитаризм», конечно же, связан с идеями гуманизма, но сам по себе он не является необходимым и достаточным условием формирования соответствующего мышления. Зачастую, как было отмечено выше, гуманитарные науки остаются заложниками технократизма, вольно или невольно воспроизводя его приоритеты. Все это свидетельствует о том, что многие пласты гу-

манистического мировидения не такие уж и бесспорные, то есть требуют философского осмысления и анализа.

Необходимо, чтобы в условиях изменяющегося общества на выходе из института любого профиля оказался не просто специалист, овладевший определенным объемом научно-технических знаний и умений, но носитель гуманитарной культуры. Именно гуманитарная культура дает будущему специалисту понимание жизни как целого, видоизменяет его отношение к самому себе, своим целям и поступкам. Человек высокой гуманитарной культуры каждое свое действие, каждый свой поступок соотносит с тем, как он определяет свою сущность. Он всегда свидетельствует о самом себе независимо от того, видят его другие или нет. Это свидетельство определяется тем, какую цель ставит человек как цель своей жизни и реальными успехами в ее достижении. По сути, овладение гуманитарной культурой — процесс творческий, который должен состоять из превращения богатства и опыта человеческой истории во внутреннее богатство каждой отдельной личности. Богатство же это, в свою очередь, должно быть направлено на преобразование действительности и самого человека.

Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что целью образования в техническом вузе должен стать человек, способный занять гуманитарную позицию в рамках своей профессии или специализации, умеющий профессионально работать с информацией, используя соответствующие способы ее получения и интерпретации, готовый действовать, принимая «гуманитарные решения» в рамках своей компетенции, осуществлять гуманитарное проектирование, экспертизу и др. Итогом реализации алгоритма рассматриваемого процесса образования должна в конечном итоге быть подготовка компетентного профессионала, субъекта социальных отношений и социальных действий, гуманиста в мыслях и поступках.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Гершунский, Б.С. Философия образования [Текст] / Б.С. Гершунский. — М., 1998. — С. 76.
2. Шубин, В.И., Пашков Ф. Е. Культура, Техника. Образование [Текст] : учеб. пособие для технических университетов / В.И. Шубин, Ф.Е. Пашков. — Днепропетровск, 1999. — С. 12.
3. Сагатовский, В.Н. Что такое гуманитарное развитие общества? [Текст] / В.Н. Сагатовский // Социально-гуманитарные знания. — 2002. — № 3. — С. 68.
4. Колесникова, И.А. Гуманитаризация непрерывного образования — одно из направлений модернизации российского общества [Текст] / И.А. Колесникова // Социально-гуманитарные знания. — 2004. — № 1. — С. 101.
5. Лихачев, Д.С. Культура как целостная среда [Текст] / Д.С. Лихачев // Новый мир. — 1994. — № 8. — С. 30.
6. Бахтин, М.М. Проблемы поэтики Достоевского [Текст] / М.М. Бахтин. — М.: Художественная культура, 1979. — С. 311.

Степаненко А.С.

УДК 159.9:004.8

ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СООТНОШЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Философско-методологическими основаниями проблемы соотношения естественного и искусственного компонентов интеллекта является существенное различие между *природной* и *культурной* составляющими в человеке. Кроме того, обнаруживается корреляция между кар-

динальными проблемами развития искусственного интеллекта и фрактальной научной картиной мира, в основе которой лежит представления о единстве пространств различной размерности. Философское осмысление принципиально новых моментов, вносимых искусственным интеллектом в различные области человеческой деятельности: позволяет осознать непредсказуемость социокультурных последствий для научного и технологического освоения мира методами искусственного интеллекта и вместе с тем, отчасти, предвидеть эти последствия.

Интеллект человека. Прежде всего, следует четко определить понятие интеллекта. Ведь понимание интеллекта различается в зависимости от контекста научной дисциплины - одно дело философский контекст, другое дело - контекст информатики. В философском словаре, подготовленным коллективом авторов во главе с И.Т. Фроловым, интеллект определяется как общий умственный потенциал человека. Он «выражает все умственные функции человека, всю совокупность его познавательных умений: ощущения, восприятие, память, представление, мышление, воображение» [1]. Благодаря интеллекту человек обладает способностью сравнивать, он вырабатывает абстракции, образовывает понятия, суждения, производит умозаключения.

Известно, что существует взаимная независимость способности к обучению и собственно интеллекта (способности к суждению), т.е. неправомерно смешивать способность к обучению с интеллектом (ниже в этом смысле будет идти речь об обучении систем искусственного интеллекта). Поскольку объем и структура знаний зависят не только от способности к обучению или интересов человека, но и от социальной среды, постольку для оценки его интеллекта (умственных способностей), используется множество разнообразных критериев. «Существуют не просто большие или меньшие степени развития умственных способностей, - отмечает П.С. Гуревич, - а некое глубоко укорененное «древо», объединяющее в себе многочисленные и разнообразные способности [1]. Философы издавна ставили вопрос: существует ли способность к разнонаправленной реализации собственного потенциала вообще. Феноменология интеллекта (умственных способностей) отличается большим разнообразием. Некоторые люди быстро схватывают существо вопроса» [1]. Однако подобного рода гибкость отнюдь не является обозначением блестящих умственных способностей, так как практическая смышленость и абстрактный интеллект не являются тождественными. Более того, недостаточно только обладать способностью к суждению, необходимо еще прибавить к этому спонтанность и наличие инициативы.

В недавно вышедшем «Словаре философских терминов» под интеллектом понимается «психическая способность к сознаваемому нестереотипному поиску и узрению адекватных содержанию форм мышления и целесообразных способов поведения, основанных на опыте и знаниях и в то же время имеющих тенденцию к опережению событий и опыта» [2].

Интеллект в таком случае представляет собой конкретную форму единства рациональных созидательных способностей и орудий интеллектуальной деятельности, включающих в себя память и интеллектуальные орудия труда (технические и информационные средства, методики, научные теории и др.). Интеллект действует в контексте адекватной ему культурной среды, вне этой среды его созидательный потенциал не реализуется и инструментальные средства тогда лишь формально соответствуют интеллектуальным орудиям. «Уровень интеллекта характеризуется: богатством спектра ассоциаций, применяющихся в процессе поиска решений; быстротой и полнотой проработки возникающих альтернативных подходов; способностью критически ориентироваться в некорректно заданном проблемном поле. Интеллект по своему происхождению и функционированию зависит от многих психических функций, в частности, от аффектов и интуиции, от связи языка и мышления» [2].

Необходимо отметить, что сейчас распространенным является толкование интеллекта как синонима мышления, причем в отличие от собственно мышления, которое есть процесс, интеллект есть качество этого процесса. Критериями качества выступают эффективность, простота в познавательной деятельности и способность к нахождению нестандартных решений [3]. Конструктивным и плодотворным является представление об интеллекте, которое основывается на нейрофизиологическом механизме предсказания, исследовавшемся П.К. Анохиным и названном им акцептором результата действия. Еще одно измерение для интеллекта следует из формулы

- «от инстинкта через условные рефлексы к интеллекту» (Л.С. Выготский). В плане представленного исследования существенным является то обстоятельство, согласно которому в истории философии понятие интеллекта имеет спектр значений, основное из которых - способность к рациональному познанию. Не менее важным является следующие условия исследования человеческого интеллекта: «Интеллект не может полноценно исследоваться изолированно от его происхождения, от условий и динамики ею существования. Попытки рассматривать интеллект сам по себе приводят к его «исчезновению» и выводу о его несуществовании. Активность интеллекта протекает в открытой среде, нетипичность проявлений интеллекта должна интерпретироваться как перманентное продолжение его становления. Интеллект не может быть объяснен или выведен непосредственно из свойств мозга. Его формирование напрямую связано с творчеством. Интеллект формируется в процессе становления индивидуума в конкретном социуме и зависит от социализации личности» [2].

Приведённые философские дефиниции интеллекта относятся в первую очередь к интеллекту человека, а это значительно ограничивает использование данного понятия в анализе проблемы искусственного интеллекта.

В современной информатике, теории распознавания образов, *искусственном интеллекте как научной области исследований и технологии* используется более широкое определение интеллекта - обобщенного интеллекта, охватывающего собой естественный и искусственный интеллекты, основой которых является природа и культура.

«Природа представляет собой, - отмечает Б.Г. Юдин, - объективную реальность, существующую вне и независимо от сознания. Она не имеет ни начала, ни конца, бесконечна во времени и пространстве, находится в непрестанном движении и изменении. Иногда природой называют лишь ее часть - *биосферу* нашей планеты. Именно она, порожденная предшествующим развитием природой, создала условия для возникновения человека. Познавая объективные закономерности природы воздействуя на нее с помощью специально создаваемых орудий и средств труда, люди используют вещества и энергию природы для получения необходимых человеческому обществу материальных благ. Тем самым естественная среда обитания дополняется искусственной, которая представляет собой так называемую «вторую природу», т. е. совокупность вещей, отсутствующих в природе в готовом виде и создаваемых в процессе общественного производства» [1].

Здесь существенным является то обстоятельство, что человек существует и осуществляет свою деятельность в естественной и искусственной среде, Если естественный компонент интеллекта человека обусловлен тем, что человек представляет собой часть природы, то искусственный компонент интеллекта вырастает на основе культуры, которая сама по своей сути является надприродным, искусственным образованием.

В данном случае существенно то, что интеллектуальные системы естественного и искусственного происхождения с полным правом можно отнести к категории сложных систем и использовать для их исследования общую теорию систем, которая опирается на принципы системного подхода.

«С позиции системного подхода *интеллект* (в широком смысле этого слова) можно рассматривать как одну из существенных характеристик высокоорганизованной системы, отражающую ее способность к поддержанию достаточной степени адекватности структуры, функций и целей системы окружающей ее среде, их согласованности, или иначе, способность к достижению требуемой *степени согласования* системы со средой» [4].

Кроме того, следует иметь в виду, что данные о или отсутствии интеллекта у системы и о его уровне можно получить путем сравнения рассматриваемой системы с эталонной системой. Чаще всего в качестве эталонной системы рассматривается человек.

Исследуя мозг, У. Эшби предложил в качестве структуры эталонной системы рассматривать структуру ультрастабильной системы, обеспечивающей устойчивость своего функционирования к изменениям окружающей среды [5]. В свою очередь Ч. Черчмен назвал такую систему *обобщенной,* причем она является замкнутой системой, которая остается замкнутой во всех возможных средах. Согласно этому определению, как бы не изменялась среда, обобщенная система всегда готова к этим изменениям и она дополняет себя в среде до замкнутой системы недостающими объектами или их моделями [6].

Основой обобщенной ультрастабильной системы по У.Эшби [5] является ее реагирующая часть, которая дополняется элементами некоторой замыкающей части. Задачей реагирующей части, имеющей в своем составе некоторые подсистемы, является обеспечение необходимых реакций (отношений), адекватных окружающей среде только в целом, без учета ее актуальных изменений. Замыкающая часть представляет собой надстройку над реагирующей частью, обеспечивающую приспособительное замыкание системы (выбор и настройку одной из имеющихся подсистем реагирующей части или формирование новой ее подсистемы через адаптацию, развитие) по отношению к изменениям окружающей среды и в итоге более высокую степень адекватности системы изменяющейся среде. Замыкающую часть системы называют также механизмом адаптации (самоорганизации) системы.

Реагирующая и замыкающая части системы взаимодействуют как с внешней средой, так и друг с другом. Взаимодействие реагирующей части системы со средой реализуется с помощью первичной обратной связи, действующей непрерывно и с высокой скоростью, через сенсорные и двигательные каналы. С помощью замыкающей части в системе реализуется вторичная обратная связь, действующая прерывисто и с гораздо меньшей скоростью. Вторичная обратная связь создает условия для анализа окружающей среды, формирования адекватных моделей ее объектов и согласованного с ними изменения параметров реагирующей части системы при изменении параметров окружающей среды.

С точки зрения кибернетики, обобщенная система может рассматриваться как иерархическая самонастраивающаяся и самоорганизующаяся управляющая система, имеющая свою структуру и функции, не зависящие от субстрата, на котором реализована система. «Обобщенные системы, рассматриваемые как некоторый класс в составе сложных систем, включают в себя высокоорганизованные системы естественного происхождения (организационные и биологические) и искусственного происхождения (технические системы с искусственным интеллектом, а также комбинированные системы)» [4].

Характерной чертой обобщенных систем является наличие генетических связей между ними, т.е. порождение новых обобщенных систем осуществляется путем *наследования свойств* уже существующих обобщенных систем, в том числе со сменой природы их субстрата. Другими словами, порождение систем, приближающихся по своим свойствам к предельно развитой обобщенной системе в процессе развития в естественной среде, происходит путем наследования свойств уже существующих в ней обобщенных систем, т.е. можно сказать, что обобщенная система происходит от другой обобщенной системы.

В рамках своего жизненного цикла обобщенная система проходит ряд этапов (преобразований), т.е. она является эволюционной системой. В процессе эволюции обобщенных систем происходит совершенствование их структурных и качественных свойств, возрастает адекватность структуры, функций и целей отдельной системы окружающей ее среде, в которую входят другие обобщенные системы.

Это дает основание утверждать, что в процессе эволюции обобщенной системы *происходит увеличение меры ее интеллекта.*

Таким образом, интеллект, в широком понимании этого слова, представляет собой *интегративное свойство системы,* в определенном смысле являющееся интегральной *характеристикой* всех остальных ее свойств и *отличительной чертой* обобщенных систем.

В результате можно получить следующее определение интеллекта, используемое в науках об искусственных системах:

«Интеллект - это способность замыкающей части обобщенной системы выявлять проблемные ситуации, ставить локальные цели, строить модели объектов внешней среды, адекватные этим локальным целям, и формировать управляющие воздействия на реагирующую часть системы с конечной (глобальной) целью обеспечения устойчивого (согласованного) развития системы в условиях изменяющейся внешней среды» [4].

В зависимости от физической природы системы-носителя интеллекта и внешней среды, взаимодействующей с данной системой, обычно проводят различие между естественным и искусственным интеллектом.

Интеллект как общее свойство развивающихся систем весьма рельефно выражен, прежде всего, в системах, которые образуют живую природу. Их интеллект адекватен естественной, живой среде, развивающейся по законам эволюции природы, соответствует этим законам и по происхождению, и по уровню

развития. Общепринято, что носителем естественного интеллекта животного является мозг, получающий наибольшее развитие у человека. Поэтому структура и функции мозга современного человека (homo sapiens) выступают в качестве эталона для оценки интеллектуальных способностей иных систем

Так, согласно классическому тесту Тьюринга, считается, что система обладает интеллектом, если человек, контролируя свои процессы взаимодействия с ней и сравнивая их с аналогичными процессами взаимодействия с другим человеком, *не сможет найти существенного отличия между ними.* Однако необходимо считать некорректным утверждение специалистов в области искусственного интеллекта, согласно которому «различие в уровне развития интеллекта человека и представителей отдельных видов животных объясняется разницей в организации нервной ткани (нейронной сети) мозга» [4]. Данное различие объясняется также и тем, что человек формируется в рамках культуры, и поэтому он обладает как естественными, природными, так и культурными свойствами, что определяет специфику его интеллекта.

Необходимо отметить, что в науке до сих пор нет своего четкого решения проблемы происхождения культуры. Здесь имеется целый веер гипотез, объясняющих возникновение присущего только человеку феномена. Прежде всего следует отметить концепцию адаптивного характера генезиса культуры, сформулированную американским ученым Э. Хартом. Он прослеживает историю возникновения человека и смену его форм от австралопитека до «гомо сапиенс» и отмечает, что вся история «гомо» была историей культуры, сменившей в конце концов историю биологической эволюции [7]. Культура же обязана своим существованием и своей историей способности человека адаптироваться к любым изменяющимся условиям, которая присуща только человеку. Э. Харт называет ее «прометеевским геном», приобретенным человеком в результате троекратного увеличения его мозга по сравнению с предком. Культура, как известно, передается не путем биологического наследования, а посредством общения между поколениями.

Если рассматривать нашу планету как всеохватывающую систему, то правомерна предпринимаемая сейчас попытка понять культуру с биосферной точки зрения, т. е. следует учитывать тот момент, что культурогенез является естественным продолжением биологической эволюции. В биологии различают два вида знаний о внешнем мире - знание видов собственной экологической ниши и знание им соседних ниш; причем в ходе эволюции биосферы некоторые сложные надклеточные структуры, обладающие высокой эволюционной пластичностью, смогли быстро проникнуть в другие адаптивные зоны [8]. Именно человеческий вид оказался способны совершить прорыв в новую адаптивную зону и благодаря дифференцируемой внутри себя культуре получить представление о биосфере в целом, что позволяет человеческому виду выжить в изменяющейся среде, адаптироваться к ней.

В настоящее время получило права гражданства представление об аналогии эволюции культур (хотя и на ином уровне) биологической эволюции. Нельзя не согласиться с высказыванием американского культуролога П.Рикс-Марлоу, что «подобно биологическому виду, каждый вид культур следует рассматривать как уникальную хронику попыток приспособиться к вечно меняющейся окружающей среде, и приобрести в ней энергетические преимущества над другими» [9]. Такой научный подход в изучении культуры признают столь разные мыслители, как Лоренц, Скиннер, Докинс и Эриксон в силу того, что ему присущ большой эвристический потенциал.

Этот подход показывает, что культурогенез связан с эволюцией мозга гоминид, достигшего наибольшего объема у человека. Эволюцию мозга гоминид в плейстоцене рассматривают в качестве весьма особого процесса, по крайней мере, по двум причинам.

Во-первых, благодаря ее *темпам*: это один из наиболее быстрых протекающих процессов макроэволюции в истории позвоночных.

Во-вторых, благодаря его феноменальным *последствиям*: процесс привел к возникновению такого уникального в животном мире явлению, как человеческая психика, неотъемлемая от культуры. Поэтому возникает проблема объяснения особенностей психики и интеллекта человека и соответственно культурогенеза.

Представляет интерес стохастическая модель культурогенеза, выдвинутая одним из тончайших мыслителей XX века С. Лемом, в которой речь идет о физических, биологических и социальных детерминантах культуры [13].

Согласно этой модели, исходящей из понимания *культуры как игры*, культура возникает потому, что Природа является «ареной» возмущений и неалгоритмических (непредсказуемых) изменений. Эволюция - это непрестанный процесс, причем каждая эволюционая стратегий является одновременно неопределенной и компромиссой. Компромисс, продиктованный неопределенностью видовых решений и тенденцией к минимизации, которая навязана отбором, осуществляется в рамках биполярной альтернативы. Организмы могут «воспринимать» изменение условий среды как переходное или как длительное, при этом различие между флуктуацией и стационарным состоянием невозможно провести.

Вот почему они реагируют на изменение либо *обратимым способом* (фенотипически), либо *необратимым* (генотипически).

Однако эволюционный процесс является одновременно приобретением и потерей, риском и выигрышем. Чтобы решить данную дилемму, эволюция использует особый прием, называемый *нейтрализацией организмов:* находясь в клещах фенотипической недостаточности и генотипической необратимости, эволюция находит новый компромисс - создает организмы, сильно детерминированные генотипически, но весьма пластические фенотипически. Этим компромиссом и является, - пишет С. Лем, - мозг, ибо он, обусловленный генотипически, усиливает фенотипическую адаптивность» [10]. Именно мозг человека в коммуникации с себе подобными создает *культуру как стратегию выживания,* когда вид может менять стратегии, не теряя при этом своей генотипической идентичности.

На антропологическом уровне стратегические решения «принимаются» уже не на уровне наследственного материала, а в культурной системе. Культура делает возможным то, что биологически невозможно - она создает стратегии одновременно революционные и обратимые, благодаря чему появляется возможность пересматривать решения и преобразовывать среду в темпе, недосягаемом для наследственного материала. Ведь происходящая в этом наследственном материале дифференциация требует миллионов лет. По меньшей мере миллион лет потребуется для эволюционного упрочения нового биологического вида. В культуре специализация, или дифференциация, происходит максимум за тысячу лет, в случае ускорения культурогенеза для самых крупных стратегических преобразований достаточно несколько десятков лет. Такого рода миллионократное ускорение темпов эволюции на нашей планете порождает различного рода опасности, что обусловлено правилами теории игр и теории нелинейного программирования, которым подчиняется эволюция.

Культурогенез неотрывен от стохастичности мира и существующих в нем бифуркационных механизмов, связанных с неопределенностью мирового эволюционного процесса. Биосфера в своем развитии породила человека с его культурой и обществом: ее место в глобальной эволюции Н. Н. Моисеев определяет следующим образом: «На некотором этапе развития Вселенной как единой системы она начала с помощью человека, его Разума познавать себя и обрела способность целенаправленно влиять на ход собственного развития» [11].

Сам культурогенез есть результат необратимой эволюции биосферы, длительного процесса взаимовлияния биологической и социальной эволюции, причем именно человек выступает единственным субъектом культуры, одновременно создавая ее и формируясь под ее воздействием.

Мир культуры тесно связан с процессом гоминизации, с процессом перехода от животного к человеку, одним из аспектов которого является *переход от определенных инстинктивных, рефлекторных реакций животного на мир к неопределенности человеческого знания* [12].

Только человек находится зачастую в ситуации, когда ему действительно неизвестно, что он должен делать. Таким образом, у человека появилась потребность в принятии надежного решения и определения этой надежности. Именно эта потребность и лежит в основе культурогенеза - происхождении мифологии, религии, искусства, науки и философии. В результате культурогенеза человек приобрел арсенал разнообразных физических и духовных техник, или, собственно, *культуру.*

Культура позволяет человеку выстраивать свое поведение на основе предсказания будущих, еще не существующих событий посредством различных стратегий. Культура имеет люфт (полосу свободы) в отношении Природы, что объясняет существование чисто культурно изменяемых форм и смыслов. Об этом С. Лем пишет так: «Стохастическая модель культуро-

генеза предполагает, что полоса свободы, которую мир оставляет в распоряжение эволюционирующего общества, уже выполнившего долг адаптации, то есть набор непременных заданий, заполняется комплексами поведений, поначалу случайными. Однако со временем они застывают в процессах самоорганизации и перерастают в такие структуры норм, которые формируют внутрикультурный образец «человеческой природы», навязывая ему схемы долженствовании и повинностей. Человек (особенно в начале своего исторического пути) встает в случайности, которые и решают каков будет он и его цивилизация. Отбор альтернатив поведения - в сущности лотерея; но это не значит, что столь же лотерейна композиция того, что получится» [13]. Иными словами, человек в исходном пункте выступает аксиологически нейтральным существом, и его интеллект зависит от кода культуры, который различен в разных цивилизациях.

В современной науке обосновано достаточно убедительно положение о том, что природа человека носит сложный, многомерный характер [14]. На основе анализа многолетних культурологических и психологических исследований установлена принципиальная недопустимость редукции психики человека к разуму. «Психика подобна пирамиде, причем доступна исследованию только вершина, а «основание» теряется в глубинах Космоса» [15]. Такого рода методологическая установка свидетельствует в пользу социобиологии, согласно установкам которой в исследовании социального поведения человека необходимо принимать во внимание его биологическую, генетическую сторону.

Критический анализ традиционных представлений о природе человека, новых подходов зарубежных ученых и научных концепций и гипотез В.И. Вернадского, Н.Н. Моисеева, В.П. Казначеева, Л. Стевенсона и других отечественных и зарубежных исследователей [16] [17] позволяет сделать фундаментальный вывод о том, что природа человека нелинейна. Она представляет собой взаимодействие стихийного, хаотического и упорядочивающего начал, где деструктивные аффекты нейтрализуются при помощи различного рода «культурных скреп». В связи с этим возникают вопросы о соотношении природного и культурного начал в человеке.

Природа человека представляет собой яркий пример так называемой хаордической системы. Термин «хаорд» введен в научный оборот недавно, он представляет неологизм, полученный из сочетания английских слов «chaos» (хаос) и «order» (порядок). Им описываются сложные системы, которые обладают способностью перерабатывать информацию для осуществления адаптационных и эволюционных изменений [18]. Это означает, что система должна обладать определенной степенью упорядоченности и организации, тогда как ее части - автономией, свободой и гибкостью, чтобы адекватно реагировать на инновации, предотвращая дезинтеграцию системы. Хаордическая система использует автономию своих частей, или «мягкую», гибкую подпрограмму деятельности, для обработки информации, которая в менее гибкой системе блокируется неким органом централизованного контроля. Примером таких систем являются человеческий мозг, мировая погодная система, мировая экономика, Интернет, денежная система общества и др. Природа человека адекватно описывается с позиций хаордической системы, что дает возможность рассматривать как единое целое космический, биологический, психический, социальный и культурный аспекты человеческой природы.

«В идеале каждый человеческий индивид представляет собой конкретную самоценность, которая в своих творческих возможностях бесконечна, ибо его сущность заключается в потенциальной способности стать собственно человеком. Каждый человек - это динамичная система, представляющая собой неисчерпаемый континуум чистых возможностей. Однако его сущность открыта, незавершенна, поэтому конкретно-исторические условия существования общества, противоречивость социального, научно-технического прогресса ограничивают возможности самореализации индивида. Нравственное отношение к человеку предполагает видение в каждом конкретном человеке «образа бога», т.е. потенциально бесконечного совершенства, что служит основой гуманистической составляющей культуры как противовеса крайнему техницизму и сциентизму. Здесь речь идет не о классическом антропоцентризме, который помещает в центр мира исторически ограниченного человека, а самоценности индивида как человека в неисчерпаемом континууме возможностей» [19].

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Философский словарь / Под ред. И.Т. Фролова 4-е изд.-М.: Политиздат, 1981. С.210.
2. Кузнецов В.Г. Словарь философских терминов. М. 2005. С.202.
3. Кликс Ф. Пробуждающееся мышление М.: Прогресс.1983. С.302.
4. Зозуля Ю.И. Интеллектуальные нейросистемы. Серия: Нейрокомпьютеры и их применение. Книга 12. М.: Радиотехника. 2003. С.144.
5. Эшби У.Р. Конструкция мозга. Происхождение адаптивного поведения. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. С.398.
6. Черчмен Ч. У. Акоорх Р., Арноф Л. Введение в исследование операций. Пер. с англ. М., Наука 1967. С.488.
7. Hart F. Dann of a Millennium. Boston. 1990. p.22.
8. Бердников В.А. Эволюция и прогресс. Новосибирск. Наука .1991. С.179.
9. Каталог биосферы / Справочник. Пер. с англ. М. Мысль. 1991. С.253.
10. Lem S. Filozofia przypadki. Krakow. 1988. T2. S.123.
11. Моисеев Н.Н. Пути к созиданию. М.: Республика. 1992. С.254.
12. Forbs R.I. Man the Maker. London. 1958.
13. Лем С. Модель культуры // Вопросы философии. 1969. №8. С.51-52.
14. Волков Ю.Г., Поликарпов В.С. Интегральная природа человека: естественно-научный и гуманитарный аспект. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ. 1994. С.282.
15. Поликарпов В.С. Наука и мистицизм в XX веке. М.: Мысль. 1990. С.104.
16. Казначеев В.П., Трофимов А.В. Очерки о природе живого вещества и интеллекта на планете Земля / Проблемы космопланетарной антропоэкологии. — Новосибирск: Наука. 2004. С.312.
17. Стевенсон Л. Десять теорий о природе человека. — М.: Слово. 2004. С.240.
18. Kay R. The Kay Tax. How a small tax change enabling greater use of account-based community currencies could initiate economic transformation// Paper delivered at the TOES 98 conference in Birmingham/ UK. 1998. 15-17 May.
19. Поликарпова В.А. Генная инженерия человека: надежды и прогнозы (философия размышления). — Спб. — Ростов-на-Дону — Таганрог: АГН. Изд-во ТРГУ. 1999. С.88.

Резник Ю.Н., Колодин В.С., Гуттарц Р.Д. УДК 621.01(07)

РЕЗЕРВЫ И МЕХАНИЗМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ. ВИРТУАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И CALS- ТЕХНОЛОГИИ

Совершенствование качества целесообразно выполнять с помощью статистических методов — основных инструментов всеобщего качества (TQM).Одним из принципов TQM является то, что в основе принятия решений должны быть только факты, а не интуиция. Главные причины трудностей, возникающих при создании и обеспечении качества — ложные представления и ошибочные действия. Чтобы различить, что ложно, а что ошибочно, нужно организовать процесс поиска фактов, то есть статистического материала. Кроме того, необходимо корректно формировать модели исследования параметров качества, в том числе, виртуальные модели.

Понятие «виртуальный» употребляется для характеристики объекта, который, будучи нереальным, «кажущимся», существует в смысле оказываемого им действия. В области промышленного производства термин «виртуальный» все чаще употребляется для обозначения компьютерных моделей проектируемых изделий, моделей технологических и производственных процессов.

Применение этого термина является оправданным. В самом деле, компьютерная модель изделия не существует как физический

объект, однако воспринимается конструкторами, технологами и другими специалистами как нечто реальное. Наличие модели изделия является необходимым условием для развертывания процессов подготовки производства, т.е. оказывает влияние на реально происходящие действия. Поэтому часто модель изделия или детали называют виртуальным объектом [1].То же самое можно сказать о технологических процессах. Например, компьютерное моделирование процессов горячей штамповки, литья из пластмасс и др. и их исследование с помощью CAE-систем, реалистичная имитация (моделирование) процессов обработки деталей на станках с ЧПУ и моделирование их работы. Анализ виртуального технологического процесса позволяет технологу принимать реальные оптимальные решения. Производственные процессы управления также могут существовать в виде моделей, например компьютерные модели потоков производственных заданий.

Таким образом, полномасштабное использование компьютерных технологий приводит к тому, что все проектные и организационные решения на предприятии принимаются сначала на уровне моделей. При этом реальные объекты и процессы становятся своего рода отображением «виртуальных» объектов и процессов во внешнюю среду. Это позволяет говорить о виртуализации современного производства [1].

CALS-технологии представляют собой стратегию промышленности, направленную на эффективный синтез производственных систем, создание, управление и использование электронных баз данных, определяющих функционирование объекта на всем жизненном цикле изделия при условии применения международных стандартов качества ISO-9000, внедрение новых информационных технологий, реорганизации предпринимательской деятельности

CALS-технологии базируются на локальных решениях, разработанных и реализованных на предыдущих этапах развития информационных технологий- (САПР, АСУ, АСУТП , БПИО и тд). Развитие компьютерных сетей сделало возможным создание таких информационных систем, которые обеспечивают безбумажную технологию взаимодействия между организациями, заказывающими, производящими и эксплуатирующими, охватывая все этапы жизненного цикла продукта - от маркетинга до утилизации[1,3]. Предметом CALS является создание единой интегрированной модели продукта и его жизненного цикла, описывающей объект настолько полно, что эта модель может использоваться как единый источник информации для любых выполняемых в ходе жизненного цикла процессов. Таким образом любой процесс (маркетинг, проектирование, планирование, производство и т.д.) является как источником, так и потребителем информации для CALS систем. CALS-технологии открывают новые возможности информационного взаимодействия нескольких предприятий, позволяя им строить кооперацию в форме "виртуальных" предприятий независимо от их географического положения и национальной принадлежности.

Чаще всего CALS рассматривается как стратегия выживания в рыночной среде, позволяющая, в том числе, обеспечить заданное качество продукции в интегрированной системе поддержки жизненного цикла путем электронного документирования всех выполняемых процессов и процедур. В этом случае создается функциональная модель системы обеспечения качества продукции, в соответствии с требованиями стандартов ИСО серии 9000.

