



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 9/10 - 2013 (сентябрь/октябрь)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной
ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Редакционный совет

А.В. Царегородцев — д.т.н., профессор Финансового университета при Правительстве Российской Федерации

Ю.Б. Миндлин — к.э.н., доцент Московского

государственного индустриального университета

М.М. Безрукова — д.б.н., профессор, директор Института возрастной физиологии РАО

Н.Н. Грачев — профессор Московского государственного института электроники и математики НИУ ВШЭ, доктор высшей ступени в области технических наук (Doctor Habilitatus)

А.И. Гусева — д.т.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"

А.Я. Качанов — д.воен.н., профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)

Е.Ю. Клименко — д.ф.-м.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"

С.М. Надежкин — д.б.н., профессор Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии

Б.А. Прудковский — д.т.н., профессор, эксперт по высшему образованию группы компаний "ИНТЕРСЕРТИФИКА"

С.Э. Саркисов — д.м.н., профессор Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии

В.В. Сергиевский — д.х.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"

А.П. Симоненков — д.м.н., профессор Института хирургии им. Вишневского РАМН

Издатель: Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:
109443, Москва,

Волгоградский пр-т, 116–1–10

Тел./факс: 8(495) 755–1913

E-mail: redaktor@nauteh-journal.ru

<http://www.nauteh-journal.ru>

<http://www.vipstd.ru/nauteh>

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77–44912 от 04.05.2011 г.

© Современная наука:
Актуальные проблемы теории и практики

Scientific and practical journal



В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ, СВЯЗИ
И УПРАВЛЕНИЯ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (ПО ОТРАСЛЯМ)

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
И ПРОИЗВОДСТВАМИ (ПО ОТРАСЛЯМ)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН,
КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ
И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

МАТЕРИАЛЫ PROCEEDINGS OF THE XVIII-TH
INTERNATIONAL OPEN SCIENCE CONFERENCE
(LORMAN, MS, USA, JANUARY 2013)

Журнал издается с 2011 года

Редакция:

Главный редактор

А.В. Царегородцев

Выпускающий редактор

Ю.Б. Миндлин

Верстка

Д.М. Замятин

Подписной индекс издания
в каталоге агентства "Почта России" — 80016

В течение года можно произвести подписку
на журнал непосредственно в редакции

Авторы статей
несут полную ответственность за точность
приведенных сведений, данных и дат

При перепечатке ссылка на журнал
«Современная наука: Актуальные проблемы
теории и практики» обязательна

Журнал отпечатан в типографии

ООО "КОПИ-ПРИНТ"

тел./факс: (495) 973–8296

Подписано в печать 25.10.2013 г.

Формат 84×108 1/16

Печать цифровая

Заказ № 0000

Тираж 2000 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ, СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ

В.А. Пантюшин

Классическая теория информации без ограничений.
*V. Pantyushin – The classical theory of information
without restrictions..... 3*

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (ПО ОТРАСЛЯМ)

Г.Г. Арунянц, Д.А. Айрапетов

Алгоритмизация процесса управления
проектированием систем управления
технологическими объектами в рамках САПР.
*D. Airapetov, G. Arounyants – Algorithmization of design
control systems of technological objects within CAD. 7*

С.А. Варламова, А.В. Затонский

Об усреднении состава руды на промежуточном складе.
*S. Varlamova, A. Zatonский – About the homogenization
of an ore composition in the intermediate warehouse. 12*

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (ПО ОТРАСЛЯМ)

В.Ф. Беккер, М.Н. Ерыпалова, А.В. Затонский

Моделирование нестационарного процесса
сепарации губчатого титана.
*V. Bekker, M. Erypalova, A. Zatonский – Modeling
of unsteadiness process of titanium sponge separation..... 19*

Н.В. Бильфельд

Использование пакета по многокритериальному
анализу систем управления для расчета
настроечных параметров пи-регуляторов.
*N. Bilfeld – Using multi-criteria analysis control systems
for tuning parameters of the pi controller..... 28*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Р.Т. Мурзакаев, Д.А. Лялин

Алгоритм уплотнения карты раскрыя на основе
двумерной гравитационной имитационной модели.
*R. Murzakaev, D. Lyalin – Algorithms of cutting card
compression by two-dimensional gravity
simulation model..... 34*

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Э.Т. Люкманов

Территориальная идентичность и местное
самоуправление в Российской Федерации.
*E. Lyukmanov – Territorial identity and local
government in the Russian Federation..... 42*

МАТЕРИАЛЫ PROCEEDINGS OF THE XVIII-TH INTERNATIONAL OPEN SCIENCE CONFERENCE (LORMAN, MS, USA, JANUARY 2013)

Р.С. Волянский, А.В. Садовой

Итерационный метод исследования частотных
характеристик нелинейных динамических объектов.
*R. Volianskii, A. Sadovoi – Iterative method for studying the
frequency characteristics of nonlinear dynamic objects. 47*

В.В. Зимин, С.М. Кулаков, А.В. Зимин, С.П. Левченко

Задачи и механизмы управления ит-происшествиями.
*V. Zimin, S. Kulakov, A. Zimin, S. Levchenko – Tasks and
mechanisms of management of it incidents. 54*

М.К. Карабаев, А.А. Абдуманнонов, Н.И. Махмудов

Об интеллектуализации медицинских
информационных систем.
*M. Karabaev, A. Abdumannonov, N. Makhmudov –
Intellectualization of medical information systems..... 60*

О.Я. Кравец, А.П. Сафронова

Обзор методов структурного синтеза для решения
квадратичных задач о назначениях.
*O. Kravets, A. Safronova – An overview of methods
for the synthesis of structural solutions
of quadratic assignment problem. 66*

А.В. Потемина

Выбор интернет-провайдера различными
категориями населения и организаций.
*A. Potemina – Choice of ISP diverse populations
and organizations. 73*

КЛАССИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ БЕЗ ОГРАНИЧЕНИЙ

Пантюшин В.А.,

К.т.н, доцент, Государственный университет по землеустройству (г. Москва)

geotopic@mail.ru

Аннотация. В статье на основе критического анализа различных подходов и взглядов на практические приложения теории информации обосновывается необходимость в разработке новых алгоритмов количественной оценки информации, предполагающих учет не только статистических связей элементов, но и разнопараметрические оценки этих связей с учетом системного анализа.

Ключевые слова: количество информации, теория вероятности, математическая теория связи, передача и обработка данных, критерий информативности, информативный образ, дешифрирование аэрокосмических изображений.

THE CLASSICAL THEORY OF INFORMATION WITHOUT RESTRICTIONS

Pantyushin V.A.

State University Of Land Use Planning (Moscow)

Abstract. In the article on basis of review of the different approaches and views on practical applications of information theory is grounded on the necessity for elaboration new algorithms of quantitative assessment of information, taking into account not only the statistical relationships of elements, but also different parametric assessments of these relationships based on systems analysis.

Keywords: amount of information, theory of probability, mathematical theory, communication theory, transmission and handling data, informative qualities, sacred image, interpretation aerospace representation.

Разработанные Хартли Р. и Шеноном К. методы обработки и оценки сообщений, получили широкое применение при передаче информации по техническим каналам связи. Разработанная ими теория информации позволила получить количественную оценку информационных сообщений, дала возможность определять и рассчитывать необходимые параметры передающих средств в зависимости от объема информации, и положила начало новым методам обработки сообщений в криптографии и криптоанализе, кодированию и сжатию информации. Находит активное применение теория информации в дистанционном зондировании, фотограмметрии и дешифрировании аэрокосмических изображений. Неслучайно термин «дешифрирование» (от франц. déchiffrer - разбирать, разгадывать) имеет ту же аналогию в теории связи, криптографии и дистанционном зондировании. До недавнего времени, эффективное использование методов «математической теории связи» в дешифри-

ровании аэрокосмических изображений, в большей степени, сдерживалось возможностями технических средств по реализации алгоритмов количественной оценки несжатой цифровой информации об объектах Земной поверхности различного разрешения.

Необходимо отметить, что разработка «шеноновской теории информации» по времени совпала со стремительным внедрением вычислительной техники в различные сферы деятельности и отрасли производства, с развитием кибернетики, теории автоматов и вычислительных машин. То есть, период важных открытий в области математической теории связи совпал по времени с началом эры информационного общества. Все это вызвало стремление перенести новый математический аппарат теории вероятностей и математической статистики, положенный в основу «новой теории информации» на решение частных задач разных отраслей знания и практики в целях достижения конкретных результатов и фактов. «Теория информации, как мод-

ный опьяняющий напиток, кружит голову всем вокруг» /1/ и до настоящего времени. В своих работах Шенон отмечал, что «поиск путей применения теории информации в других областях не сводится к тривиальному переносу терминов из одной области науки в другую», а требует глубокого понимания математической стороны теории информации и ее практических приложений, длительного процесса выдвижения новых гипотез и их экспериментальной проверки. Кроме того, «основные положения теории информации касаются очень специфического направления исследования, направления, которое совершенно не обязательно должно оказаться плодотворным в психологии, экономике и в других социальных науках» /1/.

Наличие различных подходов и взглядов на практические приложения теории информации, а так же существующие споры об ограничениях классической теории информации, обусловлены не только «отсутствием в теории информации дефиниции (определения) самой информации» /3/, но в большей степени попытками перенести математический аппарат теории информации, разработанный для приложения к теории связи периода 40-х годов прошлого века, на технологии передачи и обработки данных (информации) современными системами и мозгом человека. Примером такого «тривиального переноса» математического аппарата «шенноновской теории информации» на смежные области науки и современные технологии могут служить так называемые «парадоксы теории информации», рассмотренные авторами в ряде публикаций и научных трудах /2/, /3/.

Так в рассматриваемом «парадоксе с перестановкой букв» /2/ отмечается, что в классической теории информации слово “буква” несет столько же информации, сколько и слово “укваб” и количество информации, содержащееся в данном слове (сообщении, состоящем из М букв), может быть вычислено по формуле /1/ (1):

$$B_m = -M \sum_{j=1}^n P_j \log_2 P_j, \quad (1)$$

где n - число букв в данном языке, а p_j - частота встречаемости j -той буквы ($j = 1, 2, \dots, n$) в этом языке.

По мнению автора «самостоятельное слово “буква” не несет никакой информации без контекста» и «нести информацию могут лишь определенные сочетания букв, ...отдельные буквы, или поставленные как попало буквы, не несут информации» /2/. То есть, использование формулы (1) для оценки информации в слове без учета «контекста» не имеет смысла.

Однако напрашивается вопрос, а что мешает использовать эту же формулу для оценки информации в сочетании букв (слов) с учетом контекста? При таком подходе достаточно под p_j рассмотреть частоту встречаемости j -той биграммы, триграммы и более сочетания букв (слов). И такие исследования также проведены. Нижеприведенный текст с перестановкой букв, свидетельствует о том, что семантическая нагрузка появляется от определенной информативной последовательности букв или словосочетаний, трансформирующихся в сознании в определенные словесные образы (рис.1).

По результатам исследования одного английского университета, не имеет значения, в каком порядке расположены буквы в слове. Голландцы, чтобы проверить и подтверждая буквы были на месте. Остальные буквы читаются без проблем. Причиной этого является то, что мы не читаем каждую букву по отдельности, а все слово целиком.

Рис. 1. Пример «парадокса с перестановкой букв».

Причем, для образного восприятия даже не важна последовательность букв в словосочетании: “буква” и “бука” действительно несут одинаковое количество информации и в контексте всего сообщения, при желании, абстрагируясь от грамматических требований, учувствуют в формировании словесных образов от прочитанной информации.

Повысить точность оценки информации в сообщении, поможет и выявление наиболее информативных сочетаний групп букв применительно для каждого языка. Критерий информативности требует особого обоснования. Так в нижеследующем фрагменте сообщения (рис. 2), именно информативные комбинации групп букв позволяют прочитать, на первый взгляд, не имеющий ни какого смысла текст. Становится действительно интересно, какие удивительные вещи может различать наш разум!¹

**94НН03 С006ЩЗНН3 ПОК4ЗЫ8437, К4КИЗ
У9И8И73ЛЬНЫЗ 8ЗЩИ МОЖЗ7 9ЗЛ47Ь
Н4Ш Р4ЗУМ! 8ПЗЧ47ЛЯЮЩИЗ 8ЗЩИ!
СР4Ч4Л4 Э7О БЫЛО 7РУ9НО, НО СЗЙЧ4С
Н4 Э7ОЙ С7РОКЗ 84Ш Р4ЗУМ ЧИ7437 Э7О
487ОМ47ИЧЗСКИ, НЗ 349УМЫ84ЯСЬ О6
Э7ОМ. ГОР9ИСЬ! ЛНШЬ ОПР39ЗЛЗННЫЗ
ЛЮ9Н МОГУ7 ПРОЧН747Ь Э7О**

Рис. 2. Пример информативных комбинаций букв, определяющих смысл сообщения.

Парадокс с расчетом по типовой формуле количества “принятой глазом информации” /2/, /4/ обусловлен уровнем знания в конкретной области практического приложения теории информации, а так же уровнем развития вычислительной техники. Так, по состоянию на 40-60 годы прошлого века, использование формулы Хартли (2) для оценки информации в изображении черно-белого негатива весьма затруднительно, так как возникали сложности вычисления степенной функции в зависимости от числа анализируе-

¹ На данном фрагменте текста содержится следующее сообщение: «Данное сообщение показывает какие удивительные вещи может различать наш разум! Впечатляющие вещи! Сначала это было трудно, но сейчас на этой строке наш разум читает это автоматически, не задумываясь об этом! Гордись! Лишь определенные люди могут прочитать это».

мых элементов изображения даже при 256 значениях градаций яркости:

$$B = \log_2 M^N, \quad (2)$$

где N - число элементов изображения, M - число градаций яркости.

Еще большую сложность, по мнению авторов /2/, вызывает вычисление по формуле (2) количества «принятой глазом информации». Так как «число градаций яркости M глаза остается неопределенным, то и вычисления по формуле (2) можно считать достаточно случайными».

Современное состояние знаний в области медицины, теории зрения, дистанционного зондирования, фотограмметрии и геоинформационных систем позволяют достаточно точно определять и использовать для вычисления объемов информации цифровых изображений не только число градаций яркости черно-белых негативов, но и цветных. Так же достаточно точно определено, на современном уровне, не только число градаций яркости M, но и спектральное разрешение человеческого глаза.

Спектральное разрешение зрения человека связано со способностью глаза различать характеристики цвета: цветовой тон (λ), чистоту цвета (ρ) и яркость (B).

Порог цветоразличения по цветовому тону $\Delta\lambda$ определяет минимальное приращение длины волны, при котором глаз начинает ощущать разницу цветового тона.

Чувствительность глаза к различению цветового тона зависит от области спектра: минимальные значения порога $\Delta\lambda = 1...2$ нм на интервале длин волн видимого диапазона 0.43 ...0.52 мкм. Хуже различаются цветовые тона на границах видимого диапазона, где $\Delta\lambda$ достигает 4...6 нм и более.

Если принять в качестве среднего значения порога по цветовому тону $\Delta\lambda = 2$ нм, то в видимой области спектра от 700 нм до 400 нм (700-400=300 нм) получим число n_λ различимых глазом цветовых диапазонов. При постоянной яркости $n_\lambda = 300: 2 = 150$.

Чистота цвета (уровень цветового тона) устанавливает относительное содержание яркости монохроматического излучения B_λ на данной длине волны к яркости белого излучения B_σ :

$$\rho = \frac{B_\lambda}{B_\lambda + B_\sigma}. \quad (3)$$

Если добавка белого излучения соответствует ($B_\sigma=0$), то монохроматическое излучение на волне λ имеет максимальную насыщенность. Изменение насыщенности цвета обнаруживается глазом при некотором минимальном различии чистоты $\Delta\rho$ - порога цветоразличения по насыщенности:

$$\Delta\rho = \rho_1 - \rho_2, \quad (4)$$

где

ρ_1, ρ_2 – сравниваемые значения чистоты цвета.

Наибольшая чувствительность глаза к изменению чистоты цвета находится в желтой области спектра ($\lambda = 550...580$ нм). Здесь число порогов n_ρ , необходимое для цветоразличения по чистоте, равно шести. На краях видимого диапазона оно достигает 18.

В среднем по спектру $n_\rho = 15$.

Число градаций яркости (светлоты) n_B в диапазоне от самого темного до наиболее светлого цвета при данной освещенности определяется из зависимости от порогового контраста:

$$n_B = 2 + \frac{\lg \varepsilon}{\lg(1 - \varepsilon)}, \quad (5)$$

где

ε - пороговый яркостный контраст.

При $\varepsilon = 0.035$ (пороговый контраст при наблюдении объектов на местности) число градаций яркости n_B равно 96.

В результате получаем, что общее число цветов, различимых глазом:

$$M = n_\lambda \times n_\rho \times n_B = 150 \times 15 \times 96 = 216000. \quad (6)$$

Таким образом, количественная (классическая) теория информации, разработанная для поддержки технических систем связи прошлого века, положила начало формированию новых методов математической статистики и теории вероятности применительно к ее приложениям в различных областях науки и современным системам, как техническим, так и организационным. Необходимым условием использования классических основ теории информации в конкретном приложении, остается уточнение термина «информация» применительно к данной области исследований.

С развитием технических систем и глобализацией коммуникационных связей возникает острая необходимость в разработке новых алгоритмов количественной оценки информации, предполагающих учет не только статистических связей элементов сообщения, но и разнопараметрические оценки этих связей с учетом системного анализа.

Возникающие в различных областях науки «забавные парадоксы теории информации» /2/, являются свидетельством не ограничений классической теории информации (называемой иногда «математической теорией связи»), а следствием прямого перенесения положений теории информации и применения математического аппарата количественной оценки без глубокого системного анализа информационных процессов.

Список литературы

1. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике (перевод с английского, под редакцией Р.Л. Добрушина и О.В. Лупанова). – М.:Изд. иностр. лит., 963. – С.667-668).
2. Э.А. Соснин. Классическая теория информации и ее ограничения. 2002 г.
3. Корогодин В.И., Соснин Э.А., Пойзнер Б.Н. Рабочая книга по социальному конструированию (Междисциплинарный проект). Ч. 1. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. 152 с.
4. Луизов А.В., Федорова Н.С. Глаз как приемник информации. В кн. «Специальные вопросы светотехники в охране труда». М.: Наука, 1975. - 250 с.

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ В РАМКАХ САПР

Арунянц Г.Г.,

д.т.н., Калининградский государственный технический университет
gga.east@mail.ru

Айрапетов Д.А.,

Аспирант, Калининградский государственный технический университет
david.kgd@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены основные проблемы управления процессом проектирования систем управления сложными объектами в условиях САПР. Представлены основные структурные решения и особенности реализации алгоритма управления процессом проектирования систем управления. Отображены ключевые особенности управления процессом проектирования в рамках параллельной разработки нескольких систем управления технологическими объектами.

Ключевые слова: алгоритм, процесс управления, САПР, система управления, технологический объект.

A LGORITHMIZATION OF DESIGN CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL OBJECTS WITHIN CAD

David Airapetov,

Gennady Arounyants,

Kaliningrad State Technical University

Abstract. The main problems of process control design control systems for complex objects in CAD system. The basic structural features of the solutions and the control algorithm design process control systems. Showing key features of process control design within the parallel development of several systems of technological objects.

Keywords: algorithm, process control, CAD system, system management, technological object.

В составе современных САПР систем управления (СУ) сложными технологическими объектами (ТО) предполагается наличие управляющего комплекса (УК), отвечающего за соблюдением установленного порядка ведения технологического процесса проектирования. Вопросам разработки концепции и методологии автоматизированного управления процессом проектирования СУ ТО в рамках САПР посвящены работы авторов [1, 2]. В соответствии с принятой концепцией организации работы САПР СУ ТО выделялись роли пользователей УК, для которых разрабатывались соответствующие пользовательские интерфейсы: 1) диспетчер проектов; 2) руководитель профессиональной группы проектировщиков; 3) разработчик – инженер-проектировщик в составе профессиональной группы.

Показано, что в условиях невозможности построения точной математической модели объекта управления задача принятия решений, решаемая УК САПР СУ ТО, представляет собой задачу *ситуационного управления*. Реализации такого управления предусматривает разработку набора правил (продукций) типа: «класс ситуаций → решение по управлению».

Исследования методологии управления процессом проектирования СУ ТО в рамках САПР выявили задачи, решаемые в рамках разрабатываемого программного комплекса **УК-01**: 1. Формирование (корректировка) планов (формирование деревьев задач по рабочим группам; планирование по срокам и ресурсам проектирования). 2. Контроль этапов проектирования и проектов в целом по срокам и ресурсам проектирования; прерываний в процессе проектирования; указаний руководителей проектов; требований

с рабочих мест исполнителей и диспетчера проектов.

3. Принятие решения по: срокам выполнения (плана проектных работ, этапов проектирования, проектов в целом); ресурсам проектирования для этапов проектирования и проектов в целом; прерываниям в процессе проектирования; указаниям руководителей проектов; по требованиям с рабочих мест исполнителей и диспетчера проектов.

Основные ситуации, по которым возникает необходимость управления (принятия и реализации решений) в соответствии с разработанной стратегией проектирования СУ сложными ТО представлены нижеследующим перечнем:

1. Нарушение сроков исполнения этапов и проекта в целом (по результатам мониторинга сигналов с рабочих мест проектировщиков).
2. Добавление новых проектов (по указанию руководства проектами).
3. Оперативное изменение рангов проектов (по указанию руководства).
4. Изменение сроков исполнения проектов (по указанию руководства).
5. Прерывание процесса проектирования по причинам: необходимость возврата к предшествующим этапам; недостаток исходных данных для выполнения этапа; недостаточность вычислительных ресурсов; недостаток исполнителей-проектировщиков для реализации отдельных этапов работ.
6. Сокращение сроков выполнения работ (по результатам мониторинга сигналов с рабочих мест).
7. Невозможность выполнения этапа в намеченный срок (по результатам мониторинга сигналов с рабочих мест).
8. Необходимость формирования отчетов.

Формирование очередей разработки проектов осуществляется с использованием устанавливаемых рангов их значимости (R_i , $i = \overline{1, N}$, N – число проектов) каждого из них и последующего их ранжирования. Основные плановые временные показатели рассчитываются программно по результатам предварительно формируемых (по результатам предварительного статистического анализа времени выполнения отдельных этапов в различных проектных организациях) шкал эталонного распределения времени проектирования по группам и этапам (рис. 1). Примеры графической

интерпретации формирования очередей приведены на рисунке 2.

Для всех задач управления разработаны и реализованы расчетные модули (всего **14**). Основное назначение модуля **M6** и его процедур является оперативная корректировка сроков выполнения работ с учетом имеющихся временных ресурсов последующих этапов (проектов). Благодаря постоянному слежению за состоянием процесса проектирования посредством мониторинга изменений в записях оперативных массивов базы данных (БД) **УК-01**, диспетчеру поступает информация о временных нарушениях отдельных этапов проектирования и др.

Оперативная корректировка данных осуществляется как со стороны руководителя проекта (группы), исполнителей (инженеров-проектировщиков), так и самим диспетчером УК при возникновении одной из ситуаций. Основное назначение модулей **M7**, **M8** заключается в реализации процедур корректировки плана с учетом нарушения сроков выполнения отдельных этапов (проектов), принятого исходного распределения и установленных временных ресурсов. Ключевым алгоритмом здесь является оперативный расчет суммарного временного запаса оставшихся этапов проектирования и перераспределение его в рамках проекта, по которому выявлено нарушение.

Реализации процедур корректировки деревьев задач разработки проектов в отдельных профессиональных группах по причинам прерывания процесса проектирования (необходимость возврата к предшествующим этапам; некорректность выполнения этапов; недостаточность исходных данных; недостаточность вычислительных ресурсов (перегруженность серверов, выход из строя АРМ и др.); недостаток исполнителей отдельных этапов проектов и др.) осуществляется в программных модулях **M10-M12**.

В соответствии с принятым подходом, вся исходная информация, необходимая для проведения обработки данных в рамках локальных функциональных программных модулей, размещается в базах данных (БД): БД внешних архивов, БД САПР СУ, БД **УК-01** и БД заданий на проектирование.

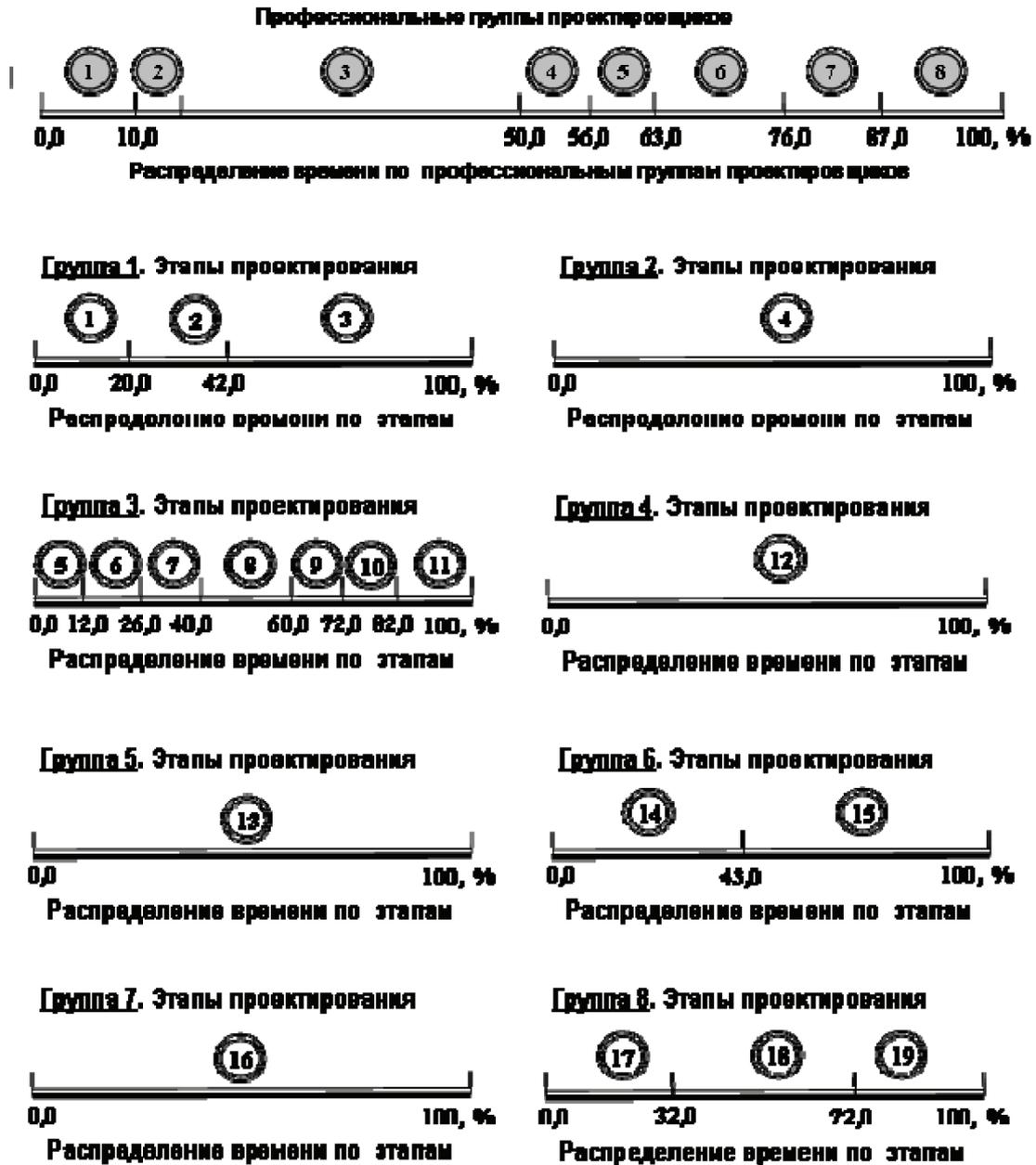


Рис. 1. Шкала эталонного распределения времени проектирования по группам и этапам проектирования

К основным организующим функциям управляющего программного комплекса УК-01 относятся: 1) организация взаимодействия программных модулей для решения задач подсистемы в целом; 2) мониторинг проведения процессов в подсистеме; 3) анализ состояния информационной базы и отдельных ее

объектов; 4) организация единого информационного и адресного пространства в рамках подсистемы; 5) формирование отчетов по работе подсистемы. В соответствии с принятой структурой УК-01, предполагающей автономность ее функциональных программных модулей комплекса, и логикой управления ее рабо-

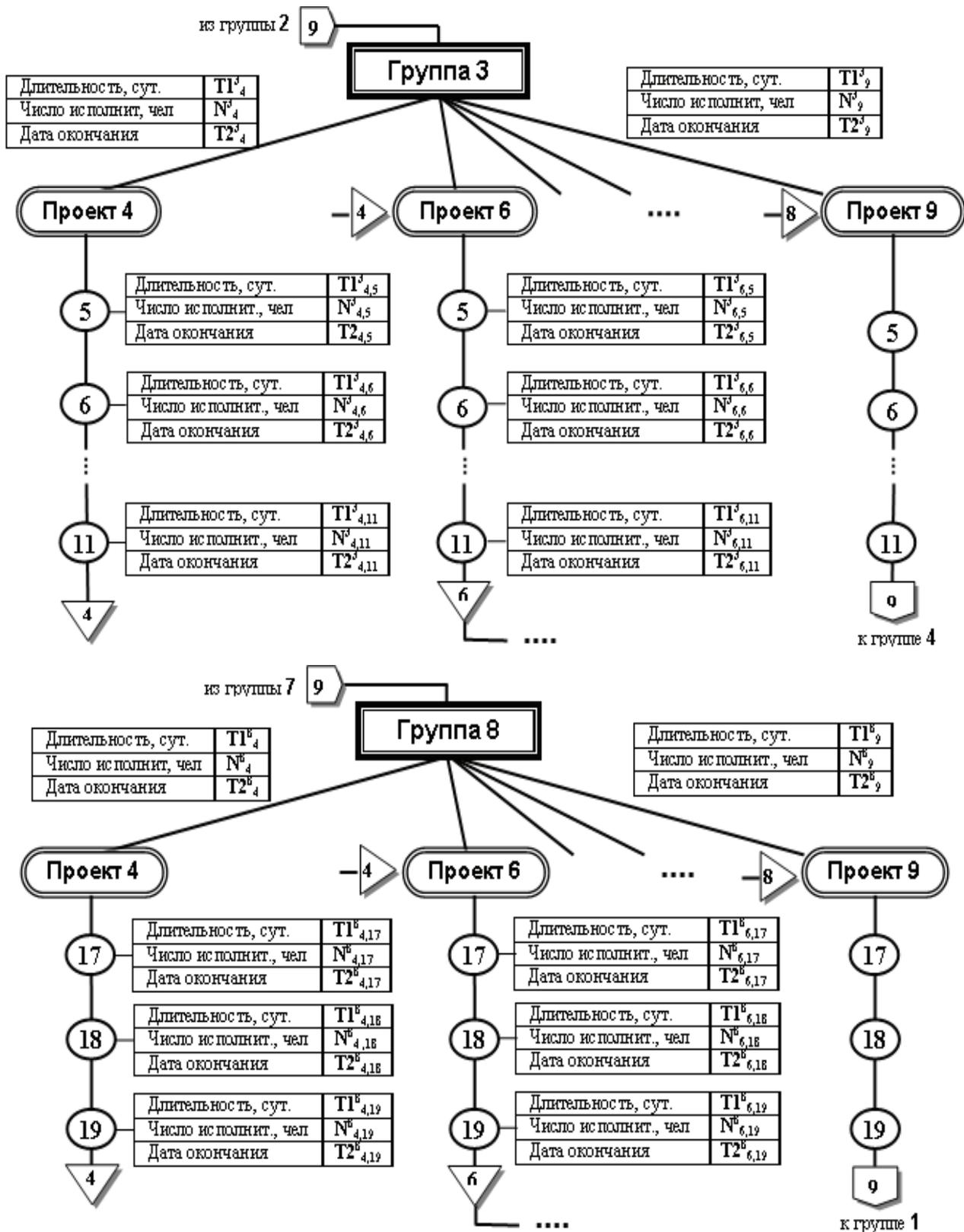


Рис. 2. Фрагменты представления очередности выполнения проектных работ по группам

той, все функциональные модули комплекса взаимодействуют между собой на уровне информационного обеспечения, используя при этом единый банк данных управляющей программы.

Список литературы

1. Арунянц Г.Г., Айрапетов Д.А. Об одном подходе к построению системы управления процессом проектирования в рамках САПР СУ сложными технологическими объектами. // Известия Волг. ГТУ: межвуз. сб. науч. ст. №15(102) – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2012. – с. 112-118.
2. Арунянц Г.Г., Айрапетов Д.А. Программный комплекс автоматизированного управления процессом проектирования в рамках САПР СУ технологическими объектами // Научный аспект, №4 – Технические науки, Т.1-2. – Самара: «Аспект», 2012 – 304 с.

ОБ УСРЕДНЕНИИ СОСТАВА РУДЫ НА ПРОМЕЖУТОЧНОМ СКЛАДЕ

Варламова С.А.,

к.т.н., доцент кафедры АТП Березниковского филиала (БФ)

Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ).

s.a.varlamova@gmail.com

Затонский А.В.,

д.т.н., заведующий кафедрой АТП БФ ПНИПУ.

a.v.zaton@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрена проблема усреднения состава калийной руды. Предложено использовать для усреднения состава руды с высоким содержанием нерастворимого остатка специальный алгоритм заполнения усреднительного склада. Метод гидродинамики сглаженных частиц использован для решения задачи моделирования заполнения склада с учетом пересыпания зерен руды и их сегрегации. Основанное на нем программное обеспечение позволяет моделировать высоту руды, рассыпаемой в складе, с последующим уточнением путем анализа видеоряда. Предложен метод управления рассыпкой, позволяющий в дальнейшем обоснованно определять точку выемки порции руды. Рассмотрены случаи равномерного и неравномерного статистического распределения содержания полезного компонента и нерастворимого остатка в руде. Смоделирована выемка руды грейферным краном с учетом пересыпания зерен руды в образовавшиеся пустоты.