Функциональная модель системы качества продукции описывает процессы обеспечения качества продукции и их интерфейсы, связанные с ними обязанности, полномочия, процедуры и ресурсы, распределение обязанностей и полномочий подразделений и персонала предприятия. Модель также содержит ссылки на все нормативные акты, требования которых должны быть учтены при создании системы качества.

Наличие функциональной модели позволяет выявить логические ошибки, допущенные при построении системы обеспечения качества, уточнить распределение полномочий и ответственности, автоматически генерировать отчетные документы по структуре системы. Преимуществом такой системы обеспечения качества является также актуальность всей информации. Другим преимуществом является минимизация затрат на ввод информации, так как она берется из других информационных систем и доступна всем процессам

С точки зрения обеспечения качества, рассмотренные информационные технологии - это такие же технологии, как, например, технологии машиностроения, поэтому обеспече-

ние качества продукции или услуг зависит от качества (точности и соответствия) компьютерного программного обеспечения. Система обеспечения качества должна это признавать. Функцией обеспечения качества является гарантирование того, что разработчики программного обеспечения выработали и провозгласили правила, по которым они будут работать, и что они придерживаются этих правил. Обеспечение качества с использованием компьютерных программ, в значительной степени, достигается теми же средствами, что и обеспечение качества традиционными методами, то есть: ответственность со стороны людей, проверка и утверждение, контроль за пересмотром и распространением. CALS - технологии - это новейшие компьютерные технологии, обеспечивающие создание единой информационной среды для процессов проектирования, производства, испытаний, поставки и эксплуатации продукции.

CALS-системы, в значительной мере, коррелируют с идеологией всеобщего управления качеством (TQM). Другими словами, принципы TQM уже заложены в идеологии CALS-систем. Поэтому внедрение на предприятиях интегрированных информационных технологий означает автоматическую реализацию принципов всеобщего управления качеством.

Обоснованием внедрения CALS- технологий является тот факт, что на большинстве промышленных предприятий действующие системы обеспечения качества не соответствуют требованиям стандартов ИСО серии 9000 и малоэффективны.

Основной причиной этого является отсутствие на предприятиях:

1. комплекта необходимой документации;
2. современных средств автоматизации процессов сбора и анализа информации о дефектах и отказах в процессе изготовления, испытания и эксплуатации продукции;
3. современных информационных технологий, необходимых для реализации всех элементов системы качества, предусмотренных стандартами ИСО серии 9000;
4. элементов системы качества, необходимых для обеспечения гарантированного изготовления высококачественной продукции.

Предприятиям, претендующим на получение сертификата на систему качества, в первую очередь, приходится решать задачи, связанные с информационным обеспечением качества продукции на всех этапах ее жизненного цикла.

Проблему такого информационного обеспечения удалось решить на основе применения методологии анализа процессов, предусмотренной международными стандартами IDEF0, путем разработки типовой электронной модели обеспечения качества продукции на всех этапах ее жизненного цикла. Комплекс программных средств, с одной стороны, определяется требованиями стандартов CALS, а с другой - полностью соответствует требованиям стандартов ИСО серии 9000.

Исходя из изложенного, виртуальное предприятие — это постоянный поиск наиболее выгодных и надежных партнеров для производства нужных изделий. Виртуальные предприятия могут постоянно перестраивать свою конфигурацию и структуру производственных процессов так, чтобы сохранять максимальную эффективность. Благодаря своей способности создавать и использовать самые новаторские идеи при меньших затратах и в более сжатые сроки они сегодня, в развитых странах, уже составляют серьезную конкуренцию крупным традиционным предприятиям.

Создание и функционирование виртуальных предприятий как организационных структур возможно только при условии использования современных информационных технологий (сетевых средств и технологий коммуникации — средств Internet/Intranet), методов компьютерного проектирования и моделирования процессов изготовления, компьютерной поддержке всех этапов жизненного цикла изделий и удовлетворение требований, определенных стандартом качества- ИСО 9000-2001.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Азаров В.Н., Лаохин Ю.Л. Интегрированные информационные системы управления качеством. М.: «Европ. Центр по качеству».-2002,-64с.
2. Антикризисное управление Учебник. Ред. Э.М. Коротков .М.2001, 432с.
3. Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации: Учеб. для студ. втузов. . М.: Изд-во МГТУ, 2001.

Zhao Xiaojing

УДК 681.3

DEVELOP A SENSE OF OWNERSHIP, AND INNOVATION DISSEMINATES

1. Introduction.

This paper will relate innovation theory to the on-going EFL innovations in East China Jiaotong University (ECJTU[1]) in an attempt to illustrate the key factors of management expertise that the writer perceived as contributing to the success of change in this project. Being one of the teaching staff as well as a board member of the project in ECJTU, the writer of this paper was personally involved in the promotion and the design of the project during the preliminary stage, thus has a full understanding of the context of this particular project.

In the following second section, this paper will explore the nature of change process illustrated in the diffusion literature and identify the key factors that has been known to be influential to diffusion of innovation; the third section will give an introduction to the context and the framework of the project being conducted in ECJTU; Section Four will shed light on the management expertise perceived as contributing to the success of this on-going innovation project; some practical strategy will be put forward in the final section.

2. My perception on the nature of change.

A review of the diffusion literature indicates a consensus that change is not a professional concept, but a natural part of the human condition. People are always reluctant to change in that, firstly, the impact of change in anyone's life is immensely complex. Change in one area of life is likely to have unexpected effect on other parts. As a result, people's reaction may often have little or nothing to do with the actual change itself, but may be conditioned by apparently unrelated factors. Secondly, the features of change are always disruptive, which poses a potential threat to people's established life format. (Hutchinson 1992:4)

My perception of people's inactive attitude towards change is that of psychological needs. People have a tendency to cling to what they have already been accustomed to. Any form of change is likely to be perceived as a challenge to those they are familiar with. In other word, people are afraid that change will break the balance of their life. If such balance broken, they feel that they lose control of their own life, that is, they feel a lack of ownership.

However, another side of the story is that change is manageable. A carefully-designed innovation may avoid depriving people of their needs for ownership. If one innovation is tailored to help people to build up a sense of ownership, chances are people will make great efforts to fulfil it, thus the innovation disseminates.

The essence of management, therefore, is to build up a sense of ownership among its adopters, or rather, a feeling of control of their own life. The rest of this section will give brief analysis to some diffusion theory which I believe to some extent is associated with the understanding of meeting people's psychological needs for a control over life.

Rogers (1995)'s research on the attributes of innovation, which is based on a cross-disciplinary analysis of 1,500 innovation studies and is most influential in the diffusion theory, list five attributes of innovations. They are (1) relative advantage, (2) compatibility, (3) complexity, (4) triability, and (5) observability. I consider all these five attributes as related to the fulfilment of human psychological needs:

The first element *relative advantage* takes into consideration the basic human needs of well-being. It is natural that people will be more willing to adopt things that have potential benefits to them, either in the form of economic profitability, or social prestige, or other way. Since different people may have different perceptions

[1] East China Jiaotong University, the university where the writer is teaching in.

[2] Some researchers distinguish the term "change" from "innovation", claiming that the former occurs spontaneously, while the latter involves deliberate alteration (White 1988). This paper, however, decides to use them as synonyms.

on the same things, it is up to the change agents to identify the potential benefits for those adopters. *Compatibility* refers to the human needs of being remain secure and stable. Human tend to accept something that is more familiar. They can only add a limited amount of novelty to their established life format. Any innovation that is regarded as incompatible to the existed values or ideas will be perceived as a threat to their normal life will be refused, either overtly or covertly. All the other three features, including *complexity*, *triability* and observability, have something in common. Among them, *complexity* is negatively related to the rate of diffusion, while *triability* and *observability* are positively related to the rate of diffusion. Whatever parts they play, they refer to the same aspect of innovation - people's perception of feasibility and operability. If an innovation is perceived as more comprehensible and operable, people will be more confident in adopting it. The reason may be that once people successfully finish something, chances are that they will have a kind of self-fulfilment, an important feeling that certainly meets their psychological needs. Any innovation that is perceived as too complicated for them to control may add uncertainty to their existing life and certainly pose threats to their sense of ownership.

Another framework worthy of mentioning here is that of Markee (1997)'s theoretical framework for understanding innovation, including who adopt what, where, when, why and how? It points out the different roles played by different participants (*who*); it divides adoption into four evaluative phases of decision-making - people need firstly knowledge about the innovation, then the value of the innovation should be clarified, after which preliminary and final decisions will be made(*adopt*); it provides a definition of curricular innovation and point out that basically, innovation is a managed process (*what*); instead of positing culture as a separate variable, it suggests a variety of interrelated culture (*where*); it presents a diffusion curve concerning a quantitative definition of diffusion time, indicating that there are five different adopters - innovators, early majority, late majority and laggards (*when*); it gives an explanation to reasons why the adoption behaviours vary (*why*); it gives respective evaluation to five different approaches to effecting change, including the strategies of change, and the leadership style that are typically associated with them (*how*).

My perception of Markee's framework is as follows: the first task a change agency must bear in mind is to recognize people - the participators of the innovation (*who*). The next step is to analyze their social status and the roles they will play in the innovation. The main task for an innovator at this stage, is to remind people the potential benefits the innovation will bring to them. If people perceive the change as beneficial to them, they will be more willing to *adopt* change. I relate this point to Rogers' relative advantage. The strategy is to trying to understand people and satisfy their needs. With this in mind, the aspect of *what, where* and *when* become more perceivable. People's perceptions toward change are different, so is their reaction to change. Some people may adopt change earlier than other people. Besides other possibilities, the different social-cultural context (*where*) may account for such difference. As is pointed out above, it is the change agents' responsibility to identify the relevant situation, and add meaning to the following change in order to effect innovation.

Markee (1997)'s analysis on the five diffusion models is more revealing: *The Social Interaction Model* attaches much weight to communication. Once the knowledge of innovation spreads, either from person to person or from community to community, diffusion will happen.

Center-periphery Model makes use of a "power-coercive" strategy of change. Instead of creating initiation from people, change agents adopt a "mechanistic" leadership style and tend to force rapid change with sort of position power. The doomed failure of such approach lies in the fact the lack of ownership may induce covert resistance which prevents the diffusion from long-lasting and self-sustaining.

Research, Development, and Diffusion (RD&D) Model has acquired much prestige in educational and social science. Based on the change agents' status as experts, this model relies on an "open-mechanistic" leadership style. The disadvantage of this approach is that it mistakenly assumes that rational argument to be sufficient to persuade potential users to accept change and ignore the more important factors such as social-cultural constrains, systematic and personal factors and attributes of innovation etc.

Problem-solving Model considers change as bottom-up rather than top-down phenomenon. In this approach, the ownership enables teachers to act as change agents, in other words, teachers are encourage to use their own experience to critique

what happens in their classrooms and diagnose how they want to solve it. Such change, derived from the change in ideology, will be long-lasting and sustainable.

The Linkage Model advocates "situational leadership", which means change agents should take the specific context into consideration and adopt a proper approach to promote change.

All these analyses point to the same direction that an ideal model is one that tries to turn its adopters into change agents. In this way, a sense of ownership is build up. The more they feel a sort of ownership, the more teachers' initiation will be aroused and the more effective the diffusion will be. Once again this analysis confirms the importance of meeting people's psychological needs, that is, to build up a feeling of ownership or to promote a control over their own lives.

In the next section, I would like to give a detailed introduction to the background of the on-going EFL innovation in ECJTU with a purpose to identify the diffusion model of it.

3. The diffusion model of the EFL innovations in ECJTU.

Nowadays in China, there is a widely-accepted dissatisfaction that the EFL courses and teaching methodology is out of date. Looking back on the educational history, Chinese government attached much importance to the improvement of people's foreign language proficiency. Large sums of money were invested in training EFL teachers and establishing technological equipments in educational units of all levels. English was required as a compulsory course all through the educational years, that is, English was a credit course from the third year of primary school to post-graduate education. However, all these efforts and investment didn't achieved expected results. The outcome of teaching English as a foreign language, as is pointed out by educators and learners, is deviated from the objectives of FLT educational system! A case in point is that a typical Chinese student, after having received formal instruction of English for more than ten years, simply failed to communicate with English native speakers[3]. As a result, there are strong pressures from society calling for EFL reform, and demands for something significant to happen. It was high time for curricular innovation.

Consequently, Chinese Education Department (CED) issued a document with regard to a nation-wide collegiate EFL curricular innovation. Four prestigious Chinese EFL publishing houses were entrusted with the promotion of this large-scale reform. Teaching materials were developed to promote a heuristic style of learning as well as student involvement; electronic versions were produced to encourage the use of multimedia equipments in the classroom teaching, i.e., the use of computers, microphones and slides projectors; web-based EFL learning platforms were presented to facilitate students' autonomic study. In the beginning of 2004, 108 colleges and universities around the country[4] voluntarily designed the innovation projects of their own and were finally accepted by the Educational Department as the pioneer participators of this reform.

The qualification of ECJTU as one of the pioneers, was actually approved by Higher Education Press (HEP), one of the four publishing houses mentioned above. Consequently, ECJTU automatically became a customer of HEP and would make use of the teaching material and web-based learning platform developed by HEP.

Here I place the innovation model in ECJTU into RD&D Model. The characteristic of this model is that it involves a division of labour, with a clear separation of roles and functions, among which the role of the consumer's role is seen to be a passive one[5] (White 1988). One thing I must point out here is that the diffusion model here reminds me the diffusion of notional-functional syllabus in the late1970s and 1980s. In diffusing notional-functional syllabus, tasks were sequentially carried out by different groups of specialists. (Markee, N. 1997). Likewise, in defusing this computer-based language teaching curricular, expert material writers were committed to compile new textbooks; computer specialists took the responsibility of developing complementary software and web-based autonomic learning platform; finally the task of implementing these new materials was handed over to teachers.

[3] They may have a good command of English grammar and structure.
[4] This amount accounts for approximately one fourth of the universities in China.
[5] This point will be referred to again in the following section.

Another aspect indicates that this diffusion model resembles that of notional-functional syllabus is that they both rely on eminent publishing houses to disseminate the innovation. The enormous commercial interests, the over-whelming needs for curricular innovation, plus the established successful model to follow, seem to guarantee that this time Chinese EFL curricular innovations will be effective and fruitful. But will they?

Being a teacher in ECJTU, a university located in a backward province, I am not informed enough to provide detailed evaluation on the nation-wide innovation. Instead, I will devote the following of this paper to the evaluation of the EFL innovation project being conducted in ECJTU with the purpose of presenting it as a miniature of the whole programme.

4. My perception of management expertise contributing to the success of ECJTU project.

The prestige of the on-going innovation project in ECJTU is obvious: the textbooks and the complementary teaching facilities are developed by specialists. Therefore, it is reasonable to assume that these products are theory-based and of high quality; considering that there is a general demand both from teachers and from students on an EFL reform, my assumption is that they are all ideologically prepared for a kind of change; the support from the Chinese Educational Department indicates that the innovation is authorized and irresistible.

Here I place the innovation model in ECJTU into RD&D Model. Despite the advantages listed above, there are some disadvantages of this model which are open to criticism. Dissatisfaction comes from the fact that this model, like center-periphery one, relies on top-down approach and simply impose the change on people. Such "user-proof"[6] approach, as is suggested by Fullan (2002), typically result in feeling of anxiety, discomfort and struggle (Fullan 2001:30). Will such lack of ownership block the diffusion?

In ECJTU, diffusion seems to spread without any obstacle. Materials are purchased and put into use in the classroom; computer-assisted teaching takes place of the traditional instruction with the application of chalks and blackboard; classroom instruction hours are cut down and students are encouraged to carry out web-based autonomic study after class. But does all this indicate that the innovation disseminates well? I suspect that this is not necessarily the case. The problem is that the lack of ownership will result the lack of initiatives.

I would like to refer to Doukas (1998)'s framework on the levels of change in education in order to have a deep insight into this case. Doukas (1998)'s framework points out that pedagogical innovation involve change at three levels: (a) change or revision of teaching materials, syllabi or curricular; (b) changes in teacher behaviour, e. g. new techniques, approaches or activities; (c) changes in beliefs and principles underlying new materials and approaches. He insists that change must occur at all three levels to make a great difference in the classroom and on students, or else the chances of achieving the expected outcomes of the innovation will become drastically reduced.

Admittedly, the RD&D model works well on level (a) and level (b). Changes do happen on revision of teaching materials, curricular and teacher behaviour, it seems that the lack of ownership will not affect the diffusion of innovation. But beside all these tangible things, what about the most important level, the change of teachers' beliefs and principles underlying them? Do teachers' beliefs and values change as well? Considering the top-down nature of RD&D model, I may draw a conclusion that without further efforts made by the change agents, chances are Level (c) change of innovation will never happen in ECJTU. Without the Level (c) change, the innovation will remain superficial and will never become a long-lasting and sustainable one.

Referring back to Markee (1997)'s framework reminds us that teachers are key players in educational innovation whose role is by no means ignorable. Sarason (1990, cited in Doukas 1998) is right when he points out that there is a naive assumption on the part of curriculum developers and policy makers that a change in policy automatically leads to a change in practice.

Demand from teachers on further educational reform doesn't mean that an innovation with good purpose will diffuse automatically. Teachers' expressed attitudes towards change may not confirm to their actual action. In fact, according to Kennedy C. and

[6] Markee 1997:66.

Kennedy J. (1996), teachers' expressed attitudes towards change may be contradictory to their actual behaviour! Although teachers have positive attitudes toward change, there are various factors that deter them from actually adopting it.

As far as teachers in ECJTU is concerned, they must attitudinally in favour of the EFL innovation for the following reasons: they understand that the existed methodology and curricular are out of date, as is indicated above; they are looking forward to something inspiring in the classroom, i. e. new teaching style; the introduction of computer-aided teaching and the decrease of instruction working hours per class will certainly help to liberate them from too much workload about which they always complain. However, the positive attitude does not necessarily reflect their action. When the innovation is put into practice, it may suffer various practical problems: those who are familiar with the old textbooks may complain that they have to spend much more time preparing the new material; some may think they lack the skills and knowledge to operate the new equipment; some may doubt the effectiveness of web-based autonomic study; some may even think that the introduction of computer-aided teaching is a threat to the teaching position they hold! There will be a long list of dissatisfactions they express, in spite that the hidden cause of all these complaints may be that change is destroying their established life style and threatening their control over life!

Without proper management, too many obstacles will most probably form a destructive power to override any positive attitude, a phenomenon that has been pointed out by Kennedy C. and Kennedy J. (1996). Likewise, Doukas (1998) point out two possibilities of teacher's behaviour, one is that teachers exhibit a token adoption whereby they profess to have changed their practice but in reality carry on as before. The other is that teachers wholly or partly resist or reject or transform the innovation.

Once again, I must point out that change is manageable. As a change agent, one must be aware and sensitive to these factors and prevent the duplication of such problems. With the particular case in ECJTU, to effect change, one must promote a kind of ownership among the teachers. But how?

5. Strategies to promote ownership in ECJTU.

The features of RD&D Model plus the centralized educational system seem to indicate that the role teachers in ECJTU play have to be a passive one. It is true that through this approach, most teachers are not entitled to make the critical decision on whether to adopt the innovation or not. Some chief teachers, including the head of the English Department and the other four board members of the project made the decision of adopting the innovation and help to design the process of change. They are quite confident of what is going to happen. There may be no ownership problem for them. But for the rest of the teachers, as is pointed out, change is imposed on them and they have no access to the detail of the innovation. Such painful unclarity[7] will result in a feeling of insecurity, a loss of ownership and worse still, a kind of covert resistance to change.

In order to ensure a long-lasting and self-sustainable innovation, the change manger, in this case, the head of department and the board members have to make every effort to build up a sense of ownership. The first strategy I may suggest here is concerned with teacher training. Teachers should be entitled to a full understanding of the objectives and principles of the innovation and the means of its implementation (Doukas 1998). In doing so, teachers will feel a control over what is going on. This is also a way to reduce people's perceived complexity of the innovation. In the on-going innovation project in ECJTU, teacher training must also include the operation of the equipment. Only when teachers become skilled and confident in using a new idea and new technology will a sense of ownership develops (Huberman and Miles' 1984, cited by Doukas 1998).

Another strategy deals with Rogers' *relative advantage*. The change managers in ECJTU must reinforce the idea that the adoption of the innovations will bring about with them a sense of well-being. One point is that people may have different conception of the state of well-being. In ECJTU, some of the staff attach more weight to financial gain; some may be afraid of the increased workload; some may need a kind of

[7] This term is pointed out by Fullan and Steigelbauer (1991, cited by Doukas 1998). Another term is false clarity, which is also a source of non-change.

"psychological rewards" of group membership (Blackler and Shimmin 1984, cited by Hutchinson 1998). In fact, innovation in ECJTU has been designed to meet the needs of various people: workload has been reduced but the salary remain the same[8]; the help of computer has helped to reduce teachers' workload and enable them to spend time on research; most of the chief teachers in the department are in favour of the innovation and are personally involved. To participate in the innovation certainly results in a kind of group membership. It is up to the change mangers to identify the particular needs of particular people and reinforce such ideas of *relative advantage* to them. If an innovation is believed to contribute to the individual benefits of the teachers, it will become an innovation of their own. Such beliefs[9] will certainly be transferred into a power strong enough to push the innovation into a continuous one.

The final strategy, maybe the most important one, is to allow people to make decisions during the process of its implementation. One possibility is that teachers will assemble regularly to discuss about the problems they encounter during the process in an attempt to find some solutions. As is pointed out by white (1988), it is important to recognize the widely observed tendency of innovation to be modified during the dissemination and adoption process. This strategy encourages the teachers to participate in the problem-solving process, which I believe is the best way to promote a sense of ownership.

6. Conclusion.

So far, this paper has shed light on why and how people are unwilling to change. Some diffusion theory and innovation framework has been illustrated to explain my perception on innovation management. One aspect of people's psychological need is regarded as the most important factor to promote change, that is, to develop a sense of ownership among adopters. I analyse the diffusion model of ECJTU and put forward some management strategies to build up the sense of ownership and to effect change in this particular project. Finally, I would like to conclude this paper with my conviction that with the careful design and a skilful management, the on-going EFL innovation in ECJTU will develop into a meaningful and sustainable one.

REFERENCES

1. Doukas, K. K. Managing evaluation and innovation in language teaching: building bridges. London: Longman, 1998.
2. Fullan, M. The new meaning of educational change (3rd Edition). London: Routledge Falmer. 2001.
3. Hutchinson, T. The management of change. The Teacher Trainer, 23/1,1992.
4. Kennedy, C. Evaluation of the management of change in ELT Projects. Applied Linguistics, 9/4,1988, 329-342.
5. Kennedy C. and J. Kennedy, Teacher attitude and change implementation. Mimeo: CELS, University of Birmingham, 1996.
6. Markee, N. Managing curricular innovation. Cambridge: Cambridge University Press,1997.
7. Rogers, E. M. Diffusion of innovations. New York: Free Press,1995.
8. White, R. The ELT curriculum: design, innovation and management. Blackwell, 1988.

[8] In ECJTU, part of teachers' salary is awarded by calculating the teaching hour and the size of the class they teach. Those who teach a larger class will earn more than those who teach smaller ones. During this innovation, the size of class decreased, but teacher's salary remains unreduced. This is designed to be a way to encourage change.

[9] However, I must remind here teachers' belief is not measured by words but by action. Observation of the classroom is an advisable way to measure teacher attitude, as is revealed by Kennedy C. and Kennedy J. (1996).

Liu Xian

УДК 339.5:656.2.073

THE BASIC CONCEPTION OF RAILWAY CREDIT TRANSPORTATION AND ITS EVOLUTIVE VARIETIES

INTRODUCTION.

In international trade or domestic trade, no matter which, there is a contradiction usually: seller persisting in to send out goods after receiving payment, meanwhile buyer persisting in to send out payment after receiving goods. In international trade, especially in Chinese foreign trade, in order to solve the problem, L/C (letter of credit) pattern is adopted often, although its costs (capital and time) are very high. In Chinese foreign trade with Russia, because of the link difficulty between banks of the two countries, L/C pattern is adopted rarely. It is a serious problem that can't be evaded—-how to come to a trust each other. In domestic trade, owing to the divergence of sending out payment at first or sending out goods at first, the examples (negotiations coming to a deadlock and drafted businesses to be canceled) can be seen often. Sometimes relative persons even are drawn into complex law litigations, expending much energy and time to recover payment or goods after send out goods or send out payment.

In order to settle the widespread question, railway department could attempt to adopt credit transportation.

1. THE BASIC CONCEPTION OF RAILWAY CREDIT TRANSPORTATION.

The basic conception of railway credit transportation is that buyer and seller sign commerce contract, in which railway department is appointed as the carrier and the middleman of commerce business. Buyer pays in advance part cargo payment to railway department as performance guarantee. Generally, the guarantee is received temporarily by the station that cargo arrives at (in buyer's place), then, the station at that cargo is sent out (in seller's place) notifies seller that the guarantee already is received. Further, seller sends cargo to station so as to transport it. When cargo arrives, buyer must pay all other cargo payment at first to the station that cargo arrives at, then he can pick up the cargo. Meanwhile, in commerce contract it is stipulated that seller should offer some performance guarantee to the station from where cargo is sent out, to ensure that seller will send out cargo as agreement.

As carrier and middle man of commerce trade, railway department guarantees for seller that before receiving all payment cargo will not be allowed to go (unless seller allowing cargo to go), meanwhile, guarantees for seller that after receiving all payment and to let cargo go, all payment will be delivered to seller as soon as possible. On the other hand, railway department guarantees for buyer that after receiving all payment cargo will be allowed to go of course, meanwhile guarantees for buyer that all payment paid in advance will be returned to buyer if seller not sending cargo, further, buyer can get performance guarantee of seller through middle man. If seller sends out cargo after agreed time and buyer is willing to receive the late cargo, railway department detains part performance guarantee of seller turning over to buyer. If buyer doesn't take cargo over without suitable reason, his performance guarantee will not be returned, but to be used for cargo management afterwards (reselling cargo and compensating seller's loss).

2. THE BENEFICIAL CONDITIONS OF RAILWAY DEPARTMENT TO DEVELOP CREDIT TRANSPORTATION.

2.1 the Beneficial Conditions of Chinese Railway Department to Develop Domestic Credit Transportation.

Because of its strict rules and regulations of financial management, its advanced means of internal information delivery, its excellent society trustworthiness, Chinese railway department owns full conditions to serve as middle man of commerce trade between seller and buyer, so as to promote the completion of domestic commerce trade. The railway web that is being improved day by day and the national economy increase of high speed provide ideal base for the development of

railway credit transportation. The need for trade trust and financial trust of all society is strong catalytic promoter to develop railway credit transportation.

2.2. The Beneficial Conditions of Chinese Railway Department and the Railway Departments of Other Countries to Cooperate to Develop International Railway Credit Transportation.

China had already joined <Agreement of international railway through transport> (its members including Russia, China, etc.) in 1954. There is pleasant cooperation relationship among the members for a long time. Some content of credit transportation may be increased into <Agreement of international railway through transport>. Continent bridge transportation could become the hotbed of the development of credit transportation. It is possible for China - Kyrgyzstan railway and China - southeast Asia railway (pan Asia railway, existing three plans - eastern, middle and western plan) to be constructed and to be put in use before long term, so, credit transportation could be developed in larger scope. If the situation of eastern Europe could become more stable and the relative countries of Europe and Asia could revise and merge the two international railway cargo transportation law systems - <Agreement of international railway through transport> and <Convention concerning international carriage of goods by rail> (its members including western Europe countries and part countries of the Middle East and northern Africa, etc.), the advantages of railway transportation across Eurasia will become more obvious day by day (shorter way, faster speed, not to wait for shipment, not to change in port, no sea storm, lower transportation fee and other fee, etc.). The European Union already become largest international economy and trade cooperation partner of China. After Russia joins WTO, its relative rules and regulations will link to international standard further. So, the conditions are becoming more and more ripe for Chinese railway department and other railway departments of many countries to cooperate in credit transportation field.

3. THE EVOLUTIVE VARIETIES BASED ON THE BASIC CONCEPTION OF RAILWAY CREDIT TRANSPORTATION.

3.1 Domestic Through Credit Transportation.

If through transportation (including railway transportation in it) is adopted in domestic cargo transportation, railway department could develop domestic through credit transportation with other departments of ocean transportation, of inland river transportation, of aviation transportation, of highway transportation together as general carrier.

3.2. International Railway-Ocean, Railway-Aviation Through Credit Transportation.

When Chinese railway transportation is developing at a amazing speed, some Chinese ocean transportation corporations and aviation transportation corporations is leaping to super corporations of the world quickly. Ocean transportation corporations and aviation transportation corporations of other countries grasp opportunity to expand business in China too. Similar to Chinese railway department, many large ocean or aviation transportation corporations of China or other countries with excellent honor own huge invisible wealth—the trust by all society and the rather perfect management mechanism. In many through transportation, the land, ocean and aviation carriers could unite together to develop international railway-ocean\ railway-aviation credit transportation as general carrier. The perfect financial management mechanism of large ocean and aviation transportation corporations, the expansion of the scale of international multimodal transport, the perfection of dialogue channels among countries, the demand for diversification of international trade settlement, the mixed management trend of transportation agents, all above will become the powerful catalysts to develop international credit transportation.

3.3. Railway Credit Transportation with the Reduction of Performance Guarantee or with the Reduction of Cargo Payment Defrayed in Advance.

If seller is fully trusted by buyer, it is possible for seller to be excused all or part performance guarantee that should be delivered to carrier in the basic conception. If buyer is fully trusted by seller, it is possible for buyer to be excused all or part cargo payment that should be delivered to carrier in the basic conception before cargo to be sent out. If seller and buyer are fully trusted each other, it is possible for seller and buyer both to be excused all or part performance guarantee or cargo payment that should be delivered to carrier in the basic conception before cargo to be sent out.

The kind of railway credit transportation (in which the performance guarantee or cargo payment paid in advance is excused or is reduced)

could fit the reality of strong buyer's market or strong seller's market.

After performance guarantee or cargo payment that should be defrayed in advance to be excused or to be reduced, the promises and duties of carrier (he is middle man of commerce trade also) will be excused or reduced the same degree also. Carrier will not control the breakage of contract by means of performance guarantee or cargo payment defrayed in advance. The duty of carrier is only to transport cargo and to take in and to defray cargo payment as agent.

3.4. Buyer Railway Credit Transportation.

Usually, conventions should be adopted in railway credit transportation, to pay freight in advance and by seller (the man send out cargo). The seller should go to carrier to commit railway credit transportation (the way of seller railway credit transportation). But, in some situations, the way to pay freight after cargo already arriving destination could be adopted, the buyer should go to carrier to commit railway credit transportation in advance, to pay freight when cargo is picked up (the way of buyer railway credit transportation). Because cargo (as well as performance guarantee and part of cargo payment) is controlled by carrier of railway credit transportation, the risk of carrier in railway credit transportation is not very large.

3.5. The Railway Credit Transportation in Which the Relative Rights could be Transferred.

If buyer wants to transfer cargo, the railway credit transportation in which the relative rights could be transferred and the transportation documents with transfer function can provide relative convenience. The transfer could be carried out by means of special endorsement or blank endorsement. The party transferring cargo receives part of cargo payment (generally, about the part delivered to carrier in advance by buyer), then surrenders transportation document that already is endorsed. The party receiving cargo should pick up cargo after paying else payment to carrier.

If it is necessary, seller could transfer his rights (to get cargo payment in railway credit transportation) to other side. The way could be used as a method of settlement or debt clearing off.

3.6 Railway Credit Transportation in Which the Relative Rights could be Mortgaged.

If the transportation time is too long, meanwhile, seller want to quicken capital turnover, the rights (to get cargo payment in railway credit transportation) could be mortgaged to some financial institutions or other enterprises, to realize capital facility. Similar, when buyer wants to quicken capital turnover, the rights (to pick up cargo in railway credit transportation) could be mortgaged to some financial institutions or other enterprises, too.

3.7. Railway Credit Transportation in Which the Relative Rights could be Discounted.

When seller need cash urgently, the rights (to get cargo payment in railway credit transportation) could be discounted, seller get cash which should be deducted service charge and interest already and the rights to be turned over to financial institution who should pay cash for the rights.

3.8. Railway Credit Transportation with Commodity Certification.

When seller is asked to provide commodity certificate, the carrier in credit transportation could transfer commodity certificate to buyer, as one of the exchange conditions of carrier to get all payment. Commodity certificate could be delivered as the appendix of transportation documents together with cargo. Compared the way to post or to deliver commodity certificate to buyer directly, the advantage of the way to deliver commodity certificate by carrier is that seller could provide commodity certificate to other buyer at suitable time, to make separate arrangement to sell cargo, if buyer refuses to defray cargo payment and refuses to pick up cargo. As middleman, carrier will not give out commodity certificate (but the copy of commodity certificate could be give out) before all cargo payment is defrayed.

3.9. Double Directions Credit Transportation.

In international barter trade, the two parties involved in trade sometimes adopt the manner of counter letter of credit. But, there is rather limitations: sometimes: bank requires to frozen a certain number deposit of issuer as issue condition; sometimes bank asks for issue mortgage (to mortgage a certain marketable securities or intellectual property, like bond, patent, trade mark, etc., in particular cases); issue procedure is very complicated; the course of trade and exchange settlement is very slow. In that case, the manner of counter letter of credit could be replaced by double directions credit transportation. After signing contract, importer and exporter send out goods each other. One of the duties of general carrier (to be consisted by Chinese and foreign railway, ocean, aviation departments together) is not to collect cargo

payment for consignors as agent, but is to guarantee for two consignors (as well as consignees) at two ends of double directions credit transportation. The content of guarantee includes: if consignor at any end of double directions credit transportation sends out goods as agreement, he will be allowed to pick up the goods which is sent out by another party at another end. Generally, it is necessary to bind consignors at two ends by performance guarantee or part of cargo payment, but the money needed is less than the money needed in the manner of counter letter of credit.

If conditions are suitable, it is possible to develop domestic double directions credit transportation as a trial.

4. THE BANEFITS OF RELATIVE SIDES FROM RAILWAY CREDIT TRANSPORTATION.

4.1. the Benefits of Railway Department in Credit Transportation.

As carrier of credit transportation, railway department will get some reasonable intermediary fee apart from common freight. By intermediary business, railway department could enlarge transportation quantity. Transportation business and intermediary business both promote each other.

4.2. The Benefits of Cargo Owner in Credit Transportation.

4.2.1. The Benefits of Seller in Credit Transportation.

Seller could avoid the bad debt lose caused by another party in trade (the buyer) who maybe encounter insolvency, difficulty of capital running and difficulty of getting import license, who maybe meet with exchange control, who maybe owe money evil. Also, seller could save commerce credit investigation fee, could save time of managing financial procedures, could remove the harsh demand for bills of exchange settlement, could take up more business with less capital in shorter time.

4.2.2 The Benefits of Buyer in Credit Transportation.

Buyer could avoid the cargo payment lose caused by another party in trade (the seller) who maybe refuse to dispatch cargo, maybe to dispatch cargo less than agreement, maybe to dispatch cargo later than agreement. Also, buyer could save commerce credit investigation fee, could save time of managing financial procedures, could remove the harsh demand for bills of exchange settlement, could take up more business with less capital in shorter time.

4.3. the Benefits of Other Sides in Credit Transportation.

Commerce bank could obtain relative interests by providing credit security for credit transportation carrier (he is middle man of commerce trade also), by lending more trade loan easefully (preventing social capital to be stagnated in bank), by reducing bad debts, by reducing the risk of bank warranty, by mortgage loan based on transportation bill of railway credit transportation, by allowing seller to discount the rights and interests of obtaining cargo payment, by other financial measures.

Especially, comparing with L/C, D/P, D/A manners of international trade business, commerce bank will not undertake the duties to take in or out cargo payment, but will appropriate cargo payment as the instruction of carrier only. The income of single settlement business maybe reduce somewhat (risks and working quantity to be reduced too), but because of the smooth of trade channels, the increase of general trade amount, the speeding up of capital turnover, the general income of commerce bank in international trade settlement will raise.

Buyer could insure the credit risk of seller and seller could insure the credit risk of buyer too. Also, both could ask insurance companies to secure the credit of self to the other side. Insurance companies could enlarge ocean, land and aviation transportation insurance business and anticipated profit insurance business by credit transportation. Because carrier owns powerful means to control default, the credit insurance indemnity of insurance companies is reduced too.

The income of tax and fee of many departments (customs, commodity inspection and quarantine bureau, tax bureau, arbitration organ, store, telecommunication bureau, etc.) will increase as the raising of trade scale. In credit transportation, central bank could control the desire and amount of discounting cargo payment by adjusting service charge and interest of financial institutions, thus to adjusting social money circulation quantity at some degree. Here railway credit transportation provides a supplementary macroscopic economy adjusting means for countries.

4.4 Credit Transportation and the Whole Benefits of National Economy.

Credit transportation is favorable to reach the state of all cargo circulating as need, is favorable to raise employment rate, is favorable to

reduce the idleness of production ability, is favorable to cut down storage of goods, also, is favorable to strengthen and accumulate the commerce consciousness of all nationals to think highly of contract and to keep word.

5. THE LAW RELATIONSHIPS AMONG RELATIVE SIDES IN THE BASIC CONCEPTION OF RAILWAY CREDIT TRANSPORTATION AND ITS EVOLUTIVE VARIETIES.

In the basic conception of railway credit transportation and its evolutive varieties, apart from signing pure transportation contract with cargo owner as carrier, railway department also is involved into special law relationships as middle man of commerce trade (such as to ensure for consignor that not to let cargo go before getting all payment, to ensure for consignee that to let cargo go after getting all payment, etc.).

The quality of transportation documents to be used in railway credit transportation is unique. Generally, they should be considered as documents of part title (because consignee has paid already part of cargo payment, so, part proprietary of the cargo belongs to consignee). Only all cargo payment to be defrayed, can the transportation documents to be used in railway credit transportation and its evolutive varieties become document of complete title.

Because of exchange control on capital account, it is necessary for carrier to manage exchange cargo payment that is received in international railway credit transportation according to the national relative exchange management regulations.

6 CONCLUDING REMARKS.

The basic conception of railway credit transportation and its evolutive varieties represent a new development direction. To develop the basic conception of railway credit transportation and its evolutive varieties need not to invest much capital to build hardware like railway lines, warehouses, stations and communication apparatus etc. Only to make use of existing conditions, by the dual status (the carrier and the middle man of commerce business), to dig tremendous (but to be ignored) invisible resources and potential (the trust of all society, the efficient financial settlement web and information delivery web, etc.), can railway departments (as well as many other partners) of many countries get very considerable economical efficiency. It could be expected that the basic conception of railway credit transportation and its evolutive varieties which concentrate transportation, trade, finance three businesses to one will be paid close attention to by all society because of its inherent rationality, superiority, originality, also, it could be expected that the basic conception of railway credit transportation and its evolutive varieties should be perfected progressively, should get extensive application meanwhile.

REFERENCES

1. International Chamber of Commerce. *INCOTERMS,2000*.http://www.law-lib.com/law/law-view.
2. The Standing Committee of the NPC. (1990). *The PRC Railway Law,* http: // www. people. com. cn/zixun.
3. The Standing Committee of the NPC. (1999).*The PRC Contract Law.* http: // www. zgbxb.com/contrac_gb.htm.
4. The Standing Committee of the NPC. (2001).*The PRC Trust Law.* http: // law. cein. cn/2.1/xintuofa.htm.
5. The Standing Committee of the NPC. (2002). *The PRC Insurance Law.* http: // www. chinaacc.com/new/63/69.
6. The Standing Committee of the NPC. (2004). *The PRC Credit Instrument Law.* http: // news. xinhuanet/zhengfu/2004-08.

Лонцих П.А., Елисеев С.В., Гутгарц Р.Д.

УДК 621.01(07)

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ И РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Международная организация по стандартизации (ИСО) определяет качество как совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности. Требования к качеству на международном уровне определены стандартами ИСО серии 9000. Одной из проблем современных предприятий является создание системы менеджмента качества, позволяющей обеспечить производство конкурентоспособной продукции. Существует прямая зависимость между системой управления качества, основанной на внедрение стандартов ИСО-9000, и системой обеспечения динамического качества, как составляющей всей, исходной системы, прогнозированием и диагностикой обеспечения систем качества [1]. Эта зависимость, прежде всего, определяется выбором критериев качества, удовлетворение которым является необходимым условием нормального, конкурентоспособного существования и эксплуатации рассматриваемого производства. Очевидным становится необходимость разработки системного подхода, выполнение анализа технического состояния и управления динамическими параметрами системы, позволяющей обеспечить заданные показатели ее качества. Разработка систем менеджмента качества, обеспечение качества продукции, включая новизну, технический уровень, отсутствие дефектов при исполнении, надежность в эксплуатации являются одним из важнейших средств конкурентной борьбы, завоевания и удержания позиций на рынке. Обеспечение качества является проблемой, решаемой на уровне всего предприятия и персонала, что соответственно требует системного подхода к ее решению. Организационные основы формирования такого механизма заложены в международных стандартах ИСО серии 9000, определяющих требования к системам менеджмента качества. В условиях современного рыночного производства, в котором контроль качества продукции и услуг осуществляют потребители, конкуренция усиливается, а цикл продукции становится короче, меняются отношения к входному и инструментальному контролю и обоснованию внедрения систем менеджмента качества.

Для обеспечения качества изделий производитель должен предъявить доказательства того, что его продукция соответствует вполне определенным требованиям. При выходе производителя на рынок, необходимо обеспечить подтверждение качества производимой продукции, причем в том виде, какой наиболее устраивает покупателя. Поэтому производитель должен знать, какие документы, заключения каких органов будут необходимы и достаточны для потребителя. Сертификат на продукцию не дает потребителю гарантию того, что все производимое на этом предприятии будет иметь обещанное качество. Именно поэтому широкое распространение получили во всем мире внедрение и дальнейшая сертификация систем качества. Поэтому фирмы уделяют особое внимание обеспечению высокого качества продукции, устанавливая контроль на всех стадиях производственного процесса, начиная с контроля качества используемых сырья и материалов и заканчивая определением соответствия выпущенного продукта техническим характеристикам и параметрам не только в ходе его испытаний, но и в эксплуатации, а для сложных видов оборудования — с предоставлением определенного гарантийного срока после установки оборудования на предприятии заказчика. Поэтому управление качеством продукции стало основной частью производственного процесса и направлено не столько на выявление дефектов или брака в го-

товой продукции, сколько на проверку качества изделия в процессе его изготовления.

Сертификат на систему качества дает предприятию целый ряд преимуществ, он характеризует способность предприятия стабильно выпускать продукцию надлежащего качества, вполне может рассматриваться как один из факторов повышения конкурентоспособности, доказывает его надежность партнерам по бизнесу, в том числе кредитным организациям, банкам, которые охотнее предоставляют кредиты фирмам, имеющим систему менеджмента качества. Страховые фирмы отдают предпочтение таким предприятиям при страховании от ущерба за некачественную продукцию. Западные эксперты отмечают, что на европейском рынке в ближайшее время до 95% контрактов на поставку будут заключаться только при наличии у поставщика сертифицированной системы качества. Все это говорит о том, что управление качеством является новым шагом в развитии предприятий. И это не просто внедрение каких – то способов, приемов или схем, современное управление качеством – это новый подход ко многим вопросам, новое понимание сути процессов, философия качества.

Внедрение систем менеджмента качества предполагает существование инструментов качества. Наряду с традиционными инструментами качества развиваются статистические инструменты качества методы прогнозирования, в т.ч. методы, основанные на анализе трендов. Задача прогнозирования – предсказание будущих значений временного ряда на основании прошлых наблюдений. По виду решаемой задачи управления и обеспечения качества при применении методов математического программирования выделяют следующие подходы: линейное программирование, нелинейное программирование, стохастическое программирование. Существуют также методы, которые при решении задач оптимизации учитывают специфику этих задач. Такие методы превосходят по эффективности общие алгоритмы и их выделяют в отдельный класс методов для решения задач специальной структуры. Можно выделить следующие разделы: целочисленное программирование, квадратичное, геометрическое программирование, сепарабельное, дробно-линейное.

В настоящее время в экономике наблюдается тенденция, при которой такой показатель как качество играет одну из ведущих ролей в управлении производством продукции и ее последующего движения. В развитых странах управление качеством на предприятии притягивает особое внимание всех подразделений, которые влияют на качество выпускаемой продукции или предоставляемой услуги. Для лучшего взаимодействия и, следовательно, для более эффективного результата разрабатываются различные подходы к управлению качеством. Если говорить о перспективах, то это - освоение новых стандартов ИСО серии 9000, соискание Европейской премии по качеству, завоевание новых высот в качестве продукции. Понимание необходимости введения систем качества сегодня быстро растет в отечественной промышленности и наблюдается активность их внедрения. Прежде всего это касается систем по международным стандартам ИСО серии 9000. Использование принципов TQM, модели «Превосходство бизнеса» EFQM – «Business Excellence» и критериев Европейской премии качества» позволяют предприятиям участвовать в конкурсах на премии Правительства РФ в области качества. Известно, что различия между подходами систем менеджмента качества семейства ИСО 9000 и моделями совершенства заключается в их областях применения. Стандарты семейства ИСО 9000 содержат требования к системам менеджмента качества и рекомендации по улучшению деятельности; оценивание систем менеджмента качества устанавливает выполнение этих требований. Модели совершенства содержат критерии, позволяющие проводить сравнительную оценку деятельности организации, и это применимо ко всем видам деятельности и ко всем заинтересованным сторонам. Критерии оценки в моделях совершенства обеспечивают организации основу для сравнения ее деятельности с деятельностью других организаций.

Совершенствовать качество можно с помощью статистических методов – основных инструментов всеобщего качества (TQM). Одним из принципов TQM является то, что в основе принятия решений должны быть только факты, а не интуиция. Главные причины трудностей, возникающих при создании и обеспечении качества, – ложные представления и ошибочные действия. Чтобы различить, что ложно, а что ошибочно, нужно организовать процесс поиска фактов, то есть статистического материала. Сам по себе статистический материал, без обработки и анализа, не позволяет решить возникшую проблему. Вопросами сбо-

ра, обработки и анализа результатов занимается математическая статистика, которая включает различные методы, подходы, принципы. В соответствии с терминологией международного стандарта ISO 9000, процесс — совокупность взаимосвязанных ресурсов и деятельности, которая преобразует входящие элементы в выходящие. Задача трендового прогнозирования, как развития инструментов качества. предсказание будущих значений временного ряда на основании прошлых наблюдений. При этом, можно выделить две разновидности решаемых задач:

- недетерминирован общий закон изменения прогнозируемого процесса;
- общий закон изменения прогнозируемого процесса известен, однако неизвестны характеризующие его параметры.

Прогнозирование с помощью трендов — один из методов статистического прогнозирования. При прогнозировании тренд, в основном, используют для долговременных прогнозов. Точность краткосрочных прогнозов, основанных только на подобранной кривой тренда, как правило, недостаточна. В случаях, когда определение коэффициентов линейного тренда по методу наименьших квадратов не дает хороших результатов, целесообразно воспользоваться ROBUST-алгоритмами. Для проверки согласия построенной линии тренда с результатами эксперимента обычно вводят следующие числовые характеристики: коэффициент корреляции (линейная зависимость), корреляционное отношение и коэффициент детерминированности.

Перечисленные инструменты контроля качества— наиболее важная составляющая комплексной системы контроля TQM. При этом решается задача прогнозирования— предсказание будущих значений временного ряда на основании прошлых наблюдений.

При статистическом анализе, временной ряд разделяют на две компоненты: детерминированную и случайную[2],

$$x(t) = X(t) + \alpha(t),$$

где $X(t)$ — детерминированная составляющая, элементы которой вычисляются по определенному правилу как функция времени t;

$\alpha(t)$ — случайная, или иррегулярная составляющая. В экономических и технических приложениях детерминированную составляющую разделяют на три компоненты: тренд $Tr(t)$, сезонную компоненту $S(t)$ и циклическую компоненту $C(t)$, то есть

$$X(t) = Tr(t) + S(t) + C(t).$$

Под трендом понимается плавно изменяющаяся, не циклическая компонента, описывающая чистое влияние долговременных факторов, эффект которых сказывается постепенно. В управлении, образовании, менеджменте, экономике к таким факторам относят:

- рост населения, изменение структуры контингента абитуриентов и студентов;
- в инженерных, технических задачах к таким факторам можно отнести, например: Увеличение эффективной виброскорости на подшипниковом узле вследствие долговременного накопления повреждений (износа).

Прогнозирование с помощью трендов — один из методов статистического прогнозирования. Для получения адекватного прогноза необходимо выполнение следующих условий:

- временной интервал, для которого построен тренд, достаточен для определения тенденций.
- анализируемый процесс устойчив и обладает инерционностью;
- не ожидается сильных внешних воздействий на изучаемый процесс.

Т.о., получение прогнозных значений изучаемого процесса осуществляется путем подстановки в уравнение тренда $X(t) = Tr(t)$ значения независимой переменной t, соответствующей периоду упреждения (τ) . Полученный прогноз является средней оценкой для прогнозируемого интервала времени. Отдельные фактические наблюдения, как правило, отклоняются от расчетных, следовательно, подобные отклонения будут происходить и для прогноза. Поэтому определяется область, в которой с определенной заданной вероятностью следует ожидать прогнозируемое значение, то есть, вычисляется доверительный интервал.

Таким образом, представляется очевидным, что становятся актуальными анализ эффективности применения существующих инструментов качества и, выработка определенных критериев качества и удовлетворение им, прежде всего на машиностроительных и строительных предприятиях.

Как развитие инструментов качества следует рассматривать применение методов математического программирования. В основе математического программирования лежит математический аппарат решения задач оптимизации. Большинство практических задач, свя-

занных с оптимизацией качества сложных объектов, характеризуются многими критериями, причем выбрать из них один как целевую функцию, а остальные рассматривать, как ограничения не всегда удается. Трудности обусловлены противоречивостью критериев, их физическим различием, наличием случайных факторов, а также ограниченностью или отсутствием информации о структуре объекта и его функциональных внутренних взаимосвязях [3].

Исходя из изложенного, актуальным и необходимым становятся решение проблем внедрения систем менеджмента качества, прогнозирование, оптимизация инструментов и диагностика обеспечения систем качества.

Общий закон изменения прогнозируемого процесса известен, однако неизвестны характеризующие его параметры. Первый тип задач целесообразно решать при помощи трендового прогнозирования, второй — при помощи минимизации целевой функции, описывающей закон изменения процесса с использованием специальных алгоритмов. Таким образом, становятся актуальными анализ эффективности применения существующих инструментов качества, выработка определенных критериев качества и развитие новых инструментов качества, предназначенных для задач прогнозирования и оценки состояния систем менеджмента качества.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Лонцих П.А. Обеспечение качества, оценка и управление динамическими процессами технологической системы механической обработки // Материалы I научной конференции с участием зарубежных специалистов. - Москва, 2003.-С. 112-114.
2. Лонцих П.А. Оценка и управление качеством систем механической обработки. Материалы П международной конференции «Проблемы механики современных машин». Мин.образования РФ, РАН, Научный Совет РАН по проблемам машиноведения и технологических процессов. Улан-Удэ, 2003. С.87-91.
3. Лонцих П.А., Головных И.М., Малышева К.В. Управление качеством в автоматизированных производственных процессах. Материалы Международного симпозиума «Качество, инновации, образование и CALS-технологии», Хорватия, М. «Европ. Центр по качеству» 2005г. С.191-197.

Дмитренко А. В., Зяблова И. В.

УДК 504:621.6.33(98)

ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ НА ПЕРСПЕКТИВУ

В связи с изменением политической обстановки в мире, возникли новые транспортные связи, а это, в свою очередь, оказало значительное влияние на принципы развития мировой сети железных дорог на перспективу. В новых условиях создалась благоприятная возможность использования территории стран СНГ в целях обеспечения повышенных перевозок транзитных грузов по суше. Так, при перевозке по Транссибирской магистрали транзитных грузов из Китая в страны Западной Европы, вместо морского транспорта вокруг Азии, дальность их следования сокращается на 15-20 тыс. км. При этом будет ликвидировано по две технологических операции, связанных с передачей грузов с железнодорожного транспорта на морской и обратно. В результате резкого сокращения пробега транзитных грузов сокращается срок их доставки.

В новых условиях ставится задача создания международной железнодорожной транспортной сети, связывающей в единое целое все основные части света: Европу — Азию — Африку — Америку. Рядом авторов предполагается, что организация транспор-

тной железнодорожной связи через Берингов пролив позволит обеспечивать выполнение грузооборота более чем в 100 млн. тонн в год [4]. При этом предлагается использовать: Транссиб, БАМ и соединительную линию с Китаем. Однако, данное предположение вызывает, в свою очередь, ряд глобальных вопросов, например: какой должна быть при этом ширина колеи новой железнодорожной линии, проходящей по территории ряда стран; возможный порядок работы стыковых пунктов, где будет осуществляться перестановка колесных пар вагонов с колеи в 1435 мм на колею в 1520 мм и обратно.

Кроме того, данный путь развития мировой транспортной сети не учитывает ряда технологических факторов, которые окажут влияние на дальнейшие экономические показатели развития стран мира, в частности.

1) Изложенный план не учитывает, что в мировой практике для отдельных стран имеется неодинаковая ширина железнодорожной колеи. Так, в странах Западной Европы, Америке, Китае ширина колеи составляет 1435 мм, а в странах СНГ ширина железнодорожной колеи - 1520 мм. При этом следует учесть, что большая часть новых железнодорожных линий, в перспективе, будет проложена по территории стран СНГ.

2) В предстоящих планах рассматриваются преимущественно транзитные грузопотоки в широтном направлении между странами Западной Европы и Китаем, а также и Американским континентом. В то же время, значительная часть грузопотоков будет следовать с севера на юг.

3) Различные участки сети железных дорог, а также отдельные части территории России, расположенные в центральной части страны и на окраинах, будут иметь неодинаковую загрузку.

4) В связи с изменением в последние десятилетия климата на планете и значительным уменьшением ледового покрова в Северном Ледовитом океане, в перспективе, будет вступать в действие Северный морской путь. Появится возможность более рационального комплексного использования морского и сухопутного вида транспорта стран Северного полушария. В новых условиях становится целесообразным соединить железнодорожной сетью Транссибирскую магистраль с новыми портами на берегах Северного Ледовитого океана.

На основании вышеизложенного, в настоящей статье ставится задача оценки возможной ширины колеи при строительстве новых железнодорожных линий, вызванном увеличением перспективных объемов перевозок на континенте Европа — Азия, а также с учетом дальнейшего соединения железной дорогой России и США через Берингов пролив.

На рациональный порядок развития сети железных дорог континентов Европа — Азия — Америка или в целом мировой системы развития стран мира, значительное влияние оказывает характер **вагонопотоков**, которые будут функционировать на континенте Европа — Азия, с учетом перспективного развития стран мира.

Для перспективы необходимо обратить внимание на следующие факторы при усилении мировой транспортной сети, с учетом возможного развития экономики в целом всех стран мира:

А) Большинство стран мира расположено в Северном полушарии, а это в совокупности составляет до 70 процентов суши в целом для всего Земного шара. При этом кроме Гренландии, северных и восточных районов России и Канады, большая часть территории Северного полушария используется рационально, на ней в значительных объемах функционирует промышленность и имеется развитое сельское хозяйство.

Б) Около 90 % населения планеты проживает в Северном полушарии, где наиболее развита экономика. Поэтому в перспективе необходимо большую часть материальных средств направлять на осуществление более тесных транспортных связей между различными частями территории стран СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ.

В прошлом, морские просторы Северного Ледовитого океана были скованы льдом в течение большей части года. Данная территория прилегающих морей, за исключением Баренцева моря, была несудоходной. Большая часть северной территории Канады и России оказалась неосвоенной. Поэтому в пределах Северного Ледовитого океана до

настоящего времени грузопотоки практически полностью отсутствуют.

В перспективе, в связи с увеличением численности населения стран мира, а также с потребностью разработки новых месторождений полезных ископаемых, встала задача постепенного освоения северных территорий, а это в свою очередь, вызывает необходимость строительства новых железных дорог, с целью вовлечения в хозяйственный оборот стран мира.

Перспективные грузопотоки характеризуются особенностями, которые необходимо учитывать в эффективности развития транспортной сети стран Северного полушария. Кроме существующих потоков, здесь будут налагаться потоки грузов, которые с морского транспорта становится целесообразным передавать на железнодорожный.

В практической деятельности оказалось, что вследствие имеющих место различных климатических зон значительная часть грузов с одной части полушария направляется в другую. Так, грузы с севера (к примеру лес), направляются в огромных количествах на юг, где таковые отсутствуют. Обычно из одной зоны, грузы не следуют в данную зону. Так, лес не следует в больших количествах из районов Якутска в местность с большими запасами леса, например в Западную Сибирь.

В связи с имеющимися закономерностями в направлении перспективных грузопотоков будет иметь место неодинаковая степень загрузки магистральных железнодорожных линий, расположенных в различных частях мировой транспортной сети железных дорог. Так, транзитные грузопотоки, следующие с севера на юг и с запада на восток, будут пересекаться в центральной географической части континента Европа — Азия. Данный географический центр континента расположен в районе Красноярска — Новосибирска — Урала и южнее, в Казахстане. Перспективное пересечение повышенных потоков грузов в центральной части континента Европа — Азия потребует наличия резервов мощности транспортных линий, по сравнению с окраинами, особенно расположенными в отдаленных малоосвоенных районах.

Кроме того, следует учесть, что в перспективе, с передачей значительной части грузопотоков с морского транспорта на железнодорожный, возрастет поток транзитных грузов в центральной географической части континента Европа — Азия. Данное положение приведет к тому, что с целью освоения возрастающих объемов перевозок транзитные потоки грузов, передаваемых с морского транспорта на железнодорожный становится целесообразным пропускать по центральной части континента.

Следует также отметить, что данный центр, расположенный в районе Транссибирской магистрали и несколько южнее, имеет более благоприятные климатические условия, по сравнению с северными, более суровыми районами Сибири и Дальнего Востока. Поэтому, в центральной части континента, будут меньшие эксплуатационные расходы, связанные с пропуском новых повышенных транзитных грузопотоков. Следовательно, основную долю затрат, связанных с освоением возрастающих новых повышенных объемов перевозок, целесообразно направлять в центральную часть континента, т.к. именно здесь, затраты будут давать больший эффект от перевозочного процесса железнодорожным транспортом.

В создавшейся обстановке, для освоения новых месторождений, расположенных в северных районах России и Казахстана, следует строить новые железнодорожные линии в направлении от основной Транссибирской магистрали на север. Новые радиальные линии должны заканчиваться окраинами континента — в данном случае в морских портах Северного Ледовитого океана. Так, на север могут быть направлены следующие железнодорожные линии: от Абалаково до Игарки на север вдоль Енисея; от станции Решеты на Карабула и далее на север, а также от станции Лена на север. От Якутска линию нужно направить далее на восток до Магадана.

Такие радиальные линии обеспечат освоение, в промышленном отношении, лесных богатств и месторождений полезных ископаемых и самое главное — они обеспечат устойчивую связь всех транспортных магистралей континентов Европа — Азия, Америки с портами Северного Ледовитого океана. В

данном случае значительно сократится пробег грузов при их транспортировке по суше между странами континента.

Следует отметить, что наличие различной ширины колеи на пограничных станциях вызывает резкий рост эксплуатационных расходов. При этом значительно уменьшается пропускная способность пунктов перехода с одной страны в другую. Поэтому, с целью улучшения условий пропуска поездов и резкого прироста пропускной способности в сумме для параллельных железнодорожных линий, необходимо строительство новой двухпутной электрифицированной железнодорожной линии европейской колеи в 1435 мм параллельно Транссибу, направленную, от западной границы России на восток, для соединения с Китаем по узкой совместной границе в Алтайском крае.

Новая железнодорожная линия может быть построена по более прямой трассе, по сравнению с существующей Транссибирской магистралью [1. 2]. При этом будут сокращаться удельные капитальные затраты в ее строительство, так как при значительных резервах мощности локомотивов новая линия может быть построена в сложных условиях восточных районов страны с большей величиной руководящего уклона и с меньшей протяженностью трассы, по сравнению с ранее построенными — с большим количеством кривых участков пути, например Транссибирская магистраль.

Выполненные расчеты показали, что достаточно в центре континента, с запада на восток, построить только одну дополнительную международную двухпутную электрифицированную железнодорожную линию узкой колеи, как можно будет практически полностью обеспечивать погрузку грузов с любой станции Западной Европы и направлять её в любую точку Китая без дополнительных перестановок колесных пар вагонов на попутных пограничных станциях [2].

Строительство новой железнодорожной линии будет давать значительный эффект, в первую очередь от сокращения пробега грузов, как по сравнению с существующим вариантом, так и по сравнению с использованием морского транспорта. Данный эффект может быть получен в первые годы эксплуатации данной железнодорожной линии сразу с момента завершения ее строительства, в частности, на коротких участках пути (например от западной границы до Москвы или далее до Новосибирска).

Полученный в первые годы эффект от завершения строительства скоростной железнодорожной линии Европа — Китай сократит потребность суммарных капитальных затрат, связанных с последующим строительством новой железнодорожной линии в суровых условиях севера, например через Берингов пролив.

В последующем после начала соединения Западной Европы с Китаем, становится целесообразным, осуществлять строительство двухпутной железнодорожной линии узкой колеи вблизи Тихого океана из Китая в район Магадана и далее на Берингов пролив.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Аксененко Н. Е., Дмитренко А. В., Милованов И. А., Поздеев В. Н. перспективы развития транспорта при переходе к рынку // Ж.-д. трансп. 1993. №2. С.37 - 42
2. Грунтов П. С. и др. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 1994. - 542 с.
3. Дмитренко А. В., Климов А. А. Эффективность строительства новых железнодорожных линий узкой колеи на территории стран бывшего Советского Союза // Современные технологии. Системный анализ, моделирование. ИрГУПС. Вып. № 3. Иркутск. 2005. С.105 - 110.
4. Космин В. В., Позин В. А., Разбегин В. Н. На пути к мировой сети железных дорог. // Железные дороги мира. 2007. № 8. С.19 - 22.

Zhou Liping

УДК 378

AN ACTION RESEARCH ON HELPING STUDENTS OF SPECIAL MAJORS BECOME AUTONOMOUS LEARNERS THROUGH FORMATIVE ASSESSMENT

1. Introduction. "Action research is a very effective way of helping teachers to reflect on their teaching and to come up with their own alternatives to improve their practice" (Tsui 1993: 173). Action research encourages teachers to investigate their own teaching problems that they may not be aware of before, and engages teachers in a process of development and reform beyond merely making impressionistic judgment in class. Furthermore, action research integrates teaching and teacher's development, curriculum development and evaluation, research and philosophical reflection into a unified conception based on reflective practice, which is very helpful for teachers to improve their teaching reasonably.