Ключевые слова: калийная промышленность, усреднение состава руды, моделирование, автоматизация управления.

ABOUT THE HOMOGENIZATION OF AN ORE COMPOSITION IN THE INTERMEDIATE WAREHOUSE

Varlamova S.A.,

candidate of technical science, assoc. prof. on automation department
in Berezniki branch of Perm national polytechnic research university.

Zatonskiy A.V.,

doctor of technical science, head of automation department
in Berezniki branch of Perm national polytechnic research university.

Abstract. The article is about of the problem of averaging of potash ore. Using a special algorithm of filling warehouse to average composition of the ore with a high content of insoluble residue is proposed. Smoothed particle hydrodynamics method used to solve the problem of simulating a warehouse filled with the oversleeping ore with grain segregation. The software based on this method allows to simulate the height of the ore which could be subsequently clarified by analyzing the video from the stock at last. We propose a method of controlling of filling, allowing further determine rationally point to get portions of the ore. The cases of uniform and non-uniform statistical distribution of the content of useful component and the insoluble residue in ore are described. The excavation of ore with grabbing crane is simulated taking into account the scattering of ore grains.

Keywords: potash industry, ore homogenization, modeling, automation control

Одним из важных параметров эффективной работы горнодобывающего предприятия является стабильность качества руды, поступающей с карьера или рудника в переработку.

Усреднение качества включает в себя как технологические мероприятия горного производства, обеспечивающие благоприятные условия для смешивания и усреднения качества в процессе добычи, так и орга-

низационно-управляющие действия. Процесс усреднения качества начинается с перспективного и текущего планирования горных работ и продолжается при оперативном управлении добычей. При планировании в соответствии с плановыми объемами и качеством полезных ископаемых устанавливаются направление развития горных работ и конкретные участки и блоки месторождения, подлежащие отработке в планируе-

мые календарные сроки. На этапе оперативного управления регулируется нагрузка на забой в зависимости от достигнутого объема и качества полезных ископаемых в участковых и общерудничных грузопотоках и фактического качества руды в забоях. Третья фаза усреднения осуществляется в процессе формирования транспортных потоков и смешивания полезных ископаемых в участковых и общерудничном звеньях. Четвертый и наиболее эффективный этап – перегрузка руд на складах [1]. Задачей усреднительного склада является сглаживание неравномерностей качества и технологических особенностей руды.

Руды основных мировых калийных месторождений (Россия – Верхнекамское, Беларусь – Старобинское, Канада – Саскачеванское) содержат значительное количество нерастворимых силикатно-карбонатных примесей (до 12%), шламующихся в процессе измельчения руды. В планируемом к разработке с 2016 г. уральском месторождении ОАО МХК «Еврохим» ожидается содержание нерастворимых остатков (НО) до 17% [1]. Колебания содержания НО оказывают отрицательное влияние на процессы флотации сильвина (KCl). В то же время в готовом продукте должно содержаться очень незначительное количество НО (табл. 1.).

Целью данной работы является разработка математической и имитационной модели процесса усреднения руды на складе калийного предприятия, для отработки на ее базе алгоритмов управления содержанием НО.

1. Построение модели склада

Исходными данными являются размеры склада в метрах: X – ширина, Y – длина, Z – высота. Разобьем склад на кубические участки (ячейки) с заданным шагом $\Delta x = \Delta y = \Delta z = \Delta$, положив $\Delta = 1$ м (рис. 1). Это позволит для моделирования заполнения склада использовать в программе трехмерный массив чисел с плавающей точкой, в котором хранятся доли заполнения ячеек рудой, а также содержание полезного компонента (KCl) и НО в данной ячейке.

2. Заполнение и разгрузка склада

Склад заполняется непрерывным потоком либо дискретными порциями руды, поступающими через транспортную систему. Обозначим $M(t)$ – массовый расход руды, транспортируемой по конвейеру за период времени t , кг/с,

Таблица 1

Характеристики готового продукта – хлорида калия технического

Показатели	Технический		Для сельского хозяйства	
	1 сорт	2 сорт	1 сорт	2 сорт
Содержание в пересчете на сухое вещество KCl, не менее	98	95±1	95±1	91±1
нерастворимый в воде остаток, не более	0,2	Не нормируется		

Экспериментально установлено, что после размолла содержание калия в крупных фракциях (0,2...5 мм) значительно выше, чем в мелких (0...0,2 мм). Поэтому важным представляется учет процессов сегрегации руды как при загрузке в склад, так и вследствие вибраций разного происхождения, так как вследствие них распределение полезного компонента в складе несколько изменяется.

в т.ч. массовый расход хлорида калия – $H(t)$, нерастворимого остатка – $N(t)$. Очевидно, что $H(t) + N(t) \leq M(t)$, за счет других компонентов руды, кроме хлорида калия и НО. Будем считать известными возможные максимальные и минимальные значения $H_{\max}(t) \geq H(t) \geq H_{\min}(t)$ и $N_{\max}(t) \geq N(t) \geq N_{\min}(t)$, а также значения $H(t)$ и $N(t)$ в каждый конкретный момент времени.

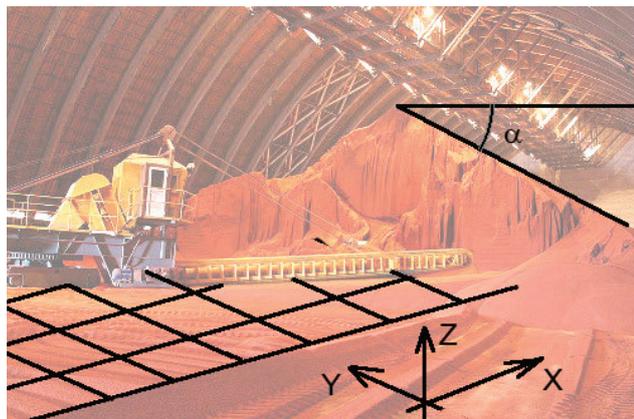


Рис. 1. Дискретизация пространства склада

Для усреднения состава руды предлагается следующий подход.

Будем заполнять склад рудой таким образом, чтобы состав руды в каждой точке склада был известен. Тогда появится возможность выбрать руду на переработку, например, с помощью грейферного крана с объемом d^3 , m^3 , таким образом, чтобы поток учитываемых компонентов оставался стабильным при допустимых отклонениях в исходной руде. При использовании одного или двух кратцер-кранов, перемещающихся вдоль склада, стрелой будут захватываться несколько ячеек, расположенных на одной прямой, сразу, что осложняет процесс управления, но не делает его невозможным. В данной работе сосредоточимся на процессе грейферной разгрузки.

Для осуществления моделирования загрузки и разгрузки склада применим алгоритмы *Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)*, разделив всю массы руды на множество взаимодействующих частиц [1]. Моделирование, в конечном итоге, сводится к расчету этих взаимодействий путем решения систем дифференциальных уравнений для каждой частицы. Основная идея *SPH* в том, что каждая частица в некоторой степени «заимствует» физические характеристики у своих ближайших соседей [4]:

$$A(r_i) = \sum_j m_j \frac{A_j}{\rho_j} \Omega(r_i - r_j), \quad (1)$$

где $A(r_i)$ – скалярная функция или проекция векторной функции (скорости, например) i -й частицы, в том числе, A_j – ее значение для j -й частицы из заданной окрестности i -й частицы, m_j – масса, ρ_j – плотность, r_j – вектор положения j -й частицы, $\Omega(\cdot)$ – функция сглаживания (или функция ядра), определяющая, какое количество конкретной величины нужно позаимствовать у частицы, находящейся на расстоянии r_j от интересующей нас точки с вектором положения r_i . Градиент и лапласиан, соответственно, вычисляются как

$$\nabla A(r_i) = \sum_j m_j \frac{A_j}{\rho_j} \nabla \Omega(r_i - r_j)$$

и

$$\Delta A(r_i) = \sum_j m_j \frac{A_j}{\rho_j} \Delta \Omega(r_i - r_j).$$

Как правило [6], окрестность i -й частицы определяется пропорционально наперед заданной длине сглаживания h :

$$\Omega_i = \{r_j : |r_j - r_i| \leq k_h \cdot h\},$$

где коэффициент пропорциональности k_h определяется соответственно функции сглаживания. Функция сглаживания $\Omega(\cdot)$ должна удовлетворять ограничениям

$$\begin{cases} \int_{\Omega_i} \Omega(r_i - r_j) dr_j = 1 \\ \lim_{h \rightarrow 0} \Omega(r_i - r_j) = \delta(|r_i - r_j|) \\ \Omega(r_i - r_j) \equiv 0 \Leftrightarrow r_j \notin \Omega_i \end{cases}$$

где $\delta(\cdot)$ – дельта-функция.

В [8] предлагается следующая функция сглаживания с $k_h = 2$:

$$\Omega(R) = \begin{cases} k_i \left(\frac{2}{3} - \frac{9R^2}{8} + \frac{19R^3}{24} - \frac{5R^4}{32} \right) : 0 \leq R \leq 2 \\ 0 \end{cases}$$

где параметр k_i зависит от размерности задачи D и длины сглаживания:

$$k_i = \begin{cases} 15\pi/7h^2 : D = 2 \\ 305\pi/208h^2 : D = 3 \end{cases},$$

хотя могут быть применены и другие, удовлетворяющие вышеприведенным ограничениям.

Для несжимаемой жидкости любой реологии (в том числе, и неньютоновской сыпучей смеси) уравнение (1) примет вид

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = -\nabla p + \rho \vec{g} + \mu \Delta \vec{v}, \quad (2)$$

где $\rho = \frac{\sum_j m_j}{\sum_j V_j^*}$ – усредненная плотность частиц в j -й окрестности частицы, $\vec{v}_j = d\vec{r}_j/dt$ для всех частиц в окрестности, μ – усредненная вязкость, приведенный объем частицы $V_j^* = V_j + V_j^0$, где V_j – собственно объем частицы, V_j^0 – объем пустот вокруг частицы, обычно выражаемый через коэффициент пористости $k_p = \frac{\sum_j V_j^0}{\sum_j V_j}$, давление вычисляется по формуле для плотности силы давления

$$f_i^p = \nabla p = -\sum_j m_j \frac{p_i + p_j}{2\rho_j} \nabla \Omega(r_i - r_j),$$

где градиент берется от давления, пропорционального разности между действительной и «остаточной» плотностью ρ_0 :

$$p_i = k(\rho_i - \rho_0).$$

С точки зрения математики, добавление константы ρ_0 в уравнение не несет никакой нагрузки, так как при вычислении градиента она сокращается. Однако она влияет на градиент, вычисленный по формулам SPH, увеличивая устойчивость расчетов.

Плотность силы вязкости вычисляется по формуле

$$f_i^v = \mu \Delta v = \mu \sum_j m_j \frac{v_i + v_j}{\rho_j} \nabla \Omega(r_i - r_j).$$

Следовательно, конечное ускорение каждой частицы

$$\frac{d^2 r_i}{dt^2} = \frac{dv_i}{dt} = \frac{f_i^p + f_i^v}{\rho_i} + \frac{f_i^e}{m_i}, \quad (3)$$

где f_i^e – сумма всех внешних сил (а не плотностей сил), действующих на i -ю частицу, включая силу гравитации.

Задача моделирования в конечном итоге сводится к расчету сил в (3) в соответствии с алгоритмом (рис. 2). Аналогичный алгоритм работает и во время процедуры разгрузки склада, только шаги «Генерация частицы» и «Падение частицы» заменяются одномоментной выемкой грейфером заданного объема.

Для дополнения модели процессом сегрегации руды необходимо учитывать параметр размера частиц в интервале от r_1 до r_2 , m и экспериментальную зависимость содержания КСІ в зернах руды от их размера. Также для работы модели использована информация о физических свойствах компонент: p_H – насыпная плотность хлорида калия (кг/м³), p_N – плотность нерастворимого остатка (кг/м³), m_H – масса частицы хлорида калия (кг), m_N – масса частицы нерастворимого остатка (кг), α – угол осыпания руды (рад.), через который определяется коэффициент трения между частицами и, значит, коэффициент вязкости μ в (2) и т.д.



Рис. 2. Алгоритм обработки информации для моделирования заполнения склада

Вышеописанный алгоритм реализован в программе, написанной в среде Delphi. В результате ее работы моделируется заполнение склада (массива ячеек) значениями в диапазоне от 0 до 1, которые отражают долю заполнения каждой ячейки. Заполненный массив значений позволяет определить уровни заполнения склада в каждой точке и значение показателей хлорида калия и нерастворимого остатка. В дальнейшем возможна корректировка уровней заполнения, например, по показаниям камер, установленных неподвижно на потолке склада либо подвижной камере на грейферном кране.

3. Выбор точки сброса руды

Точка сброса руды выбирается в зависимости от состава рудной массы. Основная идея алгоритма управления точкой сброса заключается в том, что в зависимости от статистических распределений содержания хлорида калия $H(t)$ и нерастворимого остатка $N(t)$ можно выбрать точку с координатами (x, y) , где $0 \leq x \leq X$, $0 \leq y \leq Y$, X – ширина склада, м, Y – длина склада, м, таким образом, что в дальнейшем, управляя краном, можно будет загрузить в бункер руду с известным содержанием КС1 и НО.

В первом приближении предполагается, что статистическое распределение обоих компонент линейное с $H_{\max} \geq H(t) \geq H_{\min} \forall t \geq 0$ и $N_{\max} \geq N(t) \geq N_{\min} \forall t \geq 0$. Тогда точку y можно рассчитать из соотношения $\frac{y}{Y} = \frac{H(t) - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}}$. Аналогично можно рассчитать и точку $x = X \frac{N(t) - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}}$.

При накоплении статистической информации о фактических значениях $H(t)$ распределение вероятностей может стать нелинейной функцией, которую можно определить статистическими методами. Тогда с помощью статистического анализа можно рассчитать вероятность распределения $f(H(t))$ и определить координату точки сброса руды по формуле:

$$y = f(H(t)) \cdot Y : \begin{cases} f(H(t) < H_{\min}) = 0; \\ f(H(t) \leq H_{\max}) = 1. \end{cases}$$

Полученная функция распределения должна периодически уточняться, например, во время бездействия склада, когда руда на склад не поступает и со склада не извлекается. Аналогично уточняется и используется функция $f(N(t))$.

Общий алгоритм работы имитационной модели заполнения склада представлен на рис. 3. В начале работы алгоритма склад пустой.

ШАГ 1. Ввод начальных значений: характеристик склада, физических параметров рудной массы, а также допущений, необходимых для работы SPH-алгоритмов заполнения склада.

ШАГ 2. Если склад заполнен более чем на 80%, алгоритм прекращает работу, иначе переходим к шагу 3.

ШАГ 3. Генерация в течение времени $0..t$ порции рудной массы $M(t)$ со случайными показателями массы хлорида калия ($H(t)$) и нерастворимого остатка ($N(t)$) в пределах возможных значений. Этот шаг при фактическом использовании будет заменен на ввод данных о поступившей порции руды.

ШАГ 4. Выбор точки сброса руды с координатами (x, y) . Алгоритм выбора точки сброса руды описан выше.

ШАГ 5. Для установленных координат (x, y) проверяем значение высоты (z), полученное при работе SPH-алгоритма (3). При первом проходе программы все значения высот 0. Далее они вычисляются в процессе работы SPH-алгоритма заполнения и разгрузки склада. Если значение высоты в выбранной точке более 80% от максимально возможного (Z), то переход на ШАГ 6, иначе переход на ШАГ 8.

ШАГ 6. Выбрать соседнюю точку. Соседняя точка выбирается с применением восьмисвязного обхода соседей в окрестности Ω_j . Первой выбирается точка, находящаяся правее соседней, и так далее пока не будет найдена подходящая или не будут просмотрены все соседи. Если среди восьмисвязных точек не найдена подходящая, то рекурсивно рассматриваются восьмисвязные соседи для последней рассмотренной и так далее.

ШАГ 7. Проверяем значение высоты (z) для соседней точки. Если значение высоты в выбранной

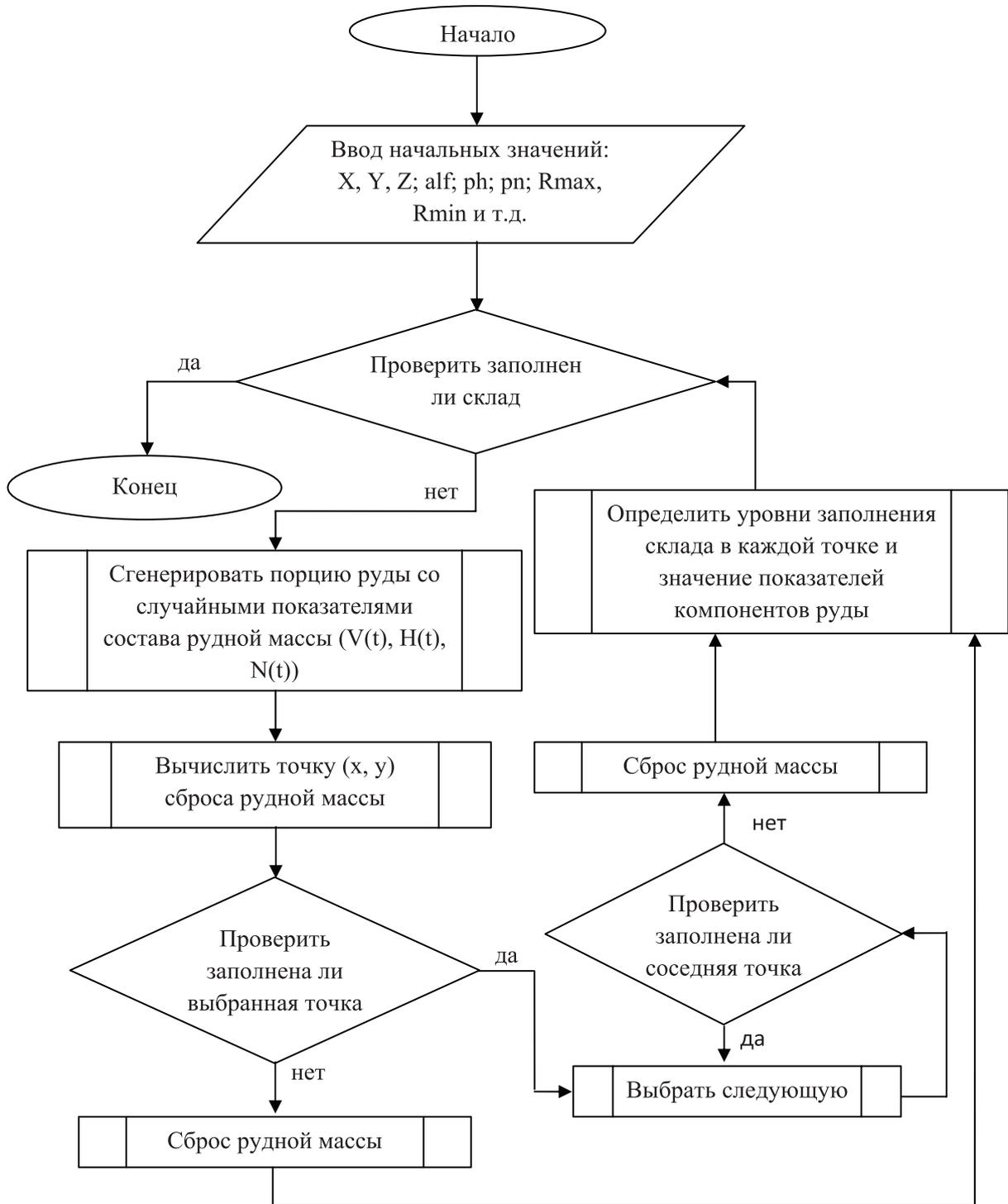


Рис. 3. Общий алгоритм работы модели заполнения склада

точке более 80% от максимально возможного (Z), то возвращаемся на шаг 7, иначе переход на шаг 9.

ШАГ 8. Сброс руды. Работает процедура моделирования заполнения склада (описана выше) с учетом сегрегации при рассыпании порции руды по ранее заполненным ячейкам.

ШАГ 9. Пересчитываем показатели руды и высоты заполнения склада в каждой точке по окончании рассыпания и возвращаемся на шаг 2.

Алгоритм для моделирования разгрузки склада грейфером выглядит следующим образом:

ШАГ 1. Определить точку для разгрузки по необходимым параметрам рудной массы.

ШАГ 2. Если достаточное количество руды (соответствующее объему грейфера) в выбранной точке есть, то переход на шаг 4, иначе на шаг 3.

ШАГ 3. Выбрать соседнюю точку из соседних восьмисвязных. Повторять рекуррентно, пока не будет найдена точка с достаточным количеством руды.

ШАГ 4. Процедура извлечения руды с применением SPH-алгоритмов (3).

ШАГ 5. Пересчитываем показатели руды и высоты заполнения склада в каждой точке с учетом рассыпания руды после выемки и сегрегационных процессов и возвращаемся на шаг 1.

Недостатком изложенных алгоритмов является то, что в них не учитываются сегрегационные процессы вследствие вибрации, вызванной погружением ковша грейферного крана, сбросом руды в соседних точках, работой кратер-крана и т.п. Вследствие сложности моделирования распространения вибраций в сыпучих средах, этот вопрос требует дополнительного объемного исследования.

Предложенный алгоритм позволяет осуществлять управление сбросом и выемкой калийной руды с усреднительного склада. Его эффективность зависит от конкретных значений $\{H, N\}_{\max}$ и $\{H, N\}_{\min}$ для обоих компонентов, их статистических распределений и геометрических размеров склада.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Усольский калийный комбинат – для будущих поколений // Промышленная безопасность, 2013.– №5: анонс. [Электронный ресурс] режим доступа <http://pbperm.ru/anonsy/1188-----5-2013--.html>.
2. M. Mueller, D. Charypar, M. Gross. Particle-Based Fluid Simulation for Interactive Applications // Eurographics/SIGGRAPH Symposium on Computer Animation (2003) [Электронный ресурс] режим доступа <http://www.matthiasmuller.info/publications/sca03.pdf>.
3. Лобко В.В. Автоматизированная система управления стабилизацией качества и количества руды, обогащаемой при производстве минеральных удобрений // Доклады БГУИР.– 2005.– №1.
4. Симонов Л. Моделирование жидкости в 2D с использованием GPU [Электронный ресурс] режим доступа <http://www.uraldev.ru/articles/29>.
5. Стаценко Л.Г. Разработка модуля “Усреднительный склад” информационной системы стабилизации качества полезного ископаемого в карьере // «Инновации в науке»: материалы XIX международной заочной научно-практической конференции. (22 апреля 2013 г.).– Новосибирск: СибАК, 2013.
6. Суравикин А.Ю. Реализация метода SPH на CUDA для моделирования несжимаемых жидкостей // Наука и образование.– 2012.– №7. [Электронный ресурс] режим доступа <http://technomag.edu.ru/file/out/505350>
7. Усреднение качества. Горная энциклопедия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <http://www.mining-enc.ru/u/usrednenie-kachestva/>.
8. Liu M., Liu G. Smoothed particle hydrodynamics (SPH): An overview and recent developments. Archives of Computational Methods in Engineering, 2010, vol. 17, no. 1, pp. 25-76.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ ГУБЧАТОГО ТИТАНА

Беккер В.Ф.,

к.т.н., профессор кафедры АТП Березниковского филиала (БФ) Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ),
v.f.bekker@bk.ru

Ерыпалова М.Н.,

к.т.н., доцент кафедры АТП БФ ПНИПУ,
m.eripalova@gmail.com

Затонский А.В.,

д.т.н., заведующий кафедрой АТП БФ ПНИПУ,
a.v.z.2k@mail.ru

Аннотация. Изложены принципы моделирования печи сепарации как нестационарного объекта управления. Показано, что нестационарность процесса сепарации является детерминированной. В аналитическом виде получены зависимости параметров объекта регулирования от температуры и времени процесса сепарации. Обоснованы принимаемые допущения и выполнено математическое моделирование теплового режима аппарата сепарации. Получены динамические модели в виде дифференциальных уравнений и передаточных функций. Предложено идентифицировать параметры нестационарной математической модели, связывая их зависимостями от теплофизических параметров состояния и свойств материальных компонент теплового объекта с учетом их нестационарности. Проведено исследование полученных зависимостей на соответствие физической картине процесса сепарации на действующем производстве. Показана возможность использования полученной детерминированной нестационарности для управления тепловым режимом аппарата сепарации губчатого титана.

Ключевые слова: нестационарность, сепарация, губчатый титан, тепловой режим, математическое моделирование

MODELING OF UNSTEADINESS PROCESS OF TITANIUM SPONGE SEPARATION

Bekker V.F.

candidate of technical science, prof. on automation department in Berezniki branch of Perm national polytechnic research university.

Erypalova M.N.

candidate of technical science, assoc. prof. on automation department in Berezniki branch of Perm national polytechnic research university.

Zatonskiy A.V.

doctor of technical science, head of automation department in Berezniki branch of Perm national polytechnic research university.

Abstract. The principles of modeling of titanium sponge separation oven as a non-stationary controlled object are given. It is proved that the unsteadiness of the separation process is deterministic. Dependences of the adjustment of the temperature and time parameters of the separation process are formulated. The assumptions are substantiated and mathematical simulation of the thermal regime of the separation apparatus is produced. The authors propose to identify the parameters of the mathematical mode taking in account the thermo-physical state parameters and properties of the material components of the non-stationary thermal object. A study of the compliance of obtained dependences to the physics of the separation process on the existing production is produced. The possibility of using the obtained deterministic unsteadiness for thermal management device separation of titanium sponge is shown.

Keywords: unsteadiness, separation, titanium sponge, heat treatment, mathematical modeling.

Промышленные объекты управления часто являются существенно нестационарными. Влияние нестационарности объекта управления на динамику системы иногда удается описать детерминированными зависимостями, которые на основе фундаментальных законов сохранения массы и энергии позволяют определить скорость протекания технологического процесса, а, следовательно, и кинетическое время, обходимое для достижения конечного состояния системы или определить факт завершения процесса при известной его скорости. Примером такой нестационарности является промышленный аппарат вакуумной сепарации получаемого магний-термическим восстановлением губчатого титана из тетрахлорида (Кролл-процесс) [1].

Сепарация блока губчатого титана – высокотемпературная вакуумная отгонка примесей магния и хлорида магния рассматривается как некоторый тепловой процесс изменения массы и фазовых состояний компонентов, отображаемый рядом физических и теплофизических параметров. По сути сплошное цилиндрическое тела подвергается нагреванию определенным тепловым потоком \dot{Q} через поверхность с площадью F и отдает тепло конвективным теплообменом через противоположную поверхность (рис. 1).

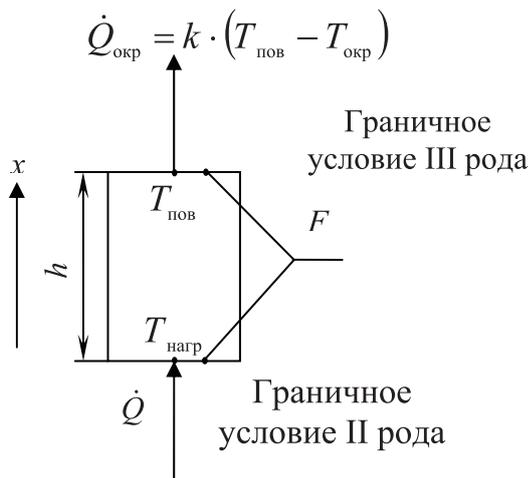


Рис. 1. Схема объекта управления (ОУ)

Обозначим необходимые для описания процесса переменные: h – высота объекта, м; $T_{пов}$ – температура поверхности объекта, К; $T_{нагр}$ – температура на-

гревателя, К; \dot{Q} – подводимый тепловой поток, Вт/м²; $\dot{Q}_{окр}$ – тепловой поток в окружающую среду, Вт/м²; F – площадь поверхности объекта, м²; k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м² · К).

Построим математическую модель объекта управления, выходной (регулируемой) величиной которого является температура в аппарате вакуумной сепарации, а регулирующее воздействие – изменяемый внешним регулирующим устройством поток подводимого тепла \dot{Q} . В состоянии равновесия:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{окр} = \dot{Q}_{равн}, \quad (1)$$

где $\dot{Q}_{равн}$ – равновесный тепловой поток, Вт/м².

По закону Фурье:

$$\dot{Q} = -\lambda \cdot \text{grad}(T) \approx -\lambda \cdot \frac{T_{пов} - T_{нагр}}{h}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К).

Оценим необходимую для процесса сепарации температуру объекта $T_{нагр}$

$$T_{нагр} \approx T_{пов} + \frac{\dot{Q}_{равн} h}{\lambda}. \quad (3)$$

Закон изменения $T(x)$ внутри объекта неизвестен. Предположив в первом приближении линейное изменение $T(x) \approx T_0 + T_1(x)$, $x \in [0, h]$, введем среднюю температуру:

$$T_{сред} \approx T_{пов} + \dot{Q}_{равн} \frac{h}{2\lambda}. \quad (4)$$

Такую же температуру имеет центр тела объекта. В неравновесном состоянии, когда $\dot{Q} \neq \dot{Q}_{окр}$, температура тела будет изменяться за счет изменения теплосодержания

$$\Delta Q = Mc\Delta T_{сред}, \quad (5)$$

где ΔQ – количество теплоты, накопленное объектом, Дж; M – масса объекта, кг, определяемая через объем и плотность $M = \rho \cdot V = \rho \cdot F \cdot h$; ρ – плот-

ность объекта, кг/м³; c – удельная теплоемкость, Дж/(кг · К). С другой стороны, за время Δt тепло-содержание за счет разности тепловых потоков изменится на

$$\Delta Q = (\dot{Q} - \dot{Q}_{\text{окр}}) \cdot \Delta t \cdot F. \quad (6)$$

Приравняв записанные в дифференциалах левые части уравнений (5) и (6) с учетом $\dot{Q}_{\text{окр}} = k(T_{\text{пов}} - T_{\text{окр}})$, получаем

$$\rho \cdot F \cdot h \cdot c \cdot dT_{\text{сред}} = [\dot{Q} - k(T_{\text{пов}} - T_{\text{окр}})] \cdot F \cdot dt. \quad (7)$$

Разделим обе части уравнения (7) на F, dt и k

$$\frac{\rho \cdot h \cdot c}{k} \cdot \frac{dT_{\text{сред}}}{dt} = \frac{\dot{Q}}{k} - (T_{\text{пов}} - T_{\text{окр}}). \quad (8)$$

Используя уравнение (4), выразим $T_{\text{пов}}$ через $T_{\text{сред}}$

$$\frac{\rho \cdot h \cdot c}{k} \cdot \frac{dT_{\text{сред}}}{dt} = \frac{\dot{Q}}{k} - \left(T_{\text{сред}} - \dot{Q} \frac{h}{2\lambda} - T_{\text{окр}} \right). \quad (9)$$

Далее обозначим $T_{\text{сред}} = T$ и приведем уравнение (9) к виду

$$\frac{\rho \cdot h \cdot c}{k} \cdot \frac{dT}{dt} + T(t) = \left(\frac{1}{k} + \frac{h}{2\lambda} \right) \cdot \dot{Q}(t) - T_{\text{окр}}(t). \quad (10)$$

Выполним замену переменных в формуле (10):

$$T(t) = \bar{T} + \Theta(t),$$

$$T_{\text{окр}}(t) = \bar{T}_{\text{окр}} + \Delta T_{\text{окр}}(t),$$

$$\dot{Q}(t) = \bar{\dot{Q}} + \Delta \dot{Q}(t),$$

где $\bar{T}, \bar{T}_{\text{окр}}, \bar{\dot{Q}}$ – средние значения $T, T_{\text{окр}}, \dot{Q}$. Записывая уравнение (10) в изменяющихся во времени отклонениях от средних значений величин $\Theta(t), \Delta T_{\text{окр}}(t), \Delta \dot{Q}(t)$, получаем

$$\frac{\rho \cdot h \cdot c}{k} \cdot \frac{d\Theta}{dt} + \Theta(t) = \left(\frac{1}{k} + \frac{h}{2\lambda} \right) \cdot \Delta \dot{Q}(t) + \Delta T_{\text{окр}}(t) \quad (11)$$

Обозначим

$$T_{\text{об}} = \frac{\rho \cdot h \cdot c}{k}, \quad k_{\text{об}} = \left(\frac{1}{k} + \frac{h}{2\lambda} \right), \quad (12)$$

где $T_{\text{об}}$ – постоянная времени объекта, с; $k_{\text{об}}$ – коэффициент передачи, (м² · К)/Вт.