The problem this article is working on involves how to encourage students of special majors to become autonomous learners through formative assessment. From the previous teaching experience, the author knows that many college students majoring in some special disciplines such as art, design and physical education (hereinafter called PE students) are passive toward to their English learning and the English teaching efficiency for this group students are not optimistic in the colleges. The reason for this result is: Firstly, because they have comparative poorer English foundation than other college students, the requirement for their college entrance is lower than students with other majors. Secondly, the teaching and assessment model and content for them are not suitable for their real situation. They have to be taught and tested according to the university's unified curriculum and evaluating system as other major students, which is not reasonable and practical for them. Because the students of special majors have much poorer principal knowledge, Such testing contents and system require much more than their real level. These tests can't reflect the students' real progress and achievement they make during their study. Students' motivation for English study can not be stimulated accordingly. Gradually, they loss their interest and autonomous intention in English learning.

In order to improve English teaching and learning for students of special majors, it is important for teachers to design creative teaching activities to let students be motivated in learning and to adopt proper assessment methods to evaluate and ensure students improvement and progress they make during their studying process.

This article describes the implementation of an action research conducted by the author with a class of college students majoring in physical education, trying to seek and explore a new English teaching and learning way for students of special majors. In this action research project, various teaching-learning activities and assessment methods have been designed to practice. students' autonomous and creative learning abilities have been developed a lot and both the students and the teacher get benefit from the new type of educating.

2.Term Explanations.

2.1 Action Research. Since the 80s, a new type of research conducted by teachers has come into educational area. It is called class teaching research. Action research as one of class teaching research methods has been accepted by many teachers.

Action research is the research of practitioner. During the process of action research, teachers are the designers, conductors, evaluators and users of the research. It advocates that teachers should undertake systematic observation and self-reflection for their own teaching action, should try to find out problems and determine measures to solve these problems. Teachers will examine and analyses datum, evaluate the effect, consequently find and point

out problems. Finally we can reach the aim of improving teaching method and teaching effect. Meanwhile, teachers can foster new teaching ideas and develop their teaching professional skills. Such research method has close link with teachers' teaching. Teachers can adopt general and practical methods on the base of their actual environment and conditions.

"Action research is a form of self-reflective enquiry undertaken by participants in social (including educational) situations in order to improve the rationality and justice of (a) their own social or educational practices, (b) their understanding of these practices, and (c) the situations (and institutions) in which these practices are carried out." (Kemmis & McTaggart,1982:5).

Action research frameworks reveal several common features. Kemmis and McTaggert (1988) suggest that the fundamental components of action research include the following:

-Developing a plan for improvement;

-Implementing the plan;

-Observing and documenting the effects of the plan;

- Reflecting on the effects of the plan for further planning and informed action. New knowledge gained results in changes in practice.

2.2 Formative Assessment and Summative Assessment. Summative assessment judges students' learning ability and teaching quality mainly by exam grades. It takes exam grades as the final judging standard. To some extent, it exaggerates mark's function. Obviously, this assessment is not a satisfied assessing method for training students' abilities of English learning and practicing. And in a great degree, it leads students to pay much attention to memorize and recite separate language knowledge, but ignore language application and communicative abilities. This assessment system also affects English teachers' initiation and creativities to seek ways of improving and reforming their teaching content and methodology.

Students' English learning abilities are various. We can't judge them just by marks. Comparatively, formative assessment has its advantage. It focuses on students real studying activities and tasks, such as communicative activities of written and spoken English, skill of problem solving and abilities of autonomous learning.

Formative assessment is carried out during the learning and teaching process. It evaluates students' conduction for the purpose of guiding and improving the process of teaching and learning. By formative assessment, we focus on the real existed learning process and the learning performance behavior, reflect our learning and teaching frequently and then make more achievement. Formative assessment records students' completed process of their learning and progressing, which will offers feedback to students to improve their study, help teachers get to know students learning conditions and then make their next-step teaching plan as well as students learning plan.

Formative assessment can be engaged in many forms such as symposium, interview, observation, judge and comment on student's studying report, analysis on test result, etc...

3.Description of The Teaching Situation and Planning Action.

The class engaged the action research consists of a group 40 sophomores majoring in physical education (PE) in East China Jiaotong University (ECJTU). They come from various parts of China and were admitted by ECJTU after they took the normal national entrance examination for college. Because their majors aim at physical education, and they are required superiority in some certain sports items. Relatively, their levels for other subjects are lower, especially for English. As a common situation in China, their entrance standard for college are lower than other normal disciplines.

So compared with other major college students, many students' English basic knowledge are poorer. Their English learning skills are also much weaker. Besides, PE students are more energetic, vigorous and active in their characters. and can't be so concentrated on class learning. So they are not used to the conventional English teaching models and hope English teaching and learning can be more flexible and the assessment can be more practical and acceptable vise to traditional way.

In such situation, we can't treat them the same way as other major students. Otherwise, we can't get satisfied learning results. We should take practical way to teach and assess these special major students so as to motivate them in English learning. Under such background, a class of PE students has to be chosen to implement the action research.

After making some preliminary investigations such as classroom observation, interviews with teachers and administrators,

questionnaire to students, the action plan begins to be in design. Firstly, a practical book is selected and then some learning strategies training assisted by specific instructions have been planed in action to help students build up their confidence in learning. Tasks based on the principles of fostering cooperative learning spirits, cultivating self-study capabilities, and developing competence in language use are also designed. At the same time, formative assessment is applied to the English teaching systematically, which would hopefully motivate the students intrinsically, and most important of all, help them to become autonomous learners.

The action plan is implemented in 12 weeks for a sophomore PE students. 10 kinds of activities are arranged to be undertaken throughout the 12 weeks to help students on their way to become autonomous learners through formative assessment. See (Tabl.1)

4. Reporting on Implementation of the Actions. Based on the action plan, the activities are implemented in a period of 12 weeks. Throughout the action research process, obtaining students' opinions, monitoring teacher's actions to meet their needs are the consistent procedures to achieve the goals of teaching . During the whole period, all students' performance and conduction will be recorded and evaluate accordingly and finally come into their main grades. The following are descriptions of the actions taken and the discussion of the results.

4.1 Collecting Opinions. Opinion Collecting is the first step of the action plan. Students' opinions on the English teaching are important for improving teacher's working and they need to be encouraged to be more actively involved in reflecting on the learning process. This is part of an essential quality of autonomous learners.

Some good suggestions are adopted and feedback is sent to students about the revised plan in accordance with their advices. Students get the hint that their opinions count, teacher would pay much attention to what they have suggested and would try to make the atmosphere in and out of class become more active and positive. Students are looking forward to participating in the coming teaching and learning reforms.

4.2 Oral English Practice. Speaking is the principal skill for students' English learning. Also it's the first step for mastering and applying English freely. Some activities to train students speaking ability are arranged in the action plan. Beginning from the simple information telling, activities for oral practice are carried out throughout the whole action research. 2 kinds of oral practice are mainly performed - one is daily oral practice and another is topic oral practice.

A 12 week Plan on helping the PE students on their way to become autonomous learners through formative assessment.

Tabl.1

Week Planned action	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Opinion collecting	*	*										
Oral English practice	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Practical writing	*		*		*		*		*		*	
Writing short thesis		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Creating portfolios				*	*		*		*	*		
English films		*			*			*			*	
Interview practice								*				
Making testing						*				*		
Teaching assistants			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Speech contest									*	*	*	
Date collected	Students' suggestion for English teaching, students' short thesis, writings, portfolios, daily working records											

At beginning of each class, 15 minutes for students to exercise oral practice are parted. During this time, students are encouraged to express their ideas or communicate daily information in English freely. The forms of practice are flexible. Students are very active and interested in participation. More or less they will try to say something in class and gradually their speaking ability has been improved much.

Students are also encouraged to organize some group talking on some topics which have something to do with the passages and also they are interested in topics such as sports events, pollution problems, continuing education, campus living, etc. They will make good preparation before talking. They have to collect relevant information, exercise words and sentences concerned and look up dictionary for some words and terms. Through such practice, students' autonomous learning abilities have been improved.

4.3 Practical Writing. Writing has been regarded as one of the most difficult skills for improvement among all the four skills. The main purpose of it is to provide a wide and imaginative space for students to communicate and thus to improve their language ability through writing in English. In the action, practical writing is arranged once every 2 weeks and some principles are followed as well:

(1) Devising interesting and practical writing tasks, which can attract students attention and arouse their interest, and may also help them enjoy the process of language learning (Grant 1987: 104).

(2) Connecting with the text books, assigning more authentic or semi-authentic writing tasks in order to get students to write with various style,.

(3) Suggesting 2-3 topics for students to write about and giving them more freedom to write on the topic they like.

(4) Giving encouraging comments while marking students writing exercises, providing quick feedback about students' writing, selecting some good works from students exercises and letting students to read and explain in class. Students can benefit a lot from the self-reflection and peer comments.

4.4 Writing Short English Thesis. Students are assigned to write a short thesis during the whole action plan. No limit for topics, they can choose whatever they are interested in. They are encouraged and guided to collect information from medium resources to support their thesis findings

Gradually students get to know more and more websites and can gather relevant information they need. Thesis writing also make the students think and discuss problem actively. More important that through the thesis writing, students know the format and structure of a research theses and know how to study themselves and how to collect data and information which lays bases for their future research or study.

4.5 Creating Portfolios. " Portfolios are collections of relevant work that reflect students' individual efforts, development, and progress over a designed period of time" (Spandel & Stiffins, 1990:6.9).

As formative assessment is introduced to the teaching. Dealing the writing assessment, students are guided into compiling and organizing their own portfolios.

The procedure employed in using portfolios for writing are as the follows:

(1) Sharing with the students some samples of the portfolios and brainstorm with them what they are going to do on their own

(2) Assigning a writing work to students every 2 weeks, mainly relating to the text and practical topics, allowing different writing styles and choices.

(3) Requiring students to finish their first and second draft before compiling their own portfolios.

(4) Teachers' comments, peers' comments and self-reflection are integrated into the formative assessment. Also the portfolios is submitted for summative evaluation at the end of the semester.

Students' portfolios have truly demonstrated their great potentials, creativity, responsibility of their own learning, when they can be fully motivated and properly assisted if provide proper opportunities.

4.6 English Films. Seeing English films is regarded as a popular and effective way for learners to improve their listening ability, contribute to the understanding of West culture, broaden their vision and raise their learning interest, etc. Connected with our text learning, some interesting and meaningful English movies are arranged every 3 weeks for the students. Each time after they see the film, an assignment is given to students: try to write a report or list some other more information about this film. Seeing films

does not only arouse students' interest and make classroom teaching vividly, but also provide students a stage to present themselves and consequently benefit from it.

4.7. Interview Practice. Interview is available everywhere in our daily lives. To practice and master interview skill is quite helpful for students. So an Interview practice is arranged for the students in the action. Some foreign teachers and students who have studied in America are invited to work as the panel, students are supposed to ask questions and communicate with the panel freely.

From the interview, students' motivation of learning English is stirred, they see the practical usage of learning English. They feel proud and excited when they can express their idea to someone in English.

For good efficiency from such interview practice, we should firstly make good preparation. Secondly teachers should lead the interview to some topics which are relevant to students lives and interests, and which they like to talk about.

4.8. Making Testing. In order to strengthen students' understanding to a test and get the first hand knowledge of designing a paper, Students are assigned to make an exam paper themselves in groups. They are encouraged to collect relevant materials and to recall or note down what they have learned and what are key points which should be tested, and how to design the paper with creative ideas.

Then a completed examination paper is made from students' papers for mid-term exam. When students do their own produced exams papers, they are experiencing an interesting exam and getting the idea about a paper design.

4.9 Teaching Assistant. For the purpose of encouraging students' participation and initiative in classroom activities, the teacher conducts tactics of teaching assistant. All students have chances to work as the teacher's assistants in turn. Their responsibility is to assist the teacher and their classmates to carry out and fulfill the week's teaching and learning. Teaching assistants will make preparation for the week's duty in advance. They will get familiar with the teaching content and discuss with teacher the teaching and learning methods. During the process of practice, their initiative studying abilities have been improved. Meanwhile, all the students show their harmonious coordination and understanding to the teaching assistants. Studying environment is also stirred alive.

In this way, students' interest for taking part in English class has increased greatly. Their final reports for their work also take an important part in teacher's evaluation for the class.

4.10 Speech Contest. In the end of the semester, there is an English Speech Contest held for students majoring in arts, design and physical education in our university. To meet this competition, we first have a trial in class in advance. Everyone in class should participate and perform in class first.

After several weeks' oral English practice of the action research, the students have better language sense and are brave enough to open their mouths in public. So they take an enthusiastic passion into this activity. They recite and practice speech materials in groups, improve their performance and pronunciation time by time.

The trial is a success. All the students in class take part in the activity, among which 5 are selected to represent the class to contest in school speech competition. Throughout the weeks before the competition, the whole class are buzzing with preparing for the trial and the competition. Many students make rapid progress through the practice. All the students have opportunities to present themselves and appreciate others in a formal way.

5. Reflections and Conclusion. Through the investigation and planned action, the teacher has improved his ability of solving problems in teaching students with special majors and the students have made considerable progress in many aspects in learning. In the action research plan, many new ideas have been tried in building up students' confidence and strategies in learning. Also the teacher has tried to develop students' competence in using the language rather than on the memorizing the language points. Their sense of self-esteem increase and the need for extrinsic rewards has given way to the development of intrinsic motivation. Many students are full of confidence to design their future plan.

Obviously, during this period of learning, with formative assessment, the students are stepping onto the road to become autonomous learners. They are taking responsibilities for their own learning by identifying the objectives, deciding on the content, reflecting on the process, and choosing methods of their own learning.

As a teacher, through this year teaching and research practice, he has realized that learner autonomy and teacher development have much in common. Having shared with responsibilities with students, both the students and the teacher benefited from the process. The objective of learning in the second language classroom has changed from language form to language use and development (Janice, 1987). As qualified teachers, "we should be able to motivate the students both on a daily basis by designing good tasks" (Wang, 1999) and in a long run by helping them set up meaningful and achievable long-term goals. For these students who have special majors, teachers should especially have the duty to study the learners characteristics and features, adopt proper methodology and attitude toward the teaching.

So when implementing the formative assessment, teachers should be very sensitive to the characteristics of the students, as their different cognitive, affective, social and physical experiences are not so mature. It will be damaging and unrealistic to demand all the students to perform at perfect conditions and compare them with one another. Therefore it is necessary for the students to understand their individual nature, set up their own learning goals in relation to curriculum objectives so that they develop their learning strategies accordingly. Directed properly, they will respond positively to a systematic formative assessment.

REFERENCES

1. Research on Teaching Assessment System for Foreign Teachers in Colleges, Journal of East China Jiaotong University, Vol.24 No.6, Dec., 2007.
2. Research on Credit-Transfer System - Important Factor of Education Globalization, Jiangxi Provincial Education Research Project, Dec. 2005.
3. *Zhou Liping* Associate Professor and Deputy Director, International School /International Office East China Jiaotong University, specializing in English teaching method, international education.

Baogen Xu, Li deng

УДК 519.218.2

ON RECIPROCAL SIGNED DOMINATION IN GRAPHS

1. Introduction. We use Bondy and Murty [1] for terminology and notation not defined here and consider simple graphs only.

Let G = (V, E) be a graph, if $v \in V(G)$, then N_G (v) denotes the open neighbourhood of v in G, and N_G [v]= N_G (v) $Y\{v\}$ for the close one. For simplicity, sometimes, N_G (v) and N_G [v] are denoted by N(v) and N[v], respectively. If $S \subseteq V(G)$ then G[S] denotes the subgraph of G induced by S.. $\delta(G)$ and $\Delta(G)$ denote the minimum and maximum degree of G, respectively.

In recent years, some kinds of domination in graphs have been investigated [2~7]. T.W.Haynes, etc.[2~3] surveyed the major research accomplishments on domination theory.

Let G = (V, E) be a graph, a signed domination function (SDF) of G is a function $f: V(G) \to \{-1,+1\}$ satisfying $\sum_{v \in N[u]} f(v) \geq 1$ for all vertices $u \in V(G)$, and the signed domination number of G is defined as $\gamma_s(G) = \min\{\sum_{v \in V(G)} f(v) f$ is an SDF of G$\}$.

In this paper, we initiate the study of a new graph parameter by changing > to <<= in the definition of signed domination function. Now we introduce a kind of new domination parameter as follows:

Definition 1.1. Let G = (V, E) be a graph, a function $f: V \to \{-1,+1\}$ is said to be a reciprocal signed domination function (RSDF) of G if $\sum_{v \in N[u]} f(v) \leq 1$ holds for every vertex $u \in V$. The reciprocal signed domination number of G is defined as $\gamma_{r_s}(G) = \max\{\sum_{v \in V(G)} f(v)\}$ f is an RSDF of G$\}$.

If f be a RSDF of a graph G, and $S \subseteq V(G)$, for convenience, we write $f(S) = \sum_{v \in S} f(v)$.

By the above definition, we have the following

Lemma 1.2. Let G be a graph of order n, then

(1) $\gamma_{rs}(G)=n$ if and only if $G=\overline{K_n}$;

(2) For any two disjoint graphs G_1 and G_2, $\gamma_{rs}(G_1 Y G_2)=\gamma_{rs}(G_1)+\gamma_{rs}(G_2)$;

(3) $\gamma_{rs}(G)\equiv n(\mathrm{mod}2)$.

In this paper we obtain mainly some upper bounds of $\gamma_{r_s}(G)$ for general graphs, and determine the exact values of $\gamma_{r_s}(G)$ for some special classes of graphs G such as the complete graphs K_n paths P_n cycles C_n and complete bipartite graphs $K_{m,n}$ etc.. In addition, we pose some open problems and conjectures.

2. Some bounds of reciprocal signed domination number

In this section, we give some upper bounds of $\gamma_{rs}(G)$ for general graphs G.

Theorem 2.1. For any graph G without isolate vertex, if $|V(G)|=n$, then

$$\gamma_{rs}(G)\le n+2-2\lfloor\sqrt{1+n}\rfloor.$$

And this bound is sharp.

Proof: Let f be such a RSDF of G that $f(V(G))=\gamma_{r_s}(G)$. Define

$$A=\{v\in V(G)|f(v)=1\},$$

$B=\{v\in V(G)|f(v)=-1\}$, $|A|=s$ and $|B|=t$.

Obviously, $s+t=n$ and $\gamma_{r_s}(G)=s-t=n-2t$.

Since $\delta(G)>1$, each vertex of A is joined to at least one vertex of B, it implies $|\{uv\in E(G)|u\in A,v\in B\}|\ge s$. Thus, there exists a vertex $v\in B$ so that $|N(v)IA|\ge\left[\frac{s}{t}\right]$, by Definition 1.1 v is joined to at least $\left[\frac{s}{t}\right]-2$ vertices of B, that is, $t=|B|\ge\left[\frac{s}{t}\right]-1=\left[\frac{n-t}{t}\right]-1\ge\frac{n-t}{t}-1$, $t^2+2t-n\ge 0$, it implies $t>-1+\sqrt{1+n}$, note that t is an integer, so $t\ge -1+\lfloor\sqrt{1+n}\rfloor$, we have

$$\gamma_{r_s}(G)=n-2t\le n+2-2\lfloor\sqrt{1+n}\rfloor \qquad (2.1)$$

Next we construct a graph G such that $\gamma_{rs}(G)=n+2-2\lfloor\sqrt{1+n}\rfloor$.

Let $t=-1+\lfloor\sqrt{1+n}\rfloor$, $s=n+1-\lfloor\sqrt{1+n}\rfloor$, clearly, $s+t=n$. Note that $n\ge 2$ and hence $t\ge 1$. Since $t^2+2t-n\ge 0$, that is, $t(t+1)\ge n-t=s$, thus, we construct a graph G as follows: Let G be the graph obtained from K_t by adding exactly s pendant-edges such that each vertex of K_t adds at most $t+1$ pendant-edges. Clearly, $|V(G)|=s+t=n$. We define a function $f:V(G)\to\{-1,+1\}$ as follows:

$$f(v)=\begin{cases}-1 & when\ \ v\in V(K_t);\\ +1 & when\ \ v\notin V(K_t).\end{cases}$$

It is easy to see that f is a RSDF of G. Thus $\gamma_{r_s}(G)\ge f((V(G))=n-2t$, combining with (2.1) , we have $\gamma_{rs}(G)=n+2-2\lfloor\sqrt{1+n}\rfloor$, this proof is complete.

Theorem 2.2. For any graph G without isolate vertex, if $|V(G)|=n$ and $|E(G)|=m$, then $\gamma_{rs}(G)\le\frac{4m-n}{5}$.

Proof: Let f be such a RSDF of G that $f(V(G))=\gamma_{r_s}(G)$. Define $A=\{v\in V(G)|f(v)=1\}$, $B=\{v\in V(G)|f(v)=-1\}$, $|A|=s$ and $|B|=t$, obviously, $s+t=n$ and $\gamma_{r_s}(G)=n-2t$. And let $E(A,B)=\{uv\in E(G)|u\in A,v\in B\}$.

As each vertex in A must be joined to at least one vertex in B, it implies

$$|E(A,B)|\ge s=n-t. \qquad (2.2)$$

For each vertex $v\in B$, $|N(v)IB|\ge|N(v)IA|-2$, so we have

$$s\le|E(A,B)|=\sum_{v\in B}|N(v)IA|\le\sum_{v\in B}(|N(v)IB|+2)=$$

$$=2|E(G[B])|+2t,$$

thus we have

$$|E(G[B])|\ge\frac{s-2t}{2}=\frac{n-3t}{2}. \qquad (2.3)$$

Combining with 2.2 and (2.3), we have $m\ge|E(A,B)|+|E(G[B])|\ge\frac{3n-5t}{2}$,

So, $t\ge\frac{3n-2m}{5}$ and hence, $\gamma_{rs}(G)=n-2t\le\frac{4m-n}{5}$. The proof is complete.

Theorem 2.3. For any graph G of order n $(n\ge 2)$, if $|E(G)|=m$ then

$$\gamma_{rs}(G)\le\frac{\Delta-\delta+2}{\Delta+\delta+2}n.$$

Where Δ and δ denote the maximum and minimum degree of G, resp..

Proof: Let f be such a RSDF of G, that $f(V(G))=\gamma_{r_s}(G)$. Define $A=\{v\in V(G)|f(v)=1\}$, $B=\{v\in V(G)|f(v)=-1\}$, $|A|=s$ and $|B|=t$, obviously, $s+t=n$ and $\gamma_{r_s}(G)=s-t$. So, we have

$$s=\frac{n+\gamma_{rs}(G)}{2}\quad\text{and}\quad t=\frac{n-\gamma_{rs}(G)}{2}. \qquad (2.4)$$

We know from the definition 1.1 that $f(N[u])\le 1$ holds for every vertex $u\in V(G)$, thus

$$\sum_{u\in V(G)}f(N[u])\le n,\ \text{that is,}$$

$$\sum_{u\in V(G)}(d(u)+1)f(u)\le n.$$

Note that $\sum_{u\in V(G)} f(u)=\gamma_{rs}(G)$, thus

$\sum_{u\in A} d(u)f(u)+\sum_{u\in B} d(u)f(u)\le n-\gamma_{rs}(G)$, it implies

$\delta|A|-\Delta|B|\le n-\gamma_{rs}(G)$. By (2.4) we have $\delta(n+\gamma_{rs}(G))-\Delta(n-\gamma_{rs}(G))\le 2(n-\gamma_{rs}(G))$, and hence $\gamma_{rs}(G)\le \frac{\Delta-\delta+2}{\Delta+\delta+2}n$.

We have completed the proof of Theorem 2.3.

The following statements are immediate from Theorem 2.3.

Corollary 2.4. For any k-regular graph G of order n, then $\gamma_{rs}(G)\le \frac{n}{k+1}$.

3. The Special graphs. In this section, we give the exact values of $\gamma_{rs}(G)$ for some special l graphs, such as the complete graphs K_n paths P_n cycles C_n and complete bipartite graphs $K_{m,n}$ etc.. It is easy to check that $\gamma_{rs}(K_n)=\frac{1-(-1)^n}{2}$ holds for all integers $n\ge 1$.

Theorem 3.1; If $n\ge 2$ is an integer, then $\gamma_{rs}(P_n)=n-2\left[\frac{n}{3}\right]$.

Proof: Let $V(P_n)=\{v_1,v_2,\Lambda,\Lambda,v_n\}$ and $E(P_n)=\{v_iv_{i+1}|0\le i\le n-1\}$, define a function $f:V(P_n)\to\{-1,+1\}$ as follows:

Case1.1, When $n\equiv 1(\text{bmod}3)$; let $f(v_n)=-1$ and when $i\le n-1$,

$$f(v_i)=\begin{cases}-1, & when\ \ i\equiv 2(\text{mod}3)\\ +1 & Otherwise;\end{cases}$$

Case 1.2 When $n\equiv 0,2(\text{mod}3)$; For each integer $i(1\le i\le n)$, let

$$f(v_i)=\begin{cases}-1 & when\ \ i\equiv 2(\text{mod}3),\\ +1 & Otherwise.\end{cases}$$

It is easy to check that f is a RSDF of P_n, and hence , we have

$$\gamma_{rs}(P_n)\ge f(V(P_n)=n-2\left[\frac{n}{3}\right]. \qquad (3.1)$$

On the other hand, let f be such a RSDF of P_n that $f(V(P_n))=\gamma_{r_s}(P_n)$.

Case 2.1. When $n=3k(k\ge 1)$;

$$\gamma_{r_s}(P_n)=f(V(P_n))=\sum_{i=0}^{k-1} f(N[v_{3i+2}])\le k=n-2\left[\frac{n}{3}\right].$$

Case 2.2. When $n=3k+1(k\ge 1)$; Note that $f(N[v_1])=f(v_1)+f(v_2)\le 1$, it implies $f(v_1)+f(v_2)\le 0$. Analogously, $f(v_{n-1})+f(v_n)\le 0$. Thus, we have

$$\gamma_{r_s}(P_n)=f(V(P_n))\le\sum_{i=1}^{k-1} f(N[v_{3i+1}])\le k-1=$$

$$=(3k+1)-2(k+1)=n-2\left[\frac{n}{3}\right].$$

Case 2.3. When $n=3k+2(k>1)$; Note that $f(v_1)+f(v_2)\le 0$, we have

$$\gamma_{rs}(P_n)=f(V(P_n))\le\sum_{i=1}^{k} f(N[v_{3i+1}])\le k=$$

$$=(3k+2)-2(k+1)=n-2\left[\frac{n}{3}\right]$$

Combining with 3.1, we have completed the proof of Theorem 3.1.

Similar to the proof of Theorem 3.1, we can obtain easily the following

Corollary 3.2. If $n\ge 3$, then $\gamma_{rs}(C_n)=n-2\left[\frac{n}{3}\right]$.

Theorem 3.3. If $m>2$ and $n>2$ are two integers, then $\gamma_{rs}(K_{m,n})=\frac{(-1)^m+(-1)^n-2}{2}$.

Proof let f be such a RSDF of $K_{m,n}$, that $f(V(K_{m,n}))=\gamma_{r_s}(K_{m,n})$. Write $V(K_{m,n})=V_1YV_2$, where $|V_1|=m$ and $|V_2|=n$. We define

$$V_i^+=\{u\in V_i|f(u)=+1\},$$

$$V_i^-=\{u\in V_i|f(u)=-1\}\ (i=1,2).$$

Case 1. If $V_1^+\ne\varphi$ and $V_2^+\ne\varphi$; for any vertex $u\in V_1^+$,by Definition 1.1, we have $f(N[u])\le 1$, and hence, $|V_2^+|-|V_2^-|\le 0$, note that $|V_2^+|+|V_2^-|=n$, which imply $|V_2^+|-|V_2^-|\le\frac{(-1)^n-1}{2}$. Analogously, $|V_1^+|-|V_1^-|\le\frac{(-1)^m-1}{2}$. So, we have

$$\gamma_{r_s}(K_{m,n})=|V_1^+|-|V_1^-|+|V_2^+|-|V_2^-|\le\frac{(-1)^m+(-1)^n-2}{2}.$$

Case 2 If $V_1^+\ne\varphi$ and $V_2^+=\varphi$; For any $u\in V_2^-$, then $f(N[u])\le 1$, $|V_1^+|-|V_1^-|\le 2$, note that $|V_1^+|+|V_1^-|=m$ and $2n>5-(-1)^n$, so $|V_1^+|-|V_1^-|\le 2-\frac{1-(-1)^m}{2}$, we have

$$\gamma_{r_s}(K_{m,n})=|V_1^+|-|V_1^-|-|V_2^-|\le$$

$$\le 2-\frac{1-(-1)^m}{2}-n\le\frac{(-1)^m+(-1)^n-2}{2}.$$

Case 3. If $V_1^+ = \varphi$ and $V_2^+ \neq \varphi$; It is similar to Case 2.

Case 4. If $V_1^+ = \varphi$ and $V_2^+ = \varphi$;

$$\gamma_{r_s}(K_{m,n}) = -|V_1^-| - |V_2^-| = -m - n \leq \frac{(-1)^m + (-1)^n - 2}{2}.$$

Sum up the above Case 1~4, we have

$$\gamma_{r_s}(K_{m,n}) \leq \frac{(-1)^m + (-1)^n - 2}{2}. \qquad (3.2)$$

On the other hand, we can partition easily $V_1 = A_1 Y A_2$ and $V_2 = B_1 Y B_2$, so that $1 > |A_1| - |A_2| > 0$ and $1 > |B_1| - |B_2| > 0$. Define $f: V(K_{m,n}) \to \{-1, +1\}$ as follows:

$$f(v) = \begin{cases} -1 & when \ \ v \in A_1 Y B_1; \\ +1 & when \ \ v \in A_2 Y B_2. \end{cases}$$

It is easy to see that f is a RSDF of $K_{m,n}$, so,

$$\gamma_{r_s}(K_{m,n}) \geq f(V(K_{m,n}) = \frac{(-1)^m + (-1)^n - 2}{2}.$$

Combining with 3.2,, we have completed the proof of Theorem 3.3.

4. Some open problems and conjectures.

In this section, we pose some open problems and conjectures. Although some upper bounds of $\gamma_{rs}(G)$ are obtained in this paper, it seems more difficult to give a good lower bound for the reciprocal signed domination number of G, we have the following

Problem 1. Determine the exact value of $g(n) = \min\{\gamma_{rs}(G) | G$ is a graph of order n$\}$ for every positive integer n.

Conjecture 2. For any graph G of order n, then $\gamma_{rs}(G) > -\frac{n}{3}$.

If true, the lower bound is the best possible. For example, Let G be a graph whose every component is $K_{3,3}$. By Lemma 1.2 and Theorem 3.3, we have $\gamma_{rs}(G) = -\frac{1}{3}|V(G)|$.

Problem 3. Is it true that $\gamma_{rs}(T) > 0$ holds for all trees T? If true, characterize the trees T satisfying $\gamma_{rs}(T) = 0$.

REFERENCES

1. J.A.Bondy,V.S.R.Murty, Graph Theory with Applications[M], Elsevier, Amsterdam, 1976
2. T.W.Haynes,S. T.Hedetniemi, and P.J.Slater, Domination in graphs[M], New York,1998.
3. T.W.Haynes, S. T.Hedetniemi, and P.J.Slater, Fundamentals of Domination in graphs[M], New York,1998.
4. Z.Zhang, Baogen.Xu, Y.Li, L.Liu, A note on the lower bounds of signed domination number of a graph[J], Discrete Math. 195(1999),295-298.
5. Baogen.Xu, E.J.Cockayne, T.W.Haynes, S.T.Hedetniemi, S.Zhou, Extremal graphs for inequalities involving domination parameters, Discrete Math. 216(2000) 1-10
6. Baogen.Xu, On minus domination and signed domination in graphs, J. Math. Res. Exposition, 4(2003), 586-590
7. E.J.Cockayne, C.M.Mynhart, On a generalization of signed domination functions of graphs, Ars. Combin. 43 (1996) 235-245.

Fan Yong , Zhang Xuan

УДК 681.3

AN EMPIRICAL STUDY ON CONCENTRATION RATIO IN CHINA'S SECURITIES TRADERS

Among the framework of industrial structure theory, concentration ratio is regarded as a main criterion to measure the market structure. Since the change of concentration ratio will directly reflect the competition status in market, a comprehensive analysis of it will reflect the distribution of inner-industry business and competition in the market. The most common criterion is concentration ratio (CRn, see Formula A), an index refers to the proportion of

accumulated amount or quantity of relevant values (including production, sales and assets) of several (indicated by i) biggest businesses in a certain industry to that of the whole industry. In the formula, n is usually the number 5 or 10. Generally, the bigger the value is, the more intensive monopoly exists within the industry. Moreover, the formula reflects that the number of businesses and the size distribution are two important aspects of market structure. Therefore, the formula is highly persuasive.

$$CRn = \sum_{i=1}^{n} Xi \sum_{i=1}^{N} Xi.$$

Note: n refers to the number of businesses in the industry;

Xi refers to the relevant values of a certain business.

I.Concentration Ratio in China primary market. Recent years has witnessed a high business concentration ratio in China's securities industry. In 2005, there are 13 companies who acted as main underwriters for the issue and allotment of the new shares. In terms of monetary value, China Finance Company ranked first with its amount accounts for 87.64 percent. Compared with the percentage in 2004(58%), this figure increased by 30%. Such an increase has improved the level of the whole industry.

China's concentration ratio is ascending rapidly. The market share of the first ten securities traders has increased from 58.61 in 1997 to 87.64, indicating that the underwriting market is developing from a situation of low-intermediate oligopoly market to an intermediate one. In other words, the number of securities traders dominating the market is decreasing and that monopoly becomes more and more of higher level. Considering that the top traders in the ranking lists vary each year, it is not easy for the major securities traders to keep its absolute competitive prestige and the competition must be intensified.

In addition, although the total amount of market financing is decreasing year after year, the amount occupied by the major securities traders is rising. The gradual increase of concentration ratio has posed great danger to the small and medium-sized securities traders - to them, the negative effects exerted by market depression, by the underwriting risks or by the intensifying competition would be much greater than to those major securities traders. Another defect for the smaller traders is financing difficulty in primary market. The major traders are likely to gain their market share by their substantial funds.

Concentration ratio also, to some extent, outlines the competition pattern among the securities traders. Among those first ten securities traders that have underwritten the biggest amount financed, there are five traders on the list all through the three years. Furthermore, some traders, including CICC(China International Capital Corporation Limited), CITIC Securities Co., Ltd, Guotai Junan Securities, Haitong Securities and Guoxin Securities, are on the list from the beginning to the end. This indicates that they are gaining a firm foothold in this field, while the small and medium-sized traders are of little competitive strength. Even when the regional traders have been entitled with the underwriting qualifications by China's Securities Regulatory Commission, they are not competent enough to contend against those major traders in terms of aspects such as funds strength, research abilities,

Table 1

Concentration Ratio of Primary Market in China Securities Corporation (from 1997 to 2005) Unit %.

Project	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
CR1	9.88	12.77	10.46	9.29	12.50	36.30	17.36	19.34	59.14
CR5	38.57	43.83	40.59	35.85	38.42	52.93	48.37	51.19	78.76
CR10	58.61	68.34	53.84	54.48	56.6	67.29	72.61	67.80	87.64

Source: values from 1997 to 2001 were derived from the yearly "Ranking of Securities Traders Achievement" issued by China Securities Industry Association; values from 2002 to 2005 were derived by calculating the statistics revealed in yearly "Financial Analysis Report of Securities Company" by Accounting Department, China's Securities Regulatory Commission.

business technology, innovation, service quality and creditworthiness. Therefore, the human resources and financial resources invested in such smaller traders would only produce limited returns. That is, there exist serious wastes in the resources within the majority of small and medium-sized securities traders. For a transitory securities trader, a trader who is not comprehensive trader but is endeavoring become one, such waste becomes conspicuous.

The international market in 2004 showed that in American stock underwriting market, the concentration ratio CR5 is 58.9% and CR10 is 82.8 percent. The primary market, accordingly, was classified as intermediate oligopoly market. Meanwhile, we must be aware that the reason why China's primary market is taking on the pattern of intermediate oligopoly market is derived from the rigid examination and approval system concerning the securities traders' qualification for underwriting. Such system would result in disadvantages such as a high entry barrier, a comparatively smaller number of new listed companies per year and a limited financing scale. In consequence, the market depth and extensiveness are limited. A constructive advice is that China's major securities traders must attach great importance to improving the research level, service quality and brand, business technique and innovation. Otherwise, once international investment banks enter China, the present market structure would be easily broken and they could not contend against the foreign traders. Chances are that their market share would be occupied by foreign banks.

II. Concentration Ratio in Secondary Market. As is indicated by the above table, during the period between 1997 and 2001, the concentration ratio has risen rapidly which indicates the securities brokering business began to center on big company, an initial indication of brand effect. However, from 2002 till now, the market concentration ratio tends to decrease. A financial analysis report of a securities company shows that the total amount commission charge of the first ten securities companies added up to 4521,000,000, or 45.21 percent of the total income. This may indicate that the market share of the economic work tends to be highly concentrated - more than 45.21 of the total commission is charged by nine percent securities companies. The stock brokerage is in a low concentration stage and the competition within the business is highly intensive. The main reason is that all the securities traders are running the same business, thus over-competition arises. If one looks at this from a developmental standpoint, one may find that from 1997 to 2005, CR5 and CR10 tend to increase to a certain extent every two years. Such a tendency indicates a constant increase of market dominance and the gradual improvement of market structure.

For most of the securities traders in China, the major source of income is the brokerage business. It is estimated that for most small and medium-sized dealers, the brokerage accounts for over sixty to seventy percent; for integrated securities traders, more than forty percent. For the sake of scale economic effect, those large powerful securities traders tend to attract institutional clients with their favorable discounts. Such measures not only intensified the price war but also decreased the benefit ratio of brokerage. Therefore, most small and medium-sized dealers, especially those rely solely on the business of brokers, are confronted with heavier and heavier pressure of competition since their market share tends to shrink increasingly. It

Table 2

Concentration Ratio in Secondary Market by China Securities Company Unit: %.

Project	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2005
CR1	8.36	8.37	12.2	12.47	13.36	8.33	7.89	9.48
CR5	35.72	39.82	48.21	53.24	53.33	28.35	27.8	31.11
CR10	57.79	60.65	68.11	76.33	75.47	40.64	39.51	43.58

The source of this table is the same as that of Table 1.1.
The brokerage includes the transaction amount of stocks, funds and bonds.

is undeniable that the current situation are likely to fluctuate due to the fact that the operating environment for the brokerage business is undergoing a fundamental change, thus it becomes more and more difficult to survive. The following paragraphs will shed light on the reasons.

Firstly, the contradiction between rigidity of supply and flexibility of needs has formed a week basis for the traditional brokerage. At present, to increase capital and shares or to recombine and reorganize with each other is common practice for the securities traders; new operating sections are about to open. All these means that the supply of the business is expanding but the needs comparably stabilizes. Such contradiction would undoubtedly aggravate the competition between securities traders.

The second impact on the securities industry is related to brokerage. The reasons lie in the following three aspects: firstly, compared with those world-renowned traders, stocker traders in China has much more to improve in terms of service quality, credit, sales techniques and the clients relations management; secondly, brokerage is the platform of all the securities business which involves stiff competition within the industry. Once foreign capitals are allowed to enter this industry, the first field they will compete for is brokerage industry; thirdly, foreign traders have an advantage of low cost.

Furthermore, the marketization and reduction of commission has become a tendency. The reduction of commission will have a profound impact on those small and medium-sized securities traders who depend on brokerage and lack advantageous business. The maketization of commission will put an end to the period during which brokerage business brings high profit. Thus equalization of profit becomes prevailing trend.

In brief, all the change will exert great influence on the brokerage business. The increase of the risks and the decrease of the traditional profits development will change the competition structure of brokerage. Consequently, the development of concentration ratio in the secondary market will be deterred. It is urgent for domestic securities traders to adapt themselves to the change of the external environment and improve their competitive strength.

III. Concentration Ratio of Operating Sections. The operating sections of China's securities traders show regional concentricity. Among the 31 administrative districts in China (Hong Kong, Tai Wan and Macao are not included), the five districts, including Shanghai, Guangdong, Beijing, Jiangsu and Zhejiang owned almost 50% operating sections (See Table 3). An investigation into the North-western area (Shang Xi,Gan Su, Ning Xia, Qing Hai, Xi Zang and Xin Jiang will find that the operating sections amount to only 4.5%, with Shang Xi sections account for 45%. In 2004,

Table 3

An Analysis of the Number of Operating Sections (OS) Located in Eastern Areas and Northwestern Areas in China.

Year	Eastern Areas	Western Areas	Total	Percentage of OS	Percentage of OS
	No. of OS	No of OS	No. of OS	in Eastern Areas	in Western Areas
2001	1418		2942	48.19	
2002	1515		3072	49.32	
2003	1194	119	2649	45.07	3.94
2004	1348	139	2972	45.36	4.68
2005	1401	143	3058	45.81	4.68
2006	1475	143	3145	46.9	4.55

Source: Web: www.weihai.com.cn

The uneven distribution of operating sections is resulted from the fact that the development of securities transaction market in the northwestern area lagged behind that in the eastern area. The reasons are self-evident. The five eastern provinces (including Shanghai, the municipality directly under the Central Government) are economically advanced areas with a strong element of investment and high population density there. Surely the securities traders would take those elements into consideration when choosing the location of their subsections. The inland area, with its low population density, undeveloped economics and conservative ideas, is not an ideal place to build a large number of stock business branches from the angle of cost analysis. However, one thing that should be noticed is that the above-mentioned developed area is saturated with operating sections for securities. A case in point is that Shanghai has 528 operating branches, accounting for one sixth (17.2%) of the total. No matter how developed an economic area is, there is still a limited capacity for establishing new operating sections. Building too many subsections in the same area would lead to over-competition or a reduction of profit potentials. Thus it will be a waste of resources. Moreover, the financial economical perspective encourages us to foretell capital market. Firstly, with the national capital investment in constructing northwestern area, some projects in this area will gradually developed to such an extent that they will apply for financing. This is certainly an opportunity for the investment department of securities traders to run business there. Another stimulation for investment is that with the deepening of West Development, the income of the local citizens would improve. Therefore, it is highly recommended that, after careful investigation, more operating sections be constructed there and the service be improved. This would also produce advantageous interactivity between the development of West Development and northwestern capital market.

REFERENCES

1. Smirlock,M.,Gilligan,T.and Marshall, W.(1984) Tobin's q and the structure-performance relationship. American Economic Review, 74,1050-60.
2. Xiao Dawei, Industrial Histology M, Fudan University Press,1994.
3. Yao Qin, A empirical study of structure of China's stock market and its performance, Leading Newspaper in Stock Market, 2003,(2).
4. Fang Fang and Fu Changwen. The impact of concentration ratio and scale on the performance of China's stock market [J], Financial Study, 2004,(1).
5. Wang Chong, A study of the cost system in China's stock market - with regard to the SCP analysis structure of China's stock market, Thesis for Doctorate, 2006.

Кородюк И.С., Колодин В.С., Слинкова О.К. УДК 621.01(07)

МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА СИСТЕМ КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ

В условиях современного рыночного производства, в котором контроль качества продукции и услуг осуществляют потребители, конкуренция усиливается, а цикл продукции становится короче, меняются отношения к входному и инструментальному контролю и обоснованию внедрения систем менеджмента качества. Предприятия и компании отказываются от используемых ими организационных и операционных принципов, традиционных структур и стремятся рационализировать, упростить действующие производственные системы. Это позволяет иметь меньшую потребность в контроле, урегулировании, управлении, что соответствует известным 14 принципам Деминга. А корпоративная структура - более гибкой, творческой и новаторской, что позволяет повысить и производительность, и эффективность деятельности предприятий и

компаний, имеющий ценность для потребителя.

Задачам управления качеством придается большое значение во всем мире. Государственная поддержка предприятий, внедряющих у себя системы качества, становится повсеместным явлением. Экономические преимущества предприятий, имеющих систему качества по ИСО 9000, подтверждаются специальными исследованиями. Все это говорит о том, что управление качеством является новым шагом в развитии предприятий. И это не просто внедрение каких—то способов, приемов или схем, современное управление качеством — это новый подход ко многим вопросам, новое понимание сути процессов, философия качества.

Один из базовых принципов управления качеством состоит в принятии решений на основе фактов. Наиболее полно это решается методом моделирования процессов, как производственных, так и управленческих инструментами математической статистики. Однако, современные статистические методы довольно сложны для восприятия и широкого практического использования без углубленной математической подготовки всех участников процесса. К 1979 году Союз японских ученых и инженеров (JUSE) собрал воедино семь достаточно простых в использовании наглядных методов анализа процессов.

Мониторинг технического качества— это отслеживание качества конкретной продукции, предлагаемой производителем или посредником потребителю, за которую потребителем производится оплата, соответствующая цене купли-продажи [1].

Качество создается на всех стадиях производства. Не может быть качественным товар, который, хотя и соответствует всем техническим требованиям и спецификациям, не нужен потребителю. Основа качества товара — это определение потребностей потребителя. Контроль за качеством изготовления продукции рассматривается как управляющая система, имеющая целью программирование и координацию установления, поддержания и улучшения качества продукции при наиболее экономном уровне затрат, необходимых для полного удовлетворения требований потребителя [2].

Уровень качества продукции в эксплуатации (потреблении) характеризуется следующими показателями:

- коэффициент дефектности;
- затраты на устранение и переделку брака, обнаруженного во время технического контроля;
- расходы на удовлетворение претензий потребителей в связи с выявлением дефектов или недостатков в процессе эксплуатации или потребления товаров.

Показатели качества могут характеризоваться непрерывными или дискретными величинами. Они могут быть абсолютными или относительными. Значения величин зависят от условий и методов их определения. Показатели качества продукции устанавливаются объективными методами, а также экспертным путем и рассматриваются применительно к условиям создания и эксплуатации (потребления) продукции. Показатель качества продукции, характеризующий одно ее свойство, называется единичным, два и более свойств — комплексным.

При оценке уровня качества продукции используются как технические, так и экономические данные. Обоснование выбора номенклатуры показателей качества производится с учетом:

- назначения и условий использования продукции;
- анализа требований потребителя;
- задач управления качеством продукции;
- состава и структуры характеризуемых свойств;
- основных требований к показателям качества.

Оптимизация методов и параметров контроля. Вибромониторинг и вибродиагностика. Одной из первоочередных задач оптимизации считается выбор вида технического контроля в зависимости от назначения технологического процесса. К видам технического контроля относят непрерывный, периодический, летучий контроль технологических операций, а также сплошной и выборочный контроль качества продукции, предъявляемой отделу технического контроля. От правильности выбора контроля зависят периодичность и объем выполнения контрольных операций, а следовательно, их трудоемкость, численность и квалификация контролеров, оснащенность операций средствами контроля, применяемые методы контроля, достоверность и точность технического контроля.

К числу множества задач оптимизации контрольных процессов относятся оптимизация по экономическому критерию размещения контрольных операций внутри технологи-

ческого процесса, оптимизация структуры контроля и т.п.

Множество методов оптимизации операций технического контроля принадлежит к множеству задач оптимизации процессов контроля качества.

К наиболее важным методам оптимизации процессов и операций технического контроля следует отнести большую группу стандартных методов статистического регулирования технологических процессов, стандартных методов статистического приемочного контроля и развивающееся направление — применение методов линейного и множественного корреляционного анализа в техническом контроле для решения задач по факторному анализу причин брака, взаимосвязи квалитетов контролируемых деталей и квалификации контролеров и для ряда других задач.

Превращение в машинах и механизмах одних видов энергии в другие, преобразование форм движения, осуществление рабочих процессов неизбежно связано с появлением переменных сил и моментов, порождающих вибрацию. Она отрицательно влияет на прочность и износ изделий, на надежность и безопасность машин, несущих конструкций, сооружений и оказывает вредное влияние на физиологическое состояние людей. При достижении определенных значений вибрация может вызвать нарушение рабочих процессов, привести к расстройке систем управления и регулирования, искажению показаний приборов, усиленному износу кинематических пар, поломкам деталей и авариям машин. Статистика показывает, что в большинстве случаев поломки и аварии машин происходят по причине вибрации, возникающей при отклонении показателей режима работы машин от допустимых значений, изменении формы и взаимного положения деталей, ослаблении креплений и посадок деталей, появлении значительной неуравновешенности движущихся частей. В настоящее время снижение весогабаритных характеристик, повышение скорости и мощности машин приводит к увеличению вибрационных нагрузок на их детали и узлы. Это приводит к необходимости контроля вибрации машин. Связь вибрации с качеством изготовления и сборки машин, износом их деталей и узлов, режимом работы, надежностью и безопасностью позволяет использовать ее характеристики для оценки технического состояния составных частей машин, прогнозирования их ресурса и оптимизации режима работы [3].

Для ограничения вибрации в различных областях техники устанавливают требования и нормы для ее регламентации. Под требованиями подразумевают предельно допустимые уровни вибрации, которые необходимы для полного удовлетворения частных условий без учета их выполнения в данный момент времени. Под нормами обычно понимают установленные с помощью статистических методов реально достижимые минимальные уровни вибрации, выполнение которых является обязательным. В большинстве случаев нормы устанавливались с учетом всех наиболее важных условий. Поскольку они не могут в равной степени удовлетворять всем требованиям, нормы являются результатом компромиссного решения. Снижение вибрации машин и оборудования ниже определенного значения отражается на других ее показателях, в том числе, на стоимости и сроках изготовления и ремонта, весогабаритных характеристиках. При установлении норм вибрации машин необходимо исходить из требований обеспечения необходимых показателей надежности (наработка на отказ, ресурс до капитального ремонта и другими) и безопасности. Существующие нормы и требования по ограничению вибрации машин можно подразделить:

а) нормы, регламентирующие виброактивность и качество изготовления (модернизации, ремонта) машин;

б) эксплуатационные нормы допустимой вибрации;

в) санитарно-гигиенические нормы вибрации (требования);

г) нормы на вибростойкость приборов, машин и строительных конструкций при воздействии внешней вибрации.

Системы непрерывной мониторизации и диагностики (стационарные) применяют для наиболее ответственных машин, отказ которых может привести к значительному снижению выпуска продукции, к дорогостоящим ремонтам, повышению опасности для жизни и здоровья работающих и населения. Из-за высокой стоимости одного канала вибрации количество точек на объекте контроля часто ограничивают и, следовательно, очень сложно реализовать полную его диагностику. Поэтому эту систему обычно дополняют полустационарной системой.

Большинство основополагающей информации и технических/рабочих требований к

условиям работы машины должно предоставляться производителем машины. Кроме этого, система мониторинга или по крайней мере рекомендуемые датчики для диагностики, должны быть включены в конструкцию всех роторных машин.

Мониторинг работы машин и технологических параметров должен использовать наблюдения за изменениями поведения вибрации машины. Работа машины — меняющийся процесс, и данные обработки должны включать динамические компоненты наблюдаемых величин. Изменения в процессе работы или дополнительные сведения (изменения температуры подшипника или тока нагрузки электродвигателя) могут представлять первые тревожные сигналы наступающих проблем, вызывающих повышенную вибрацию.

В настоящее время в экономике наблюдается тенденция, при которой такой показатель как качество играет одну из ведущих ролей в управлении производством продукции и ее последующего движения. В развитых странах управление качеством на предприятии притягивает особое внимание всех подразделений, которые влияют на качество выпускаемой продукции или предоставляемой услуги. Для лучшего взаимодействия и, следовательно, для более эффективного результата разрабатываются различные подходы к управлению качеством. Если говорить о перспективах, то это - освоение новых стандартов ИСО серии 9000, соискание Европейской премии по качеству, завоевание новых высот в качестве продукции. Понимание необходимости введения систем качества сегодня быстро растет в отечественной промышленности и наблюдается активность их внедрения. Прежде всего это касается систем по международным стандартам ИСО серии 9000. Использование принципов TQM, модели «Превосходство бизнеса» EFQM — «Business Excellence» и критериев Европейской премии качества» позволяют предприятиям участвовать в конкурсах на премии Правительства РФ в области качества. Известно, что различия между подходами систем менеджмента качества семейства ИСО 9000 и моделями совершенства заключается в их областях применения. Стандарты семейства ИСО 9000 содержат требования к системам менеджмента качества и рекомендации по улучшению деятельности; оценивание систем менеджмента качества устанавливает выполнение этих требований. Модели совершенства содержат критерии, позволяющие проводить сравнительную оценку деятельности организации, и это применимо ко всем видам деятельности и ко всем заинтересованным сторонам. Критерии оценки в моделях совершенства обеспечивают организации основу для сравнения ее деятельности с деятельностью других организаций[4].

По результатам мониторинга формулируется алгоритм диагностики, основанный на том, чтобы из множества возможных состояний диагностируемого оборудования выделить одно, наиболее вероятное. Следовательно, задача диагностики по совокупности диагностических параметров определена как идентификация множественных связей между структурными характеристиками X_i и соответстующими диагностическими параметрами S_i, что обусловило применение диагностических матриц. Диагностическая матрица представляется в виде двузначной логической модели, определяющей связи между структурными и диагностическими параметрами при достижении ими допустимой величины. При этом, горизонтальные строки матрицы соответствуют выбранным диагностическим работоспособность определена сопоставлением этого параметра с нормативом. Каждому виду дефекта X_i поставлено в соответствие определенное сочетание диагностических параметров S_i, а при достижении диагностическим параметром нормативного значения возможен один или несколько дефектов объекта диагностики.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Вейц В.Л., Максаров В.В., Лонцих П.А. Динамические процессы, оценка и обеспечение качества технологических систем механической обработки. — Иркутск: Изд-во ИрГТУ 2001.- 299с.
2. Вейц В.Л., Кочура А. Е., Лонцих П.А. Структурированные модели и методы расчета сложных управляемых систем в технике и экономике. — Ростов — на - Дону, 2002.- 200с.
3. Лонцих П.А. Динамическое моделирование сложных механических систем // Вестник ИрГТУ.-2002.-№12.- С.128-134.
4. Лонцих П.А. Обеспечение качества, оценка и управление динамическими процессами технологической системы механической обработки // Материалы I научной конференции с участием зарубежных специалистов. - Москва, 2003.-С. 112-114.

Hu Junnan, Xu Xiaoyang

УДК 336.01/.02

DIVIDEND POLICY OF LISTED COMPANIES IN CHINA

Introduction.

The dividend policy is an integral part of the company's financial management, affecting the company's earnings distribution, investment decisions, financing decisions, stock price, etc. From 1990, Chinese stock market has taken great changes, such as the stock market scale continually expanding, companies increasingly maturing, investors becoming more rational and supervision growing standard. But compared with the securities markets of developed countries, Chinese securities market is still very immature. Irrational dividend distribution of listed companies is a serious obstacle to the development of Chinese securities market. Therefore, how to regulate the dividend policy of listed companies becomes currently a very important topic in China.

1. Problems of listed companies' dividend policy in China.

1.1. High non-distribution[1] percentages.

Before 1994, the listed companies that didn't distribute profit were few in China. However, from 1994 to 1999, the percentage of non-distribution companies increased as follows: 10.81%, 19.69%, 29.96%, 50.60%, 56.59% and 60.45%. In 2000, because the Chinese Securities Regulatory Commission took distributing cash dividends as a necessary condition for listed companies' refinancing, the non-distribution percentage dropped to 35.8% that remained high. Moreover, table 1 shows an upward trend in the non-distribution percentage between 2001 and 2005. This situation isn't very conducive to fostering investor confidence and regulating the operation of Chinese listed companies.

1.2. Prevalent sending shares[2].

In China the listed companies have loved sending shares for a long time. From 1994 to 1996, the percentages of listed companies sending shares were: 21%, 23% and 34%. After 1997 the percentages of listed companies sending shares reduced. In 2001 the percentage reduced to the lowest point 1.05%. Table 2 shows between 2002 and 2005, the percentages of listed companies sending shares remained around 3%.

Sending shares proportionally increases the number of shares each shareholder owns. After sending shares, a shareholder's proportional

Table 1

Dividend policy of listed companies in China, 2001-2005.

Dividend policy	2001		2002		2003		2004		2005	
	Number	Percent	Number	Percent	Number	Percent	Number	Percent	Number	Percent
Non-distribution	459	40.29 %	545	44.53 %	614	47.71 %	601	43.65 %	714	51.66 %
Distribution	680	59.71 %	679	55.47 %	673	52.29 %	776	56.35 %	668	48.34 %
Total	1139	100%	1224	100%	1287	100%	1377	100%	1382	100%

[1] Non-distribution isn't includes stock dividends and transferring from the "Capital contributed in excess of par value" account to the "Paid-in capital" account.

[2] Sending shares includes stock dividends and transferring from the "Capital contributed in excess of par value" account to the "Paid-in capital" account.

Table 2

Number of listed companies sending shares in China, 1994-2005.

Year	Number of listed companies sending shares	Number of listed companies	Percent
1994	61	297	21%
1995	73	321	23%
1996	192	570	34%
1997	133	732	18%
1998	116	815	14%
1999	60	922	7%
2000	17	1093	2%
2001	12	1139	1.05%
2002	38	1224	3.10%
2003	45	1287	3.49%
2004	27	1377	1.96%
2005	38	1382	2.75%

ownership in the firm and the stock market value of a firm remain unchanged. But because the total earnings remain the same, the increase in the number of shares results in the reduction in the earnings per share and the market price per share of stock. That is to say, after sending shares a stock is in a lower, more popular trading range that may attract more buyers. Therefore, many listed companies send shares to attract more investors to purchase their stocks. The increase in investors may raise the market price per share of stock. So the listed companies may achieve the goal of gathering the wealth. Under these conditions, the market price per share of stock is easy to be distorted, resulting in the increase in the stock market speculation. It is disadvantageous to attract the long-term investors.

1.3. Low dividend payout ratios[3].

What level the dividend payout ratio should be determined, the firms need to consider many factors: profession, scale, growing speed and so on. The dividend payout ratio of U.S. corporations is about 50%. The dividend payout ratios of and the Japanese corporations are relatively low (45% for the Germanic corporations and 35% for the Japanese corporations). But in China the important characteristic of listed companies' dividend policy is the low dividend payout ratio (about 30%) and the insufficient payment of cash dividends. Table 3 shows that during the period of 1994 to 1999, the listed companies paying cash dividends declined in China. Especially, in 1996 the percentage of listed companies paying cash dividends fell to the lowest percentage (17.89%). Afterwards, because in 2000 the Chinese Securities Regulatory Commission required that the payment of cash dividends was a necessary condition for the listed company refinancing, the percentage of listed companies paying cash dividends increased sharply to 50.78%, even in 2001 reaching the highest percentage (53.64%). Since 2001 the number of listed companies paying cash dividends has fallen. Only in 2004 as a result of the Chinese Securities Regulatory Commission definitely linking the refinancing of listed companies with cash dividends, a little upsurge of paying cash dividends arose (about 44.22%). Although the number of listed companies paying cash dividends increases to a certain degree, the companies paying symbolic cash dividends also are increasing. For example, in the two high percentage years: in 2001, among 611 listed companies paying cash dividends, the listed companies whose dividend per share was less than J¤0.05 accounted for 33% of listed companies, there were 120 listed companies whose dividend payout ratio was below 25%; in 2004, there were 23 listed companies whose dividend per share was less than J¤0.1 and 93 listed companies whose dividend per share was less than J¤0.2, these listed companies paid only

[3] The dividend payout ratio is annual cash dividends divided by annual earnings.

Table 3

Number of listed companies paying cash dividends in China, 1994 – 2005.

Year	Number of listed companies paying cash dividends	Number of listed companies	Percent
1994	134	297	45.11%
1995	100	321	31.15%
1996	102	570	17.89%
1997	170	732	23.22%
1998	206	815	25.28%
1999	286	922	31%
2000	555	1093	50.78%
2001	611	1139	53.64%
2002	537	1224	43.87%
2003	466	1287	36.21%
2004	609	1377	44.22%
2005	510	1382	36.91%

less than 10% to 20% of earnings to the shareholders.

Moreover in recent years while paying cash dividends the listed companies implemented financial plans, such as rights offerings, issuing additional stock, sending shares and so on. This indicates that the dividend policy of listed companies is one method of equity financing in China. For one thing, some companies whose net assets is higher, reduce the net assets by paying cash dividends, thereby increasing net income to net assets ratio to meet the relative requirements of the Chinese Securities Regulatory Commission. For another, some major shareholders gain and take back their investment quickly from paying high cash dividends. Because in China some shares hold by major shareholders can't be negotiable, while equity financing these shareholders may abandon subscribing for additional shares without worrying about their right removed. On the contrary they can gain from the net asset's appreciation resulted from outstanding stockholders subscribing for shares at a premium. Medium-small shareholders not only don't receive the ideal reward, but also are forced to participate in the process of refinancing and bear the loss of stock price fallen. So the whole stock market is in the doldrums.

1.4. Variable dividend policy.

In China, listed companies distribute dividends with a great degree of randomness. The dividends payout ratio and the form of dividend distribution aren't consistent. The dividend payout ratio is sometimes high and sometimes low. The forms of dividend distribution sometimes pay cash dividends and sometimes send shares. From 1996 to 2000, the number of the listed companies that continued paying dividends for 4 years accounted for 4.5% of the total listed companies. From 1997 to 2000, the number of the listed companies that continued paying dividends for 3 years accounted for 7.44% of the total listed companies. The number of the listed companies that continue paying dividends for 4 years increased during the period 2002 – 2005 (Table 4), but it amounted to only 29.21% of the total listed companies. Moreover, the annual dividends that the listed companies that continue paying cash dividends distribute are unstable (some years high and some years low). The variable dividend policies of listed companies send investors the variable operating information, inducing investors to worry about the business risk of listed companies. Consequently the market price per share of listed companies' stock is influenced greatly by the variable dividend policy.

2. Analysis of reasons.

2.1. Macroscopic factors.

2.1.1. Securities capital market' inefficiency.

The Chinese securities market starts after the securities market of western developed country. It belongs to the weak form of capital market efficiency, not yet achieving semi-strong form of capital market efficiency. There are many imperfections in some aspects, such as

Table 4

Number of listed companies continuously paying dividends in China, 2002 – 2005.

Consecutive years	Paying dividends for 1 year	Paying dividends for 2 year	Paying dividends for 3 year	Paying dividends for 4 year	No distribution for 4 years	Total
Number	178	158	188	364	358	1246a
Percent	14.29%	12.68%	15.09%	29.21%	28.73%	100%

[a] **Selected Shanghai and Shenzhen Stock Exchange-listed stocks.**

non-negotiable stock, stockholder's equity structure, governmental intervention, information disclosure and so on. The efficiency of the Chinese securities market is low. The stock market is often treated as the financial place of listed company, instead of the place of realizing resource allocation optimization. These are disadvantageous to guiding listed companies to formulate the rational dividend policy.