Тогда уравнение (11) примет вид:

$$T_{\text{об}} \cdot \frac{d\Theta}{dt} + \Theta(t) = k_{\text{об}} \cdot \Delta \dot{Q}(t) + \Delta T_{\text{окр}}(t). \quad (13)$$

Преобразуем по Лапласу уравнение (13):

$$T_{\text{об}} s \cdot \Theta(s) + \Theta(s) = k_{\text{об}} \cdot \Delta \dot{Q}(s) + \Delta T_{\text{окр}}(s). \quad (14)$$

Разделим обе части уравнения (14) на $T_{\text{об}} s + 1$:

$$\frac{\Theta(s) \cdot (T_{\text{об}} s + 1)}{T_{\text{об}} s + 1} = \frac{k_{\text{об}} \cdot \Delta \dot{Q}(s)}{T_{\text{об}} s + 1} + \frac{\Delta T_{\text{окр}}(s)}{T_{\text{об}} s + 1}. \quad (15)$$

Получим операторное уравнение для температуры объекта в виде:

$$\Theta(s) = W(s) \cdot \Delta \dot{Q}(s) + W_{\text{окр}}(s) \Delta T_{\text{окр}}(s), \quad (16)$$

где $W(s) = \frac{k_{\text{об}}}{T_{\text{об}} s + 1}$ – передаточная функция

объекта по каналу управления тепловым воздействием,

$W_{\text{окр}}(s) = \frac{1}{T_{\text{об}} s + 1}$ – передаточная функция объекта

по каналу внешнего возмущения изменением температуры окружающей среды. Вид передаточных функций совпадает с результатами работы [3], где предложено моделировать различные зоны нагрева печи вакуумной сепарации звеньями первого порядка с запаздыванием. В ходе процесса сепарации параметры объекта изменяются. Поэтому, учитывая это обстоятельство, передаточную функцию объекта по каналу теплового воздействия следует записать в виде

$$W(s) = \frac{k_{\text{об}}(T, t)}{T_{\text{об}}(T, t) s + 1}, \quad (17)$$

где параметры звена $k_{\text{об}}(T, t)$ и $T_{\text{об}}(T, t)$ являются функциями двух переменных – температуры объекта T и времени процесса t . Разлагая в ряд Тейлора

функцию $k_{об}(T, t)$ по степеням $(T - T_0)^k$ и $(t - t_0)^k$ для $k = 1, 2$ в окрестности точки (T_0, t_0) , получаем

$$k_{об}(T, t) = (T - T_0) \frac{\partial [k_{об}(T_0, t_0)]}{\partial t} + (t - t_0) \frac{\partial [k_{об}(T_0, t_0)]}{\partial T} + R_2(T, t), \quad (18)$$

Аналогично для функции $T_{об}(T, t)$

$$T_{об}(T, t) = (T - T_0) \frac{\partial [T_{об}(T_0, t_0)]}{\partial t} + (t - t_0) \frac{\partial [T_{об}(T_0, t_0)]}{\partial T} + R_2(T, t). \quad (19)$$

Полученные уравнения (18) и (19) показывают возможность представления и последующей идентификации зависимостей $k_{об}(T, t)$ и $T_{об}(T, t)$ на основе связей вида

$$k_{об}(T, t) = k_{об}(T) + k_{об}(t); \quad (20)$$

$$T_{об}(T, t) = T_{об}(T) + T_{об}(t). \quad (21)$$

Исследуем сначала найденные ранее (12) зависимости параметров $k_{об}(T)$ и $T_{об}(T)$ объекта управления от температуры и времени сепарации в виде

$$k_{об}(T) = \frac{1}{k} + \frac{h(t)}{2\lambda(T)} \text{ и } T_{об}(T) = \frac{\rho(T) \cdot h(t) \cdot c(T)}{k}.$$

Таким образом величина коэффициента теплопередачи k принята постоянной в течение всего процесса сепарации. Удельная теплопроводность $\lambda(T)$ и удельная теплоемкость $c(T)$ рассматриваются функциями температуры T . Предполагаем далее, что в соответствии с [2], что скорость высокотемпературной отгонки под вакуумом пропорциональна количеству примесей, находящимся внутри аппарата в данный момент времени. Для коррекции изменяющейся в процессе отгонки примесей массы блока, условно уменьшается его высота, представленная зависимостью $h(t) = h_0 e^{-t/T}$,

где h_0 – начальная высота, пропорциональная сплошному объему блока губчатого титана, приведенному к высоте при постоянной площади сечения реторты; m ; T – постоянная времени процесса сепарации, ч (принято $T = 8$ ч); t – время сепарации, ч. Получаемые при этом зависимости от времени сепарации массы компонентов представлены на рис. 2., а изменение приведенной к сплошной массе высоты блока – на рис. 3.

Исследуемую область температуры блока губчатого титана в процессе вакуумной сепарации ограничим диапазоном: $T = 273 \dots 1323$ К. Теплопроводность блока губчатого титана $\lambda(T)$, Вт/(м·К) складывается из теплопроводности основных компонентов. Теплопроводность магния в твердом состоянии при $T = 273 \dots 923$ К описывается соотношением $\lambda_{Mg}(T) = 159.833 + 0.0175 \cdot T$ Вт/(м·К). В жидком состоянии при $T = 923 \dots 1323$ К теплопроводность магния принята постоянной и равной $\lambda_{Mg} = 84$ Вт/(м·К). [3].

Удельная теплопроводность титана принята равной $\lambda_{Ti} = 20$ Вт/(м·К), хлорида магния – $\lambda_{MgCl_2} = 1,1$ Вт/(м·К). По окончании процесса восстановления в реторте, направляемой на сепарацию содержится около 60% (масс.) Ti, 20...30% Mg и 10...20% $MgCl_2$ [1]. Теплопроводность блока

$$\lambda(T) \approx 0,6 \cdot \lambda_{Ti} + (0,2..0,3) \cdot \lambda_{Mg}(T) + (0,1..0,2) \cdot \lambda_{MgCl_2}(T).$$

Построены и приведены на рис. 4 графики зависимостей от температуры и времени сепарации коэффициента усиления $k_{об}(T) = \frac{1}{k} + \frac{h(t)}{2\lambda(T)}$ для разной производительности реторт – 7т, 6т, 5т при одинаковом содержании примесей – 50%

На рис. 5 приведены графики зависимостей коэффициента усиления для реторт производительностью 7т при разном содержании примесей – 30%, 40%, 50%. Особенности семейства этих графиков является наличие скачкообразного изменения коэффициента усиления при изменении фазового состояния компонентов.

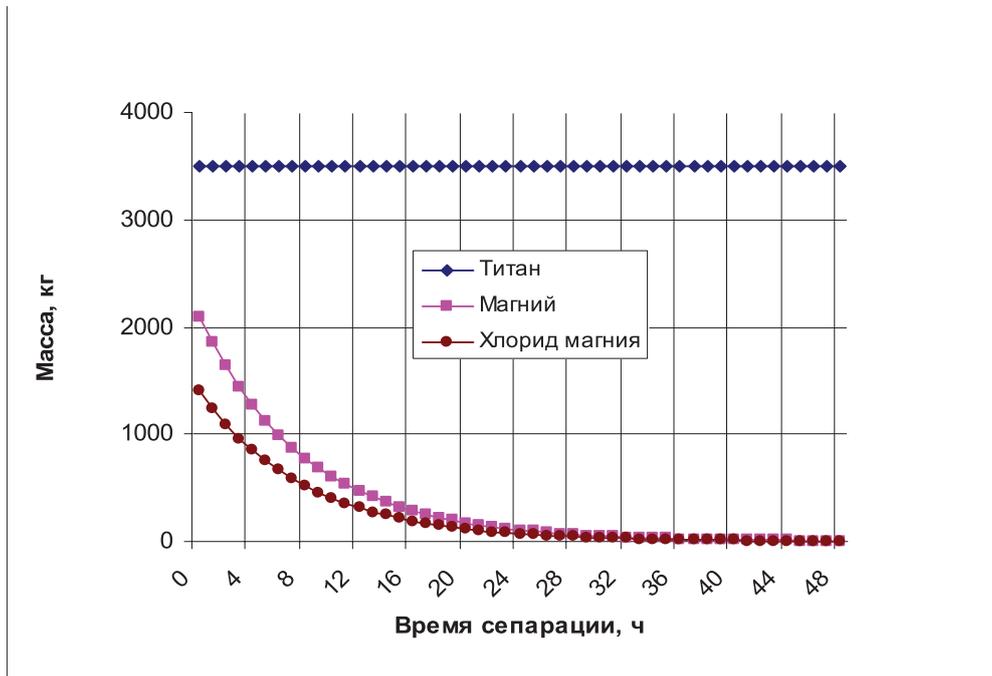


Рис. 2. Зависимости от времени сепарации массы компонентов в блоке губчатого титана массой 7 т, содержащего 50% примесей

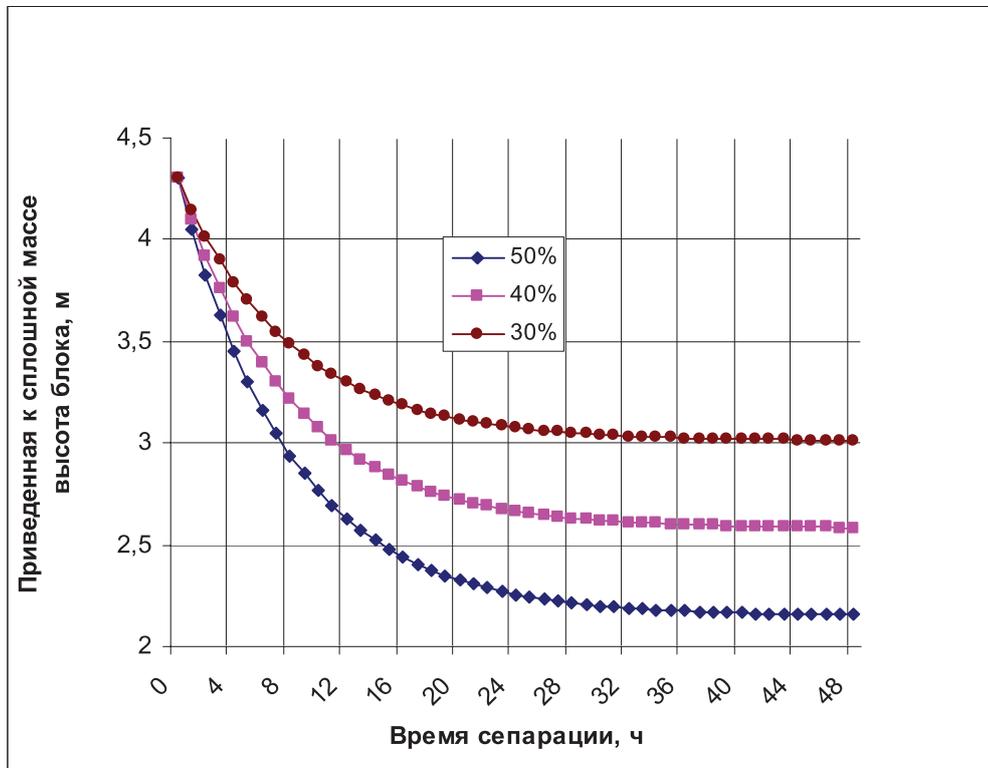


Рис. 3. Зависимость от времени сепарации относительной массы блока, приведенной к высоте сплошного блока массой 7 т, содержащей 30%, 40% или 50% примесей

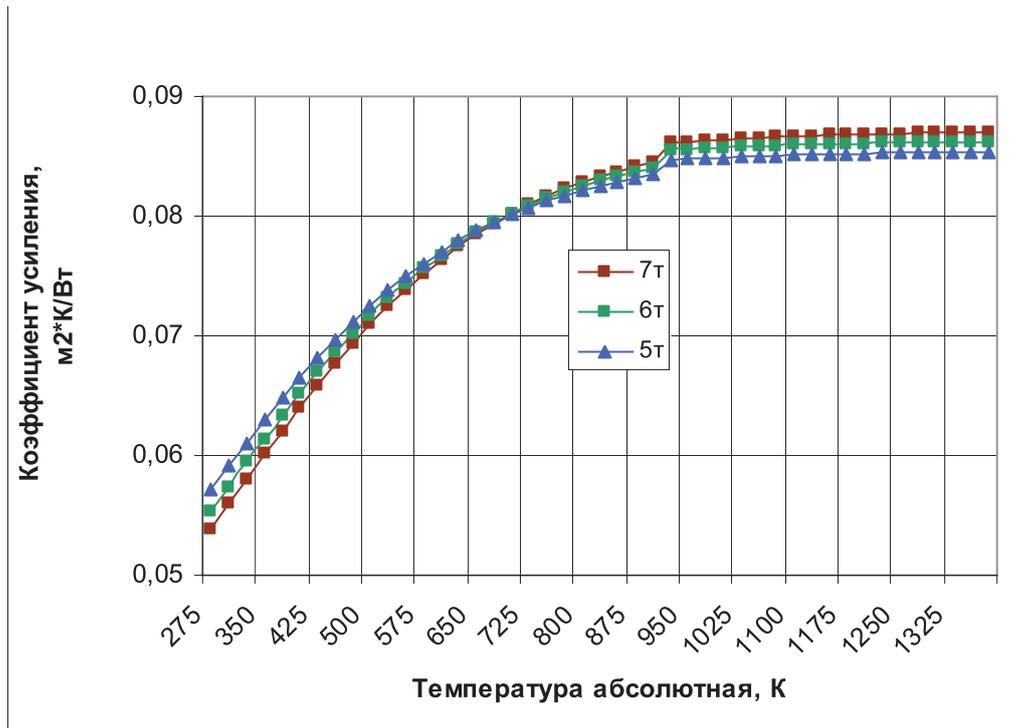


Рис. 4. Зависимости коэффициента усиления от температуры для блока губчатого титана различной массы, при одинаковом содержании примесей, равном 50%

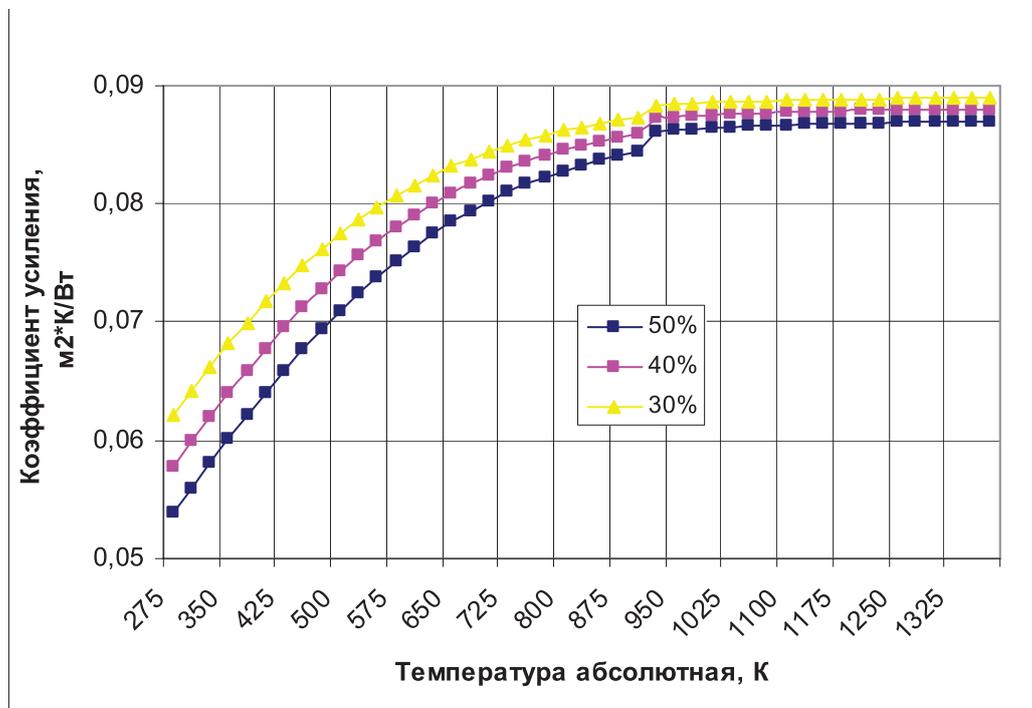


Рис. 5. Зависимости коэффициента усиления от температуры для блока губчатого титана массой 7 т, содержащего 30%, 40% или 50% примесей

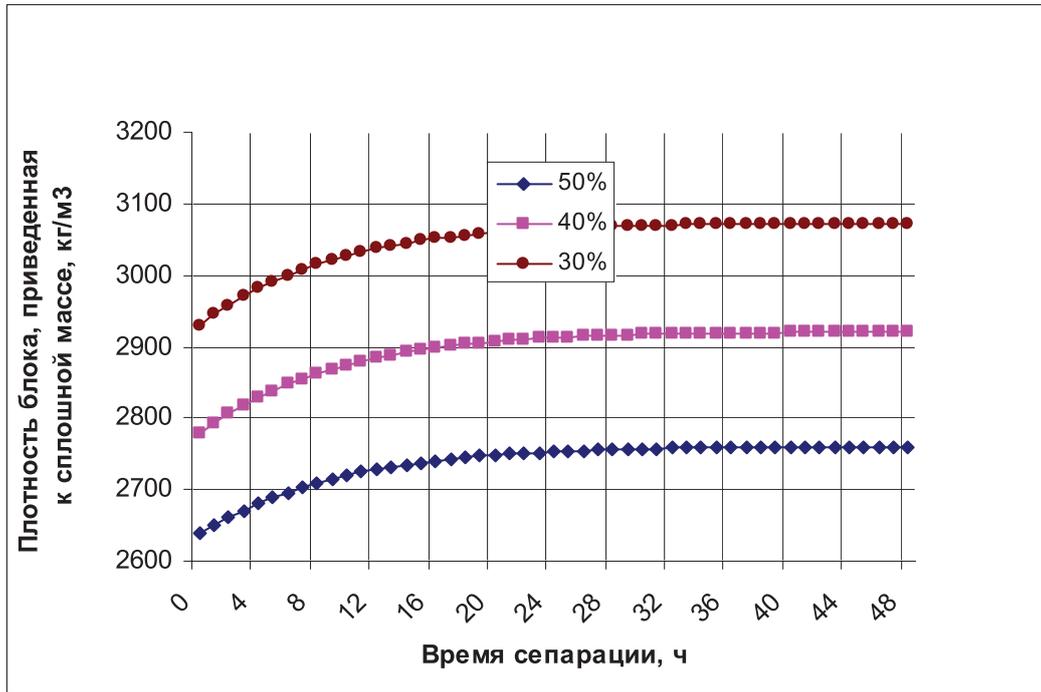


Рис. 6. Зависимость плотности материала блока, приведенной в высоте сплошного блока от времени сепарации массы $7t$, содержащей 50%, 40%, 30% примесей

Рассчитаны и приведены на рис. 7. и 8 графики зависимостей постоянной времени объекта $T_{об}(T)$ от изменения температуры T и времени сепарации t , приведенной в виде $T_{об}(T) = \frac{\rho(T) \cdot h(t) \cdot c(T)}{k}$. Для этого, в соответствии с [3], рассчитаны зависимости теплоемкости материалов от их температуры. Плотность материала блока $\rho(T)$ приведена к сплошной массе корректировкой высоты блока $h(t)$ и затем составлена как аддитивная плотность компонентов. Результаты описания изменяемой в процессе сепарации плотности блока приведены на рис. 6.

Теплоемкость блока в зависимости от температуры представлена следующими зависимостями для компонентов $c_{Mg}(T) = 929.583 + 0.4275 \cdot T - 17.5 \cdot 10^{-5} T^{-2}$ Дж/(кг К) в твердом состоянии,

$$c_{Mg} = 1325.42 \text{ Дж/(кг К) в жидком состоянии,}$$

$$c_{MgCl_2}(T) = 841.702 + 0.06319 \cdot T - 25.213 \cdot 10^{-5} T^{-2} \text{ Дж/(кг К) в твердом состоянии}$$

$$c_{MgCl_2} = 984.149 \text{ Дж/(кг К) в жидком состоянии,}$$

$$c_{Ti}(T) = 461.25 + 0.214583 \cdot T \text{ Дж/(кг К),}$$

Принимаем температуру перехода Mg из твердого в жидкое состояние $T = 923 \text{ К}$, для $MgCl_2$: $T = 986 \text{ К}$.

$$c(T) = 0,6 \cdot c_{Ti}(T) + 0,2 \cdot 0,3 \cdot c_{Mg}(T) + 0,1 \cdot 0,2 \cdot c_{MgCl_2}(T).$$

Плотность титана 4350 кг/м^3 , магния 1800 кг/м^3 , $MgCl_2$ порядка 2700 кг/м^3 , плотность материала реторты 2217 кг/м^3 , следовательно, средняя плотность реакционной массы:

$$\rho = 0,3 \cdot 4350 + (0,1 \dots 0,15) \cdot 1800 + (0,1 \dots 0,05) \cdot 2700 + 0,5 \cdot 2217 = 2863,5 \dots 2818,5 \text{ кг/м}^3.$$

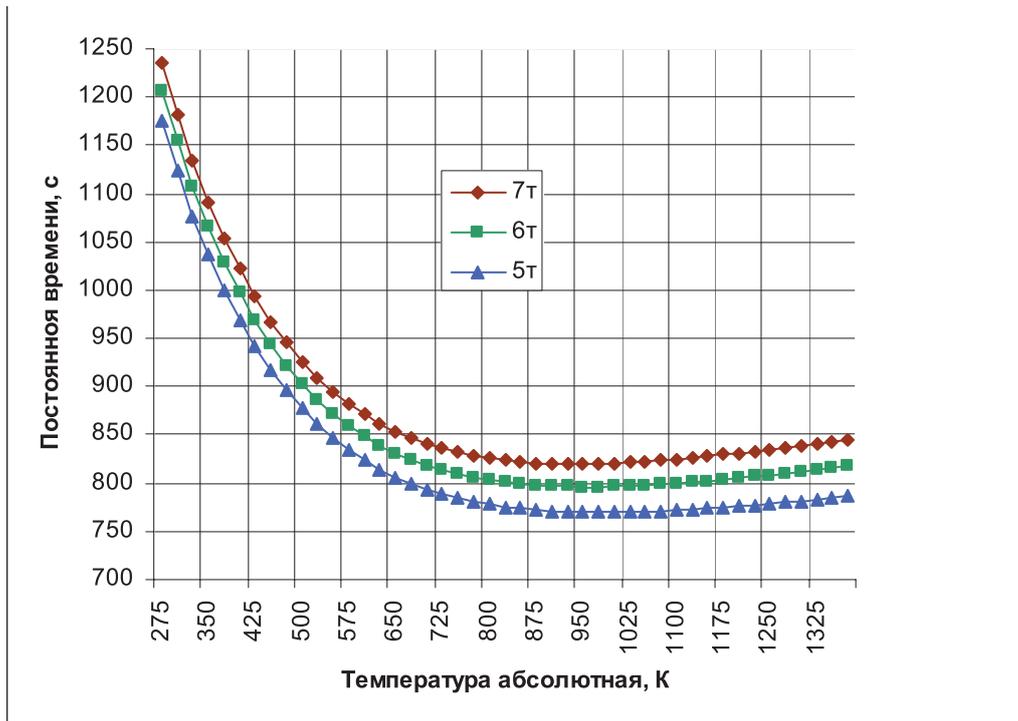


Рис. 7. Зависимость постоянной времени от температуры для блока губчатого титана различной массы при одинаковом содержании примесей, равном 40%

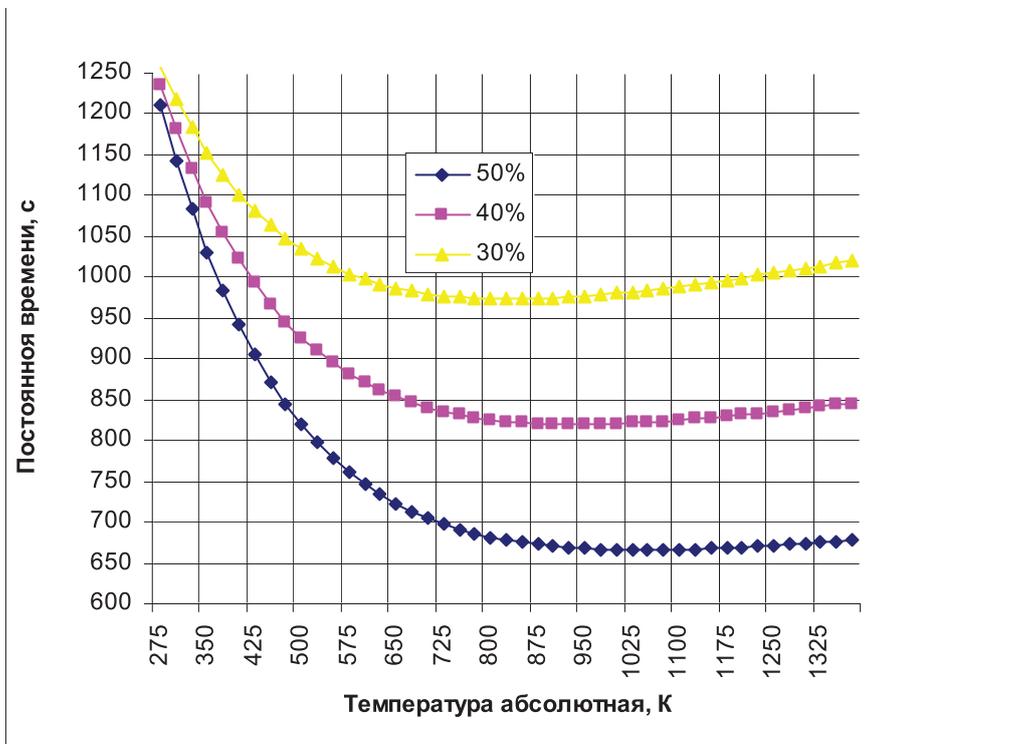


Рис. 8. Зависимость постоянной времени от температуры для блока губчатого титана массой 7 т, содержащего различное количество примесей

Пример: Рассчитать параметры объекта управления $k_{об}$ и $T_{об}$ по формулам (15) при следующих физических параметрах процесса: $\rho = 2850 \text{ кг/м}^3$, высоте реторты $h = 4,3 \text{ м}$, теплоемкости загрязненного блока губчатого титана и реторты $c = 0,5 \cdot 500 + 0,5 \cdot 596 = 548 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$, коэффициенте теплопередачи $k = 6000 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, коэффициенте теплопроводности загрязненного губчатого титана и реторты $\lambda = 0,5 \cdot 0,2 + 0,5 \cdot 26 = 13,1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

$$T_{об} = \frac{\rho \cdot h \cdot c}{k} = \frac{2850 \cdot 4,3 \cdot 548}{6000} = 1119,29 \text{ с};$$

$$k_{об} = \frac{\lambda + \frac{k \cdot h}{2}}{k \cdot \lambda} = \frac{13,1 + \frac{6000 \cdot 4,3}{2}}{13,1 \cdot 6000} = 0,16 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Выводы. Решена задача описания динамических свойств аппарата сепарации по каналу управления температурой процесса изменением потока подаваемого тепла. Предложена методика и описаны получаемые в ходе ее применения зависимости параметров объекта управления от его состояния в процессе высокотемпературной вакуумной сепарации для различной производительности аппарата и степени загрязнения примесями исходного блока губчатого титана.

Для использования созданной модели с целью определения оптимальных настроек регулятора необходимо реализовать общую схему моделирования объектов с переменными свойствами и исследовать закономерности подходов к определению настроек регуляторов.

Список литературы

1. Гармата, В.А. Титан / В.А. Гармата, А.Н. Петрунько, Н.В. Галицкий, Н.В. Олесов, Р.А. Сандлер. – М.: Металлургия, – 1983. – 560 с.
2. Беккер В.Ф. Оценка запаздывания температуры в динамике нестационарной сепарации губчатого титана. Науч.-техн. вестн. Поволжья, 2013, №2 – С. 82-84.
3. Справочник теплофизика. <http://thermalinfo.ru/>
4. Химическая энциклопедия. <http://www.ximuk.ru/encyklopedia/.html>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА ПО МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОМУ АНАЛИЗУ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА НАСТРОЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПИ-РЕГУЛЯТОРОВ

Бильфельд Н.В.,

к.т.н., доцент кафедры АТП Березниковского филиала (БФ)

Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ).

killbill2k@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены особенности работы с пакетом по многокритериальному анализу систем управления, такие как расчет настроечных параметров регуляторов по заданному критерию качества, построение переходных процессов, поверхностей настроечных параметров, границы области устойчивости настроечных параметров, вычисление интегрального критерия качества переходных процессов. Приведен пример алгоритма по оптимизации настроечных параметров и даны рекомендации по его использованию.

Ключевые слова: теория автоматического управления, регулятор, синтез.

USING MULTI-CRITERIA ANALYSIS CONTROL SYSTEMS FOR TUNING PARAMETERS OF THE PI CONTROLLER

Bilfeld N.V.,

candidate of technical science, assoc. prof. on automation department

in Berezniki branch of Perm national polytechnic research university.

Abstract. The features of the software for multiple criteria analysis of control systems, such as the calculation of setting parameters regulators on specific criteria of quality, the construction of transient surface tuning parameters, the stability boundary adjustment parameters, the calculation of an integral quality criterion transients are given. An example of an optimizing algorithm for tuning parameters and recommendations for its use is presented.

Keywords: automation theory, control, optimization.

На кафедре автоматизации технологических процессов (АТП) Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета (БФ ПНИПУ) разработан пакет по многокритериальному анализу систем управления. Одной из многочисленных функций данного пакета является расчет оптимальных настроек регулятора по одному из заданных критериев оптимальности. Интерес представляет интегральный критерий качества, который на практике используется достаточно редко из-за трудоемкости вычислений.

При расчете настроечных параметров методом В.Я. Роточа или методом расширенных КЧХ в качестве критерия оптимальности как правило, задаются либо показателем колебательности M , либо степенью

колебательности m . Оба эти параметра связаны со степенью затухания φ следующими соотношениями.

$$m = \frac{-\ln(1-\varphi)}{2\pi}$$

$$M = \frac{1}{\sin(2 \operatorname{atan}(m))} = \frac{1}{\sin(2 \operatorname{atan}(\frac{-\ln(1-\varphi)}{2\pi}))}$$

На рисунке 1 показан переходный процесс в замкнутой системе управления. Степень затухания для данного переходного процесса определяется как:

$$\varphi = \frac{A1 - A2}{A1}.$$

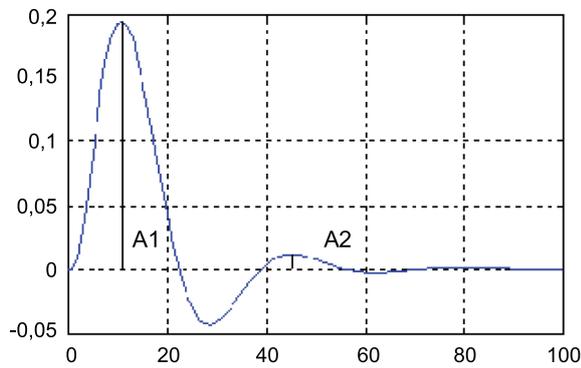


Рис. 1. Переходный процесс в замкнутой системе

Не трудно догадаться, что такую же степень затухания мы можем получить и для переходного процесса с другой динамической ошибкой и площадью под графиком переходного процесса.

Рассмотрим конкретный пример.

Возьмем объект с самовыравниванием второго порядка с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{1}{50s^2 + 20s + 1}.$$

Используя пакет MATLAB, и встроенный модуль оптимизации NCD рассчитаем оптимальные настройки регулятора, как показано на рисунке 2.

В результате получим настроечные параметры регулятора: $K_p=4,9$ и $T_i=1,6$. Интегральный критерий качества для данного переходного процесса составляет 1,715.

Рассчитаем настроечные параметры, используя пакет многокритериального анализа. Для этого выберем интегральный критерий качества и установим ограничения в районе рассчитанных настроечных параметров, как показано на рисунке 3.

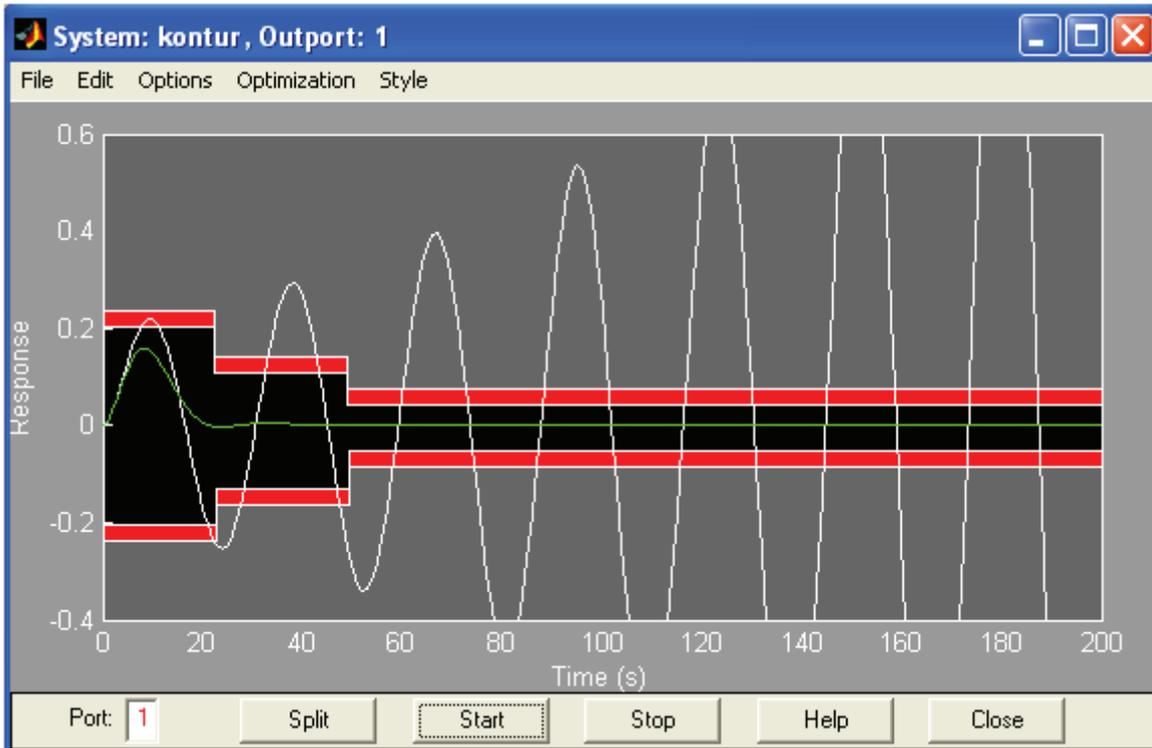


Рис. 2. Расчет оптимальных настроек в MATLAB

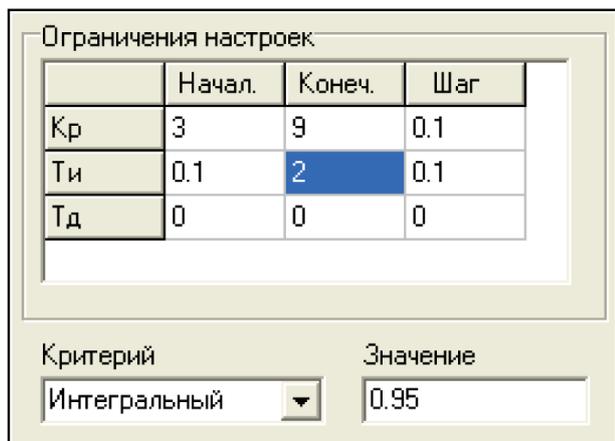


Рис. 3. Ограничения для расчета настроечных параметров.