Firstly, the reformation of stockholders' equity division is hard. By the end of 2004, the total shares of listed companies had been 714.9 billions shares in Chinese stock markets. The 454.3 billions shares that accounted for 64% of the total listed companies' shares couldn't be negotiable. Because the percentage of non-negotiable shares is very high, the shareholders who hold non-negotiable shares can take advantage of their control of the corporate governance to manipulate the payment of listed companies' cash dividends. So the payment of cash dividends becomes a strategy of these major shareholders obtaining cash. However compared with these non-negotiable shareholders, negotiable shareholders only obtain negligible profits. In order to enable Chinese listed companies to have a long-term healthy development and protect the long-term interests of investors, the State Council put forward the reformation of stockholders' equity division to change the unreasonable stockholders' equity structure of Chinese listed companies in 2005. By August 28, 2006, in Shanghai and Shenzhen stock markets, the listed companies that carried out the reformation of stockholders' equity division had amounted to 1145, accounting for 85.2% of the all listed companies that should carry out the reformation of stockholders' equity division. But the reformation of stockholders' equity division is not easy. Chinese stock markets inevitably encounter some problems, such as: the reformation of stockholders' equity division is still in the policy aspect of the Securities Regulatory Commission, the State Asset Management Commission and the Ministry of Finance, without formally entering the legislative track; the securities market lacks the pricing principles; the volatility of listed companies' performance influences the stability of the securities market; the diversity of investors impacts on the securities market; the Government is eager for quick success and instant benefit, neglecting the quality of the reformation of stockholders' equity division; and so on.

Secondly, the Government intervenes. China is a country switching the planned economy system to the market economy system. The stock market is in the condition that demand exceeds supply. The Government excessive intervention affects the dividend policy of listed companies to a certain degree, distorting the information of dividend policy conveying. As a consequence, the trend of stock markets is divorced from the national economy.

Finally, the information disclosure isn't standard. In China the dividend policy of most listed companies aren't consistent. When the profitability of a listed company doesn't change, the listed company frequently changes the form and quantity of dividend payment without disclosing any reason. This inevitably misleads the investors and reduces the efficiency of market resources allocation.

2.1.2. Economic environment influence.

State macroscopic economic environment has a great influence on the dividend policy of listed companies. During the initial period of Chinese stock market developing, Chinese macroscopic economy grows speedily due to the reform and open policy. Chinese listed companies' operation also obtains the high-speed growing power, especially real estate, electrical appliances, computer and finance developing rapidly. These industrial listed companies rapidly expand their capital stock in a short time by sending shares and rights offerings. However,

when China enters the economic adjustment time, for adapting economic adjustment, many listed companies either don't distribute dividends or carry out the dividend policy of not expanding the capital stock.

2.1.3. Laws and regulations imperfections.

In order to protect investors' interests, Chinese "Company Law" and "Negotiable securities Law" all lay down some restrictions on the dividend distribution of listed companies, such as capital impairment rule, insolvency rule, undue retention of earning rule. But because there aren't the detailed rules of paying dividends, listed companies can decide the form and quantity of dividend distribution at will. That is to say, it isn't illegal that the board of directors decides not to pay dividends. Since the dividend distribution right of medium-small shareholders can't be upheld by law, the investors' enthusiasm and the development of listed companies are influenced greatly. Moreover, so far the Government hasn't legislated for the reformation of stockholders' equity division. The reformation of stockholders' equity division is upheld only by some policies issued by the Securities Regulatory Commission, the State Asset Management Commission and the Ministry of Finance. Thus, the supervision methods of Chinese securities regulatory department lag, often being administrative means instead of laws.

2.2 Microscopic factors.

2.2.1. Imperfect corporate governance structure.

The imperfect corporate governance structure is an important factor of listed companies' irrational dividend distribution. First of all, because the reformation of stockholders' equity division is still in progress, the optimization of listed companies stockholders' equity structure will be faced with many problems that urgently need solution. Second, independent directors are difficult to play their role. Because the manager level and board of directors appoint the independent director are virtually controlled by major shareholders. Furthermore the percentage of independent directors in the corporate board of directors is very small, so they are difficult to impact on the decision of the corporate board of directors. In addition, the link between the independent directors' rewards and the corporate operating performance shakes the independence of independent directors. Third, listed companies lack the effective mechanisms for selecting managers. In most state-owned listed companies, managers are still appointed by the government. The government administration doesn't completely separate from enterprise management. Fourth, there are some obstacles to the staff participating in corporate governance. For example, although the "Company Law" reflects the principles of staff participating in corporate governance to a certain extent, most of provisions are difficult to operate and limit the trade union to participate in corporate governance.

In China, listed companies improve their governance mainly under the pressure of the regulatory department. Therefore the improvement of corporate governance is in form more than in substance. According to " The evaluation report of Chinese top 100 listed companies' corporate governance in 2006" released by the corporate governance center under the Chinese Academy of Social Sciences, we can see that the management level of Chinese listed companies has generally improved, but the degree of improvement is very small. Even the evaluation report shows there are some decrease in some aspects, such as the rights of shareholder, the responsibilities of the board of directors and the role of stakeholders.

2.2.2 Corporate operating condition.

The operating condition of Chinese listed companies has great influence on their dividend policy. To begin with, the majority of Chinese listed companies are in growth stage. Owing to great demand for funds, these listed companies don't pay dividends or pay a few dividends. So they may retain a great amount of earnings to help finance their growth, reducing the financing costs and external financing needs. Next, because many Chinese listed companies invest on speculative purpose, without the perspective of the overall enterprise. So after investment the listed companies can't control funds effectively. A large number of funds are occupied without economic benefit. The unstable income and high risk from investment result in the variable dividends policy of listed companies. Third, in China the number of loss-making listed companies is increasing year by year. The percentage of loss-making listed companies also shows an upward trend. Although some listed companies don't suffer losses, their profits don't form cash flow but showing accounts receivable. These loss-making or low-return listed companies

are unable to pay dividends. In addition, as a result of the poor liquidity and continuity of profit, many listed companies lose the basis of consistent dividend policy in China.

2.2.3 Shareholders' preference.

In Chinese stock market, many medium-small shareholders buy the shares as a speculation instead of investment. They concern only about the speculative gains from stock price differences, instead of the investment profits from the dividend distribution. Therefore, the medium-small shareholders prefer sending shares and stock dividends. Meanwhile, the major shareholders of listed companies have the control of making decisions. In order to avoid taxes and the control dispersion, the major shareholders prefer retaining more earnings to paying more cash dividends. Whereas the high cash dividends often are taken as the means of refinancing.

3. Measures to regulate listed companies' dividend policy in China.

3.1. Regulating the securities market.

In order to raise the efficiency of the securities capital market and guide the listed companies to formulate the rational dividend policy, Chinese government should take following measures to regulate the securities market.

Firstly, the reformation of stockholders' equity division should proceed in an orderly way and step by step. To begin with, the process of revising and perfecting the regulations relative to the whole stock's negotiation should quicken. Such as: the implementation rules of the whole stock's negotiation, the rules of share repurchase, the regulations of the state-owned shares' negotiation, etc. National People's Congress should legislate for the reformation of stockholders' equity division as soon as possible. In the second place, a reasonable price for the whole stock's negotiation should be determined, in order to balance the interests of every aspect and steady securities market. The key to the reform's success is to prevent interests from being transported by insider dealing and avoid the loss of state assets. In addition, several rounds of consultation between negotiable shareholders and non-negotiable shareholders about specific reform programs should be allowed, to protect the interests of negotiable shareholders and ensure the smooth implementation of the reformation of stockholders' equity division.

Next, the Government should lessen intervention and strengthen supervision. For one thing, the guiding ideology of the securities market must be adjusted, from the direct administrative intervention to the indirect intervention by economic and legal means. The Government must try to do everything in the internal laws of economic activities. For another, the state regulatory department should not only perfect the operation rules of securities market, but also strictly supervise the behavior of listed companies. When a listed company ignores the rules and disrupts the market order, the state regulatory department must promptly punish it.

Finally, the information disclosure of listed companies' dividend distribution should be regulated. If a listed company doesn't distribute dividends, it should disclose the reasons for non-distribution in their annual reports in detail. When a listed company applying for rights offerings declares its plan of rights offerings, it should announce the details of project's feasibility research report and the use of previous rights offerings' funds. Moreover a listed company that adopt sending shares, should disclose the use of distributable profits transferred to the capital stock. So the dividend policy of listed companies will be regulated by law and supervised by society.

3.2. Perfecting the dividend distribution law.

The Government should perfect legislation and strengthen enforcing the law to crack down on insider dealing and illegal operation, regulating the conduct of market participants according to the law. First, the protection of the right to request dividend distribution should be strengthened. The right to request dividend distribution is the right that shareholders can request companies to distribute dividends to them according to their proportional ownership. The Chinese government should learn from the foreign dividend distribution law. For instance, under certain conditions, the court can interfere in the dividend distribution of listed companies to let medium-small shareholders assert their dividend distribution right according to laws. Next, due to particular ownership structure of Chinese listed companies, the protection of medium-small shareholders' interests must be emphasized. As an example, the Government should lay down restrictive regulations on unreasonable and excessive dividend distribution of listed companies, stipulating definitely the

conditions of listed companies' non-distribution. Moreover, the Company Law should also increase the detailed and workable rules of dividend distribution, such as the procedure of dividend distribution, the profits level of paying cash dividends, the conditions of paying stock dividends, the dividend payout ratios at different profit level, and so on. In short, in order to protect the interests of medium-small investors and guide the listed companies to realize the dividend policy' rationalization, the Government should regulate the dividend distribution of listed companies by legislation.

3.3 Maintaining the consistency of dividend policy.

The consistent dividend policy not only helps investors expect the future earnings, but also avoids major shareholders damaging the interests of medium-small shareholders by dividend distribution. Therefore, on the one hand, when listed companies determine dividend policy, they should take into account the operating condition of earlier and later period. No matter what kind of dividend policy a listed company determines, it should maintain the policy for a long period, so as to strengthen the investors' confidence. On the other hand, the supervision departments should regulate the consistency of listed companies' dividend policy through some non-administrative means, such as requiring listed companies to pre-determine the target of dividend payout ratio, creating the dividend credit mechanism of listed companies, and so on. These means can guide listed companies to work out a workable dividend policy according to their actual situation and carry out this policy in a certain period.

3.4. Raising the enthusiasm of paying cash dividends.

For many years, in order to raise the enthusiasm of listed companies paying cash dividends, Chinese Securities Regulatory Commission has formulated some relative policies that play a certain role in impelling listed companies to paying cash dividends. For example: " a number of regulations on strengthening the protection of the public shareholders' interests" issued in 2004, definitely links the financing qualifications with paying cash dividends; "the management measures of listed companies issuing securities (draft)" issued in April 2006, requires that a listed company which publicly issues securities distributes the last 3-year-cumulative profits not less than 20% of the last 3-year-average distributable profits. In addition, Chinese Securities Regulatory Commission also should definitely stipulate the minimum dividend payout ratio, requiring a listed company to pay out a certain percentage (for instance 40%) of earnings to shareholders in cash before refinancing, so as to keep the financing order of securities market.

3.5 Improving the corporate governance structure.

In order to improve the corporate governance structure, specific measures are as follows:

Firstly, the Government should continue to advance the reformation of stockholders' equity division and promptly improve the necessary stipulations and policies, so as to conform to the market condition of the whole stock's negotiation and create the conditions for market every aspect positively participating in the corporate governance structure.

Secondly, the independent directors system must be perfected, such as: solving the independent director's nomination, inspiration and supervision questions, definitely stipulating the specialized qualifications of a independent director, and ensuring the independent director fulfilling corresponding function by laws and regulations. Of course, now Chinese government also is conscious of these problems and tries to perfect the independent directors system. For example, New "Company Law" issued in 2006, explicitly stipulates that the independent director should be nominated by the negotiable shareholders together with Securities Regulatory Commission (not by the major stockholder at will), and the listed company should form the convention that the independent director hire auditors periodically.

Thirdly, the market mechanism of manager resources disposition should be established. That is to say, taking the market as the foundation, and taking manager's talent and synthetic quality as the criterion, the corporate board of directors legally, publicly, transparently selects the manager according to the corporate actual demand.

Fourthly, the status and function of the shareholder in the corporate governance structure should be enhanced. The Government should safeguard the shareholder right through every method and channel, such as: changing the assessing rules of the state-owned capital,

protecting the owners' rights of the private company, improving the legal aid system of the medium-small shareholder, perfecting the relative lawsuit system, and so on. In March 2006, Chinese Securities Regulatory Commission promoted "Listed Companies Direction" (revised edition) and "Shareholders' Meeting Rules of Listed Companies ", which play a certain role in enhancing the status and the function of the shareholder in the corporate governance structure.

Finally, the mechanism of the staff participating in the corporate governance structure should be established. The law should define the right of the staff participating in the corporate governance structure and the percentage of the staff in the board of directors and the supervisor office. The listed companies can also learn from the foreign corporate governance experience. For example, in order to make staff have all kinds of experience and ability, listed companies may carry out non-professional experience road and have the various departments staff rotate work periodically. Through this method the staff will have the whole management idea. Namely, the staff can communicate the vertical department management and the horizontal quality, cost, product management, to achieve the purpose of the total quality management.

Conclusions.

This paper has counts the dividend distribution data (2001-2005) of all listed companies (over 1300) in Chinese stock market, according to statistical yearbook and listed companies' handbook. Combining other material's statistical data (1994-2000), this paper adopts the trend analysis method to analyze the status quo and consequence of dividend policies in China. Furthermore, from macroscopic and microscopic angles this paper analyzes reasons, including: securities capital market' inefficiency, economic environment influence, laws and regulations imperfections, imperfect corporate governance structure, corporate operating condition, shareholders' preference. In concluding, in order to regulate the dividend policy of listed companies in China and raise the efficiency of the Chinese securities capital market, this paper proposes specific measures as follows: regulating the securities market, perfecting the dividend distribution law, maintaining the consistency of dividend policy, raising the enthusiasm of paying cash dividends, improving the corporate governance structure. These measures can strengthen the investors' confidence in Chinese securities market and help Chinese securities market develop healthily and orderly.

REFERENCES

1. The State Statistical Bureau of People's Republic of China. China Statistical Yearbook in 2005, China Statistics Press, 2006.
2. Chen Naijin. Fast facts manual of Listed companies in 2005. Xinhua Publishing House, May, 2005
3. Shao Zhenglin and Lin Yungang. Research on Dividend Policy of Listed companies in China. Market Weekly, March, 2004, 45.
4. Li Changqing. Theoretical and empirical research on Dividend policy. Chinese People's University Press, 2001.
5. SHLeifer Vishny A Survey of Corporate Governance Journal of Finance - 1997(52) P.737-783

Tong Zhengong, Li Liling

УДК 621.357

OPTIMAL BOOSTER DISINFECTION IN WATER DISTRIBUTION SYSTEMS

Introduction.

With the further research of toxicological indicators and improvement of detection level, there are more than 2000 organics having been detected, some of which are carcinogen and dubious carcinogen. At present, the developed countries adopt many measures to decrease the subsidiary products of chlorination such as controlling chlorine usage, choose a better injection point or search substitutes.

The traditional chlorination is at the effluent of the water plant that will cause a high chlorine concentration in the network near the water plant and unfavorable taste and odor. Furthermore the chlorine residue concentration of every node fluctuates rapidly in the whole network. If area of the municipal water supply network is large and the water age is long, the chlorine residual concentrations of some network areas will not be enough. This problem can not be solved by adding more chlorine to the effluent for larger dosage will increase disinfection byproducts such as halogenated hydrocarbon. Furthermore, the chlorine addition to the effluent may cause long retention time of chlorine in the network that will increase DBP concentration. As a result it needs to find a better chlorine addition method and one effective method is booster chlorination.

1 The meaning of booster chlorination.

Booster chlorination is also named intermediate chlorination that is to add more chlorine at a certain node in the network such as the booster station or water storage tank station. When the delivery pipe is long, this method can not only ensure the disinfection effect, but also minimize the DBP value. There are mainly two reasons for decreasing the chlorine dosage. One is small dosage will cause small average concentration of chlorine in the network. The other is booster chlorination can give full use of the retention time and velocity of the water in the network that when the dosage falls the contact time will decrease and DBP formation will be reduced.

2 The development at home and abroad.

The research of secondly chlorination in networks started in the end of 90th in last century in developed countries. The research key is how to optimize the chlorine addition point and determine the dosage. The optimization is to make booster chlorination station as few as possible in a certain hydraulic cycle and minimize the total dosage based on a demand of water quality with a restraint condition that is making chlorine residue of monitoring node in a certain range. The research did not started early in developed countries, but developed rapidly. According to the recent investigation on 4000 water companies, there are 15% water companies adopting booster chlorination method[1].

At present, our country has begun to enter this field. Although some water companies adopt this chlorination method, the determination of the addition point and dosage is mostly based on experience.

3 Optimization of chlorination locations in network.

At the beginning of 90th in last century, Professor Byoung H.Lee[2] had proposed an idea of using a maximum water quantity node coverage method to optimize the selection of monitoring point. The method of this idea is to find out a downstream node which can reflect water quality of upstream node in the network in a certain condition while the sum of the upstream node water quantity is maximal. In a large degree, the optimization of booster station locations is same to that of water quality monitoring point. The difference between them is: the latter one is to find out a downstream node which can reflect the upstream node with maximum water quantity; the former one is to find out an upstream node which can reflect the downstream node with maximum water quantity[3].

According to this idea and combining with the theory using water quantity node coverage to optimize water quality monitoring point, the mathematical model for the booster chlorination point can be deduced[4] , which supposes the

decay of chlorine residue in water is first stage reaction. It is shown as follows:

Objective function:

$$\max \sum_{k=1}^{m} (\sum_{i=1}^{n} d_i^k y_i^k). \quad (1)$$

Constraints:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \le NS \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{n} [R^1(CC)_{i,j}] x_i - y_i^1 > 0, \quad (3)$$

$$z_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} d^1(j,i)\exp(-k' T^1(j,i)) z_j^1}{\sum_{j=1}^{n} d^1(j,i)} + TC_i^1 + x_i TRChl, \quad (4)$$

$$C_{\min} \le z_i^1 \le C_{\max}, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{n} [R^m(CC)_{i,j}] x_i - y_i^m > 0, \quad (6)$$

$$z_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} d^m(j,i)\exp(-k' T^m(j,i)) z_j^m}{\sum_{j=1}^{n} d^m(j,i)} + TC_i^m + x_i TRChl, \quad (7)$$

$$C_{\min} \le z_i^m \le C_{\max}, \quad (8)$$

i,j = 1,2, ...,n ,

NS- maximum number of chlorine injection point,

d_i - flow of node i,

n - number of node,

R(CC) - demand coverage matrix,

k - number of various hydraulic conditions(1,.....m),

k' - decay coefficient of chlorine residual ,

z_i - chlorine residual concentration of node i,

x_i, y_i - 0-1 variations, $x_i = 1$ represents node i that is booster station location; $y_i = 1$ represents node i that is coverage point.

TRChl- booster chlorination concentration:

C_{min} ,C_{max} - allowed upper and lower chlorine concentration bounds respectively.

In this model, the key is to solve demand coverage matrix R(CC). It needs to notice there should be two indicators: one is water demand coverage criterion which is named Water Cri; the other is water age of two nodes that is named Time Cri. For example, when water quantity of the upstream node j excesses the Water Cri, the water will flow to node i and then the water age between the two nodes should larger than a certain standard value(T). Only when the two indicators are both satisfied, water quality of node j can reflect water quality condition of node i.

4 Booster chlorination to optimize dosage.

When the injection point of booster chlorination is determined, it then needs to optimize the chlorine usage. The objectives of dynamically optimization of chlorine usage are shown as follows[5]:

- remain the chlorine residual of monitoring nodes in a certain range;
- minimize the total chlorine dosage.

When the locations of the booster stations are determined, n_b is used to represent the number of the stations. Minimization of total chlorine dosage rate is realized by time continuation method. This objective function is considered as a method to minimize the quantity of DBP and chemical cost. For the decreasing quantity of DBP can not be quantized here, the kinetic factors affecting the formation of DBP can not be understood comprehensively. n_m represents the number of monitoring point. The intermediate disinfectant mass injected can be expressed with time discrete optimization model.

Objective function: (minimize the chlorine injected mass in a certain period)

$$\min_u \lim_{K\to\infty} \frac{1}{K+1} \sum_{k=0}^{K} \sum_{i=1}^{n_b} u_i^k \bullet \Delta t, \quad (9)$$

Constraint

$$C_{\min} \le C_j^m(u) \le C_{\max}; j = 1,.....,n_m; m = M,....,\infty, \quad (10)$$

$$C_j^m(u) = \sum_{i=1}^{n_b} \sum_{k>0} a_{ij}^{km} \cdot u_i^k; \quad (11)$$

u_i^kM/T-subject to $k\Delta t \le t < (k+1)\Delta t$ the injected mass in injection point i;

u- vector expression for injected mass u_i^k;

Δt(T) -injection time interval;

n_b - number of chlorine injection station;

n_m - number of monitoring point;

$C_j^m(u)$ - the chlorine concentration of monitoring point j at m $\Delta t_m M/L^3$;

Δt_m - time interval for monitoring;

K -integer;

C_{max}, C_{min} - allowed upper and lower chlorine concentration bounds respectively;

a_{ij}^{km} - coefficient of discrete kinetic response function.

Here, the key is how to obtain discrete coefficient a_{ij}^{km}. This coefficient can be calculated by the following formulation:

$$a_{ij}^{km} = \partial c_j^m \,/\, \partial u_i^k \quad [(M/L^3)/(M/L)]. \qquad (12)$$

This coefficient is used to reflect the impact on monitoring point j when the disinfectant mass of injection point i is u_i^k at time $m\Delta t_m$. When there are many injection points, the impact on point j can be obtained by linear superposition.

5 Application example.

5.1 Network topological graph is illustrated as follow: Node 1 is water source.

Considering comprehensively, select NS = 1 as a chlorine injection point except for water source point. Here, water cri is 60% and time cri 5. Then the chlorine residual decay can be expressed by the following generalized model:

$$\frac{dC}{dt} = -(k_b C + k_3 C^n) - k_c C = -kC - k_3 C^n. \qquad (13)$$

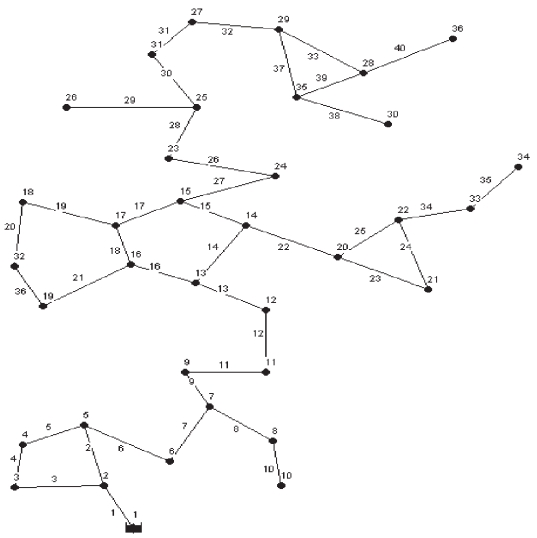


Fig. 1. Network topological graph.

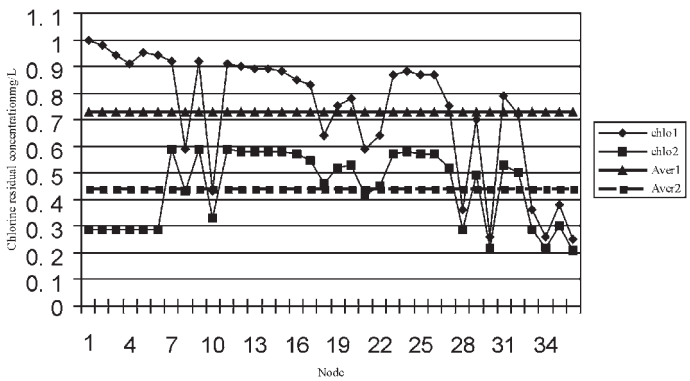


Fig. 2. Changes of chlorine residual concentration of each node in the network with one chlorine source or two sources.

The result of the formulation through programming is maximal water demand coverage is at node 7 and then this node can be selected as a booster chlorine injection point. The upper and lower bounds imposed on concentrations are respectively C_{max} = 4.0 mg/L and C_{min} = 0.2 mg/L. When there is one chlorine injection point calculated by the programming, in order to guarantee lower concentration bound $C_{min} \geq$ 0.2 mg/L of each node in network, the chlorine injection mass of node 1 can be calculated as 1.0mg/L. When there are two injection points, the chlorine injection mass of node 1 can be calculated as 0.3 mg/L and that of node 7 0.6 mg/L using the same method.

5.2. Comparison between booster chlorination and traditional chlorination.

Figure 2 illustrates changes of chlorine residual concentration of each node in the network by one chlorine source or two sources.

Note chlo1 represents the condition in one chlorine source and Aver1 is the average chlorine residual concentration in the network; chlo 2 represents the condition in two chlorine source and Aver2 is the average chlorine residual concentration in the network.

5.2.1 Analysis of water quality security.

The above figure shows when there is only one chlorine source (chlorine injected at the water source), in order to maintain a concentration constraints $C_{min} \geq$0.2 mg/L for each node after in a stable network, the chlorine mass in node 1 must be 1.0 mg/L. When setting a booster station in the network that means to simultaneously inject chlorine at node1 and node 7, with the same concentration constraints, the chlorine mass in node 1 is calculated as 1.0mg/L, that of node 7 is 0.6mg/L and total chlorine mass is 0.9mg/L which is lower than that in one chlorine source. Furthermore, in one chorine injection network maximal chlorine residual concentration of node is 1.0mg/L, minimal concentration 0.2mg/L and an average concentration 0.73mg/L. This will cause large spatiotemporal concentration fluctuations. However, the fluctuations are lower in two chlorine sources with maximal chlorine residual concentration 0.6mg/L, minimal concentration 0.2mg/L and an average concentration 0.44mg/L.

For chlorine residual concentration of each node is small with a booster chlorine station in network, the DBP is

relatively low. Furthermore, this model will has balanced chlorine residual concentrations in the whole network. Those will contribute to water quality security largely.

From practical perspective, booster chlorine injection can effectively control regrowth of bacteria and reduce the formation of DBP. Furthermore, the complaints from residents about water taste and odor will decrease.

5.2.2 Economical analysis.

From the perspective of chlorine mass, booster chlorination can reduce 0.1mg/L chlorine mass. If average water supply amount is 3800m^3/d, this method can save 0.38 kg/d that is 10% of traditional chlorination. As a result, booster chlorination can get many economical benefits.

6 Conclusion.

Booster chlorination can reduce chlorine mass and chlorine residuals and simultaneously decrease spatiotemporal concentration fluctuations of chlorine residual concentrations. Optimization of chlorination can not only reduce harmful substances such as halogenated hydrocarbon in water, improve water quality and decrease chlorine consumption, but also scientifically control chlorination process which will bring many social and economical benefits.

Generally, by increasing the number of booster stations built in the network, total chlorine mass will be less and chlorine residual concentration of the whole network will be more homogeneous. As a result, the formation of DBP will be reduced and water quality security improved. However, booster chlorination is system engineering and needs to comprehensively consider social and economical factors. The locations for chlorination not only depend on shape, arrangement and flow of distribution network and water quality variation, but also depend on construction conditions, safety and O&M. As a result, water companies should make further research on applying this technology according to their own situations.

REFERENCES

1. Dominic L.Boccelli, Michael E.Tryby, James G.Uber, et al. Optimal scheduling of booster disinfection in water distribution systems. Water Resour Plng and Mgmt., 1998,Vol.124(2):99-111.
2. Byoung H.Lee, Rolf A.Deininger, Robert M.Clark. Locating monitoring stations in water distribution systems. AWWA, 1991, Vol.83(7):60-66.
3. Byoung H.Lee, Rolf A.Deininger. Optimal locations of monitoring stations in water distribution system. J.Envir.Engrg., 1992, Vol.118(1):4-16
4. Arun Kumar, M.L.Kansal, Geeta Arora. Identification of monitoring stations in water distribution system. J.Envir.Engrg., 1997, Vol.123(8):746-752.
5. Harmant, A.Nace, L.Kiene. An algorithm to optimize booster chlorination in water distribution network. Proceeding-Water distribution systems analysis, Water Resources 2000.

КОНФЕРЕНЦИИ И СЕМИНАРЫ

Сибирский институт права, экономики и управления 29-90 апреля 2008г (г.Иркутск) провел международную научно-практическую конференцию "Актуальные проблемы права, экономики и управления". Помимо общепленарного зеседания на котором были представлены доклады.

1. Глобальное потепление.

Филиппов Адольф Хрисанфович, д.г.н., профессор, декан факультета экологии Сибирского института права, экономики и управления.

2. Торговля людьми как актуальная проблема нашего времени.

Щевцова Ирина Ярославна, к.х.н., доцент кафедры психологии развития и возрастной психологии Сибирского института права, экономики и управления.

3. Профессиональная пригодность как одна из проблем подготовки управленческих кадров.

Гольменко Александр Дмитриевич, д.м.н., профессор, проректор по науке Сибирского института права, экономики и управления.

4. Педагогические аспекты информационной безопасности личности.

Безродных Ольга Владимировна, директор МОУ "Гимназии №1", г.Саянск.

5. Основные направления современной внешней политики Японии.

Пузыня Николай Николаевич, к.и.н., доцент, заведующий кафедрой восточных языков Сибирского института, права, экономики и управления.

Работа конференции была организована по секциям:

№1. "Финансы, учет и анализ хозяйственной деятельности экономических систем".

№2. "Экономика и управления".

№3. "Гражданское и конституционное право".

№4. "Уголовное право и криминалистика".

№5. "Инновационные технологии в естественнонаучных исследованиях экономики и производства".

№6. "Организация и технология защиты информации".

№7. "Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды".

№8. "Регионоведение".

№9. "Язык и коммуникация".

№10. "Психология в среде образования, здравоохранение, производства, бизнеса и управления".

№11. "Социально-экономические науки и образование".

В работе конференции и её секции приняло участие более 400 человек.

Сотрудники ИрГУПС представили доклады:

Секция №2. Ветрова Е.П. Черных А.Б. Развитие системы управления персоналом на предприятиях ВСЖД.

Секция №3. Черных А.Б., Орлова Л.Ю. правоприменительная практика поддержки принятых мотивации, развития и удержание персонала на предприятиях.

Секция №5. 1. Иванов С.И. Фарбер В.Л. Геоинформационная автоматизированная система защиты тягового подвижного состава.

2. Узунов В.Г. Елисеев С.В. Некоторые задачи построения моделей для систем управления рисками.

3. Узунов В.Г. Управление безопасностью сложных технических систем. Организационные аспекты.

4. Ермошенко Ю.В. Упырь Р.Ю., Пермяков М.А. Оценка динамического состояния подвижного состава. Структурные методы и интерпритации.

5. Логунов А.С., Насников Д.Н. Показатели качества систем защиты объектов от вибраций и ударов.

6. Засядко А.А., Московских А.О. Современные проблемы создания технологии защиты технических объектов от внешних динамических воздействий.

7. Дьяченко А.А., Спорыхин М.А., Засядко А.А. Подходы к оценке вибрационной надежности.

Доклады опубликованы в Сборнике статей "Актуальные проблемы права, экономики и управления". Вып IV, т. I, II, III/ СИПЭУ. Иркутск. 2008. (сл.тел. 8 (395-2) 20-20-31).

АННОТАЦИИ ОПУБЛИКОВАННЫХ СТАТЕЙ

Раздел 1
Механика. Транспорт. Машиностроение

УДК 656.001

Хоменко А.П., Елисеев С.В., Засядко А.А. От динамики управляемых систем к мехатронике // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.10-14.