В результате получим настроечные параметры $K_p=8,3$ и $T_i=0,8$. Построим графики переходных процессов, как показано на рисунке 4.

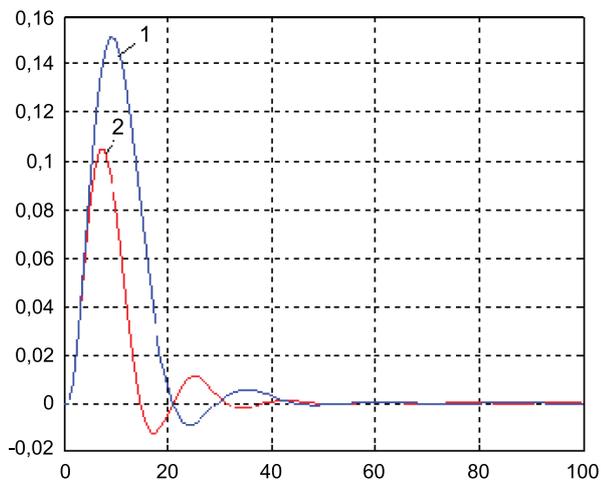


Рис. 4. Переходные процессы при различных методах расчета настроечных параметров.

Как видно из рисунка 4 площадь под кривой (2) стала меньше. Интегральный критерий составляет 0,938 по сравнению с 1,175, следовательно качество регулирования увеличилось практически вдвое.

Построим поверхность настроечных параметров. Для этого зададимся ограничениями, приведенными на рисунке 5.

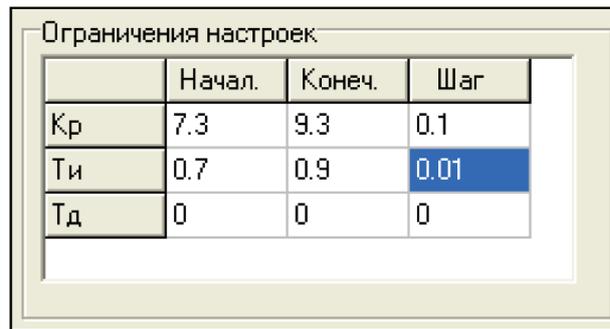


Рис. 5. Ограничения для построения поверхности настроечных параметров

Анализируя поверхность (рис. 5) мы видим, что поверхность не имеет явно выраженных экстремумов. Минимум для значений ($K_p=9,3$ $T_i=0,71$) находится на краю поверхности. Интегральный критерий при этом составляет 0,827.

Возьмем более широкий диапазон ограничений, как показано на рисунке 7. В результате получим поверхность, приведенную на рисунке 8. И опять мы видим, что минимальное значение интегрального критерия качества находится на краю поверхности, при отсутствии локальных экстремумов. Это означает, что, задаваясь, новыми ограничениями мы все более можем уменьшать интегральный критерий качества, а, следовательно, увеличивать качество регулирования.

Зададимся новыми ограничениями и меньшим значением интегрального критерия качества, как показано на рисунке 8. Рассчитаем настроечные параметры. В результате получим $K_p=15$ $T_i=0,4$. Как видно значение K_p равно верхнему ограничению или другими словами лежит где-то на краю плоскости настроечных параметров.

Если построить переходные процессы для параметров, полученных в первом ($K_p=7,4$ $T_i=0,9$) и втором ($K_p=15$ $T_i=0,4$) случаях, то получим графики, приведенные на рисунке 10.

В результате видно, что качество регулирования снова увеличилось. Интегральный критерий качества стал равным 0,501. Увеличивая в дальнейшем диапа-

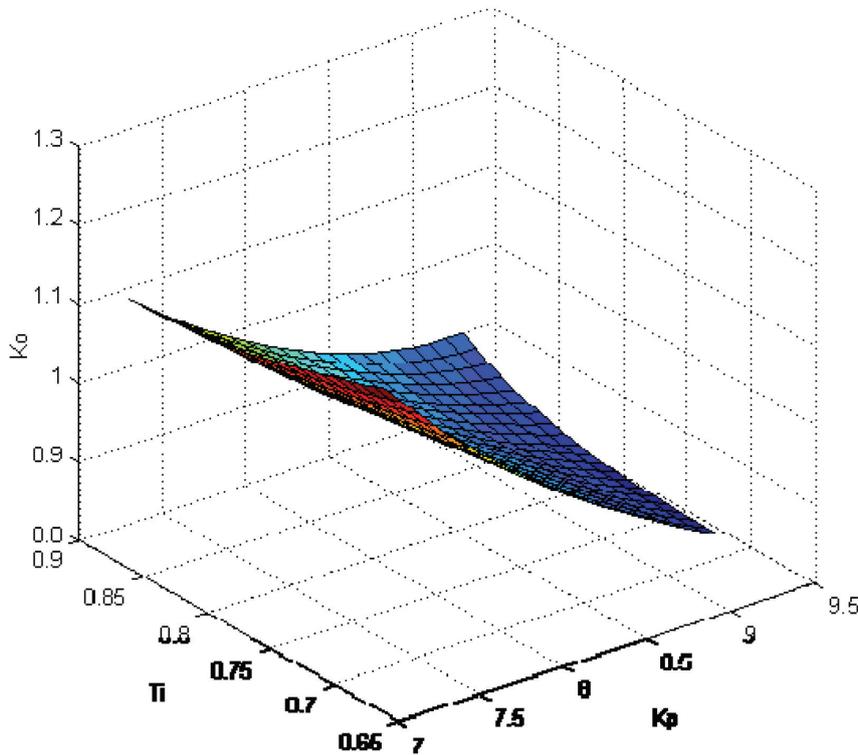


Рис. 6. Поверхность настроечных параметров.

Ограничения настроек			
	Начал.	Конеч.	Шаг
Кр	1	10	0.1
Ти	1	10	0.1
Тд	0	0	0

Рис. 7. Новый диапазон ограничений для построения поверхности настроечных параметров

зон для K_p , мы увидим, что в какой-то момент времени при расчете оптимальных параметров, на границе диапазона окажется значение T_i . И так будет происходить до бесконечности.

Данный эксперимент подтверждает и граница области устойчивости, приведенная на рисунке 11.

Увеличивая K_p и уменьшая T_i (стрелка 1) мы можем всегда оставаться в области устойчивых настроечных параметров, но при этом будет уменьшаться интегральный критерий качества переходного процесса.

На основании проведенных исследований с помощью разработанного пакета многокритериального анализа систем управления и теоретических заключений можно сделать следующий вывод. Если необходимо получить высокую точность регулирования, то в качестве критерия оптимальности лучше задаваться интегральным критерием качества.

При этом можно рекомендовать следующий порядок расчета. Рассчитать настройки регулятора одним из известных способов. Увеличить значение K_p в полтора, два раза. При фиксированном значении K_p , с помощью пакета многокритериального исследования систем управления рассчитать оптимальное значение T_i , задавшись минимальным (нулевым) интегральным критерием качества. При этом в качестве верхнего ограничения T_i , необходимо взять оптимальное значение T_i , рассчитанное обычным способом.

Необходимо добавить, что данный алгоритм однозначно работает с объектами с самовыравниванием, порядок которых не более двух, каковыми и является

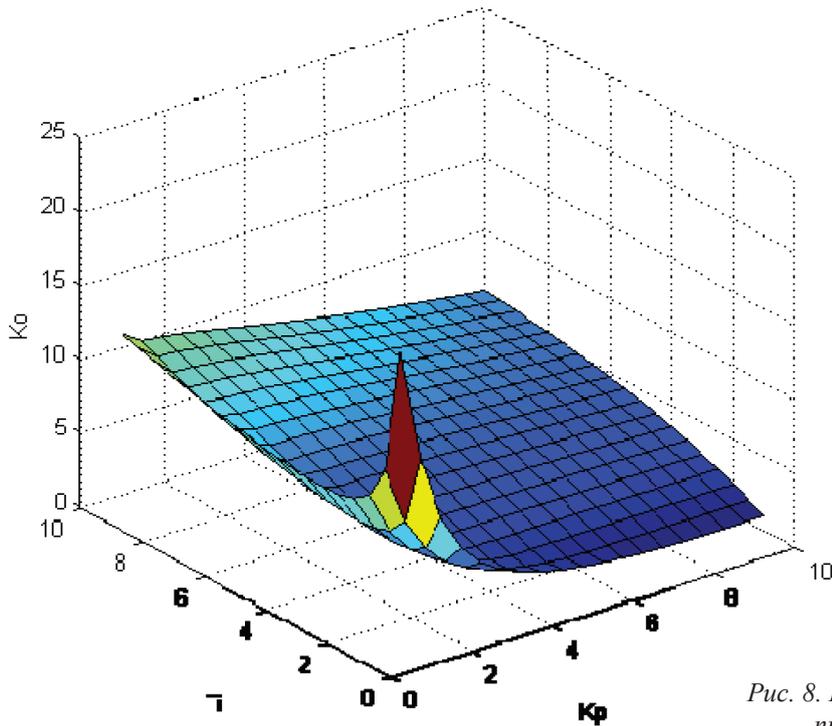


Рис. 8. Поверхность настроечных параметров, при расширенном диапазоне ограничений.

Рис. 9. Новые ограничения для вычисления настроечных параметров.

Ограничения настроек			
	Начал.	Конеч.	Шаг
Kp	1	15	1
Ti	0.1	1	0.1
Td	0	0	0

Критерий	Интегральный	Значение	0.5
----------	--------------	----------	-----

Кр	15	Кр
Ti	0.4	Ti
Td	0	Td
Ит. рас.	25	
Итер.	29	
Погреш.	0.501300000	
Время	2	

Результат: оптимум найден

Пуск Пауза Стоп

большинство технологических объектов. Также при чрезмерном увеличении K_p ухудшается переходный процесс по управлению, что накладывает еще одно

ограничение. Однако там, где требуется стабилизация технологических параметров с большой точностью, данный алгоритм вполне себя оправдывает.

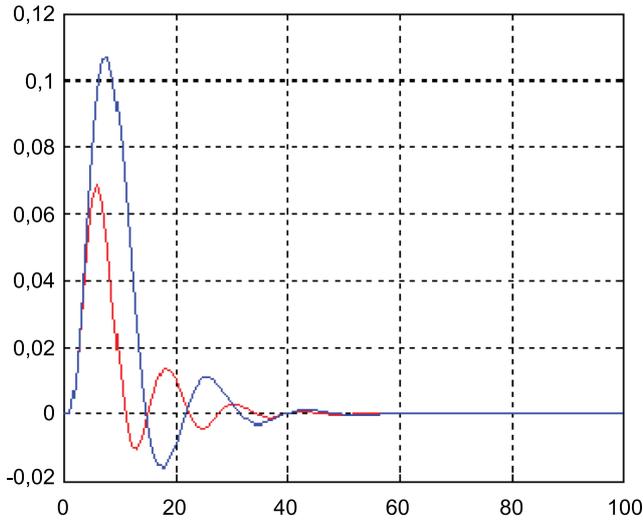


Рис. 10. Сравнение переходных процессов.

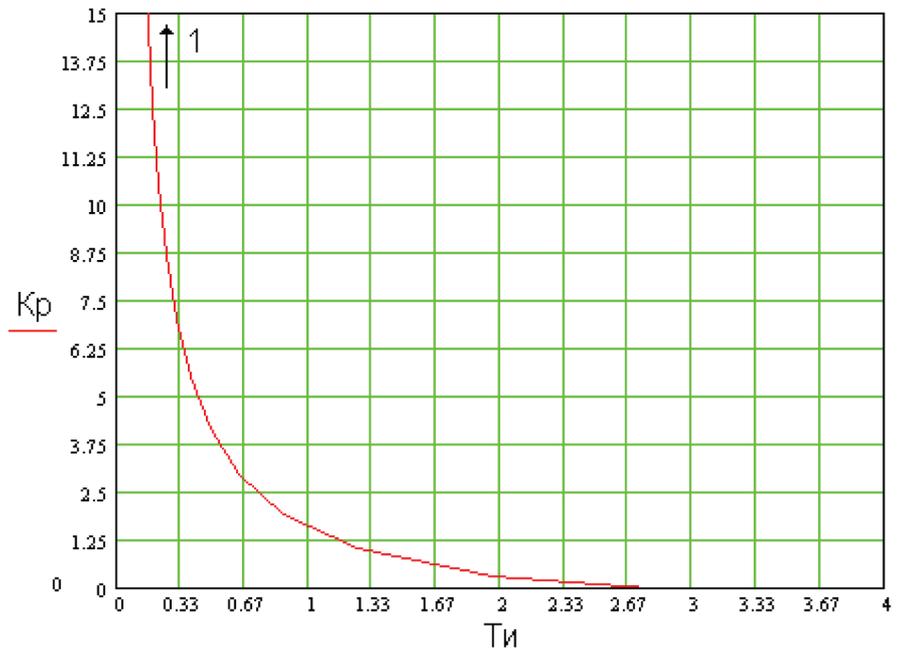


Рис. 11. Граница области устойчивости для объекта с самовыравниванием

Список литературы

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами. М.: Энергоатомиздат, 1985. 296 с.
2. Бильфельд Н.В. Программа исследования динамики систем управления. Программные продукты и системы. Международное научно-практическое приложение к международному журналу «Проблемы теории и практики управления». Тверь. 2010. - №3, (91).–С. 118-120.
3. Беккер В.Ф. Управление производством губчатого титана с использованием модифицированных сетей Петри. Журнал «Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова» КГУ им. Некрасова, Т.16. Серия технические и естественные науки «Системный анализ. Теория и практика», Кострома – №2, 2010. – С. 52-56.

АЛГОРИТМ УПЛОТНЕНИЯ КАРТЫ РАСКРОЯ НА ОСНОВЕ ДВУМЕРНОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Мурзакаев Р. Т.,

к. т. н., доцент кафедры ИТАС Пермского
национального исследовательского политехнического университета
RTmurz@mail.ru

Лялин Д. А.,

аспирант кафедры АТП Березниковского филиала (БФ)
Пермского национального исследовательского политехнического университета
lialin3yo@rambler.ru

Аннотация. *Описаны проблемы получения карт оптимального раскроя листовых материалов, возникающие при использовании широко распространенных программных пакетов. Предложен оригинальный алгоритм уплотнения на основе представления о выкройках как двумерных телах с ненулевой массой, подвергающихся гравитационным воздействиям, позволяющий на 5-12% улучшить качество укладки.*

Ключевые слова: *листовой материал, раскрой, оптимизация.*

ALGORITHMS OF CUTTING CARD COMPRESSION BY TWO-DIMENSIONAL GRAVITY SIMULATION MODEL

Murzakaev R. T.,

candidate of technical science, assoc. prof. on information technology
and automation systems department in Perm national polytechnic research university.

Lyalin D. A.,

post-graduate on automation department in Berezniki branch
of Perm national polytechnic research university.

Abstract. *The problems of obtaining maps of optimal cutting of sheet materials arising in use of common software packages are described. An original algorithm for compression based on the idea of patterns as a two-dimensional bodies with non-zero mass, exposed to gravitational effects is given. It allows to improve the quality of stacking for 5-12%.*

Keywords: *sheeting, cutting, optimization.*

Для предприятий, использующих машины термической резки, лазерной, гидроабразивной, и прочих видов резки металла внедрение современных информационных технологий – задача из числа самых актуальных. Сокращение сроков подготовки программ раскроя, оптимальное размещение деталей на листе, меньший расход материала решающим образом повлияют на себестоимость и качество выпускаемой продукции. Одной из технологических операций, автоматизация, которой особенно выгодна и широко распространена – раскрой листового материала.

Во многом такая эффективность достигается за счет формирования рациональных карт раскроя, что, в свою очередь, зависит от выбранного метода и алгоритма раскроя или упаковки.

Проблемам раскроя и упаковки (Р-У) посвящено множество публикаций и диссертаций как отечественных, так и зарубежных школ, например, [1, 2]. Большая часть из такого рода работ отражает подходы к решению тривиальных задач раскроя. В частности, линейного и прямоугольного вида. Вопросам же раскроя деталей сложной формы посвящено меньшее количество публикаций, например, [3, 4], что еще

больше повышает востребованность методов решения данной проблемы. Раскрой и упаковку сложных деталей принято называть нестингом.

Среди задач класса Р-У вопрос нестинга менее всего изучен, что обусловлено сложностью фигур, с учетом которой оптимальный план раскроя или упаковки просто не может быть найден. Ведь даже при самой плотной упаковке деталей безотходного производства не удастся достигнуть, так как детали могут быть самой разной формы, от которой напрямую зависит плотность упаковки.

Следует отметить, что ввиду NP-трудности задач Р-У, не существует алгоритмов решения задач нестинга, позволяющих получать максимальный коэффициент упаковки.

Еще больше затруднений возникает, когда при размещении деталей требуется учитывать технологические ограничения. К таковым, в частности относят петли, обеспечивающие качественную обработку углов детали, и перемычки, соединяющие между собой детали малого размера.

Рынок программных систем раскроя предлагает большой ассортимент продукции, что обусловлено востребованностью таких систем. Обобщенно, можно выделить следующие особенности систем раскроя:

1. модульный подход к разработке;
2. ориентация на конкретного заказчика;
3. интуитивно понятный интерактивный интерфейс;
4. импорт DXF;

5. формирование задания на раскрой;
6. автоматическое размещение на листах (формирование карты раскроя);
7. автоматическое отслеживание отступов и перемычек;
8. формирование спецификации раскроя;
9. экспорт карты раскроя в DXF.

Ряд систем учитывают технологические особенности производства (например, зазоры, петли, направление проката).

Однако следует отметить, что рост количества разрабатываемых систем раскроя свидетельствует о том факте, что не может быть универсальной системы, учитывающей все факторы отдельно взятого производства.

Поскольку истоком решения задач Р-У является труд отечественного ученого П.Л. Чебышева [5], неудивительно, что российский рынок автоматизированных систем предлагает весьма богатый выбор программ раскроя. Среди известных систем можно выделить САМ-систему «Техтран», программу T-FLEX/Раскрой и Astra S-Nesting. Среди зарубежных аналогов можно выделить программное обеспечение автоматического нестинга NestFab.

Проанализировав ряд статей о данных системах раскроя [2, 3, 4], а также официальные сайты разработчиков [7, 8, 9, 10], получен перечень важных для сравнения с разрабатываемой программной системой характеристик. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Анализ характеристик автоматизированных систем раскроя

Характеристика	Техтран	T-FLEX / Раскрой	Astra S-Nesting	NestFab
Создание деталей на основе макросов	+	-	-	-
Учет технологических ограничений	+	+	+	+
Ручное редактирование карты раскроя	+	+	+	-
Выбор альтернативного варианта карты раскроя	-	-	-	+
Учет делового отхода	+	+	+	-
Наличие демо-версии на сайте производителя	-	-	+	+

Самым главным отличием программных систем друг от друга является применение различных между собой алгоритмов формирования карт раскроя и управляющих программ резки. Именно от алгоритмов, в конечном счете, зависит экономия материалов.

Для компенсации недостатков вышеперечисленных систем, авторами предложен алгоритм, позволяющий проектировать карты раскроя с высоким коэффициентом раскроя за допустимое время с учетом особенностей листов, деталей, технологических ограничений.

При создании алгоритма раскроя-упаковки материала в рассмотрение попадали не только прямоугольные детали, но и фигурные, в том числе невыпуклые. Форма листа материала может быть отличной от прямоугольной, таким образом, создаются благоприятные условия для применения накопленных на предприятии технологических остатков и деловых отходов от «первоначального» раскроя. Алгоритм раскроя-упаковки материалов обладает свойством универсальности и направлен на решение задачи раскроя листового материала в общей постановке.

В алгоритме использованы следующие 4 критерия для оптимизации раскроя:

1. К1 - коэффициент раскроя – отношение суммарной площади деталей на листе к общей площади листа [6];
2. К2 - коэффициент делового остатка – отношение площади делового остатка листа к общей площади листа;
3. К3 - коэффициент расхода материала – дополнение до единицы коэффициента делового остатка;
4. К4 - коэффициент относительной плотности размещения – отношение суммарной площади деталей к разности между общей площадью листа и площадью делового остатка.

Блок-схема алгоритма раскроя-упаковки приведена на рис. 1.

Алгоритм раскроя-упаковки материала имеет следующие особенности:

1. распознавание и использование геометрических особенностей объектов-деталей: выпуклые и невыпуклые фигуры, внутренние контуры деталей;

2. возможность использования делового остатка производства;
3. учет и использование объектов-деталей одного типа: попарная компоновка, группировка однотипных деталей;
4. оптимальное конструирование технологических зазоров, точек входа-выхода, «петель», перемычек между деталями и других вспомогательных технологических объектов;
5. возможность параллельного выполнения частей алгоритмов.

Работа программной системы, реализующей указанный алгоритм, включает набор следующих шагов:

1. Обработка входных данных. Данный этап предполагает работу оператора со справочником «Входимость деталей». При работе со справочником доступны следующие функции:

- а. добавление чертежей деталей;
- б. удаление чертежей деталей;
- в. просмотр чертежей деталей;
- г. редактирование количества деталей;
- д. создание деталей на основе макросов;
- е. импорт деталей в формате DXF.

2. Выбор станка. При выборе типа станка на карте раскроя автоматически учитываются технологические особенности данного станка.

3. Выбор режима работы. Доступно два режима работы, которые могут выполняться после автоматического размещения деталей:

4. автоматическое уплотнение на всех листах;
5. применение уплотнения к отдельным областям карт раскроя.

6. Задание на раскрой. Программа организует взаимодействие различных объектов, задействованных в процессе раскроя листового материала. Из деталей, которые необходимо изготовить, формируется задание на раскрой. Затем в задании на раскрой включаются листы для изготовления деталей. Программа обеспечивает возможность автоматического и ручного размещения деталей задания на раскрой на листах. При этом отслеживается количество неразмещенных деталей и возможность изготовления детали из выbranного листа. При этом оператор может самосто-

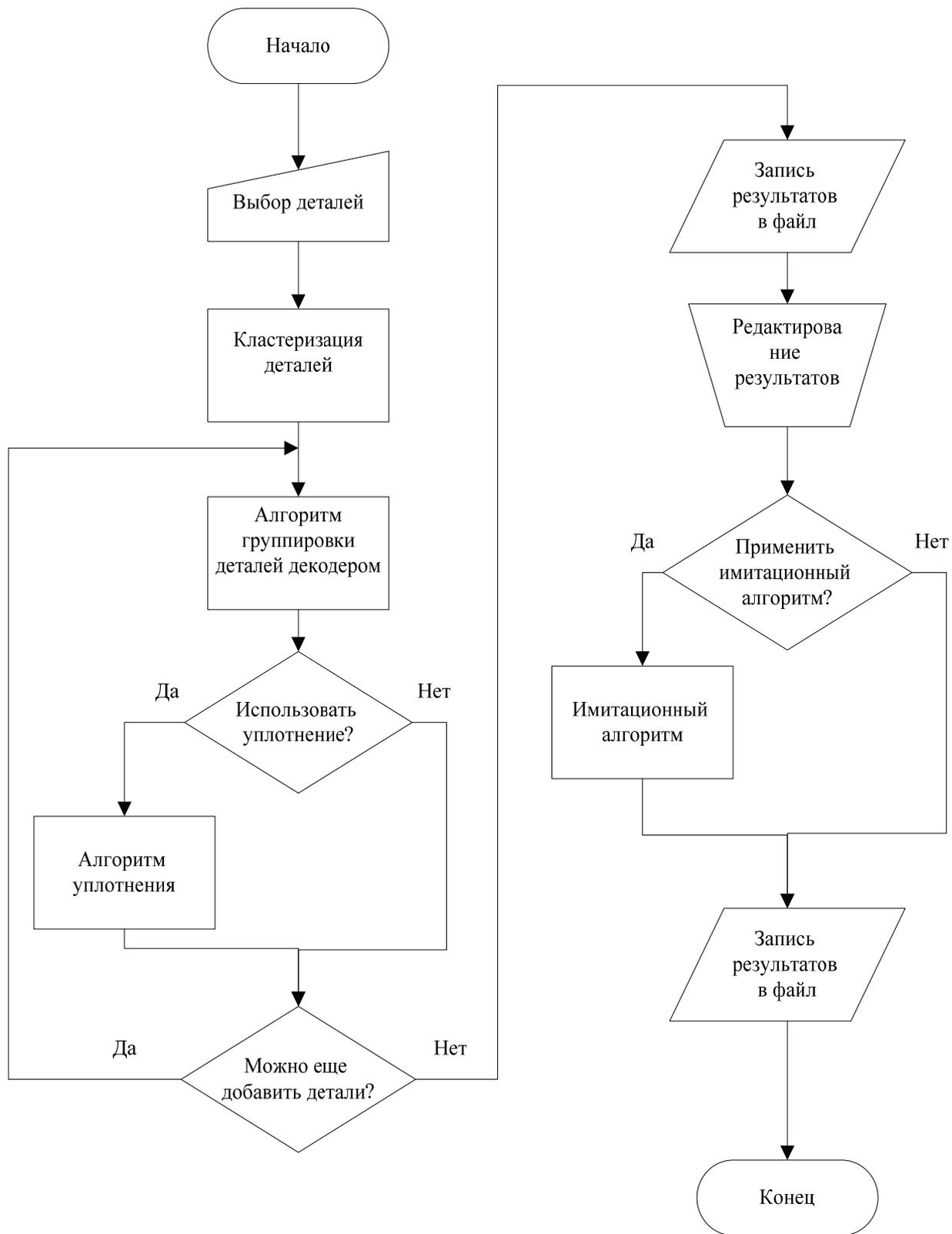


Рис. 1. Блок-схема алгоритма раскроя-упаковки

тельно удалить из задания ненужные элементы или добавить новые.

7. Формирование карты раскроя. На основе задания на раскрой программной системы формирует карту раскроя. По умолчанию предлагается рациональная карта раскроя, однако пользователю предлагается самостоятельно выбрать наиболее приемлемый для него вариант упаковки (программа сохраняет варианты карты раскроя до достижения наиболее рационального варианта).

8. Формирование итогового протокола. Завершив процесс формирования карты раскроя, пользователю предлагается просмотреть информацию о выполненной работе. Протокол по раскрою можно экспортировать в формат PDF и распечатать на принтере.

9. Экспорт в КОМПАС-3D. Выполнив шаги 1-6, оператор АРМ может произвести экспорт карты раскроя и деловых отходов в файлы формата DXF.

Программа уплотнения (пп. 4 и 5) включает дополнительные и вспомогательные алгоритмы и эвристические правила, целью которых является улучшение решения, получаемого алгоритмом раскроя материала, а так же выполнение некоторых технологических требований и условий. В программе закладываются действия (операции), которые алгоритму необходимо выполнить. На данный момент реализовано 19 действий, позволяющих настраивать процедуру уплотнения:

1. shakeX(time, delay, force, yforce) – перемещение вправо влево, это симметричное изменение точки гравитации относительно центра стакана по оси OX на расстояние force, с задержкой delay. Данная операция выполняется time итераций мира, и гравитация по оси OY равно yforce;
2. shakeY(time, delay, force, xforce) – перемещение вверх вниз, это изменение точки гравитации симметрично относительно центра стакана по оси OY на расстояние force, с задержкой delay. Данная операция выполняется time итераций мира, и гравитация по оси OX равно xforce;
3. rotate(time, velocity) – поворот листа со скоростью velocity. Время выполнения операции равно time итераций мира. Если velocity отрицательна, поворот осуществляется против часовой стрелки;
4. rotate(angle, velocity) – поворот листа на угол angle, со скоростью velocity;
5. rotate(delay, velocity) – поворот листа со скоростью velocity за время delay. То есть лист совершает поворот, пока не истечет время delay. Если velocity отрицательна, поворот осуществляется против часовой стрелки;
6. applyForceDown(time, force) – перемещение точки гравитации вниз на расстояние force. Время выполнения операции равно time итераций мира;
7. applyForceUp(time, force) – перемещение точки гравитации вверх на расстояние force. Время выполнения операции равно time итераций мира;
8. applyForceLeft(time, force) – перемещение точки гравитации влево на расстояние force. Время выполнения операции равно time итераций мира;
9. applyForceRight(time, force) – перемещение точки гравитации вправо на расстояние force. Время выполнения операции равно time итераций мира;
10. rotateDetail(time, velocity) – поворот всех деталей со скоростью velocity. Если velocity отрицательна, поворот осуществляется против часовой стрелки. Время выполнения операции равно time итераций мира;
11. rotateDetail(time, index, velocity) – поворот детали с индексом index со скоростью velocity. Если velocity отрицательна, поворот осуществляется против часовой стрелки. Время выполнения операции равно time итераций мира;
12. tracDetail(time, point_to, force) – притяжение деталей к точке point_to с силой force;
13. tracDetail(time, index, point_to, force) – притяжение детали с индексом index к точке point_to с силой force;
14. applyGravityChange(time, function_count, dx) – изменение положения точки гравитации по заданной функции function_count, с шагом dx. Внутри данной операции есть набор функций изменения положения точки гравитации. Каждая функция имеет свой номер. При необходимости можно добавить свои функции. Время выполнения операции равно time итераций мира;

15. `applyTracChange(time, function_count, dx, force)` – изменение положения точки притяжения по заданной функции `function_count`, с шагом `dx`. Внутри данной операции есть набор функций изменения положения точки гравитации. Каждая функция имеет свой номер. При необходимости можно добавить свои функции;
16. `randomGravity(delay)` – изменение положения точки гравитации случайным образом в течении времени `delay`;
17. `randomGravity(time, delay, minx, maxx, miny, maxy)` – изменение положения точки гравитации случайным образом в течении времени `time`, с задержкой `delay`. Случайность положения точки ограничена параметрами `minx`, `maxx` - минимальная и максимальная координата X, `miny`, `maxy` – минимальная и максимальная координата Y. Время выполнения операции равно `time` итераций мира;
18. `setDelay(delay)` – ожидание алгоритма. На детали действуют все силы, кроме сторонних, применимых в других операциях. Не распространяется на силы, применяемые к листу;
19. `setDefaultGravity(gravity)` – установка положения точки гравитации по умолчанию в точку `gravity`. Это позволяет улучшить коэффициент использования материала после начальной укладки, при которой не учитывается сложная форма деталей (рис. 2). Более подробное описание процесса уплотнения выглядит следующим образом:
 1. сортировка деталей по координате левой нижней точки. Данный шаг позволяет сначала совершить попытку сдвига крайних деталей, таким образом, они могут освободить место для последующих деталей. В итоге, цикл сдвига будет состоять из меньшего числа итераций;
 2. последовательный сдвиг по одной детали влево. Остановка процесса в том случае, если ни одна деталь больше не может быть сдвинута;
 3. последовательный сдвиг по одной детали вниз. Остановка процесса в том случае, если ни одна деталь больше не может быть сдвинута;
 4. если на шаге 3 были произведены какие-то действия, переход к шагу 2. Иначе переход на шаг 5.
 5. конец работы алгоритма.

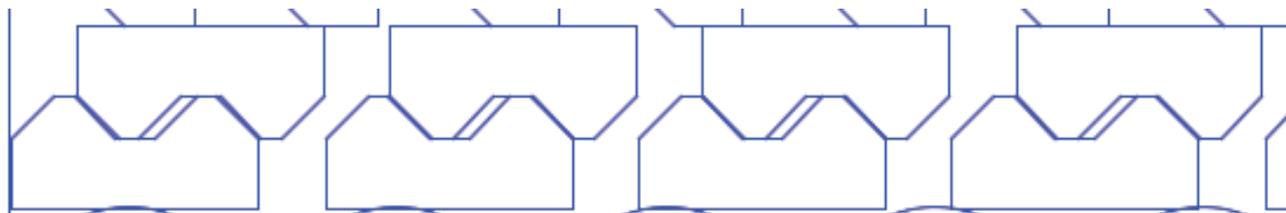


Рис. 2. Пример начальной укладки деталей сложной формы

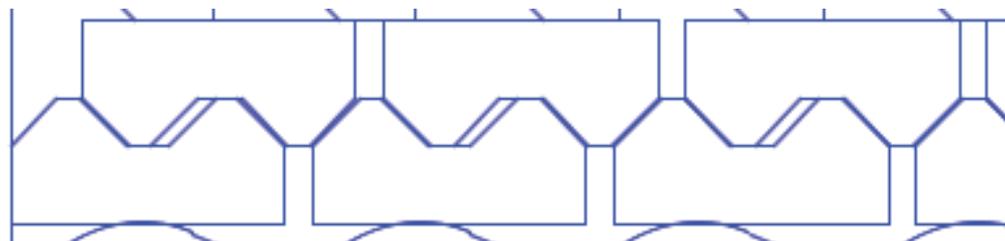


Рис. 3. Пример уплотнения деталей

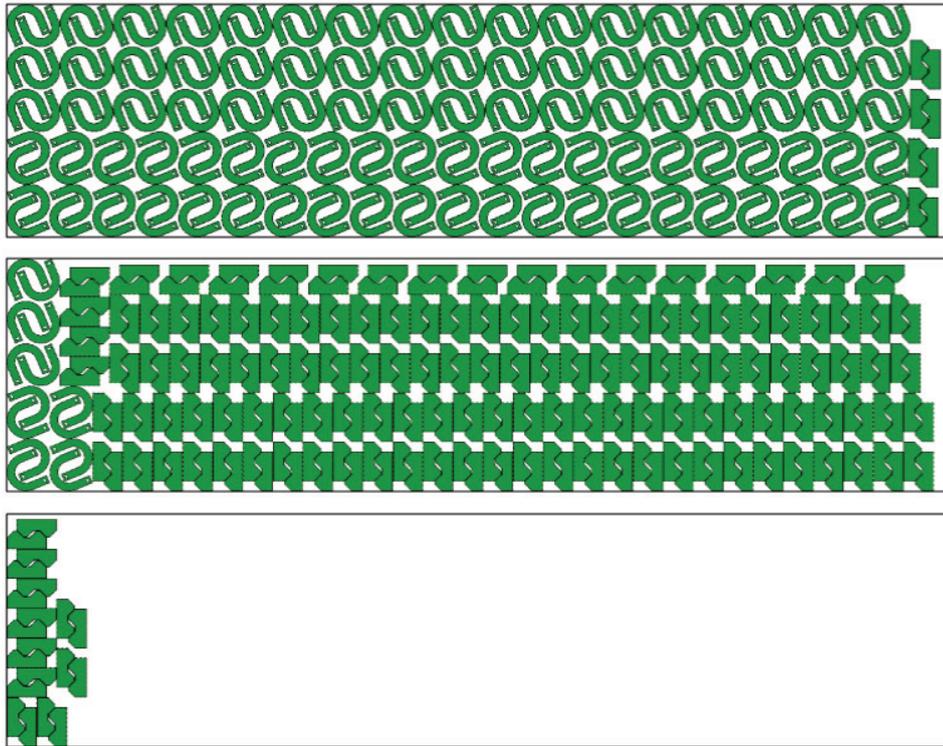


Рис. 4. Пример карты раскроя, построенной программной системой по раскрою материала, без этапа «Алгоритм уплотнения»

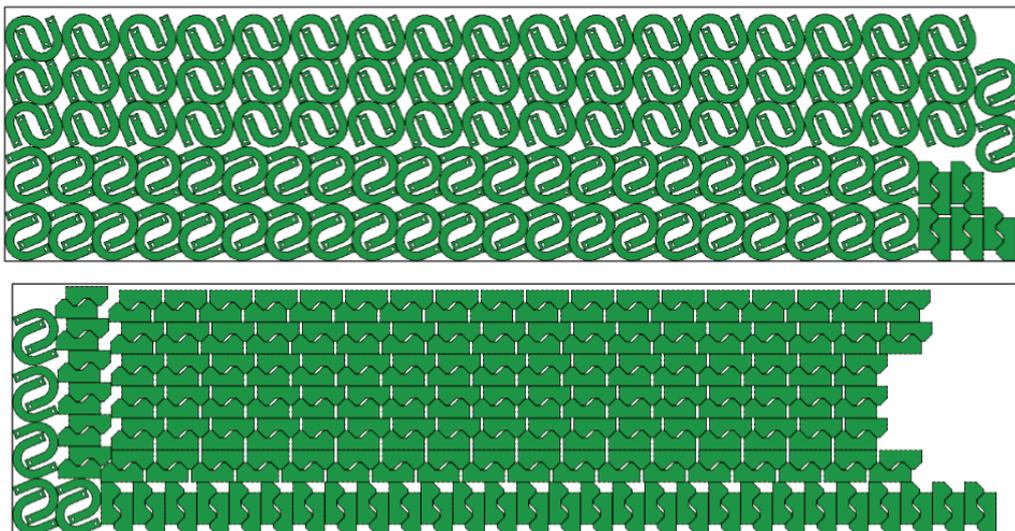


Рис. 5. Пример карты раскроя, построенной программной системой по раскрою материала с применением алгоритма уплотнения

После выполнения данного алгоритма укладка деталей будет иметь следующий вид, как представлено в соответствии с рис. 3.

Таким образом, рассмотренный алгоритм позволяет получить более плотную укладку деталей. После уплотнения деталей на листе может освободиться место, куда могут быть помещены дополнительные детали. По результатам объемных имитационных экспериментов, применение данного алгоритма позволяет экономить в среднем 7-10% материала (рис. 4 и рис. 5).

Авторами проведено тестирование алгоритмов, входящих в состав системы. Тестирование проводилось на типичных для пользователей наборах данных.

В результате тестирования подобраны наилучшие параметры, позволяющие производить попарную

сборку деталей, а также наилучшие режимы работы алгоритмов. Благодаря этому алгоритм попарной сборки обладает определенной универсальностью, которая дает возможность собирать пары различных по форме деталей (дуги, буквы «U» и пр.).

Выявлены наилучшие программы испытаний (режимы работы) алгоритмов уплотнения для листов прямоугольной и произвольной формы, а также подобраны временные ограничения для данных алгоритмов.

Произведено сравнение программной системы с аналогичными программными продуктами российского и зарубежного производства (по доступным версиям с ограниченной по срокам лицензией). При некоторых испытаниях программная система показала улучшение коэффициента раскроя до 12% по сравнению с аналогичным ПО и работает в более широком диапазоне данных.

Список литературы

1. Файзрахманов Р.И. Оптимизация процесса раскроя промышленных материалов по критерию минимума материальных потерь при наличии технологических ограничений: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – Уфа, 2011. 19 с.
2. Lodi A., Martello S., and Monaci M. Two-dimensional packing problems: a survey. // *European Journal of Operational Research*. №141. 2002. С. 241-252.
3. Петунин А.А., Мухачева Э.А., Филиппова А.С.. Метод прямоугольной аппроксимации для решения задач нерегулярного фигурного раскроя-упаковки. // *Информационные технологии*. №1. 2008. С. 28 – 31.
4. Авакумов В.Д.. Оптимальное размещение плоских объектов произвольной геометрической формы // *Информационные технологии*. №5. 2009. С. 31 – 35.
5. Канторич Л. В., Залгаллер В. А. Рациональный раскрой промышленных материалов. Новосибирск: Изд-во Наука, 1971. 299 с.
6. ГОСТ 14.322-83. Нормирование расхода материалов. Основные положения. Введ. 1984-01-01. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. 5с.
7. «Техтран. Раскрой листового материала» [электронный ресурс]. // Материалы сайта <http://www.cadmaster.ru> – URL: http://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_02_tehtran_steelsheet_cutout.html (дата обращения 11.02.2013).
8. «ТЕХТРАН» [электронный ресурс]. // Материалы сайта <http://www.tehtran.com> – URL: <http://www.tehtran.com/> (дата обращения 10.02.2013).
9. «NestFab» [электронный ресурс]. // Материалы сайта <http://www.nestfab.com> – URL: <http://www.nestfab.com/> (дата обращения 10.02.2013).
10. «Программа раскроя Astra S-nesting» [электронный ресурс]. // Материалы сайта <http://nesting.astrapro.ru> – URL: <http://nesting.astrapro.ru/> (дата обращения 12.02.2013).

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ И МЕСТНОЕ САМОУПРАВЛЕНИЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Люкманов Э.Т.,

аспирант кафедры экономической географии и социальной экологии ИЕН МГПУ
eldarluk@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы соотношения местного самоуправления в Российской Федерации и территориальной идентичности как особой формы организации расселения населения. Выявлена возможность повышения эффективности деятельности органов местного самоуправления за счет использования нематериальных факторов развития структур территориального общественного самоуправления, а также территориальной идентичности в организационно-правовых формах некоммерческой организации. Рекомендованы изменения в федеральное законодательство о местном самоуправлении в целях привлечения дополнительного источника его развития в виде структур территориальной идентичности.

Ключевые слова: территориальная идентичность, местное самоуправление, территориальное местное самоуправление, общественные объединения, некоммерческие организации.

TERRITORIAL IDENTITY AND LOCAL GOVERNMENT IN THE RUSSIAN FEDERATION

Lyukmanov E. T.,

PhD student, Department of Economic Geography and social ecology YEN MSPU

Summary. Questions of a ratio of local government in the Russian Federation and territorial identity as special form of the organization of moving of the population are considered. Possibility of increase of efficiency of activity of local governments at the expense of use of non-material factors of development of structures of territorial public self-government, and also territorial identity in organizational and legal forms of non-profit organization is revealed. Changes in the federal legislation on local government for attraction of an additional source of its development in the form of structures of territorial identity are recommended.

Keywords: territorial identity, local government, territorial local government, public associations, non-profit organizations.

Территориальная идентичность как социально-психологический феномен имеет различные аспекты своего проявления и изучения, в том числе географический, в частности связанный с особенностями и закономерностями расселения людей. Данный аспект выражается в том, что территориальную идентичность можно рассматривать как особую форму территориальной организации такого расселения, обязанную своим существованием действию не только материальных, но и нематериальных факторов, прежде всего, чувственного и рационального тяготения людей к местам своего рождения и детства – «малой родине».

Такое тяготение и порождаемый им процесс территориальной самоорганизации расселения людей иногда противопоставляют местному самоуправлению как основе конституционного строя во мно-

гих странах, в том числе в Российской Федерации, якобы препятствующему такой самоорганизации [5]. На наш взгляд, это ошибочная позиция, обусловленная предвзятым отношением к местному самоуправлению как основе конституционного строя государства и механическим наложением процессов, происходящих в природе, на общество, не выдерживающая критики ни с правовой, ни с исторической точек зрения и опровергаемая практикой общественного развития, как в нашей стране, так и за рубежом.

По нашему мнению, территориальная идентичность как форма территориальной организации или самоорганизации людей дополняет и развивает местное самоуправление и та правовая база, которая создана для этого в Российской Федерации, позволяет людям самостоятельно и под свою ответственность

осуществлять широкий круг инициатив по вопросам местного значения.

В соответствии со ст. 27 Федерального закона от 6 октября 2003 г. N 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» гражданам предоставлено право по собственной инициативе создавать структуры территориального общественного самоуправления, под которым понимается самоорганизация граждан по месту их жительства на части территории поселения». Такая самоорганизация возможна в пределах подъезда многоквартирного жилого дома, самого такого дома, группы жилых домов, жилого микрорайона, сельского населенного пункта, иной территории проживания граждан. По сути, гражданам дозволено создавать территориальные системы самоорганизации от локального до общероссийского масштаба, в формировании которой существенное значение могут иметь те же факторы, что и в развитии территориальной идентичности при системообразующей роли «малой родины», то есть того же подъезда многоквартирного жилого дома, группы жилых домов и т.д. Такие системы территориального общественного самоуправления, совпадающие по характеру организации и самоорганизации с расселением граждан на основе территориальной идентичности, дополняют региональные системы местного самоуправления, контролируются ими и могут существенно способствовать эффективности деятельности их органов за счет возникающей синергии от сотрудничества таких органов с постоянными и тем более коренными жителями.

Структуры территориального общественного самоуправления могут создаваться как юридические лица в организационно-правовых формах некоммерческой организации – общественная организация, ассоциация и т.д., с государственной регистрацией ее уставной деятельности. Это позволяет его органам управления самостоятельно вести определенную уставную деятельность, а также рассчитывать в какой-то мере на бюджет соответствующего муниципального образования. То же могут делать и организационные структуры граждан, объединяющиеся вокруг своей «малой родины», формируемые в силу их чувственно-

го или рационального отношения к ней, как территориальное общественное самоуправление.

Сказанное выше касается граждан Российской Федерации, в том числе постоянно проживающих и коренных жителей на установленных законом определенных и достаточно ограниченных территориях – ареалах жизнедеятельности, благополучно устроившихся здесь и не намеренных ее покидать. Между тем существует и другая категория людей, которые проживают за пределами выделенной территории, для которых она является «малой родиной», на которую они хотели бы вернуться при определенных обстоятельствах и в решении местных вопросов развития которой они хотели бы активно участвовать. Речь идет о людях, покинувших свою «малую родину» и постоянно проживающих в других регионах страны или за ее пределами. Чувство «малой родины» и намерение вернуться у них постоянно и поэтому обладающие им люди, возможно не находящиеся между собой в каких-либо отношениях или связях, как множество образуют нечто целое, единое, отвечающее основному признаку системы. Однако эти люди не могут принимать непосредственного участия в создании и деятельности структур территориального общественного самоуправления на своей «малой родине», как это установлено законом №131-ФЗ. Но они все же могут принимать организованное участие в решении проблем развития их «малой родины», даже находясь за ее пределами, в рамках создаваемых ими или присоединения к уже созданным общественным объединениям в форме тех же некоммерческих организаций и на основании Федеральных законов от 19 мая 1995 г. №82-ФЗ «Об общественных объединениях» и от 12 января 1996 г. №7-ФЗ «О некоммерческих организациях». В организационном отношении такие организации или объединения, создаваемые как юридические лица, будут мало чего общего иметь с органами местного самоуправления, но могут контролироваться ими в налоговом, экологическом, земельном и некоторых иных аспектах.

Таким образом, территориальная идентичность – это и самоорганизация граждан в рамках территориального общественного самоуправления и в то же

время организация людей различного гражданства и юридических лиц различной юрисдикции в рамках определенной формы общественного некоммерческого объединения. Если задаться вопросом управления такой идентичностью как формой организации расселения, то будем иметь дело с неоднородным, следовательно, сложным в правовом и организационном отношении механизмом, имеющим не менее двух различных центров регулирования разнородными структурами при отсутствии между ними связей и целостности. Такой механизм вряд ли может иметь устойчивую работоспособность, а потому должен быть коренным образом упрощен, если мы видим самостоятельную практическую ценность в территориальной идентичности относительно подкрепления и развития местного самоуправления.

Прежде всего, элементы и блоки механизма территориальной идентичности следует привести к однородности, то есть они должны регулироваться в рамках одного законодательства непротиворечивыми и системообразующими нормами права. В рамках действующего законодательства о местном самоуправлении в целом этого сделать невозможно, так как придется отказываться от подсистем территориальной идентичности, объединяющих людей, расселенных за пределами их «малой родины», о чем мы говорили выше. Мы как бы отказываем им в их праве организованного, следовательно, более эффективного участия в решении вопросов их «малой родины». Но это можно сделать в рамках законодательства об общественных объединениях, как об этом говорилось выше. В этом случае придется отказываться от преимуществ, которые дает местное самоуправление (компактности в организации и оперативности в управлении, конституционной гарантированности и защищенности и другом), и организационно выстраивать территориально разобщенные структурные образования, управление которыми будет усложнено не только расстояниями между ними, но и административными, а также государственными границами. Между тем управляемость территориальной идентичностью не может ставиться под вопрос, независимо от того, рассматривать такую идентичность как организацию или самоорга-

низацию, так как любая организация по определению требует управления. Следует также учитывать, что законодательство об общественных объединениях и некоммерческих организациях содержит возможность значительно большего круга участников территориальной идентичности, в том числе юридических лиц как российских, так и зарубежных, а также возможность более широких уставных целей деятельности и меньшую зависимость от государства.

Во-вторых, любая территориальная идентичность, формируемая по инициативе граждан на основе и вокруг их «малой родины», в организационном плане может существовать согласно законодательству об общественных объединениях в определенной правовой форме, предполагающей централизованный механизм управления и определенный набор целей своего создания и решаемых для их достижения задач. В добровольном выборе организационно-правовой формы территориальной идентичности заключается самоорганизация ее участков. Максимально упрощая условия управления таким механизмом, возможно целесообразным окажется отказаться от государственной регистрации территориальной идентичности как юридического лица на каком-то уровне.

В-третьих, механизм территориальной идентичности должен обладать максимально возможной степенью саморегулирования, допускающего соучастие государства и органов местного самоуправления лишь там, где это необходимо и полезно для решения уставных задач. Вместе с тем такой механизм должен быть максимально эффективным, что подразумевает его административный характер и определенный набор средств и способов воздействия на участников объединения, без чего саморегулирование может быть даже невозможным. При этом саморегулирование нами понимается как добровольно взятое на себя обязательство каждым участником территориальной идентичности по соблюдению ее уставных положений как общественного объединения.

Территориальная идентичность в определенной организационно-правовой форме всегда будет иметь не только территориальную сферу своей деятельности, предусмотренную законом – местную, региональную,

межрегиональную, всероссийскую и международную, но и особую форму территориальной организации расселения. Так, территориальная идентичность как общественное объединение с уставной деятельностью на территории того или иного муниципального образования - сельское или городское поселение, муниципальный район, городской округ (местное общественное объединение) будет иметь расселение населения, как правило, на части любого из этих образований, образующего «малую родину» для этого населения, плюс расселение людей, покинувших ее, но добровольно вошедших в соответствующее общественное объединение, то есть расселение, далеко выходящее за рамки муниципального образования.

Можно предположить, что для каждой установленной законом организационно-правовой формы общественного объединения будет свойственна территориальная идентичность, как правило, с определенными характерными для нее особенностями. Таких форм на сегодня установлено в количестве шести, а именно: общественная организация; общественное движение; общественный фонд; общественное учреждение; орган общественной самодеятельности; политическая партия. Например, территориальная идентичность в форме общественного движения, участники которого не имеют членства, может включать людей, для которых «конкретная «малая родина», составляющая основу конкретной идентичности, не является таковой. Соответственно, состав людей такого движения будет непредсказуемым, а их расселение - территориально не определенным. Примерно то же можно сказать о территориальной идентичности в форме общественного фонда, участники которого также не имеют членства, но они имеют имущество в таком количестве, какого не имеют участники общественного движения и которым они могут поделиться с фондом на общественно полезные цели. Понятно, что и расселение людей фонда будет территориально отличаться от людей движения.

Сопоставляя территориальную идентичность и местное самоуправление в Российской Федерации, нельзя не обратить внимание на то, что такое самоуправление является основой конституционного строя в

стране, а его органы, хотя и не входят в систему органов государственной власти, вместе с тем обладают такой поддержкой со стороны последних, а также наделены законом такими полномочиями, которые общественным объединениям в Российской Федерации не доступны. Те и другие работают в разных по статусу секторах правового поля и имеют на сегодня несопоставимые возможности территориальной организации расселения населения относительно их «малой родины». Органы местного самоуправления имеют реальные и мощные рычаги, используя которые по собственной инициативе или по указанию государственных органов, можно развивать или, наоборот, сознательно разрушать складывающиеся территориальные идентичности, ядро которых находится в их пределах. Территориальные идентичности как представители особой формы общественных объединений в настоящее время не признаны российским законодательством, не гарантированы им и, соответственно, не защищены в отличие от местного самоуправления.

Между тем роль общественности в регламентировании публичных дел на местах за счет использования притягательной силы этих мест, всегда являющихся для определенных групп населения «малой родиной», могла бы быть значительной. Не обязательно формировать и развивать территориальную идентичность в Российской Федерации только по пути создания общественных объединений. Изначально можно было использовать существующее законодательство о местном самоуправлении и на основе коренного и постоянного населения, проведя референдум относительно «малой родины», развивать территориальное общественное самоуправление, то есть самоорганизацию граждан по месту жительства на части территории поселения для самостоятельного и под свою ответственность осуществления собственных инициатив по вопросам местного значения. Границы территории, на которой осуществляется территориальное общественное самоуправление в форме территориальной идентичности, устанавливаются представительным органом поселения по предложению людей, относящих эту территорию к своей «малой родине» и составляющих не менее 1/3 всего совершеннолетнего населения

(старше 16 лет), проживающего на данной территории. В границах территориального общественного самоуправления в форме территориальной идентичности в соответствии с действующим законодательством могут быть созданы органы такого самоуправления, начиная с подъезда многоквартирного дома или группы жилых домов и заканчивая населенным пунктом и его окрестностями. Территориальные идентичности на основе постоянно проживающих граждан могут создаваться только по их правотворческой инициативе и должны регистрироваться уполномоченными государственными органами, если они создаются в качестве юридического лица как некоммерческие организации, или органами местного самоуправления, если они создаются без образования юридического лица в одной из организационно-правовых форм общественной организации в установленном местными органами порядке.

Таким образом, широкое и более эффективное развитие в Российской Федерации может получить территориальное общественное самоуправление на основе использования притягательной силы «малой родины» и, по сути, также местное самоуправление на основе более активного использования прав и свобод человека и гражданина на создание общественных объединений, предоставленного Конституцией страны. Внеся небольшие изменения в действующее законодательство о местном самоуправлении, путем уравновешивания прав и обязанностей граждан и не граждан Российской Федерации относительно решения вопросов «их общей малой родины», можно расширить состав участников таких общественных самоуправлений за счет мигрантов и эмигрантов, намеренных вернуться на свою «малую родину» и делом подтверждающих такое намерение.

Список литературы

1. Гойхман В. Б-Г. Местное самоуправление в России как источник формирования коллективной идентичности. Диссертация канд. социолог. наук. Волгоград, 2006 г.
2. Крылов М.П. Региональная идентичность в Европейской России. М.: Новый хронограф, 2010.
3. Крылов М.П. Проблемы методологического совершенствования общественной географии: формальные и неформальные модели// Вестник АРГО, 2013, №2, с. 231-235.
4. Туровский Р.Ф. Политическая регионалистика. М.: Изд-во ГУ-ВШЭ, 2006.
5. Г. Хакен. Самоорганизующееся общество/ пер. с немецкого Е.Н. Князевой. Штутгарт: Институт теоретической физики, Центр синергии, 2003.

ИТЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Волянский Р.С.,

к.т.н., доцент, Днепродзержинский государственный технический университет,
voliansky@ua.fm

Садовой А.В.,

д.т.н., профессор, Днепродзержинский государственный технический университет,
sadvoy@dstu.dp.ua

Аннотация: *Материалы XVIII Международной открытой научной конференции (Lorman, MS, USA, January 2013)/
Главный редактор, доктор технических наук, профессор, О.Я.Кравец. – Lorman, MS, USA: Science Book Publishing House, 2013.*

ITERATIVE METHOD FOR STUDYING THE FREQUENCY CHARACTERISTICS OF NONLINEAR DYNAMIC OBJECTS

Volianskii R.S.,

Ph.D., docent, Dniprodzerzhinsk Technical State University,

Sadovoi A.V.,

Doctor of Technical Sciences, professor, Dniprodzerzhinsk Technical State University

Abstract: *Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013)/ Editor in
Chief Dr. Sci., Prof. O.Ya. Kravets. - Lorman, MS, USA: Science Book Publishing House, 2013.*

Введение. Современный уровень развития производственных отношений требует постоянного повышения качества выпускаемой продукции и улучшения оказываемых услуг, что невозможно без совершенствования процесса производства. Этому способствует существующая материальная база информационной, преобразовательной и исполнительной техник, которая создает все предпосылки для разного рода модернизаций и позволяет не только реализовать известные принципы и законы управления, но и внедрять принципиально новые алгоритмы управления исполнительными устройствами, отдельными технологическими процессами и производством в целом с целью улучшения их технико-экономических характеристик.

Таким образом возникает задача, связанная с разработкой и исследованием новых систем управления. Одним из подходов к решению этой задачи является использование нелинейных алгоритмов управления,

которое базируется на реализации скользящих режимов первого [1] и более высоких порядков [2].

Анализу свойств и характеристик систем, работающих в скользящем режиме, посвящено достаточно большое количество публикаций. Эти публикации базируются на рассмотрении движения системы в n -мерном фазовом пространстве, которое для наглядности разбивается априори выбранными фазовыми плоскостями [3]. Очевидно, что выбор текущей фазовой плоскости для многомерного объекта является сугубо субъективным и может привести к потере информации о системе. Еще больший элемент субъективизма вносит метод функций Ляпунова [4], использование которого для нелинейных систем вообще-то является нетривиальной задачей, связанной с рассмотрением неквадратичных функций Ляпунова [2]. Последние являются математической абстракцией и не отражают физику процессов преобразования энергии в рассматриваемой системе, что затрудняет интерпретацию полученных результатов.

Известно, что о свойствах линейных систем управления достаточно полное представление можно получить путем изучения их частотных характеристик [3]. Для нелинейных систем изучение частотных характеристик затруднено невозможностью использовать принцип суперпозиций и отсутствием аналитического описания частотной передаточной функции нелинейной системы, попытка линеаризации которой приводит к потере информации о свойствах системы.

Поэтому исследования, посвященные изучению свойств систем управления динамическими объектами, в которых возникают скользящие режимы являются актуальными.

Постановка задач исследования. Целью настоящего исследования является разработка метода определения частотных характеристик нелинейной динамической системы на основании уравнений ее движения.

Материалы исследования

1. Математические основы

Рассмотрим динамический объект, движение которого описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} p y_1 &= f_1(y_1, y_2, \dots, y_n); \\ p y_2 &= f_2(y_1, y_2, \dots, y_n); \\ &\dots \\ p y_n &= f_n(y_1, y_2, \dots, y_n, U). \end{aligned} \quad (1)$$

Необходимо отметить, что в самом общем случае система (1) может описывать движение не только объекта управления, но и всей замкнутой системы в целом, поэтому в последнем уравнении U следует рассматривать как задающее воздействие.

Будем считать, что функции $f_i(y_1, y_2, \dots, y_n)$, $i = 1, \dots, n$ непрерывны и дифференцируемы по всем аргументам во всей области определения и выходом объекта (1) является переменная y_1 . Тогда предлагаемая методика определяет значения частотной передаточной функции

$$W(j\omega) = \frac{y_1(U(j\omega), j\omega)}{U(j\omega)}. \quad (2)$$

Для нахождения значений передаточной функции (2) выполним в уравнениях (1) замену оператора Лапласа p на оператор Фурье $j\omega$

$$\begin{aligned} j\omega \cdot y_1 &= f_1(y_1, y_2, \dots, y_n); \\ j\omega \cdot y_2 &= f_2(y_1, y_2, \dots, y_n); \\ &\dots \\ j\omega \cdot y_n &= f_n(y_1, y_2, \dots, y_n, U) \end{aligned} \quad (3)$$

и введем новые функции $g_i(y_1, y_2, \dots, y_n)$, подчиняющиеся соотношению

$$\begin{aligned} g_i(y_1, y_2, \dots, y_n, \omega) &= f_i(y_1, y_2, \dots, y_n) - \\ &- j\omega \cdot y_i, \quad i = 1, \dots, n-1. \end{aligned} \quad (4)$$

Тогда с учетом выражения (4) уравнения (3) можно представить в виде

$$\begin{aligned} g_1(y_1, y_2, \dots, y_n, \omega) &= 0; \\ g_2(y_1, y_2, \dots, y_n, \omega) &= 0; \\ &\dots \\ j\omega \cdot y_n &= f_n(y_1, y_2, \dots, y_n, U). \end{aligned} \quad (5)$$

Выделим из системы (5) первые $n-1$ уравнения и представим их в матричной форме

$$\mathbf{g}(\mathbf{y}, \omega) = \mathbf{0}, \quad (6)$$

где

$$\mathbf{y} = \begin{pmatrix} y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix}, \quad \mathbf{g}(\mathbf{y}, \omega) = \begin{pmatrix} g_1(\mathbf{y}, \omega) \\ \dots \\ g_{n-1}(\mathbf{y}, \omega) \end{pmatrix}; \quad \mathbf{0} = \begin{pmatrix} 0 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Решим уравнение (6) и определим координаты движения объекта (1) y_i , $i = 2, \dots, n$ через выходную координату y_1 .

В силу своей существенной нелинейности матричное уравнение (6) может быть решено только численно. Для его решения будем использовать метод

Ньютона, хотя его использование не является обязательным и могут использоваться любые методы решения нелинейных уравнений, оперирующие с комплексными числами.

В соответствии с [5] решение уравнения следует искать в виде следующей итерационной зависимости

$$\mathbf{y}[k+1] = \mathbf{y}[k] + \Delta \mathbf{y}[k], \quad (8)$$

где вектор приращений $\Delta \mathbf{y}[k]$

$$\Delta \mathbf{y}[k] = \begin{pmatrix} \Delta y_2[k] \\ \Delta y_3[k] \\ \dots \\ \Delta y_n[k] \end{pmatrix} \quad (9)$$

определяется в результате решения матричного уравнения вида

$$\mathbf{g}(\mathbf{y}[k], \omega) + \mathbf{J}(\mathbf{y}[k]) \Delta \mathbf{y}[k] = \mathbf{0}, \quad (10)$$

здесь $\mathbf{J}(\mathbf{y}[k])$ – якобиан вектор-функции $\mathbf{g}(\mathbf{y}, \omega)$, который определяется следующим образом

$$\mathbf{J}(\mathbf{y}[k]) = \begin{pmatrix} \frac{\partial g_1(\mathbf{y}, \omega)}{\partial y_2} & \frac{\partial g_1(\mathbf{y}, \omega)}{\partial y_3} & \dots & \frac{\partial g_1(\mathbf{y}, \omega)}{\partial y_n} \\ \frac{\partial g_2(\mathbf{y}, \omega)}{\partial y_2} & \frac{\partial g_2(\mathbf{y}, \omega)}{\partial y_3} & \dots & \frac{\partial g_2(\mathbf{y}, \omega)}{\partial y_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial g_{n-1}(\mathbf{y}, \omega)}{\partial y_2} & \frac{\partial g_{n-1}(\mathbf{y}, \omega)}{\partial y_3} & \dots & \frac{\partial g_{n-1}(\mathbf{y}, \omega)}{\partial y_n} \end{pmatrix} \quad (11)$$

причем

$$\det(\mathbf{J}(\mathbf{y}[k])) \neq 0. \quad (12)$$

Решение матричного уравнения (10) относительно вектора приращений $\Delta \mathbf{y}[k]$ позволяет получить следующее соотношение

$$\Delta \mathbf{y}[k] = -\mathbf{J}^{-1}(\mathbf{y}[k]) \mathbf{g}(\mathbf{y}[k], \omega). \quad (13)$$

Подставив выражение (13) в зависимость (8), получим

$$\mathbf{y}[k+1] = \mathbf{y}[k] - \mathbf{J}^{-1}(\mathbf{y}[k]) \mathbf{g}(\mathbf{y}[k], \omega). \quad (14)$$

Вычисление вектора $\mathbf{y}[k+1]$ заканчивается, когда выполняется условие

$$\|\mathbf{y}[k+1] - \mathbf{y}[k]\| \leq \varepsilon \quad (15)$$

или

$$\|\mathbf{J}^{-1}(\mathbf{y}[k]) \mathbf{g}(\mathbf{y}[k], \omega)\| \leq \varepsilon. \quad (16)$$

Изменение значений координаты возмущенного движения y_1 на отрезке $[-1, 1]$ позволяет представить компоненты вектора \mathbf{y} следующими зависимостями

$$y_i = h_i(y_1, \omega), \quad i = 2, \dots, n. \quad (17)$$

Подставив в последнее уравнение системы (5) вместо координат возмущенного движения их значения (17) и разделив его на y_1 , получим аналог частотного характеристического уравнения для нелинейной системы

$$\frac{j\omega \cdot h_n(y_1, \omega)}{y_1} = \frac{f_n(y_1, h_2(y_1, \omega), \dots, h_n(y_1, \omega), U)}{y_1}, \quad (18)$$

которое после преобразований может быть представлено следующим образом

$$\frac{f_n(y_1, h_2(y_1, \omega), \dots, h_n(y_1, \omega), U)}{j\omega \cdot h_n(y_1, \omega)} = 1 \quad (19)$$

или

$$g(y_1, U, \omega) = 0, \quad (20)$$

где

$$g(y_1, U, \omega) = \frac{f_n(y_1, h_2(y_1, \omega), \dots, h_n(y_1, \omega), U)}{j\omega \cdot h_n(y_1, \omega)} - 1. \quad (21)$$

Решение уравнения (19) будем искать в виде

$$y_1[k] = y_1[k-1] - \frac{g(y_1[k-1], U, \omega)}{\left. \frac{\partial}{\partial y_1} g(y_1, U, \omega) \right|_{y_1[k-1]}}. \quad (22)$$

Результат, аналогичный описываемому выражением (22), может быть получен непосредственно путем решения всей системы (5). Однако предложенный подход, приводящий к получению частотного характеристического уравнения (19), позволяет в дальнейшем использовать методы исследования устойчивости системы, базирующиеся на анализе этого уравнения [6].

Использование итерационной зависимости (22) позволяет определить координату y_1 как функцию частоты и задающего воздействия, т.е.

$$y_1 = q(U, \omega). \quad (23)$$

В свою очередь, подстановка выражения (23) в уравнение (20) позволяет привести его к виду

$$G(U, \omega) = 0 \quad (24)$$

и исследовать частотное характеристическое уравнение нелинейной системы.

Кроме этого, выражение (23) позволяет записать частотную передаточную функцию (2) следующим образом

$$W(j\omega) = \frac{q(U(j\omega), \omega)}{U(j\omega)}, \quad (25)$$

на основании которой могут быть получены необходимые частотные характеристики.

Рассмотрим использование предложенной методики на примерах.

2. Примеры

2.1 Линейная динамическая система первого порядка

Очевидно, что линейные объекты являются частным случаем нелинейных, поэтому для подтверждения корректности предлагаемого метода рассмотрим его использование для анализа линейных систем.

Будем рассматривать динамический объект, движение которого описывается уравнением

$$py_1 = a_{11}y_1 + m_1U \quad (26)$$

и осуществляется под действием управляющего воздействия

$$U = g(y_1^* - y_1), \quad (27)$$

где y_1^* - желаемое значение координаты y_1 .