Рассматривается концепция построения виброзащитных систем, как задача построения управления в динамической системе. В первом случае, подход основан на решении системы дифференциальных уравнений в их структурной интерпретации в виде эквивалентных систем автоматического управления; во втором — синтезируется соответствующий регулятор.

Илл. — 1. Библ. — 10 наим.

УДК 622.342.(575.1)

Резник Ю.Н., Шумилова Л. В. Способ подготовки упорных сульфидных золотосодержащих руд к выщелачиванию // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.15-20.

Важная задача золотодобычи на современном этапе — рациональное использование бедных и упорных руд золота. В статье представлена разработанная технология кюветно-кучного выщелачивания, которая имеет большие перспективы при переработке упорных золотосодержащих руд. Данная технология со сменными активационными блоками адаптирована к типу руды и её технологической упорности и позволяет повысить эффективность и извлечение золота при переработке различных типов судьфидных руд более чем на 20 %.

Илл. — 2. Библ. — 4 наим.

УДК 621.01:534

Кузнецов Н.К., Кузнецова О.С. Динамическое гашение упругих колебаний исполнительных механизмов роботов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.21-25.

Проблема ограничения упругих колебаний исполнительных механизмов в переходных режимах работы является одной из актуальных проблем создания промышленных роботов. В статье исследованы возможности динамического гашения упругих колебаний по координате поворота исполнительного механизма робота, возможность гашения упругих колебаний по координате поворота руки с помощью скачкообразного изменения координаты вылета, а также влияние взаимосвязанности программного и колебательного движений на интенсивность гашения колебаний.

Илл. — 5. Библ. — 6 наим.

УДК 624.13. 54

Тюпин В.Н. Влияние вибродинамического воздействия движущегося поезда на устойчивость опор контактной сети и безопасность перевозочного процесса // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.26-28.

Рассмотрен механический процесс вибродинамического воздействия движущегося поезда на устойчивость опор контактной сети. Получена теоретическая формула для определения критерия устойчивости опор. Даны технические предложения по повышению устойчивости. Работа направлена на повышение уровня безопасности при движении поездов.

Илл.-3. Библ.- 3 наим.

УДК 621.06

Соболев В. И., Черниговская Т.Н. Алгоритм формирования гармонического элемента в моделировании колебаний тонкой пластины // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.29-35.

На основе применения общей методики построения бесконечномерных изгибаемых гармонических элементов в виде тонких пластин, пригодных для включения в дискретно- конти-

нуальные динамические модели изложен алгоритм реализации гармонического элемента. Приведены последовательность и результаты формирования матрицы динамических жесткостей (амплитуд единичных динамических реакций).

Илл. — 1. Библ. — 5 наим.

УДК 620.22

Xu Xianfeng, Xiao Peng, Xiong Xiang,Huang Boyun Effects of surface coats on the mechanical and physical properties of carbon fibers // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.36-38.

После снятия резинового покрытия с ПАН-нити углеродных волокон, волокна были покрыты карбидом или карбидом кремния путем химического парофазного осаждения (ХПО), и проводилось исследование влияния данных ХПО-покрытий на механические и физические свойства углеродных волокон. Обнаружилось, что поверхностная морфология парофазных кремниевых или карбидно-кремниевмх покрытий волокон более гладка, чем снятая углеводородная резина. Углеводород, покрытый карбидом или карбидом кремния, может усилить площадь поверхности БЭТ (полная площадь поверхности) и BJH-метод норового объема

Илл. — 4. Библ. — 5 наим.

УДК 693.15

Gao Jianping, Yin Hongyan Shaking table test of a 1/5 scaled integrated masonry-in-frame system model // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.39-43.

Интегрированная система кирпичной кладки на раме часто используется при надстройке этажей и реконструкции кирпичной кладки. Как бы то ни было, ее сейсмические характеристики и сейсмическое проектирование понимаются неясно из-за недостатка глубоких и систематических исследований. Целями исследования является изучение сейсмического поведения на примере интегрированной вычислительной модели четырехэтажной кирпичной кладки в раме.

Илл. — 11. Библ. — 2 наим.

УДК 621.89

Liu Hong, Xiong Liping, Zhou Xiang, He Zhongyi, Zhang Shaoming Tribochemical study of two triazine derivatives as additives in rapeseed oil // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.44-48.

Синтезированы два производных триазина, 2,4-бис-амидо-6-(O,O'-дибутилдитиофосфат)-с-1,3,5 - триазин. Оценивается их трибологическое поведение в качестве добавок к рапсовому маслу с использованием четырехшариковой машины. Трибологический механизм состоит в том. что подготовленное химическое соединение в качестве добавки формирует защитную пленку, содержащую сульфид железа, сульфат железа, органическая сера и соединения органического нитрогена на прорезиненной поверхности.

Илл. — 5. Библ. — 3 наим.

УДК 541.18.041.2

Lu Xiuguo, Liu Xuemei, Liu Yan Magnetic-assisted micro-ozone applied to oxidize methylene blue dye simulated wastewater // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.49-54.

В данной работе изучается обработка метиленового синего красителя магнитно-стимулируемым микроозоном. Были исследованы оптимальные условия; кратко упомянута тема механизма ухудшения характеристик. Результаты показали, что степень исчезновения хроматичносги достигала 97,8% после тридцатиминутной оксидизации без воздействия магнитного поля. Сравнительная степень хроматичности достигла 97, 8 % после 24-х-минутной оксидизации под воздействием магнитного поля. Результат показал, что воздействие магнитного поля увеличило скорость производства -OH из 03 и увеличила эффективность оксидизации.

Илл. — 5. Библ. — 4 наим.

УДК 621.311

Yang Feng-ping, Zhang Bi-wu, Feng Chun-hua Mechanical properties measurement and software design of vacuum circuit breaker // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.54-58.

Вниманию читателей представляется аппаратная схема механических свойств вакуумного автоматического выключателя, а также спроектирован набор программного обеспечения,

предназначенный для систем измерения. Система получения и обработки данных спроектирована с использованием материнской платы DOC 2000, с сенсорным экраном, микропринтером и картой сбора данных (DAQ). Операционная система устройства сконструирована с помощью Red Hat Linux 9.0. Потом, с целью создания дружественного пользователю интерфейса, в программе управления интерфейса использован MiniGUI. Наконец, MySQL используется для написания программ, реализующих накопление результатов тестов, запросов и переводов. Измерительные приборы могут стать эффективным инструментом для измерения и ремонта вакуумного автоматического выключателя.

Илл. — 7. Библ. — 8. наим.

УДК 621.89

He Zhongyi, Xiong Liping, Lu Jinliang, Ren Tianhui, Zhang Shaoming Tribological study of a triazine derivative as lubricant in rapeseed oil // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.59-61.

Синтезирован 2-этиламидо-4,6-(O,0′-диоктила дитиофосфат)-5-1,3,5-триазин (DEOP). В данной работе произведена оценка его трибологического поведения в качестве противозадирной присадки (EP) и противоизносной (AW) в рапсовом масле (RSO) с помощью четырехшариковой машины. Трибологическим механизмом являлась трибохимическая реакция между синтезированными соединениями и металлическими поверхностями в течение процесса скольжения с целью формирования комплексной пленки с отличной силовой емкостью и противоизносностью.

Илл. — 3. Библ. — 3 наим.

УДК 622.342.(575.1)

Шумилова Л.В. Классификация золотосодержащих руд с дисперсным золотом по технологической упорности // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.62-69.

Представлена классификация золотосодержащих руд с дисперсным золотом по критерию технологической упорности. С целью ускорения вовлечения в эксплуатацию крупных месторождений упорных золотомышьяковых руд с дисперсным золотом, необходимо довести до промышленного внедрения наиболее экономически рентабельный и экологически безопасный способ переработки. В качестве такого способа предложено кюветно-кучное выщелачивание золотосодержащего минерального сырья, разработанное в Читинском филиале ИГД СО РАН совместно с РГГРУ.

Илл. — 2. Библ. — 3 наим.

УДК 621.317

Засядко А.А., Насников Д.Н. Наблюдаемость и управляемость в задачах активной виброзащиты // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.69-75.

Процесс проектирования управляемых динамических систем предполагает представление этих систем в пространстве состояний. В связи с этим, в статье рассмотрены особенности типовых моделей кинематических возмущений, принимаемых чаще всего как детерминированные гармонические и узкополосные стационарные случайные колебания. Рассматриваемая в статье активная виброзащитная система является динамической системой с одним управляющим входом. Оценены свойства управляемости и наблюдаемости предлагаемого виброизолятора.

Илл. — 3. Библ. — 5 наим.

УДК 665.01

Упырь Р.Ю., Логунов А.С, Пермяков М.А. Специфические режимы в динамике базовых моделей механических колебательных систем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.76-81.

В статье рассматривается задача выявления особенностей свойств механических колебательных систем при введении дополнительных связей, в случае рассмотрения системы в главных координатах. Авторами показывается, что при определенном выборе приведенных инерционных параметров дополнительной связи, возможны случаи равенства частот собственных колебаний, а также возможность их «рокировки», что, в свою, очередь, позволяет управлять динамическим состоянием исходной системы.

Илл. — 2. Библ. — 3 наим.

УДК 614.8

Jiang Xian-Gang The technology research on image smooth and medical organ's 3D-reconstruction based on anisotropic diffusion // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.82-86.

Работа посвящена исследованиям понижения уровня шума медицинских снимков методом анизотропной диффузии. Полученные на основе анизотропной теории диффузии, частичные дифференциальные уравнения, у которых входные данные изображений трансформируются в формат разности и решаются итерационным способом для получения фильтрованных результатов. Убирая шум, важно поддерживать границу вставки и основные локальные детали. На базе анизотропной диффузии авторами предлагается восьминаправленная анизотропическая диффузия и технология расширения границ. Полученный результат оказывается удовлетворительным. Обработанные слои далее повергаются трехмерной реконструкции путем кластерного группирования и показывают улучшенные результаты.

Илл. — 1. Библ. — 1 наим.

УДК 681.518.54+620.19

Капустин А.Н., Гарифулин В.Ю., Перелыгин В.Н., Лукьянов А.В. Эффективное сопоставление изображений в инфракрасном и оптическом спектральных диапазонах с использованием стереопары «тепловизор — видеокамера» // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.87-98.

В данной статье описан метод эффективного сопоставления изображений различных длин волн в термо-оптической системе неразрушающего контроля, путем использования методики проективной трансформации с целью оптимизации геометрических параметров, а также сопоставления контрольных точек путем минимизации энергии связей точек. Метод основан на применении преобразований гомографии для каждого из сопоставляемых изображений. Использование предварительной обработки изображений объясняется существенным различием между типами сенсоров.

Илл. — 13. Библ. — 5 наим.

УДК 62-501.12; 533.6.013; 629.7.022

Суржик В.В. Системный анализ динамики экранопланов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.99-101.

В статье коротко описана история создания экранопланов и даны рекомендации по выбору геометрических размеров самостабилизирующихся экранопланов схемы «утка» на стадии определения принципиальных конструктивных решений.

Библ. — 4 наим.

УДК 621.7.93.001.5

Дементьев В.П., Корнева Л.В., Серпиянов А.И., Черняк С.С., Поздеев В.Н., Тужилина Л.В., Фалько Н.В. Рельсы повышенной эксплуатационной стойкости для Сибири // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.102-104.

Представлены результаты работы по изысканию оптимального химического состава и корректировке технологического процесса изготовления рельсов для повышения их эксплуатационной стойкости в условиях Сибири и Крайнего Севера. Приведены результаты полигонных испытаний рельсов, с дополнительным модифицированием рельсовой стали хромом, ванадием, ниобием, бором, щелочноземельными и редкоземельными металлами (ЩЗМ и РЗМ), в условиях ВСЖД, на перевальном участке Иркутск-Слюдянка, характеризующемся затяжными подъемами и спусками (от 4 ‰ до 25 ‰) и с большим количеством кривых малого радиуса (менее 300 м - 12%, более 300 м - 38,5%).

Табл. — 2. Библ. — 2 наим.

УДК 62.031

Дьяченко А.А., Московских А.О., Пермяков М.А. Некоторые задачи вибрационной надежности технических объектов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.105-108.

В статье представлены варианты оценки надежности технических систем различной сложности, испытывающих динамические нагрузки в виде вибраций, основанные на анализе случайных выбросов колебательных процессов и связанных с ней процессов накопления повреждений.

Илл. — 1. Библ. — 14 наим.

Раздел 2
Управление в технических системах. Моделирование

УДК 614.842.83

Аршинский Л.В., Зиневич С. В., Удилов В. П. Методика векторного оценивания системы пожарной безопасности предприятия // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С. 110-119.

В работе предлагается концептуальная модель системы пожарной безопасности предприятий. Показано, что система является иерархической. Рассмотрено содержание систем предотвращения пожара, противопожарной защиты и организационно-технических мероприятий, а также их подсистем, целевых и функциональных элементов и способов реализации. Предложена векторная методика оценки системы, позволяющая независимым образом оценивать как ее полноту, так и качество.

Табл. — 4. Библ. — 7 наим.

УДК 519.714

Дойников А.Н., Сальникова М.К., Калинин М.П. Методика прогнозирования нестационарных процессов в структурно неустойчивых системах // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.119-123.

Предложена методика прогнозирования нестационарных процессов с использованием модифицированного сингулярного разложения с применением критериев качества разделения исходного сигнала на квазистационарные составляющие. Результаты разложения рассмотрены на графиках макроэкономических процессов, в частности, на примере изменения цены валютного курса EUR/USD. Предложены графические критерии, позволяющие повысить эффективность прогнозирования процессов, протекающих в сложных системах.

Илл. — 6. Библ. — 2 наим.

УДК 004. 82: 510: 65: 510. 662

WANG Sen A Comparison of specifications between several formal methods // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.124-128.

В данной работе кратко освещаются три важных формальных языковых и методических характеристики. Анализируются и сравниваются их преимущества и слабые места, приводится сравнительный анализ разнящихся элементов: логика, синтаксис, стиль характеристик.

Библ. — 3 наим.

УДК 621.311

Закарюкин В.П., Крюков А.В., Абрамов Н.А. Выделение сенсорных элементов в системах тягового электроснабжения // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.128-131.

Предложена методика выявления сенсорных элементов в системах тягового электроснабжения магистральных железных дорог переменного тока. Отличительные особенности методики состоят в использовании фазных координат и корректном учете внешней сети. Результаты компьютерного моделирования показали применимость методики для выделения сенсорных элементов в системах тягового электроснабжения. Информация о сенсорных элементах СТЭ позволит обоснованно подходить к решению целого ряда актуальных задач проектирования и эксплуатации систем тягового электроснабжения.

Илл. — 5. Библ. — 6 наим.

УДК 001.18.8

Соломянный С.В., Корольков Б.П. Построение систематики железнодорожного подвижного состава на примере грузовых вагонов-платформ с помощью методов кластерного анализа и самоорганизующихся карт Кохонена // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.131-136.

Приведен анализ результатов построения систематики транспорта. Показана возможность преобразовывать словесное описание объектов в математические координаты. Выбран критерий для оценки мер схожести и различия между элементами транспортной системы, который позволяет сравнивать на первый взгляд несравнимые объекты. Рассмотрены нейросетевые алгоритмы, как перспективный инструментарий разработки Продемонстрировано по-

строение самоорганизующейся карты Кохонена, которая позволяет автоматизировать процесс построения систематики. Проведён результатов работы, сделаны выводы.

Илл. — 7. Библ. — 9 наим.

УДК 519.714

Сальникова М.К., Герасименко К.В., Макаренко Я.Н. Анализ эффективности спектрального и сингулярного разложения в задачах прогнозирования сигналов с переменной структурой // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.137-139.

Рассмотрены основные принципы сингулярного разложения и анализа Фурье с учетом ограничений в области применения. Проведено сравнение подходов к прогнозированию нестационарных процессов на основе двух методов. Также рассмотрены основные идеи динамического спектрального анализа и вейвлет-анализа. Отмечены основные преимущества и отличия сингулярного разложения.

Илл. — 1. Библ. — 4 наим.

УДК 656.259.21:621.351

Шаманов В.П., Суров В.П., Трофимов Ю.А., Алешечкин Ю.А. Параметры тяговой рельсовой сети и устойчивость работы приборов безопасности // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.140-145.

Приведены результаты анализа основных количественных связей между электрическими параметрами обратной тяговой рельсовой сети и растекающимися по ней переменными тяговыми токами с точки зрения их мешающего влияния на приборы безопасности.

Илл. — 3. Библ. — 5 наим.

УДК. 624.046

Елисеев С.В., Соболев В.И., Градобоев А.В. К выбору численных алгоритмов определения достаточности армирования железобетонных композитов в условиях дискретных моделей // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.145-150.

В статье рассмотрены теоретические предпосылки проведения конструктивного расчета железобетонных элементов на основе теории композиционных материалов, теории предельного равновесия и теории трещин, а также изложены основные положения алгоритмического обеспечения расчета необходимых параметров армирования конструкций в заданных условиях напряженно деформированного состояния.

Илл. — 2. Библ. — 5 наим.

УДК 656.1:658.5

Пашкова А.С., Иванков А.Н., Гозбенко В.Е. Прогноз спроса на пассажирские перевозки с сегментированием по типам автотранспорта // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.150-153.

В статье рассматривается один из важнейших путей повышения качества обслуживания пассажиров на автомобильном транспорте в современных условиях, заключающегося в обеспечении максимального удовлетворение спроса на перевозки, в том числе и спроса на категорию мест в транспорте. Этот аспект организации пассажирских перевозок имеет важное экономическое значение, так как решение данной задачи позволяет повысить конкурентоспособность автомобильных пассажирских перевозок, привлечет на автотранспорт дополнительный объем пассажиров с других видов транспорта, а тем самым приведет к повышению доходности перевозок. Результаты натурного обследования позволили произвести сегментирование пассажиропотока по категориям пассажирского автотранспорта и по расстоянию следования. Получены функции спроса на места различных категорий в зависимости от дальности поездки. Установлено, что с увеличением расстояния следования повышается спрос на более комфортабельный автомобильный транспорт.

Илл. — 1. Библ. — 3 наим.

УД К 681.3-167/168:616-056.22

Финогенко И.А., Финогенко В.И., Дьякович М.П. Метод вложенных линейных сверток для оценки качества здоровья населения // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.154-161.

Предложено и апробировано применение метода вложенных линейных сверток для оценки качества здоровья населения. В ходе массовых скрининговых исследований была использована автоматизированная система количественной оценки риска основных общепатологичес-

ких синдромов. На основе полученных данных о распространенности рисков основных общепатологических синдромов с применением методов многокритериального анализа рассчитаны интегральные показатели качества здоровья населения одного из районов Иркутской области. Обоснован способ градации качества здоровья по шкалам значений интегральных показателей, расположенных между нулем и единицей.

Илл. — 6. Библ. — 6 наим.

Раздел 3
Системный анализ и междисциплинарные подходы в исследованиях

УДК 321.01

Летников Ф.А. Государство - открытая неравновесная динамическая система. Синергетический аспект // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.162-167.

В статье идет речь об открытых неравновесных системах, так как всякое государство представляет, прежде всего, систему, т.е. упорядоченное множество взаимосвязанных элементов, определенная целостность, представляющаяся как нечто единое по отношению к другим объектам или внешним условиям. Очевидно, что в данном случае применение этого термина в контексте рассматриваемой проблемы вполне оправдано. Кроме того, открытые системы - системы, которые могут обмениваться веществом, энергией и информацией с окружающей средой, и значит любое государство вполне подходит под определение "открытая система".

Библ. — 4 наим.

УДК 378

Осипов В.Е., Куценко Н.Ю. Гуманитарная культура в системе технического образования // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.167-171.

В статье определено понятие «гуманитарная культура». Рассмотрены основные вопросы, связанные с проблемой гуманитаризации образования в техническом вузе, а также представлен анализ современного состояния гуманитарной составляющей в образовательном процессе.

Библ. — 6 наим.

УДК 159.9:004.8

Степаненко А.С. Философско-Методологические проблемы соотношения естественного и искусственного интеллекта // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.171-178.

Представлено философское осмысление принципиально новых моментов, вносимых искусственным интеллектом в различные области человеческой деятельности, что позволяет осознать непредсказуемость социокультурных последствий для научного и технологического освоения мира методами искусственного интеллекта и вместе с тем, предвидеть эти последствия.

Библ. — 19 наим.

УДК 621.01(07)

Резник Ю.Н., Колодин В.С., Гутгарц Р.Д. Резервы и механизмы повышения качества продукции. виртуальное производство и cals-технологии // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.178-180.

Обсуждается проблема введения понятия виртуальное предприятие как системы компьютерных моделей изделий, технологических и производственных процессов. В этом плане ключевые позиции занимают CALS-технологии и связанные с ними функциональные модели, позволяющие минимизировать затраты на сбор и ввод информации.

Библ. - 3 наим.

УДК 681.3

Zhao Xiaojing Develop a sense of ownership, and innovation disseminates // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.181-186.

Работа посвящена инновационной теории текущих нововведений в области английского языка как иностранного в Восточно-Китайском университете путей сообщения. В качестве иллюстраций приведены некоторые аспекты теории диффузии и инновационные рамки, а в конце излагаются некоторые стратегии.

Библ. — 4 наим.

УДК 339.5:656.2.073

Liu Xian The basic conception of railway credit transportation and its evolutive varieties // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.187-191.

Кредитование железнодорожных перевозок имеет свое собственное понятие. Для развития кредитования перевозок на железнодорожных филиалах создается множество благоприятных условий. Базирующееся на основном понятии, кредитование железнодорожных перевозок может развивать множество эволюционных вариантов. Развитие основного понятия кредитования железнодорожных перевозок и его эволюционные варианты могут быть выгодными во многих аспектах. Между соответственными сторонами в основном понятии кредитования железнодорожных перевозок и его эволюционных вариантов существуют особые юридические отношения. Основное понятие кредитования железнодорожных перевозок и его эволюционных вариантов подразумевает новое направление в развитии.

Библ. — 6 наим.

УДК 621.01(07)

Лонцих П.А., Елисеев С.В., Гутгарц Р.Д. Конкурентоспособность и рентабельность предприятий при внедрении систем менеджмента качества // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.192-195.

Процесс внедрения ситем менеджмента качества рассматривается как комплексная проблема, объединяющая прогнозирование, оптимизацию инструментов, и диагностику обеспечения систем качества. Предлагаются рекомендации по выбору методов прогнозирования на основе формализованных подходов.

Библ. - 3 наим.

УДК 504:621.6.033(98)

Дмитренко А. В., Зяблова И. В. Принципы развития мировой транспортной сети на перспективу // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.195-198.

В перспективе, в связи с увеличением численности населения стран мира, а также с потребностью разработки новых месторождений полезных ископаемых, встала задача постепенного освоения северных территорий, а это в свою очередь, вызывает необходимость строительства новых транспортных систем, с целью вовлечения в хозяйственный оборот стран мира. В статье выделены факторы, на которые необходимо обратить внимание при усилении мировой транспортной сети.

Библ. — 4 наим.

УДК 378

Zhou Liping An action research on helping students of special majors become autonomous learners through formative // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.199-204.

Описывается экспериментальное исследование на тему помощи студентам нестандартных специальностей в автономном обучении путем формативной оценки. В качестве примера приводится группа студентов, обучающихся по специальности «Физическая культура» и описывается процесс и результаты применения данного метода, а также - процесс развития обучаемости студентов.

Библ. — 3 наим.

УДК 519.218.2

Baogen Xu, Li Deng On Reciprocal Signed Domination in Graphs // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.204-207.

Пусть G = (V, E) - график, а функция f:$V \to \{-1,1\}$- функция взаимно однозначного доминирования графика G. Если $\sum_{v \in N[u]} f(v) \le 1$, что справедливо для любой вершины $u \in V$, число взаимно

однозначного доминирования определяется как $\gamma_{ys}(G) = \max\{\sum f(v)$ – функция взаимно однозначного доминирования для G}. В данной работе большей частью получены значения верхних границ $\gamma_{ys}(G)$ для общих графиков и определены точные значения графиков G. К тому же, затронуты некоторые открытые вопросы и гипотезы.

Библ. — 7 наим.

УДК 681.3

Fan Yong, Zhang Xuan An empirical study on concentration ratio in China's securities traders // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С. 207-211.

Индустрия ценных бумаг играет немаловажную роль на фондовом рынке Китая и в его экономическом продвижении. В этой связи в этой области требуется систематическое и глубокое расследование. Данная работа анализирует рыночную структуру индустрии ценных бумаг Китая, используя подход изучения показателей концентрации передовых отраслей индустриальной экономики. Результаты данного анализа будут представлять большую важность для оптимизации и модернизации индустриальной структуры ценных бумаг, а также - для формулирования и внедрения государственной политики.

Библ. — 5 наим.

УДК 621.01(07)

Кородюк И.С., Колодин В.С., Слинкова О.К. Мониторинг и диагностика систем качества предприятия // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.211-214.

Предлагается система непрерывного мониторинга и диагностики применительно к наиболее ответственным машинам, отказ которых нежелателен. По результатам измерений создается алгоритм диагностикипозволяющий реализовать рациональное решение. Диагностическая матрица представляется в видедвузначной логической модели.

Библ. - 4 наим.

УДК 336.01/02

Hu Junnan, Xu Xiaoyang Dividend policy of listed companies in china // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.215-222.

В работе анализируются существующие проблемы политики дивидендов в Китае с учетом данных по распределению дивидендов (2001-2005) всех листинговых компаний (около 1300) на китайском фондовом рынке. Потом, в соответствии с причинами, вызвавшими эти проблемы, авторы предлагают принять комплекс специфических мер по урегулированию политики дивидендов листинговых компаний Китая.

Табл. — 3. Библ. — 4 наим.

УДК 621.357

Tong Zhengong, Li Liling Optimal booster disinfection in water distribution systems // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. - 2008. - №2(18). С.223-226.

Обычно дезинфицирующие средства добавляются только на водоочистных сооружениях, что может привести к жалобам потребителей, живущих близко к источнику, на вкус и запах воды. Также это приводит к остаточным колебаниям пространственно-временной концентрации дезинфекции по всей сети. Наилучший способ достичь минимального хлорного остатка на всех уровнях ответвлений сети — это прибегать к бустерному хлорированию. Это гарантирует более однородный пространственно-временной остаток дезинфицирующего средства, понижает требуемую общую массу дезинфицирующего средства. В данной работе предлагается алгоритм оптимизации местонахождения бустерной установки и определения степени дозирования впрыска и создается программа для его реализации. В конце иллюстрируется разница между безопасностью воды в трубопроводе и сравнительная экономия с применением традиционного и бустерного хлорирования.

Илл. — 2. Библ. — 5 наим.

THE ABSTRACTS OF PUBLISHED ARTICLES

Part 1
Mechanics. Transport. Machine Engineering

UDK 656.001

Khomenko A.P., Eliseev S.V., Zasyadko A.A. From the dynamics of controlled systems to mechatronics // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.10-14.

The concept of vibroinsulation systems construction is regarded as a problem of management construction in dynamic system. In the first case the approach is based on the solution of a system of differential equations being structurally interpreted as equivalent systems of automatic control. In the second case the corresponding regulator is synthesized.

Fig. — 1. Ref. — 10.

UDK 622.342.(575.1)

Reznik Yu.N., Shumilova L.V. The way of preparation of refraction sulphidic gold ores to leaching // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.15-20.

The important problem of gold mining at the present stage is a rational use of base and refraction gold ores. In article the developed technology of ditch-compact leaching which has the big prospects while processing refraction gold ores is presented. This technology with replaceable activation blocks is adapted for type of ore and its technological refraction, and allows raising efficiency and gold extraction at processing of various types of sulphidic ores for more than 20 %.

Fig. — 2. Ref. — 4.

UDK 621.01:534

Kuznetsov N.K., Kuznetsova O.S. Dynamic damping of elastic vibrations of the robots' process execution modules // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.21-25.

The problem of limiting of elastic vibrations of process execution module in transitive operating modes is one of topical issues of the creation of industrial robots. In the article the possibilities of dynamic damping of elastic vibrations on the coordinate of the turn of the robot's process execution module, the possibility of the damping of elastic vibrations on the coordinate of a hand's turn by means of discontinuous change of the start coordinate, and also the influence of program and oscillatory movements' coherence on the intensity of vibration damping are analyzed.

Fig. — 3. Ref. — 6.

UDK 624.13. 54

Tyupin V.N. Influence of vibrodynamic impact of a moving train on the contact net support and transit process safety // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.26-28.

The mechanical process of vibrodynamic impact of a moving train on the stability of a contact network support. The theoretical equation of stability supports' distinguishing is obtained. Technical suggestions for stability increasing are given. The research is aimed at the security level during the train movement.

Fig. — 3. Ref. — 3.

UDK 621.06

Sobolev V.I., Chernigovskaya T.N. Algorithm of harmonic element forming in design of thin plates vibrations // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.29-35.

On the basis of general method application of the bent harmonic elements construction as thin plates suitable for including in discrete-continuous dynamic system, the algorithm of realization of harmonic element is expounded. A sequence and results of dynamic inflexibilities matrix formation is resulted (amplitudes of single dynamic reactions).

Fig. — 1. Ref. — 5.

UDK 620.22

Xu Xianfeng, Xiao Peng, Xiong Xiang,Huang Boyun Effects of surface coats on the mechanical and physical properties of carbon fibers // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.36-38.

After removal of the resin from PAN-carbon fibers, the fibers were coated with C or SiC by chemical vapor deposition (CVD) and the effects of these CVD coats on the mechanical and physical properties of carbon fibers were investigated. The surface morphology of the CVD C or SiC fibers was found smoother than removed resin F by SEM. CF coated C or SiC can increase BET surface area (TSA) and BJH method cumulative adsorption pore volume (BPV). The tensile strength and Young's modulus of the fibers are decreasing with different extent after CVD because of the damage of CVD atmosphere, but are higher than those of contrast samples because of the repair of CVD C or SiC coats.

Fig. — 4. Ref. — 5.

UDK 693.15

Gao Jianping, Yin Hongyan Shaking table test of a 1/5 scaled integrated masonry-in-frame system model // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.39-43.

The integrated masonry-in-frame system is often used in story-adding and upgrading projects of existing masonry structures in practice, however, its seismic behavior and seismic design method are not well understood because of lack of in-depth and systematic research. The objectives of the research are to investigate the seismic performance, calculating model of a 4-story integrated masonry-in-frame model.

Fig. — 11. Ref. — 2.

UDK 621.89

Liu Hong, Xiong Liping, Zhou Xiang, He Zhongyi, Zhang Shaoming Tribochemical study of two triazine derivatives as additives in rapeseed oil // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.44-48.

Two triazine derivatives, 2,4-bis-amido-6-(O,O'-dibuthyl dithiophosphate)-s-l,3,5 -triazine were synthesized and their tribological behavior as rapeseed oil additives were evaluated using a four-ball tester in this paper. The tribological mechanism was that the prepared compound as additive forms a protective film containing ferric sulfide, ferric sulfate, organicsulfur compound and organicnitrogen compound on the rubbed surface.

Fig. — 5. Ref. — 3.

UDK 541.18.041.2

Lu Xiuguo, Liu Xuemei, Liu Yan. Magnetic-assisted micro-ozone applied to oxidize mathylene blue dye simulated wastewater // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.49-54.

On the basis of general method application of the bent harmonic elements construction as thin plates suitable for including in discrete-continuous dynamic system, the algorithm of realization of harmonic element is expounded. A sequence and results of dynamic inflexibilities matrix formation is resulted (amplitudes of single dynamic reactions).

Fig. — 5. Ref. — 4.

UDK 621.311

Yang Feng-ping, Zhang Bi-wu, Feng Chun-hua Mechanical properties measurement and software design of vacuum circuit breaker // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.54-58.

A hardware scheme of the mechanical properties of vacuum circuit breaker is introduced, and a set of software is designed for the measuring system. A data acquiring and processing system is designed by using technical grade mainboard, DOC 2000, touch screen, micro-printer and data acquisition card (DAQ). The device's operation system is constructed with Red Hat Linux 9.0. Then in order to get a graceful and friendly human-computer interface, the control interface program is realized by using MiniGUI. Finally MySQL is used to write program which realizes test result's storage, inquiry and transfer. The measuring device will be the efficient tool for measure and repair of vacuum circuit breaker.

Fig. — 7. Ref. — 8.

UDK 621.89

He Zhongyi, Xiong Liping, Lu Jinliang, Ren Tianhui, Zhang Shaoming Tribological study of a triazine derivative as lubricant in rapeseed oil // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.59-61.

2-ethylamido-4,6-((O,O-dioctyl dithiophosphate)-.s'-l,3,5-triazine (DEOP) was synthesized and it's tribological behavior as extreme pressure (EP) and antiwear (AW) additive in rapeseed oil (RSO) were evaluated using a four-ball tester in this paper. The tribological mechanism was that tribochemical reaction occurred between the synthesized compounds and metal surfaces during the sliding process, to form a complex film which has excellent load-carrying capacity and antiwear ability.

Fig. — 3. Ref. — 3.

UDK 622.342.(575.1)

Shumilova L.V. Classification of gold ores with disperse gold on technological refraction // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P. 62-69.

Classification of gold ores with disperse gold by criterion of technological refraction is presented. To accelerate the operation of major fields refraction gold-arsenical ores with disperse gold, it is necessary to apply the most economically profitable and safe way of industrial introduction processing. As the example of such a way ditch-compact leaching of gold mineral raw materials is offered. It was developed in the Chita branch of Mining Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science together with Russian State University of Exploration and Mining.

Fig. — 2. Ref. — 3.

UDK 621.317

Zasyadko A.A., Nasnikov D.N. Observability and controllability in problems of active vibroprotection // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.69-75.

Problems of vibration control in the electromechanical system, solving problems of vibroinsulation and vibroprotection are considered. Authors suggest the mathematical models, allowing constructing operating influence according to the controlling function. The estimation of the situation within the framework of the observability and controllability problem is suggested. The correlations defining the possibility of realizing the operating influences are given in the article.

Fig. — 3. Ref. — 5

UDK 665.01

Upyr' R. Yu., Logunov A.S., Permyakov M.A. Specific regimes in dynamics of base models mechanical vibratory systems // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.76-81.

In paper the problem of detection of features of properties of mechanical vibratory systems is observed at introduction of additional ties, in case of system consideration in the principal coordinates. By authors it is displayed, that at certain sampling of reduced inertia parameters of additional ties, chances of equality of frequencies of an eigentone, and also possibility of their "castling", that, in the, the turn, allows to operate a dynamic condition of a prototype system.

Fig. — 2. Ref. — 3.

UDK 614.8

Jiang Xian-Gang The technology research on image smooth and medical organ's 3D-reconstruction based on anisotropic diffusion // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.82-86.

This paper researches the medical image denoising by anisotropic diffusion method. Based on anisotropic diffusion theory, a partial differential equations, of which the initial value is the input images, is transformed into difference format and is solved in iterative way to get filter results. It is important to maintain the key edge and important local details while removing the speckle noise efficiently. On the basis of anisotropic diffusion, we put forward the eight-direction anisotropic diffusion and edge enhancement technology, and get a satisfactory result. These processed slices are further processed in 3D-reconstruction by the cluster grouping, and the reconstruction and show the better effects.

Fig. — 1. Ref. — 1.

UDK 614.8

Kapustin A.N., Garifulin V.Yu., Perelygin V.N., Luk'yanov A.V. Effective comparison of images in infrared and optical spectral ranges using the stereomate "warmvisor - videocamera" // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.87-98.

In given article the method of effective comparison of images of various wavelengths in thermo-optical system of nondestructive check using projective transformation techniques to optimize geometrical parametres, and also to compare control points by the minimization of point ties energy. The method is based on application of homography transformations each of the compared images. The usage of image pre-processing is explained by the essential distinction between sensor types.

Fig. — 13. Ref. — 5.

UDK 62-501.12; 533.6.013; 629.7.022

Surzhik V.V. System analysis of ekranoplans' dynamics // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.99-101.

The history ekranoplans' creation is briefly described in this article. Recommendations on the choice of geometrical sizes of self-stabilized canard layout ekranoplans at a stage of definition of basic constructive solutions are made.

Ref. — 4.

UDK 621.7.93.001.5

Dementyev V.P. , Korneva L.V., Serpiyanov A.I., Chernyak S.S., Pozdeev V. N., Tuzhilina L. V., Fal'ko N. V. Rails of increased operation durability in Siberia // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.102-104.

The results of work on the research of an optimum chemical compound, correcting the technological process of rail manufacturing to increase their operation durability in Siberia and the Far North are presented. The results of rails' ground tests, with a rail steel being additionally modified by chrome, vanadium, niobium, boron, alkaline-earth and rare-earth metals (AEM and REM) in East-Siberian railroad, at the Irkutsk-Slyudyanka site characterized by long liftings and descents (from 4 ‰ to 25 ‰) and with a lot of small radius curves (less than 300 m - 12 %, more than 300 m - 38,5 %) are shown.

Tabl. — 2. Ref. — 2.

UDK 62.031

Dyachenko A.A., Moskovskikh A.O., Permyakov M.A. Some problems of vibration safety of technical objects // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.105-108.

The variants of safety estimation of technical systems with various complexity during the vibrational dynamical stresses are represented in the article. These stresses are based on the analysis of random outbursts of vibration processes and damaging processes due to this.

Fig. — 1. Ref. — 14.

Раздел 2
Control in technical systems. Modelling

UDK 614.842.83

Arshinsky L.V., Kubarev A.S., Udilov V.P., Usolov E.V., Zinevich S.V. The methodics of fire-safety system vector evaluation at the enterprise // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.110-119.

The paper suggests the anti-fire system conceptual model of enterprise. It is shown that the system is hierarchical. The content of fire-preventive system, anti-fire defence system and organization and technical measures, and also of their subsystems, target and functional elements and realization methods are considered in the paper. Using of vector evaluation methodic helps to evaluate independently either fullness or quality of these systems.

Tabl. — 4. Ref. — 7.

UDK 519.714

Dojnikov A.N., Salnikova M.K.,Kalinin M.P. Technique of forecasting of non-stationary processes in structurally unstable systems // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.119-123.

The technique of forecasting of non-stationary processes with use modified singular decomposition with application of criteria of quality of division of an initial signal on quasistationary components is offered. Results of decomposition are considered on schedules of macroeconomic processes, in particular, on an example of change of the price of rate of exchange EUR/USD. The graphic criteria, allowing raising a forecasting effectiveness of the processes proceeding in difficult systems are offered.

Fig. — 6. Ref. — 2.

UDK 004. 82: 510: 65: 510. 662

WANG Sen A Comparison of Specifications between several formal methods // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.124-128.

This paper introduces briefly three influential formal specification languages and methods. We analyze and compare their advantages and weaknesses, and provide a comparison of differences: underlying logic, syntax, specification style, etc.

Ref. — 3.

UDK 621.311

Zakaryukin V. P. , Kryukov A. V., Abramov N. A. Distinguishing the sensor elements in traction power supply systems // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.128-131.

The methods of distinguishing sensor elements in traction power supply systems. The distinctive features of the method are in using different phase coordinates and in the correct consideration of external network. The results of computer modeling showed the applicability of the method for distinguishing sensor elements in traction power supply systems. The information ob sensor elements will allow solving a number of topical issues of projecting and operation of traction power supply systems.

Fig. — 5. Ref. — 6.

UDK 001.18.8

Solomyannyi S.V. ,Korol'kov B.P. The construction of systematization of a railway rolling stock by the example of cargo cars-platforms using methods of clustered analysis and Kohonen's self-organizing cards // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.131-136.

The analysis of the results of transport systematization construction is given in the article. The opportunity of transforming the verbal description of objects into mathematical coordinates is shown. The criterion for estimating measures of similarity and distinction between transport system elements which allows comparing objects that are incomparable at first sight is chosen. Neuronalnetwork algorithms are considered in the paper as a perspective toolkit of a construction development of Kohonen self-organizing cards which allows automating the process of construction's systematization. The results of work are carried our, the conclusions are drawn.

Fig. — 7. Ref. — 9.

UDK 519.714

Salnikova M.K., Gerasimenko K.V., Makarenko J.N. The analysis of efficiency spectral and singular decomposition in problems of forecasting of signals with variable structure // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.137-139.

Main principles singular decomposition and analysis Fure taking into account restrictions in a scope are considered. Comparison of approaches to forecasting of non-stationary processes on the basis of two methods is spent. Also the basic ideas of the dynamic spectral analysis and the velvet-analysis are considered. The basic advantages and differences singular decomposition are noted.

Fig. — 1. Ref. — 4.

UDK 656.259.21:621.351

Shamanov V.P., Surov V.P., Trofimov Yu.A., Aleshechkin Yu.A. Parameters of a traction rail network and stability of work of devices of safety // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.140-145.

The results of the analysis of the basic quantitative communications between electric parameters of a back traction rail network and variable traction currents spreading after it from the point of view of their stirring influence on safety devices are represented.

Fig. — 3. Ref. — 5.

UDK. 624.046

Eliseev S.V.,Sobolev V.I., Gradoboev A.V. To the choice of numerical algorithms of definition of sufficiency of reinforcing of ferro-concrete composites in the conditions of discrete models // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.145-150.

The article describes the theoretical grounds of rational design for reinforced concrete structures based on theory of composite materials, theory of limiting state and theory of cracks. The article also discloses main statements of algorithmic description of necessary factors for concrete composite reinforcing in specified conditions of deflected mode.

Fig. — 2. Ref. — 5.

UDK 656.1:658.5

Pashkova A.S., Ivankov A.N., Gozbenko V.E. The forecast of demand for passenger transportations with segmentation on types of motor transport // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.150-153.

In the article there is one of the major ways of passengers' service quality improvement for motor transport in the modern conditions, consisting of maintaining the maximal demand satisfaction for transportations, including the demand for a place category in transport is considered. This aspect of the organization of passenger transportations has the important economic value as the solution of the given problem allows raising competitiveness of automobile passenger transportations, will involve additional volume of passenger transits on motor transport, and this will lead to the increase of transportation profitableness. The results of natural inspection have allowed making segmentation of a volume of passenger traffic in categories of passenger motor transport. Functions of demand for places of various categories are obtained depending on range of a trip. It is established that with increase of the following demand for more comfortable motor transport grows.

Fig. — 1. Ref. — 3.

УДК 681.3-167/168:616-056.22

Finogenko I.A.,Finogenko V.I., Djakovich M.P. Method of nested linear convolutions for estimating the population's health // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.154-160.

The use of the method of nested linear convolutions to estimating the population's health quality have been suggested and tested. In the process of mass screening the computer-aided system intended for quantitative estimation of risks of main pathological syndromes among population have been used. Using the methods multicriterial analysis the integral estimates the population's health quality based risk prevalence of main pathological syndromes at the one of Irkutsk region's territories have been constructed. The technique of gradation of health quality by scaling the values of integrated criteria (rated within 0 to 1) is suggested and proved.

Fig. — 6. Ref. — 6.

Part 3
System analysis and intersubject approaches in researches

UDK 321.01

Letnikov F. A. State as an open non-equilibrium dynamic system. Synergy aspect // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.162-167.

Open non-equilibrium systems are discussed in the article, as, first of all, any state represents a system, i.e. the ordered set of the interconnected elements, a certain integrity is shown as something uniform related to other objects or external conditions. It is obvious that in this case application of this term in a context of the considered problem is quite justified. Besides, open systems are systems which can exchange substance, energy and the information with environment, and it means that any state can quite be defined as an "open system".

Ref. — 4.

UDK 378

Osipov V.E., Kutsenko N. Yu. Humanitarian culture in the system of technical education // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.167-171.

In the given article the concept of humanitarian culture is defined. The basic questions of a problem of education humanitarization issue in technical college are considered. The analysis of the current state of a humanitarian component in educational process is also presented.

Ref. — 6.

UDK 159.9:004.8

Stepanenko A.S. Philosophy and methodological problem of a correlation of natural and artificial intellect // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.171-178.

The philosophical comprehension of essentially new moments brought by an artificial intellect in various areas of human activity is represented in the article. That allows realizing the unpredictability of sociocultural consequences for scientific and technological development of the world by methods of an artificial intellect and at the same time expecting these consequences.

Ref. — 19.

UDK 621.01(07)

Reznik Yu.N., Kolodin V.S., Gutgarts R.D. Reserves and mechanisms of quality production improvement. Virtual manufacturing and CALS-technologies //Modern technologies. System analysis. Modelling. ISURE. - 2008. - #2 (18). P.178-180.

The problem of introduction of a 'virtual enterprise' concept as a system of computer product models, technological and industry processes is being discussed. In this plan key positions are occupied by the CALS-technologies and functional models connected with them, allowing minimizing expenses for information gathering and input.

Ref. — 3.

UDK 681.3

Zhao Xiaojing Develop a sense of ownership, and innovation disseminates // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.181-186.

This paper relates innovation theory to the on-going EFL innovations in East China Jiaotong University (ECJTU). Some diffusion theory and innovation framework have been illustrated to explain the perception on innovation management and some strategies are put forward in the end.

Ref. — 4.

UDK 339.5:656.2.073

Liu Xian The basic conception of railway credit transportation and its evolutive varieties // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.187-191.

Railway credit transportation owns its basic conception. To develop credit transportation railway departments possess many beneficial conditions. Based on its basic conception, railway credit transportation can develop a lot of evaluative varieties. The development of the basic conception of railway credit transportation and its evolutive varieties can produce benefits in many aspects. There are special law relationships among relative parties in the basic conception of railway credit transportation and its evolutive varieties. The basic conception of railway credit transportation and its evolutive varieties mean a new development direction.

Ref. — 6.

UDK 621.01(07)

Lontsikh P. A. , Eliseev S.V., Gutgarts R. D. Competitiveness and profitability of the enterprises at introduction of quality management systems // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.192-195.

Process of introduction of quality management systems is considered the complex problem uniting forecasting, optimization of tools and diagnostics of systems quality maintenance. Recommendations for the choice of forecasting methods on the basis of the formalized approaches are suggested.

Ref. - 3

UDK 504:621.6.033(98)

Dmitrenko A. V., Zyablova I. V. The prospective principles of the development of world transport network // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.195-198.

In the long term, due to the increase in a population of the countries of the world, and also due to the requirement of working out of new mineral fields, there has arisen a problem of gradual

development of northern territories, and it, in turn, causes the building of new transport systems to involve them in world economic circulation. The factors to which it is necessary to pay attention while strengthening the world transport network are emphasized in the article.

Ref. — 4.

UDK 378

Zhou Liping An action research on helping students of special majors become autonomous learners through formative // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.199-204.

This article states an action research on helping students of special majors become autonomous learners through formative assessment. It takes a class of college students majoring physical education as the example and describes the process and results of the action implementation as well as the process of students' learning abilities development.

Ref. — 3.

UDK 519.218.2

Baogen Xu, Li Deng On Reciprocal Signed Domination in Graph // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.204-207.

Let G = (V, E) be a graph, a function f: $V \to \{-1,1\}$ is said to be a reciprocal signed domination function (RSDF) of G if $\sum_{v \in N[u]} f(v) \le 1$ holds for any vertex $u \in V$, the reciprocal signed domination number of G is defined as $\gamma_{ys}(G) = \max\{\sum_{v \in V(G)} f(v)\}$. In this paper we obtain mainly some upper bounds for general graphs, and determine the exact values of for some special classes of graphs G. In addition, we pose some open problems and conjectures.

Ref. — 7.

UDK 681.3

Fan Yong, Zhang Xuan An Empirical Study on Concentration Ratio in China's Securities Traders // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.207-211.

Securities industry plays an essential part in China capital market and its economic advancements. Hence a systematic and in-depth investigation into this business is called for. This essay, by taking the approach of studying concentration ratio in mainstream industrial economics, analyzes the market structure of China securities industry. Its findings will be of great significance for the optimization and upgrade of securities industrial structure as well as the formulation and implementation of government policies.

Ref. — 5.

UDK 621.01(07)

Korodjuk I. S., Kolodin V. S., Slinkova O.K. Monitoring and diagnostics of the enterprise quality systems // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.211-214.

The system of continuous monitoring and diagnostics is offered, with reference to the most responsible machines, the failure of which is undesirable. According to the results of measurements the algorithm of diagnostics allowing realizing the rational decision is created. The diagnostic matrix is represented as a two-digit logic model.

Ref . — 4.

UDK 336.01/02

Hu Junnan, Xu Xiaoyang Dividend policy of listed companies in China // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.215-222.

This paper analyzes the existent problems of dividend policy in China through counting the dividend distribution data (2001-2005) of all listed companies (over 1300) in Chinese stock market. And then according to the reasons that induce these problems, this paper proposes specific measures to regulate the dividend policy of listed companies in China.

Tabl. — 3. Ref. — 4.

UDK 621.357

Tong Zhengong, Li Liling Optimal booster disinfection in water distribution systems // Modern Technologies. System Analysis. Modelling. ISURE. — 2008. - #2(18). P.223-226

Conventional practice adds disinfectant only at the treatment plant, which may cause taste and odor complaints by consumers who are close to the source and consequently receive higher disinfectant concentrations. Also, it leads to disinfection residual spatiotemporal concentration

fluctuations all over the network. The best way to achieve minimum chlorine residual at all levels of branching in a network is to carry out booster chlorination. This will also assure more uniform spatiotemporal disinfectant residual, lowering the required total disinfection mass and less risk of DBF formation throughout the distribution system. This text proposes an algorithm to optimize the location of booster station and identify their dosage injection rates and makes program to reality it. At last, it gives us an example to make difference from the safety of the pipeline's water quality and the economy between the conventional chlorination and the booster chlorination.

Fig. — 2. Ref. — 5.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абрамов Никита Андреевич, аспирант Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-45, email: nikita_1708@mail.ru

Алешечкин Юрий Александрович, главный инженер службы автоматики и телемеханики Красноярской железной дороги

Аршинский Леонид Вадимович, д.т.н., начальник факультета подготовки научно-педагогических кадров Восточно-Сибирского института МВД России. email: arsh@esi.irk.ru

Гарифулин Владислав Юрьевич, инженер-программист Иркутского государственного университета, тел. (3952) 67-68-76

Герасименко Константин Викторович, аспирант Братского государственного университета, тел. (3953) 32-53-57

Гозбенко Валерий Ерофеевич, д.т.н., профессор кафедры «Высшая математика» Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-10

Градобоев Алексей Витальевич, аспирант Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-47

Гутгарц Римма Давыдовна, д.э.н., профессор кафедры «Автоматизированных систем» Иркутского государственного технического университета, тел. (3952) 40-51-79

Дементьев Валерий Петрович, начальник ЦКЛК КМК г. Новокузнецк

Демидов Станислав Михайлович, зам. начальника ОГПН СУ ФПС №8 МЧС России, адъюнкт ВСИ МВД России, тел. (3823) 77-90-45

Дмитренко Алексей Васильевич, д.т.н., профессор Сибирского государственного университета путей сообщения, тел. (+7913)4710776

Дойников Александр Николаевич, д.т.н., профессор Братского государственного университета, тел. (3953) 36-63-72

Дьякович Марина Пинхасовна, д.б.н., профессор АГТА, тел. (3951) 55-75-46, email: imt@angarsk.ru

Дьяченко Анатолий Алексеевич, начальник службы капитального строительства Восточно-Сибирской железной дороги, тел. (3952) 40-22-96

Елисеев Сергей Викторович, д.т.н., профессор, исп. директор НИИ Современных технологий, системного анализа и моделирования Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 59-84-28

Закарюкин Василий Пантелеймонович, к.т.н., доцент Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-45 email: zakar@irk.ru

Засядко Анатолий Алексеевич, к.т.н., доцент, зам. первого проректора Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-26

Зиневич Сергей Владимирович, зам. начальника ГУ МЧС России по Тюменской области, соискатель ВСИ МВД России, тел. (3452) 31-35-91

Зяблова Ирина Вячеславовна, аспирант Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, тел. (998 71) 299-04-51

Иванков Алексей Николаевич, к.т.н., доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-10

Калинин Максим Петрович, аспирант Братского государственного университета, тел. (3953) 32-53-57

Капустин Антон Николаевич, к.т.н., старший научный сотрудник ВНИИЖТ, email: kapustin@ocv.ru

Колодин Виктор Семенович, д.э.н., профессор Байкальского государственного университета экономики и права, тел. (+7914)9246188

Корнева Лариса Викторовна, зав. металлогр. лаборатории ЦКЛК КМК г.Новокузнецк

Кородюк Игорь Степанович, д.э.н., профессор Байкальского государственного университета экономики и права, тел. (+7914)8879696

Корольков Борис Петрович, д.т.н., профессор Иркутского государственного университета путей сообщения. email: korp@irk.ru

Крюков Андрей Васильевич, д.т.н., профессор Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-45 email: and_kryukov@mail.ru

Кубарев Анатолий Сергеевич, первый зам. начальника Дальневосточного регионального центра МЧС России, соискатель ВСИ МВД России, тел. (4232) 228070

Кузнецов Николай Константинович, д.т.н., профессор Иркутского государственного

технического университета, тел. (3952) 40-51-48

Кузнецова Ольга Сергеевна, м.н.с. НИИХИММАШ, тел. (3952) 41-03-36

Куценко Надежда Юрьевна, аспирант кафедры «Философии и социальных наук» Иркутского государственного университета путей сообщения тел. (3952) 41-07-31, email: kucenko_ny@irgups.ru

Летников Феликс Артемьевич, академик РАН, зав. лабораторией Института земной коры СО РАН, email: syznv@crust.irk.ru

Логунов Александр Сергеевич, аспирант Иркутского государственного университета путей сообщения, email: 1984@mail.ru

Лонцих Павел Абрамович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Управления качеством и механики» Иркутского государственного технического университета, тел. (3952) 40-51-79

Лукьянов Анатолий Валерианович, д.т.н., профессор Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 36-97-97

Макаренко Яков Николаевич, аспирант Братский государственный университет, тел. (3953) 32-53-57

Московских Александр Олегович, аспирант Иркутского государственного университета путей сообщения, email: sk.arcada@gmail.com

Насников Дмитрий Николаевич, аспирант Иркутского государственного университета путей сообщения, email: nasnikov_dn@irgups.ru

Осипов Василий Евдокимович, д.фс.н., профессор кафедры «Философии и социальных наук» Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 22-61-41

Пашкова Анастасия Сергеевна, аспирант Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-47

Перелыгин Владимир Николаевич, аспирант, зав. лабораторией кафедры «Теоретической и прикладной механики» Иркутского государственного университета путей сообщения, email: pereligin_vn@irgups.ru

Пермяков Михаил Александрович, аспирант Иркутского государственного университета путей сообщения, email: perm84@mail.ru

Поздеев Владимир Николаевич, к.т.н., профессор кафедры «Путь и путевое хозяйство» Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-61

Резник Юрий Николаевич, д.т.н., профессор, ректор Читинского государственного университета, тел. (3822) 41-64-44

Сальникова Марина Константиновна, к.т.н., доцент Братского государственного университета, тел. (3953) 36-63-72

Серпиянов Андрей Иванович, старший ревизор Восточно-Сибирской железной дороги

Слинкова Ольга Константиновна, д.э.н., профессор Братского государственного университета, тел. (3953) 32-53-95

Соболев Владимир Иванович, д.т.н., профессор Иркутского государственного технического университета, тел. (3952) 51-03-58

Соломянный Сергей Владимирович, аспирант кафедры УЭР Иркутского государственного университета путей сообщения, email: ajaguz@yandex.ru

Степаненко Алексей Сергеевич, директор Иркутского филиала государственной академии правосудия тел. (3952) 68-88-37, 61-24-44

Суржик Виталий Витальевич, зав. лабораторией кафедры УТС Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-10

Суров Валерий Петрович, к.т.н., доцент, заместитель директора Красноярского института железнодорожного транспорта

Трофимов Юрий Анатольевич, к.т.н., доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Иркутского государственного университета путей сообщения, email: trofimov_y@irgups.ru

Тужилина Лариса Викторовна, к.т.н., доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-65 email: tujilina_lv@irgups.ru

Тюпин Владимир Николаевич, д.т.н., профессор Забайкальского института инженеров железнодорожного транспорта, тел. (3822) 21-47-22

Удилов Василий Петрович, д.т.н., профессор, зам. начальника Восточно-Сибирского института МВД России по учебной работе, тел. (3952) 410055

Упырь Роман Юрьевич, аспирант Иркутского государственного университета путей сообщения, email: msxp@list.ru

Усолов Евгений Викторович, начальник учебного центра ГПС МЧС России по Тюмен-

ской области, соискатель ВСИ МВД России, тел. (3452) 20-48-48

Фалько Наталья Владимировна, инженер по кадрам Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-84, email: nober@irgups.ru

Финогенко Вячеслав Иванович, аспирант ИДСТУ СО РАН, тел. (3952) 51-01-40, email: fin@icc.ru

Финогенко Иван Анатольевич, д.ф-м.н., старший научный сотрудник, зав. отделом ИДСТУ СО РАН, тел. (395 2) 42-71-00, email:fin@icc.ru

Хоменко Андрей Павлович, д.т.н., профессор, ректор Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-11

Черниговская Татьяна Николаевна, аспирант Иркутского государственного университета путей сообщения, тел. (3952) 63-83-47

Черняк Саул Самуилович, д.т.н., профессор Иркутского государственного университета путей сообщения

Шаманов Виктор Иннокентьевич, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Автоматика и телемеханика» Иркутского государственного университета путей сообщения, email: shamanov_v@irgups.ru, тел: (3952) 63-83-51

Шумилова Лидия Владимировна, к.т.н., докторант Читинского государственного университета, зам. директора по учебной работе ФГОУ СПО Забайкальский горный колледж, тел. (3822) 41-69-08

Baogen Xu, Professor, Department of Mathematics, East China Jiaotong University, Nanchang, China, email: baogenxu@163.com

Fan Yong, Associate Professor, School of Economics and Management, East-China Jiaotong University

Feng Chun-hua, School of Electrical and Electronic Eng.,East China Jiaotong University,Nanchang, China

He Zhongyi, Postdoctor, Professor, Shool of Basic Science, Eastchina Jiaotong University, Nanchang city, Jiangxi Pro, Tel:0086-791-7046337, Email: zhyhe@ecjtu.jx.cn

Hu Junnan, Department of Economics and Management, Jiaotong University of East China, Nanchang Jiangxi, China. email: hjn_hjn92@163.com

Huang Boyun, State Key Lab. for Powder Metallurgy, Central South University, Changsha

Li deng, Department of Mathematics, East China Jiaotong University, Nanchang, China

Li Liling, College of Adult Education of East China Jiaotong University , Vice president and Associate Professor, lll0469@ecjtu.jx.cn , tel: 13979149113

Liu Hong, Associate Professor, School of Basic Science, Eastchina Jiaotong University, Nanchang city, Jiangxi Pro, Tel: 0086-0791-7046537, email: liuhong_8716@ecjtu.jx.cn

Liu Xian, vice-professor of School of Economic Management of East China Jiaotong University. tel: 13970800291. email: liuxian6401953@126.com

Liu Xuemei, College of Civil Engineering of East China Jiaotong University, Jiangxi Nanchang

Liu Yan, College of Civil Engineering of East China Jiaotong University, Jiangxi Nanchang

Lu Jinliang, master, School of chemistry and chemical engineering , Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, tel: 0086-21-54747118, email: lujl@sjtu.edu.cn

Lu Xiuguo, College of Civil Engineering of East China Jiaotong University, Jiangxi Nanchang

Ren Tianhui, Professor, School of chemistry and chemical engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, tel: 0086-21-54747118, email: thren@sjtu.edu.cn

Tong Zhengong, School of Civil Engineering and Architecture Departments of East China Jiaotong University , Associate Professor, tel: 13970871808, email: zzggtt@ecjtu.jx.cn

Wang Sen, Associate Professor, teacher of East China JiaoTong University, Nanchang city, Jiangxi Pro,China. tel:13707091751, email: wangs@ecjtu.jx.cn

Xiao Peng, State Key Lab. for Powder Metallurgy, Central South University, Changsha

Xiong Liping, Associate Professor, teacher of East China JiaoTong University, Nanchang city, Jiangxi Pro, tel: 0086-791-7046337, email: xionglp@ecjtu.jx.cn

Xiong Xiang, State Key Lab. for Powder Metallurgy, Central South University, Changsha

Xu Xianfeng, Jiangxi Nanchang, Han, Lecturer of East China Jiaotong University, email: xu-xianfeng@163.com

Xu Xiaoyang, Department of Economics and Management, Jiaotong University of East China, Nanchang Jiangxi, China

Yang Fengping, School of Electrical and Electronic Eng., East China Jiaotong University, master degree, tel: 0791-2814066, 13607083331, email: yangfp@4y.com.cn

Zhang Bi-wu, School of Electrical and Electronic Eng.,East China Jiaotong University,Nanchang, China

Zhang Shaoming, Professor, PetroChina Lanzhou Lubricating Oil R & D Institute, Lanzhou City, Gansu Pro, tel: 0086-931-7935252, email: zsm@luberdi.com.cn

Zhang Shaoming, Professor, PetroChina Lanzhou Lubricating Oil R & D Institute, Lanzhou, Gansu Pro, tel: 0086-931-7935252, email: zsm@luberdi.com.cn

Zhang Xuan, Lanzhou Jiaotong University, School of Economics and Management, Lanzhou Jiaotong University

Zhao Xiaojing, Associate Professor, School of Foreign Languages, Eastchina Jiaotong University, Nanchang city, tel: 0086-791-7045358, email: 0791lucy@163.com

Zhou Liping, Associate Professor and Deputy Director, International School, East China Jiaotong University, tel: 86-791-7045357, email: zlp12@yahoo.com.cn

Zhou Xiang, master of East China JiaoTong University, Nanchang city, Jiangxi Pro, tel: 0086-791-7046337, email: zhoux@ecjtu.jx.cn

Министерство Образования и Науки Российской Федерации

Министерство Транспорта
Федеральное агентство железнодорожного транспорта

Иркутский государственный университет путей сообщения
Российская инженерная академия

Современные технологии

Системный анализ

Моделирование

№2(18)

2008

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Ответственный за выпуск **С.В.Елисеев**

Подписано в печать 13.10.2007. Формат 60x84/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. Печ. л. 19.
Уч.-изд. л. 19,5. Тираж 500 экз. Заказ №____
Подписной индекс по каталогу «Почта России»: 73693
ISSN: 1813-9108
Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.
Сведения о журнале ежегодно
публикуются в международной справочной системе
по периодическим и продолжающимся изданиям
"Ulrich's Periodicals Directory"

ИД №06506 от 26.12.01
Иркутский государственный университет путей сообщения
664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15.

Отпечатано в типографии Иркутского государственного
университета путей сообщения, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15.

Журнал зарегистрирован Министерством Российской Федерации по
делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ №13-0574 от 24 декабря 2003 г.
Учредитель Иркутский государственный университет путей сообщения
(664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15)

© Издательство Иркутского Государственного Университета Путей Сообщения