Подставив управление (27) в уравнение (26), получим

$$py_1 = a_{11}y_1 + m_1g(y_1^* - y_1) \quad (28)$$

или

$$py_1 = (a_{11} - m_1g)y_1 + m_1gy_1^*. \quad (29)$$

Заменив в уравнении (29) оператор Лапласа на оператор Фурье, получим следующую зависимость

$$\frac{\partial}{\partial y_1} g(y_1, \omega) = a_{11} - m_1g - j\omega. \quad (30)$$

Тогда

$$g(y_1, \omega) = (a_{11} - m_1g - j\omega)y_1 + m_1gy_1^* \quad (29)$$

и

$$\frac{\partial}{\partial y_1} g(y_1, \omega) = a_{11} - m_1g - j\omega. \quad (30)$$

Подставив выражения (29) и (30) в зависимость (22), получим

$$y_1[k] = y_1[k-1] - \frac{(a_{11} - m_1g - j\omega)y_1[k-1] + m_1gy_1^*}{a_{11} - m_1g - j\omega} \quad (31)$$

или после почленного деления знаменателя на числитель

$$y_1[k] = y_1[k-1] - y_1[k-1] - \frac{m_1g}{a_{11} - m_1g - j\omega} y_1^*. \quad (32)$$

После деления левой и правой части выражения (32) на y_1^* , оно может быть представлено следующим образом

$$\frac{y_1[k]}{y_1^*} = -\frac{m_1 g}{a_{11} - m_1 g - j\omega} \quad (33)$$

или

$$\frac{y_1[k]}{y_1^*} = \frac{\frac{m_1 g}{m_1 g - a_{11}}}{\frac{1}{m_1 g - a_{11}} j\omega + 1}. \quad (34)$$

Анализ зависимости (34) показывает, что она представляет собой частотную передаточную функцию апериодического звена, охваченного отрицательной обратной связью. Эта же зависимость может быть получена путем отображения передаточной функции замкнутой системы, которая описывается уравнениями (26) и (27), в частотной области.

Таким образом, корректность предложенного подхода доказана. Перейдем к исследованию замкнутых систем.

2.2 Динамическая система первого порядка с одной нелинейностью

Пусть исследуемая система описывается уравнениями

$$\begin{aligned} p y_1 &= a_{11} y_1 + m_1 U; \\ U &= \sqrt{|y_1^* - y_1|} \operatorname{sign}(y_1^* - y_1), \end{aligned} \quad (35)$$

т.е. представляет собой апериодическое звено, охваченное иррациональной обратной связью [7].

Систему (35) можно представить в виде нелинейного дифференциального уравнения

$$p y_1 = a_{11} y_1 + m_1 \sqrt{|y_1^* - y_1|} \operatorname{sign}(y_1^* - y_1). \quad (36)$$

Необходимо отметить, что использование матричного исчисления для уравнения (36) нецелесообразно, поэтому все выкладки будем выполнять в развернутой форме.

Выполнив в уравнении (35) замену оператора Лапласа на оператор Фурье получим

$$j\omega \cdot y_1 = a_{11} y_1 + m_1 \sqrt{|y_1^* - y_1|} \operatorname{sign}(y_1^* - y_1) \quad (37)$$

или

$$(a_{11} - j\omega) y_1 + m_1 \sqrt{|y_1^* - y_1|} \operatorname{sign}(y_1^* - y_1) = 0. \quad (38)$$

Введем следующее обозначение

$$\begin{aligned} g(y_1, \omega) &= (a_{11} - j\omega) y_1 + \\ &+ m_1 \sqrt{|y_1^* - y_1|} \operatorname{sign}(y_1^* - y_1) \end{aligned} \quad (39)$$

и определим производную

$$\begin{aligned} \frac{\partial g(y_1, \omega)}{\partial y_1} &= a_{11} - j\omega - \frac{m_1}{2\sqrt{|y_1^* - y_1|}} - \\ &- m_1 \sqrt{|y_1^* - y_1|} \delta(y_1^* - y_1), \end{aligned} \quad (40)$$

где $\delta(y_1^* - y_1)$ - единичная импульсная функция.

Тогда в соответствии с выражением (22) координата y_1 может быть найдена с помощью итерационной процедуры

$$\begin{aligned} y_1[k] &= y_1[k-1] - \\ &- \frac{(a_{11} - j\omega) y_1[k-1] + m_1 \sqrt{|y_1^* - y_1[k-1]|} \operatorname{sign}(y_1^* - y_1[k-1])}{a_{11} - j\omega - \frac{m_1}{2\sqrt{|y_1^* - y_1[k-1]|}} - m_1 \sqrt{|y_1^* - y_1[k-1]|} \delta(y_1^* - y_1[k-1])}. \end{aligned} \quad (41)$$

Вычисления в соответствии с выражением (41) заканчиваются при соблюдении условия (15), которое для рассматриваемого объекта трансформируется следующим образом

$$|y_1[k] - y_1[k-1]| \leq \varepsilon. \quad (42)$$

Найденная таким образом выходная координата y_1 позволяет построить частотную передаточную функцию замкнутой нелинейной системы (35) в соответствии с выражением (25).

2.3 Динамическая система второго порядка с двумя нелинейностями

Рассмотрим замкнутую систему, которая описывается следующими уравнениями

$$\begin{aligned} py_1 &= a_{12}y_2^2; & py_2 &= a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + m_2U; \\ U &= \sqrt{|y_1^* - y_1 - y_2|} \operatorname{sign}(y_1^* - y_1 - y_2) \end{aligned} \quad (43)$$

или

$$\begin{aligned} py_1 &= a_{12}y_2^2; \\ py_2 &= a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + m_2\sqrt{|y_1^* - y_1 - y_2|} \operatorname{sign}(y_1^* - y_1 - y_2). \end{aligned} \quad (44)$$

Выразим из первого уравнения системы (44) координату y_2

$$y_2 = \sqrt{\frac{py_1}{a_{12}}} \quad (45)$$

и подставим ее во второе уравнение

$$p\sqrt{\frac{py_1}{a_{12}}} = a_{21}y_1 + a_{22}\sqrt{\frac{py_1}{a_{12}}} + m_2\sqrt{|y_1^* - y_1 - \sqrt{\frac{py_1}{a_{12}}}|} \operatorname{sign}\left(y_1^* - y_1 - \sqrt{\frac{py_1}{a_{12}}}\right). \quad (46)$$

Выполнив в уравнении (46) замену $p \rightarrow j\omega$, получим частотное характеристическое уравнение нелинейной системы (44)

$$-\frac{1}{a_{12}^{0.5}} \frac{(j\omega)^{1.5}}{y_1^{0.5}} + a_{21} + \frac{a_{22}}{a_{12}^{0.5}} \left(\frac{j\omega}{y_1}\right)^{0.5} + \frac{m_2\sqrt{|y_1^* - y_1 - \frac{1}{a_{12}^{0.5}}(j\omega y_1)^{0.5}|} \operatorname{sign}\left(y_1^* - y_1 - \frac{1}{a_{12}^{0.5}}(j\omega y_1)^{0.5}\right)}{y_1} = 0. \quad (47)$$

или

$$-\frac{1}{a_{12}^{0.5}}(j\omega)^{0.5}(j\omega - a_{22})y_1^{0.5} + a_{21}y_1 + m_2\sqrt{|y_1^* - y_1 - \frac{1}{a_{12}^{0.5}}(j\omega y_1)^{0.5}|} \operatorname{sign}\left(y_1^* - y_1 - \frac{1}{a_{12}^{0.5}}(j\omega y_1)^{0.5}\right) = 0. \quad (48)$$

Для левой части уравнения (48) введем обозначение

$$g(y_1, \omega) = -\frac{1}{a_{12}^{0.5}} (j\omega)^{0.5} (j\omega - a_{22}) y_1^{0.5} + a_{21} y_1 + m_2 \sqrt{\left| y_1^* - y_1 - \frac{1}{a_{12}^{0.5}} (j\omega y_1)^{0.5} \right|} \operatorname{sign} \left(y_1^* - y_1 - \frac{1}{a_{12}^{0.5}} (j\omega y_1)^{0.5} \right). \quad (49)$$

Дифференцируя функцию (49) по y_1 , получим

$$\frac{\partial}{\partial y_1} g(y_1, \omega) = -\frac{1}{a_{12}^{0.5}} \frac{(j\omega)^{0.5} (j\omega - a_{22})}{2y_1^{0.5}} + a_{21} + \frac{1}{2\sqrt{\left| y_1^* - y_1 - \frac{1}{a_{12}^{0.5}} (j\omega y_1)^{0.5} \right|}} + \sqrt{\left| y_1^* - y_1 - \frac{1}{a_{12}^{0.5}} (j\omega y_1)^{0.5} \right|} \delta \left(y_1^* - y_1 - \frac{1}{a_{12}^{0.5}} (j\omega y_1)^{0.5} \right). \quad (50)$$

Для рассматриваемого объекта значение выходной координаты y_1 может быть получено из зависимости (22) после подстановки в него выражений (49) и (50). При известных значениях y_1 и y_1^* определение частотной передаточной функции осуществляется в соответствии с формулой (2).

Выводы. Анализ приведенных выкладок показывает, что любые частотные характеристики нелинейной системы могут быть определены на ос-

новании уравнений ее движения без составления аналитического выражения частотной передаточной функции. Предложенный метод позволяет определить частотное характеристическое уравнение нелинейной системы, а затем изучать ее частотные характеристики, распространяя таким образом известные частотные методы исследования линейных систем на область нелинейных систем с дифференцируемыми нелинейностями.

Список литературы

1. Уткин В.И. Скользящие режимы и их применение в системах с переменной структурой// М.: Наука, 1974, 272с.
2. С.В.Емельянов, С.К.Коровин, Л.В.Левантовский Новый класс алгоритмов скольжения второго порядка/ Математическое моделирование/ М.: Наука, 2007, том 19, №1, стр.89-100.
3. Методы классической и современной теории автоматического управления. Учебник в пяти томах. Том 1 Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления/ под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова// М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004, 656с.
4. Е.А. Барбашин Функции Ляпунова// М.: Наука, 1979, 240с.
5. Дж. Дэннис, мл., Р. Шнабель Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений: Пер. с англ. // М.: Мир, 1988, 440с.
6. Блэкьер О. Анализ нелинейных систем// М.: Мир, 1969, 400с.
7. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности// М.: Наука. Физматлит, 1997, 352 с.

ЗАДАЧИ И МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИТ-ПРОИСШЕСТВИЯМИ¹

Зимин В.В.,

к.т.н., доцент, профессор кафедры автоматизации и информационных систем,
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк
zimin.1945@mail.ru

Кулаков С.М.,

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автоматизации и информационных систем,
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк
kulakov-ais@mail.ru

Зимин А.В.,

аспирант кафедры автоматизации и информационных систем,
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк,
zimin.1955@mail.ru

Левченко С.П.,

аспирант кафедры автоматизации и информационных систем,
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк
splevchenko@bk.ru

Аннотация: *Материалы XVIII Международной открытой научной конференции (Lorman, MS, USA, January 2013)/
Главный редактор, доктор технических наук, профессор, О.Я.Кравец. – Lorman, MS, USA: Science Book Publishing House, 2013.*

TASKS AND MECHANISMS OF MANAGEMENT OF IT INCIDENTS

V. V. Zimin, S. M. Kulakov, A. V. Zimin, S. P. Levchenko
Siberian State Industrial University

Abstract: *Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013)/ Editor in
Chief Dr. Sci., Prof. O.Ya. Kravets. - Lorman, MS, USA: Science Book Publishing House, 2013.*

Введение. Важными задачами стадии жизненного цикла ИТ-сервиса «эксплуатация» является задачи обнаружения, распознавания и устранения ИТ-происшествий (ИТ-происшествие – отклонение от нормативного режима функционирования ИТ-актива). При значительном количестве поставляемых ИТ-провайдером сервисов, в силу многообразия сервисных активов, разнообразия внешних и внутренних возмущающих воздействий, влияющих на функционирование активов, число ИТ-происшествий у разных провайдеров может измеряться сотнями и тысячами в сутки, рисунок 1. Эффективное распознава-

ние и обработка ИТ-происшествий, обеспечивающие минимальное снижение удовлетворенности потребителей ИТ-сервисов, представляет сложную задачу. В статье предлагается декомпозиция этой задачи, формулируются постановки частных задач, описывается процедура распознавания ИТ-проблем.

1. Классификации ИТ-происшествий, ориентированная на разработку процедур обработки происшествий для каждого класса. В качестве оснований такой классификации предлагаются две характеристики ИТ-происшествия:

- *вид ИТ-происшествия*; определяет степень влияния происшествия на ключевую для клиента характеристику сервисов – доступность, позволяет сформулировать цель процедуры обработки ИТ-

¹ Публикация подготовлена в рамках научного исследования, выполненного при поддержке государства в лице Минобрнауки России.

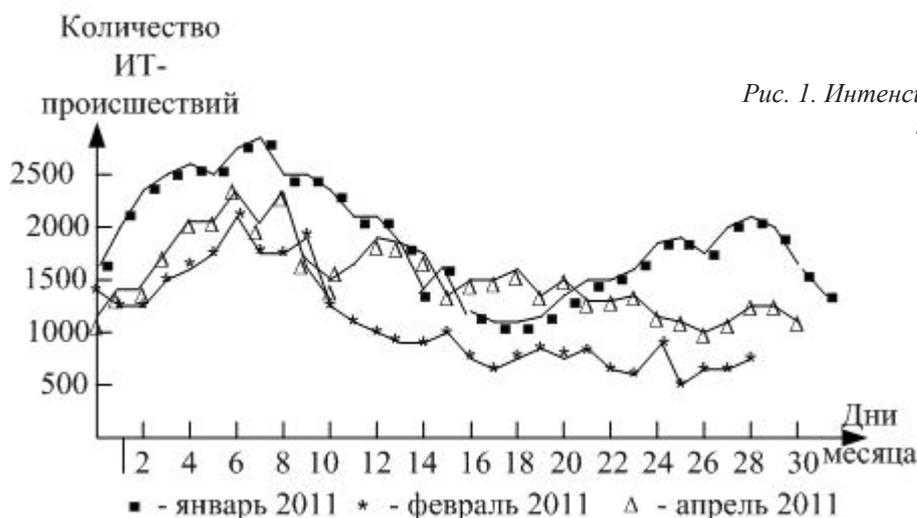


Рис. 1. Интенсивность потока ИТ-происшествий на металлургическом предприятии

происшествия, исходя из интересов потребителей сервиса;

- *тип происшествия*; определяется типом того ИТ-актива, который вызвал происшествие и который определяет специализацию ИТ-деятельности по устранению происшествия (в ИТЛ-3 [1,2] различают девять типов ИТ-активов).

На практике обычно различают три вида происшествий: *событие, инцидент, проблема* [3].

Событие – обнаруженное происшествие связанное с одним или несколькими ИТ-активами, которое обусловлено их некорректным функционированием, не приводящим однако к недоступности сервиса или сервисов (событие является «предвестником» недоступности).

Инцидент – обнаруженное происшествие с ИТ-активом(ами), которое приводит к потере доступности ИТ-сервиса для клиента, но не связано с ошибками или неэффективными проектными решениями, соответствующими принятой нормативной модели сервиса.

Проблема – обнаруженное происшествие с ИТ-активом(ами), которое приводит к потере доступности ИТ-сервиса для клиента и связано с наличием ошибки или неэффективностью проектного решения, реализующего нормативную модель сервиса, то есть – с некачественным проектированием.

Проблема проявляется в многократно воспроизводимых инцидентах («проблемных» инцидентах).

Под *категорией ИТ-происшествия* будем понимать совокупность вида и типа происшествия. При девяти типах и трех видах получаем 27 категорий и соответствующих им классов ИТ-происшествий. Для каждого класса необходим специализированный механизм обработки ИТ-происшествий. Чтобы воспользоваться этими механизмами, необходимо предварительно решить задачу распознавания категории выявленного ИТ-происшествия, которая не всегда является тривиальной.

2. Задачи синтеза механизмов обработки событий, инцидентов, проблем.

Постановка задачи синтеза механизма обработки событий. Пусть $E = \{e\}$ – множество событий с ИТ-активами на некотором плановом интервале времени T , а $\{E_k \mid k \in \overline{1, K}\}$ – разбиение множества E на классы, где E_k – подмножество событий, связанных с активами типа k , т.е. $E = \bigcup_{k=1}^K E_k$ и $E_k \cap E_p = \emptyset, k \neq p$.

Обозначим через $\Delta t_k(e)$, интервал времени, в течение которого актив типа k , с которым произошло событие e , сохраняет работоспособность. Пусть $\mu(E_k)$ – искомый механизм обработки событий $e \in E_k$, $c(\mu(E_k))$ – нормативные затраты на обработку одного события $e \in E_k$, а $\tau_k(\mu(E_k))$ – нормативная длительность обработки события e с помощью механизма $\mu(E_k)$. Введем функцию:

$$\varphi_k(\mu(E_k)) = \begin{cases} 1, & \text{если } \tau_k(\mu(E_k)) \leq \Delta t_k(e) \\ 0, & \text{если } \tau_k(\mu(E_k)) \geq \Delta t_k(e) \end{cases}$$

где $k = \overline{1, K}$. (1)

Тогда задача синтеза механизма $\mu(E) = \{\mu(E_k) | k = \overline{1, K}\}$ обработки событий формулируется следующим образом:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{e \in E} \varphi(\mu(E_k)) \rightarrow \max_{\mu(E)}$$

$$\sum_{k=1}^K |E_k| c(\mu(E_k)) \leq C^*(E). \quad (2)$$

Т.е. требуется синтезировать совокупность механизмов обработки событий для каждого типа активов, которая максимизирует количество событий, не приводящих к инцидентам и суммарные затраты на функционирование которой не превышают заданной величины $C^*(E)$.

Постановка задачи синтеза механизма обработки инцидентов. Пусть $I = \{i\}$ - множество инцидентов, произошедших на некотором плановом интервале времени T , а $\{I_k | k \in \overline{1, K}\}$ - разбиение множества I на классы, где I_k - подмножество инцидентов типа k , т.е. $I = \bigcup_{k=1}^K I_k$ и $I_k \cap I_p = \emptyset, k \neq p$. Пусть также $\mu(I_k)$ - искомый механизм обработки инцидентов $i \in I_k$, $c(\mu(I_k))$ - нормативные затраты на устранение одного инцидента $i \in I_k$, а $\tau(i|\mu(I_k))$ - нормативная длительность устранения инцидента $i \in I_k$ механизмом $\mu(I_k)$. Обозначим через $S_i = \{s_i\}$ совокупность сервисов, потерявших доступность из-за инцидента i и пусть $d(s_i)$ - добавленная стоимость, создаваемая сервисом s_i в единицу времени. Тогда задача синтеза механизма $\mu(I) = \{\mu(I_k) | k = \overline{1, K}\}$ обработки инцидентов формулируется следующим образом:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i \in I_k} \sum_{s \in S_i} d(s_i) \tau(i|\mu(I_k)) \rightarrow \min_{\mu(I)}$$

$$\sum_{k=1}^K |I_k| c(\mu(I_k)) \leq C^*(I), \quad (3)$$

где $|I_k|$ - мощность множества I_k .

Т.е. требуется синтезировать совокупность механизмов обработки инцидентов для каждого типа активов, которая минимизирует потери потребителей из-за недоступности сервисов вследствие происшедших инцидентов и затраты на которую не превышают заданной величины $C^*(I)$. При «незрелых» процессах ИТ-провайдера, величины $d(s_i)$ могут быть оценены по значению приоритета инцидента [1]. или задачу (3) можно упростить:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i \in I_k} \tau(i|\mu(I_k)) \rightarrow \min_{\mu(I)}$$

$$\sum_{k=1}^K |I_k| c(\mu(I_k)) \leq C^*(I). \quad (3a)$$

В (3a) минимизируется общее время недоступности сервисов из-за происшедших инцидентов.

Постановка задачи синтеза механизма обработки проблем. Пусть $J = \{j\}$ - множество проблем, выявленных на плановом интервале времени T , а $\{J_k | k \in \overline{1, K}\}$ - разбиение множества J на классы, где J_k - подмножество проблем типа k , то есть $J = \bigcup_{k=1}^K J_k$ и $J_k \cap J_p = \emptyset, k \neq p$. Обозначим через $\mu(J_k)$ - искомый механизм устранения проблемы $j \in J_k$, через $\tau(j|\mu(J_k))$ нормативная длительность устранения проблемы j механизмом $\mu(J_k)$, а $c(\mu(J_k))$ - нормативные затраты на обработку механизмом $\mu(J_k)$ одной проблемы. Пусть также $I_j = \{i_j\}$ - множество инцидентов, вызванных проблемой j , $\mu(I_k|J_k)$ - механизм устранения инцидента $i_j \in I_k$ при условии, что имеет место проблема $j \in J_k$, $c(\mu(I_k|J_k))$ - нормативные затраты на механизм $\mu(I_k|J_k)$, а $\tau(i_j|\mu(I_k|J_k))$ - нормативная длительность устранения инцидента $i_j \in I_k$ механизмом $\mu(I_k|J_k)$. Пусть еще $S_{ij} = \{s_{ij}\}$ - множество сервисов s_{ij} , ставших недоступными из-за инцидента i_j , вызванного проблемой j , а $s_{ij}(\mu(I_k|J_k))$ - восстановленную механизмом $\mu(I_k|J_k)$ версию сервиса s_{ij} . Потери $\delta C(s_{ij})$ потребителя сервиса s_{ij} за период устранения проблемы i_j будут

$$\delta C(s_{ij} | \mu(I_k|J_k)) = d(s_{ij}) \tau(i_j|\mu(I_k|J_k)) +$$

$$+ \{d(s_{ij}) - d(s_{ij}(\mu(I_k|J_k)))\} * \quad (4)$$

$$* \{\tau(j|\mu(J_k)) - \tau(i_j|\mu(I_k|J_k))\}.$$

где $d(s_{ij})$ и $d(s_{ij}(\mu(I_k|J_k)))$, соответственно, добавленные стоимости, создаваемые в единицу времени сервисами s_{ij} , и $s_{ij}(\mu(I_k|J_k))$. Тогда задача синтеза механизма обработки проблем формулируется следующим образом:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j \in J_k} \sum_{s_{ij} \in S_{ij}} \delta C(s_{ij} | \mu(I_k | J_k)) \rightarrow \min_{\mu(J), \mu(I|J)} \min_{\mu(I|J)} \sum_{k=1}^K \{J_k | c(\mu(J_k)) + I_k | c(\mu(I_k | J_k))\} \leq C^*(J). \quad (5)$$

То есть необходимо разработать такие совокупности механизмов $\mu(J) = \{\mu(J_k) | k = \overline{1, K}\}$ и $\mu(I|J) = \{\mu(I_k | J_k) | k = \overline{1, K}\}$, которые минимизируют потери потребителей сервисов, вызванных проблемами $j \in J$ и удовлетворяют ограничению на величину затрат на создание и функционирование этих механизмов. Необходимость создания механизма $\mu(I|J) = \{\mu(I_k | J_k) | k = \overline{1, K}\}$ обусловлена тем, что устранение ошибок и неэффективных решений проектирования может потребовать значительного времени, в течение которого бизнес-процессы клиентов не должны простаивать. Отметим, что механизмы $\mu(I_k|J_k)$ представляют собой процедуры определения и реализации так называемых «обходных» путей разрешения инцидентов, вызванных проблемами. Наиболее часто применяемым на практике «обходным» путем снижения потерь от ошибок проектирования является процедура применения предыдущей (доказавшей работоспособность) версии сервиса и/или сервисного компонента.

При «незрелых» ИТ-процессах (не формирующих сведений о $d(s_{ij})$ и $d(s_{ij}(\mu(I_k|J_k)))$ для оценки добавленных стоимостей можно воспользоваться значением приоритета проблемы или ограничиться минимизацией общего времени недоступности сервисов для потребителей.

Типовые нормативные механизмы обработки событий, инцидентов и проблем, являющиеся решениями задач (2), (3а), (5), приведены в ИТ-3 [3].

3. Разработка процедуры распознавания ИТ-происшествий. Пусть $CI^q = \{ci_n^q | n = \overline{1, N^q}\}$

– некоторая ИТ-конфигурация [3], в отношении которой зарегистрировано ИТ-происшествие, ci_n^q – компоненты конфигурации, отраженные в базе данных конфигураций (CMDB). Если CI^q – ИТ-сервис, то ci_n^q – сервисные компоненты. Пусть $b(c_n^q) = \{b_m(c_n^q) | m = \overline{1, M_n^q}\}$ – базовый уровень конфигурационного элемента ci_n^q , описываемый совокупностью нормативных значений характеристик ci_n^q , соответствующих штатному режиму его функционирования. Определим базовый уровень $B(CI^q)$ конфигурации CI^q как совокупность базовых уровней ее компонентов: $B(CI^q) = \{b(ci_n^q) | n = \overline{1, N^q}\}$. Под ИТ-происшествием $b^\Delta(ci_n^q)$ с конфигурационным элементом ci_n^q будем понимать зафиксированное отклонение фактических значений характеристик конфигурационного элемента от его нормативных значений, то есть зафиксированное отклонение от значений его базового уровня: $b^\Delta(ci_n^q) = \{b_l^\Delta(c_n^q) | l \in L \subset \overline{1, M_n^q}\}$, где L – количество характеристик конфигурационного элемента, не соответствующих базовому уровню. Определим происшествие $B^\Delta(CI^q) = \{b^\Delta(ci_n^q) | n = \overline{1, N^q}\}$ с конфигурацией CI^q , как совокупность происшествий с составляющими ее компонентами.

Постановка задачи синтеза механизма распознавания категории ИТ-происшествия. Заметим, что распознавание событий является тривиальной задачей, так как сообщения о всех обнаруженных событиях содержат необходимую для определения их категории информацию (например, сообщение датчика о задымленности или о повышенной температуре в центре обработки данных; информация о не выходе на работу системного администратора; сообщение программного агента о том, что данные с магнитного диска считываются с 5-6 попытки). Поэтому далее ограничимся задачей распознавания «проблемных» и «непроблемных», простых инцидентов. Первые обусловлены имеющейся проблемой – ошибкой или неэффективным решением при проектировании и могут быть устранены посредством инициирования и реализации ИТ-изменения. Результат распознавания может быть как верным (простой инцидент распознается как простой, а «проблемный» как «проблемный»), а может

быть неверным (простой инцидент распознается как «проблемный», а «проблемный» – как простой). При неверном распознавании реализуется безрезультатный проектный цикл изменения ИТ-актива механизмом $\mu(J_k)$ обработки проблем, либо разрешение реальной проблемы откладывается, что приводит к увеличению числа повторных «проблемных» инцидентов.

Обозначим через $\rho(B^\Delta(CI^q))$ процедуру распознавания происшествий $B^\Delta(CI^q)$. В соответствии с ранее введенными обозначениями $I = \bigcup_{k=1}^K I_k$ и $J = \bigcup_{k=1}^K J_k$ представляют, соответственно, множества инцидентов и проблем, приходящихся на плановый интервал времени T .

$$\text{Пусть } I_k = I_k^{er}(\rho(B^\Delta(CI^q))) \cup I_k^{cor}(\rho(B^\Delta(CI^q))), \\ J_k = J_k^{er}(\rho(B^\Delta(CI^q))) \cup J_k^{cor}(\rho(B^\Delta(CI^q)))$$

где $I_k^{er}(\rho(B^\Delta(CI^q)))$, $J_k^{er}(\rho(B^\Delta(CI^q)))$ – множества некорректно распознанных механизмом $\rho(B^\Delta(CI^q))$ происшествий. Пусть также $I_k(J_k^{er})$ – количество повторных инцидентов, вызванных некорректным распознаванием проблем, а $c(\rho(B^\Delta(CI^q)))$ – средние затраты на одно распознавание. Тогда задачу синтеза процедуры распознавания $\rho(B^\Delta(CI^q))$ происшествий можно сформулировать следующим образом:

$$\sum_{k=1}^K |I_k(J_k^{er}(\rho(B^\Delta(CI^q))))| c(\mu(I_k)) + \\ + \sum_{k=1}^K |I_k^{er}(\rho(B^\Delta(CI^q)))| c(\mu(J_k)) \rightarrow \min_{\rho(B^\Delta(CI^q))} (6) \\ \sum_{k=1}^K \{|I_k| + |J_k|\} c(\rho(B^\Delta(CI^q))) \leq C^*(\rho).$$

То есть требуется создать такую процедуру распознавания ИТ-происшествий, которая минимизирует совокупные затраты на устранение повторных инцидентов и обработку ошибочно признанных проблем при затратах на его функционирование, не превосходящих $C^*(\rho)$. При незрелых процессах ИТ-провайдера задачу (6) можно упростить и минимизировать, например, общее количество повторных инцидентов.

Построение механизма распознавания $\rho(B^\Delta(CI^q))$ на основе анализа количества повторных инциден-

тов. Для решаемой задачи ограничимся представлением об ИТ-сервисе как о совокупности взаимодействующих конфигурационных элементов (сервисных компонентов): $S_v = (s_{v1}, s_{v2}, \dots, s_{v\omega}, \dots, s_{v\Omega(v)})$. Пусть $B^\Delta(CI^q) = \{b^\Delta(ci_n^q) | n = 1, N^q\}$ произвольное происшествие с конфигурацией CI^q . На основании информации о происшествии определим множество тех элементов конфигурации CI^q , в функционировании которых зафиксировано отклонение от нормы: $\{ci_\psi^q\} = \{ci_\psi^q | b_m^\Delta(ci_\psi^q) \neq 0, \psi \in \Psi(B^\Delta(CI^q)) \subset 1, N^q\}$. Здесь $\Psi(B^\Delta(CI^q))$ – множество номеров элементов конфигурации CI^q с отклонением от нормы. Это множество не пусто, так как $B^\Delta(CI^q)$ – ИТ-происшествие. Для каждого элемента ci_ψ^q определим подмножество $S(ci_\psi^q) = \{s_v(ci_\psi^q) | s_v \in S^c, ci_\psi^q \subset s_{v\omega}, \omega \in \Omega(v)\}$ ИТ-сервисов, входящих в каталог S^c и содержащих в сервисных активах конфигурационные элементы, зарегистрированные в ИТ-происшествии $B^\Delta(CI^q)$ как функционирующие с отклонениями от штатного режима. Основу предлагаемого механизма распознавания $\rho(B^\Delta(CI^q)) = \{\rho(ci_\psi^q) | \psi \in \Psi(B^\Delta(CI^q))\}$ вида происшествия $B^\Delta(CI^q)$ составляет анализ данных, содержащихся в конфигурационной базе, об инцидентах и проблемах с сервисами, входящими в подмножества $S(ci_\psi^q)$, $\psi \in \Psi(B^\Delta(CI^q))$.

Пусть

$$S_\psi(ci_\psi^q) = \{s_1(ci_\psi^q), s_2(ci_\psi^q), \dots, s_n(ci_\psi^q), \dots, s_{n(\psi)}(ci_\psi^q)\}, \\ \psi \in \Psi(B^\Delta(CI^q)).$$

Определим для каждого сервиса $s_n(ci_\psi^q)$, $n \in 1, n(\psi)$, $\psi \in \Psi(B^\Delta(CI^q))$, функционал $\Phi(s_n(ci_\psi^q))$, значение которого равно количеству инцидентов, зарегистрированных в CMDB и причиной которых стало функционирование конфигурационного элемента ci_ψ^q . Тогда общее количество $\Phi(ci_\psi^q)$ инцидентов, вызванных функционированием элемента ci_ψ^q определяется функционалом $\Phi(ci_\psi^q) = \sum_{n=1}^{n(\psi)} \Phi(s_n(ci_\psi^q))$, $\psi \in \Psi(B^\Delta(CI^q))$. Если

$c(\mu(I(ci_\psi^q)))$ – затраты на устранение одного инцидента с элементом ci_ψ^q , то общие затраты $C(ci_\psi^q)$ на устранение всех инцидентов с ci_ψ^q будут

$$C(ci_{\psi}^q) = \sum_{n=1}^{n(\psi)} \varphi(s(ci_{\psi}^q))c(\mu(I(ci_{\psi}^q))). \quad (7)$$

Используем функционалы $C(ci_{\psi}^q)$, $\psi \in \Psi(B^{\Delta}(CI^q))$, в качестве критериев для принятия решения о виде происшествия с конфигурационными элементами ci_{ψ}^q :

$$\rho(ci_{\psi}^q) = \begin{cases} \text{проблема,} & \text{если } C(ci_{\psi}^q) \geq C^*(ci_{\psi}^q) \\ \text{инцидент,} & \text{если } C(ci_{\psi}^q) < C^*(ci_{\psi}^q). \end{cases} \quad (8)$$

Здесь $C^*(ci_{\psi}^q)$ – пороговый уровень затрат на устранение инцидентов с конфигурационным элементом ci_{ψ}^q , оправдывающий проектные затраты на реализацию необходимого изменения ci_{ψ}^q . При незрелых ИТ-процессах в качестве критерия для принятия решения можно использовать функционал $\Phi(ci_{\psi}^q)$.

4. Функциональная структура системы управления ИТ-происшествиями. На рисунке 2 приведена укрупненная структура системы оперативного управления потоком ИТ-происшествий, в основу которой положены решения выше рассмотренных задач.

Здесь SLAs – соглашения о качестве обслуживания, OLAs – соглашения о качестве операционного взаимодействия, UCs – подписанные контракты, St – система стимулирования за достижение показателей SLAs и OLAs [3]. В систему входят подсистемы: «Service desk», распознавания ИТ-происшествий, обработки событий, инцидентов и проблем. Каждая из подсистем обладает механизмом взаимодействия с внешними системами управления следующими объектами: технической инфраструктурой и приложениями (2-ой уровень поддержки), проектированием и внедрением (3-ий уровень поддержки), внешними поставщиками ИТ-активов (4-ый уровень поддержки). «Service desk» представляет собой 1-ую линию поддержки. Основная цель системы оперативного управления

состоит в устранении ИТ-происшествий с минимальным снижением удовлетворенности клиентов при заданном уровне затрат на ее создание и функционирование.

Заключение. В основе классификации и постановок задач синтеза механизмов распознавания и обработки ИТ-происшествий лежат представления о проектно-процессной версионной модели ИТ-сервиса [4], которая предусматривает оптимизацию ИТ-активов, функционирующих со сбоями или неэффективно.

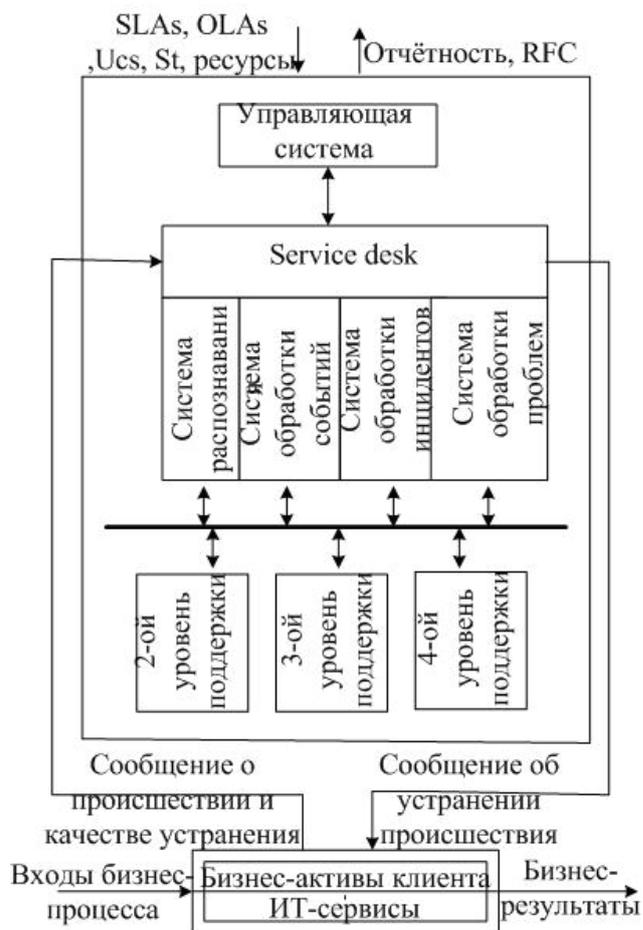


Рис. 2. Структура системы оперативного управления ИТ-происшествиями

Список литературы

1. OGC-ITIL V3-1- Service Strategy, TSO 2007. -373р.
2. Зимин В.В., Кулаков С.М., Зимин А.В. /Активы ИТ-провайдера как объекты ситуационно-динамического управления // Известия вузов. Черная металлургия, №2 2011. С.47-53.
3. OGC-ITIL V3- 4 – Service Operation TSO 2007. -397р.
4. Зимин В.В., Кулаков С.М., Зимин А.В. /О структуризации системы управления деятельностью ИТ-провайдера Системы управления и информационные технологии, №2.1(48), 2012. – С. 198-202

ОБ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Карабаев М.К.,

Ферганский филиал Ташкентской медицинской академии, профессор кафедры «Биофизика и биохимия»,
зав. отделом «Медицинской кибернетики и информационные технологии» Ферганского филиала
Республиканского научного центра экстренной медицинской помощи,
доктор физико-математических наук, профессор, академик МАИ
externet@inbox.ru

Абдуманнонов А.А.,

Ферганский филиал Ташкентской медицинской академии, ассистент кафедры «Биофизика и биохимия

Махмудов Н.И.,

Ферганский филиал Республиканского научного центра экстренной медицинской помощи,
зам. директор по науке и новым технологиям, кандидат медицинских наук, хирург высшей категории

Аннотация: Материалы XVIII Международной открытой научной конференции (Lorman, MS, USA, January 2013)/
Главный редактор, доктор технических наук, профессор, О.Я.Кравец. – Lorman, MS, USA: Science Book Publishing House, 2013.

INTELLECTUALIZATION OF MEDICAL INFORMATION SYSTEMS

Karabaev M.K.,

Ferghana branch of the Tashkent Medical Academy,
Professor of «Biophysics and biochemistry»,

Abdumannonov A.A.,

Ferghana branch of the Tashkent Medical Academy,
Assistant Professor of «Biophysics and biochemistry»,

Makhmudov N.I.

Ferghana branch of Republican Scientific Center of Emergency Medicine,
Deputy Director for Science and New Technologies,
MD, a surgeon of the highest category

Abstract: Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013)/ Editor in
Chief Dr. Sci., Prof. O.Ya. Kravets. - Lorman, MS, USA: Science Book Publishing House, 2013.

Компьютеры и информационные технологии уже давно стали неотъемлемой частью самых разных сфер жизни, и медицина не стала исключением. Не вызывает сомнения актуальность внедрения в здравоохранение медицинских информационных систем и технологии различного назначения, начиная от создания автоматизированного рабочего места врача (АРМ) и комплексной автоматизации лечебных учреждений до систем интеллектуальной поддержки принятия врачебных решений [1-5].

Ранее [6-7] была описана разработанная нами комплексная медицинская информационная система (КМИС) «ExterNET», для информационной и комму-

никационной поддержки организации и управлении лечебно-диагностических процессов и лечебного учреждения, а также ведение электронной истории болезни. Данная система внедрена в клиническую практику в многопрофильном стационаре Ферганского филиала Республиканского научного центра экстренной медицинской помощи (ФФРНЦЭМП) [8]. Отметим, что в Узбекистане экстренная медицинская помощь осуществляется бесплатно, в учреждениях специально созданы системы экстренной медицины, имеющие головную структуру – республиканский научный центр экстренной медицины и его филиалы во всех областях, городах и районах республики.

В данной работе представлены результаты нашей разработки по созданию системы для интеллектуализации КМИС “ExterNET”.

Отметим, что под интеллектуальной медицинской информационной системой нами понимается человеко-машинная система, реализующая взаимодействие врача - специалиста с автоматизированной медицинской информационно-аналитической системой с целью принятия оптимальных и эффективных врачебных решений. При этом еще, наверное, рано говорить о том, что «интеллектуальные» информационные системы в буквальном смысле слова «принимают решения». Интеллектуальные информационные системы, на основе имеющихся знаний в базе знаний (БЗ) и фактов в базе данных (БД), предлагают решения. В процессе взаимодействия с системой врач может либо полностью принять или отвергнуть предложенное системой решение, либо по своему усмотрению его скорректировать, то есть ответственность за принятие решения всегда несет конкретное лицо - лечащий врач.

На начальном этапе интеллектуализации КМИС ExterNET нами, совместно с опытными врачами соответствующих областей медицины, создана и внедрена в клинической практике система для интеллектуальной поддержки врача при обследовании больных, аналогично [9], но для неотложных патологии. При этом база БЗ этой системы разработана нами для всех 16 направлений экстренной медицины, функционирующих в многопрофильном стационаре ФФРНЦЭМП.

С учетом того, что в экстренной медицине первоочередную важность имеет своевременное и оперативное установление (прогнозирование) - угрожающего жизни пациента неотложного состояния - проблемной ситуации (ПС), а также принятия адекватных экстренных мер по ее устранению, нами на следующем этапе процесса интеллектуализации КМИС, разработаны методики, алгоритмы и программное обеспечение автоматического выявления ПС в организме пациента из данных его электронной истории болезни (ЭИБ), а также осуществление интеллектуальной поддержки врачебных решений по выходу из данных ситуации. Естественно, подобные ситуации имеют различные природы при различных патологических состояниях

органов и организма в целом и требуют соответствующих адекватных подходов для их устранения.

Подобные разработки являются актуальными и необходимыми особенно для областей медицины, в которых элементы субъективизма весьма существенны, а ответственность при принятии решений велика, что характерно, в частности для хирургии, особенно для неотложной абдоминальной хирургии.

В работе [10] рассмотрен класс интеллектуальных систем, решающих информационную задачу распознавания, мониторинга проблемной ситуации и выбор такого уровня помощи из имеющихся ресурсов, который обеспечивал бы минимальную вероятность реализации угрожающего состояния. А в работе [11], представлена система, ориентированная на решение задачи распознавания неотложного состояния у детей в терминах синдрома или нескольких синдромов (характеризующих их состояния, которые отражают степень выраженности синдрома) при предъявлении признаков заболеваний, под которыми следует понимать анамнестические, клинические и лабораторные проявления. В самом общем случае интеллектуализация процессов принятия решений предполагает наделение существующих медицинских информационных систем следующими дополнительными возможностями:

- планирование цепочки событий от текущего состояния пациента к желаемому результату (выздоровление) при заданных стандартах лечения;
- оценка информации по степени существенности и соответствующая их сортировка при заданных критериях отбора информации;
- поиск врачебных решений в условиях неполной и нечеткой информации, используя при этом заданные «эвристики» и опыт экспертов предметной области.

В результате функционирования интеллектуального модуля могут быть выявлены ситуации трех типов:

1. когда существует объективная необходимость срочного принятия соответствующего конкретного врачебного решения с учетом состояния пациента;

2. когда прогнозируется необходимость принятия некоторого врачебного решения срочно, чтобы предотвратить возникновение ситуации первого типа в будущем;
3. когда необходимость принятия какого-либо врачебного решения отсутствует, и врач просто принимает к сведению результаты анализа информации.

Если первые два типа ситуаций поддаются определенной формализации с целью автоматического обнаружения таких ситуаций и выработки некоторого набора оптимальных врачебных решений, то третий тип ситуаций трудно формализовать, так как врач при этом не обязан принимать какое-либо решение.

Для обнаружения ПС существующую медицинскую информационную систему необходимо дополнить подсистемой, со следующими модулями:

- модули ввода и корректировки признаков ПС, а также соответствующих наборов врачебных решений;
- модуль обнаружения ПС;
- модуль выбора набора оптимальных врачебных решений и в отдельных случаях принятия (исполнения) этих решений;
- модуль оценки эффективности принятых решений;
- модуль ведения истории по каждой конкретной ПС, и в случае необходимости использования ее в дальнейшем при принятии решений.

Функционирование системы поддержки обеспечивается специально составленной базой данных проблемных ситуаций и их признаков, для каждой конкретной области медицины, а также базой знаний по соответствующим врачебным действиям. Основной задачей при построении системы интеллектуализации МИС, естественно является создание БЗ, содержащей информацию о связи признаков симптомов больного с определенными проблемными ситуациями.

При создании БД и БЗ разработанной нами системы были использованы особенности клинической картины при различных ПС, выявленных в результате анализа истории болезни 388 больных, оперирован-

ных в отделении неотложной абдоминальной хирургии ФФРНЦЭМП в период 2007-2012 годы. В них представлены выявленные ПС и их связи с различными признаками состояния организма. Из 388 больных с абдоминальными острыми хирургическими заболеваниями, угрожающими состоянию жизни больного ПС возникли у 76, в том числе у 65, связанные с развитием различных осложнений основного заболевания, таких как острый разлитой гнойный перитонит, кровотечение, постгеморрагический или посттравматический шок, гиповолемический шок, острая сердечно-сосудистая дыхательная недостаточность, печеночная недостаточность и др. У 11 больных ПС угрожающие жизни больного, возникли не связанные с основной патологией на фоне анафилактического шока или сопутствующей патологии такие как ИБС, сахарный диабет, ХНСЗЛ хроническое неспецифическое заболевание легких и др. У 37 больных ПС угрожающие состоянию жизни больного возникли в дооперационном, у 38 в послеоперационном периоде. Число признаков в виде предвестников ПС были 96, достоверные признаки, включая жалобы больных, объективные данные и результаты инструментальных и лабораторных исследований 502. Клиническое проявление ПС угрожающие состоянию жизни больного характеризовалось в основном резким падением артериального давления, нарушением ритма сердца, тахикардией, брадикардией, нарушением ритма дыхания, судорожным состоянием, потерей сознания, гипертермией, гиповолемией, а также соответствующим изменением лабораторных критериев.

В процессе функционирования подсистемы «Интеллектуализация врачебных решений» основным источником первичной и опорной информации являются данные электронной истории болезни пациентов, содержащиеся в информационной системе «ExterNET». Одновременно подсистема ведет и свою БЗ, где хранятся следующие данные:

- перечень всех зарегистрированных в системе ПС;
- признаки, по которым можно обнаружить ПС;
- набор оптимальных врачебных решений для решения конкретной ПС;

- критерии, по которым следует оценить эффективность отдельных решений по устранению конкретной ПС;
- история принятых врачебных решений по каждой конкретной ПС.

При вводе в систему новой ПС в первую очередь необходимо указать признаки, по которым модуль обнаружения смог бы распознать данную ПС. Следующим шагом при занесении в базу знаний новой ПС является установление определенного набора врачебных решений по устранению данной проблемы.

Для реализации вышеизложенной методики составлены алгоритмы выявления ПС из данных ис-

тории болезни пациента и разработана БЗ по клиническо-обоснованным оптимальным врачебным действиям в данных ситуациях. Создано программное обеспечение, реализующее функционирование разработанной подсистемы в структуре медицинской информационной системы “ExterNET”. Разработано АРМ врача-эксперта с дружественным интерфейсом, а ранее созданное нами АРМ врача дополнено специальным диалоговым окном, для взаимодействия врача с системой.

Функциональная блок-схема системы интеллектуальной поддержки действия врачей при ПС представлена на рис.1.

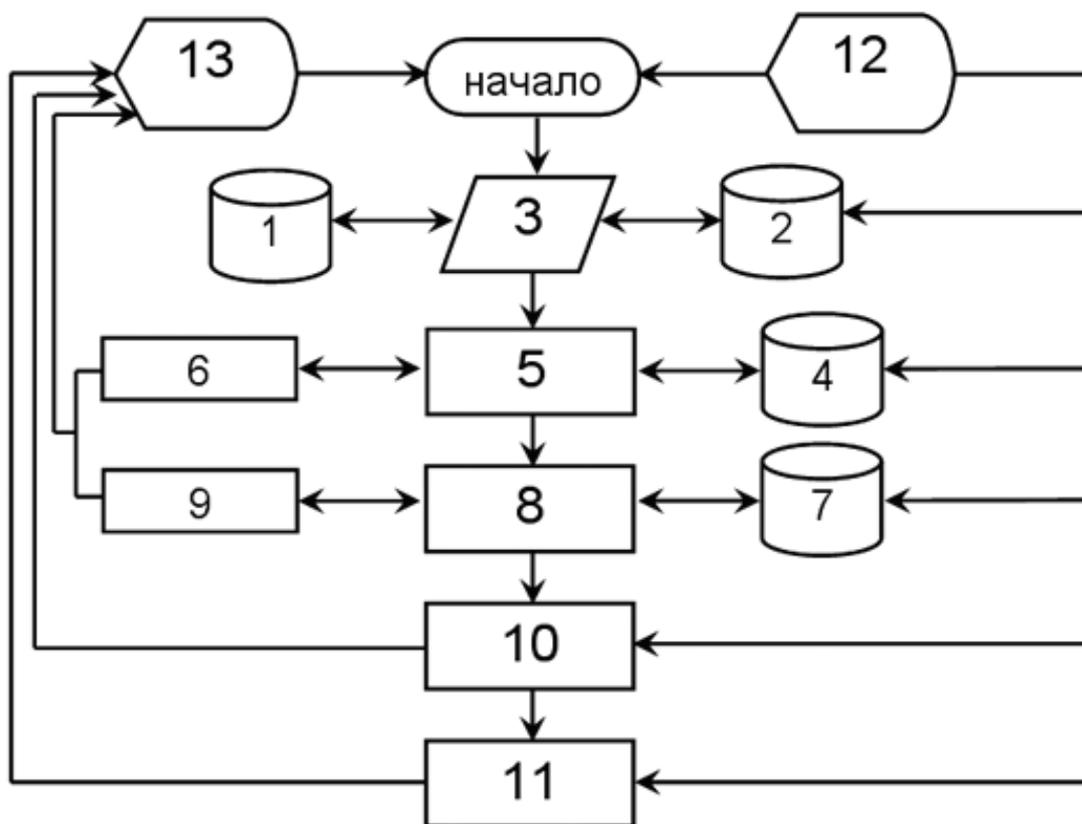


Рисунок 1.

С включением подсистемы «Интеллектуализация врачебных решений» в автоматизированную систему «ExterNET» коренным образом меняется технология решения лечебно-диагностических задач. Если при традиционной технологии врач приступает к поиску решений только после возникновения определенной ПС и как правило, в условиях острой нехватки времени, то в интеллектуальных информационных системах врач-специалист заранее может формировать базу знаний по ПС с помощью разработанного нами АРМ врача-эксперта, без спешки и основательно, а в дальнейшем система сама будет следить за возникновением ПС и поиском приемлемых врачебных решений. При этом раз введенная в базу знаний проблема может быть решена неоднократно по мере ее возникновения, более того, с учетом результатов предыдущих решений система постепенно становится не только более опытной, но с расширением базы знаний даже и «умной».

Данный подход к интеллектуализации процессов принятия врачебных решений позволяет внести существенные изменения и в технологию разработки интеллектуальных систем поддержки деятельности врача. Теперь разработчикам достаточно создать инструментарий, позволяющий специалисту из любой области клинической медицины - формировать и вести свою базу данных и знаний по ПС. И, наконец, следуя знаменитому тезису, что необходимо дать машине – машинное, человеку – человеческое, в предлагаемой интеллектуальной информационной системе предусматривается оптимальное распределение обязаннос-

тей в процессе принятия решений между системой и врачом. Специалисты медики формируют базы данных и знаний в своей области и принимают окончательное решение, а всю остальную сложную вычислительно-аналитическую и логическую работу проделает система. Основные преимущества предлагаемого подхода к интеллектуализации процессов принятия врачебных решений:

- разработка одного инструментального средства для решения многих нестандартных задач из различных направлений медицины;
- в процессе эксплуатации информационных систем происходит самообучение системы с пополнением базы знаний;
- гибкость при решении задач путем комбинирования готовых и апробированных врачебных решений;
- при внедрении модуля интеллектуализации не требуются остановка и тем более перепроектирование существующей информационной системы.

Таким образом, разработанная нами система «интеллектуальная поддержка», состоящая из двух БД и БЗ и двух блоков программного обеспечения, используя клиническую информацию из БД электронной истории болезни пациента системы «ExterNET», обеспечивает прогнозирование и распознавание проблемных ситуаций в организме больного, в частности с абдоминальной неотложной хирургической патологией, и способствует принятию эффективных врачебных решений по их устранению или недопущению.

Список литературы

1. Назаренко Г.И., Гулиев. Я. И., Ермаков Д. Е.. Медицинские информационные системы: теория и практика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 320 с.
2. Дуданов И. П., Раманов Ф. А., Гусев А. В. Информационная система в организации работы учреждений здравоохранения: практическое руководство. ПетерГу – Петрозаводск, 2005. – 238 с.
3. Эльянов М. Медицинские информационные технологии. Каталог. Вып1-11-М.: Третья медицина. 2001-2011 г.
4. Прокопчук Ю.А., Белецкий А.С. Проблемы интеллектуализации госпитальных и телемедицинских систем. Укр. Жур. Телемедицина и медицинская телематика.- 2008.-Т6, №3.-с.244-250.

5. Ковалев С.В. Проектирование и применение интеллектуальной системы для определения медицинских рисков. Информационные технологии моделирования и управления. -2011. -№6(71). -с. 627-634.
6. А.А. Абдуманонов, М.К. Карабаев, Хошимов В.Г. Информационно - коммуникационные технологии для создания единого информационного пространства лечебных учреждений. Жур. Врач и информационные технологии. 2012.,- №1, -с. 75-78.
7. А.А. Абдуманонов, М.К. Карабаев, Хошимов В.Г. Информационно-коммуникационная технология организации лечебно-диагностических процессов в стационарах экстренной медицины. Межд.ж. Информационные технологии моделирования и управления. 2012,- №5(77). –с. 378-385.
8. А.А. Абдуманонов, М.К. Карабаев. Медицинские информационные технологии в экстренной медицинской помощи. Вестник экстренной медицины. Научно – практический журнал Ассоциации врачей экстренной медицинской помощи Узбекистана. 2012.- №1.- С. 66-69.
9. Грибова В.В., Тарасов А.В., Черняховская М.Ю. Система интеллектуальной поддержки обследования больных управляемой онтологией. Жур. Программные продукты и системы. 2007.-N2.-С.49-51.
10. Прокопчук Ю.А., Алпатов А.П., Огданский Н.Ф., Харченко О.А., Костра В.В. Интеллектуальные модули информационных систем. Сб. трудов межд. конф. “Искусственный интеллект -2000”. Донецк, инст-т проблем искусств. Интел., 2000. –С.315-317.
11. Б.А.Кобринский, Л.Н.Таперова, О.В.Веприцкая. “ДИН” - экспертная диагностическая система по неотложным состояниям. Журн. Программные продукты и системы. 1995. №1. С.30-32.

ОБЗОР МЕТОДОВ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА ДЛЯ РЕШЕНИЯ КВАДРАТИЧНЫХ ЗАДАЧ О НАЗНАЧЕНИЯХ

Кравец О.Я.,

д.т.н., профессор кафедры АВС Воронежского государственного технического университета
spiconf@bk.ru

Сафронова А.П.,

магистрант кафедры АВС Воронежского государственного технического университета
apsafr@mail.ru

Аннотация: *Материалы XVIII Международной открытой научной конференции (Lorman, MS, USA, January 2013)/
Главный редактор, доктор технических наук, профессор, О.Я.Кравец. – Lorman, MS, USA: Science Book Publishing House, 2013.*

AN OVERVIEW OF METHODS FOR THE SYNTHESIS OF STRUCTURAL SOLUTIONS OF QUADRATIC ASSIGNMENT PROBLEM

Kravets O.Ya.,

Doctor of Technical Sciences, Professor of AVS of Voronezh State Technical University

Safronova A.P.,

Undergraduate of AVS of Voronezh State Technical University

Abstract: *Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013)/ Editor in Chief Dr. Sci., Prof. O.Ya. Kravets. - Lorman, MS, USA: Science Book Publishing House, 2013.*

Введение. Задачи структурного синтеза привлекают к себе огромное внимание специалистов различных областей. В настоящее время остается достаточно актуальным направление, целью которого является разработка универсальных методов структурного синтеза, применимых для различных технических объектов, независимых от отраслевой специфики.

Рассмотрим метод полного перебора и популярные в настоящее время методы структурного синтеза, применяемые для решения квадратичных задач о назначениях: методы локальной оптимизации, моделирование отжига, генетические алгоритмы. Все эти методы, кроме генетических алгоритмов, в каждый момент поиска рассматривают только одно решение, которое неоднократно улучшается во время работы алгоритма.

1. Метод полного перебора

Полный перебор является одним из основных методов решения задач, связанных с поиском оптималь-

ных решений. Полный перебор – это метод решения математических задач, относящийся к методам поиска решений исчерпыванием всевозможных вариантов [1].

Метод полного перебора наиболее прост по своей сути и тривиален в программировании. Для поиска оптимального решения требуется последовательно вычислить значения целевой функции во всех возможных точках, запоминая максимальное из них.

Ключевыми терминами при использовании метода перебора являются счетность и конечность. В этом случае, все элементы множества потенциальных решений можно будет просто пронумеровать от 0 до некоторого N (вполне определенное число для конкретной задачи) и в цикле от нуля до N произвести подстановку вариантов решения в условие.

Трудоёмкость данного метода с ростом числа переменных и расширением области граничных условий значительно возрастает. Поэтому для реальных задач он неприменим.

2. Методы локального поиска

Метод локального поиска – это большой класс алгоритмов, который включает в себя метод поиска с запретами, метод локальных улучшений, метод локального поиска с историей и др. Общая схема поиска заключается в следующем: пусть имеется некоторая проблема P , для которой F – возможные варианты решения. Примем $X \in F$ – текущий рассматриваемый вектор, состояние поиска. Определим вектор $N(X) \subset F$, который назовем «соседним» вектором для текущего вектора X .

«Соседними» будут состояния, которые отличаются на одну пару перестановок элементов. Выбор вектора $N(X)$ напрямую зависит от структуры F . Локальный поиск заключается в нахождении локального оптимального решения X' (среди «соседей» $N(X)$) на каждом шаге поиска, допуская, что конечное решение также окажется оптимальным [2].

Принятие локальных оптимальных решений на каждом этапе приводит к нахождению только локального экстремума, поэтому нельзя ограничиться только локальным поиском. Однако различные модификации данного метода способны выходить из локального экстремума. Также локальный поиск активно используется для улучшения решений, полученных, например, методом случайного поиска.

3. Метод локальных улучшений

Одним из вариантов локального поиска является метод локальных улучшений. Алгоритм ищет начальное решение, а затем запускается процедура локального поиска, которая пытается улучшить текущее решение. Основными элементами поиска для метода локальных улучшений являются векторы «соседи» и критерий выбора, который определяет порядок просмотра «соседей». После того, как определены структура соседства и порядок просмотра соседей, выбирают один из трех вариантов критерия, по которому будут проводить попытки улучшения текущего решения:

- метод начальных улучшений;
- метод лучших улучшений;
- метод Heider.

Метод начальных улучшений обновляет текущее решение, как только сформирован «сосед» с лучшим вариантом решения. Метод лучших улучшений просматривает все «соседние» решения и выбирает лучший вариант. Метод Heider просматривает «соседей» в определенном порядке. Решение обновляется, как только просмотрен «сосед» с лучшим вариантом решения.

Метод локальных улучшений повторяет шаги поиска для различных вариантов начального решения. Однако, в настоящее время нет четкого алгоритма формирования начального решения. Bruijs доказал, что нет никакого обоснования того, что, используя поиск из начальных решений, можно достичь глобального экстремума.

Сильной стороной метода локальных улучшений является то, что он быстро находит локальный экстремум.

Недостатками данного метода являются: большая вероятность того, что поиск скатится к локальному экстремуму, необходимость сложной настройки структуры «соседей» и критерия выбора «соседа», большое количество циклов поиска.

Метод локальных улучшений часто внедряют в гибридные алгоритмы, как отдельную процедуру.

4. Метод локального поиска с запоминанием

Другим примером локального поиска является метод локального поиска с запоминанием, в котором реализованы два условия:

- разрешается заходить в состояние с большим значением, чем лучшее на данном шаге поиска;
- поиск запоминает уже просмотренные состояния и больше к ним не возвращается.

В этом методе поиск исследует окрестности минимума и может выходить за его пределы. Такой алгоритм плохо работает при решении задач, в которых имеется плотная концентрация локальных минимумов и велико множество одинаковых значений вокруг глобального экстремума.

Сильной стороной метода поиска с запоминанием является его простота реализации, а слабой стороной данного метода является то, что поиск может обойти

глобальный экстремум в задачах с плотной концентрацией локальных экстремумов.

Метод локального поиска с запоминанием чаще всего используется совместно с другими методами в гибридных алгоритмах.

5. Метод поиска с запретами

На сегодняшний момент наиболее популярным из методов локального поиска является метод поиска с запретами (TS). Fred Glover [3,4] предложил использовать TS для выхода из локальных экстремумов. Glover ввел следующие основные понятия:

- шаг;
- список запретов;
- запрещенный шаг;
- критерий направления.

Шаг – операция, которая генерирует соседей π' для текущего варианта решения π . Список запретов – список шагов, которые нельзя применять к текущему решению. Данный список обновляется во время поиска. Шаги, занесенные в список запретов – запрещенные шаги. Критерий направления – это условие, которое отменяет запрет на шаг после очередного появления шага в списке соседей.

Процедура поиска выглядит следующим образом. Имеется начальное решение. Для этого решения алгоритм выбирает лучший вариант из «соседей», полученных незапрещенными шагами. Важно отметить, что лучший вариант решения из «соседей» обязательно будет лучше текущего варианта решения. Затем обновляется текущее решение, и процедура поиска повторяется. Поиск может сгенерировать одно и то же решение не один раз. Чтобы избежать этого явления, шаги, которые приводят к таким циклам, записываются в список запретов. Однако, запрещая некоторые шаги существует вероятность запрета шагов, которые могут привести поиск к глобальному экстремуму. Чтобы этого избежать, введен критерий направления. Алгоритм останавливается после определенного количества шагов поиска.

В алгоритмах TS заложены два главных недостатка – это поиск из случайно полученного решения, которое не всегда приводит к глобальному экстремуму,

и список запретов, в который с большой долей вероятности может быть внесено решение, которое может привести поиск к глобальному экстремуму.

6. Генетический алгоритм

Отцом идеи генетического алгоритма (GA) считается американский ученый John Holland, физик по образованию, работающий одновременно в психологии и в организации вычислительных процессов. Первая его работа по GA появилась в 1962 году, но долго оставалась только идеей. Ему помог его ученик Edgar Codd, ставший широко известным благодаря своим работам по реляционным базам данных. Codd убедил фирму IBM продать Holland по низкой цене компьютер, и у того появилась база для численных экспериментов [5].

GA – это эволюционный метод поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путем последовательного подбора, комбинирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию [6].

В отличие от TS, в котором поиск производится для одного решения, в GA поиск ведется для совокупности решений. В GA генерируется жизненный цикл: воспроизведение потомства, преемственность и механизм естественного отбора, который сохраняет особи с лучшим критерием.

В начале поиска по GA генерируется совокупность начальных решений, которая называется начальной популяцией. Элемент популяции – особь. Далее алгоритм выбирает пары особей от текущей популяции и, используя правило кроссинговера, получает новое решение (потомок) отдельно для каждой пары. После этого решения с плохим значением критерия удаляются из текущей популяции. Данный процесс повторяется до достижения критерия остановки поиска: время или количество шагов поиска. В ходе поиска периодически применяют мутацию или иммиграцию к текущим популяциям для улучшения значения решения. Часто в GA используют инструменты локального поиска. Такие алгоритмы называют гибридными.

Tate и Smith разработали стандартный GA. В своем алгоритме Tate и Smith реализовали мутацию и скрещивание независимо друг от друга, в отличие от большинства реализаций GA, в которых мутацию используют как вспомогательную процедуру для отдельных особей в популяции. В алгоритме использовалась хромосомная мутация с парным обменом. Tate и Smith создали собственную процедуру скрещивания, которая состояла в следующем. Имеется двое родителей. Объекты, которые закреплены за одинаковыми пунктами у родителей, закрепляются за теми же пунктами и у потомка. В оставшихся пунктах случайным образом слева направо выбирают объект, закрепленный у одного из родителей, исключая при этом повторения объектов, и закрепляют его за соответствующим пунктом. Оставшиеся объекты случайным образом закрепляются за пустыми пунктами. После получения потомков и мутантов происходит отбор по лучшему значению критерия. Размер популяции остается постоянным на каждом шаге поиска.

Явным недостатком GA Tate и Smith является неполное использование идеи естественного отбора (например, не была реализована идея генной мутации). Кроме того, не была произведена настройка параметров GA: не были рассчитаны оптимальный объем популяций и количество хромосом для хромосомной мутации.

Ahuja, Orlin и Tivari разработали «жадный» GA [7]. Для задач с использованием «жадного» GA были получены варианты решения, которые считаются лучшими на сегодняшний день.

В «жадном» GA реализованы следующие идеи: генерирование начальной популяции случайным образом; новые схемы кроссинговера; схема иммиграции; периодическое использование локального поиска для определенных особей из популяции; использование идеи соревнований среди различных популяций и главная идея, которая заключается в том, чтобы сместить баланс от разнообразия к лучшим вариантам решения.

Ahuja, Orlin и Tivari реализовали в своем алгоритме новую схему кроссинговера - путевая схема кроссинговера. Схема имеет следующий вид: пусть

имеются двое родителей – I_1 и I_2 . При скрещивании этих двух особей получается потомок, которого назовем I_3 . Получаем следующий набор хромосом для данных особей:

$$I_1 = a_1 - a_2 - \dots - a_n,$$

$$I_2 = b_1 - b_2 - \dots - b_n,$$

$$I_3 = c_1 - c_2 - \dots - c_n.$$

В любой схеме кроссинговера, потомок наследовал гены, характерные для обоих родителей: если $a_k = b_k$ для некоторого k , то $c_k = a_k = b_k$. В двух путевых схемах кроссинговера Ahuja, Orlin и Tivari определили путь $p_1 - p_2 - \dots - p_r$, где каждый элемент пути соответствует особи, элемент p_1 соответствует I_1 , а элемент $p_k - I_2$, и для каждого $1 \leq k \leq r - 1$, p_{k+1} получено из p_k с помощью простых преобразований – вставки или смещения. Отсюда и две путевых схемы кроссинговера: со вставкой или со смещением.

В путевой схеме кроссинговера со вставкой процесс скрещивания начинается с некоторой позиции хромосомы, которую определяют случайным образом, и просматриваются хромосомы, соответствующие I_1 и I_2 , в цикле слева направо. Если объект уже был рассмотрен, то поиск перемещается на следующую позицию, иначе происходит вставка соответствующего объекта из I_2 в I_1 или наоборот, дающая лучший вариант решения. При этом объекты, которые были перемещены, больше не участвуют в данном скрещивании. В результате получаются две дочерних особи: I'_1 и I'_2 , из которых выбирается лучшая и получается I_3 .

Ahuja, Orlin и Tivari пришли к выводу, что используемая «жадная» схема в GA выбора лучшего варианта из I_1, I_2, I_3 , приводит к быстрой сходимости алгоритма к локальному экстремуму и не дает достаточного разнообразия решений. Авторы «жадного» GA предложили использовать следующий вариант замены: если I_3 лучше I_1 или I_2 , то I_3 заменяет соответственно I_1 или I_2 , если I_3 хуже I_1 и I_2 , то I_3 заменяет худшего из I_1 и I_2 .

Мутация необходима для увеличения разнообразия в популяции и заключается в случайном изменении отдельной особи. Ahuja, Orlin, и Tivari предло-

жили использовать иммиграцию для достижения этой цели. Суть иммиграции заключается в замене плохих особей популяции совершенно новыми. Для того, чтобы поиск не сходил к локальному экстремуму, в «жадном» GA реализованы различные схемы генерации иммигрантов, которые вводят совершенно новые особи.

Также Ahuja, Orlin и Tivari применили идею соревнований, которая заключается в запуске нескольких GA с различными начальными популяциями и остановки поиска до того, как он начнет сходить. В ходе этих процедур получают «лучшую» популяцию, составленную из объединения двух конечных популяций в данной ветви соревнования. Затем запускают GA с «лучшей» популяцией, которая исполняет роль начальной популяции.

Ahuja, Orlin и Tivari предположили, что успех «жадного» GA зависит от правильного смещения баланса от разнообразия к лучшим вариантам решения. Поэтому авторы данного алгоритма и считают, что «жадность» улучшает качество поиска GA.

Недостатками метода «жадного» GA являются сложная настройка параметров и трудная балансировка между разнообразием и «жадностью».

Генетические алгоритмы представляют собой мощный и устойчивый подход для решения крупномасштабных комбинаторных проблем оптимизации. Главной причиной исследования GA в настоящее время является простота реализации параллельного поиска на вычислительных средствах. Главная особенность GA – это большое разнообразие решений на каждом шаге поиска, в отличие от других методов, где на очередном шаге поиска используется только одно решение.

7. Моделирование процесса отжига

Моделирование процесса отжига (SA) – один из первых метаэвристических алгоритмов. Метод основывается на имитации физического процесса, который происходит при кристаллизации вещества из жидкого состояния в твердое, в том числе при отжиге металлов. Предполагается, что атомы уже выстроились в кристаллическую решетку, но еще допустимы переходы

отдельных атомов из одной ячейки в другую. Процесс протекает при постепенном понижении температуры. Переход атома из одной ячейки в другую происходит с некоторой вероятностью, причем вероятность уменьшается с понижением температуры. Устойчивая кристаллическая решетка соответствует минимуму энергии атомов, поэтому атом либо переходит в состояние с меньшим уровнем энергии, либо остается на месте.

SA основывается на модели, которую используют для моделирования энергетических уровней при охлаждении твердых тел. В SA закон Больцмана используется для определения вероятности принятия решения:

$$P = \begin{cases} 1, & \Delta E < 0, \\ e^{-\frac{\Delta E}{C_B \cdot t}}, & \Delta E \geq 0, \end{cases}$$

где ΔE – изменение энергии;

t – текущая температура;

C_B – постоянная Больцмана.

Burkard и Rendl доказали, что SA – метод, который может быть применен для решения любой комбинаторной задачи, обладающей структурой соседства [8].

Общая схема SA имеет вид: пусть S – набор решений с целевой функцией f . Примем функцию соседства N , которая определяет для любого $s \in S$ набор соседних решений $N(s) \subseteq S$. Каждое решение $s' \in N(s)$ может быть получено из s путем операции, называемой шагом. Принцип SA прост: начнем с любого случайного начального решения s . Используя s , выбираем соседние решения s' и вычисляем функцию ценности выбора:

$$\Delta f = f(s') - f(s).$$

Если функция ценности выбора улучшена ($\Delta f < 0$), то заменяем текущее решение новым, т.е. выполняем шаг и используем полученное решение, как отправную точку для следующего шага. Если $\Delta f \geq 0$, то вероятность выполнения данного шага:

$$P(\Delta f) = e^{-\frac{\Delta f}{t}},$$

где t – текущее значение температуры.

Шаг выполняется, если полученная вероятность $e^{-\frac{\Delta f}{t}}$ окажется больше числа, которое случайным образом сгенерировано из интервала $[0, 1]$.

Постоянная Больцмана не требуется при решении комбинаторных задач оптимизации.

Процедура повторяется до тех пор, пока не выполнится условие окончания поиска, например, количество шагов достигло определенного значения.

Различные варианты SA отличаются друг от друга в основном по следующим параметрам: метод поиска соседних решений, функция охлаждения и критерий завершения поиска.

Предположим, что:

$$S = \{s | s = (s(1), s(2), \dots, s(n))\},$$

где n – количество элементов набора решений.

Учитывая, что решение s принадлежит S , k вариант обмена для соседних решений определяется следующим образом:

$$N_k(s) = \{s' | s' \in S, d(s, s') \leq k\},$$

где $d(s, s')$ – функция ценности выбора.

Если $k = 2$ получаем функцию соседства, для которой меняются местами два объекта.

Существуют две альтернативы поиска соседних решений: выбрать случайным образом вариант решения или исследовать всех соседей, которые могут быть получены из текущего решения заданной функцией соседства.

Функция охлаждения определяется следующими параметрами: начальным значением температуры, методом обновления температуры и методом тестирования равновесия.

Ход поиска в SA зависит от температуры t . Самая главная задача – это определение начальной температуры t_0 . В случае выбора слишком высокой t_0 поиск замедлится, а при слишком низкой t_0 поиск скатится в локальный экстремум. Поэтому начальная температура должна лежать между этими значениями.

К примеру, можно выбрать начальную температуру, равной:

$$t_0 = \Delta f_{\max},$$

где Δf_{\max} – максимальное значение функции ценности выбора между любыми двумя соседними решениями.

Однако, точное вычисление Δf_{\max} является довольно затруднительной задачей. Поэтому используют различные методы приближенного вычисления. Конечное значение температуры t_f может быть связано с минимальным значением функции ценности выбора между двумя любыми соседними решениями.

Температура не остается постоянной, а изменяется в процессе поиска. Правильно сформированная функция обновления температуры может гарантировать формирование оптимального режима охлаждения.

Существует множество примеров функции обновления температуры. Hajek [9] предложил использовать следующую функцию обновления температуры:

$$t_k = \frac{const}{\log(k+2)},$$

где $k = 0, 1, \dots$ – номер очередного шага поиска.

В этом случается поиск замедляется по сравнению с другими вариантами. Обычно из эвристических соображений процесс остывания ускоряют.

Чаще всего используют функцию обновления температуры, разработанную Kirkpatrick [10]:

$$t_{k+1} = \alpha \cdot t_k,$$

где $k = 0, 1, \dots$ – номер очередного шага поиска;

$t_0 = const$ – начальная температура;

$\alpha < 1$ – коэффициент геометрического графика.

Также используют функцию обновления температуры, разработанную Lundy и Mees [11]:

$$t_{k+1} = \frac{t_k}{1 + \beta \cdot t_k},$$

где $k = 0, 1, \dots$ – номер очередного шага поиска;

$t_0 = const$ – начальная температура;

$\beta \leq t_0$ – коэффициент графика Lundy-Mees.

Нужно отметить, что в настоящее время процесс изменения температуры в SA носит скорее периодический характер, чем монотонный. Т.е. предлагают в SA периодически проводить процесс нагревания и процесс охлаждения.

Для определения условия необходимости уменьшения температуры применяют различные методы тестирования равновесия. Чаще всего температура уменьшается после определенного числа испытаний. Kirkpatrick предложил использовать более сложный критерий уменьшения температуры: отношение числа принятых и отклоненных соседей достигло некоторой константы.

В теории принято, что поиск заканчивает при температуре $t_f = 0$, но на практике используют другие критерии окончания поиска: функция ценности выбора не была уменьшена для определенного количества шагов; число принятых шагов стало меньше некоторой константы; выполнено определенное количество просмотров соседей.

Заключение

К методам, которые лучше себя проявляют в комбинации с другими методами, можно отнести метод локальных улучшений, который используется на ранних стадиях поиска, и метод локального поиска с запоминанием, который применяется для

выхода из локального экстремума. В отдельности данные алгоритмы не приводят поиск к хорошим результатам.

Среди методов локального поиска наиболее популярен TS. Основной проблемой использования данного алгоритма является сложность в настройке поиска, которая требует глубокого исследования для каждой конкретной задачи.

Для решения задач с большими размерностями чаще всего используют GA, среди которых на данный момент лучше проявил себя «жадный» GA, разработанный Ahuja, Orlin и Tivari. Однако и у этого алгоритма имеются недостатки – это сложная настройка параметров поиска и трудная балансировка между разнообразием и «жадностью». Но, несмотря на эти недостатки, GA имеют большой потенциал - наличие большого разнообразия вариантов решения на каждом шаге поиска и возможность реализации параллельного поиска на вычислительных системах.

Метод SA, наверное, самый простой в реализации. Ценность данного метода – простота настройки поиска.

Список литературы

1. Электронная энциклопедия Wikipedia. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Полный_перебор.
2. Cela E. The quadratic assignment problem: special cases and relatives / E. Cela. – Graz, Austria: Graz University of Technology, 1995. – 265 p.
3. Glover F. Tabu search - Part I / ORSA Journal on Computing. – 1989. – Vol. 1. – P. 190 – 206.
4. Glover F. Tabu search - Part II / ORSA Journal on Computing. – 1989. – Vol. 2. – P. 4 – 32.
5. Электронный сайт СПбГУ. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.math.spbu.ru/user/jvr/DA_html/_lec_2_11.html.
6. Электронная энциклопедия Wikipedia. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/genetic_algorithm.
7. Ahuja R.K., Orlin J.B., Tivari A. A greedy genetic algorithm for the quadratic assignment problem / Working paper Sloan School of Management: – 1995. – Vol. 2. – P. 13 – 17.
8. Burkard R., Rendl F. A thermodynamically motivated simulation procedure for combinatorial optimization problems / European Journal of Operational Research: – 1983. – Vol. 17. – P. 169 – 174.
9. Hajek B. Cooling schedules for optimal annealing / of Operations Research: – 1988. – Vol. 13. – P. 311 – 329.
10. Kirkpatrick S., Gelatt C.D., Vecchi M. Optimization by simulated annealing / Science: 1983. Vol. 220. P. 671-680.
11. Lundy M., Mees A. Convergence of an annealing algorithm /Mathematical Programming: – 1986. – Vol. 34. – P. 111 – 124.

ВЫБОР ИНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕРА РАЗЛИЧНЫМИ КАТЕГОРИЯМИ НАСЕЛЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИЙ

Потемина А.В.,

студент-магистр, Воронежский государственный технический университет,
anutapotemina@yandex.ru

Аннотация: *Материалы XVIII Международной открытой научной конференции (Lorman, MS, USA, January 2013)/
Главный редактор, доктор технических наук, профессор, О.Я.Кравец. – Lorman, MS, USA: Science Book Publishing House, 2013.*

CHOICE OF ISP DIVERSE POPULATIONS AND ORGANIZATIONS

Potemina A. V.,

student-master, Voronezh State Technical University,

Abstract: *Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013)/ Editor in Chief Dr. Sci., Prof. O.Ya. Kravets. – Lorman, MS, USA: Science Book Publishing House, 2013.*

Современный этап развития общества характеризуется его глубокой и всесторонней информатизацией. Одним из основных источников информации является Интернет.

Интернет – это единственная информационная среда, которая смогла объединить людей всей планеты. Число пользователей интернета с каждым днем неуклонно растет, и сегодня трудно себе представить, что когда-то в нашей стране обходились без Всемирной паутины.

Сеть Интернет ориентирована на различные категории. В ней есть все, что требуется для обычной жизни или профессиональной деятельности людей: новости, материалы научных исследований, котировки валют на биржах, можно заказать услугу (бронирование билетов или номеров в гостинице, например), выбрать и купить товар, принять участие в обсуждении какой-либо проблемы и т.п.

Интернет выполняет такие полезные прикладные функции, как:

- Информационная. По сети можно получить любую интересующую вас биржевую и коммерческую информацию, информацию научную и политическую и т.п.
- Коммуникационная. Сетевые технологии позволяют пользователю поговорить по телефону со своим партнером в любом городе и стране, причем обой-

дется это дешевле обычной телефонной связи; послать ему факс или письмо с затратами меньшими, нежели чем при использовании обычной почты, и к тому же существенно более оперативно.

- Совещательная. Сеть Интернет — это место, где специалисты и пользователи компьютеров могут «встретиться» и обсудить интересующие их проблемы, в интерактивном режиме обменяться полезной информацией.
- Коммерческая. Во всем мире активно развивается торговля по Сети. Потенциальный покупатель просматривает товары на экране своего ПК, заказывает и по кредитной карточке оплачивает их. Поступает товар к нему из ближайшего торгового пункта, естественно, уже не виртуально.
- Рекламная. Реклама через Интернет весьма эффективна, в первую очередь в связи с ее массовостью и оперативностью.
- Развлекательная. Можно почитать и просмотреть огромное количество развлекательной литературы, фильмов; поиграть в самые увлекательные компьютерные игры, «путешествовать» и наслаждаться красотами разных музеев и стран, и многое другое.
- Компьютерная функция. Пользователи ПК могут получить, причем чаще всего бесплатно, самые

новые программные средства, инструкции и рекомендации по работе в Сети.

Рассмотрим условную классификацию пользователей Интернет ресурсами (см рисунок 1):

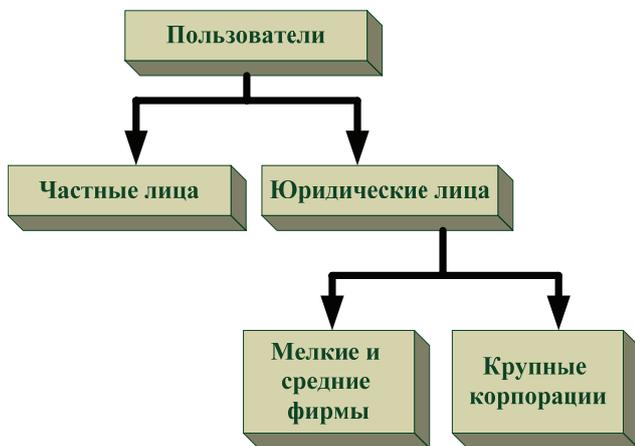


Рис. 1. Условная классификация пользователей Интернет ресурсами.

На рисунке показано условное разделение пользователей Интернет – ресурсов. Пользователи разде-

лены на две категории частные и юридические лица. Юридические лица рассмотрены двух типов: мелкие и средние фирмы, а также крупные корпорации.

Для выбора Интернет провайдера и его тарифного предложения, необходимо четко знать свои потребности в услугах связи. Например, если у вас крупная корпорация и вам необходим интернет с высокой скоростью и без перебоев, возможность предоставления места под Web- хостинг, почтовые услуги мирового масштаба, то следует анализировать в первую очередь услуги опытных и известных Интернет-провайдеров с безлимитными тарифными планами.

Если вы частное лицо и интернет планируется использоваться для общения или Web-серфинга, то следует рассматривать Интернет-провайдеры с недорогими тарифными планами, но с достаточно высоким качеством соединения.

От поставщика интернет-услуг (или провайдера) будут зависеть комфорт и качество работы в сети. Практически всех пользователей в большей мере интересует адекватная стоимость при довольно быстром

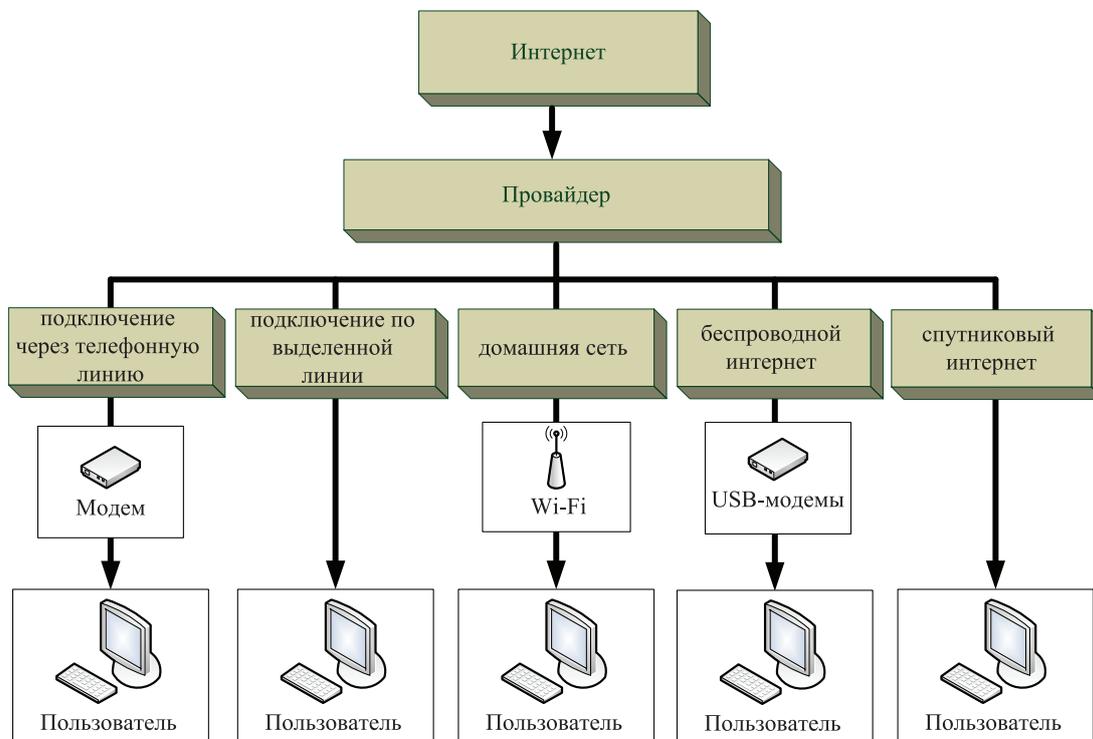


Рис. 2. Типы доступа в интернет

соединении, но однозначного ответа на вопрос, какой провайдер лучше, не существует – выбор зависит в первую очередь от личного вкуса и целей, которые планируется достичь с помощью Интернета. Но в любом случае, выбор провайдера – ответственная и серьезная задача, поэтому необходимо проанализировать множество параметров, чтобы выбрать наиболее подходящую компанию.

Чтобы не ошибиться с выбором, необходимо ориентироваться в основных типах доступа в интернет, которые на сегодняшний день существуют:

В зависимости от личных предпочтений и технических возможностей можно сделать оптимальный выбор в пользу того или иного вида связи:

- подключение к интернету через телефонную линию. К нему относится подключение, называемое dial-up, а также технология ADSL. Для организации соединения в данном случае необходим модем – dial-up или ADSL соответственно;
- подключение по выделенной линии (медная или оптоволоконная сеть). Этот вариант считается наиболее эффективным и надежным, так как обеспечивает довольно высокую скорость передачи данных при стабильной работе. Единственный минус – такая сеть существует не в каждом доме.
- домашняя сеть (организуется по медному, оптоволоконному кабелю или Wi-Fi). Это самое популярное направление в сфере интернет-услуг.
- беспроводной интернет (доступ через Wi-Fi, мобильные устройства, USB-модемы). Главным преимуществом данного вида подключения является высокая мобильность и возможность выхода в сеть в публичных местах (аэропорт, вокзал, кафе и т.д.), а также везде, где отсутствует проводной доступ. Из недостатков беспроводной связи можно отметить слабую скорость при повышенной стоимости услуг и небольшой диапазон приема сигнала.
- спутниковый интернет. Отличается быстротой и надежностью, но имеет ряд недостатков: сложность с настройкой и установкой оборудования, высокая стоимость услуг.

Широкому распространению Интернета на какой-либо территории способствует формирование рынка Интернет-провайдеров - фирм, оказывающих услуги по обеспечению доступа в интернет. Для успешной работы в конкурентной среде провайдеры внедряют новые технологии, позволяющие повысить качество связи, снижают цены, расширяют сети доступа в интернет. Для пользователя выбор провайдера – это главный этап при подключении к интернету, т.к. от него зависит качество соединения с интернетом, материальные затраты, общий уровень сервиса. В связи с этим выбор провайдера нужно проводить на основании изучения регионального рынка интернет-услуг. После заключения договора с провайдером подобные исследования целесообразно периодически проводить для выявления изменений на рынке.

При выборе провайдера необходимо обеспечить не только экономическую целесообразность, но и качество и надежность получаемых услуг. В таблице 1 приведены некоторые дополнительные показатели и информация, характеризующая качество и надежность услуг провайдеров.

Таким образом, можно сказать, что решение задачи выбора провайдера услуг усложняется и рядом их особенностей, основными из которых являются:

- необходимость учета большого числа показателей, характеризующих провайдеров услуг;
- качественный характер основных показателей, характеризующих работу провайдера услуг.

Указанные особенности затрудняют применение традиционных математических методов. При оценке и выборе альтернативы в условиях неопределенности на практике наиболее часто используется аппарата теории множеств.

В этом случае показатели, характеризующие провайдеров, могут выражаться лингвистическими переменными. Например, известность марки может быть низкой, высокой и средней и т.п.

Те параметры, которые являются числовыми, можно также характеризовать через качественные признаки (например, число тарифных планов может быть очень мало, мало и т.д.). Поэтому в данном случае необходимо применить теорию нечетких множеств. В на-

Таблица 1

Основные показатели, характеризующие качество и надежность услуг провайдеров.

Наименование показателей	Описание
Загруженность каналов	Очень важный показатель. Если каналы провайдера слишком загружены, то качество услуг (например, скорость доступа к сети) не будет обеспечено
Число каналов связи у ISP, соединяющих его с Интернетом	Сеть провайдера должна обладать некоторой избыточностью. Это необходимо, чтобы при обрыве оптоволокна трафик пользователей мог передаваться по резервному каналу
Число телефонных линий модемного пула	Число телефонных линий модемного пула должно быть достаточным для дозвона с первой попытки (раза)
Максимальное время простоя	Этот параметр определяет перерывы в оказании услуг по вине провайдера
Возможность получения консультации	В случае неполадки пользователь должен иметь возможность получения консультации для быстрого устранения неполадок. Некоторые провайдеры предлагают круглосуточные консультации, тогда как другие дают консультации только в определенные часы
Информационная безопасность	Для защиты инфраструктуры и информации провайдеры должны применять необходимые меры. Важное значение имеет наличие у провайдера политики безопасности. У некоторых провайдеров есть группы реагирования на нарушения информационной безопасности
Наличие дополнительных услуг	Например, бесплатное предоставление места под Web- хостинг, почтовый роуминг, настройка или диагностика компьютера пользователя, модема и т.д.
Расстояние до места подключения	Важное значения имеет расстояние от места расположения пользователя до хоста провайдера. При большом расстоянии канал связи с провайдером проходит через ряд промежуточных узлов, что может привести к снижению качества услуг
Известность марки	Известность марки гарантирует потребителю, что провайдер имеет серьезный опыт в данной области и что этот бизнес является профильным или одним из профильных для компании
Опыт работы	Большое значение имеет время работы на рынке услуг. Скажем, от трех лет свидетельствует о наличии у провайдера сформировавшихся собственных технических решений по обеспечению надежности оказания услуг
Отзывы и рекомендации	Отзывы и рекомендации пользователей являются источником полезной информации о работе провайдера услуг

стоящее время существует много различных методов принятия решения. Алиев И.М. рассматривал в своих работах метод для решения многокритериальных задач на основе меры энтропии. Но в отличие от Алиева И.М. в данной работе будет рассмотрено применение указанного метода не в магистральном сегменте, а в сегменте между провайдером и пользователями [1].

В качестве критерия оценки альтернатив используется формула Шеннона:

$$H = - \sum_{k=1}^m p_k \log_2 p_k, \quad (1)$$

где p_k – относительная частота.

Пусть $A = \{a_{ij}\}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$ – матрица оценок, где a_{ij} – оценка альтернативы i относительно критерия j . Если нормализовать матрицу A , то элементами

этой матрицы будут относительные частоты, которые определяются как: $f_{ij} = \frac{a_{ij}}{s_j}$, где $s_j = \sum_{i=1}^m a_{ij}$.

Тогда согласно (2.1) энтропия вычисляется как:

$$\begin{aligned} H_1 &= - \sum_{k=1}^m f_{1j} \log_2(f_{1j}), \\ H_2 &= - \sum_{k=1}^m f_{2j} \log_2(f_{2j}), \\ H_n &= - \sum_{k=1}^m f_{nj} \log_2(f_{nj}). \end{aligned} \quad (2)$$

Определим вес энтропии путем нормирования значений по всем показателям для каждой альтернативы:

$$\Theta_i = \frac{H_i}{\sum_{i=1}^m H_i}. \quad (3)$$

После вычисления для каждой альтернативы вес энтропии, производится сортировка их по убыванию. Лучшим считается альтернатива, имеющая наибольшее значение веса энтропии.

Правильный выбор провайдера зависит также от уровня оптимизма лица, принимающего решение (ЛПР). Поэтому в модели необходимо учесть и индекс оптимизма ЛПР. С учетом выше сказанного выбор провайдера можно осуществлять по следующему алгоритму:

Шаг 1. Для каждого показателя задается функция принадлежности.

Шаг 2. Задается коэффициент важности показателей.

Шаг 3. Составляется матрица решений.

Шаг 4. Матрица решений преобразуется в матрицу γ -уровней

Шаг 5. Составляется новая матрица решений с учетом важности показателей для уровня γ .

Шаг 6. Задается индекс оптимизма и определяется результирующая матрица решений для уровня γ .

Шаг 7. Вычисляется энтропия по всем показателям.

Шаг 8. Вычисляется вес энтропии для каждой альтернативы.

Нечеткая многокритериальная задача принятия решений формально может быть представлена парой (S, K) , где $S = \{s_i\}$, $i = 1, n$ – множество провайдеров услуг, из числа которых необходимо выбрать один из заданных критериев $K = \{K_1, K_2, \dots, K_j, \dots, K_m\}$. Каждому показателю K_j , принадлежащему Интернет-провайдеру s_i , соответствует оценка \tilde{X}_{ij} , $i = 1, n, j = 1, m$. В этом случае для множества провайдеров s_i получим матрицу оценок $\tilde{X} = \left\| \tilde{X}_{ij} \right\|$.

Оценку провайдера относительно критерия K_j представим как триангулярное нечеткое число, функция принадлежности которого характеризуется тремя параметрами $\{x_{ij1}, x_{ij2}, x_{ij3}\}$ и имеет вид:

$$\mu_{\tilde{x}_{ij}}(u_j) = \begin{cases} \frac{u_j - x_{ij1}}{x_{ij2} - x_{ij1}}, & x_{ij1} \leq u_j \leq x_{ij2} \\ \frac{x_{ij3} - u_j}{x_{ij3} - x_{ij2}}, & x_{ij2} \leq u_j \leq x_{ij3} \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases} \quad (4)$$

где x_{ij1} , x_{ij2} , x_{ij3} – минимальное, среднее и максимальное значения нечеткого числа \tilde{X}_{ij} , соответственно [2].

При решении практических задач для реализации арифметических операций над нечеткими числами удобно пользоваться множествами γ -уровней, $\forall \gamma \in [0, 1]$:

$$\begin{aligned} \tilde{X}_{ij}(\gamma) &= \left[x_{ij1}^{(\gamma)}, x_{ij3}^{(\gamma)} \right] = \\ &= \left[x_{ij2} - (1-\gamma)\alpha, x_{ij2} + (1-\gamma)\beta \right], \end{aligned} \quad (5)$$

где $\alpha = (x_{ij2} - x_{ij1})$ и $\beta = (x_{ij3} - x_{ij2})$

– левое и правое разбросы нечеткого числа \tilde{X}_{ij} , соответственно; $x_{ij1}^{(\gamma)}$ и $x_{ij3}^{(\gamma)}$ – нижняя и верхняя границы интервала значений \tilde{X}_{ij} на γ - уровне, соответственно.

Каждый элемент матрицы \tilde{X}_{ij} характеризуется своей лингвистической переменной. При выборе терм-множества лингвистических переменных необходимо учитывать тип критерия. Для этого множество критериев, характеризующих провайдера, разделим на два подмножества: K^{\uparrow} и K^{\downarrow} . В подмножество K^{\uparrow} входят те критерии, высокие значения которых обеспечивают лучшее решение. А в подмножество K^{\downarrow} входят критерии низкого значения, которые обеспечивают лучшее решение. Например, выделим два критерия характерных для провайдера: число предлагаемых тарифных планов и стоимость услуг. В этом случае критерий «Скорость передачи данных» входит в подмножество K^{\uparrow} , т.к. чем больше скорость передачи данных, тем лучше провайдер, а критерий «стоимость услуг» входит в подмножество K^{\downarrow} , т.к. провайдер, который предлагает услуги по низким ценам будет пользоваться большей популярностью.

Например, для лингвистической переменной «Скорость передачи данных», входящей в подмножество K^{\uparrow} , можно определить следующее терм-множество: {Очень низкая, Низкая, Средняя, Высокая, Очень высокая}, а для лингвистической переменной «стоимость услуг», вхо-

дящей в подмножество K^{\downarrow} , можно определить следующее терм-множество: {Очень высокая, Высокая, Средняя, Низкая, Очень низкая}.

При выборе Интернет-провайдера необходимо учитывать коэффициенты важности показателей, характеризующие провайдера. Это связано с тем, что показатели для различных пользователей имеют различные значение. Например, для одного пользователя наиболее важным является стоимость предоставленных услуг, для другого пользователя – скорость доступа к Интернету.

Определим матрицу коэффициентов важности показателей через лингвистическую переменную «важность показателей».

Пусть коэффициент важности показателей характеризуется нечетким числом \tilde{W}_j , $j = \overline{1, m}$, и характеризуется своей лингвистической переменной «важность критерий» с терминами множества {Мало значимый, Относительно Значимый, Значимый, Достаточно значимый, Очень значимый}.

Аналогично нечеткое число \tilde{W}_j , $j = \overline{1, m}$ представим γ -уровнями, как $\tilde{W}_j(\gamma) = \left[w_{j1}^{(\gamma)}, w_{j3}^{(\gamma)} \right]$,

$\forall \gamma \in [0, 1]$, где $w_{j1}^{(\gamma)}$ и $w_{j3}^{(\gamma)}$ – нижняя и верхняя границы интервала значений \tilde{W}_j на γ -уровне, соответственно.

Учитывая коэффициенты важности показателей и принимая во внимание правило умножения нечетких чисел, формируется новая матрица оценок, каждый элемент которого для γ -уровня определяется как:

$$\begin{aligned} Y_{ij}^{(\gamma)} &= \tilde{W}_j(\gamma) \otimes \tilde{X}_{ij}(\gamma) = \\ &= \left[w_{j1}^{(\gamma)} x_{ij1}^{(\gamma)}, w_{j3}^{(\gamma)} x_{ij3}^{(\gamma)} \right] = \left[y_{ij1}^{(\gamma)}, y_{ij3}^{(\gamma)} \right], \end{aligned} \quad (6)$$

$$i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \forall \gamma \in [0, 1].$$

Обозначим, через η уровень индекса оптимизма принятия решений ЛПР. Используя критерий Гурвица, который является средневзвешенным из критериев крайнего пессимизма и крайнего оптимизма с вероятностями η и $(1-\eta)$. В общем виде данный критерий имеет вид:

$$\eta \min_j a_{ij} + (1-\eta) \max_j a_{ij} \rightarrow \max_i, \quad \forall \eta \in [0,1]. \quad (7)$$

Учитывая, что $y_{ij1}^{(\gamma)} = \min_j a_{ij}$ и $y_{ij3}^{(\gamma)} = \max_j a_{ij}$, то из (2.5) получим

$$\hat{y}_{ij1}^{(\gamma)} = \eta y_{ij1}^{(\gamma)} + (1-\eta) y_{ij3}^{(\gamma)}, \quad \forall \gamma \in [0,1]. \quad (8)$$

Число η выбирается в пределах от 0 до 1 в зависимости от склонности ЛПР к оптимизму или пессимизму. Это означает, что ЛПР при выборе провайдера ведет себя нейтрально.

Согласно формуле (8) имеем:

$$\hat{Z}^{\lambda}(\eta) = \begin{bmatrix} \hat{y}_{11}^{(\gamma)} & \hat{y}_{12}^{(\gamma)} & \dots & \hat{y}_{1m}^{(\gamma)} \\ s_1 & s_1 & \dots & s_1 \\ \hat{y}_{21}^{(\gamma)} & \hat{y}_{22}^{(\gamma)} & \dots & \hat{y}_{2m}^{(\gamma)} \\ s_2 & s_2 & \dots & s_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hat{y}_{n1}^{(\gamma)} & \hat{y}_{n2}^{(\gamma)} & \dots & \hat{y}_{nm}^{(\gamma)} \\ s_n & s_n & \dots & s_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{11}^{(\gamma)} f_{12}^{(\gamma)} \dots f_{1m}^{(\gamma)} \\ f_{21}^{(\gamma)} f_{22}^{(\gamma)} \dots f_{2m}^{(\gamma)} \\ \dots \\ f_{n1}^{(\gamma)} f_{n2}^{(\gamma)} \dots f_{nm}^{(\gamma)} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

$$\text{где } s_i = \sum_{j=1}^m \hat{y}_{ij}^{(\gamma)} \text{ и } f_{ij}^{(\gamma)} = \frac{\hat{y}_{ij}^{(\gamma)}}{s_i}, \quad j = \overline{1, m}$$

Согласно формуле (3) вычисляем вес энтропии для каждого Интернет-провайдера:

$$\Theta_k = \frac{- \sum_{j=1}^n f_{kj}^{(\gamma)} \log_2(f_{kj}^{(\gamma)})}{- \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij}^{(\gamma)} \log_2(f_{ij}^{(\gamma)})}, \quad k = \overline{1, n}. \quad (10)$$

При сравнении полученных результатов в качестве лучшего выбирается Интернет-провайдер, имеющий наибольшее значение веса энтропии.

Список литературы

1. Алиев И.М. Об одной модели выбора Интернет сервис провайдеров /И.М. Алиев// Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – №5. – С. 31–38.
2. Алиев И.М. Методика оценки качества Интернет-услуг на основе соглашения об уровне обслуживания / И.М. Алиев // Информационные технологии. – 2006. – №6. – С. 34–37.
3. Кравец О.Я., Руденко Е.Н. (Торопцова Е.Н.) К выбору критериев оценки качества Интернет-провайдеров //Научно-технический журнал «Информационные технологии моделирования и управления», №6(65), 2010. –С. 801-807
4. Кравец О.Я., Руденко Е.Н. Анализ и синтез математического и программного обеспечения системы поддержки принятия решений по выбору интернет-провайдера // Международная научно-техническая конференция «Современные сложные системы управления X». – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – С. 132-135

Требования к оформлению рукописей статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно–практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе "Антиплагиат".

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно–практический журнал "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением ".doc", или ".rtf", шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Список литературы составляется в соответствии с ГОСТ 7.1–2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0–11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные – 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф–редактору научно–практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" (e–mail: redaktor@nauteh-journal.ru).